



Yenilenebilir ve Nükleer Enerji Kaynaklarının Retrospektif Değerlendirilmesi

Alaaddin VURAL¹ , M.Nuri URAL² , Ali ÇİFTÇİ³ 

(Alınış / Received: 06.10.2022, Kabul / Accepted: 28.12.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 31.12.2022)

Anahtar Kelimeler

Alternatif enerji
Yenilenebilir enerji
Nükleer enerji
Konvansiyonel enerji
Güneş Enerjisi
Hidroelektrik enerji

Öz: Bu çalışmayla yenilenebilir ve nükleer enerji kaynaklarının retrospektif değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla ilgili kavramlara yönelik anahtar kelimelerin belirlenmesi için genel bir literatür taraması gerçekleştirilerek, araştırılacak konuları kapsayıcı anahtar kelimeleri belirlenmiştir. Belirlenen anahtar kelimelerin birbirleri ile ilişkileri dikkate alınarak bu anahtar kelimeler alt gruplara ayrılmış ve elde edilen gruplara yönelik n-gram analizleri gerçekleştirilmiştir. Kelime gruplarının belirlenmesinde metin içerisindeki anlatım sırasına paralel bir sıralama izlenmiştir. Bunun için öncelikle enerji türleri ile ilgili genel sınıflama incelenmiştir. Daha sonra hem kronolojik olarak hem de bu çalışmada ikinci sırada geçen fosil yakıtlar ve fosil yakıt türleri incelenmiştir. Ardından yine kronolojik sıra ve bu yazıdaki anlatım sırasına paralel olarak yenilenebilir enerji türleri ve kavramları verilmiştir. Benzer mantıkla nükleer enerji ile ilgili kavramlar bir arada incelenmişlerdir. Bunu müteakiben çevre ile enerji konularının kesişim noktasını teşkil eden kavramlar verilmiştir. Son olarak ise kronolojik sırayı takiben, nispeten daha yeni bir enerji türü olan güneş enerjisi ile ilgili kavramlar bir arada sunulmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda seçilen uygun anahtar kelimelerle retrospektif değerlendirilmesi yapılan kavram ve olguların anlamlı ilişkilerinin belirlenebileceği gösterilmiştir. Ayrıca yine n-gram sonuçlarından yararlanılarak ihtiyaç duyulacak yeni anahtar kelimeler kullanılarak konuyla ilgili daha detay verilere de ulaşılabileceği, başka bir ifadeyle de değerlendirilmesi yapılacak kavramların derin analizlerine de imkân sunduğu görülmüştür.

Retrospective Evaluation of Renewable and Nuclear Energy Sources

Keywords

Alternative energy
Renewable energy
Nuclear energy
Conventional energy
Solar energy
Hydroelectric energy

Abstract: In this study, it was aimed to evaluate the renewable and nuclear energy sources retrospectively. For this purpose, a general literature review was carried out to determine the keywords for related concepts and keywords covering the topics to be researched were determined. Considering the relationships of the determined keywords with each other, these keywords were divided into subgroups and n-gram analyzes were carried out for the obtained groups. In the determination of the word groups, an order parallel to the order of expression in the text was followed. For this, first of all, the general classification of energy types was examined. Then, fossil fuels and fossil fuel types, which are in the second place in this study, were examined both chronologically. Then, again in chronological order and in parallel with the order of expression in this article, renewable energy types and concepts are given. With a similar logic, concepts related to nuclear

¹ Gümüşhane Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

² Gümüşhane Üniversitesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Gümüşhane/Türkiye

³ Amasya Üniversitesi, Merzifon İİBF- Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Bölümü, Amasya/ Türkiye

energy are examined together. Following this, the concepts that constitute the intersection point of environment and energy issues are given. Finally, following the chronological order, concepts related to solar energy, which is a relatively new type of energy, are presented together.

As a result of the study, it has been shown that with the appropriate keywords selected, the meaningful relationships of the concepts and cases evaluated retrospectively can be determined. In addition, it has been seen that more detailed data can be reached by using the new keywords that will be needed by making use of the n-gram results, in other words, it provides an opportunity for deep analysis of the concepts to be evaluated.

1. Giriş

Günümüzde enerji tedarik ve arz güvenliği insanlığın ajandasındaki en önemli küresel konuların başında gelmektedir. Ülkeler, hatta bloklar arasında vuku bulan birçok mücadelenin temelinde enerji kaynaklarına sahip olmak, bu kaynakları sürdürülebilir şekilde kontrol altında tutmak, yönetmek, hatta manipüle etmek stratejik bir önem arz etmektedir. Dolayısıyla enerji kaynaklarına sahip olmak, ulaşmak ve yönetebilmek uluslararası arenanın ilgilendiği en başat konulardandır. 2022 yılında gerçekleşen Rusya'nın Ukrayna'yı işgali de bu anlamda enerjinin ve enerji tedariki ve güvenliğinin ne kadar değerli ve önemli olduğunu hatırlatmıştır. Enerji kaynaklarına sahip olup da bunları yönetecek gücü, kapasitesi ve kabiliyeti olmayan ülkeler ise emperyal güçlerin mücadele alanı haline gelebilmekte ve bu güçler tarafından siyasal-ekonomik istikrarsızlığa sürüklenmektedirler [1]. Buna günümüzde en somut örnek olarak 2003 yılında başlayan Irak'ın işgali ve tam manasıyla bitmemiş olan işgal sonrası süreç verilebilir.

İnsanlık, tarih boyunca değişik enerji kaynaklarından yararlanmıştır [2,3]. Bu yararlanma elde ettiği bilgi ve ulaştığı teknolojik imkanların harmanında dönemsel olarak farklılıklar göstermiştir. İlk kullandığı enerji kaynaklarının başında doğal olarak güneş enerjisi gelir. Bir diğer enerji kaynağı ise rüzgâr enerjisidir. Coğrafi avantajları ile ilişkili olarak bazı insan topluluklarının jeotermal enerji imkanlarından yararlanması da bu anlamda insanlık tarihinin başlangıcına kadar uzanmaktadır [4,5].

Sanayii devrimi sonrası neredeyse insanlığın vazgeçilmez enerji kaynaklarının başında gelen fosil yakıtlarla (kömür, petrol, doğal gaz) tanışması bu bağlamda oldukça yeni bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır [6]. Günümüzde ise modern teknolojik imkanların da avantajları ile kullanılan/yararlanılan enerji kaynağı türleri oldukça çeşitlenmiş ve çok eskiden beri bilinen bazı enerji kaynakları (güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik) yeni teknolojilerle evrimsel bir devrim geçirerek yeniden ve daha kapsamlı bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Hatta bir yönüyle bu enerji kaynakları yeniden keşfedilmiştir. Keşfedilmesi ve yararlanılması 20. yüzyılın başlarına denk gelen ve bu anlamda belki diğerlerine göre en genç enerji üretim kaynağı/şekli ise nükleer enerjidir.

Artan enerji talepleriyle birlikte, nükleer enerji, bunun yanında diğer yenilenebilir-alternatif enerji kaynakları gerek teknoloji geliştirme gerekse bu kaynakların hammaddesi bağlamında günümüzde ciddi önem arz etmekte ve gündem oluşturmaktadır. Birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji kaynakları içerisindeki oranını arttırmaya çalışarak kalmamakta, ayrıca füzyon, dalga enerjisi vb. yeni enerji kaynaklarının kullanılması imkanlarını aramaya devam etmektedir.

Bu çalışmanın ana konusunu yenilenebilir enerji kaynakları ve ilişkili kavramlar oluşturmaktadır. Bu kavramların jeopolitik perspektifte tarihi gelişiminin seyri, sayısal ortamdaki verilere dayanarak incelenmiştir. Bu incelemede kelimelerin kullanım sıklıklarının dönemsel değişimlerinden yararlanılmıştır. Bu süreç sırasında gözlenen değişimlerin, n-gram metoduyla irdelenip irdelenemeyeceği, ve tarihi gelişmeler ile ilişkili olup olmadığı ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı nükleer ve alternatif enerji kaynaklarının tarihi seyrini açıklamaktır. Bunun için Google tarafından sayısal ortama aktarılmış olan çok sayıda kitapta yenilenebilir, alternatif ve nükleer enerji ile ilgili kavramlar ve bu kavramlarla doğrudan ve dolaylı ilişkili olduğu düşünülen anahtar kelimelerden yararlanılmıştır. Bahse konu enerji kaynaklarına ilginin zamansal değişiminin Google veri tabanındaki kitaplarda ilgili kavramların geçme oranlarıyla paralel olduğu varsayımından yola çıkılmıştır. Bunun yanında bu oranların yıllara göre değişimi ile yakın dünya tarihinde yaşanmış siyasal/sosyal ve ekonomik olayların ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmayla, kullanılan anahtar kelimelerin jeopolitik perspektifte ele alınması ve söz konusu

kavramların literatürdeki kullanım sıklığının anlamlı bir desen gösterip göstermediğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu çalışmayla aynı zamanda n-gram metodunun farklı disiplinlerde veri madenciliğinde kullanıma imkanlarına da dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

3. Materyal ve Metot

3.1. N-gram analizi

Veri madenciliğinde ve verilerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerden birisi de n-gram analizidir [1,6,9–23]. Bu çalışmada n-gram yöntemi, books.google.com alt domaininde yer alan İngilizce kitaplarda konvansiyonel enerji, yenilenebilir enerji, yeşil enerji, nükleer enerji ve alternatif enerji konularıyla ilişkili olan ifadeler kullanılarak uygulanmıştır. Google da kayıtlı kitaplarda yer alan İngilizce kavramları incelenerek tarihsel süreçlerle ilişkilendirilmeye ve bu şekilde literatür bir veri kaynağı olarak kullanılmaya çalışılmıştır. Bu kavramlara verilen önemlerdeki değişimler literatürde tekrar etme sıklıkları ile ilişkili kabul edilmiştir. Kavramların tarihi süreçteki geçme sıklıklarındaki değişimin alt plandaki gerekçeleri anlamlandırılmaya çalışılmıştır. Google günümüzde, pek çok dilde ve pek çok konuda yayınlanmış kitapların ilgililerine sunulduğu en önemli platformlardan biridir. Çok zengin bir kitap veri bankasına sahiptir.

Tablo 1’de farklı diller için Google n-gram veri tabanına kayıtlı kitapların farklı dillere göre 2019 yılı itibariyle miktarları verilmiştir. Bu sayılar nerdeyse her geçen dakika artmaktadır. Google külliyatında farklı dillerde n-gram analizi yapma imkânı bulunmakla birlikte, İngilizce yaklaşık 250 yıldır küresel bir kullanımda olması nedeniyle Google külliyatında çoğunlukla İngilizce kitaplar bulunduğu için (Tablo 1) bu çalışmada n-gram metodu sadece İngilizce için kullanılmıştır. N-gram metodu ile ilgili detaylar Çiftçi vd. [22] ve Vural ve Çiftçi [20]’de bulunabilir.

Tablo 1. Google n-gram veri tabanında farklı dillere göre bulunan kitap ve sözcük sayısı

Dil	Kitap Sayısı	Sözcük Sayısı
İngilizce	4.541.627	468.491.999.592
İspanyolca	854.649	83.967.471.303
Fransızca	792.118	102.174.681.393
Almanca	657.991	64.784.628.286
Rusça	591.310	67.137.666.353
İtalyanca	305.763	40.288.810.817
Çince	302.652	26.859.461.025
İbranice	70.636	8.172.543.728

Google külliyatında tarama yapıldığında hemen hemen her kavramın, kavramın ne olduğundan bağımsız olarak, belli bir tarihten önce sıfır değerine çok yakın bir sonuç verdiği ve y ekseninde okunabilir bir sonuç vermediği gözlemlenmektedir. N-gram metodu uygulanırken, araştırılan kelime, kelime öbeği, kavram ya da kavramların n-gram grafiğinde dikey hareketlenmeye başladığı bu ilk tarihler taramanın başlangıç tarihi olarak seçilmiştir. Taramanın bitiş tarihi olarak ise Google n-gram arayüzünün izin verdiği son tarih olan 2019 kullanılmıştır. Grafiklerin oluşturulmasında yumuşatma faktörü varsayılan değer kullanılarak 3 olarak belirlenmiştir.

