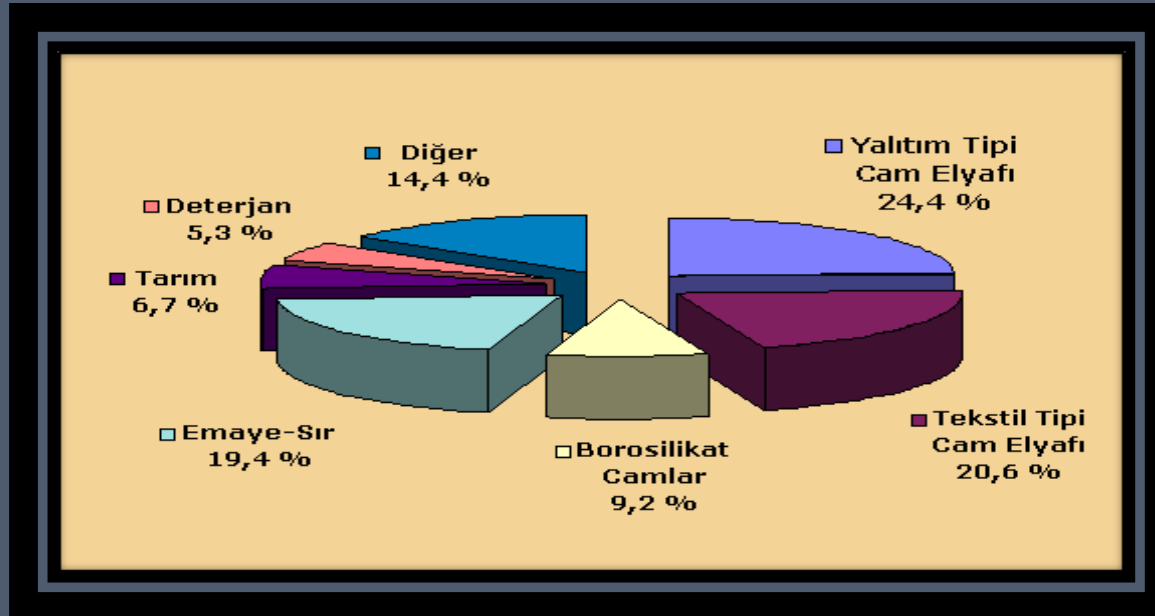


1.8. Borun Önemi ve Kullanım Alanları

Bor minerallerinden üretilen ürünler; (a) bor oksitler, borik asit ve boratlar, (b) borik asit esterleri, (c) sıcaklığa dayanıklı bor bileşikleri (borürler vb), (d) bor halojenürleri, (e) boranlar ve karboranlar ve (f) organoboranlar' dır. Avrupa' da (Amerika parantez içinde verilmiştir) bor bileşiklerinin genel endüstriyel kullanımı:

Isıya karşı dirençli camlar (Pyrex), cam yünü, fiber glass	% 26	(% 60)
Deterjanlar, sabunlar, temizleyiciler ve kozmetikler	% 37	(% 7)
Sentetik bitki öldürücüleri (herbisid) ve gübreler	% 2	(% 4)
Nükleer kalkan, metalurji, derinin esmerleştirilmesi,	%19	(% 26)
Korozyon kontrolü, yangın söndürücüler, katalizörler		

Cam ve seramik endüstrisindeki kullanımlar bor ve silisyum arasındaki diagonal ilişkiyi ve borat ve silikat bağlantılarındaki benzerlikleri göstermektedir.



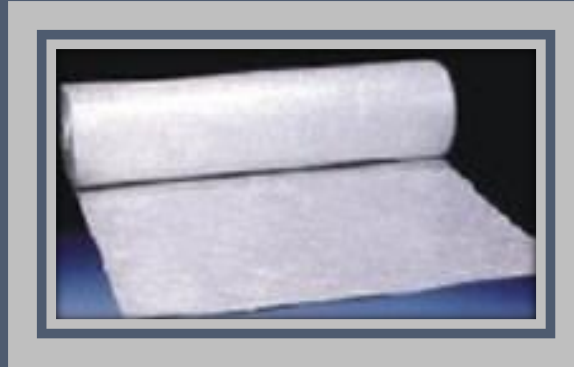
Prof. Dr. Selen Bilge Koçak

BOR KİMYASI

- Bor, doğada serbest element olarak değil mineralleri halinde bulunur. 150 kadar bor mineralinden ticari değeri olan tinkal, kolemanit, probertit, üleksit, kernit ve szaybelite türünden Türkiye' de de işletilenler; **TİNKAL**, **KOLEMANİT** ve **ÜLEKSİT**' tir.
- Bor minerallerinin % 90' ı bor bileşiklerinin üretiminde, % 10' u da sanayi işletmelerinde kullanılmaktadır. Kolemanit ve üleksit cam elyafları ve cam yünü üretiminde, tinkal ise perborat üretiminde kullanılır. Amerika' da boraks (dekahidrat, pentahidrat, susuz boraks), borik asit ve sodyum perborat (monohidrat, tetrahidrat) gibi bor ürünlerinin üretiminde hammadde olarak tinkal kullanılmaktadır. Türkiye ve Avrupa'da ise borik asit üretiminde kolemanit ve üleksit, boraks ve perborat üretiminde de tinkal kullanılmaktadır.
- Bor ürünlerinin dünyadaki yıllık toplam piyasası 1,5-2 milyar dolardır.
- Gelişmiş ülkeler sanayilerinin pek çok alanında kullandıkları bor hammaddesinde çok büyük oranda Türkiye' ye bağımlıdırlar. Eti Maden İşletmeleri Avrupa ülkelerinin de içinde olduğu 67 ülkeye bor ihracatı yapmaktadır.
- Bugün Bor ürünleri bir çok endüstri dalının ana maddesidir. Kullanım alanlarındaki tüketiminin hızla artışı, yeni kullanım alanlarının günden güne artışı ve bor ürünlerinin gelecekte enerji tüketim kaynağı olarak kullanılabilme ihtimali bu maddenin önemini arttırmaktadır.
- Bilinen Dünya Bor rezervlerinin büyük ve en kaliteli bir kısmının Türkiye' de bulunuşu, bu hammaddenin önemini ülkemiz açımızdan daha da arttırmaktadır.

CAM SANAYİNDE KULLANIM

Bor camın ısıya karşı dayanıklılığını, camın yansıtma, kırma, parlama gibi özelliklerini arttırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korumaktadır.



Borosilikat Camlar, Laboratuvar Camları, Uçak Camları, Borcam, Pyrex, İzole Cam Elyafı, Tekstil Cam Elyafı, Optik Lifler, Cam Seramikleri, Şişe, diğer Düz Camlar, Otomotiv Camları. Özel camlarda borik asit vazgeçilemeyen bir unsurdur. Çok özel durumlarda potasyum pentaborat ve bor oksitler kullanılmaktadır. Cam tipine bağlı olarak; cam eriyiğinin % 0.5 ile % 0.23' ü bor oksitten oluşmaktadır. Örneğin **Pyrex'** de % 13.5 B₂O₃ vardır. Kamera ve mercek camları, borosilikat cam çeşidinden imal edilir. Bilindiği gibi saf silikat camlar pencere camı, cam ambalaj işlerinde kullanılmaktadır.

Borcam : Bor, camın ısıya dayanıklılığının artırılmasında ve cam imali sırasında çabuk erimesini önlemekte kullanılmaktadır. Ayrıca camın yansıma, kırma, parlama gibi özelliklerini artırmaktadır. Bor, camı asite ve çizilmeye karşı korumaktadır. Genellikle cama boraks, kolemanit ve borik asit karışımı ilave edilerek bor cam elde edilmektedir. Otomobiller, fırınlar, çamaşır makinası, vb makinalarda bu tür camlar tercih edilmektedir. Amerika' da bu tür cam imal eden 100' e yakın firma bulunmaktadır.

Cam Elyafı : Erimiş cama %7 bor oksit vererek bor pentahidrat veya ülkesit-probertit karışımının katılması ile oluşmaktadır. Kullanılan bor oksitin %24' ü Amerika' da, %14' ü Batı Avrupa' da cam elyafı imalinde kullanılmaktadır. Binalarda asbes yerine ısı ve ses yalıtımında cam elyafı kullanılmaktadır. Cam elyafları yapısı gereği kullanıldığı malzemelere sertlik ve dayanıklılık kazandırmakta ayrıca malzemenin hafif olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle plastiklerde, lastiklerde, otomotiv, uçak ve diğer sanayi sektörlerinde çelik ve metallerin yerine, spor malzemelerinde kullanılmaktadır. İngiltere' de otomobil başına 70-75 kg cam yünü tüketilmektedir. Bu gibi ürünlerde rafine kolemanit tercih edilmektedir. Fransa' da Renault firması, üzerine polyester paneller monte edilen metal şasi imalatına başlamıştır.

