



International JOURNAL of SOCIAL and HUMANITIES SCIENCES RESEARCH (JSHSR)

Uluslararası Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Dergisi

Received/Makale Geliş 04.03.2023
Published /Yayınlanma 30.04.2023
Volume/Issue (Cilt/Sayı)-ss/pp 10(94), 937-946

<http://dx.doi.org/10.26450/jshsr.3618>
Research Article
ISSN: 2459-1149



Ümit KURT

<https://orcid.org/0009-0000-2855-5380>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Mehmet CAN

<https://orcid.org/0009-0007-6445-0819>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Medeni YAŞI

<https://orcid.org/0009-0000-8120-6534>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Namık ADIGÜZEL

<https://orcid.org/0009-0000-0136-631X>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Halime ÖZKUL

<https://orcid.org/0009-0005-1039-4909>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Adil TURHAN

<https://orcid.org/0009-0007-7466-049X>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Mehmet Beşir DOĞAN

<https://orcid.org/0009-0001-4756-1695>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE



Serhat ÜZER

<https://orcid.org/0009-0001-3177-8718>

MEB, Diyarbakır / TÜRKİYE

BOR MADENLERİ NEDİR? NERELERDE KULLANILIR? TÜRKİYE EKONOMİSİNE ETKİLERİ VE DÜNYADAKİ YERİ

WHAT ARE BORON MINES? WHERE TO USE? IMPACTS ON THE TURKISH ECONOMY AND THE PLACE IN THE WORLD

ÖZET

Bu çalışmada; bor madenlerinin neler olduğu ve bor madenlerinin çeşitleri hakkında bilgi verilerek ve nerelerde kullanıldığı vurgulanarak ekonomi üzerine etkilerinden bahsedilmiştir. Bor, element olarak çok çeşitli bileşik yapma kapasitesine sahip olup nötronları absorbe etme özelliğine sahiptir. Bu nedenle sanayinin vazgeçilmez hammaddelerinden biridir. Metalle ametal arası yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Bor mineralleri, yapılarında farklı oranlarda bor oksit (B₂O₃) içeren doğal bileşiklerdir. Doğada yaklaşık 230'dan fazla bor minerali mevcut olup, bunların ticari öneme sahip olan başlıcaları; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandermit, borasit, szaybelit ve hidroborasit'tir. Türkiye'de yaygın olarak bulunan bor mineralleri ise tinkal, kolemanit ve üleksit'dir. Bor mineralleri, açık ocak madenciliği (Türkiye, ABD, Arjantin, Bolivya, Şili, Çin ve Rusya), kapalı ocak madenciliği (A.B.D. ve Çin) ve çözelti madenciliği (ABD) gibi yöntemlerle kazanılmaktadır. Açık ocak madenciliği; delme, patlatma ve yükleme işlemlerini içermektedir. Türkiye'deki bor rezervleri, bor üreten diğer ülkelere göre daha ekonomik, yüksek kalite ve daha kolay üretim koşullarına sahiptir. Bu nedenle, bor ülkemiz için büyük önem taşır. Bor Madenlerinin tüm dünyadaki rezervinin yaklaşık %73'ü Türkiye'de bulunmaktadır. Bor üretiminin cumhuriyetimizin yüzüncü kuruluş yılı olan 2023 yılında yaklaşık 5.500 bin ton ve bu alanda gelirin yaklaşık 2,5 milyar ABD \$ olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bor, Maden, Üretim, Ekonomi, Boraks, Karbür.

ABSTRACT

In this study; By giving information about what the boron mines are and the types of boron mines, their effects on the economy are mentioned. Boron, as an element, has the capacity to form a wide variety of compounds and has the ability to absorb neutrons. Therefore, it is one of the indispensable raw materials of the industry. It is a semiconductor element between metal and nonmetal. Boron minerals are natural compounds containing different proportions of boron oxide (B₂O₃) in their structures. There are more than 230 boron minerals in nature, the main ones of commercial importance are; tinkal, colemanite, kernite, ulexite, pandermite, borasite, szaybelite and hydroboracite. Boron minerals commonly found in Turkey are; tinkal, colemanite and ulexite. Boron minerals are obtained by methods such as open pit mining (Turkey, USA, Argentina, Bolivia, Chile, China and Russia), closed pit mining (USA and China) and solution mining (USA). open pit mining; includes drilling, blasting and loading operations. Boron reserves in Turkey have more economic, higher quality and easier production conditions than other boron-producing countries. Therefore, boron is of great importance to our country. Approximately 73% of the world's reserves of Boron Mines are located in Turkey. Boron production is targeted to reach approximately 5,500 thousand tons in 2023, the centennial year of our republic, and an income of approximately 2.5 billion US dollars in this area.

Keywords: Boron, Mineral, Production, Economy, Borax, Carbide.

1. GİRİŞ

Bor lifleri ilk olarak 1959'da keşfedilip daha sonra 1960'larda ilk gerçek yüksek performanslı, kullanıma elverişli liflere dönüştürülmüştür. O zamana kadar, cam elyafı sürekli uzunluklarda mevcut olan tek yüksek mukavemetli elyaf idi ve sahip olduğu düşük cam modülü, yüksek performanslı yapılarda kullanımını ciddi şekilde kısıtlamaktaydı.

Bor ve bileşikleri uzun zamandır bilinmekte ve kullanılmaktadır. Babil'in 4000 yıl önce altın endüstrisi için Uzak Doğu'dan bor ithal ettiği ve boraksın Eski Mısır'da mumyalama, işleme ve metalurjik uygulamalar için kullanıldığı düşünülmektedir (Dogan,2018).

Bor, boron ve boraks olarak adlandırılan minarellerin ilk olarak 8.yüzyılda Mekke ve Medine çevresinde kullanıldığı ve bor mineralinin Arap tüccarlar tarafından keşfedildiği bilinmektedir. Arapların 875 yılında bor tuzlarından ilaç ürettiği bulgularına rastlanmıştır. Boraks için en eski kaynağın Tibet gölleri olduğuna ve boraksın Hindistan'a taşındığına inanılmaktadır. Koyunlu Himalayalar ve cevherin 13.yüzyılda Marco Polo tarafından Tibet'ten Avrupa'ya getirildiği düşünülüyordu. Sassolite'nin (H₃BO₃) 1771'de İtalya'nın Toskana bölgesinin gayzerlerinde bulunduğu anlaşılmıştır. İlk borik asit üretimi 1830'da İtalya'da başlamıştır ve endüstriyel anlamda boraks madenciliğinin ilk örneği 1852'de Şili'de görülmüştür. 1864'te Kaliforniya'da ve Nevada'da, Patiska Dağlarında ve Kramer'de birikintilerin keşfinden sonra ABD, dünyanın bor ihtiyaçlarını karşılayan ana ülke olmuştur. Potasyum ile reaksiyona giren borik asiti (H₃BO₃), ilk olarak on dokuzuncu yüzyılın başlarında Fransız bilim adamları: Joseph Louis Gay-Lussac ve Louis Jacques Thenard tarafından samedate etrafında elde edilmiştir (Foltz,2020). Günümüzde bor genellikle boraks karbonu ile ısıtılarak elde edilmektedir.