Analiz başlangıç yıllarının tayini için, grafiğin y eksenini sıfırdan farklı noktada kestiği, başlangıç tarihinden önce de veri bulunduğu tespit edilen durumlarda tarih öne, grafiğin y eksenini sıfırda kestiği, başlangıç tarihinden sonra bir süre hiçbir veri olmayan durumlarda tarih ileriye alınmıştır. Bu şekilde her grafiğin verilerin gözlemlenmeye başladığı tarihle tutarlı bir şekilde başlaması amaçlanmıştır.

Yapılan bu çalışma kapsamında yenilenebilir ve alternatif enerji kaynakları yanında nükleer enerji ile ilişkili olan ve anlamsal birliktelik gösteren kavram ve/veya kelimelerin literatürdeki kullanımları, kullanım miktarları belirlenmiş ve grafiklerde bu iniş/çıkışların sosyolojik, psikososyolojik, politik ve/veya jeopolitik perspektifinde değerlendirilmesi yapılmıştır.

Her bir grafik belli bir anlam bütünlüğünde olabilecek kavramlar aramaya dahil edilerek oluşturulmuştur. Kelime gruplarının belirlenmesinde metin içerisindeki anlatım sırasına paralel bir sıralama izlenmiştir. Bunun için öncelikle enerji türleri ile ilgili genel sınıflama incelenmiştir (alternatif enerji, yenilenebilir enerji ve geleneksel enerji). Daha sonra hem kronolojik olarak hem de bu çalışmada ikinci sırada geçen fosil yakıtlar ve fosil yakıt türleri incelenmiştir (kömür, petrol, doğal gaz ve fosil yakıt). Daha sonra yine kronolojik sıra ve bu yazıdaki anlatım sırasına paralel olarak yenilenebilir enerji türleri ve kavramları verilmiştir (Güneş enerjisi,

hidroelektrik, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi ve biyokütle enerjisi). Yine benzer mantıkla nükleer enerji ile ilgili kavramlar Şekil 14'te bir arada incelenmişlerdir (Nükleer güç, nükleer enerji, nükleer reaktör, nükleer fizyon, nükleer füzyon). Bunu müteakiben Şekil 15'te çevre ile enerji konularının kesişim noktasını teşkil eden kavramlar verilmiştir. Şekil 16 da ise kronolojik sırayı takiben, nispeten daha yeni bir enerji türü olan güneş enerjisi ile ilgili kavramlar bir arada sunulmuştur.

Analiz gerçekleştirilirken ilgili oldukları düşünülen kavramlar aranmış, ancak bazı kavramlar grafikte gözlenebilir anlamlı sonuçlar doğurmadığından (Google külliyyatında yeterli frekansta geçmediğinden) aramadan çıkarılmışlardır. Ayrıca çok düşük düzeyde tekrar ettikleri için grafikte okunması ve yorumlanması zor olan kavramlar belirli bir katsayı ile çarpılarak okunaklılıkları artırılmıştır. Çarpılma katsayısı eğrilerin yaklaşık aynı genlikte olabilecekleri şekillerde 10'un üssü olarak seçilmiştir.

Çalışmaya başlanılmadan önce yapılan literatür taraması sonucu taranmasına karar verilen kelimeler ile tarama sonucu, birlikte tarandığı ifadelerle göre çok düşük ya da sıfır değeri verdiği için tarama dışı bırakılan kelimeler ile taramaya dahil edilen kelimelerin listesi Tablo 2'de verilmiştir.

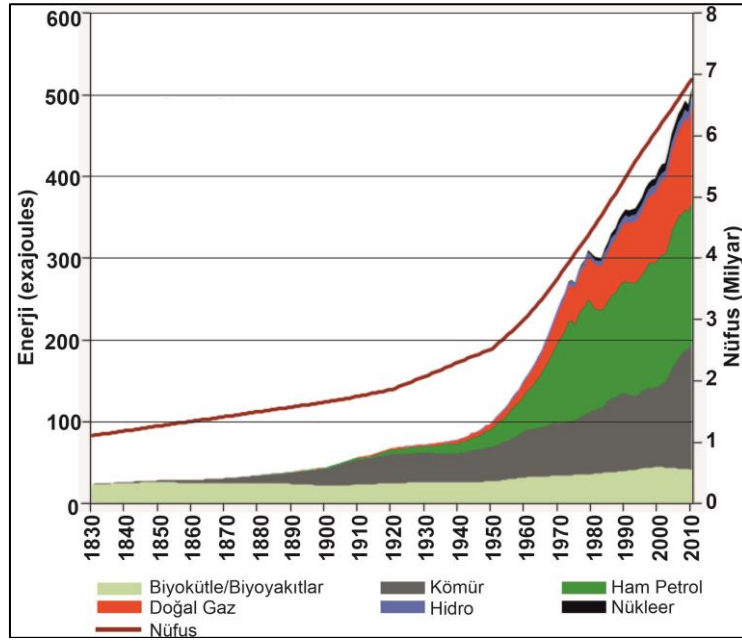
N-gram yöntemiyle değerlendirilen kavramların toplumsal/siyasal olaylarla ilişkisinin uygun anahtar kelimeler/kavramlar seçilerek yapılan bu analizin konvansiyonel yöntemlere göre oldukça sıra dışı bir analiz tekniği ve sıra dışı bir bakış açısı sunduğu görülmüş olup, bu anlamda veri madenciliği çalışmalarına katkı vermesi beklenmektedir.

4. Enerji kaynakları

Enerji, işe veya ısıya dönüşebildiği gibi tersi olarak da iş ve ısıdan da enerji üretilebilmektedir. Güneş ve rüzgâr insanın farkında olmadan kullandığı, yararlandığı ilk enerji türü ve kaynağı olsa da insanoğlunun varoluşundan-günümüze kadar, bilinçli olarak, biyokütle, özellikle de bitkisel biyokütle, ısıya dönüştürmek için kullandığı ilk enerji kaynağı olmuştur. Kömürün kullanımı ise yaygın olarak sanayiye yönelik, 18. yüzyılın 2. yarısından sonra başlamıştır [24]. 19. yüzyılın 2. yarısından sonra ise petrol önemli bir enerji kaynağı olmuş ve nispeten de kömürün yerini 1965'lerden sonra almaya başlamıştır [25]. Petrol kullanımına zamanla, özellikle 1960'lardan sonra, doğal gaz da eşlik etmiştir. İkinci Dünya savaşından sonra 1970'lere kadar, yeniden yapılanma ve hızla artan verimlilik arayışlarına bağlı olarak hidroelektrik ve nükleer enerji de enerji temin-tedarik sepetine eklenmiş alternatifler olmuştur (Şekil 1). Hidroelektrik enerjinin, anlık olarak hava durumuna veya günün saatine bağlı olan güneş ve rüzgâr enerjilerinin aksine, nispeten ucuzluğu ve daha uzun sürelerle yayılan rejimi ile bir yenilenebilir enerji olmasının avantajından her daim yararlanılmıştır. Nükleer enerji bazı durumlarda askeri amaçlı gerçekleştirilmiş çalışmaların bir sonucu olarak ortaya çıkarken (ABD, İngiltere, Sovyetler Birliği, Fransa, Çin), yeterli fosil yakıt kaynaklarına sahip olmayan diğer bazı ülkeler (İsveç, Finlandiya, Fransa, Japonya ve Güney Kore) için stratejik enerji bağımsızlığı nedeniyle önemli olmuş ve bu bağlamda sektöre yönelik Ar-Ge faaliyetleri yürütülmüş, yatırımlar yapılmıştır [25].

Tablo 2. Çalışmaya dahil edilen ve çıkarılan kavramlar listesi.

Literatür taraması sonucu elde edilen ifadeler	Çalışmada incelenen ifadeler	Google külliyatında yeterince yer almadığı için çalışmadan çıkarılan ifadeler
Alternative energy	Alternative energy	
Betz law		Betz law
Biogas		Biogas
Biomass energy	Biomass energy	
Carbon emission	Carbon emission	
Central receiver tower		Central receiver tower
Co2 emission	Co2 emission	
Coal	Coal	
Concentrated solar power		Concentrated solar power
Concentrated solar thermal technologies		Concentrated solar thermal technologies
Conventional energy	Conventional energy	
Eco energy	Eco energy	
Energy ships		Energy ships
Fossil fuels	Fossil fuels	
Fuel oil		Fuel oil
Gasoline		Gasoline
Geothermal energy	Geothermal energy	
Green energy	Green energy	
Green house emission		Green house emission
Green house gas	Green house gas	
Heliostats	Heliostats	
Hydroelectric	Hydroelectric	
Linear fresnel		Linear fresnel
Natural gas	Natural gas	
Nuclear energy	Nuclear energy	
Nuclear fission	Nuclear fission	
Nuclear fusion	Nuclear fusion	
Nuclear power	Nuclear power	
Nuclear reactor	Nuclear reactor	
Parabolic dish	Parabolic dish	
Parabolic trough		Parabolic trough
Petroleum	Petroleum	
Photovoltaic	Photovoltaic	
Renewable energy	Renewable energy	
Schokley - quessier limit		Schokley - quessier limit
Solar drying	Solar drying	
Solar energy	Solar energy	
Solar power	Solar power	
Syngas		Syngas
Thermal energy storage		Thermal energy storage
Tidal energy	Tidal energy	
Wind energy	Wind energy	

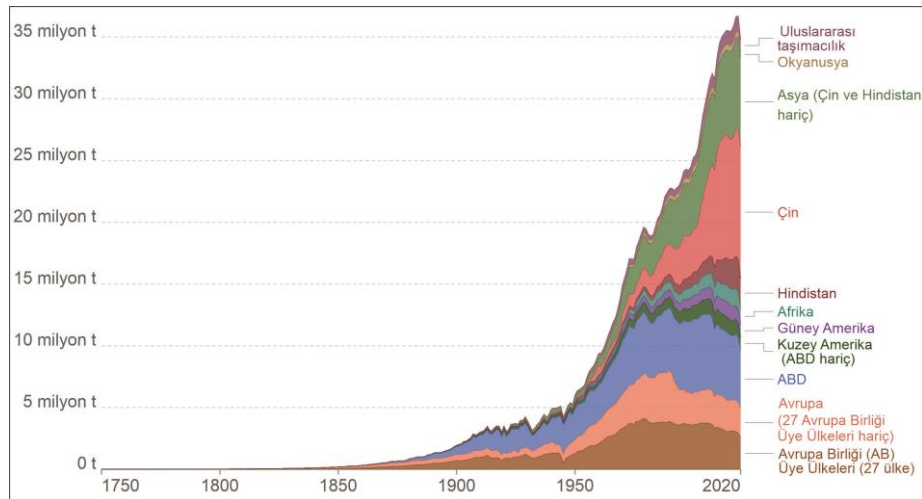


Şekil 1. 1830-2010 yıllarını kapsayan küresel enerji v nüfus ilişkilerini göstermektedir. Kahverengi çizgi insan nüfusu ile kıyaslamayı göstermektedir (sağ eksen) [26]

