



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Hidrojen teknolojileri araştırmalarında disiplinlerarasılık: toplumsal bilimler yaklaşımı

Interdisciplinarity in hydrogen technologies research: social sciences aspects

Yazar(lar) (Author(s)): Arsev Umur AYDINOĐLU¹, Yelda ERDEN TOPAL², İskender GÖKALP³

ORCID¹: 0000-0001-8857-6001

ORCID²: 0000-0003-2093-6685

ORCID³: 0000-0002-2684-9622

To cite to this article: Aydınoğlu A.U., Erden-Topal Y. ve Gökalp İ., “Hidrojen Teknolojileri Araştırmalarında Disiplinlerarasılık: Toplumsal Bilimler Yaklaşımı”, *Journal of Polytechnic*, 26(1): 357-366, (2023).

Bu makaleye řu şekilde atıfta bulunabilirsiniz: Aydınoğlu A.U., Erden-Topal Y. ve Gökalp İ., “Hidrojen Teknolojileri Araştırmalarında Disiplinlerarasılık: Toplumsal Bilimler Yaklaşımı”, *Politeknik Dergisi*, 26(1): 357-366, (2023).

Eriřim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.1178441

Hidrojen Teknolojileri Araştırmalarında Disiplinlerarasılık: Toplumsal Bilimler Yaklaşımı

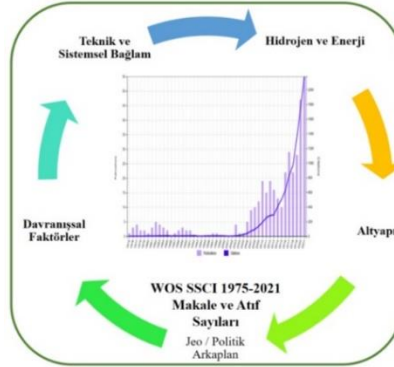
Interdisciplinarity in Hydrogen Technologies Research: Social Sciences Aspects

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Hidrojen teknolojileri araştırmaları doğal, mühendislik ve toplumsal bilimleri biraraya getiren disiplinlerarası bir alandır. / Hydrogen technologies research is an interdisciplinary field that brings together the natural, engineering and social sciences.
- ❖ Hidrojen teknolojileri, enerji sosyo-teknik sistemlerinin bir parçasıdır ve alt sistem değişikliklerinin küresel sosyo-teknik sistem üzerindeki etkilerinin araştırılmasına bir örnek oluşturmaktadır. / Hydrogen technologies are part of the energy socio-technical systems and constitute an exemplar to investigate the impact of sub-system changes on the global socio-technical system.
- ❖ Temel araştırma temaları hidrojen enerjisi sistemi, politikası ve depolamasıdır. / The main research themes are hydrogen energy system, policy, and storage.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Bu çalışma hidrojen araştırmalarının sosyo-teknik boyutlarının bibliometrik analizidir. / This study is the bibliometric analysis of the socio-technical dimensions of hydrogen research.



Şekil. Hidrojen Araştırmalarının Sosyo-Teknik Boyutları /Figure. Socio-Technical Aspects of Hydrogen Research

Amaç (Aim)

Çalışmanın amacı, hidrojen araştırmalarında toplumsal bilimlerin rolünü ve katkısını belirlemektir. / This research article aims to determine the role and contribution of social sciences in this research.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

1975-2021 arasında WoS SSCI Endeksinde dizinlenmiş ilgili 379 makale bibliyometrik yöntemle analiz edilmiştir. / Related 379 articles indexed in the WoS SSCI Index between 1975-2021 are analyzed using bibliometrics methods.

Özgünlük (Originality)

Hidrojen araştırmalarının, toplumsal bilimlerle etkileşiminden yola çıkarak, disiplinlerarası doğasını bibliyometrik yöntemle inceleyen Türkçe ilk çalışmadır. / It is the first study in Turkish that examines the interdisciplinary nature of hydrogen research, based on its interaction with social sciences, using the bibliometric method.

Bulgular (Findings)

Son 10 yılda hidrojen teknolojileri araştırmaları alanında yayın sayısı ve atf sayısı hızla artmaktadır. / The number of publications and citations has been increasing rapidly in the last 10 years.

Sonuç (Conclusion)

Alandaki araştırmaların toplumsal boyutları ve etkileri zamanla daha detaylı incelenmekte ve hidrojen teknolojileri sistemi bir bütün olarak ele alınmaktadır. / As time passes, the social dimensions and effects of research in the field are examined in more detail and the hydrogen technologies system is handled as a whole with all its dimensions.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Hidrojen Teknolojileri Araştırmalarında Disiplinlerarasılık: Toplumsal Bilimler Yaklaşımı

Araştırma Makalesi / Research Article

Arsev Umur AYDINOĞLU¹, Yelda ERDEN TOPAL^{2*}, İskender GÖKALP³

¹Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bilim ve Teknoloji Politikası Çalışmaları Ana Bilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
²İktisadi İdari Bilimler Fak., İktisat Böl. ve Bilim ve Teknoloji Politikaları Ar. Merkezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye
³Mühendislik Fakültesi, Makina Müh. Böl., Orta Doğu Teknik Üniversitesi ve TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Türkiye
(Geliş/Received : 21.09.2022 ; Kabul/Accepted : 16.01.2023 ; Erken Görünüm/Early View : 31.01.2023)

ÖZ

Hidrojen teknolojileri araştırmaları; hidrojenin petrol rafinerilerinde, çelik üretimi ve kimyasal üretim gibi sanayi üretiminde ve çeşitli kaynaklarla yakıt elde edilmesinde kullanılması, güç kaynağı olarak sistemi güçlendirmesi, suyun elektrolizi yoluyla elde edilmesi, enerji taşıyıcısı olarak sisteme dahil olması, depolama, taşıma ve ulaşım, havacılık ve uzay, evsel kullanım, risk ve güvenlik sorunları konularının etkileştiği bir araştırma alanıdır. Toplumsal gerçekliğe ve doğanın kendisine içkin olan bu karmaşık yapı, hidrojen teknolojileri araştırmalarının disiplinlerarası bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle çalışmanın amacı, hidrojen araştırmalarının disiplinlerarası bu yapıda toplumsal bilimler alanlarının rolünü ve katkısını belirlemektir. Bu amaçla ilgili kavramlar yardımıyla hidrojen teknolojileri araştırmaları alanında 1975-2021 yılları arasında Web of Science (WoS) Sosyal Bilimler Atıf Endeksinde dizinlenmiş 379 makale analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre son 10 yılda hidrojen teknolojileri araştırmaları alanında yayın sayısı ve atıf sayısı hızla artmaktadır. Yayınların yarısından fazlasının birden fazla yazarlı olması, bu alanda yazarlar arasındaki etkileşim ve işbirliğinin yoğun olduğunu göstermektedir. Hidrojen teknolojileri alanındaki bu araştırmalar, “Teknik ve Sistemsel Bağlam”, “Enerji taşıyıcı olarak Hidrojen”, “Politik Arkaplan”, “Ulaşım ve Davranışsal Faktörler” ve “Altyapı ve Tasarım” olarak isimlendirilen beş tematik kümede toplanmıştır ve bu kümelerin birleşimini bütüncül bir toplumsal-teknik sistem olarak ele almak mümkündür. Anahtar kelime analizi, zaman geçtikçe alandaki araştırmaların toplumsal boyutlarının ve etkilerinin daha detaylı incelendiğini göstermektedir. Tematik konu haritası ise, hidrojen teknolojileri sisteminin bir bütün olarak tüm boyutlarıyla ele alındığı göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Disiplinlerarasılık, bilim ve teknoloji çalışmaları, hidrojen, bibliyometri, ağ analizi.