Fiberoptik : Liflerde %6 borik asit ihtiva etmektedir. Philips' in Hollanda' daki fabrikasında bu lifler üretilmektedir. Optik cam elyafı ışık fotonlarının etkin bir biçimde transferini sağladığından günümüzde telekomünikasyonda tercih edilmekte olup kablo yerine kullanılmaktadır. Örneğin, Ankara-Çankaya ilçesinde Türk Telekom tarafından kullanılmıştır.

SERAMİKTE KULLANIM

- ✓ Emayelerin vizkozitesini ve doygunlaşma ısısını azaltan bor oksit, % 20' ye kadar kullanılabilir. Özellikle emayeye katılan hammaddelerin % 17-32' si bor oksit olup, sulu boraks tercih edilmektedir. Bazı durumlarda bor oksit veya susuz boraks da kullanılmaktadır. Bor ile kaplanan emaye, onun paslanmasını önlemekte ve görünüşüne güzellik katmaktadır. Mutfak aletlerinin çoğu emaye kaplamalıdır. Banyolar, kimya sanayi teçhizatı, su tankları, silahlar v.b. de kaplanmaktadır. Seramiği çizilmeye karşı dayanıklı kılan bor, % 3-24 kolemanit halinde sırlara katılmaktadır.



TEMİZLEME VE BEYAZLATMA SANAYİSİNDE KULLANIM

- Bor, sabun ve deterjanlarda mikrop öldürücü (jermisit) ve su yumuşatıcı etkisi nedeniyle kullanılmaktadır. % 10 boraks dekahidrat ve beyazlatıcı etkisini artırmak için toz deterjanlara % 10-20 oranında sodyum perborat ($\text{NaBO}_2\text{H}_2\text{O}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) katılmaktadır. Üretilen perboratın %90' ı deterjan imalatında kullanılmaktadır. Çamaşır yıkamada kullanılan deterjanlara katılan sodyum perborat aktif bir oksijen kaynağı olduğundan etkili bir ağartıcıdır. Ancak bilinçsiz ve aşırı deterjan kullanımı nedeni ile atık suların içerisindeki bor oranı yükseldiğinden çevre kirlenmesine sebep olmaktadır. Özellikle balıklarda mankafa hastalığı olarak bilinen hastalığın bordan kaynaklandığı bilinmektedir.



TARIMDA KULLANIM

- Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini arttırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor, değişken ölçülerde, birçok bitkinin temel besin maddesidir.



Bor, bitkilerin köklerinin ve yapraklarının gelişmesine, çiçek açmasına, polen üretimine, filizin gelişmesine, tohum ve meyve vermesine yardımcı olmaktadır.



Bor mineralleri bitki örtüsünün gelişmesini artırmak veya önlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bor tarımda gübre, herbisit, pestisit ve algisit dallarında kullanılmaktadır. Herbisitler bitkiye kritik bir miktardan fazla verildiği zaman toksik etki göstermektedir. Ayrıca sulu bakır metaborat, kereste ve diğer selülozik maddelerde fungusit olarak işlev görmektedir. Bitkinin beslenmesi için az miktarda bora ihtiyaç vardır. Bor, bitkilerde şekerin hücre zarından geçişini kolaylaştırdığı için büyümede etkilidir. Topraklarında bor oranı düşük olan ülkeler, gübrelere katkı maddesi olarak %1-3 oranında bor katmaktadır. Bor oranı yüksek olan topraklarda ise verim düşürücü etkisi olmaktadır. Yeni imal edilen, keresteyi böceklerden korumak için borik asit veya boraks pentahidrat banyosu kullanılmaktadır. Dizel ve uçak yakıtlarında gelişen fungilerin önlenmesi için borik asit esteri kullanılmaktadır. Bor, karınca ve hamam böceği için de etkili bir öldürücüdür. Bor, birçok bitkinin de temel besin maddesidir. Bor eksikliği görülen bitkiler arasında yumru köklü bitkiler (özellikle şeker pancarı) kaba yoncalar, alfalar, meyva ağaçları, üzüm, zeytin, kahve, tütün ve pamuk sayılmaktadır. Bu gibi hallerde susuz boraks ve boraks pentahidrat içeren karışık bir gübre kullanılmaktadır. Bu da, suda kolaylıkla çözünebilen sodyum pentaborat ($\text{NaB}_5\text{O}_8 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) veya disodyum oktaborat ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$)' ın mahsulün üzerine püskürtülmesi suretiyle uygulanmaktadır. Bor, sodyum klorat ve bromosol gibi bileşikler ile birlikte otların temizlenmesi veya toprağın sterilleştirilmesi gereken durumlarda kullanılmaktadır. Bor, bitkilerin köklerinin ve yapraklarının gelişmesine, çiçek açmasına, polen üretimine, filizin gelişmesine, tohum ve meyve vermesine yardımcı olmaktadır. Bitkilere az miktarda gerekli olan bor yüksek konsantrasyonlarda zehirlidir. Bu nedenle boratlar bitki öldürücü olarak da kullanılabilir. Seçici olmadıklarından bunların zirai alanda kullanımı sınırlıdır ve genellikle zirai olmayan alanlarda özellikle yabancı otların kontrol altında tutulması istenen sahalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalar arasında yol kenarındaki banketler, demiryolları balast dökülen yerler sayılabilir. Bu bitki öldürücüler, boraks ve borik asit genellikle sodyum klorat ve yabancı ot öldüren kimyasallarla karıştırılarak imal edilmektedir. Boraks yeni biçilmiş ağaç gövdelerinin böcek saldırısına karşı korunmasında kullanılmaktadır. Bor bileşikleri ,dünyanın her yerinde bulunan ağaç yok eden böceklerin yanı sıra özellikle "Lyctus" böceğine karşı zehirlidir. Bu çeşit böcekler kontrplak' a hemen hücum ederek bir sene içerisinde onu pulp hale getirmektedir. Ağaç ancak kontrplak' ın ince yaprakları ağaçtan soyulur soyulmaz hemen sıcak mümkünse boratlı banyoya daldırılmakla korunabilir. Bu banyo borik asit, boraks pentahidrat veya benzer formülde olup üretim hattındadır. Banyo uygulaması ağacın zarar vermemekte, koku yapmamakta ve canlılara zarar vermemektedir.

İNŞAAT-ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE KULLANIM

Çimento için dayanıklılık artırıcı ve izolasyon amaçlı (daha sağlam, hafif ve depreme-ısıya dayanıklı binaların yapılmasında, yalıtımda). Türkiye Bor Araştırmaları Kurumu (BOREN) ve Karayolları Genel Müdürlüğü işbirliği ile Atlas betona ürettirilen dünyada ilk bor katkılı çimento kullanılarak yapılan beton yolda çalışmalar bitmek üzeredir. Bor katkılı çimentonun açık alanda ne gibi sonuçlar vereceğini izlemek amacıyla Ordu-Sivas karayolu üzerinde 1 kilometre gidiş 1 kilometrede geliş olmak üzere tamamı 2 kilometrelik bölümde son rötuşlar yapılmaktadır. Bor katkılı çimentonun diğer çimentoya göre daha dayanıklı ve daha hızlı soğuduğu görülmüştür. Bu durum özellikle baraj yapımında büyük kolaylık sağlayacak ve maliyetleri önemli oranda aşağı çekecek. Çünkü baraj yapımı gibi kütle betonların kullandığı inşaatlarda betonu soğutmak için içinden soğuk su kanalları geçirilmektedir, bunlar daha sonra da kapatılıyor. Bor katkılı beton nötron tuttuğu için Türkiye' nin nükleer enerji yapmaya karar vermesi durumunda bu yapının daha güvenli olmasını da sağlayabilecek. Bunun yanı sıra hastanelerin röntgen çekilen bölümlerinde daha az geçirgenlik sağlayabilecektir.



AHŞAP KORUMADA KULLANIM

Ahşap malzemelerin korunması için disodyum oktaborat ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13}$) kullanılır. % 30' luk sodyum oktaborat çözeltisi ile muamele görmüş tahta malzeme yavaş yavaş kurutulursa bozunmadan ve küllenmeden uzun süre kullanılabilir. Bakteri ve çürümeye karşı koruyucu ve alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. Boya ve vernik kurutucularında kullanılmaktadır.