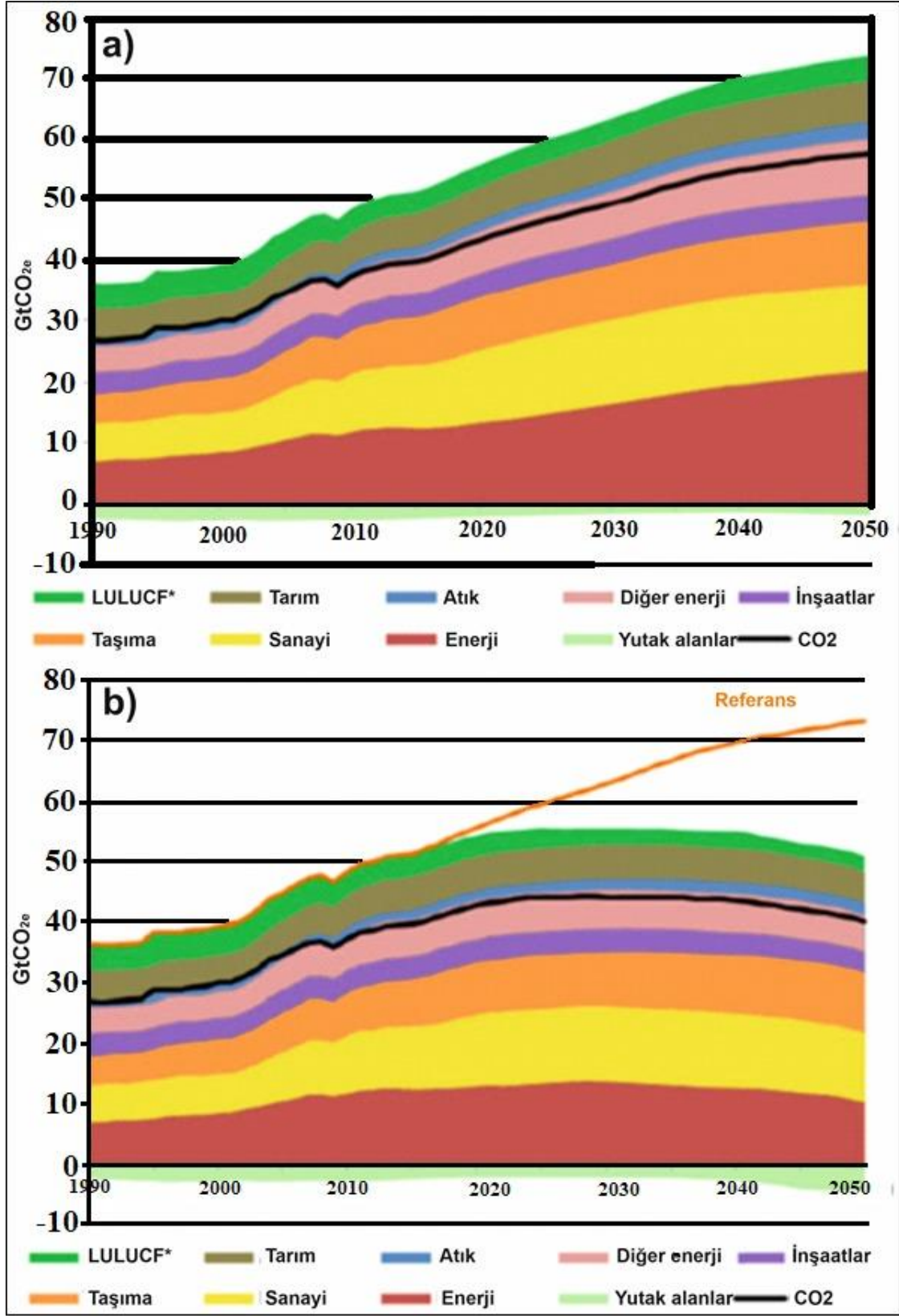
Dünyada artan enerji talebiyle birlikte yeterli ve güvenilir enerji arzı-üretimi geçen yüzyılın sonunda başlayarak bu yüzyılın en önemli sorunsallarının başında gelir. Fosil yakıtların başında gelen kömür, enerji üretiminde geçmişte en önemli yeri tutmuştur. Zamanla kömüre petrol de eşlik etmiş ancak fosil yakıtlarının en önemli dezavantajları zararlı sera gazları salınımları olmuştur (Şekil 2). Özellikle 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra sera gazlarına karşı oluşan duyarlılık ile fosil yakıtlardan uzaklaşma eğilimi ağırlık kazanmıştır. 1990'lardan sonra sera gazı emisyonları enerji tedarikinde oldukça belirleyici olmaya başlamıştır. Küresel sera gazı emisyonlarının 2010'da 48,3 GtCO₂'den (gigaton eşdeğer CO₂'ye) 2030'da 63,1 GtCO₂'ye ve 2050'de 73,6 GtCO₂'ye çıkması beklenmektedir (Şekil 3a ve b, Şekil 4). Bu değer küresel olarak 3-4 °C'lık bir artış ve trajik sonuçlar doğuracak bir sıcaklık değişimi olarak görülmektedir. Oluşturulan farkındalığın da etkisiyle genel manada CO₂ emisyonunu azaltmak için çalışmalar başlamış olup, bunun 2050'de sera gazı emisyonlarını 50 GtCO₂'ye, dolayısıyla 2010 emisyon seviyesine düşürmesi beklenmektedir (Şekil 3b).

Fosil yakıtlarının toplumdaki yaygın kullanımı ve özümsemesi nedeniyle bir miktar geri planda kalmış olan yenilenebilir enerji teknolojileri bahse konu çevresel gelişme ve kaygıların da etkisi ve genellikle CO₂ emisyonunu azaltmaya alternatif olarak görüldüğü için tekrar ciddi bir rağbet görmeye başlamıştır.

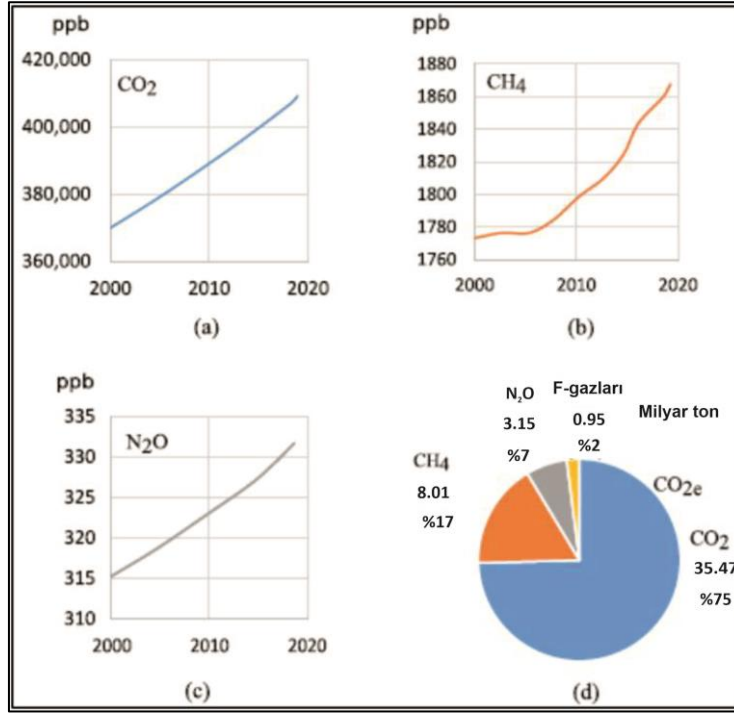
Ancak 2022 Şubat'ında Rusya'nın Ukrayna'yı işgali ile birlikte de her türlü karbon salınımı tartışmalarına rağmen fosil yakıtlar tekrar gündem olmaya da başlamıştır.



Şekil 2. 1750-2020 yılları arasında kapsayan, dünya bölgelerine göre küresel CO₂ emisyonları [27]



Şekil 3. a) Hali hazır koşullarda geçmiş ve 2050 projeksiyonu yapılmış sera gazı emisyonları **b)** Yapılan düzenlemelerle hedeflenen sera gazı emisyon projeksiyonu [28], *: land use, land use change and forestry (arazi kullanımı, arazi kullanım değişimi, ormanlık alan)



Şekil 4. Sera gazı konsantrasyon ve emisyonları. a) CO₂ atmosferik konsantrasyonu, b) CH₄ atmosferik konsantrasyonu, c) N₂O atmosferik konsantrasyonu d) milyon ton olarak CO₂'e eşit emisyonlar [29]

Enerji üretimi için seçilecek yöntemleri belirleyen iki önemli kriter vardır. Birincisi enerji üretimi yapılacak alanın genişliğidir. Başka bir ifadeyle üretilecek enerji için güç yoğunluğunun yüksek olması beklentisi (Tablo 3). İkinci seçim kriteri ise güç üretim yönteminin ekonomik uygulanabilirliğidir. Bu iki kriter de yatırım tercihlerinde önemli bir rol oynar. Güneş, rüzgâr, hidroelektrik, dalga (tidal), biokütle veya jeotermal güç üretimleri gibi yenilenebilir enerji/güç üretimi geniş arazi alanlarına ihtiyaç duyar çünkü yenilenebilir güçlerin tümü düşük güç yoğunluğuna sahiptir (Tablo 3). Bu yüzden de fosil bazlı veya nükleer enerji üretimi, çevreci hassasiyetleri ihmal edildiğinde daha tercih edilebilir görülmektedir, en azından fiili durum böyledir.

Tablo 3. Farklı enerji kaynaklarının enerji yoğunlukları

KAYNAKLAR	Üretim Miktarı
Nükleer enerji üretim yoğunluğu (reaktör)	50-300MW/m ²
Nükleer enerji üretim yoğunluğu (madencilik için arazi alanı, işleme, depolama vb.)	230W/m ²
Kömür madenciliği güç yoğunluğu	100 W/m ² -2 kW/m ² yeraltında 2 kW/m ² -33 kW/m ² açık maden işletmesi
Petrol çıkarma gücü yoğunluğu	10-20 kW/m ²
Doğal gaz çıkarma gücü yoğunluğu	10-15 kW/m ²
Etanol enerjisi üretim yoğunluğu (Brezilya)	0.45 W/m ²
Etanol enerjisi üretim yoğunluğu (ABD)	0.22 W/m ²
Hidroelektrik enerji üretim yoğunluğu (rezervuar)	0.4-3 W/m ²
Hidroelektrik enerji üretim yoğunluğu (ırmak barajları)	1-500 W/m ²
Rüzgâr enerjisi üretim yoğunluğu (arazi)	1.3-7 W/m ²
Rüzgâr enerjisi üretim yoğunluğu (açık deniz)	10-22 W/m ²
Pv enerji üretim yoğunluğu	3-30 W/m ²
Konsantre güneş enerjisi üretim yoğunluğu	25 W/m ²
Dalga enerjisi üretim yoğunluğu	14-16 W/m ²

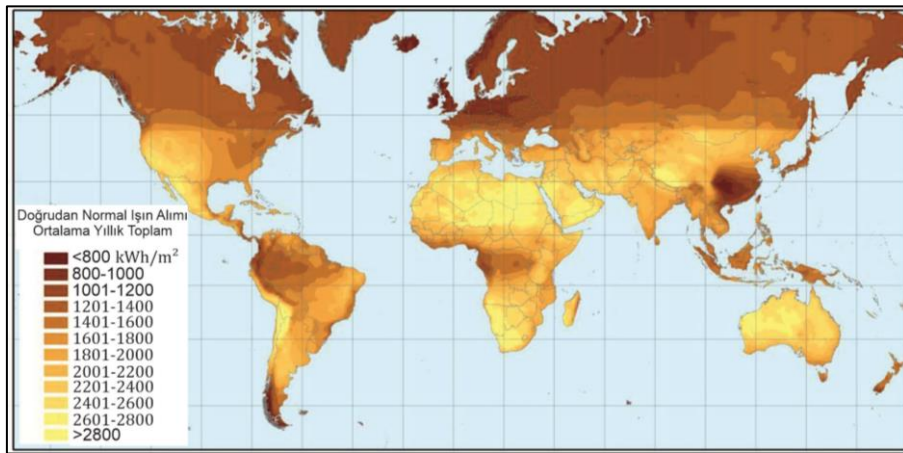
İçinde bulunduğumuz yüzyılda fosil yakıtların tükenmesinin yaklaşması ve ancak enerji talebinin giderek artması nedeniyle, yenilenebilir enerji ve yeşil teknolojilere yönelim tavsiye ve teşvik edilmektedir. Elektrik üretimi endüstriyel amaçlar için elzemdir ve güneş ve rüzgâr enerjisi gibi yeşil enerji kaynaklarından elektrik üretimi düşünülmelidir. Yeşil enerji kaynaklarından elektrik üretmek ekonomik ve çevresel açıdan faydalıdır [30]. Günümüzde en yaygın yenilenebilir enerji üretim metotları, fotovoltaik, yoğunlaştırılmış güneş santralleri, hidroelektrik ve rüzgâr enerjisi üretimidir. En önemli alternatif enerji kaynaklarının başında ise her ne kadar üzerinde çekişmeler de olsa nükleer enerji gelmektedir.