Interdisciplinarity in Hydrogen Technologies Research: Social Sciences Aspects

ABSTRACT

Hydrogen technologies research is an area where various research areas interact with each other such as the use of hydrogen in oil refineries, industrial production such as steel production and chemical production and obtaining fuel from various sources, strengthening the system as a power source, obtaining water through electrolysis, inclusion in the system as an energy carrier, storage, transportation, aviation and space, risk and security issues. This complex structure, which is immanent to social reality and nature itself, requires hydrogen technologies research to be handled with an interdisciplinary approach. Therefore, the study aims to determine the role and contribution of social science fields in this interdisciplinary structure of hydrogen technologies research. For this purpose, 379 articles indexed in the Web of Science (WoS) Social Sciences Citation Index between 1975-2021 in the field of hydrogen technologies research were analyzed with the help of related keywords. According to findings, the number of publications and citations in the field of hydrogen technologies research has been increasing rapidly in the last 10 years. The fact that more than half of the publications have more than one author shows that the interaction and cooperation between the co-authors in this field are intense. Studies in the field of hydrogen technologies are gathered in five thematic clusters named as “Technical and Systemic Context”, “Hydrogen as an Energy carrier”, “Political Background”, “Transportation and Behavioral Factors” and “Infrastructure and Design”, combining these clusters into a holistic socio-technical system. Keyword analysis shows that as time passes, the social dimensions and effects of research in the field are examined in more detail. The thematic topic map, on the other hand, shows that the hydrogen technologies system as a whole is handled with all its dimensions.

Keywords: Interdisciplinarity, science and technology studies, hydrogen, bibliometrics, network analysis.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Biz bazı konuların öğrencileri değil, problemlerin öğrencileriyiz. Ve sorunlar, herhangi bir konunun veya disiplinin sınırlarını aşabilir.”

Karl Popper (1963) [1].

Nasıl ki maddenin yapıtaşısı atomsa, akademik evrenin yapıtaşısı da disiplin dediğimiz yapıdır. Akademik bölümler, disiplinler üzerinden şekillenmiştir. Her bir bölümün kendisi için sınırlarını çizdiği bir paradigma vardır. Tanımlanmış ve kabul edilmiş araştırma soruları, uygun görülen akademik yöntemler ile araştırılır. Çıkan sonuçlar o akademik camianın üyelerinin katıldığı konferanslarda ve okuduğu yayınlarda paylaşılır, hattâ

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : yeldae@metu.edu.tr

ilgili disiplinin akademik müfredatı içine bile girebilir. Humboldt'un 1800'lerin başında Alman üniversite sistemini yeniden düzenlemesinden beri akademik sistem kabaca böyle işlemektedir.

Ancak doğa sürprizleri sever. Bazen araştırmacıların karşısına öyle sorunlar çıkarır ki, o sorun bir disiplinin sınırlarını aşar. Örneğin bugün adına iklim değişikliği dediğimiz konu, 1970'lerde farklı disiplinlerin kendi ilgi alanları içinde gözlemediği değişiklikler çerçevesinde ele alınmış; meteorologlar hava sıcaklığının önceki yıllardan farklı olduğunu kaydetmiş, denizbilimciler okyanusların ısındığını ve asit-tuz vb. miktarlarının değiştiğini söylemiş, ekologlar çeşitli türlerin stres altında olduğunu gözlemlemiştir. Fakat o yıllarda henüz sürdürülebilirlik, yeşil büyüme, döngüsel ekonomi vb. kavramlar ortaya atılmamıştır. Ancak 1988'de Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (The International Panel for Climate Change [IPCC])'nin kurulmasıyla, farklı gözlemlerin, aynı olgunun çeşitli etkileri olduğu tartışılmaya başlanmış ve bugün disiplinlerarası bir alan olarak kabul edilen iklim değişikliği çalışmaları, sürdürülebilirlik çalışmaları gibi alanlar ortaya çıkmıştır [2]. İnsanlığın karşılaştığı belki de bu en büyük problem, geleneksel disiplin sınırlarının ötesinde olduğundan, kaynakları doğru yere yönlendirmemiz oldukça gecikmiş ve hala da gecikmeye devam etmektedir. Hattâ hâlâ tam olarak bu soruna eğilemediğimiz bile iddia edilebilecektir. [3]

Kavramların kendisine baktığımızda ise; disiplin ve disiplinlerarası çalışma tanımları mevcut yazında da oldukça çelişkilidir. Rosenfield, tek bir disiplini aşan araştırmaların doğasını açıklamak için çokdisiplinli (multidisciplinary), disiplinlerarası (interdisciplinary) ve disiplinlerötesi (transdisciplinary) kavramlarını tanımlamıştır [4]. Bu tanımlamaya göre, çokdisiplinli araştırmalarda araştırmacılar, ortak sorunu ele almak için, kendi disiplinlerine özgü yaklaşımlarla birbirlerine paralel olarak çalışırlar [4]. Bu yaklaşımda disiplinler kendi kimliklerini korur. Erken dönem iklim araştırmaları çokdisiplinli araştırmaların iyi bir örneğidir [5]. Bu tür çalışmalarda her disiplinin uzmanı kendi alanını ile ilgili bulguları (örneğin meteorolog hava olayları ile ilgili kendi bulgularını, denizbilimci okyanuslardaki sıcaklık değişikliğini) sunar ve diğer disiplinler bu bulguları kendi araştırma topluluklarına taşırlar. Disiplin toplulukları arasında sınırlı bir etkileşim vardır. Bazı durumlarda ise bir alandan elde edilen bir örneğin/numunenin başka bir disipline ait laboratuvardaki cihazlar tarafından analiz edilmesi gibi "taşeron" bilimsel çalışmalar bile gözlemek mümkündür [6].

Disiplinlerarası araştırmalarda araştırmacılar birlikte çalışırlar ve ortak sorunu çözmek için ortak bir temel oluştururlar [4]. Yöntemler, teoriler, bakış açıları ve veriler harmanlanır ve araştırma sürecinde bir arada kullanılır. Bütünleştirici bir sentezin oluşmasıyla da tek tek disiplinlerin toplamından daha bütünsel bir çıktı meydana gelir. Artık kendi başına bir dil, bir paradigma gelişmiştir. Hayatın kökeni, evrimi ve evrende yayılımını

araştıran astrobiyoloji iyi bir disiplinlerarası araştırma örneğidir [7]. Dünyaya düşen bir Mars meteoridinin üzerinde dünyadışı yaşam izini arayan biyologlar, biyokimyacılar, kimyagerler, jeofizikçiler, astronomlar bir arada çalışarak varsayımlar geliştirirler; deneyler, hesaplamalar ve benzetimler yaparlar. Bu tür çalışmalarda ileri derecede bütünleşme ve etkileşim vardır.