YANMAYI ÖNLEYİCİ-GEÇİKTİRİCİ MADDELER

Bor erime noktasının çok yüksek olması nedeniyle yanmaya karşı oldukça dayanıklıdır. Bu özelliğinden dolayı yanmayı önleyici madde olarak kullanılır veya bu özellikteki maddelerin içerisine değişik oranlarda katılır. Borik asit ve boratlar selülozik malzemelere katılarak ateşe karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Böylelikle tutuşma sıcaklığına gelmeden selülozdaki su molekülleri uzaklaştırılarak ve oluşan kömürün yüzeyi kaplanarak daha ileri bir yanma engellenmektedir. Bor bileşikleri plastiklerde yanmayı önleyici olarak giderek artan oranlarda kullanılmaktadır. Bu amaç için kullanılan bor bileşiklerinin başında çinko borat, baryum metaborat ve amonyum florborat gelmektedir. Özellikle, çinko borat, boraks, amonyum florborat içeren yangın önleyiciler antimon trioksit ile birlikte kullanıldığında dumanın emilme hızı uzamakta ve kor halindeki ateş çabuk bastırılmaktadır. Ancak maliyet diğer yangın önleyicilere nazaran daha yüksektir.



NÜKLEER UYGULAMALARDA KULLANIM

Borun nötron emme gücü çok yüksektir. Atom reaktörlerinde borlu çelikler, bor karbür ve titan-bor alaşımları kullanılmaktadır. Paslanmaz borlu çelik, nötron absorbanı olarak tercih edilmektedir. Yaklaşık her bir bor atomu bir nötron absorbe etmektedir. Bor 304 adı verilen yeni bir paslanmaz çelik, atık nükleer yakıtın taşınabildiği kapların yapımında kullanılmaktadır. Nükleer sanayiinde borun en yakın rakibi gadalonyum ve samaryumdur. Atom reaktörlerinin kontrol sistemleri ile soğutma havuzlarında ve reaktörün alarm ile kapatılmasında koruyucu kabuk olarak ^{10}B kullanılmaktadır. Ayrıca, nükleer atıkların depolanması için kolemanit kullanılmaktadır. California Üniversitesi' ndeki ^{11}B araştırmalarında, ^{11}B ' in proton fizyonlanması sırasında radyoaktivitesiz enerji açığa çıktığı belirlenmiştir. Böylece temiz bir nükleer enerji elde edilmektedir. Reaktör aksamaları, nötron emiciler, reaktör kontrol çubukları, nükleer kazalarda güvenlik amaçlı ve nükleer atık depolayıcı olarak kullanılmaktadır.



METALURJİDE KULLANIM

Boratlar, yüksek sıcaklıklarda düzgün, yapışkan, koruyucu ve temiz, çapaksız bir sıvı oluşturma özelliği nedeniyle demir dışı metal sanayiinde koruyucu bir cüruf oluşturun ve eritmeyi hızlandırıcı madde olarak kullanılmaktadır. Bor bileşikleri, elektrolit kaplama sanayiinde, elektrolit elde edilmesinde kullanılmaktadır. Borik asit; nikel kaplamada, fluoboratlar ve fluoborik asitler; kalay, kurşun, bakır ve nikel gibi demir haricindeki diğer metaller için elektrolit olarak kullanılmaktadır. Alaşımlarda, özellikle çeliğin sertliğini artırıcı olarak kullanılmaktadır. Bu konuda ferrobora oldukça önem kazanmıştır. Çelik üretiminde 50 ppm bor ilavesi çeliği daha sert hale getirmektedir. Ayrıca borlu çelikler, enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Yeni geliştirilen bazı borlu çelikler, mekanik basınca karşı dayanımları nedeni ile soğuk çekme, inşaat, tarım makinaları, vinçler, yaylar, grayder bıçakları, vites dişlileri gibi yerlerde tercih edilmektedir. Çelik yapımında florür yerine kolemanit veya üleksit de kullanılmaktadır. Elektro kaplama sanayinde, kaplama banyosuna borik asit veya florborat ilave edilmektedir. Kübik bor nitrür (BN) elmasın sonra bilinen en sert maddedir. Ancak elmasın tersine çok iyi bir ısıl dayanıklılığı olup 1370°C ' de bile dayanıklıdır. Diğer taraftan elmas 815°C ' de karbona dönüşmektedir Hem BN hem de elmas çok iyi bir ısıl iletkenliğe sahip olduklarından kesici aletlerin yapımında kullanılmaktadır. Kaplama sanayiinde elektrolit olarak, paslanmaz ve alaşımlı çelik, sürtünmeye ve aşınmaya karşı dayanıklı malzemeler, kaynak elektrotları, metalurjik flaks, refrakterler, briket malzemeleri, lehimleme, döküm malzemelerinde katkı maddesi olarak, kesiciler, kompozit malzemeler, zımpara ve aşındırıcıların yapısında bor bulunmaktadır.



FÜZE-UÇUŞ YAKITLARINDA KULLANIM

Bor kimyasalları özellikle füze yakıtı olarak kullanılmaktadır. NaBH_4 kuvvetli bir indirgeyici olduğu için özel uygulamalarda yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Uzun yıllar Amerika deniz kuvvetleri tarafından uçak yakıt malzemesi olarak kullanılmıştır. Günümüzün yakıtları 1960-1970' li yıllarda geliştirilen katı yakıtlardır. Yeni yüksek enerjili roket yakıtları keşfedilmiştir. Bu yakıtlar, magnezyum ve bor ihtiva etmektedir. Borun düşük mol kütlesine ve yüksek yanma enerjisine sahip olmasından dolayı roket yakıtlarındaki kullanımı giderek artmaktadır. Karboranlar son zamanlarda yakıt katkı maddesi olarak ilgi çekmektedir. Amerika' da Deniz Kuvvetleri Araştırma bürosu karboranları taktik füzelerin yakıt katkı maddesi olarak denemiştir. Diğer yandan Amerika ordu füze komutanlığı *n*-hekzil karboran bileşiğini füze yakıtı katkı maddesi olarak denemiştir. Amerikan ordusunun karboran talebi Callery Chemical Şti tarafından çalıştırılan bir fabrika tarafından karşılanmaktadır. Uzay araçları, uydular, uçaklar, helikopterler, zeplin ve balon imalatında bor bileşikleri kullanılmaktadır. Üniversite ve şirketler geniş kapsamlı araştırma ve üretim faaliyetine girişmiştir. Bu projelerden en önemlisi radar dalgalarını emen, absorbe eden materyalleri ve bunlardan üretilmiş motor, uçak ve füzelerdir. Radarlara karşı görünmezliği temin eden yüksek dayanıklılığı bor ile güçlendirilmiş cam malzemelerin iletken olmayan ve düşük dielektrik özelliğidir. Bu malzemelerin içinde bor % 6-% 20 oranında katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Özellikle uçak ve uzay sanayilerine yönelik ağırlıklı olarak Amerika, Avrupa, Rusya ve Japonya' da yapılmakta olan araştırma uygulamaları dikkat çekmektedir. Bu araştırmalar daha çok yapı elemanları ve yakıtlara yöneliktir. Ancak büyük bir gizlilik içinde yapılan araştırma ve uygulamalara ulaşamamaktadır. 1960' larda Amerikan Hava ve Deniz Kuvvetlerince ortaklaşa yürütülen Zip Yakıtları Projesi çerçevesinde geliştirilen yakıtlar (pentaboran ve etil boran katkı maddeli), aynı yıllarda üretilen XB-70 Valkyrie "Boron Bomber" bombardıman uçağında ve SR-71 Blackbird süpersonik stratejik bombardıman uçaklarında kullanılmış ve uçakların hem hızı hem de uçuş mesafesi artırılmıştır. Daha sonra geliştirilen F-117 "Stealth Fighter" Meteor (MRAAM) uçakları ve General Dynamics firması tarafından üretilen BGM-109 Tomahawk, UGM-109 Tomahawk füzelerinde de bor katkılı yakıtlar kullanılmaktadır. Bugün Amerikan ordusu tarafından kullanılan ileri teknoloji ürünü savunma ve saldırı silahları ile savaş uçaklarının tamamı Zip ya da Hermes olarak adlandırılan projenin ürünüdür. Örneğin; U-2, SR-71 Blackbird, F-117 Stealth Fighter, F-22, B-52 savaş uçaklarının tamamı Zip projesi kapsamında üretilen XB-70' in geliştirilmiş tasarımlarıdır. Bor üzerinde yürütülen araştırmalar sadece Amerika ile sınırlı değildir. Örneğin, Avrupa Uzay Ajansı da aynı zamanda bor ve borlu yakıtlar üzerine çalışma yapan bir başka kurumdur. Anılan ajans geliştirdiği üç tip borlu yakıtı Avrupa Patent Ofisine tescil ettirerek Patentini almıştır. Bugün Ariane roketlerinde kullanılan yakıtlar da bor katkılı yakıtlardır.