4.1. Güneş enerjisi

Fotovoltaik (PV) paneller, fotovoltaik etki sayesinde güneş ışığını doğrudan elektrığe dönüştürür. Çok pahalı paneller için dönüşüm verimi %10 ile en fazla %20 arasında değişmektedir. Teorik dönüşüm limiti (Shockley-Queisser limit) ise %31'dir. Güneş enerjisi yoğunluğu coğrafik lokasyonlara bağlı olarak 80-280 W/m² arasında değişir. Güneye bakan bir panelden gelen ortalama güç bu nedenle %20x110 W/m² =22 W/m² olarak verilir. Her bir kişiye yaklaşık 10 m² tahsis edildiği ve 12 saat güneş ışığının olduğu varsayıldığında, kişi başına günde yaklaşık 2.5 kWh verim sağlayacaktır [31]. Dolayısıyla bu sistemin enerji üretiminin sınırlı olması ciddi bir dezavantajdır. Bu yüzden de fotovoltaik alternatif olarak bir elektrik jeneratörüne bağlı bir buhar türbinini çalıştıran suyu ısıtmak için güneş ışınımını yoğunlaştırmak için aynalar veya mercekler kullanmak da güneş enerjisinden yararlanma metotları içinde cazibeye sahip olmuştur.

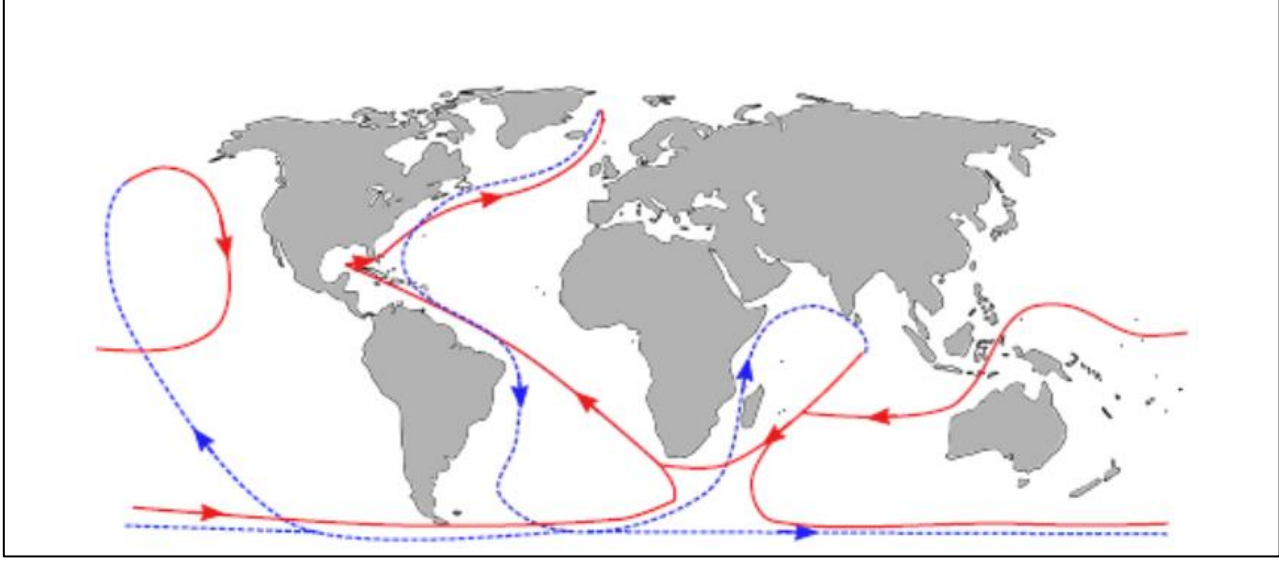
Üzerinde bazı kısıtlar bulunsada güneş enerjisinin avantajları, onu dünyadaki en gelecek vaat eden teknoloji yapmıştır. Bu nedenle iklim değişikliğini hafifletmek için özellikle güneş enerjisine yönelik Ar-Ce çalışmaları ve geliştirilen teknolojiler kilit bir teknoloji olarak görülmektedir [32]. Geçmişte güneş enerjisinden yararlanılmasına dair pek çok örnek olmasına rağmen güneş enerjisini başka formlara dönüştürerek kullanma çabaları 19. yüzyılda başlamış ve güneş enerjisine dayalı buhar motorları o dönemde hayata geçirilmiştir. Ancak bu yöntem çok ekonomik görülmediği için güneş enerjisinden yararlanmaya yönelik yeni teknoloji arayışları da aynı dönem içinde artmaya başlamıştır [33]. Bugünkü manada güneş enerjisinden sıcak su üretilme teknolojisinin temelleri 20. yüzyılın başlarında gelişmeye başlamıştır [33]. Bu bir yönüyle de güneş enerjisi (solar enerji) depolama örneği olarak görülebilir. Bu dönemde güneş enerjisinden sıcak su elde edilmesi ve evlerin ısıtılmasında kullanılmaya başlanmıştır. O zamana kadar büyük şehirlerdeki binaların ısıtılmalarında kömüre dayalı kaynaklı kazanlar kullanılmaktaydı. Güneş enerjisinin büyük ölçekli uygulamaları, bilimsel birikimdeki artışın devam etmesine rağmen, 1. ve 2. Dünya Savaşları döneminde sekteye uğramıştır. Buna rağmen bahse konu dönemde de bilhassa güneş ısıtıcıları ve güneş kolektörleri alanında pek çok patent alınması dikkat çekicidir. Bu yıllarda alanın önde gelenleri ABD ve Japon mucitleriydi. İlk tip güneş enerjisine dayalı su ısıtıcılarının üretimi 1960'larda başlamıştır. Bu tür sistemler ancak güneş ışığının aktif alındığı dönemlerde çalışabildiği için, sisteme destekleyici unsur olarak rüzgâr enerjisi de kullanılmaya başlanmıştır. 1973'teki petrol kriziyle birlikte fosil yakıtlardaki fiyat artışları alternatif enerji kaynaklarına olan ciddi yönelimin sebebi olmuştur.

Güneş enerjisi teknolojilerinin kullanımı sınırlayan en önemli unsur tesislerin kurulacağı yerlerin yıl boyu güneş alma potansiyeli, dolayısıyla coğrafi ve fiziksel koşullardır. Artan enerji talebi düşünüldüğünde küresel ölçekte potansiyel alanların arayışı da artmıştır. Bu bağlamda 50 K ve 50 G enlemleri arasında kalan bölge, yersel istisnalar olmakla birlikte, en uygun alanlardır (Şekil 5).



Şekil 5. Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi potansiyelinin tahmini. Dünya ölçeğinde yıllık direkt normal irradyasyon ((DNI) (kW/m²/a. [34'dan alınmıştır].

Dünya'ya yıllık toplamda ortalama 170.000 TW güneş ışığı düşmektedir. Ancak, düzensiz doğası nedeniyle bu gücün yüksek bir verimlilikle değerlendirilmesi kolay olmamaktadır. Doğası gereği güneş enerjisi geniş toplama alanları ve büyük depolama kapasiteleri gerektirir. Bu dezavantajın tropikal okyanuslar tarafından giderilebileceğini ileri sürün görüşler artmaktadır [29]. En kabul gören görüşlerden biri yerkürenin termosifon özelliğidir. Şöyle ki: Dünya yüzeyinin %71'ini kapsayan okyanuslar tropik bölgelerde güneş ışığını emerek üst katmanlarında 25°C'ye kadar ısınırlar. Ekvator kuşağından gelen ılık yüzey suları, kutuplara doğru akar ve hem arktik hem de Antarktika buzunu eritir. Ortaya çıkan soğuk sular, döngüyü tamamlayarak ekvatora büyük bir derinlikte geri döner (Şekil 6). Böyle bir gezegen termosifonu muazzam bir güç doğurur. Ancak bu teknoloji henüz geliştirme aşamasında olup üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Başka bir çalışma da ise çok uluslu bir konsorsiyum güneşli Güney Avrupa, Orta doğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde konsantre güneş enerjisi tesislerini rüzgar çiftlikleri ile güçlendirilerek Kuzey Avrupa'ya yüksek voltajlı doğru akım iletim hatlarıyla enerji ulaştırmaya hedeflemektedir [31]. Bu tür özgün projeler geçen yüzyılın sonunda tartışılarak 21. yüzyılda devam eden AR-GE çalışmalarıdır.



Şekil 6. Gezegensel termosifon. Yüzey akıntıları (katı çizgi) ve derin akıntılar (kesikli çizli). Okyanusal döngünün detayları Rahmstorf (2002)'de bulunabilir [29].

4.2. Hidroelektrik enerji

Hidroelektrik enerji üretimi küçük ölçekte düşünüldüğünde, 1882'lerde başlamış ve hızlı bir şekilde Alpin ülkelerinde, İskandinavya ve Birleşik Devletlerde uygulanmıştır. Smil [35]'e göre Dünya'nın büyük barajlarının arkasındaki rezervuarlar neredeyse 2 İtalya büyüklüğünde bir alanı kaplamaktadır. Dünyanın en büyük hidroelektrik santrali yaklaşık 3 W/m² verimliliğe sahiptir. Buna karşın ortalama hidroelektrik santralleri 1.5 W/m² üretime sahiptir, ki bu değerler küresel enerji talebini karşılamaktan oldukça uzaktır.

Bununla birlikte en umut verici yenilenebilir enerji üretim yöntemleri arasında yalnızca hidroelektrik santrali sabit bir oranda güç sağlayabilirken, diğer yenilenebilir enerji santralleri, güneş ve rüzgâr koşullarındaki günlük veya mevsimsel değişiklikler nedeniyle enerji girdilerinde büyük değişikliklere tabidir. Bu enerji üretim yöntemleri ancak yeterli bir enerji depolama yönteminin seçimiyle hidroelektrik enerji yöntemiyle eşit derecede önemli bir kriter haline gelecektir [31]. Mevcut enerji depolama teknolojileri, hidroelektrik pompalı depolama, basınçlı hava enerji depolama, pil enerji depolama, volan enerji depolama, sıcak su depolama, faz değişim malzemeleri depolama, güçten gaz/sıvıya (hidrojen, metan, metanol vb.) enerji depolama, termokimyasal enerji depolama, fosil yakıtlar (kömür, petrol, doğal gaz), biyokütle ve biyodizel yöntemlerini içerir. Enerji depolamaya yönelik yeni teknoloji arayışları özellikle de 1990'lardan beri yoğun sonrasında şekilde sürmektedir. Pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, elektrik için mevcut tek büyük ölçekli depolama teknolojisidir. Bunlar en olgun depolama teknolojisini temsil ederler, ancak gelişme potansiyelleri coğrafi imkanlarla sınırlıdır. Basınçlı hava enerji depolaması için de önemli miktarda deneyim mevcuttur.

4.3. Hidrojen Gazı

Hidrojen gazı, özellikle yakıt hücreleriyle bağlantılı olarak, bir yakıt olarak büyük umut vaat etmektedir. Kara taşıtlarına, deniz taşıtlarına ve ayrıca büyük hava ve uzay taşıtlarına güç vermede ve endüstriyel ve evsel ısı ve elektrik üretim ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynayabilir [29]. Hidrojen ayrıca büyük miktarlarda enerjiyi uzun mesafeler boyunca taşımak için bir araç olarak da fırsatlar sunar.

Hidrojen gazı elde edilmesinin geçmişi, Montgolfier kardeşlerin yaptığı sıcak su balonunu uçurdukları 1783'e kadar uzanır. Hidrojen çevresel bir kirlilik oluşturmadan üretilebilen en cazip yeşil enerji çeşitlerinin başında gelir. Üretimi ve kullanılmasına yönelik uygun teknolojilerin geliştirilmesiyle birlikte muhtemelen, mümkün olan en çevre dostu yakıt olacaktır. Bu enerji kaynağı üzerinde çalışmalar hala yoğun olarak devam etmektedir. 2016 yılında, sürdürülebilir havacılık yakıtları üretmek amacıyla deniz suyundan hem hidrojen hem de karbondioksit çıkarmak için enerji gemilerinin kullanılması olasılığı tartışılmıştır. Son yıllarda, ABD Deniz Araştırma Laboratuvarı, geleneksel jet yakıtının deniz suyundan çıkarılan hidrojen ve karbondioksitten üretilen bir sıvı yakıt ile değiştirilmesi olasılığını da araştırmaya başlamıştır.