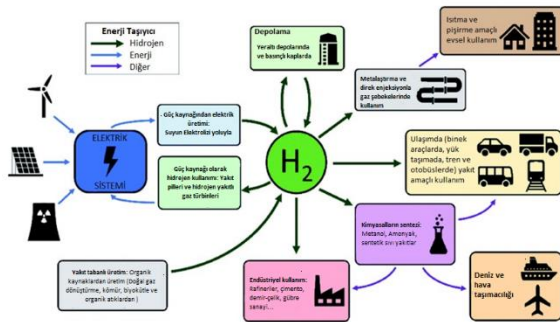
Disiplinlerötesi araştırmalarda ise araştırmacılar, ortak sorunu ele almak için disipline özgü teorileri, kavramları ve yaklaşımları bir araya getiren ortak kavramsal çerçeveyi kullanarak birlikte çalışırlar [4]. Probleme çok daha geniş bir yelpazeden yaklaşırlar ve bütün paydaşların girdi sağlamasına özen gösterilir. Bu tür araştırmaların ilk örnekleri tıp alanlarındaki çalışmalarda görülmüştür ve sadece araştırmacıların değil hasta bakımından sorumlu kişilerin girdileri de sisteme dahil edilmiştir. Benzer olarak, sürdürülebilirlik ile ilgili çalışmalar, sadece bilim insanlarının değil politika oluşturucularının ve hattâ halkın da görüşlerini dikkate aldığı için disiplinlerötesi araştırma alanı olmaya adaydır.

Disiplinlerarası konuların günümüzdeki en belirgin örneğinin, en acil küresel problemimiz olan Kovid pandemisi olduğunu iddia etmemiz mümkündür. Bir salgın hastalık her ne kadar öncelikle tıp ve sağlıkla ilgili bir problem olsa da, bu problemle doğrudan veya dolaylı olarak ilgilenen bulaşıcı hastalıklar, kamu sağlığı gibi alanlar da tıp fakülteleri bünyesinde yer alan ayrı disiplinleridir. Ayrıca pandeminin etkileri sağlık konularının çok ötesine de erişmektedir. Örneğin ekonomik etkileri [8] sosyo-ekonomik etkileri [9] psikolojik etkileri [10, 11], turizme etkileri [12, 13], küresel değer zincirlerine etkileri [14], politik etkileri [15], eğitime etkileri [16, 17, 18], imalat sektörüne etkileri [19], giyilebilir teknolojilere etkileri [20] bir çok farklı disiplin tarafından incelenmiştir. Kovid pandemisinin bu şekilde birden fazla alan tarafından beslenen ve o alanları destekleyen yapısı, onun disiplinlerarası bir çalışma alanı olduğunun güçlü bir göstergesidir.

Birden fazla disiplinin işbirliği içinde çalışmasını gerektiren ve disiplinlerarası yaklaşımın temel yönetsel yaklaşım olarak benimsendiği bir diğer konu da enerjidir. Enerji alanı, çözüm bulunması gereken teknik problemleri, ekonomik ve sosyal etkileri, hukukî düzenlemeler ile olan bağımlılık ve etkileşimleri, jeopolitik düzlemde kaçınılmaz olarak karşımıza çıkan güvenlik meseleleri ve makro düzeyde sürdürülebilirlikle olan ilişkileri nedeniyle disiplinlerarası yaklaşım ihtiyacını güçlü bir şekilde gözler önüne sermektedir. Bu türden çalışma ve işbirliği dinamikleri, birbirinden farklı enerji üretim teknolojileri ve kaynakları ile ilgili yapılan çalışmaların her birinde yapısal bir özellik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yenilenebilir enerji araştırmaları, bu bağlamda, disiplinlerarası araştırma ihtiyacı örneklerinden bir tanesidir. Enerji bağımlılığı bulunan Türkiye için hayatî konulardan biridir ve doğal olarak da bir çok

disiplinlerarası çalışma mevcuttur [21, 22, 23, 24, 25]. Disiplinlerarası çalışma, genellikle tek disiplinli araştırmalarda çalışmanın sınırlarına ulaştığımızda, disiplinleri aşan bir yaklaşıma duyulan ihtiyaçtan kaynaklanır. “Sınır durumu” [26], olarak adlandırılabileceğimiz araştırma konusunun, analizinin ve gelecek öngörüsünün tek bir nedenin, kaynağın, menfaatin egemenliğine uygun olmaması ve bu tür bir kavramsallaştırma ile tanımlanabilecek bir durum, bağlam veya koşula tekabül etmemesi ile gündeme gelir. “Sınır”dan kastımız, coğrafi ve bölgesel belirleyenlerden ziyade, araştırmanın yapıldığı topluluğun kültürel, sosyal ve anlam çeperleridir. Araştırma yaklaşımı ise, araştırma dahilindeki alanların çokluğuna, disiplinler arasındaki kesişmenin doğasına ve bağlantısallığın gücüne bağlı olarak, kuvvetli veya zayıf disiplinlerarası yaklaşımları işaret eder [27,28,29]. Bu çalışmada yenilenebilir enerjilerden biri olan Hidrojen teknolojilerine odaklanılmaktadır. Hidrojen teknolojileri, özellikleri gereği, tam da araştırmanın bu “sınır konumu”nda yapıldığı bir araştırma alanına denk gelir ve birbirini kesen alanlar arasındaki bağlantısallığın ve tamamlayıcılığın yoğunluğu nedeniyle kuvvetli bir disiplinlerarası araştırma yaklaşımını gerekli kılar. Toplumsal bilimler tam da bu bağlantısallık ve tamamlayıcılığın kurulması, güçlendirilmesi ve sürdürülmesi için hidrojen teknolojileri araştırmaları açısından önem taşımaktadır.



Şekil 1. Hidrojen teknolojileri ve kesişim alanları (Hydrogen technologies and intersections) (International Energy Agency [30]; International Renewable Energy Agency [31])

Hidrojen teknolojileri araştırmaları, birden fazla kullanım alanından beslenmekte ve bu alanlara girdi sağlamaktadır (Şekil 1). Petrol rafinerilerinde kullanım; çelik üretimi ve kimyasal üretim gibi endüstriyel kullanım; metanol, amonyak, yakıt sentezi, metan dönüştürme, kömür gazlaştırma ve biyokütle gazlaştırma gibi yakıt tabanlı üretim; yakıt pilleri, hidrojen yakıcılarında veya motorlarında güç kaynağı olarak hidrojen kullanımı; suyun elektrolizi yoluyla hidrojen üretimi; enerji taşıyıcısı olarak hidrojen kullanımı; yeraltı depolarında ve basınçlı kaplarda depolama; doğal gaz şebekelerinde taşıma, ısıtma ve pişirme amaçlı evsel kullanım; binek araçlarda, yük taşımada, tren ve otobüslerle ulaşımda yakıt amaçlı kullanım; havacılık ve

uzay gibi birçok farklı alanlarda kullanımı, hidrojenin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin tetiklediği risk ve güvenlik sorunları, hidrojen teknolojileri konularının etkileştiği araştırma alanlarından birkaçıdır [30, 31]. Toplumsal gerçekliğe ve doğanın kendisine içkin olan ve hidrojen araştırma alanında da kendini gösteren bu karmaşık yapı, hidrojen araştırmaları sorunsalının disiplinlerarası çalışılmasını gerekli kılmaktadır, çünkü temel hedef yukarıda belirtilen alanlarda ortaya çıkan toplumsal sorunlara çözüm bulmaktır. Bu noktadan hareketle çalışmanın amacı, hidrojen araştırmalarının disiplinlerarası bu yapısında toplumsal bilimler alanlarının rolünü ve katkısını belirlemektir.