2. BOR MADENİ

Toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bor mineralleri, doğal haliyle toprakta ortalama 10-20 ppm'de, deniz suyunda 0,5-9,6 ppm'de ve tatlı suda 0,01-1,5 ppm'de bulunur. Bor elementi doğada kristal su içeren sodyum, kalsiyum ve magnezyum oksitlerine bağlı mineraller olarak bulunur Simgesi B, atom numarası 5(Beş) olan bor madeni, yapılarında farklı oranlarda bor oksit (B₂O₃) içeren doğal bileşiklerdir. Daha basit anlatımla bor, toprağın yaklaşık 40 metre altından çıkarılabilen, kayalar ve suda yaygın olarak bulunan, tabiatta bor asidi veya boratlar durumunda bulunan basit elementtir (Güner, 2020). Doğada yaklaşık 230'dan fazla bor minerali mevcut olup, bunların ticari öneme sahip olan başlıcaları; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandermite, borasit, szaybelit ve hidroborasit'tir. Türkiye'de yaygın olarak bulunan bor mineralleri ise; tinkal, kolemanit ve üleksit'dir. Bu mineraller, öncelikle fiziksel işleme tabi tutularak zenginleştirilir (konsantre bor), daha sonra rafine edilerek çeşitli bor kimyasallarına dönüştürülür. Bor, element olarak doğada B₁₀ ve B₁₁ olarak adlandırılan iki ayrı kararlı izotoptan oluşmaktadır. Bu izotopların tabiatta bulunma oranları sırasıyla % 19,1-20,3 ve % 79,7-80,9'dur. B₁₀ izotopu, çok yüksek termal nötron tutma özelliği gösterir. Böylelikle nükleer malzemeler ve nükleer enerji santrallerinde kullanılabilir (Sokmen ve Büyükkakinci,2018).



Şekil 1.Bazı Bor Minarellerini Gösterir Şekil, **Kaynak:** (URL 6).

2.1. Bor Madenin Çeşitleri

Ticari açıdan en önemli bor mineralleri; Tinkal, Kolemanit, Kernit, Üleksit, Pandermite, Borasit, Szaybelit ve Hidroborasit'tir. Dünya Bor Lideri olan Eti Maden tarafından uluslararası kalite standartlarında yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülen başlıca bor mineralleri ise Tinkal, Kolemanit ve Üleksit'tir (URL 5).

Rafine bor ürünlerinin başlıcaları:

Boraks Dekahidrat: Öğütme işleminden geçirilen tinkal minerali; çözme, çöktürme, filtreleme, kristalizasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek minimum %36,5 B₂O₃ tenörlü boraks dekahidrat ürünü elde edilir.

Boraks Pentahidrat: Boraks santrifüjlerinden ayrılan nemli boraks dekahidrat kristalleri, belli bir sıcaklığa ulaşmış pentahidrat reaktörleri ile beslenir. Reaktörden alınan doymuş çözelti; çöktürme, filtreleme, kristalizasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek minimum %47,8 B₂O₃ tenörlü boraks pentahidrat ürünü elde edilir (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü [MTA], 2020).

Sodyum Perborat Monohidrat/Tetrahidrat: Tinkalin çözülerek filtrelenmesi sonucu elde edilen boraks çözeltisi, sodyum hidroksit ve hidrojen peroksit ile reaksiyona sokularak metaborat çözeltisi elde edilir. Bu çözelti; çöktürme, filtreleme, kristalizasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek, minimum %22,6 B₂O₃ tenörlü sodyum perborat tetrahidrat ürünü elde edilir. Sodyum Perborat fabrikasında üretilen sodyum perborat tetrahidrat kristalleri kurutucuya beslenir. Kurutma işlemi sonucunda minimum %34,0 B₂O₃ tenörlü sodyum perborat monohidrat ürünü elde edilir (Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü, 2021).

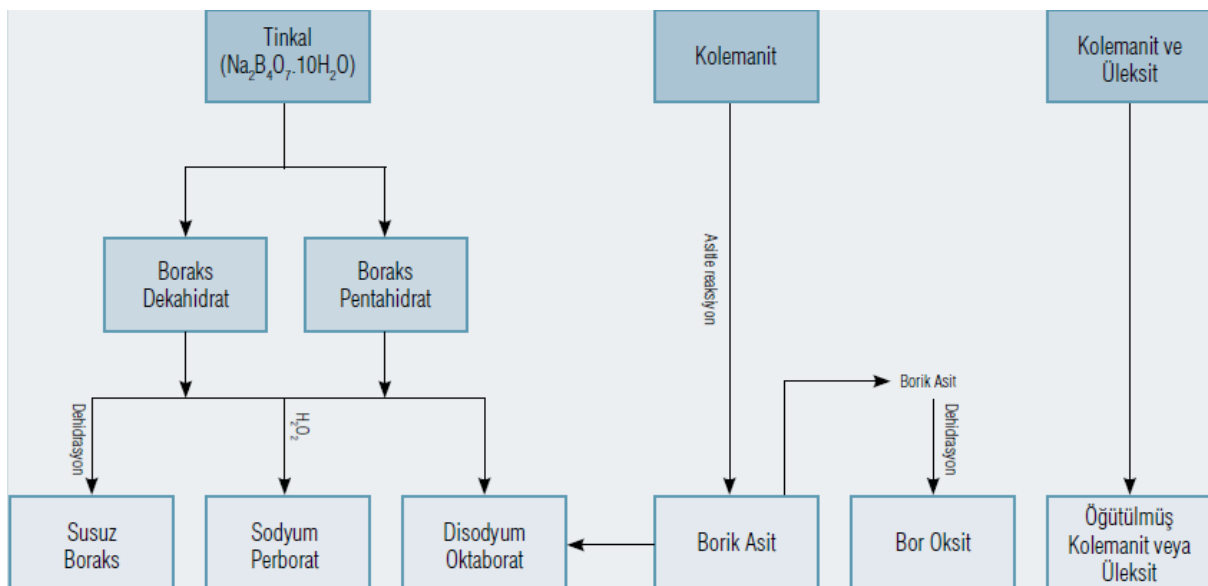
Borik Asit: Konsantre kolemanit bor cevheri; kırma, öğütme etabından sonra sülfürik asit ile reaksiyona alınır. Filtreleme, kristalizasyon ve kurutma işlemlerinden geçirilerek minimum %56 B₂O₃ tenörlü borik asit ürünü elde edilir.