4.4. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr enerjisi de günlük veya mevsimsel değişiklikler nedeniyle enerji girdilerinde büyük değişikliklere tabi bir enerji çeşididir. Bu da rüzgâr enerjisinin zayıf noktasıdır. Modern rüzgâr türbininin gelişimleri, 1970'lerde dönme çapı 17 m olan ve 75 kW güce sahip olanlarla başlamıştır. Akabinde ise 125 m çaplı olan ve 5 MW gücünde olan türbin geliştirilmiştir [36]. Bu günlerde ise General elektrik 250 m yarıçaplı ve 12 MW rüzgâr türbini yapılabileceğini öngörmektedir. Yıllık ortalama 7-7.5 m/s rüzgar hızına sahip rüzgarlı bölgeler 400-500 W/m² yoğunlukta enerji üretir. Rüzgâr ile üretilebilecek enerji miktarı, belirli bir rüzgâr akımındaki kinetik rüzgâr enerjisinin dönüşümü, en fazla 16/27 (%59) verimlilikle yakalanabileceğini belirten Betz yasası ile sınırlıdır. Halihazırdaki gerçek güç dönüştürme verimliliği %30-40 arasındadır. Dolayısıyla teknolojik olarak daha kat edilecek epey yol gözükmetedir. Ayrıca, mevsimsel rüzgâr değişimleri, tipik olarak, nominal türbin çıkışının (kapasite faktörü) yalnızca %30-35'inin yıllık olarak yakalanmasına izin verir. Sonuç olarak, en yoğun şekilde planlanmış rüzgâr çiftlikleri 15 W/m²'ye kadar bir güç yoğunluğuna ulaşır ve daha tipik sahaların yoğunluğu 5-7 W/m²'dir [36].

Açık deniz sahaları daha yüksek ortalama rüzgâr hızlarına sahiptir ve bu nedenle açık deniz rüzgâr türbinleri ise 10 ile 22 W/m² arasındaki güç yoğunluklarına ulaşmaktadır. Teknolojik olarak alınacak hala yol olmasına rağmen rüzgâr gücü (wind power) en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji kaynağıdır. 2011'in sonuna kadar dünya çapında 197 GW'a ulaşmıştır. Sadece 2010'da rüzgâr gücüne dayalı enerji kaynağı %23.6 altı büyümüştür [36]. Dünya genelinde kurulan tüm rüzgâr türbinleri yılda Terawatt-saat (TWh) seviyesinde elektrik üretmiştir. Bu gücüyle dünya genelinde 50 milyar \$ ve 670 000 kişiye istihdam sağlamıştır [36].

4.5. Biyogaz

Biyogaz, sürdürülebilir ve verimli temiz elektrik gücü nedeniyle tercih edilen ve endüstriyel tesislerde şebeke bağlantısı ve tarife garantisi ile elektrik üretimi için birincil yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak değerlendirilebilir. Şu anda, yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretimi yaklaşık %8'dir. Bu oran biyoenerji kaynaklarından elektrik üretmek için yeni ve verimli teknikler uygulanarak iyileştirilmeye çalışılmaktadır.

4.6. Jeotermal Enerji

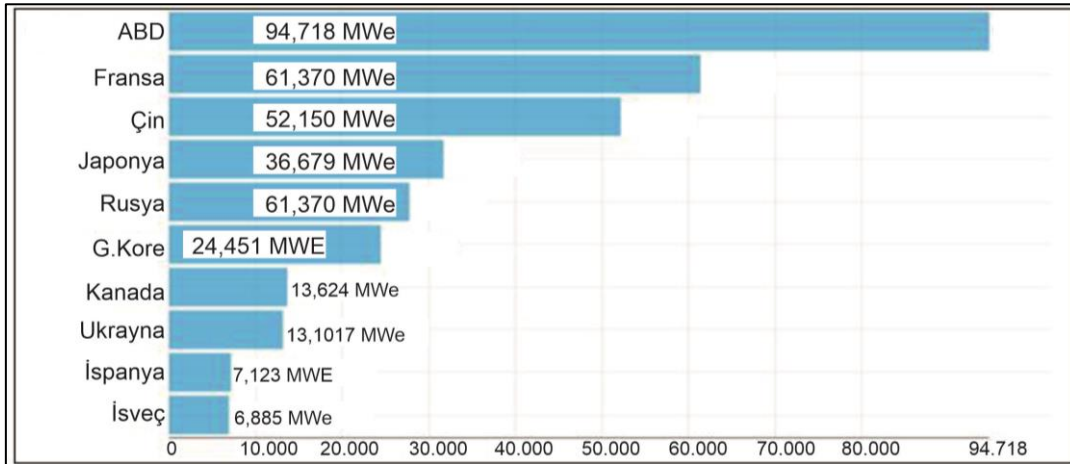
Alternatif enerji kaynaklarından bir diğeri ise jeotermal enerjidir. Jeotermal enerjiden yararlanma da çeşitli kullanım farklılıkları ile insanlığın ilk dönemlerine kadar gitmektedir [4,5]. Dünyanın derinliklerindeki sıcaklık akımının bir sonucu olarak açığa çıkan jeotermal enerji kaynakları yüzeyde kaplıcalar, sıcak su havuzları şeklinde gözlenmektedir ve insanlar bu ortamları yemeklerini pişirme, banyo yapma ve ısınma amaçlı olarak kullanmışlardır [5,37]. Termal suların enerji üretiminde kullanımı ise 19. yüzyılın ikinci yarısında, Kuzey İtalya'nın Tuscany bölgesindeki Larderello bölgesinde bulunan o dönemde bor üretimi için kullanılan kaplıcada jeotermal enerji üretimi için tesis kurulması ile başlamıştır. Akabinde yine aynı sahada ilk elektrik üretimi de 1904'de gerçekleştirilmiştir [37]. Kapsamlı şekilde termal kaynakların evlerin ısıtılmasında ve seralarda kullanılması ise 1920'de İzlanda'da olmuştur. Günümüzde de İzlanda jeotermal enerjiden faydalanan ülkelerin en başında gelmektedir. 1958'lerde ise jeotermal enerjinin kullanılmasında İzlanda ve İtalya'ya Yeni Zelanda da katılmıştır.

4.7. Nükleer Enerji kaynakları

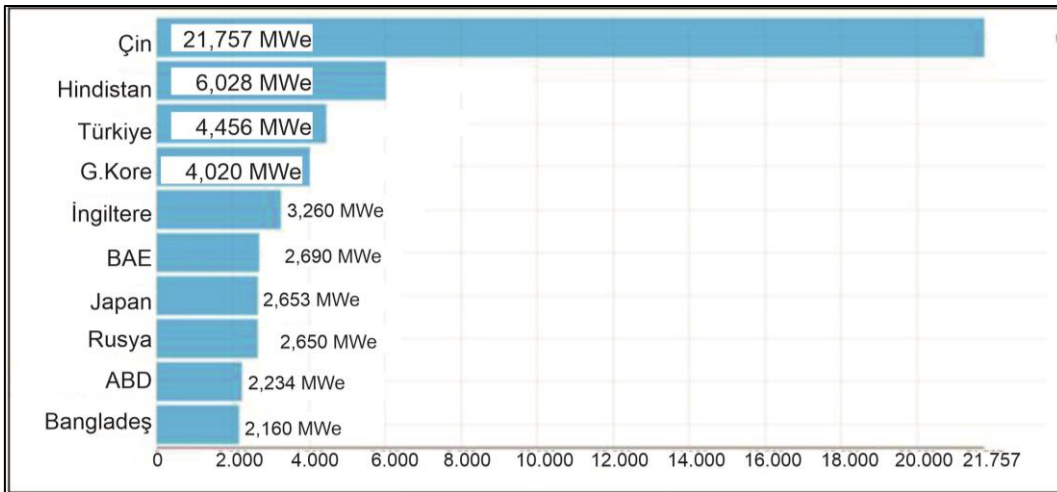
Nükleer enerji sistemleri hali hazırda 3. nesile evrilmiştir. İlk nesil santraller 1950 ve 1960'ta prototip olarak kurulmuştur. 2. nesil santraller ise ticari olarak tasarlanarak 1970'lerde kurulmuştur. O dönemde kurulan santrallerin bir kısmı hala faaliyettedir. Günümüzde kurulan, ülkemizdeki Akkuyu Nükleer Santrali de dahil, 3. nesil santralleri ise III/III+ jenerasyon olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde 437 nükleer santral halen faaliyette bulunmakta, bunlar toplam 393,259 Mwe elektrik üretimiyle dünya enerji üretiminin %10'unu karşılamaktadırlar (Şekil 7-10). 61,037 MWe elektrik üretimi sağlaması planlanan 59 adet nükleer santralin inşası da halihazırda devam etmektedir (Şekil 7-10). Nükleer santraller birçok çevresel çekinceye rağmen dünya enerji üretiminde artan miktarda bir yere sahip olmuşlardır.



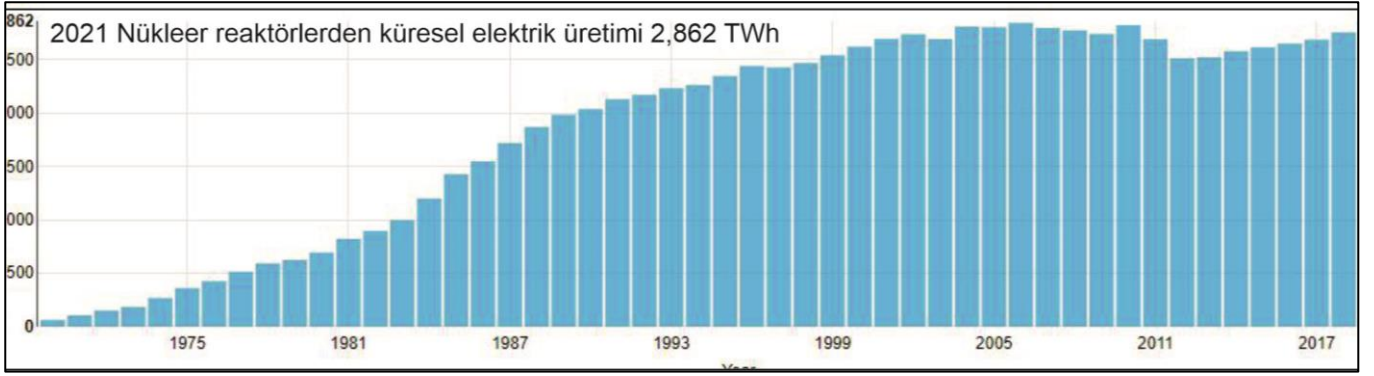
Şekil 7. Nükleer santrallere ait güncel veriler [38]



Şekil 8. Toplam Çalıştırılabilir reaktör net kapasitesi (MWe) (İlk 10) [38]



Şekil 9. Toplam İnşası devam eden reaktör net kapasitesi (MWe) (İlk 10) [38]

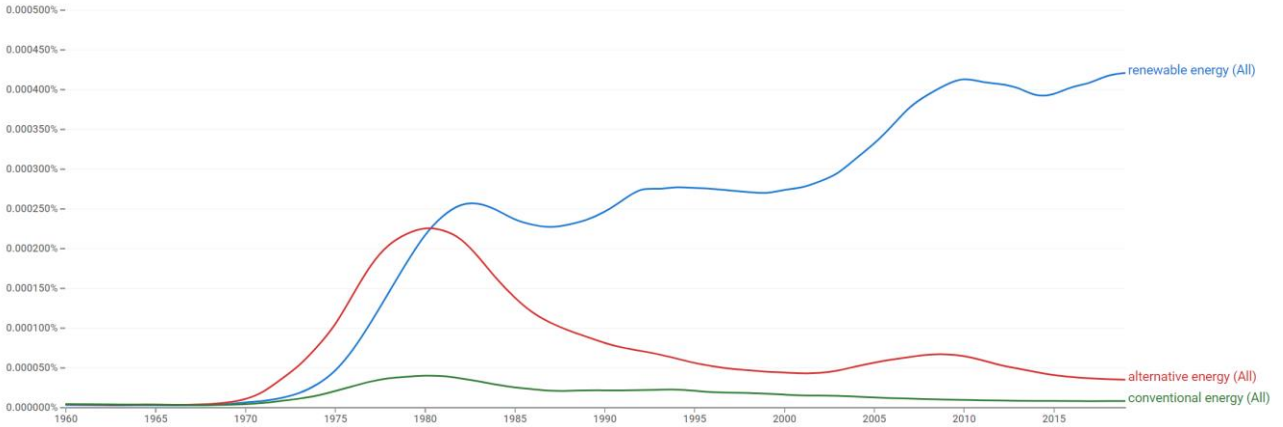


Şekil 10. Yıllara göre nükleer santrallerden küresel ölçekte elektrik üretimi miktarı [38]

4 Bulgular ve Yorumlar

Literatürde enerji türleri ile ilgili sıklıkla karşılaşılan terimler arasında. “renewable energy”, “conventional energy”, “alternative energy” kavramları gelmektedir. Bu çalışmada genel enerji türlerinin öncelikli olarak ele alınması uygun bulunmuştur. Kavramların n-gram analiz sonucu Şekil 11’de görülmektedir.