Uçak ve havacılık endüstrisinde borun kullanımı giderek artmaktadır. Aerodinamikteki gelişmeler, yüksek hız kanat uygulamaları, yüksek ısıya dayanıklı gövde, düşük ağırlık, yüksek kapasite ve benzeri uygulamalar üzerinde yürütülen tasarım ve geliştirme çalışmaları, havacılık ve uzay sanayinde kompozit malzeme kullanımını oldukça yaygınlaştırmıştır. Havacılık sanayinde üretilen araçlarda kullanılan malzemenin büyük bir bölümünü borlu kompozit malzemeler teşkil etmektedir. Radarlarda görünmezliği sağlamak amacıyla geliştirilen Tomahawk füzeleri, F-15, F-14, B-1, U-2, SR-71 Blackbird, F-117 Stealth Fighter, F-22, B-52 savaş uçakları, Blackhawk serisi helikopterler ve Fransız Mirage uçakları ile Airbus ve Boeing Yolcu uçaklarındaki yapı elemanları ağırlıklı olarak bor katkılı kompozitlerdir. Diğer taraftan özellikle uzay sanayiinde borun kullanımının önemli boyutlarda olduğu açığa çıkan Rusya' nın geliştirdiği Rus uzay mekiğine, Boron Space Shuttle adının verilmesi de dikkat çekicidir. Bor minerallerinin kara ve deniz ulaşımında kullanılan araçlarda da (otomobil, kamyon, lokomotif, gemiler) yapı elemanlarına ilave olarak diğer yakıtlar ile karşılaştırıldığında yüksek yoğunlukta enerjiye sahip olması nedeniyle yakıt olarak da kullanımı konusunda yapılan araştırmalar olumlu sonuçlar vermektedir. Borun yanıcı fakat tutuşma sıcaklığının yüksek olması, yanma sonucunda katı ürün vermesi ve çevreyi kirletecek emisyon açığa çıkarmaması ulaşım araçlarında bir avantaj olarak kabul edilmektedir. Hatta kıtalararası seyahat edebilecek "Bor Aracı" tanımı da yapılmaya başlanmıştır. Bor mineralinden üretilen yakıtlar ve yine bor mineralinden üretilen ileri seramik, polimerik, metalik ve kompozit malzemeler havacılık ve uzay endüstrisinde geniş biçimde kullanılmaktadır.

ASKERİ ZIRHLI ARAÇLARDA KULLANIM

Isıya ve sürtünmeye karşı direncinin çok yüksek olması nedeni ile piyade tüfeği, tabanca, top, tank üretiminde, zırhlı personel taşıyıcıların zırhlarını güçlendirici plakalarda kullanılmaktadır. Bor karbür ve fiber camın bir bileşimi 30 kalibre kurşunu durduracak şekilde geliştirilmiş olup, AH-10 Kobra helikopterlerinin koltuklarında kullanılmaktadır.



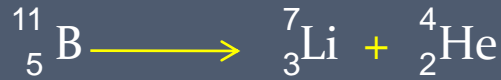
OTOMOBİL HAVA YASTIKLARINDA KULLANIM

Bor hava yastıklarının hemen şişmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Çarpma anında, elementel bor ile potasyum nitrat toz karışımı elektronik sensör ile harekete geçirilmektedir. Hava yastıklarının harekete geçirilmesi için geçen toplam zaman 40 milisaniyedir. Ayrıca otomobillerin soğutma sistemlerinde korozyonu önlemek üzere boraks, antifriz karışımına katkı maddesi olarak kullanılmakta ve ayrıca hidrolik sistemlerde de kullanılmaktadır.



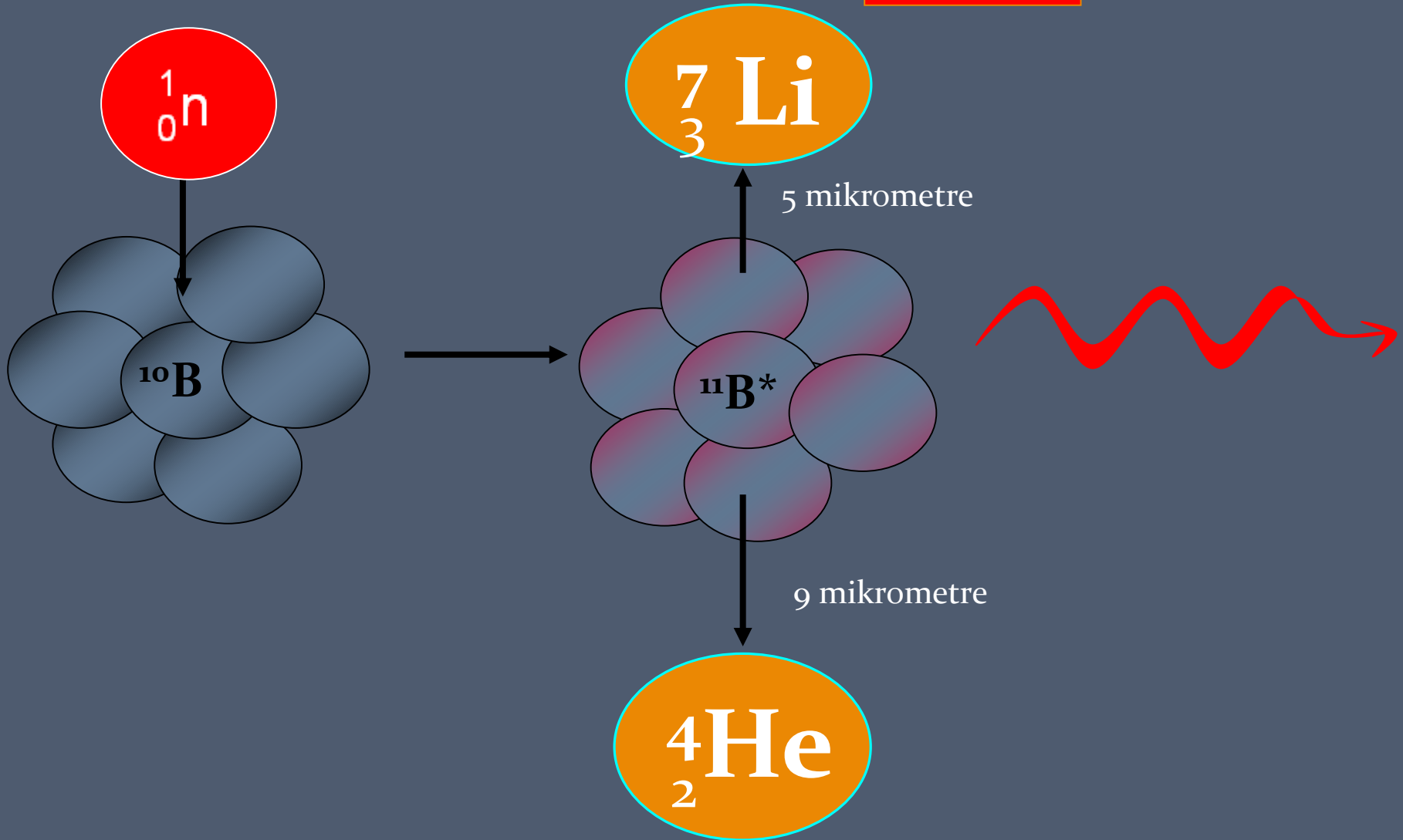
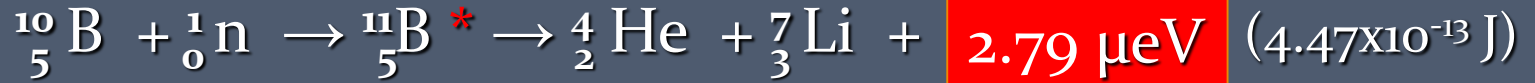
SAĞLIKDA KULLANIM

Borun ^{10}B ve ^{11}B olmak üzere iki kararlı izotopu vardır. ^{10}B çok iyi bir nötron soğurucudur. Bu özeliği nedeni ile beyin kanseri tümörlerinin tedavisinde kullanılmaktadır. Bu tedavi BNCT (Boron Neutron Capture Therapy-Bor Nötron Yakalama Terapisi) olarak bilinmektedir. Sağlıklı bölgelerden çok tümörlü hücreler üzerinde etkili olan bor bileşikleri, nötron ışınları ile bombardıman edilmektedir. Nötron bombardımanı ile oluşan ^{11}B , ^7_3Li ve ^4_2He (α -ışını) taneciklerine dönüşürken yüksek bir enerji açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu enerjinin Li ve He tanecikleri ile kanserli hücre boyutunda taşınması ile sadece kanserli hücreler yok edilmekte ve sağlıklı hücreler zarar görmemektedir. Ayrıca metabolizmadaki bor, kalsiyum, magnezyum ve fosfor dengesini ayarlamaktadır Sağlıklı kemiklerin oluşumuna, kasların ve beyin fonksiyonlarının gelişimine yardım etmektedir. Osteoporoz tedavilerinde, alerjik hastalıklarda, psikiyatride, kemik gelişiminde ve artiritte, menopoz tedavisinde de kullanılmaktadır.