Bor Oksit: Bor oksit üretimi, borik asitin kristal suyunun madenden uzaklaştırılması ile gerçekleşir. Bunkerden alınan borik asit kurutucuya alınır. Kurutma, soğutma ve eleme işleminden sonra elde edilen bor oksit depolanır.

Kalsine Tinkal: Tuvönan tinkalin döner fırında kalsine edilmesi ile bünye suyu uzaklaştırılarak 1-5 mol arasında değişen %45-62 B₂O₃ içerikli mikronize kalsine tinkal elde edilir.

Susuz Boraks: Boraksın kalsine edildikten sonra, eritme fırınında yaklaşık 980oC'de eritilmesi sonucunda elde edilir. Erimiş boraks yeterli akışkanlığa ulaştığında fırın dışına alınır ve su soğutmalı tamburlardan geçirilerek amorf yapıda susuz boraks elde edilir. Elde edilen ürün pazarlanmak üzere kırıcılardan geçirilir (MTA, 2020).

Boron; Petrol türevi katkı maddeleri içermeyen, yerli, doğal, bitkisel sabun içerikli, çamaşırlarda kimyasal kalıntı bırakmayan ve çok amaçlı kullanılan bir temizlik ürünüdür. Petrol türevi temizlik ürünleri hem insan sağlığını tehdit etmekte hem de çevre kirliliğine neden olmaktadır. Temizlik ve deterjan sanayisinde çevreye ve insan sağlığına duyarlı bir yaklaşım gösteren borlu temizlik ürünü boron, düşük sıcaklıklarda üstün beyazlatma ve temizleme performansı sergilemektedir. Evsel ve endüstriyel lekeleri renkleri soldurmadan temizler ve ek yumuşatıcı kullanımı gerektirmeden çamaşırları yumuşatır. Ayrıca, mantar oluşumunu engelleyerek kötü kokuların açığa çıkmasına engel olur (URL 4).



Şekil 2. Bor Kimyasalları ve Eşdeğeri Ürün Üretimini Gösterir Şekil, **Kaynak:** (Türkiye Petrolleri [TP], 2012).

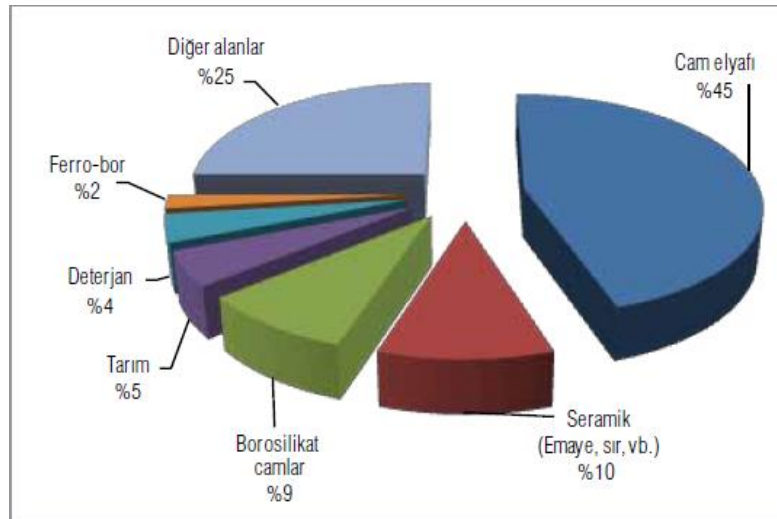
Mineral	Formülü
Kernit	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Tinkalkonit	$\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Tinkal	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
Probertit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Üleksit	$\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
Kolemanit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Meyerhofferit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
İnyoit	$\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 13\text{H}_2\text{O}$
Pandermit	$\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
İnderit	$\text{Mg}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 15\text{H}_2\text{O}$
Hidroborasit	$\text{CaMgB}_6\text{O}_{11} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Borasit	$\text{Mg}_3\text{B}_7\text{O}_{13}\text{Cl}$
Aşarit	$\text{Mg}_2\text{B}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Datolit	$\text{Ca}_2\text{B}_2\text{Si}_2\text{O}_9 \cdot \text{H}_2\text{O}$
Sassolit(doğal borik asit)	H_3BO_3

Şekil 3. Başlıca Bor Minarelleri Çeşitlerini Gösterir Şekil, **Kaynak:** (URL 5).

3. BOR MADENİNİN KULLANIM ALANLARI

Bor, bor alaşımları, bor tuzları ve organometalik bor kompleksleri tek başına yüksek teknoloji malzemeler olarak kullanılmaktadır. Ayrıca diğer malzemelere yüksek teknoloji malzemelerin performansını katmaktadır. Bor ürünleri hafiftir, strese ve kimyasal etkilere dayanıklıdır, bu nedenle en çok kimya ve kozmetik endüstrilerinde, fotoğrafçılık, boya, deri ve çimento endüstrilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca plastikte, endüstriyel elyaf üretiminde, kauçuk ve kâğıt endüstrisinde, ısıya dayanıklı cam üretiminde, tarımda, nükleer santrallerde, roket yakıtlarında, sert çelik üretiminde, emaye ve porselen sırların üretiminde de kullanım alanları bulunmaktadır (URL 2).

Ayrıca sağlık sektörü, askeri teçhizat üretimi, silah sanayi, dayanıklı tüketim ürünleri sektörü ve teknolojik gelişmelerde kullanılan bor, daha ileri düzey yatırımlarda kullanılmak üzere Ar-Ge çalışmalarına konu olmaktadır.



Şekil 4. Bor Madenin Kullanım Alanları ve Yüzdelerini Gösterir Şekil, **Kaynak:** (Ulvi ve Hakan,2022).