Grafik incelendiğinde enerji kaynaklarının alt başlık altındaki türlerinin kullanımlarının 1965’lerden sonra kullanılmaya başladığı, yenilenebilir enerji kavramının ise zamanla bir artış eğilimine sahip olduğu görülmektedir. Alternatif enerji ve konvansiyonel enerji 1970 ile 1990 yılları arasında 1980 yılı zirve olacak şekilde bir çan eğrisi geometrisi göstermektedir. Bu tarihsel dönem ilgili kavramların en çok gündemde olduğu ve üzerinde birçok tartışmalar yapıldığı döneme karşılık gelmektedir. Yenilenebilir enerji kavramı da 1970-1980 arasında benzer geometriyi göstermekle birlikte 1980’lerin sonrasında alternatif enerji içinde yenilenebilir enerji kavramı önem kazanmış ve alternatif enerjinin yerini de yenilenebilir enerji almıştır (Şekil 11).



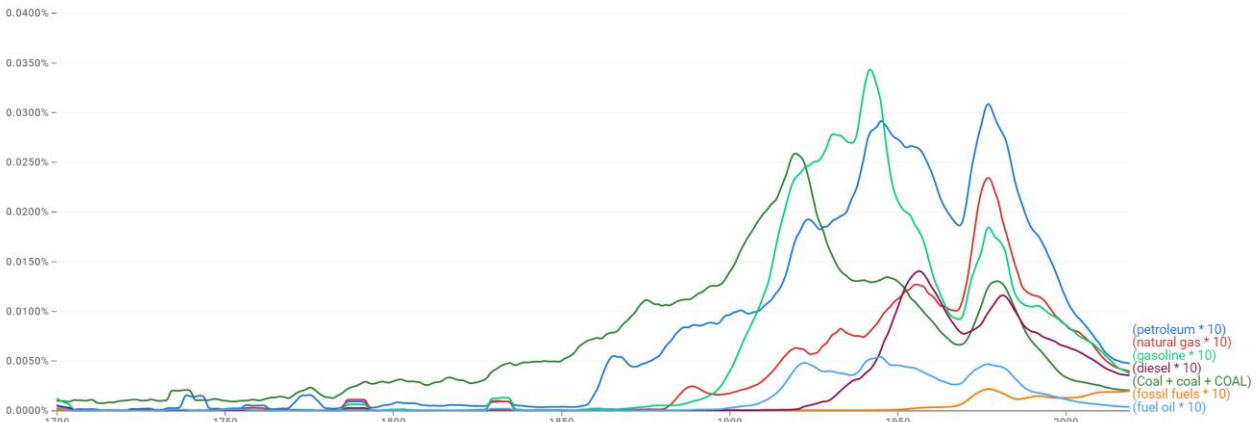
Şekil 11. Modern enerji Kavramlarının Tarihi Seyri

Kronolojik olarak ilk karşımıza çıkan yakıt türleri fosil yakıtlardır. En bilinen fosil yakıtlar arasında yer alan kömür (coal), petrol (petroleum), doğal gaz (natural gas), fosil yakıtlar (fossil fuels) kavramlarına ait analiz Şekil 12 ‘de görülmektedir.

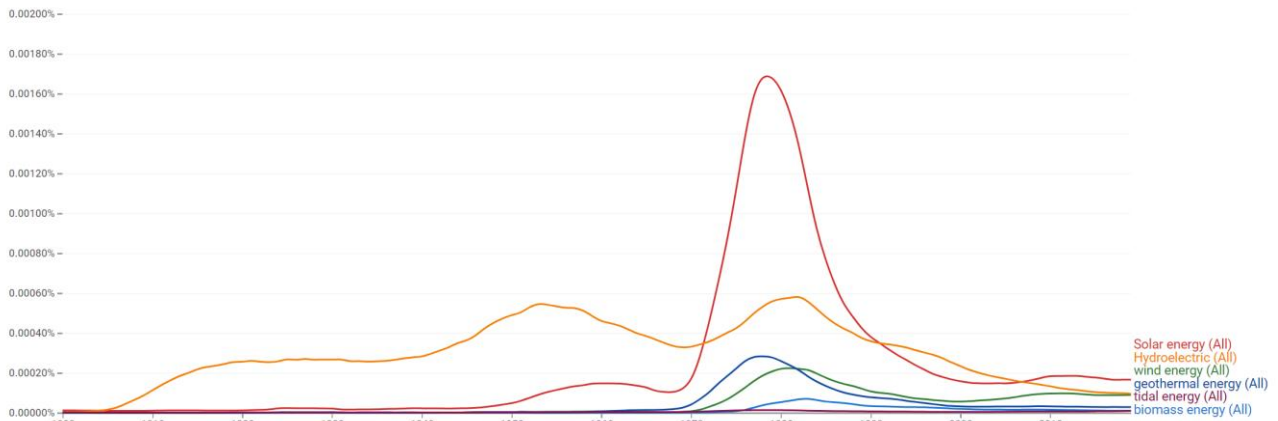
Bu grafikte kömürün 18. yüzyılın 2. yarısından sonraki kullanımı ve sosyal hayattaki yer buluşuyla orantılı olarak literatür sıklığı gösterdiği net bir şekilde görülmektedir [6,24]. Aynı şekilde petrolün de (petroleum) 19. yüzyılın 2. yarısından sonra sosyal hayat içinde yer aldığı 1950’lere kadar da artan bir eğilime sahip olduğu görülmektedir. 1970 petrol krizi ile petrolün literatürdeki kullanım dikkat çekici olarak artmakta, 1980’lerden sonra ise kullanım sıklığında bir düşüş çevresel hassasiyetlerle ilişkili olarak azalmaktadır (Şekil 12). Doğal gaz, yukarıda da belirtildiği gibi 1960’lardan sonra petrolle gündeme gelmeye başlıyor ki n-gram grafiği de (Şekil 12) bunu teyit ediyor, 1970’lerin sonunda doğal gaza ilgi artıyor ve 1980’e doğru ise zirveye ulaşıyor (Şekil 12). Grafikte yaklaşık olarak 1950 yılında benzin, 1960 yılında ise mazot ve doğal gaz kelimeleri ilk zirvelerini yapıyorlar. 1980 tüm enerji kaynakları için kullanım sıklığında yeni bir zirveye karşılık gelmektedir. Bunda 1980’li yıllarda alternatif enerji kaynaklarının gündemde olmasının yanı sıra n-gram analizinde kullanılan enerji/yakıt kaynaklarının birbirleri ile ilişkili tartışıldığı dönemler olması etkili olmuştur. Farklı anahtar

kelimelerle yapılan n-gram analizinde görülen bir diğer dikkat çekici unsur ise fosil yakıtlar (fossil fuels) kavramıdır. Bu kavramın da literatürde ciddi manada yer bulması çevresel konuların sosyal hayatta önemli bir yer tuttuğu 1980'ler ve sonrasına karşılık gelmektedir. Kavram 1980'lerden sonra literatürde giderek artan bir kullanım sıklığı gösterirken, özellikle 1980'lerde diğer konvansiyonel yakıtlarda rastlanan zirve fosil yakıtlar için de geçerli olmuştur (Şekil 12).

Yenilenebilir enerji ve alt grupları için oluşturulan n-gram analiz sonuçları incelendiğinde (Şekil 13), hidroelektrik enerji kavramının (hydroelectric power) literatürde yer bulması 1900'lerin başına karşılık gelmektedir. İlk hidroelektrik enerjinin 1882'üretildiği ve akabinde hızlı bir şekilde yayıldığı düşünüldüğünde n-gram grafiğinin de bu olayla uyumluluğu görülmektedir (Şekil 13). Güneş enerjisi (solar energy) kavramının da neredeyse hidroelektrik enerji kavramı gibi 1900'lerin başlarında literatürde görülmesi de dikkat çekicidir. Tabii ki seçilen kavramların bu çalışmada kastedilen manadan farklı olarak literatüre girmiş olma ihtimali de göz önünde bulundurulmalı ve ihtiyaç duyulması durumunda ilgili kavramı konu alan derin analiz teknikleri kullanılmalıdır. Ancak bu çalışma kavramlarla ilgili olarak derin bir analizden ziyade farkındalığı öncelendiği için bu tür analizlere çalışmada yer verilmemiştir. Şekil 13'ten anlaşılacağı üzere diğer alternatif/yenilenebilir enerji kaynakları gibi güneş enerjisi kavramı da 1980'lerde dikkat çekici bir seviyede kullanım sıklığı göstermektedir (Şekil 13).



Şekil 12. Fosil yakıt kavramları n-gram analizi



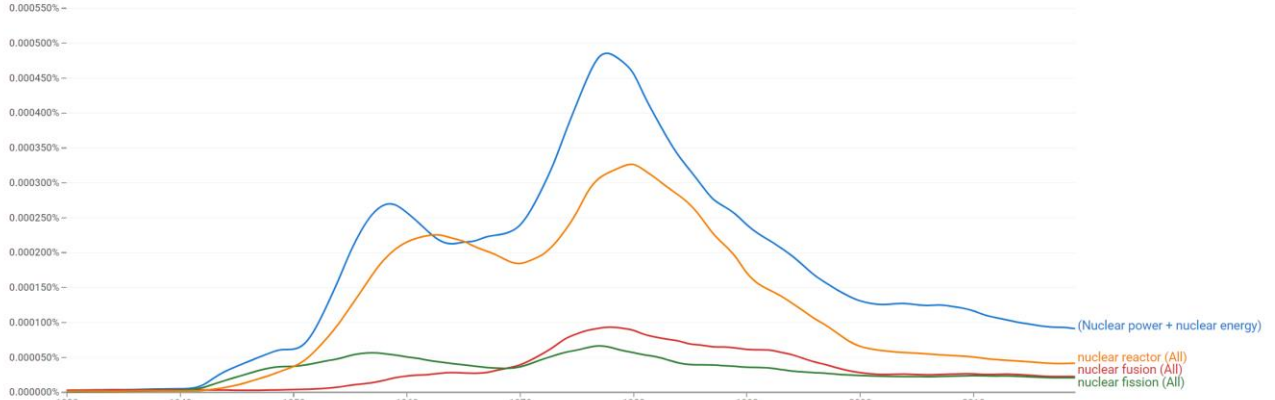
Şekil 13. Yenilenebilir enerji ve alt gruplarına ait n-gram analiz grafiği

Dalga enerjisi (tidal energy) kavramı Şekil 13'ten de anlaşılacağı üzere 1960'ların sonunda literatüre girmiştir. Bu yıllar alternatif enerji arayışlarının gündemde olduğu yıllar olup, grafik de bu olguyu desteklemektedir (Şekil 13).