Sürdürülebilirlik ve enerji çalışmaları içinde yer alan hidrojen teknolojileri ve sistemleri teknik boyutlarının yanısıra, ekonomik, çevresel, politik ve toplumsal boyutlarıyla değerlendirildiğinde disiplinlerarası, hattâ disiplinlerötesi çalışmalara konu olabilecek bir araştırma alanıdır [32]. Konunun elbette teknik yönleri vardır ve ağırlıkları oldukça fazladır. Hidrojenin üretilmesi, depolanması, tüketileceği yere ulaştırılması, enerji vektörü veya kimya ve proses sanayilerinde kullanılması gibi konular kapsamlı teknik araştırmalar gerektirir. Ancak konunun toplumsal bilimlere de ilgilendiren boyutları vardır. Yasal düzenlemeler ve bunların oluşturulması bu boyutlardan birisidir. Hidrojenin yanıcı özelliklerinden dolayı ortaya çıkan güvenlik risklerinin topluma anlatılması ve toplumun ikna edilmesi konuları ise, toplumsal kabul olarak adlandırabileceğimiz bir diğer boyuttur. Yine bu bağlamda ele alınabilecek, hidrojen teknolojileri uygulamalarının ekonomik faydama maliyet analizleri, ekonomik bilimler çerçevesinden hareketle ele alınabilmektedir. Açıkçası, konu, teknik boyutları ağır basıyor gibi görünse de, en azından disiplinlerarası olarak adlandırabileceğimiz çalışmalara gebedir. Hattâ teknik bilgiye sahip olmayan sıradan insanların tüketici olduğu bir sistemde, disiplinlerötesi bir alan olarak bile değerlendirilebilmesi mümkündür. Bu çalışmada, teknik boyutları ağır basan hidrojen sisteminin, toplumsal-teknik bir konu olan hidrojen sistemine dönüşümünde önplana çıkan sosyal bilim araştırmaları incelenmiş ve analiz edilmiştir.

Giriş ve Yazın Taraması isimli bu ilk bölümde çalışmanın temel araştırma konusu, ortaya çıkış nedenleri ve araştırma alanının genel hatları incelenmiş; çalışmanın dayandığı yazın kısaca betimlenmiştir. “Hidrojen araştırmalarının disiplinlerarası yapısında toplumsal bilimler nasıl bir rol oynamaktadır?” sorusu yanıt aradığımız temel araştırma sorumuzdur. Yöntem bölümünde, kullanılan yöntem olan bibliometrik araştırma yaklaşımı ve analiz ettiğimiz yayın veri tabanı tarif edilmiştir. Bulgular bölümünde, verimizin analizinden elde ettiğimiz ilk sonuçlar sunulmuş; sonuçlar ve öneriler bölümünde ise, bulgular disiplinlerarası çalışmalar ve toplumsal bilimlerin rolü bağlamında ele alınarak sunulmuştur.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Çalışmanın amacı hidrojen teknolojileri araştırmalarının “toplumsal bilimlerle” olan ilişkisini ortaya koymaktır. Bu amaçla bibliyometrik yöntemden faydalanılmıştır. Bibliyometrik çalışmalar, bilimsel yayınları ve referanslarını derinlemesine değerlendirmek ve disiplinlerarası etkileri keşfetmek için geliştirilmiş bir araştırma yöntemidir. Bibliyometrik çalışmaların sonuçları, araştırma alanında etkili bilgi üreticilerini (yazarlar, kurumlar, ülkeler vb.) belirlemek, bilimsel etkiyi ve etkileşimi görselleştirmek ve yetki ve teşvikleri dağıtmak için karar vericiler ve yöneticiler tarafından ölçme ve değerlendirme kistası olarak kullanılır.

Bu çalışmada gerekli verinin elde edilmesi için Web of Science (WoS) veri tabanından faydalanılmıştır. Bu veri tabanı abonelik usulü ile birçok akademik disiplin ve araştırma alanında, bilimsel ve teknolojik gelişmelere dair her türlü yayına ulaşım sağlayan geniş bir bilgi ağıdır ve bizim çalışmamızda kullanacağımız veriye erişimde yetkin bir kaynak olarak değerlendirilmiştir. Daha geniş bir tarama ile başlanarak öncelikle 1 Ocak 1975 ve 30 Ekim 2021 yılları arasında WoS'ta endekslenmiş hidrojen teknolojileri ile ilgili çalışmalar tespit edilmiştir. Bunun için aşağıdaki arama sorgusu kullanılmıştır:

T=(“hydrogen energy” or “green hydrogen” or “blue hydrogen” or “hydrogen transportation” or “hydrogen distribution” or “hydrogen storage” or “hydrogen strategy” or “hydrogen strategies”)

Bu yayınlar içerisinde WoS Social Science Citation Index (SSCI – Sosyal Bilimler Atıf Endeksi)’te dizinlenmiş 379 yayın (araştırma makalesi, değerlendirme makalesi ve bildiri) seçilmiştir. SSCI, 58 toplumsal bilim disiplinini kapsayan 3400 dergiden ve ayrıca seçilmiş bilimsel ve teknik dergilerin de bir kısmından oluşmaktadır (Söz konusu veri tabanının detaylı içeriğine erişmek için Web of Science-Social Sciences Citation Index [WOS-SSCI] [33].

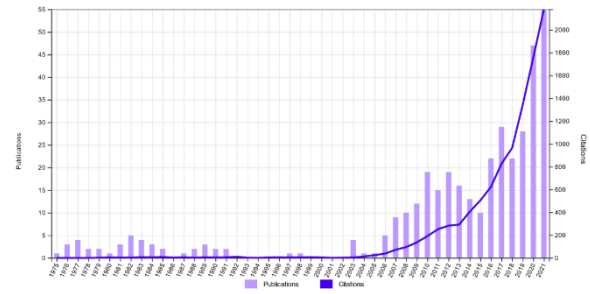
Bu alt veri tabanı, hidrojen teknolojileri araştırmalarının toplumsal bilimler yönlerini içermesi bakımından uygun görülmüştür. SSCI veri tabanından elde edilen veriler kullanılarak, çalışmamız kapsamında bu ilk toplumsal ağ analizi gerçekleştirilmiştir.

Toplumsal ağ analizleri (TAA), yazarlar, ülkeler, kurumlar vb. gibi aktörler arasındaki ilişkilerin yoğunlaştığı merkez noktalarını (düğüm) ortaya çıkarır. Bunların tespit edilmesi için VosViewer [34], yazılımı kullanılmış, diğer tüm bibliyometrik analizlerin yapılması için ise R yazılımının Bibliometrix paketinden [35] faydalanılmıştır. Yukarıdaki arama sorgusu kullanılarak eriştiğimiz veri seti, öncelikle iki farklı.txt formatına dönüştürülerek kaydedilmiş; düz metin (plain text) formatı Bibliometrix analizlerinde, “tab-delimited text” formatı VosViewer analizlerinde kullanılmıştır. Ardından, yazılımların verileri işleme sağlanmış; görsellerle kaydettiğimiz ağları ve bilgi grafikleri otomatik olarak üretilmiştir. Bu malzemenin, VosViewer ve Bibliometrix araçları kullanılarak haritalara nasıl

dönüştürüldüğü ile ilgili detaylı bilgiler için yazılımların kullanım kılavuzlarına başvurulmuştur [36,37]. Çalışmamız kapsamında kullanılan ve toplumsal ağ analiz terminolojisine dair bazı terimler yeri geldikçe çalışmanın ilgili bölümlerinde açıklanmıştır.