Prof. Dr. Selen Bilge Koçak
BOR KİMYASI

BNCT, radyoaktif olmayan ^{10}B (% 19.57) izotopuna dayanmaktadır.



BNCT için Kullanılan Bileşiklerde Aranılan Özellikler

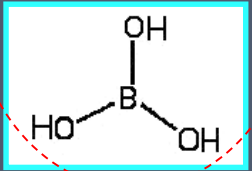
- ✓ Yüksek bor içeriğine sahip olmalı
- ✓ Hücre zarı boyunca taşınabilir olmalı
- ✓ Beyin bariyeri boyunca taşınabilir olmalı
- ✓ Tümör hücrelerindeki birikimin seçiciliği
- ✓ Yüksek tümör-kan ve tümör-normal doku oranı sağlamalı
- ✓ Düşük zehirliliğe sahip olmalı
- ✓ Katabolizmaya direnç göstermeli

BNCT için Kullanılan Bileşikler

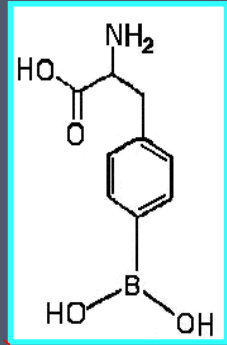
Borat, Aromatik boronik asit ve Borilfenilalanin

Polihedral boranlar

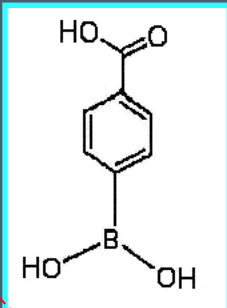
Sodyum borat,
Borik asit ve
Türevleri



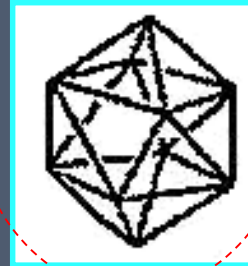
L-4-Dihidroksiborilfenilalanin
(BPA)



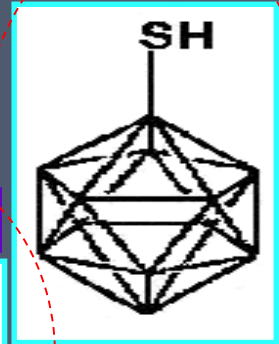
aromatik
boronik
asitler



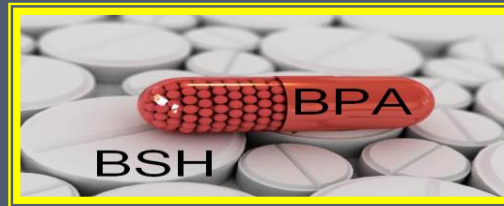
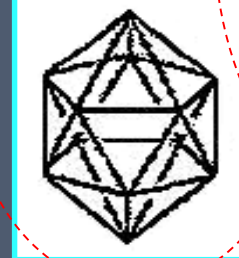
[B₁₀H₁₀]²⁺

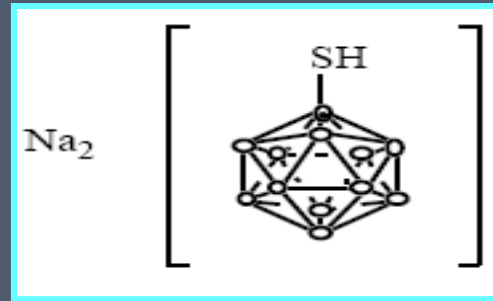


Sülfahidrilboran
[B₁₂H₁₁]SH²⁻
(BSH)

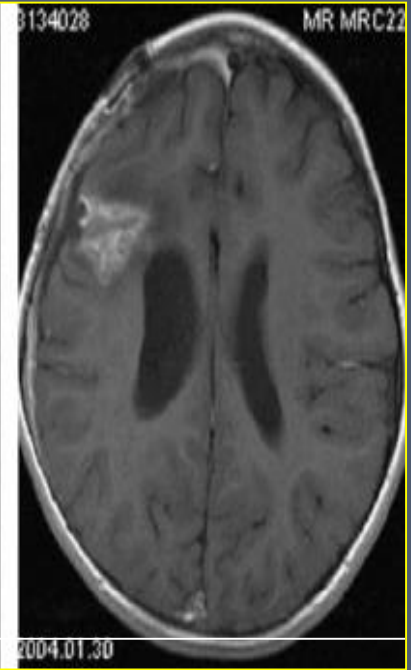
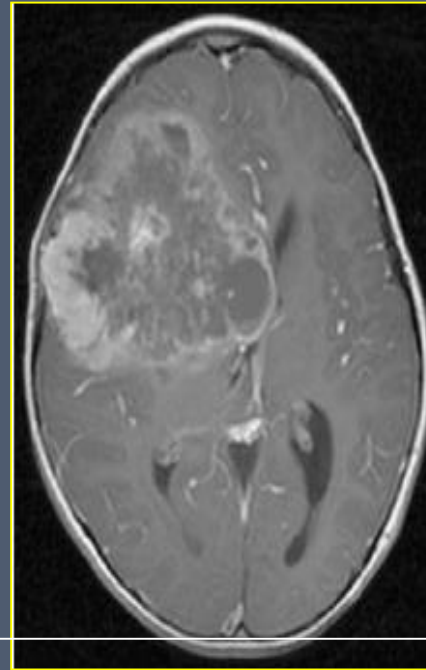
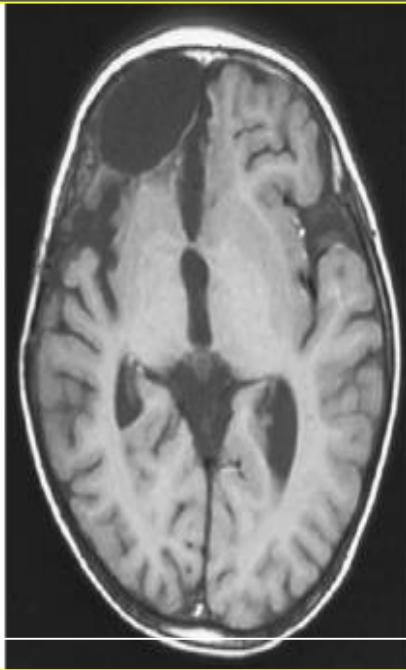
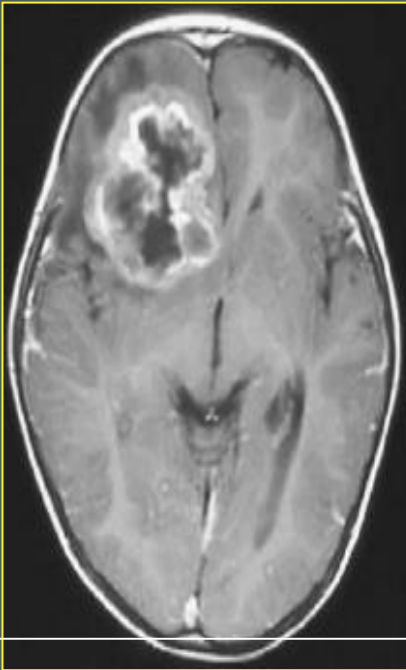