Her ne kadar jeotermal enerji (geothermal energy) kullanımına dair kayıtlı veriler 19. yüzyılın 2. yarısından sonra rastlanmış olsa da [37,39] n-gram analizine göre ise 1960'lardan sonra dikkat çekmeye başlamıştır (Şekil 13). Bu tarih ise İtalya, İzlanda ve Yeni Zelanda'da jeotermal kaynakların enerji amaçlı kullanımının

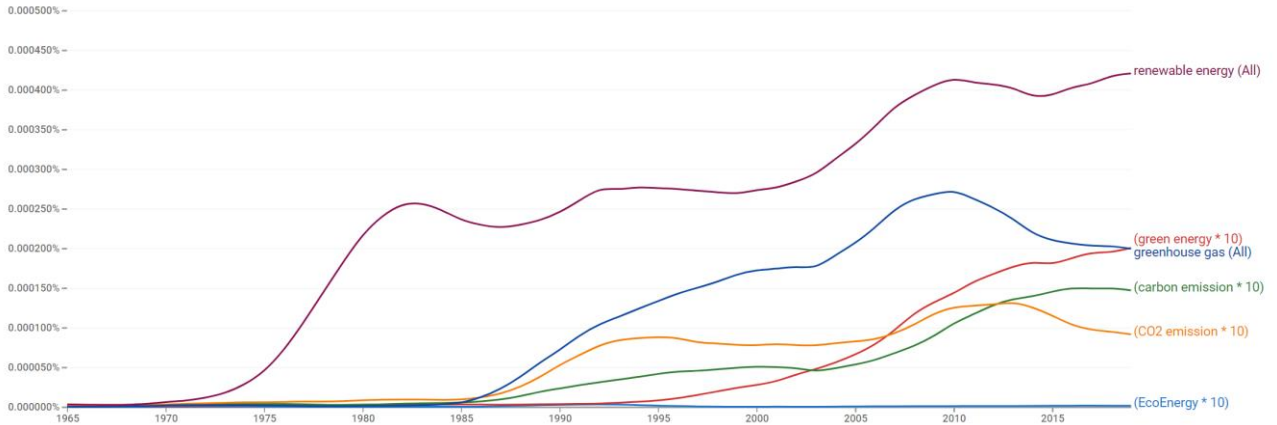
yaygınlaştığı yıllara denk gelmektedir [37]. Diğer kavramlar görece daha düşük düzeyde geçme sıklığına sahiptir ve ayrıntılar Şekil 13'de görülmektedir.

Belki en genç alternatif enerji kaynaklarının başında nükleer enerji (nuclear energy) gelmektedir. Türkçe'de nükleer enerji olarak kullanım bulsa da İngilizce 'de daha çok "nuclear power" olarak kullanılmaktadır. Bu yüzden n-gram analizinde "nuclear energy" ve "nuclear power" anahtar kelimeleri birlikte incelenmiştir (Şekil 14). Özellikle 20. yüzyılın ortalarına doğru temel bilimlerin gelişimi ile de paralel olarak nükleer enerji ve nükleer silah konusu dünya gündeminde yer bulmaya başlamıştır [40]. Şekil 14 incelendiğinde 1940'lardan itibaren nükleer enerji kavramına ilişkin bir yükselmenin olduğu görülmektedir. Bu dönem, İkinci Dünya Savaşı sonlarına doğru yapılan nükleer silah tartışmaları ve Japonya'ya karşı kullanılan atom bombası ile kolaylıkla ilişkilendirilmektedir. 1950'lerle birlikte Soğuk Savaşın başlaması literatürde nükleer (enerji, silah) kavramı etrafındaki tartışmaların sürekli bir artış eğiliminde olduğuna işaret etmektedir. Grafikte nükleer enerji ve nükleer reaktör kavramlarının eş değişim göstermeleri analizin doğruluğunu destekler niteliktedir. Fosil yakıtların rezervlerinin artık tükenmeye yüz tutması ve bunun aksine de küresel enerji talebinin ise karşılama gücünün artmasıyla birlikte yeni arayışlara yönelinmiştir. Soğuk Savaş yıllarında, 1953'te ABD Başkanı Dwight David Eisenhower, bütün Dünya ülkelerinin nükleer bilgi ve malzeme birikimlerini uluslararası bir kuruluşun gözetiminde birleştirmelerini önermişti. Bu öneri üzerine 62 ülkenin katılımıyla 1957'de Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) kurulmuştur. Bu yıllar n-gram analizinde de nükleer enerji (nuclear energy, nuclear power) kavramının literatürde kullanım sıklığı ile de teyit edilmektedir (Şekil 14). Bahse konu dönemler içindeki yükselimin bir nedeni olarak da 3. Dünya Savaşı'nı başlatacak ve insanlığı nükleer bir faciannın eşiğine götürecek bir gerilimin karşılığı olan 1962 Küba Füze Krizi [33] görülebilir. Eisenhower'ın 1964'te dillendirdiği "Barış için atom" sloganı o sırada ABD müttefiki olan İran'ın nükleer enerji girişimi başlatmasını teşvik etmiş, ancak 1979'daki İran İslam Devrimi'nden sonra ABD bu konuda sürekli İran'ın üzerine gitme ve köşeye sıkıştırma politikası izlemiştir ki n-gram analizinde bahse konu dönemler kullanım sıklığının artış gösterdiği yıllara karşılık gelmektedir (Şekil 14). 1960-1970'li yıllar nükleer enerji, nükleer silah ve ilişkili kavramların çok yoğun gündem oluşturduğu yıllar olarak karşımıza çıkmaktadır [33]. Örneğin 1972'deki ABD ile SSCB arasında SALT-I adı verilen Anti-Balistik Füze Sistemlerini Sınırlandıran Antlaşma [34] ve diğerleri ile bu süreç devam etmiştir. Bunlar genel olarak stratejik silahların nitel ve nicel olarak sınırlandırılmasını öngören antlaşmalardır [33]. Tüm bu olayları grafikteki değişimlerle de az veya çok kendini hissettirmektedir. 1970'lerle birlikte nükleer enerji kavramının literatürde kullanma sıklığının artışı, literatürde bu konuların Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Antlaşması (NPT)'den dolayı sürekli gündemde olmasının yanı sıra büyük bir enerji arzını sekteye uğratan Petrol Krizi ile örtüşmektedir. Petrolün uluslararası ilişkilerde bir koz ve bir anlamda silah gibi kullanılması gerginliği artırırken diğer yandan petrol yerine nükleer enerjinin bir alternatif olarak tartışılması ile birlikte nükleer enerji hep gündemde kalmıştır. Nükleer enerjinin toplumda yer bulması, kullanımı ile birlikte insanlık, üçü 1990 öncesi biri de 2011'de olmak üzere 4 büyük nükleer santral kazasıyla karşılaşmıştır. Bu kazalar toplumda nükleer enerjiye karşı ciddi bir hassasiyetin de oluşmasını tetiklemiş, n-gram grafiğindeki yukarı doğru eğilime de katkı vermiştir (Şekil 14) [35]. 1966'lar ile 1990'lar arası nükleer enerji grafiğinin bir çan eğrisi görünümünü aldığı görülmektedir (Şekil 14). 1980'lerden sonra nükleer enerjiye yönelik literatürdeki kullanım sıklığının düşmesi, toplumda oluşan çevresel hassasiyetlere bağlı olarak nükleer enerjiye yönelik isteksizliklerin artması, hatta bazı nükleer enerji reaktörlerinin de kapatılmaya başlanmasıyla uyumluluk göstermektedir (Şekil 14). Bu dönem yukarıda da belirtildiği gibi tüm alternatif enerji kaynaklarına rağbet ve yeni enerji kaynaklarının arayışıyla da örtüşmektedir. 1990'lı yıllarla birlikte enerji güvenliği, çevre duyarlılığı ile paralel bir şekilde literatürde arttığı yıllardır [35] (Şekil 14). Bu dönemlere yönelik olarak daha detay analizler için uygun anahtar kelimelerle derin analizler de yapılabilir. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi bu çalışmayla yenilenebilir enerji olgusunun n-gram analizi ile retrospektif değerlendirilmesine yönelik farkındalık oluşturmak amaçlandığı için derin/detay analize bu çalışmada yer verilmemiştir.



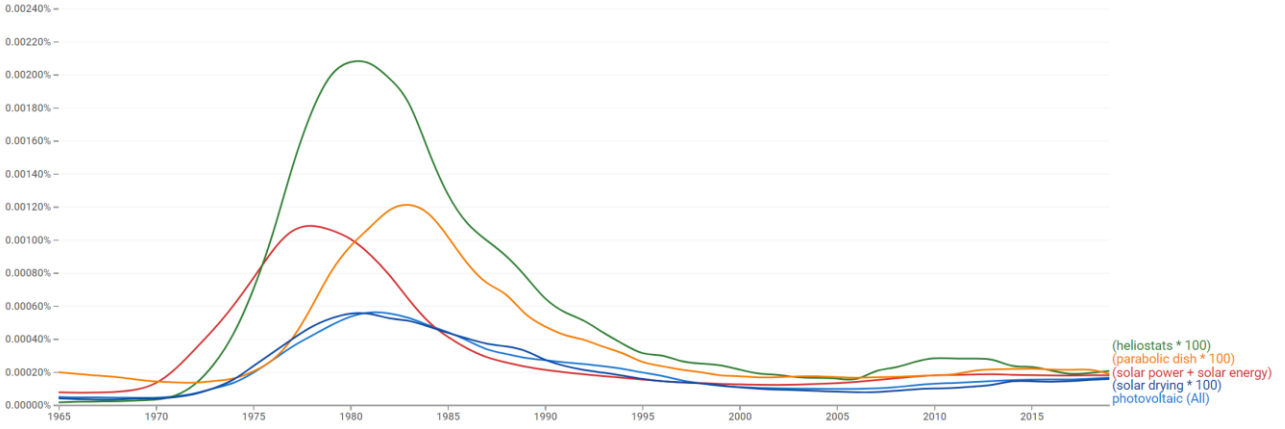
Şekil 14. Nükleer enerji kavramlarının n-gram ile analizi

Enerji ile ilgili önemli konulardan biri de kullanılan enerji kaynaklarının çeşit ve miktarlarının çevreye olan etkileridir. Çevresel bilincin artması ile sürdürülebilirlik, küresel ısınma, yeşil enerji ve karbon ayak izi gibi kavramlar literatürde yer bulmaya başlamıştır. Enerjinin çevre ile ilişkisini temel alan bu kavramlar da bu çalışma kapsamında incelenmiştir. Bu durum 1990'larda iklim ve çevre dostu anlaşmaların gündemde çok yer tutması ile uyumluluk göstermektedir. Nükleer enerji kavramının 1990'lardan sonra düşüşü ise nükleer enerji ile ilgili tartışmaların çevre ve güvenliği ön plana çıkararak kavramlara bırakmasıyla ilgili olarak görülebilir (Şekil 14, 15). Nükleer enerji popülerliğini kaybederken yenilenebilir enerji (renewable energy) ise 2000'li yıllarda yıldızı parlayan olmuştur (Şekil 14, 15). Şekil 15'de 1970'lerden sonra literatürde görülmeye başlayan sera gazı ve CO₂ emisyonu terimlerinin birbirine paralel şekilde yenilenebilir enerji kaynakları ile uyumluluğu da anlamlı görülmüştür. CO₂ emisyonunun yerini 1992'den sonra sera gazlarının almış olduğu da dikkat çekici bir şekilde belirginleşmektedir. Grafik incelenirken okunabilirlik adına bazı kavramların 10 ile çarpıldığı göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 15. Çevre ile ilgili kavramların n-gram analizine ait grafik. Analiz edilen kavramların birlikte kolay değerlendirilebilmesi için "green energy", "carbon emission", "CO₂ emission" ve "EcoEnergy" kavramları 10 ile çarpılmıştır.

Çalışmada güneş enerjisi ve ilgili kavramlar ayrıca bir n-gram analizine tabi tutulmuştur (Şekil 16). Elde edilen grafikte daha önceki ilgili kavramların n-gram analiziyle uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. Neredeyse 1970-1990 yılları arasındaki tüm nükleer ve alternatif enerji kaynaklarıyla paralellik göstermiştir. Şekil 16'da kullanılan güneş enerjisi teknolojilerinin de güneş enerjisi kavramıyla paralellığı net olarak görülmektedir. Fotovoltaik ve güneş enerjisi kavramları literatürde ilgili diğer kavramlara göre daha sık geçmektedir.