Bor madenlerinin tüketim alanı bölgeden bölgeye değişim göstermektedir. Örneğin: Avrupada en fazla bor kullanımı sodyum perborat üretiminde görülmektedir. Sodyum perborat Avrupa'da daha çok deterjan üretiminde kullanılırken; Kuzey Amerika ve Orta Amerika'da daha çok cam ve elyaf alanında kullanılmaktadır. Japonya'nın tekstil ürünlerinde bor lifi kullandığı tahmin edilmektedir. Ülkemizde bor mineralleri üretiminin % 80 -% 90'ı rafine bor ürünleri üretiminde kullanılmakta, geri kalan bor mineralleri ve ürünleri ağırlıklı olarak kimya ve cam sanayinde kullanılmaktadır. Dünya bor tüketiminin yaklaşık

olarak % 80'ini A.B.D. ve Batı Avrupa ülkeleri yapmaktadır (Çınkı, 2001). Genel olarak ülkemizde bor tüketimi çok düşüktür ve bor cevherleri ile üretilen ürünlerin çoğu ihraç edilmektedir (URL 1).

Dünya bor ürünleri tüketimi ise 2000 yılında 3,1 milyon ton iken, bu değer 2014 yılında 4,3 milyon ton, 2015 yılında 3,8 milyon ton, 2016 yılında 3,77 milyon ton, 2017 yılında 3,87 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2023 yılına kadar bor ürünleri tüketiminin her geçen yıl arttığı ayrıca gözlemlenmiştir (URL 4).

4. BOR MADENLERİ ve TÜRKİYE

Yeryüzünde belirli bir bölgede yoğunlaşmış ve nadir bulunan maden türlerine “stratejik maden” denmektedir. Ekonomik ve askeri sanayi açısından kullanımı önemli olan bu maden türlerinin ikamesi bazen bulunmamakta bazen de maliyetli olmasından dolayı tercih edilmemektedir (Yılmaz,2012). Bu tür madenlerin önemi, askeri ve stratejik endüstriyel alanlarda kullanımıyla yakından ilişkilidir (İnan, 2008). Stratejik madenle ilgili nitelik ölçütlerine bakıldığında, rezervlerin büyüklüğü ve dağılımı, tüketim merkezlerine olan yakınlığı, cevher tenörünün yüksekliği, madenin devamlılığı ve işletilebilmesi büyük önem taşımaktadır. Ayrıca madene olan talebin artışı, ikame durumu, ekonomik değerinin artışı ve üretilen çıktının katma değer taşıması gerekmektedir. Bu özelliklerinin yanısıra, ticari kullanım açısından nadir bulunan element olması, elde edilen ürünün insan hayatı için önem teşkil etmesi, gelecek endüstrisi için de değer taşıması gerekmektedir. Son olarak yurt içinde kullanımı, rezerv sahibi ülkenin uluslararası saygınlığı ve ülkenin jeopolitik gücü de bir madenin stratejik olma özellikleri arasında önemli parametrelerdir (Nazir, 2020; Karabağ ve Şahin, 2022:153). Stratejik madenler açısından değerlendirildiğinde 21 maden türünden beş tanesi: Bor, uranyum, toryum, krom ve altın Türkiye’de bulunmaktadır (İstanbul Ticaret Odası [İTO], 2003). Bu çalışmanın temel konusu olan bor madeni, Türkiye’de dünya rezerv dağılımı itibarıyla en yüksek orana sahiptir.

Dünya bor rezervlerinin %73’üne sahip olan Türkiye’de bilinen bor yatakları; Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Balıkesir Bigadiç, Bursa-Kestelek’te bulunmaktadır. Türkiye’de rezerv açısından en çok bulunan bor mineralleri Tinkal ve Kolemanit’tir. Türkiye’de Tinkal yatakları Eskişehir-Kırka’da, kolemanit yatakları ise Kütahya-Emet, Balıkesir-Bigadiç ve Bursa-Kestelek’te bulunmaktadır. Ayrıca, Balıkesir-Bigadiç’te üleksit rezervi mevcut olup Bursa-Kestelek’te zaman zaman üleksit yan ürün olarak elde edilmektedir (Gökçen, 2009).

2840 sayılı Kanun ile birlikte Türkiye’de bor ve bor ürünlerinin üretilmesi, işletilmesi ve pazarlanması faaliyetlerini gerçekleştirme görevi Eti Maden tarafından yürütülmektedir. Eti Maden bünyesinde bulunan 4 İşletme Müdürlüğündeki tesislerde ağırlıklı olarak Boraks Pentahidrat, Boraks Dekahidrat, Borik Asit, Etidot-67, Bor Oksit, Çinko Borat, Kalsine Tinkal, Susuz Boraks, Öğütülmüş Kolemanit ve Öğütülmüş Üleksit üretilerek yurt içi ve yurt dışı pazarlara sunulmaktadır. Eti Maden’in 2017 yılında toplam rafine bor üretim kapasitesi yaklaşık 2,7 milyon tondur. Bor ürünleri Türkiye’de; %36 cam, %31 seramik, %9 temizlik- deterjan, %7 tarım, %4 tutkal ve %14 pay ile diğer alanlarda kullanılmaktadır. Eti Maden, yurt içi bor taleplerinin tamamını karşılamaktadır. Türkiye ekonomisinin uluslararası alanda prestijli bir konuma erişmesine yardımcı olan Eti Maden, 2016 yılında Türkiye’nin En Büyük 1000 İhracatçı Firma sıralamasında 15. ,en çok ülkeye ihracat yapan firma sıralamasında ise 90 firma arasında 14. sırada yer almaktadır (URL 3).

4.1. Bor Karbürü ve Türkiye

Bor karbür (B_4C), çok sert bir bor-karbon seramik ve kovalent malzemedir. Madde tank zırhı, kurşungeçirmez yelekler, motor sabotaj tozlarının içinde olduğu çok sayıda endüstriyel uygulama alanına sahiptir. Vickers sertliği 30 GPa’dan fazla olan bor karbür, kübik bor nitrür ve elmasın ardından bilinen en sert malzemelerden biridir (URL 9).

Bor kaynağı ve karbon kaynağı olarak alınan sulu çözeltilerin karıştırıldıktan sonra ısıtılması sırasında çöken öncellerin oldukça düşük sıcaklıklarda kızdırılmasıyla doğrudan bor karbür tozları elde edilmektedir. Bor ve karbon kaynağı olan çözeltilerin homojen karışımından çöktürülen önceller ya jel ya da poliestere halindedir. Jel halindeki öncellerin 1000-1800°C aralığındaki sıcaklıklarda kızdırılması ile farklı şekil ve büyüklükte parçacıklardan oluşan bor karbür tozları elde edilmektedir. Bu yol sol-jel yöntemi olarak da bilinmektedir. Borik asit ve bir poliol ile hazırlanan sulu çözeltilerin karıştırıldıktan sonra ısıtılması sırasında yürüyen esterleşme reaksiyonu ile oluşan polimerik öncelin pirolizi ile bor karbür tozu elde edilmektedir (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu [TÜBİTAK], 2023).