[B₁₂H₁₂]²⁺





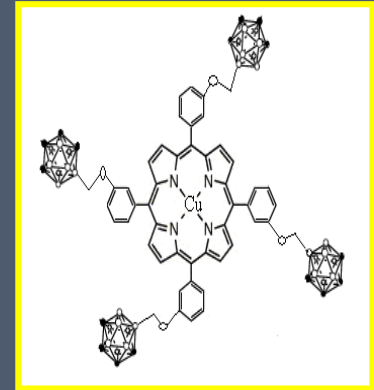
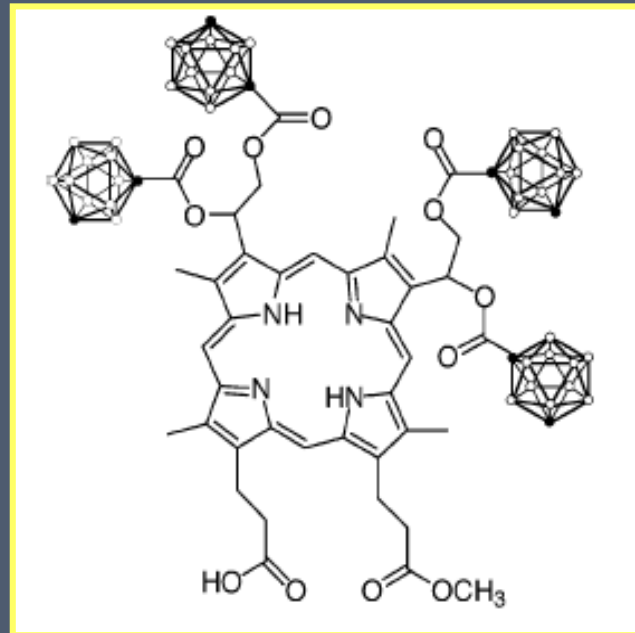
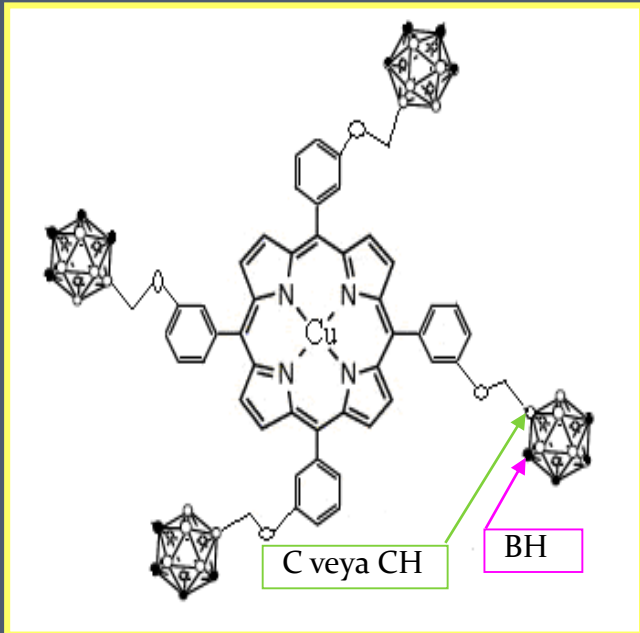
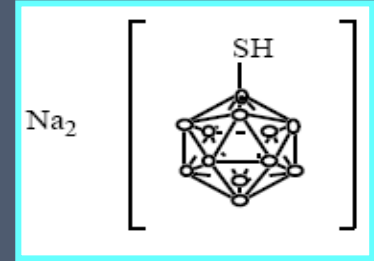
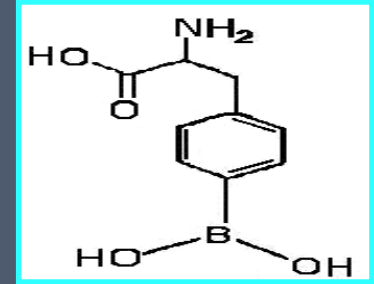
BSH



Oral Kanseri Tedavisi

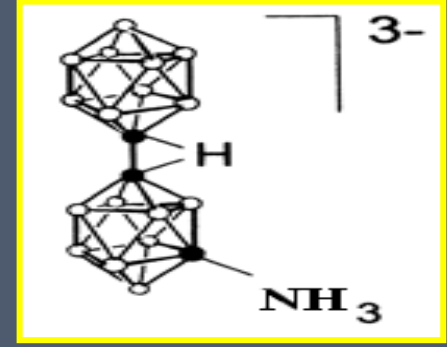
Fare dil örnekleri BSH ve BPA kullanılarak potansiyel radyasyonlar ile uyarılmış klinik sonuçlara bakıldığında oral mukoza iltihabı BPA dahil BNCT protokollerini kısıtlayacaktır. Hamster çene kesesi örneğinde insan oral mukozasında kendiliğinden tümör oluşumunu taklit edilerek BNCT çalışılmış BPA'nın tümörlü doku tarafından seçici olarak tutulduğunu göstermiştir.

Hayvanlar nötronla ışınlandığında tedaviden 15 gün sonra tümörlerin %78' inde tamamen iyileşme, % 13' ünde kısmen iyileşme ve normal dokuda ise neredeyse hiç hasar olmadığı gözlenmiştir.



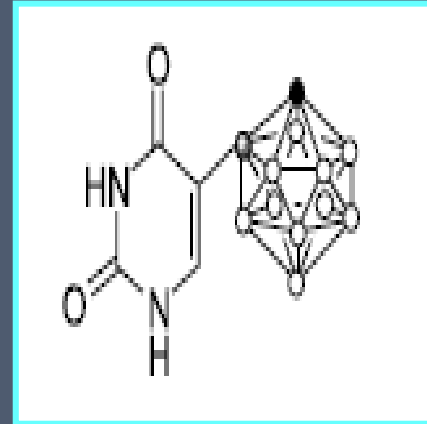
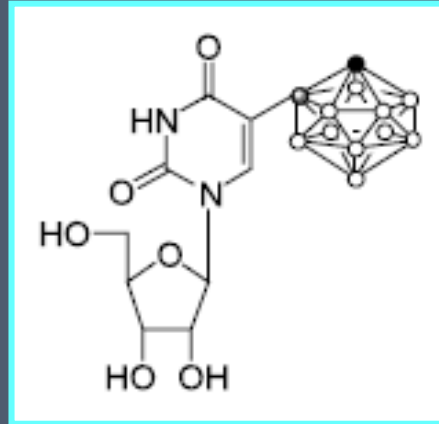
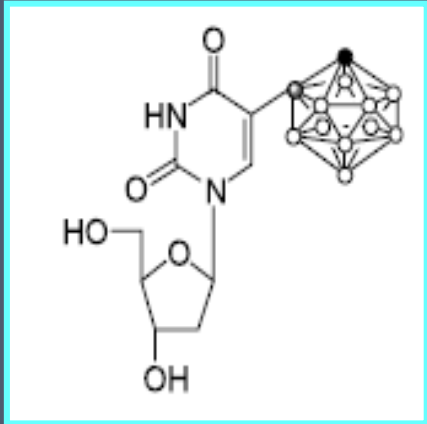
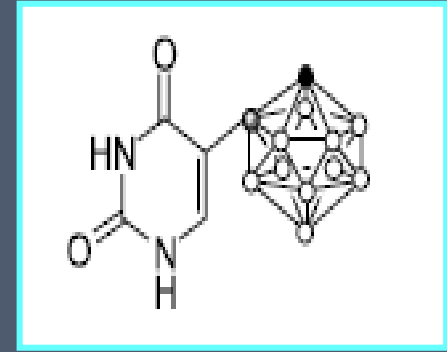
Akciğer Kanseri Tedavisi

Lipozomları hedefleyen folat reseptörleri (FR) $\text{Na}_3\text{B}_{20}\text{H}_{17}\text{NH}_3$ potansiyel ulaştırma araçları olarak FR(+)/M109 kemirgen akciğer kanserinin deri altı implantlarını taşıyan BALB/c farelerde değerlendirilmiştir.



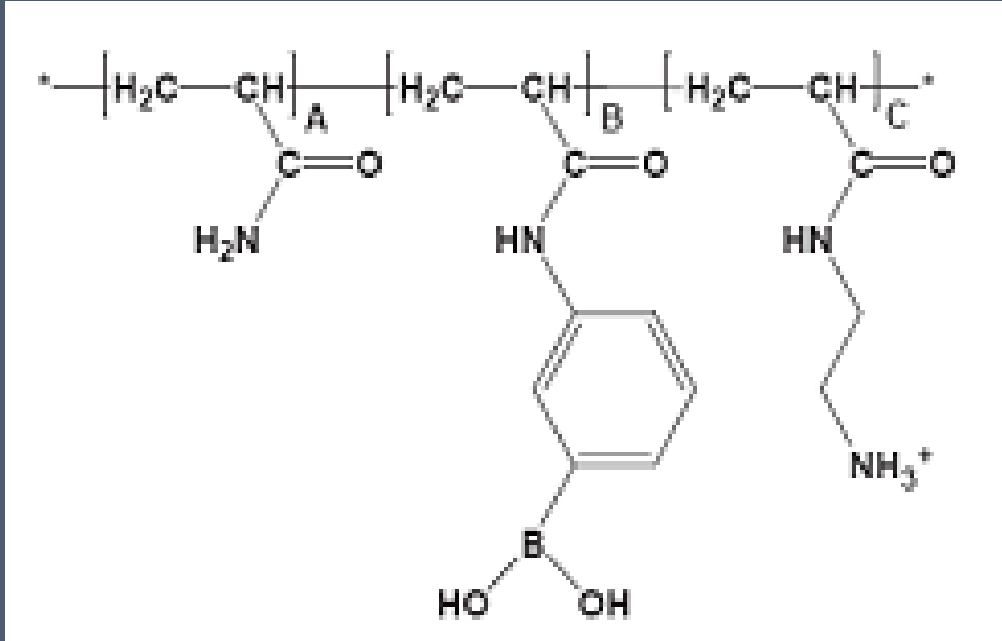
Prostat Kanseri Tedavisi

BNCT duyarlaştırıcılar olarak karboran nükleotitler geliştirilmiştir. Benzer nükleosit örneklerinin ve bazların farklı doku afiniteleri ve tutulmalarına sahip olabilecekleri görülmüştür. 5-o-karboranilurasil'in prostat kanseri tedavisinin gelişimi için en uygun bileşik olduğu bulunmuştur.