Eylül ayında 38° 55' K ve 27° 50' Doğu koordinatlarında olan Akhisar/Manisa'da gerçekleştirilmiştir. Güneş enerjisinin daha verimli kullanımı için güneş ışığının deney sezonu dikkate alınarak kollektör eğimi yaz koşulları için “Enlem-15” prensibince 23° olarak ayarlanmıştır. Deney düzeneğinin kurulumundan sonra sistem açık hava koşulları altında çalıştırılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Deney setinde ölçüm noktaları Şekil 7.'da verilmiştir. Bu amaçla kollektör girişinden, çıkışından, absorber plaka yüzeyinden, cam örtüden ve kollektör kasasının arka yüzeyinden sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Kollektör çıkışında hava hızı ölçümü yapılmıştır. Güneş ışınım değeri kollektör üst bölümünden ölçülmüştür. Veri kaydetme aralığı beş dakika olarak ayarlanmıştır.

3. BULGULAR (FINDINGS)



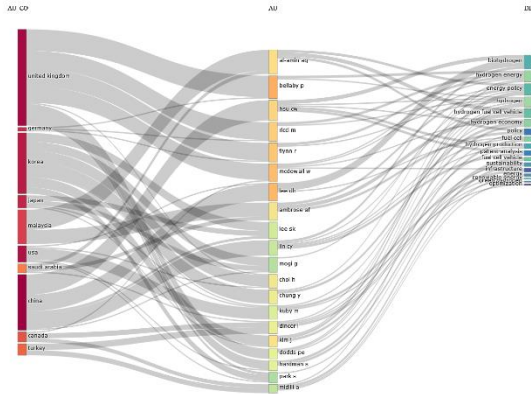
Şekil 2. WOS SSCI'da taranan Hidrojen teknolojileri araştırmaları yayın ve atıf sayıları -1975- 2021 (Number of Hydrogen Technologies Research - Publications and Citations indexed by SSCI - 1975-2021)

Hidrojen teknolojileri konuları uzun yıllardır çalışılmakla birlikte konunun toplumsal, ekonomik, yasal vb. boyutlarının 2000'li yılların ikinci yarısından itibaren önem kazandığı görülmektedir (Şekil 2). Benzer şekilde atıflar da son 10 yılda logaritmik olarak artmaktadır. İlgili yayınların, 24 Ekim 2021 tarihi itibarıyla toplam 17610 adet atıf aldığı görülmektedir. Her bir doküman ortalama 26,8 atıf almıştır ve bu oldukça yüksek bir atıf oranıdır. Özellikle son yıllarda yayın sayısının ve atıf sayısının bu şekilde artması, bu alanda yapılan çalışmaların yoğunlaştığının ve etkilerinin de hızlı bir şekilde arttığının göstergesi olarak kabul edilebilecektir.

Bu alandaki araştırmacı ve yayın yapan uzmanların sayısına baktığımızda ise, toplam 986 tekil yazarın bu dönemde yayın yaptığı görülmektedir. Alt veri setimizdeki yayınların yalnızca %15,5'i (379 yayının 59 tanesi) tek yazarlı, diğerleri çok yazarlı makalelerdir. Makale başına ortalama yazar sayısı ise 3,2'dir ve bu yüksek oran sebebiyle birden fazla yazarlı makalelerin hidrojen teknolojileri araştırmalarında yaygın olduğu

iddia edilebilir. Yayınların çok yazarlı olarak üretilmesi, çalışmaların önemli ölçüde işbirliğine dayalı olarak üretildiğini göstermektedir. Buradan hareketle yayınların yer aldığı alanları da inceleyerek, bu işbirliğinin disiplinlerarası doğasına ilişkin bir çıkarsama yapmak da mümkündür. Aşağıda detayları verilen konulardaki çeşitlilik, ortak yazar sayısının fazlalığıyla birlikte, hidrojen teknolojileri alanında toplumsal bilimler araştırmalarındaki disiplinlerarası çalışma dinamiğinin de bir göstergesi olarak kabul edilebilir.

En üretken yazarlara ve yayın üretim performanslarına baktığımızda ise, bu son 10 yılda önemli bir hareketlilik olduğu dikkat çekmektedir. Özellikle İngiltere, Güney Kore ve Çin’de çalışan araştırmacılardan Bellaby P, Lee DH, McDowall W, Flynn R, Ricci M ve Hsu CW, 2010’ların başından itibaren bu alanda düzenli olarak yayın yapan araştırmacılar olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyohidrojen (biohydrogen), hidrojen enerjisi (hydrogen energy), enerji politikası (energy policy), hidrojen (hydrogen), hidrojen yakıt pilli araç (hydrogen fuel cell vehicle), hidrojen ekonomisi (hydrogen economy), politika (policy), yakıt pili (fuel cell), hidrojen üretimi (hydrogen production), patent analizi (patent analysis), sürdürülebilirlik (sustainability), yeşil hidrojen (green hydrogen) ve yenilenebilir enerji (renewable energy), bu araştırmacıların sıklıkla üzerinde çalıştığı kavramlardır. Bu kavramlar bize ekonomiden politikaya, sürdürülebilirlikten ulaşıma geniş bir yelpazede hidrojen teknolojilerinin toplumsal etkileri üzerine çalışıldığını göstermektedir.



Şekil 3. Üç alan (ülke, yazar, konu) haritası (Three-field map (country, author, subject) Map)

Disiplinlerarası etkileri gözlemleyebileceğimiz bir diğer alan, yayınların çıktığı dergilerdir. Çalışmaların yaklaşık dörtte üçü yalnızca üç dergide yayınlanmaktadır. Ancak, yerleşmiş bir bilimsel disiplinde görmediğimiz bu durum, hidrojen teknolojileri araştırmalarının toplumsal bilimlerle keşimesini araştırdığımız çalışmamızın araştırma sorusunun özelleşmiş ve dar olarak kabul edilebilecek kapsamı için normal kabul edilebilir. Benzer bir yöntem girişimcilik literatüründe [38] veya astrobiyoloji literatüründe [39] de uygulanmış, buna benzer bir durum ile yine karşılaşmıştır. Bu çalışmada odaklanılan, teknik bir konu olan hidrojen teknolojileri

araştırmalarının disiplinlerarası doğası ve özellikle de toplumsal bilimlerle olan bağlantısıdır. Çalışmaların %57’si International Journal of Hydrogen Energy isimli dergide yayınlanmıştır. Bu dergi elektrokimya, fiziksel kimya ve enerji ve yakıtlar üzerine çalışmalara yer vermektedir ve Uluslararası Hidrojen Enerji Derneği (International Association for Hydrogen Energy)’nin resmi dergisidir. Bu dernek, 1974 yılında kurulmuş öncü aktörlerinden birisidir. Kuruluşundan beri iki yılda bir olmak üzere Dünya Hidrojen Enerji Konferansını düzenlemekte ve derneğin resmi yayın organı “International Journal of Hydrogen Energy” isimli dergide yayınlar yapmaktadır. Bu derneğin ve derginin, alanda önemli bir yere sahip bir yayın kanalı olduğunu iddia etmek mümkündür. Söz konusu dergiyi, %8 ile Energy Policy (çevre çalışmaları ve ekonomi) ve %7 ile Sustainability (çevre çalışmaları ve yeşil sürdürülebilir bilim ve teknoloji) dergileri takip etmektedir.