Bor karbür, mükemmel termal iletkenlik gibi çok üstün özellikleri bir arada bulundurmasından dolayı pek çok yüksek performans uygulamasında kullanım alanı bulmaktadır. Toz formunda, sinterleşmiş ürün ve ince film olarak uygulama alanları vardır. Siyah elmas olarak bilinen bor karbür, elmas ve kübik bor nitrürden sonra en sert üçüncü malzemedir. Bu sıra dışı özelliğinde dolayı metallerin ve seramiklerin parlatılması, düzeltilmesi ve su jeti ile kesilmesi işlemlerinde aşındırıcı toz olarak kullanılır. Düşük özgül kütlesi, yüksek sertliği ve çarpma direnci özelliklerinin birleşimi bor karbüre personel ve araç zırhları için uygun bir malzeme özelliği kazandırır. Bor karbür ince filmi elektronik sanayinde koruyucu kaplama olarak kullanılır. Bor karbür nükleer reaktörlerde, uzun ömürlü çekirdek oluşturmada nötron absorpsiyonu kabiliyetinden dolayı nötron detektörü, koruyucu kılıf ve kontrol çubuğu olarak geniş kullanım alanı bulur. Bor karbür içeren kompozit malzemeler sahip oldukları termal şok dayanımı ve iyi termal iletkenlik özelliklerinden dolayı nükleer füzyon reaktörlerinde ilk duvar malzemesi olarak kullanıma uygundur. Bor karbür nötron yakalama tedavisi ile kanserin iyileştirilmesinde de kullanılır. Bor karbür bir p-tip yarı iletken olduğundan dolayı yüksek sıcaklıkta çalışan elektronik cihazlarda kullanıma aday bir malzemedir (Yenmez, 2010).

Türkiye'nin ilk ve stratejik tesislerinden biri olan, savunma sanayisinin gücüne güç katan Türkiye'nin ilk bor karbür tesisi, Balıkesir'in Bandırma ilçesinde 19 Mart 2023 tarihinde açılmıştır. Tam kapasite çalıştığında 279 kişinin istihdam edileceği tesiste, ilk etapta yılda 1000 (Bin) ton olmak üzere, her geçen yıl hedefi büyütme şartıyla, bor karbür üretilmesi hedeflenmiştir. Böylelikle cevher madeni olarak bulunan bor, mücevhere dönüştürülmüş olacak ve rezerv değerine yaklaşık 300 (Üçyüz) kat değer katacaktır. Ayrıca, Kütahya'nın Emet ilçesinde yıllık 5 (Beş) bin ton kapasiteli yeni bir bor karbür tesisi kurulmasıyla ilgili çalışmalar devam etmektedir (URL 8).

4.2. Bor Madenlerinin Türkiye Ekonomisine Katkıları

Doğada yaklaşık 230 çeşit doğal bor mineralinden ticari değere sahip olanları özellikle: Tinkal, Kolemanit, Üleksit, Probertit, Borasit, Pandemit, Szyabelit, hidroborasit ve Kernit'tir. Bor, tüm canlıların doğada yaşamının sürdürmesi için gereken elementlerden biridir. Bunun yanında bor, dünyada en yaygın kullanım alanına sahip olan elementlerin başında gelmektedir. Eti Bor A.Ş., Eti Holding A.Ş.'ye bağlı bir KİT olup; Türkiye'deki tek bor üreticisi ve pazarlayıcısı durumundadır. 1998 yılında Etibank'ın bankacılık kısmının özelleştirilmesi nedeniyle, yeniden yapılanmaya gidilmiş ve Eti Holding A.Ş. nin bağlı 7 ortaklığından birisi olan Bandırmadaki Eti Bor A.Ş.'ye 5 adet bor işletmesi bağlanmıştır. İlave olarak borların pazarlama işlemleri ise ayrı bir genel müdürlük olan Eti Pazarlama ve Dış Ticaret A.Ş. tarafından yürütülmektedir (URL 5).

Türkiye tüm dünyada bor rezervi en fazla olan ülkedir. Yaklaşık olarak 2016 yılında 1 milyon 775 bin ton, 2017 yılında 2 milyon 200 bin ton, 2018 yılında 2 milyon 400 bin ton ve 2023 yılına gelindiğinde ise yaklaşık olarak 2 milyon 650 bin ton rafine bor satışı gerçekleştiren Türkiye böylelikle 1 milyar 300 milyon dolarlık ihracat yaparak, gelir elde etmiştir (URL 7).

Eti Maden, katma değeri yüksek rafine bor ürünleri üretip satmayı temel politika olarak belirlemiştir. Bu politikaya uygun olarak gerçekleştirilen uygulamalar sonucunda bor ürünleri ihracatında konsantre ürünlerin payı azalırken, katma değeri yüksek rafine bor ürünlerin payı sürekli artmaktadır. Eti Maden'in 2020 yılında toplam ihracatının içerisindeki katma değeri yüksek rafine bor ürünlerinin payı %96 olarak gerçekleşmiştir (ETİ, 2021).

5. BOR MADENİNİN GENEL YAPISI

Bor rezervleri; Türkiye, ABD, Rusya ve Güney Amerika olmak üzere 4 bölgede yoğunlaşmış olmakla birlikte, bor sektörü oligopol bir yapıya sahiptir. Son 30 yılda dünyadaki bor üretiminin büyük bölümü Rusya, Türkiye ve ABD tarafından gerçekleştirilmiş olup iki ana üretici Rio Tinto / ABD ve Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü/Türkiye'dir.

Dünyadaki önemli bor yatakları Türkiye, Rusya, Güney Amerika ve ABD'de olup dünya ticari bor rezervleri 4 bölgede toplanmaktadır. Bunlar; ABD'nin Kaliforniya Eyaletinin güneyinde yer alan "Mojave Çölü", Güney Amerika'da yer alan "And Kemer", Türkiye'nin de yer aldığı "Güney-Orta Asya Orojenik Kemer" ve Doğu Rusya'dır. Türkiye dışında diğer önemli bor rezervlerinin bulunduğu bor yataklarının rezerv dağılımı farklı kaynaklardan alınan bilgilere göre şöyledir; Boron (Kramer) Yatakları, Kuzey Amerika, Searles Lake Yatağı, Kaliforniya, Fort Cady Kalsiyum Bor Yatağı, Mojave Desert Kaliforniya, Death Valley Bor Yatakları/Billie Mine, Sırbistan, Güney Amerika Bor Yatakları, Tincalayu, Arjantin, Salar de Olaroz Arjantin, Salar de Surire Bor Cevheri Yatağı Şili, Salar de Uyuni Bolivya, Salar de Carcote

ve Salar de Ascotan Kuzey Şili, Meksika, Asya Bor Yatakları, Rusya Bor Yatakları (Balcı ve Emirkadı, 2019).

