



YÜKSELEN DEĞERİMİZ BOR

CAHİDE NUR SAVAŞ



Bor, periyodik tabloda B simgesi ile gösterilen, atom numarası 5, atom ağırlığı 10,81 olan yarı iletken özelliğe sahip bir elementtir. Periyodik cetvelin 3A grubunun ilk ve en hafif üyesidir. Borun saf elementi ilk kez, 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir.



Bor; sert bir yapıda olan ve ısıya dayanıklı olmasıyla bilinen bir yapıya sahip, 2500 °C'de kaynar ve 2500 °C'de de eriyen bir elementtir. Saf kristal olan bor, siyah, parlak ve allotropik bir yarı iletken. Yüksek sıcaklıklarda metal gibi elektrik iletir ve düşük sıcaklıklarda neredeyse bir yalıtıcı gibi elektrikli iletmez.

Yüksek saflıkta bor, amorf koyu kahverengi ile siyah bir toz veya koyu, parlak ve kırılmalı metal olarak bulunur. Yer kabuğunun ağırlığının yüzde 0.001 ini oluşturur.



BAZI BOR MİNERALLERİ

TİP	MİNERAL	BULUNUŞU YATAKLAR	YAYGINLIK (%)	NOTLAR
Hidrojen Boratlar	SASSOLIT	H ₂ BO ₃	56,3	Doğal borik asit olup ilk kez İtalya'da üretilmiştir.
Sodyum Boratlar	TINKAL(BORAKS)	Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	36,5	Türkiye, ABD, Arjantin, Bolivya, Hindistan
	TINKALONİT	Na ₂ B ₄ O ₇ ·5H ₂ O	48,8	Genellikle aksesuar olarak kullanılmaktadır.
Sodyum-Kalsiyum Boratlar	KERNİT(RASORİT)	Na ₂ B ₄ O ₇ ·4H ₂ O	51,0	Türkiye, ABD, Arjantin, Çin
	ÜLEKSİT(BORON ATROKALSİT)	NaCaB ₆ O ₁₁ ·8H ₂ O	43,0	Türkiye, Sırbistan, ABD, Şili, Peru, Bolivya, Çin
Kalsiyum Borosilikatlar	PROBERTİT(KRAMERİT)	NaCaB ₆ O ₁₁ ·5H ₂ O	49,6	ABD (Kaliforniya/Death Valley)
	DATOLİT	CaB ₆ O ₁₀ ·OH	24,9	Rusya, Kazakistan
	DANBURİT	CaB ₇ O ₁₀	28,3	ABD (Danbury ve Connecticut)
	HAVLİT	Ca ₄ (Si ₃ B ₃ O ₁₃) ₂ ·5H ₂ O	44,5	Türkiye (Bigadiç, Susurluk)
Kalsiyum Boratlar	KOLEMANİT	Ca ₂ B ₁₀ O ₁₇ ·5H ₂ O	50,8	Türkiye (En büyük rezerv)
	PANDERMIT	CaB ₈ O ₁₂ ·7H ₂ O	49,8	Türkiye (Kırka, Bigadiç), Peru
	NOBLEİT	Ca ₁₀ B ₁₄ O ₂₆	62,0	ABD (Kaliforniya/Death Valley)
	INYODİT	Ca ₃ B ₁₀ O ₁₇ ·13H ₂ O	37,6	
Magnezyum Boratlar	MEYERHOFFERİT	Ca ₂ B ₈ O ₁₂ ·7H ₂ O	46,7	ABD (Kaliforniya/Death Valley)
	HİDROBORASİT	CaMgB ₆ O ₁₁ ·6H ₂ O	50,5	Türkiye, Kazakistan, Arjantin
	İNDERBORİT	CaMgB ₆ O ₁₁ ·11H ₂ O	41,5	Kazakistan (İnder Gölü)
	AŞARİT	MgB ₂ O ₄ ·OH	41,4	Kazakistan, Çin
	BORASİT	Mg ₃ B ₂ O ₇ ·Cl	62,2	Türkiye (Kırka, Emet, Bigadiç)

Bor elementi 8B, 10B, 11B, 12B, 13B izotoplarından oluşmaktadır. En kararlı izotopları 10B ve 11B'dir. Bu izotopların tabiiatta bulunma oranları sırasıyla % 19.1-20.3 ve % 79.7-80.9'dir. 10B izotopu, çok yüksek termal nötron tutma özelliği gösterir. Böylelikle nükleer malzemeler ve nükleer enerji santrallerinde kullanılabilir. Türkiye'de 10B izotop oranı yüksek bor cevher yatakları bulunmaktadır.