WoS’ın konu kategorileri (WoS Subject Category) sınıflandırması da bize benzer bir sonuç göstermektedir. Konu kategorileri alan uzmanları tarafından dergilerin konularının sınıflandırılmasıyla ortaya çıkmaktadır. Bu sınıflandırmada, yukarıdaki alanlara ek olarak, işletme, şehir bölge plânlama, ulaşım, kamu yönetimi, sosyoloji, coğrafya, bilgi belge yönetimi ve uluslararası ilişkiler de yer almaktadır. En fazla yayın yapılan dergilerin bu üç dergiden oluşan bir alanda kümelenmesine rağmen, bu dergilerdeki yayınların çok çeşitli alanların kesişim bölgesinde yer almaları söz konusu çalışmaların disiplinlerarası doğasına ilişkin bir diğer gösterge olarak kabul edilebilecektir.

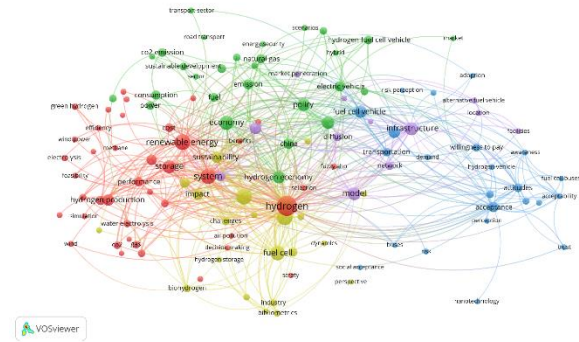
Kelime ağ analizi de, bize disiplinlerarası etkileşimler anlamında ipucu vermektedir. Bu analizde makale özetleri, başlıkları ve yazar anahtar kelimeleri incelenmekte ve bunların bir arada yer almalarına göre ortaya bir ağ (network) çıkmaktadır. Görseldeki düğümlerin (node) büyüklüğü kavramın alt veri setindeki sıklığı (frekansı) ile doğru orantılıdır ve düğüm ne kadar büyükse o kadar güçlü bir etkileşim ve işbirliği mevcuttur. Düğümler arasındaki çizgilerin kalınlığı da iki kavramın birlikte yer alma sıklığı ile doğru orantılıdır. Son olarak düğümlerin renkleri de ayrı ayrı kümelenmeyi göstermektedir.

Hidrojen araştırmalarında toplumsal bilimlerin yerini incelediğimiz bu ağda beş küme vardır (Şekil 4): Kırmızı (Teknik ve Sistemsel Bağlam), Sarı (Enerji taşıyıcı olarak Hidrojen), Yeşil (Politik Arkaplan), Mavi (Ulaşım ve Davranışsal Faktörler), Mor (Altyapı ve Tasarım).

Kırmızı küme hidrojen teknolojileri alanını teknik bir kavram olarak değerlendirmekte ve sistem perspektifinden yaklaşmaktadır. “Hidrojen, yenilenebilir enerji, depolama, sistem, hidrojen üretimi, entegrasyon, yeşil hidrojen, elektroliz, rüzgâr enerjisi, verimlilik, CO2, gaz, yenilenebilir enerji, fayda, maliyet” gibi kavramlarla bir anlamda hidrojen teknolojileri araştırmalarının temel yapıtaşlarını içermektedir. Sarı küme hidrojen teknolojilerinin bizatihi kendisine bakmaktadır. “Hidrojen enerjisi, enerji, yakıt pili,

biyohidrojen, hidrojenin depolanması, sürdürülebilirlik, etki, yenilik ve teknoloji” gibi kavramlar bu kümede yer almaktadır.

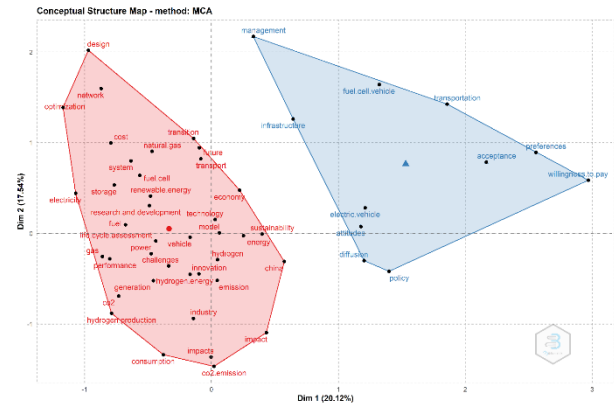
Yeşil küme hidrojen politikalarına odaklanmıştır. Politikaların içinde ulaştırma sektöründen karbon emisyonuna, doğal gazdan enerji politikalarına, enerji güvenliğine, tüketime ve iklim değişikliğine kadar bir çok kavram yer almaktadır. Bu kümenin düğümleri tek tek incelendiğinde hemen her bir kavramın diğer kümelerle yakın bir ilişki içinde olduğu dikkat çekmektedir. Hidrojen teknolojileri çalışmalarında politikanın ve yönetişimin diğer alanlara sirayet eden etkisi belirgindir. Mavi, ulaşım ve davranışsal faktörlerin birarada görüldüğü kümedir. “Yakıt pilli araç, araç, ulaşım, yakıt pilli otobüs, hidrojen doldurma istasyonu” gibi ulaşım ile ilgili kavramları içermekle birlikte “farkındalık, talep, benimseme, sosyal kabul, kabul, tercihler, algılar, güven, tutum ve ödemeye isteklilik” gibi davranışsal kavramlar da bu kümede yer almaktadır. Genellikle farklı disiplinlerin çalıştığı bu kavramlar arasında bir ilişki olduğu bu görselde ortaya çıkmaktadır (Şekil 4). Bu iki parçalı kümenin ulaşım ile ilgili kavramları ağı diğer kavramları ile daha yakın bir ilişki içinde olduğu göze çarpmaktadır. Mor renkli son küme hidrojen teknolojileri çalışmalarında teknik altyapının öneminin çalışıldığını göstermektedir. “Altyapı, ağ, model, yer, difüzyon, optimizasyon, tasarım, hidrojen tedarik zinciri ve piyasa hakimiyeti” gibi kavramlardan oluşmakta olan bu küme yatay olarak büyük ağı içinde yer almaktadır. “Altyapı ve Tasarım” alt kümesinin, bu şekilde ağı içinde yatay olarak yer alması, bu alandaki araştırmaların diğer bütün kümeler ve çalışma alanları ile doğrudan bağlantısı olduğunu ve araştırma ağının ana eksenini oluşturduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Anahtar kelimelerle oluşturulan ağ haritası (VosViewer) (Network Map based on Keywords)

Bulgularımızı ikili olarak kontrol etmek için VosViewer’da oluşturduğumuz ağ haritasına ek olarak R yazılımının Bibliometrix paketinde oluşturduğumuz faktöriyel harita, yukarıda sunduğumuz yapının iç içe geçmiş ve ana hatlarıyla kümelenebilir başka bir sürümünü ortaya koymaktadır (Şekil 5). Faktöriyel harita, alana en çok katkıda bulunan kavramları iki boyutlu uzayda görselleştirmek için kullanılır. Aynı makale gruplarında geçen kavramlar görselde birbirlerine daha yakın

yerleştirilir ve aynı renkte gruplanır. Eksenler sadece x ve y boyutunu temsil etmektedir. Görselde yer alan “Dim” boyut (dimension) kelimesinin kısaltması, parantez içindeki rakam ise kullanılan algoritmaya dair bir göstergedir (detaylı bilgi için R Bibliometrix Manuel [35]’e başvurulabilir). Bu haritada ise iki büyük küme görülmektedir. Ağ haritasındaki (Şekil 4) “Mavi Küme-Ulaşım ve davranışsal faktörler”, burada iki kümeden birisi olarak (yine mavi renkle) yer alırken, “Teknik ve Sistemsel Boyut”, “Enerji taşıyıcı olarak Hidrojen”, “Politik Arkaplan” ve “Altyapı ve Tasarım” olarak adlandırdığımız diğer tüm kümeler, daha bütünsel “Toplumsal- Teknik bir sistem anlayışıyla Hidrojen Teknolojileri” olarak adlandırabileceğimiz kırmızı kümeyi oluşturmaktadır. Bu bulgu, hidrojen teknolojileri araştırmalarının bütünü bir toplumsal-teknik sistem olarak ele alınabileceğini ve bu araştırma alanında farklı disiplinlerden gelen kavramlarının gerçekten iç içe geçmiş olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Anahtar kelimelerle oluşturulan faktöriyel harita (R-bibliometrix) (Conceptual Structure Map- (R-bibliometrix))