Kolon Kanseri Tedavisi

Özellikle de tedaviden sonra tümör yatağında tümörün tekrar oluşumunu engellemek için BNCT önerilmiştir. Farelerin sindirim sisteminin luminal kısmındaki pulipleri deneysel yolla uyarmak amacı ile bir dizi katyonik polimer hazırlanmıştır.

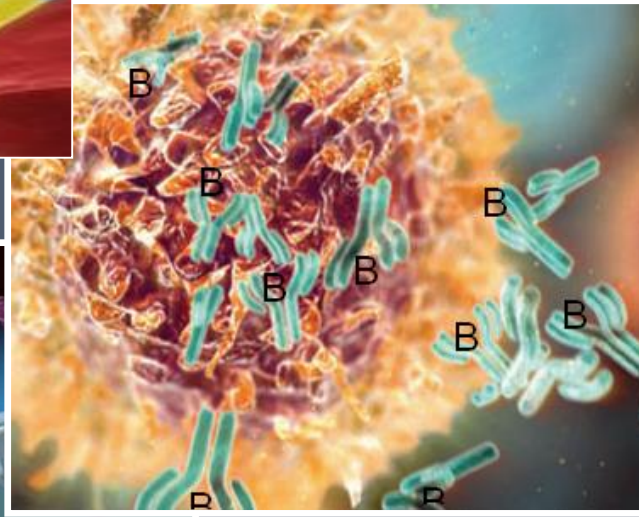


Dokudaki bor seviyelerinin doğrudan analizi, aminofenil boronik asitin kolonik puliplerde çevresindeki normal dokulardan daha fazla tutulduğunu göstermiştir.

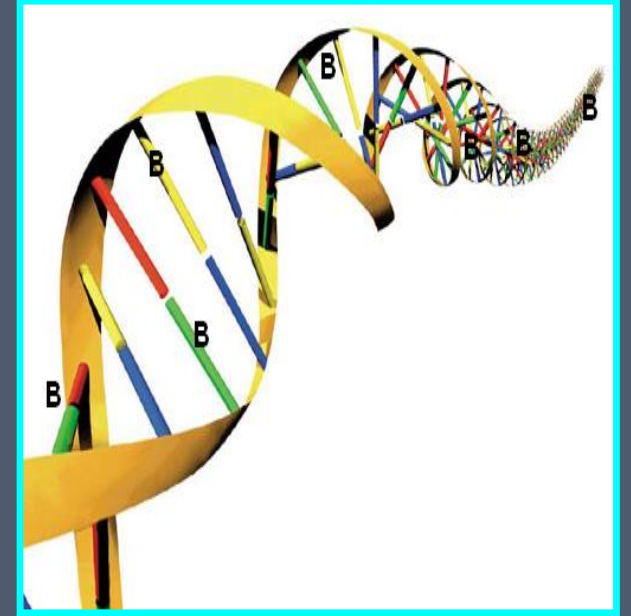
Borun Hücreye Hedeflenmesi



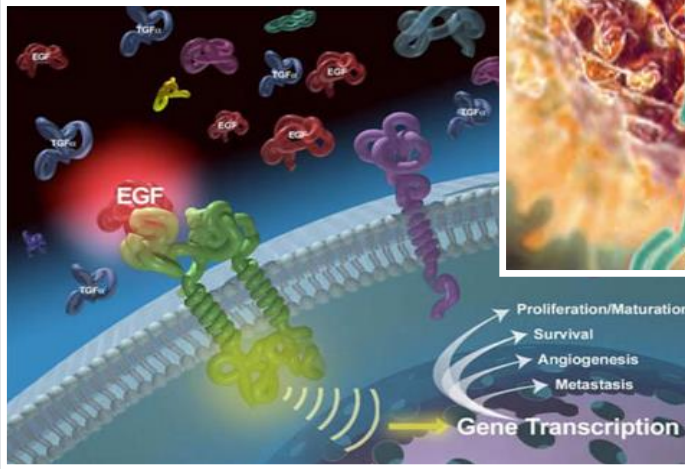
Antikor



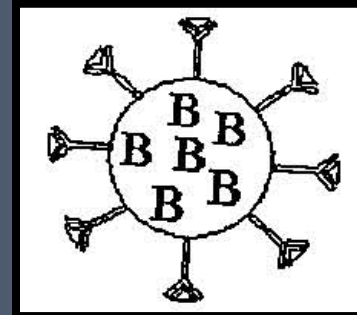
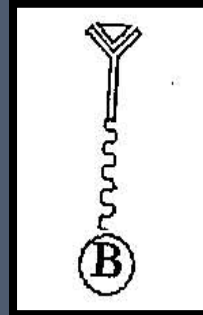
Lipozom



Hayati önem taşıyan bileşikler



Epidermal Growth factor (EGF)
Epidermal büyüme faktörü



DNA veya Protein

ATIK TEMİZLEMEDE KULLANIM

Sodyum borhidrür, atık sulardaki civa, kurşun, gümüş gibi ağır metallerin sulardan temizlenmesi amacı ile kullanılmaktadır.



YAKIT HÜCRELERİNDE KULLANIM

Son zamanlarda NaBH_4 'ün kullanıldığı enerji üreten yakıt hücreleri ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. Sodyum borhidrürün kimyasal bağlarında hidrojen mevcut olup, hidrojeni açığa çıkarmakta veya elektrik üretmektedir. Bu üretimde temel prensip ise su ile boraksın tepkimesidir. Bu tepkimede elde edilen hidrojen doğrudan içten yanmalı motorlara beslenebilir veya yakıt hücrelerinde kullanılabilir.





ENERJİ ÜRETİMİ ve ISI DEPOLAMADA KULLANIM

Borun demir ve nadir toprak elementleri ile kombinasyonu (METGLAS) % 70 enerji tasarrufu sağlamaktadır. Gündüz saatlerinde güneş enerjisini depolayıp gece kullandıran ısı depolama bataryaları, sodyum sülfat ve su ile yaklaşık ağırlıkça % 3 boraks dekahidrat' ın kimyasal karışımıdır. Tavan kaplamalarına uygulandığında, karışım güneş enerjisini emerek kristal suyunu kaybetmektedir. Sonrasında yeniden nemini alarak yaydığı enerji ile odanın ısınmasını sağlamaktadır. US Borax, Fort Motor, Daimler Chreysler, Ballard firmaları ortak olarak Millenium Cell isminde 1997 yılında bir firma kurmuştur. Bu firma; lityum ve bora dayalı akü ve bor motorları üzerine çalışmakta olup, ticari olarak üretim aşamasına gelindiği bilinmektedir. Son yıllarda, borun pillerde ve akülerde kullanılması ile maliyetler düşürülmüş ve çevre dostu piller ve aküler üretilmeye başlanmıştır.



ELEKTRONİK-ELEKTRİK ve BİLGİSAYAR SANAYİNDE KULLANIM

Bilgisayarların mikro ciplerinde, CD-sürücülerinde, bilgisayar ağlarında, ısıya ve aşınmaya karşı dayanıklı fiber optik kablolarda, yarı iletkenlerde, vakum tüplerinde, elektrik kondansatörlerinde, gecikmeli sigortalarda, cep telefonlarında, modemlerde, televizyonların LCD ekranlarında, bataryalarda, laser printer tonerlerinde ve stereo ekipmanlarında bor kullanılmaktadır.

Fiberoptik kablolarda bor bulunduğunda diğer malzemelere oranla kapasite ve işlem hızı 100 kat arttığından, bu kablolar ileri teknolojinin vazgeçilmez ürünleri olacaktır. Son yıllardaki fiberoptik kablolar çok kısa sürede en yüksek veri transfer hızına ulaşmıştır. Borik asit, LCD ekran üretilmesinde vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Akım levhaları teknolojisinde, vazgeçilmez bir mineral, Türk kolemanitidir. Bu teknoloji, notebook bilgisayarlar, PC, cep telefonları gibi mobil iletişim araçları, avuç içi bilgisayarları ve bilgi işlem teknolojisinde kullanılmaktadır. Mikroçipin, p-tipi yarı iletkenlerde de kullanıldığı bilinmektedir. Uzun ömürlü ve yüksek performanslı lityum-ion pillerinde borun kullanımı ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANIM

Isıya dayanıklı kumaşlarda, yanmayı geciktirici ve önleyici selülozik malzemelerde, izolasyon malzemelerinde, tekstil boyalarında, deri renklendiricilerinde ve suni ipek parlatma malzemelerinde bor kullanılmaktadır. Bor bileşikleri, alev geciktiricidir. Suda çözündüklerinden, dokuma bor tuzlu çözelti içerisinde daldırılıp çıkartılmakta ve ardından kurutma ile yanmaz hale getirilmektedir. Dokumaya bu yolla eklenen ağırlık % 10 dan fazla değildir.