Şekil 16. Güneş enerjisi ve ilgili kavramlara ait n-gram analizi. Analiz edilen kavramların birlikte kolay değerlendirilebilmesi için “heliostats”, “parabolic dish” ve “solar drying” kavramları 100 ile çarpılmıştır.

6- Sonuçlar

N-gram destekli olarak gerçekleştirilen bu çalışmayla; yenilenebilir, alternatif, nükleer enerji kavramları ve bu kavramlarla ilişkili olan ve/veya anlamsal birliktelik gösteren kavram ve/veya kelimelerin literatürdeki kullanımları, kullanım sıklıkları belirlenmiştir. N-gram grafiklerinde kavramların kullanım sıklıkları ve bu sıklıklara bağlı iniş/çıkışları sosyolojik, psikososyolojik, politik ve/veya jeopolitik perspektifinde değerlendirilmiştir. N-gram yöntemi kullanılarak incelenen kavramların toplumsal/siyasal ve dahi askeri olaylarla ilişkisinin irdelenmesi konvansiyonel yöntemlere göre oldukça sıra dışı bir analiz tekniği ve sıra dışı bir bakış açısı ortaya koyduğu görülmüştür. Dolayısıyla yapılacak bilimsel çalışmalarda, n-gram yönteminin araştırmacılara oldukça kolaylık sağlayacağı, hedef dönem ve/veya kavramların tespitinde yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır. Bu çalışma dolayısıyla n-gram yönteminin iyi bir veri madenciliği aracı olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmada, n-gram ile yenilenebilir enerji, alternatif enerji, nükleer enerji ve ilişkili kavramlar öncelikli olarak incelenmiş ve elde edilen verilerin de ışık tutması ile bu kavramların çevre bilinci, sürdürülebilirlik, küresel ısınma, yeşil enerji ve karbon ayak izi gibi kavramlar ile ilişkilerine yönelik de değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde seçilen kavramların tarihsel süreç ve gerçekliklerle örtüştüğü görülmüştür. Özellikle yenilenebilir enerji kavramının 20. yüzyılın ikinci yarısından sonra ciddi bir popülerliğe sahip olduğu, konvansiyonel enerji kaynaklarının ise bu dönemden sonra azalan bir ilgiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Nükleer enerji kavramının da yenilenebilir diğer enerji türleri ile ilişkili bir kullanım sıklığı gösterirken özellikle çevre hassasiyetinin artışıyla birlikte öneminin düştüğü de n-gram yöntemi ile belirlenmiştir.

Yazar Katkı Oranları

N-gram yönteminde kullanılan kavramların seçimi, literatür taramaları ve yorumlanmasında Alaaddin Vural ağırlı katkıyı vermiştir. N-gram süreçlerinin yürütülmesinde sonuçlarının yorumlanmasında Nuri Ural ve Alaaddin Vural katkı vermiştir. Elde edilen verilerin sosyal, siyasal olaylarla ilişkilendirilmesinde ise Ali Çiftçi katkı vermiştir.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar), bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

Kaynakça

- [1] Ural, M. N., Vural, A., & Çiftçi, A. (2020). N-Gram Analysis of Nuclear and Alternative Energy Sources and Historical and Political Course. *Euroasia Summit Congress on Scientific Researches and Recent Trend-6, May*, 582–586.
- [2] Vural, A., Kaya, S., Başaran, N., & Songören, O. T. (2009). *Anadolu Madenciliğinde İlk Adımlar*. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Kültür Serisi-3.
- [3] Kaya, S., Başaran, N., Songören, T., Vural, A., & Kayadibi, Ö. (2010). Evaluations Related To Mining Archeology (Geo-Archeology) in Amasya City. *7th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*.
- [4] Vural, A., & Kaygusuz, A. (2022). *Gümüşhane İli Jeotermal Enerji ve Gazlı-Mineralli Su Potansiyelinin Araştırılması Üzerine Bir Değerlendirme*. 1618–1645.
- [5] Ural, M. N., Vural, A., & Çiftçi, A. (2020). Conceptual Analysis of the Change in the Historical Process in Thermal Tourism. *Journal of International Health Sciences and Management*, 6(12), 67–73.
- [6] Çiftçi, A., Vural, A., & Ural, M. N. (2020). N-Gram Analysis of Industrial/Industrial Revolution Relation with Coal and Related Keywords. *Euroasia Summit Congress on Scientific Researches and Recent Trend-6, May*, 587–591.
- [7] McLuhan, M. (1962). *The Gutenberg Galaxy-The Making of Typographic Man*. University of Toronto Press, Scholarly Publishing Division.
- [8] McLuhan, M. (1964). Understanding Media: The Extensions of Man. İçinde *Encyclopedia of New Media*. McGraw-Hill. <https://doi.org/10.4135/9781412950657.n237>
- [9] Vural, A., Ural, N., & Çiftçi, A. (2020). Değerli Metallerin Sosyal / Siyasal / Ekonomik Olaylarla İlişkinin N-gram Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 6(29), 247–257.
- [10] Ural, M. N., Vural, A., & Çiftçi, A. (2020). Analysis of Rare Earth Elements (REE) in the Literature by Using N-gram Method and Comparison with Social/ Political/ Economic Even. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(24), 369–379.
- [11] Ural, M. N., Vural, A., & Çiftçi, A. (2019). Analysis of Rare Earth Elements (REE) in the Literature by Using N-gram Method and Comparison with Social/Political/Economic Events. *4. Uluslararası GAP Sosyal Bilimler Kongresi*, 135–144.
- [12] Çiftçi, A., Vural, A., & Ural, M. N. (2020). Analysis of Environmental and Health Related Concepts with N-Gram Method. *5.Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yönetimi Kongresi*.
- [13] Çiftçi, A., Ural, M. N., & Vural, A. (2019). Investigation of the Relationship between Base Metal (Pb-Zn-Cu) and Social/Political/Economical Events by N-gram Analysis. *4. Uluslararası GAP Sosyal Bilimler Kongresi*, 116–124.
- [14] Vural, A., & Çiftçi, A. (2021). Analysis of Raw Material Supply-Demand Relationship Using N-Gram: Chrome Mine Example. *Euroasia Journal of Social Sciences and Humanities*, 8(1), 1–9.
- [15] Vural, A., Ural, M., & Çiftçi, A. (2020). Evaluation of Historical Development of Some Concepts Related To Development And Environmental Issues with N-Gram Analysis. *International Black Sea Coastline Countries Scientific Research Symposium- V. November 28-29, 2020 / Zonguldak, Turkey*.
- [16] Reddy, D. K. S., & Pujari, A. K. (2006). N-gram analysis for computer virus detection. *Journal in Computer Virology*, 2(3), 231–239. <https://doi.org/10.1007/s11416-006-0027-8>
- [17] Huang, Y. C., Lin, H., Hsu, Y. L., & Lin, J. L. (2012). Using n-gram analysis to cluster heartbeat signals. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1472-6947-12-64>
- [18] Vural, A., Çiftçi, A., & Ural, M. N. (2021). Kıymetli Taşlar ve Sömürgecilik. *73. Türkiye Jeoloji Kurultayı*, 237–

241.

- [19] Ural, M. N., Vural, A., & Çiftçi, A. (2020). Conceptual Development Analysis of Health Tourism Based on “N-Gram”. *5.Uluslararası Sağlık Bilimleri ve Yönetimi Kongresi, 9-11 Temmuz 2020, Kırşehir/Türkiye*.
- [20] Vural, A., & Çiftçi, A. (2021). An Analysis of Some Concepts Related to Environmental Issues and Development by N-Gram. *Euroasia Journal of Social Sciences & Humanities, 8(19)*, 18–28. <https://doi.org/10.38064/eurssh.158>
- [21] Vural, A., Ural, M. N., & Çiftçi, A. (2020). N-Gram Analysis of Raw Material Supply-Demand Relationship: In Case of Chromium. *International Black Sea Coastline Countries Symposium-5*, 60–61.
- [22] Çiftçi, A., Vural, A., & Ural, M. N. (2021). Analysis of Some Concepts Related to the Environment and Health with the N-Gram Method. *Journal of International Health Sciences and Management, 7(13)*, 47–54. <https://doi.org/10.48121/jihsam.796465>
- [23] Vural, A., Ural, M. N., & Çiftçi, A. (2019). N-gram Yöntemi İle Değerli Metallerin Sosyal/Siyasal/Ekonomik Olaylarla İlişkisinin Değerlendirilmesi. *4. Uluslararası GAP Sosyal Bilimler Kongresi*, 125–134.
- [24] Vural, A., Ural, M. N., & Çiftçi, A. (2022). Analysis of Energy Raw Material Coal , Industrialization and Industrial Revolution Phenomena with N-gram. *Journal of Investigations on Engineering & Technology, 5(1)*, 11–20.
- [25] Sornette, D., Kröger, W., & Wheatley, S. (2018). New ways and needs for exploiting nuclear energy. İçinde *New Ways and Needs for Exploiting Nuclear Energy*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-97652-5>
- [26] Mearns, E. (2014). *Enerji and Mankind part 3*. <http://euanmearns.com/energy-and-mankind-part-3/>
- [27] Ritchie, H., & Roser, M. (2022). *CO₂ emissions*. <https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- [28] Kitous, A., Keramidas, K., Vandyck, T., & Saveyn, B. (2016). *GECO 2016. Global Energy and Climate Outlook. Road from Paris. EUR 27952 EN*. <https://doi.org/10.2790/89230>
- [29] da Rose, A. V., & Ordonez, J. C. (2022). Fundamentals of Renewable Energy Processes. İçinde *Fundamentals of Renewable Energy Processes*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/c2015-0-05615-5>
- [30] Sinharoy, A., & Lens, P. N. L. (2022). Renewable Energy Technologies for Sustainable Development. İçinde *Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future*. Springer. <https://doi.org/10.1002/adsu.201800109>
- [31] Platzer, M. F., & Sarigul-Klijn, N. (2021). *The Green Energy Ship Concept Renewable Energy from Wind Over Water*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58244-9_25
- [32] Moukhtar, I., El Dein, A. Z., Elbaset, A. A., & Mitani, Y. (2021). *Solar Energy*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-61307-5>
- [33] Alexopoulos, S., & Kalogirou, S. A. (2021). Solar Thermal Energy. İçinde *Fundamentals of Renewable Energy: C. i*. Springer. <https://doi.org/10.1201/9781003245643-5>
- [34] Solargis, G. S. A. (2. .) S. resource data: (2020). *Solar resource maps of World*. <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/world>
- [35] Smil, V. (2008). *Energy in Nature and Society*. MIT Press .
- [36] Bundschuh, J., Chen, G., & Chandrasekharam, D. (2017). *GEOHERMAL, WIND AND SOLAR ENERGY APPLICATIONS IN AGRICULTURE AND AQUACULTURE*. Taylor & Francis.
- [37] Stober, I., & Bucher, K. (2013). *Geothermal Energy, From Theoretical Models to Exploration and Development*. Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13352-7>

- [38] World_Nuclear_Association. (2022). *facts-and-figures/reactor-database*. <https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database.aspx>
- [39] Rolker, J., Schill, E., Stober, I., Schneider, J., Neumann, T., & Kohl, T. (2015). Hydrochemical characterisation of a major central European heat flux anomaly: the Bürchau geothermal spring system, Southern Black Forest, Germany. *Geothermal Energy*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40517-014-0021-1>
- [40] Cohen, B. L. (1990). *The Nuclear Energy Option: An Alternative for the 90s*. New York: Plenum Press.
- [41] Arı, T. (2011). *Uluslararası İlişkiler ve Dış Politika* (9. baskı). MKM Yayınları.
- [42] Sönmezoglu, F. (2005). *Uluslararası Politika ve Dış Politika Analiz* (4. baskı). Filiz Kitapevi.
- [43] Ediger, V. (2019). An integrated review and analysis of multi-energy transition from fossil fuels to renewables. *Energy Procedia*, 156(September 2018), 2–6. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.073>