ÜLKELER	TOPLAM REZERV (Bin ton B ₂ O ₃)	DAĞILIM (%)
Türkiye ⁽¹⁾	956.000	73,6
Rusya ^(2,3)	100.000	7,7
A.B.D ^(2, 3)	80.000	6,2
Peru ^(2,3)	22.000	1,7
Arjantin ^(2,3)	9.000	0,7
Çin ⁽³⁾	36.000	2,8
Bolivya ^(3,4)	19.000	1,5
Şili ^(3, 4)	41.000	3,2
Kazakistan ^(3, 4)	15.000	1,2
Sırbistan ⁽⁵⁾	21.000	1,6
TOPLAM	1.299.000	100

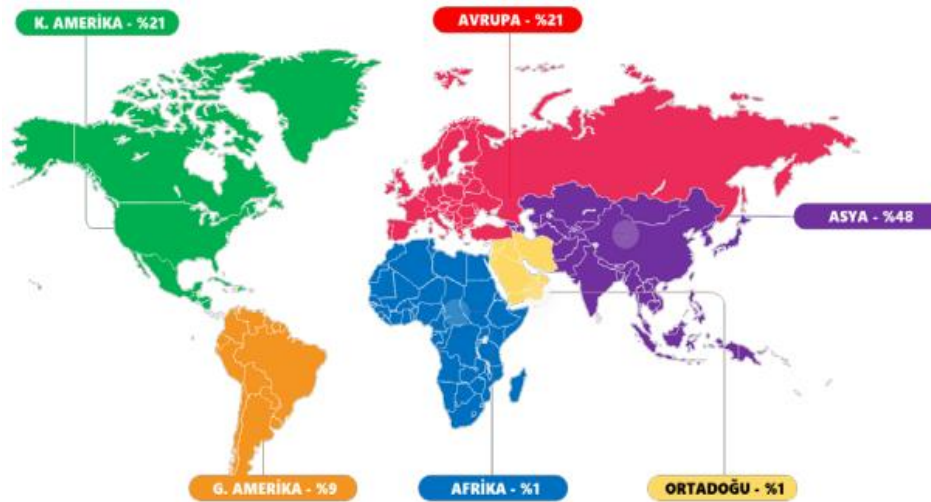
Şekil 5. Dünya Bor Rezervlerinin Gösterir Şekil, **Kaynak:** MTA, 2020

2020 yılı dünya bor üretim kapasitesinin 5,4 milyon ton ve dünya fiili bor üretiminin ise 3,07 milyon ton olduğu tahmin edilmektedir. Fiili bor üretiminde; Eti Maden'in (Türkiye) %56 pay ile birinci sırada yer aldığı, rakibin (ABD) %27 ve diğerlerinin %17 payla takip ettiği bilinmektedir.

Dünya bor ürünleri tüketimi 2000 yılında 3,1 milyon ton iken, 2009 yılında yaşanan krizden sonra 2014 yılında yaklaşık 4,3 milyon ton ile yüksek miktarlara ulaşmıştır. 2015 yılında ise küresel ekonomik faaliyetlerdeki zayıflık ve kırılganlıklara bağlı olarak dünya bor tüketimi 2014 yılına göre yaklaşık %11 azalmış ve 3,8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2016 yılında da söz konusu durum devam ettiğinden dünya bor ürünleri tüketimi 3,77 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2017 ve 2018 yıllarında ise dünya ekonomisindeki büyüme bor tüketimine olumlu yansımış olup pazarda talep artışı yaşanmıştır. Bu doğrultuda, Dünya bor ürünleri tüketimi 2017 yılında 3,87 milyon ton ve 2018 yılında da 4,18 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (ETİ, 2021).

Genel olarak dünyada yaşanan olumsuz ekonomik ve ticari gelişmelerin etkisi ile azalan sanayii üretimi sonucu küresel bor pazarında bir önceki yıla göre talep düşüşü yaşanmıştır. Özellikle Çin başta olmak üzere Asya-Pasifik bölgesinde yaşanan tüketim azalması ile dünya toplam bor tüketiminin 2019 yılında bir önceki yıla göre yaklaşık %11 oranında daralarak 3,71 milyon ton civarında gerçekleştiği bilinmektedir (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu [TAEK], 2020).

Dünya ekonomisinde, 2021 yılı itibariyle beklenen büyüme ile birlikte sanayi üretimi ve küresel ticaretteki hızlı toparlanmanın bor tüketen endüstrilere de olumlu yansması ve artan talep ile birlikte dünya toplam bor tüketiminin de artış göstermesi öngörülmektedir.



Şekil 6. Dünya Bor Tüketimini gösterir Şekil, **Kaynak:** ETİ, 2021

6. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada derlenen tüm bilgi, belge ve bulgular tüm yazarlar tarafından eşit katkı sunularak, hiç bir çıkar çatışmasına düşülmeden aşağıda tartışılarak öneri şeklinde açıklanmıştır.