Son dönemlerde ismini sıklıkla duyduğumuz bor madeni, 4000 sene önce ortaya çıkarılmış ve ilk kez Tibet'te kullanılmıştır. Sonraki dönemlerde Hititliler ve Sümerliler tarafından gümüş ve altın işçiliğinde kullanılmış, Araplar da ilaç ile alakalı işlerinde, Eski Yunanlılarda temizlik ile alakalı işlerinde, Romalılarda cam işlemelerinde ve Mısırlılarda mumyalama ile alakalı işlerinde kullanmışlardır.



Bor, yer kabuğunda yaygın olarak bulunan 51. elementtir. Vatabiatta hiçbir zaman serbest halde bulunmaz, doğada tuz şeklinde, bazı elementlerle karışmış halde bulunur. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir.

Tinkal (boraks); doğal sodyum borat dekahidratıdır. Doğada genellikle renksiz ve saydam olarak bulunur ve borik asit eldesinde kullanılır. Bor endüstrisi için en önemli mineraldir. Kolay kırılabilir ve suda rahatlıkla çözünür.



Kolemanit; bor mineralleri içinde en yaygın olanıdır. Oluşumunda termal kaynakların etkisi vardır. Asitte kolaylıkla eriyebilmesine karşın sudaki çözünürlüğü düşüktür.

Üleksit; yumuşak ve lifsi kristal toplulukları şeklinde bulunan bir borat mineralidir.

Probertit; kirlili beyaz, açık sarımsı renklerde olup ışınal ve lifsi şekilli kristaller şeklinde bulunan bir sodyum-kalsiyumlu bor mineralidir.

Pandermit; suda çözünmeyen asitlerle kolaylıkla çözünen bir kalsiyumlu borat mineralidir. Sıcak su kaynaklarının çevresinde oluşmuştur.

Szyabelit; suda düşük çözünürlüğü olan bir magnezyum borat mineralidir. Yüksek magnezyum içeriği nedeniyle daha az kullanım alanına sahiptir.

Hidroborasit; kaynar suda kısmen çözünüp asitlerde kolayca eriyen bir kalsiyum-magnezyumlu borat mineralidir.

Kernit; soğuk suda yavaşça, sıcak su ve asitlerde çok hızlı çözünebilen bir sodyum borat mineralidir.



Bu maden, stratejik açıdan topraktan çıkarıldığında gerek rafine olan bor ürünleri olarak gerekse hammaddenin olarak, yaygın bir biçimde insan yaşamının her alanında kullanılabilir olan endüstriyel madenlerin içinde yer alır. Ticari açıdan en önemli bor mineralleri; tinkal, kolemanit, kernit, üleksit, pandermit, borasit, szyabelit ve hidroborasittir.

Dünya Bor Lideri olan Eti Maden tarafından uluslararası kalite standartlarında yüksek katma değerli ürünlere dönüştürülen başlıca bor mineralleri ise; Tinkal, Kolemanit ve Üleksit'tir.

BOR MİNERALLERİNİN KULLANIM ALANLARI

1- Savunma Sanayii: "Bor Karbür (B₄C)" bileşiminin olağanüstü sertliğinden dolayı tank zırhında ve kurşun geçirmez yeleklerde kullanılmaktadır. Mohs sertlik skalasında 9,5 derecesi vardır, elastan sonra bilinen en sert malzemelerden biridir. "Titan diborür" (TiB₂) yeni nesil bor tabanlı zırh malzemesi olarak kullanılmaktadır.