İLAC ve KOZMETİK SANAYİNDE KULLANIM

Borik asit, bazı ilaçlara ve kozmetiklere katılarak acı dindirici, ağrı kesici ve orta şiddetli antiseptik özelliğinden dolayı haricen kullanılmaktadır. Borik asit ihtiva eden kozmetik ve ilaçlar içerisinde kozmetik pudra, saç durulayıcı, ağız temizleyiciler ve koruyucu yağlar bulunmaktadır. Kozmetik pudra % 10 civarında borik asit ihtiva ederken, bebek pudralarında % 5' civarında borik asit mevcuttur. Traş pudrasında da bulunmaktadır. Ozigama-borane ara ürünü, kortizon gibi ilaçların üretiminde kullanılmaktadır. Dezenfekte edicilerde, antiseptiklerde, diş macunlarında, lens solüsyonlarında, kolonyalarda, parfümlerde ve şampuanlarda bor bileşikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.



KİMYA SANAYİNDE KULLANIM

Bazı kimyasalların indirgenmesinde, elektrolitik işlemlerde, flotasyon ilaçlarında, banyo çözeltilerinde, katalizörlerde, atık temizleme amaçlı olarak, petrol boyalarında, yanmayan ve erimeyen boyalarda, tekstil boyalarında, yapıştırıcılarda, soğutucu kimyasallarında, korozyon önleyicilerde, mürekkepte, pasta ve cilalarda, kibritte, kireç önleyicilerde, dezenfektan sıvılarda, sabunda, toz deterjanlarda, toz beyazlatıcılarda, parlaticılarda, mumyalamada bor kullanılmaktadır.

Katalizör; Hidrokarbonların havadan oksitlenmesinde katalizör olarak borik asit kullanılmaktadır. Bor triflorür (BF_3), gaz halinde asidik bir katalizördür. Alkol, asit ve ketonların sudan arındırılmasında, halojenasyonda, aromatik hidrokarbonların kükürttten kurtarılmasında, karbon monoksitin katıldığı tepkimelerde ve poliesterin boyanmasında kullanılmaktadır.





BOR İLE ÇALIŞAN ARABA

Chrysler firması, boraksla çalışan Natrium isimli aracı tanıtmış, başkan yardımcısı Thomas Moore, boraksın otomobillerde benzinin yerini almak için önemli avantajlara sahip olduğunu ifade etmiştir: “Öncelikle boraks dünyanın en temiz yakıtı. Yakılmış boraks bile yeniden tüketilebiliyor. Devrim niteliğindeki özelliği de zaten bu. Ayrıca boraksla çalışan otomobil, benzinle ve hidrojenle çalışanlardan daha güvenli ve daha hesaplı. Örneğin benzinli otomobillerde yakıtı depolama sorunu olduğu için menzil düşüyor. Boraksla çalışan otomobilde bu sorun yok. Menzil hemen hemen iki katına çıkabiliyor. Boraks ile çalışan Chrysler Natrium isimli otomobilinin maksimum hızı ise saatte 128 kilometre. 0-100 km hızlanması 16 saniyeyi buluyor.” Boraks, sabun ve deterjan yapımında da kullanıldığı için yabancı gazete ve dergiler Chrysler Natrium’u, 'sabunla çalışan otomobil olarak tanıtmıştır. Araç, boraks ile suyun oluşturduğu hidrojenin yakıt pillerine ulaşması ve açığa çıkan enerjinin mekanik enerjiye dönüşmesi ile çalışmaktadır. Chrysler Natrium için yapılan test sürüşü başarı ile sonuçlanmıştır.

SÜPERİLETKEN OLARAK KULLANIMI

Süper iletkenlik, sıcaklığın belli bir noktanın altına düşürülmesiyle her türlü elektriksel direncin kaybolması anlamına gelmektedir. Bu belli sıcaklık ise, genel olarak -273 °C olan 'mutlak sıfır' noktasına yakın sıcaklıklardır. Ortamda böylesine düşük bir sıcaklık elde etmeye çalışmak, oldukça pahalı malzemeler ve teknoloji kullanmak anlamına gelmektedir. Bu nedenle araştırmacılar, süper iletkenleri yüksek sıcaklıklarda üretmeye yönelik çalışmalar yapmaktadır. Santrallerde üretilen elektrik, hatlarla şehirlerimize taşınırken üzerlerinden geçtikleri malzemelerin elektriksel dirençleri yüzünden, oldukça büyük bir kayba uğramaktadır. Süper iletkenler kullanıldığında elektriksel kayıplar neredeyse tamamen ortadan kaldırılmaktadır. Ayrıca, mikro elektronikte karşılaşılan aşırı ısınma süper iletkenlerin kullanımı ile önlenabilmektedir. Bilgisayarlardaki entegreler, çipler vs. gibi düzenekler, daima ısınma problemi ile karşı karşıya kalmaktadır. Isınma problemi, bu devrelerde kullanılan malzemelerin dirençlerinin olmasından kaynaklanmaktadır. Süper iletkenlerin bu devrelerin yapılmasında kullanılması, artık elektronik cihazlarımızdaki yanma sorununu da ortadan kaldıracaktır. Özellikle borun süper iletken yapımındaki öneminin fark edilmesi ile borlu süper iletken sistemlerin birkaç yıl içerisinde pazara sürülebileceği tahmin edilmektedir.

MIKNATISLAR

Mıknatıslar bor pazarında küçük ancak değeri büyük bir yer tutmaktadır. Neodium, demir ve bor bazlı devamlı mıknatısların pazarı tahmini olarak 1.1-1.3 milyon dolar olup toplam mıknatıs pazarının %25' ini oluşturmaktadır. Pazarın yılda %12-15 kadar büyüyeceği tahmin edilmektedir. Bunun nedeni; bilgisayar hard-disk sürücülerini, manyetik rezonans imaj (MRI) sistemleri ve voice sargı motorları (VCMS) üreticilerinin taleplerindeki artıştır.

BOR NANOTÜPLER

Karbon nanotüplerde olduğu gibi bor nanotüpler de nano mühendisliğin her alanında kullanılabilir ve hatta bazı elektronik uygulamalarda karbondan daha etkili olabilir.

Prof. Dr. Selen Bilge Koçak

BOR KİMYASI

BAZI ÖNEMLİ BOR BİLEŞİKLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Amorf Bor	Askeri piroteknik
Kristalin Bor	Nükleer silah yapımı, nükleer güç reaktörlerinde muhafaza
Bor filamentleri	Havacılık için kompozit, spor malzemeleri için kompozit
Bor Halojenürleri	İlaç sanayi, katalizör, elektronik parça, bor filamentleri ve fiber optikler
Sodyum Boratlar	Fotografçılık kimyasalı, yapıştırıcı, tekstil finishing bileşikleri, deterjan ve temizlik malzemesi, yangın geciktirici, gübre, zirai araçlar
Fluoborik Asit	Kaplama çözeltileri
Sodyum Bor Hidrür	Kimyasalları saflaştırma, kağıt hamurunu beyazlatma, metal yüzeylerin temizlenmesi
Bor Esterleri	Polimerleşme tepkimelerinde katalizör, polimer stabilizatörleri, yangın geciktirici
Kolemanit	Tekstil cam elyafı, bor alaşımları, metalurjik curuf yapımı, nükleer atık depolama
Üleksit ve Probertit)	Yalıtım cam elyafı, borosilikat camları, gübre
Tinkal	Sodyum perborat, susuz boraks, disodyum oktaborat, pentaborat ve metaborat sentezi
Borik Asit	Antiseptikler, bor alaşımları, nükleer uygulamalar, yangın geciktiriciler, naylon, fotografçılık
Susuz Boraks	Gübre, cam elyaf, cam, metalurjik curuf yapımı, emaye-sır, yangın geciktirici, kaynak-lehimcilik
Sodyum Perborat	Deterjan ve beyazlatıcı, tekstil, dezenfektan, diş macunu
Disodyum Metaborat	Yapıştırıcı, deterjan, zirai ilaçlama, fotografçılık, tekstil
Sodyum Pentaborat	Yangın geciktirici, gübre
Boraks Dekahidrat	Yapıştırıcı
Boraks Pentahidrat	Çimento, ilaç ve kozmetik, korozyon önleyici, böcek ve mantar zehiri, elektrolitik rafinasyon, gübre, yangın geciktirici, cam, cam elyafı, deri ve tekstil
Disodyum Oktaborat Tetrahidrat	Yangın söndürücü, gübre, tarım ilacı, ağaç koruyucu