- Dünya bor rezervinin %73'ü Türkiye coğrafyasından çıkarıldığı bir gerçektir. Eskişehir-Kırka, Kütahya-Emet, Bursa-Kestelek ve Balıkesir- Bigadiç'te önemli rezerv kaynaklarımız bulunmaktadır. Ancak Bor minarelinin sadece ham madde olarak çıkarılması ve satılması tek başına yeterli değildir. Ticari anlamda üretilmesi ve çok farklı bor bileşikleri olarak değerlendirilmesi de gerekmektedir. Bu amaçla Bor bileşiklerinin yurtiçi ve yurtdışı pazar payları araştırılmalı ve çok farklı alanlarda nasıl katmadeger sağlayacağı araştırması uzmanlarca yapılmalıdır.
- Dünyada yıllık bor tüketiminin kullanıldığı alanlar yüzde olarak; %41 yalıtkan, fiberglas ve tekstil sanayisi, %13 seramik ve bileşikleri sanayisi, %12 deterjan ve temizlik sanayisi, %8 metalürji sanayisi, %7 tarım sanayisi ve %19 diğer sahalarda olmak üzere kategorilendirilmiştir. Dünya Bor rezervlerinin büyük bir çoğunluğunu elinde bulunduran Türkiye bu avantajını katma değeri yüksek ürünler üreterek çok daha ileri düzeylere taşımaktadır. Bor katkılı ürünler, üniversitelerimiz ve Ar-ge merkezlerimiz vesilesiyle gün geçtikçe artırılmalıdır (Akar, 2009).
- Devletçi anlayış nedeni ile bor ve bor ürünlerinin Türkiye'nin döviz gelirlerini çoğaltacak bir araştırma, üretim ve pazarlama stratejisi oluşturulmamıştır. Bor madenlerinin değeri ve önemi göz önünde bulundurulduğunda, devlet tarafından, tek elden işletilmesinin, verimsizlik nedeni ile kamu yararı açısından büyük zararlara yol açtığı düşünülmektedir (Oral, 2017).
- Bor ürünlerinin gerçek fiyatının belirlenmesi; üretim, işletme, araştırma, pazarlama faaliyetlerinin rekabetçi bir ortamda yapılmasına bağlıdır. Devlet eliyle tek elden yürütülen bir bor piyasasının Türkiye'nin çıkarlarını koruyabilmesi mümkün değildir. Türkiye'yi katma değeri düşük ham cevher satmak yerine katma değeri çok yüksek rakamlara ulaşabilen uç ürünleri üretilip satması sayesinde ihracat gelirlerini artırma imkânı bulabilecektir (Kara, 2017).
- Bor işletmeciliğinin ülkemize katkı sağlayabilmesi için uç ürünlerine dayalı ileri teknoloji gerektiren yatırımların yapılması şarttır. Hâlihazırda İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) laboratuvarlarında geliştirilen 20'nin üzerinde ileri bor ürünü olduğu tespit edilmiştir. Eti Holding A.Ş.'nin tüm bu yatırımları tek başına yapabilecek mali ve idari güce sahip olmadığı göz önünde bulundurularak özel sektörün gücüne ve dinamizmine ihtiyaç duyduğu tartışmasız bir gerçektir (Şahin,2016).
- Gerekli laboratuvar ve test cihazları alt yapısı sağlanması maksadıyla 2001'den beri faaliyette olan TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Teknoloji Serbest Bölgesi (TEKSEB) uygulamaları son derece faydalı sonuçlar elde edilmesine yol açmıştır. Bor teknoloji serbest bölgesinin kurulmasında ve işletilmesinde model olabileceği değerlendirilmektedir (Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri).
- Eti Bor tesislerinin modernizasyonu için özelleştirilmesi son derece yararlı olacaktır. Tesislerin standartlara uygun kaliteli ürünleri üretebilecek seviyeye getirecek yatırımların yapılması mümkündür. Dünya talebinin ham bordan rafine bor ürünlerine kaymakta olduğu göz önünde bulundurularak rafine ürünleri üretecek özel tesislere yatırım yapılması gereklidir.
- Bor madeni, Türkiye için ekonomik değeri ve stratejik önemi çok büyük olan bir madendir. Dünya bor rezervlerinin %73 ünün ülkemiz topraklarından çıkarılması, çıkarılan bor cevherlerinin kalitesinin yüksek olması, bugünkü dünyada kullanım alanlarının çok geniş bir yelpazede yayılması, uzay teknolojisinden, bilişim sektörüne, nükleer teknolojiden savaş sanayine kadar pek çok alanda vazgeçilmez oluşu bu madenin önemini açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Stratejik önemi olan bu madenin ülkemizin geleceğinde çok aktif bir rol üstleneceğine kesin gözü ile bakılarak, kullanım alanları artırılmalı ürün değerlemesi ve değerlendirmesi yapılmalıdır.
- Bor karbürün de içinde yer aldığı değerli bor bileşikleri ülkemizde yok denecek kadar az miktarda üretilmektedir. Az ölçüde sentezlenen bu bileşikler ileri teknoloji malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Değerli bor bileşiklerinin sentezlenmesine yönelik ayrıntılı bilimsel ve teknolojik araştırmalar yürütülerek ülkemizdeki bor minerallerinin daha ekonomik ve daha stratejik değerlendirilmesine ilişkin bilgi birikiminin sağlanması gerekmektedir (Helvacı, 2017).
- Bor cevherini borik asite ve atıklarını da lityuma dönüştürülebileceği bilinmektedir. Bu alanda daha fazla çalışma yapıp, günümüz otomobil teknolojisinin gerekliliği olan elektrikli araçların batarya üretiminde daha fazla söz sahibi olup, daha fazla ihracat geliri elde etmek adına çalışmalar yapılmalıdır.

- Borun işlenmesiyle cevherin değerinin daha da artacağı aşikârdır. Bor cevherindeki katma değer, borik asit gibi rafine ürünlerde 7 katına, bor karbür gibi ürünlerde 300 katına, bor karbürün kullanıldığı zırh sektöründe 2 bin katına, hatta roket nozul yapımı sektöründe 35 bin katına çıkabileceği bilinmektedir. Bu bağlamda, bor cevher olarak değil, mücevher olarak işlenerek yani rafine ürün hatta işlenmiş ürün olarak satılmalıdır.
- Bor işletmelerinin özel sektör tarafından işletilmesi ve devletin klasik fonksiyonları ile ilgisi bulunmayan ekonomik işletmeleri özel sektöre devredilmesinin ülkemiz açısından daha yararlı olacağı değerlendirilmektedir.
- Tüm dünyada bor madenini cevher olarak ithal eden ülkeler araştırılmalıdır. Bu ülkelerin, bu madenleri hangi amaçla kullandıkları, bu madenleri neye dönüştürdükleri yani nasıl rafine ettikleri ve hangi sanayilerde kullandıkları araştırılmalı, bu bağlamda elde edilen veriler doğrultusunda getirisi en yüksek olan rafine bor ürünü tespiti yapıldıktan sonra bu doğrultuda yatırımlar yapılarak yüksek ihracat rakamlarına ulaşmak hedeflenmelidir.
- Rezerv bor madeni ithalat rekoru kıran ülkeler ve firmalar araştırılarak, bu madenleri ne amaçla kullandıkları ve dönüştürülen bor madenlerinin hangi ülkelere ihraç edildikleri tespit edilerek benzer ve rekabet edilebilecek yatırımlar ülkemiz tarafından da yapılmalıdır.
- Bu çalışmada Bor madenleri hakkında genel bilgiler verilerek, nerelerde hangi alanlarda kullanılacağından bahsedilmiştir. Ayrıca bor madenlerinin ülke ekonomisine katkılarına değinilerek bu anlamda dünyada ki yerimiz hakkında bilgiler verilmiştir. Tüm bu bilgi, belge ve bulgular ışığında ülkemizde bulunana bor dışında ki stratejik madenler hakkında çalışmalar yürütülmeli ve bu stratejik madenlerin ülke ekonomisine ne gibi katkıları olabilir hesapları yapılarak çalışmalar yürütülmelidir.