2- Enerjetik Malzemeler: Elementel bor hacimsel olarak en yüksek enerji yoğunluğuna sahip elementtir. Bu sebeple özellikle katı yakıt uygulamalarında ana enerji kaynağı olarak kullanılır. Elementel bor'un yanma verimliliği saf oksijen ortamında dahi %70'ler seviyesinde kalmaktadır. Bunun sebebi, yanma sırasında oluşan camsi bor oksit tabakasının element yüzeyini kaplayarak yanma ve oksijen penetrasyonunu engellemesidir. Elementel bor'un yanma verimini arttırmak için Mg ve Al gibi elementlerle kaplanması veya bu elementlerle yaptığı bileşikler (MgB₂, AlB₂, AlB₁₂, AlMgB₂) enerjetik malzeme uygulamalarında kullanılmaktadır.



3- Borosilikat Camlar: Camın ısıya dayanmasını, cam imalatı sırasında çabuk ergimesini ve devitrifikasyonun önlenmesini sağlayan bor; yansıma, kırma, parlama gibi özelliklerini de arttırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korur. Cam tipine bağlı olarak; cam erijinin % 0.5 ile % 0.23'ü bor oksitten oluşmaktadır. Genellikle cama boraks, kolemanit, borik asit halinde karma olarak ilave edilmektedir. Otolar, fırınlar, çamaşır makineleri, çanak/çömek vb. de bu tür camlar tercih edilmektedir.

4- Optik Cam Elyafı: Işık fotonlarının etkin biçimde transferini sağlamaktadır. İngiliz Felecon'un ürettiği yeni bir elyaf saniyede 140 milyon baytı 27 km. uzağa taşıyabilmektedir. Bu lifler % 6 borik asit ihtiva etmektedir. Phillips'in Hollanda'daki fabrikasında bu lifler üretilmektedir.



5- Temizleme ve Beyazlatma Sanayii: Sabun ve deterjanlara mikrop öldürücü (jermisit) ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle % 10 boraks dekahidrat ve beyazlatıcı etkisini arttırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyum perborat katılmaktadır. Çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlara katılan sodyum perborat (NaBO₂·H₂O₂·3H₂O) aktif bir oksijen kaynağı olduğundan etkili bir ağartıcıdır.

6- Yanmayı Önleyici (Geciktirici) Maddeler: Borik asit ve boratlar selülozik maddelere, ateşe karşı dayanıklılık sağlarlar. Tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdeki su moleküllerini uzaklaştırırlar ve oluşan kömürün yüzeyini kaplayarak daha ileri bir yanmayı engellerler. Ateşe dayanıklı madde olarak selülozik yalıtım maddelerinin kullanımı borik asit artmasına yol açmıştır. Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinko borat, baryum metaborat, borfosfatlar ve amonyum fluoborat gelir.

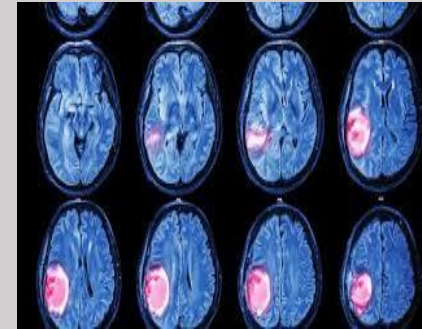
7- Tarım: Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini arttırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı) kaba yoncalar, alfaalfalar, meyve ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu da, suda çözülebilen sodyum pentaborat (NaB₅O₈·5H₂O) veya disodyum oktaboratin (Na₂B₈O₁₃) mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır. Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşiklerle birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilizasyonu için kullanılmaktadır.

8- Enerji Depolama: Termal storage pillerindeki, Sodyum Sülfat ve su ile yaklaşık %3 ağırlıktaki boraks dekahidratın kimyasal karışımı gündüz güneş enerjisini depolayıp, gece ısınma amacıyla kullanılabilir. Ayrıca, binalarda tavan malzemesine konulduğu takdirde güneş ışınlarını emerek, evlerin ısınmasını sağlayabilmektedir. Ayrıca, bor, demir ve nadir toprak elementleri kombinasyonu (METGLAS) % 70 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Bu güçlü manyetik ürün; bilgisayar disk sürücüler, otomobillerde direk akım- motorları ve ev eşyaları ile portatif güç aletlerinde kullanılmaktadır.