Yıllar içinde hangi araştırma konularının araştırmacıların ilgisini çektiğine baktığımızda, özellikle son beş yılda alana artan ilgi sebebiyle yeni kavramların ortaya çıktığı ve araştırma döneminin başındaki bir çok kavramın son yıllarda artık araştırılmadığı görülmektedir (Şekil 6). 10-15 yıl kadar önce hidrojen konusunun toplum bilimciler tarafından, “yenilik (innovation), dönüşüm (transition), kabul (acceptance), politika (policy)” gibi genel kavramlarla çalışıldığı; ancak son yıllarda elektrikli taşıt (electric vehicle), yakıt pili (fuel cell), saklama (storage), tasarım (design), elektrik (electricity), optimizasyon (optimization), taşıt (vehicle), Çin (China), maliyet (cost)” gibi daha özelleşmiş kavramların çalışmalarda ön plana çıktığı gözlemlenmektedir. Sonuç olarak, araştırılan kavramlarda genelden özele bir gidiş söz konusu olduğu savunulabilir; üstelik bu özelleşmiş kavramların kullanım sıklığı da daha yüksektir. Bu durum, zaman geçtikçe alandaki araştırmaların toplumsal boyutlarının ve etkilerinin daha detaylı incelendiği ve bu etkilerin sistemin bütünü içinde değerlendirildiği bulgusunu desteklemektedir.

bilimlerdeki izdüşümünün mevcut resmi çekilmiş ve bu resim ana hatlarıyla betimlenmiştir. Toplum bilimciler ve alandaki mühendis ve teknik araştırmacılar, bu alandaki potansiyel işbirlikçileri ve işbirliği alanlarını bu çalışmanın bulguları ışığında belirleyebilecek ve kendi araştırmalarının daha geniş hidrojen teknolojileri araştırmalarına nasıl uyduğu konusunda kestirimler yapabileceklerdir. Çalışmanın bulguları, destek kuruluşlarının alanlar arasındaki işbirliklerini (veya bunların eksikliğini) tespit ederek yapılan araştırmaları daha iyi değerlendirebilmelerine ve ihmal edilen veya aşırı desteklenen alanları belirleyebilmelerine imkan sağlayacaktır.

Çalışmamız kapsamındaki bulgular değerlendirildiğinde ise çarpıcı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bulgularımıza göre, son on yılda hidrojen teknolojileri araştırmaları alanında yayın sayısı ve atıf sayısı hızla artmaktadır ve bu artış alana ilginin gün geçtikçe fazlaştığını, yapılan çalışmaların yoğunlaştığını ve etkilerinin de hızlı bir şekilde yükseldiğinin göstergesi olarak kabul edilebilecektir. Bu yayınların yazar profili incelendiğinde ise, birden fazla yazarlı yayın sayısının toplam sayının üçte ikisinden fazla olduğu görülmüştür ve bu durum alanda yazarlar arasındaki etkileşim ve işbirliğinin yoğun olduğunu göstermektedir.

Çalışmamız kapsamında yapılan tematik analiz ile bu alanda çalışılan konular değerlendirilmiş ve beş temel küme bulunmuştur. “Teknik ve Sistemsel Bağlam”, “Enerji taşıyıcı olarak Hidrojen”, “Politik Arkaplan”, “Ulaşım ve Davranışsal Faktörler” ve “Altyapı ve Asarım” olarak isimlendirilen bu kümeleri “Bir toplumsal-teknik sistem olarak hidrojen teknolojileri araştırmaları” olarak tanımlanabilecek şemsiye bir ana temanın alt başlıkları olarak düşünelebilmek ve hidrojen teknolojileri araştırma alanını toplumsal-teknik bir sistem olarak ele almak mümkündür. Alandaki araştırmaların içeriğinin değerlendirildiği anahtar kelime analizi, zaman geçtikçe alandaki araştırmaların toplumsal boyutlarının ve etkilerinin daha detaylı incelendiği ve bu etkilerin sistemin bütünü içinde değerlendirildiği bulgusunu desteklemektedir. Bunun yanında, tematik konu haritası incelendiğinde ise, hidrojen teknolojileri sisteminin bir bütün olarak tüm boyutlarıyla ele alındığı ve kavramların kullanım ve geliştirilme süreçlerinin, sisteminin bütün olarak geliştirilmesi için yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarının bir ürünü olduğu görülmektedir. Araştırma alanındaki destek sağlayıcı kuruluşlar incelendiğinde ise, alandaki temel araştırma finansmanının Avrupa ülkelerinden ve Uzak Doğu’dan geldiği görülmektedir.

Temel bilim ve mühendislik alanının kesişiminde yer alan hidrojen teknolojileri araştırmalarının toplumsal bilimler açısından değerlendirildiği çalışmamızın kapsamı ve bulguları, günümüzde bilgi üretme ve araştırma pratiklerinin disiplinlerarası doğası açısından bir örnek teşkil etmektedir. Başlangıç niteliğinde olan bu çalışmamız, daha uzun dönemli ve geniş kapsamlı çalışmalar ile desteklenebilecek; bu çalışmada izlenen

yöntem farklı enerji teknolojileri için de uygulanarak karşılaştırmalı bir çalışma yapılmasına imkân verecektir. İlerde yapılabilecek bir diğer çalışma ise, bu tür araştırmaların finansal kaynaklarının ve desteklerinin de ayrıca incelenmesi ve araştırmalar sonucunda üretilen çıktılarının da takibi ile bir etki analizi değerlendirilmesi yapılması olacaktır. Bu ve benzeri çalışmalar yardımıyla toplumsal bilimler açısından konuyu inceleyen araştırmacılar, ileride işbirliği yapabilecekleri araştırmacı ve alanları belirleyebilecek; kendi araştırmalarının daha geniş çerçevede hidrojen teknolojileri araştırmalarına nasıl uyarlanabileceğini tahlil edebileceklerdir. Öte yandan, temel bilimler ve mühendislik alanlarındaki ilgili araştırmacılar ise; araştırma sonuçlarının başka alanlardaki yansımalarını görebilecek, toplum tarafından kabulü ve içselleştirilmesi açısından bir fikir edinebileceklerdir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, TÜBİTAK BİDEB 2232 Uluslararası Lider Araştırmacılar Programı tarafından desteklenmekte olan 118C287 No’lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları malzeme ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS’ CONTRIBUTIONS)

Arsev Umur AYDINOĞLU: Fikir geliştirilmesi, literatür taraması, veri toplama, veri analiz, makale yazımı. / Development of the research idea, literature review, data collection, data analysis, writing of the manuscript

Yelda ERDEN TOPAL: Literatür taraması, veri analiz, makale yazımı, eleştirel inceleme / Literature review, data analysis, writing of the manuscript, critical review.