KAYNAKÇA

- Akar, E. (2009). “Evsel Mikro Kojenerasyon Uygulamaları ile Enerji Verimliliğinin Arttırılması”. 2. *Enerji Verimliliği Kongresi Bildiriler Kitabı*. 109-123. Ankara.
- Ankara Üniversitesi Açık Ders Malzemeleri. “Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Teknolojileri 8”. <https://acikders.ankara.edu.tr/course/view.php?id=926> Erişim: 03.03.2023
- Balcı, H. ve Emirkadı, Ö. (2019). Küresel Ticarete Lojistik Üslerin Önemi ve Karadeniz Bölgesi Lojistik Üs Potansiyelinin SWOT Analizi Yöntemiyle Değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İBBF Dergisi*, 21(1),6-30.
- Çınkır, M. (2001). *Ulusal Maden Varlığımız ve Bor Gerçeği*. Ankara: Ankara Ticaret Odası (ATO).
- Dogan, G. (2018). *Nano-Boron For Textiles*. U.S. Patent Application No. 15/762,477.
- Eti Maden İşletmeleri Genel Müdürlüğü (2021). Bor Sektör Raporu: Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, (PDF), Ankara. Erişim:02.03.2023
- Foltz, T. (2020). *Business Development Director, Composites World, Specialty Materials, Boron Fiber: Original High Performance Fiber*. <https://www.compositesworld.com/articles/boron-fiber-the-original-high-performance-fiber> Erişim:27.02.2023
- Gökçen, G. (2009). Yerkürenin Bize Armağanı Jeotermal Enerji. *Bilim ve Teknik Dergisi* 4(98), 46-49.
- Güner, S.B.(2020). Effects of Silver Doping on Magnetic Levitation Performance of MgB2 Superconductors. *Cryogenics* 108, 1-7.
- Helvacı, C.(2017). Borate Deposits: An Overview and Future Forecast with Regard to Mineral Deposits. *Bor Dergisi*,2(2), 59-70.
- Kara, V. (2017). Beşeri Yaşam Devirleri. *Katre Uluslararası İnsan Araştırmaları Dergisi*, 10(4),41-68.
- Karabağ, S. ve Sahin, S. (2022). *Türkiye Beşeri ve Ekonomik Coğrafyası*. Ankara: Pegem Akademi.
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü [MTA] (2020). “Yeraltı Kaynakları”. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/muze/yeralti-kaynaklari> Erişim:08.02.2023
- Nazir, H. (2020). “Is the H2 Economy Realizable in the Foreseeable Future? Part I: H2 Production Methods”. (ed. T. Nejat Veziroğlu). *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(27),1-12.

- Oral, F. (2017). Hidroelektrik Santral Rezervuar Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 29-38.
- Sokmen, N. ve Büyükakinci, B. Y.(2018). *The Use Of Boron / Boron Compounds In The Text Industry And Their Use In Turkey*, Cbu International Innovation Conference Science And Education, March 21-23, Prague, Czech Republic.
- Şahin, H. (2016). Paranın Doğası ve Türleri Üzerine Bir İnceleme. *Liberal Düşünce Dergisi*, 21(84), 93-102.
- Ulvi, T. ve Hakan, S. (2022). Bor Mineralinin Yangın Geciktirici Etkileri. *Yangın ve Yanma Dergisi*, 10(1), 28-37.
- İnan, Ş. (2008). *Jeoekonomi ve Türkiye'nin Jeoekonomisi*. Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Malatya.
- İstanbul Ticaret Odası [İTO] (2003). *Türkiye'nin Stratejik Yeraltı Kaynakları Ekonomik Değerleri ve Uluslararası Yeri*, Yay: 37, Kasım, İstanbul.
- Türkiye Petrolleri [TP] (2020). Ocak 2020 Enerjide Hedef (PDF). Erişim 25.02.2023
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu [TAEK] (2020). "Nükleer Enerjinin Temel Prensipleri". <https://www.taek.gov.tr/tr/2016-06-09-00-43-55/135-gunumuzdenukleer-enerji-rapor/838-bolum-02-nukleer-enerjinin-temel-prensipleri.html> Erişim:09.04.2023
- Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu [TÜBİTAK] (2023). Vizyon 2023 Projesi, Makine ve Malzeme Paneli Teknoloji Öngörüsü Raporu, MMP Son Raporu Ek 21 Malzeme Teknolojilerinde Türkiye'nin 2023 Hedefleri, Makine ve Malzeme Paneli, Malzeme Alt Sektörü Raporu, 100 s., Ankara.
- Yenmez, N. (2010). Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi. *İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, (19), 59-94.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2),33-54.
- URL 1 http://www.boren.gov.tr/ulusal_bor_arastirma_enstitusu., Erişim Tarihi: 01.03.2023
- URL 2 <https://mam.tubitak.gov.tr/> Erişim:01.03.2023
- URL 3 <https://www.etimaden.gov.tr/turkiyede-bor#:~:text=D%C3%BCn%C3%BCn%C3%BCn%20bor%20rezervlerinin%20%73%C3%BCne,mineralleri%20Tinkal%20ve%20Kolemanit'tir.>Erişim: 01.03.2023
- URL 4 <https://www.etimaden.gov.tr/dunyada-bor> Erişim: 01.03.2023
- URL 5 <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/bor> Erişim: 02.03.2023
- URL 6 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Bor> Erişim: 02.03.2023
- URL 7 <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/bakan-donmez-eti-maden-2-milyon-650-bin-ton-rafine-bor-satisıyla-kendi-rekorunu-kirdi/> Erişim: 02.03.2023
- URL 8 <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/turkiyenin-ilk-bor-karbur-tesisi-bandirmada-aciliyor/2847255> Erişim: 02.03.2023
- URL 9 https://tr.wikipedia.org/wiki/Bor_karb%C3%BCr Erişim: 02.03.2023