9- Atık Temizleme: Sodyum borohidrat, atık sulardaki civa, kurşun, gümüş gibi ağır metallerin sulardan temizlenmesi amacıyla kullanılmaktadır.

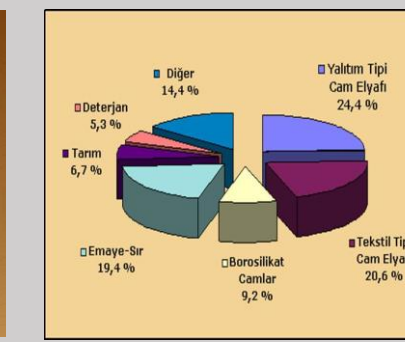
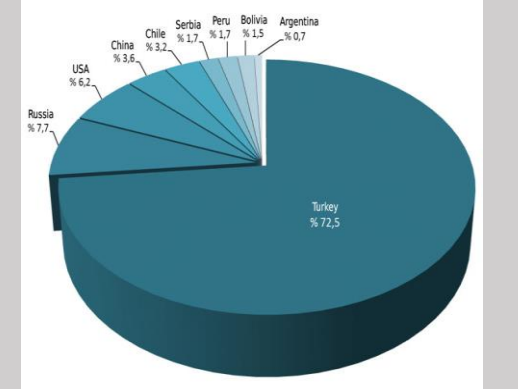
10- Sağlık: BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Özellikle; beyin kanserlerinin tedavisinde hasta hücrelerin seçilerek imha edilmesinde kullanılmakta ve sağlıklı hücrelere zararının minimum düzeyde olması nedeniyle tercih nedeni olabilmektedir. Ayrıca, insan vücudunda normalde bulunan bor, bazı ülkelerde tabletler şeklinde üretilmeye başlanmıştır.



11- Diğer Kullanım Alanları: Ahşap malzeme korunması için sodyum oktaborat kullanılır. % 30'luk sodyum oktaborat çözeltisi ile muamele görmüş tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan ve küllenmeden uzun süre kullanılabilir. Silisyum üretiminde bor triklorür, polimer sanayiinde, esterleme ve alkillenme işlemlerinde ve etil benzen üretiminde bor triflorür katalizör olarak kullanılmaktadır. Bor karbür ve bor nitür; döküm çepelerinde yüksek sıcaklığa dayanıklı (refraktör) malzeme püskürtme memelerinde de aşınmaya dayanıklı (abrasif) malzeme olarak kullanılan önemli bileşiklerdir. Araçların soğutma sistemlerinde korozyonu önlemek üzere boraks, antifriz karışımına katkı maddesi olarak da kullanılır. Tekstil sanayiinde, nişastalı yapıştırıcıların viskozitelerinin ayarlanması, kazeinli yapıştırıcıların çözücülerinde, proteinlerin ayrıştırılmasında yardımcı madde boru ve tel çekmede akıcılığı sağlıyıcı madde, dericilikte kireç çöktürücü madde olarak boraks kullanılmaktadır.

TÜRKİYE'DE BOR

Önemli bor yatakları Türkiye, ABD, Rusya ve Güney Amerika'da yer almaktadır. Türkiye toplam 3,3 milyar ton rezerv miktarı ile dünya toplam bor rezervi sıralamasında %73'lük pay ile ilk sırada yer almaktadır. 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.



2840 sayılı Kanun ile birlikte Türkiye'de bor ve bor ürünlerinin üretimi, 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 üretilecek yurt içi ve yurt dışı pazarlarına sunulmaktadır. Eti Maden'ün 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. sırada yer almaktadır.

Bor potansiyelimizin net olarak ortaya konulması doğrultusunda rezerv geliştirme çalışmalarına Bigadiç Master Projesi (BIGMAP) kapsamında devam edilmektedir. Proje kapsamında 2018 yılında toplam 79.150 metre sondaj gerçekleştirilmiştir. 2019 yılı Haziran ayı sonu itibarıyla ise 2.356 metre sondaj yapılmıştır.