İskender GÖKALP: Fikir geliştirilmesi, makale yazımı, eleştirel inceleme. / Development of the research idea, writing of the manuscript, critical review.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur. / There is no conflict of interest in this study.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Popper, K., “*Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*”, Routledge, Londra ve New York, (1963).
- [2] International Science Council, “**The origins of the IPCC: How the world woke up to climate change**”. <https://council.science/current/blog/the-origins-of-the-ipcc-how-the-world-woke-up-to-climate-change/>, (2018).

- [3] Hulme, M. "Is it too late (to stop dangerous climate change)? An editorial", *Wiley Interdisciplinary Reviews – Climate Change*, 11(1): e619, (2019).
- [4] Rosenfield, P. L. "The Potential of Transdisciplinary Research for Sustaining and Extending Linkages Between the Health and Social-Sciences", *Social Science & Medicine*, 35: 1343–1357, (1992).
- [5] Weart, S. "Rise of interdisciplinary research on climate", *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 110: 3657–3664, (2012).
- [6] Gökalp, I. "The interrelating of scientific domains: the case of turbulence and combustion", *Studies in History and Philosophy of Science*, 21(3): 413–429, (1990a).
- [7] Aydinoglu, A.U., Allard, S., Mitchell, C., "Measuring diversity in disciplinary collaboration in research teams: An ecological perspective", *Research Evaluation*, 25(1) : 18–36, (2016).
- [8] Maital, S. ve Barzani, E., "The global economic impact of COVID-19: A summary of research", *Samuel Neaman Institute for National Policy Research*, İsrail, 1– 12, (2020).
- [9] Kumar, M.S., Maheshwari, V., Prabhu, J., Prasanna, M., Jayalakshmi, P., Suganya, P., Benjula Anbu Malar, M.B., Jothikumar, R. "Social economic impact of COVID-19 outbreak in India", *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, 16 (4): 309–319, (2020).
- [10] Saladino, V., Algeri, D., Auriemma, V. "The psychological and social impact of Covid-19: new perspectives of well-being", *Frontiers Psychology*, 11: 577684, (2020).
- [11] Osofsky, J. D., Osofsky, H. J., ve Mamon, L. Y., "Psychological and social impact of COVID-19". *Psychological Trauma*, 12(5): 468– 469, (2020)
- [12] Fotiadis, A., Polyzos, S., ve Huan, T. C. T. "The good, the bad and the ugly on COVID-19 tourism recovery". *Annals of Tourism Research*, 87: 103117, (2021)
- [13] Chang, L.-C., McAleer, M. and Ramos, V. "A charter for sustainable tourism after covid-19", *Sustainability*, 12(9), 3671, (2020).
- [14] Bacchetta, M., Bekkers, E., Piermartini, R., Rubinova, S., Stolzenburg, V., Xu, A. "COVID-19 and global value chains: a discussion of arguments on value chain organization and the role of the WTO". *Technical report ERSD-2021-3. WTO staff working paper*, Geneva, (2021).
- [15] Collins, R.N., Mandel, D.R., Schywiola, S.S. "Political identity over personal impact: Early US reactions to the COVID-19 pandemic", *Frontiers Psychology*, 12:607639, (2021).
- [16] Daniel, S. J., "Education and the COVID-19 pandemic", *Prospects*, 49: 91–96 (2020).
- [17] Zhao, Y., ve Watterston, J., "The changes we need: Education post COVID-19", *Journal of Educational Change*, 22(1): 3–12, (2021).
- [18] Pokhrel, S., Chhetri, R. "A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning", *Higher Education for the Future*, 8 (1):133-141, (2021).
- [19] Zuniga, J.M. ve Cortes, A. "The role of additive manufacturing and antimicrobial polymers in the COVID-19 pandemic", *Expert Review of Medical Devices*, 17(6), 477-481, (2020).
- [20] Deringöz A., Danişan T. ve Eren T., "Covid-19 takibinde giyilebilir sağlık teknolojilerinin :KKV yöntemleri ile değerlendirilmesi", *Politeknik Dergisi*, 25(2): 533-543, (2022).
- [21] Yağcı B. E., Sözen A. "Türkiye'nin enerji verimliliği etkinlik analizi", *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).
- [22] Değer K., Özkaya M. G. ve Boran F. E., "Modelling and analysis of future energy scenarios on the sustainability axis", *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).
- [23] Emre T., İzgeç M. M. ve Sözen A., "Enerji yoksulluğu konusundaki literatüre genel bakış", *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).
- [24] Avşar Özcan N., Bulut M., Özcan E. ve Eren T., "Enerji üretim yatırım alternatiflerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin istatistiksel ve analitik olarak karşılaştırması: Türkiye örneği", *Politeknik Dergisi*, 25(2): 519-531, (2022).
- [25] Kılınç C., "Hibrit yenilenebilir enerji sistemleri ile sera sulama sistemi tasarımı: İzmir örneği", *Politeknik Dergisi*, 25(1): 435-442, (2022).
- [26] Gökalp, I., "Turbulent reactions: Impact of new instrumentation on a borderland domain", *Science, Technology and Human Values*, 15(3): 284-304, (1990b).
- [27] Gökalp, I., "Intellectual cooperation between research and design in engineering sciences. Or how to cross the border between the engine and the laboratory", Big Culture. Intellectual cooperation in large-scale cultural and technical systems. A historical comparison. Giuliana Gemelli, *CLUB*, Bologna, 263-286, (1994a)
- [28] Gökalp, I., "Problem-solvin in engineering sciences: From the engine to the laboratory or vice versa?" AIAA paper 94-0848, *The 32nd Aerospace Sciences Meeting & Exhibit*, Reno, NV, (1994b).
- [29] Gökalp, I., "On complexity and interdisciplinarity: or how to bridge disciplinary cultures", *University as a Bridge from Technology to Society: IEEE International Symposium on Technology and Society*, IEEE Piscataway, NJ, 35-40, (2000).
- [30] IEA, "The Future of Hydrogen", *IEA Report for the G20*, Japonya, (2019).
- [31] IRENA, "World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway", *International Renewable Energy Agency*, Abu Dhabi, (2022)
- [32] Gökalp, I., "On the analysis of large technical systems", *Science, Technology and Human Values*, 17(1), 57-78, (1992).
- [33] <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/webofscience-ssci/>, Web of Science: Social Sciences Citation Index, (2022).

- [34] <http://www.vosviewer.com/>, VosViewer, (2022).
- [35] <https://www.bibliometrix.org/>, R. Bibliometrix, (2022).
- [36] <http://www.vosviewer.com/>, van Eck, Nes Jan ve Waltman, Ludo, VosViewer Manual, (2022).
- [37] Aria, M. & Cuccurullo, C., “Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis”, *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975, (2017).
- [38] Aydınoglu, A.U. “Girişimcilik üzerine akademik çalışmalar: 2000-2019 yıllarının bibliyometrik analizi”, Akçomak, İ.S., Beyhan, B., Çetindamar, D. ve Tandoğan, S. “*Türkiye’de Yenilik Tabanlı Girişimcilik*”, *İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları*, İstanbul: 21-36, (2021).
- [39] Taskin, Z. ve Aydinoglu, A.U., “Collaborative multidisciplinary astrobiology research: A bibliometric study of the NASA Astrobiology Institute”, *Scientometrics*, 103(3), 1003-1022, (2015).
- [40] Cobo, M.J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E. ve Herrera, F. “An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field”, *Journal of Informetrics*, 5(1): 146-166, (2011)