



Enerjide Arama Buluşmaları:

Hidrojen

BOREN
Hidrojen Ar-Ge Faaliyetleri ve
Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı (HTL)

Doç. Dr. Abdulkerim YÖRÜKOĞLU
Başkan

Borun Enerji Uygulamaları

Doğrudan Yakıt

-Elementel Bor (B)

Süperiletkenler

-MgB₂
-Nd-Fe-B

Nükleer Enerji

-¹¹B İzotopu
-¹⁰B İzotopu
-Bor Karbür

Organoborlar

-Karboran Türevleri
-Bor Hidrürler

Triboloji Uygulamaları

-Borik Asit, H₃BO₃

Hidrojen Taşıyıcı

-Sodyum Borhidrür
-Amonyak Boran

Enerji Tasarrufu

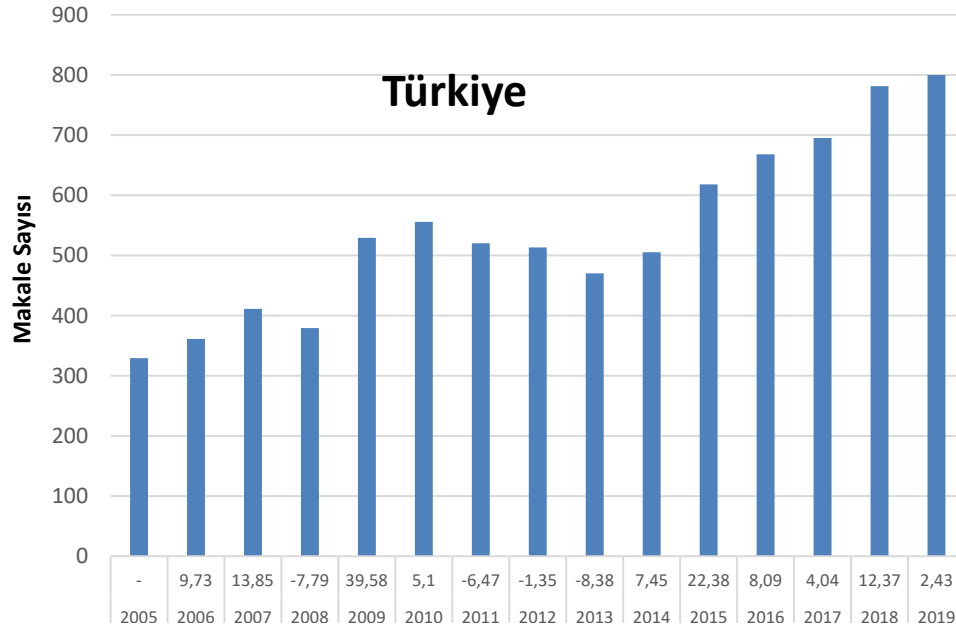
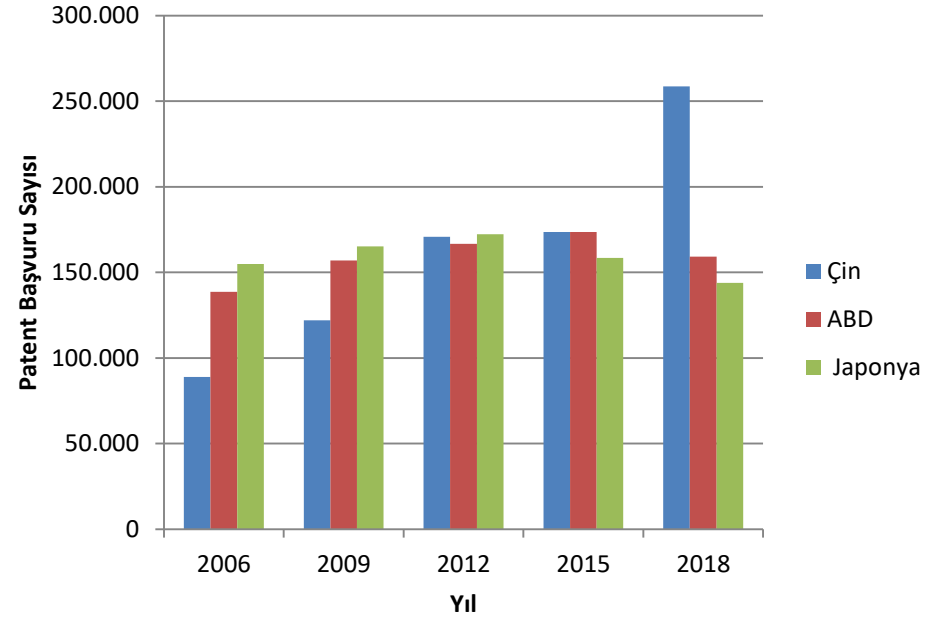
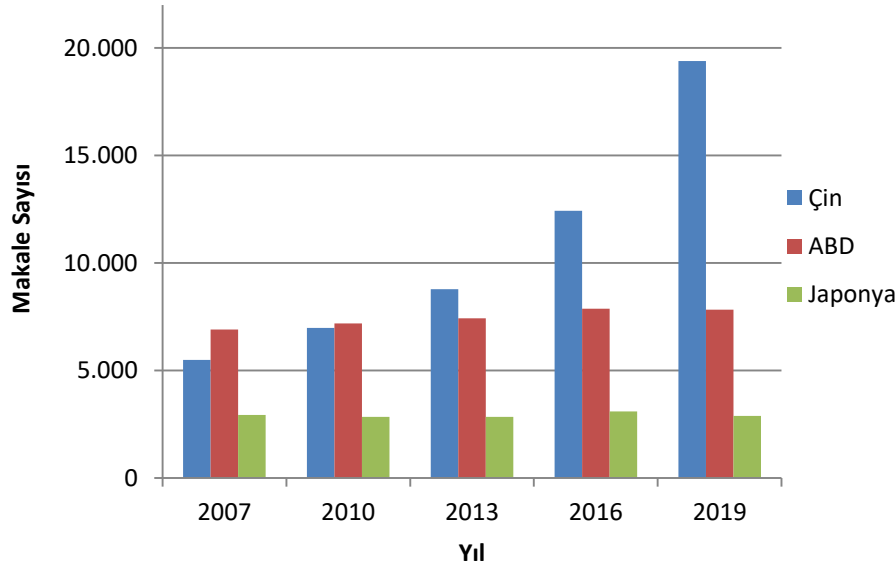
-Çimento
-Seramik
-Cam/Camyünü
-Metalurji

Pil Teknolojileri

-Katı Hal Pilleri
-Li-iyon Pilleri
-Güneş Pilleri



Hidrojen Alanında Yayınlanan Makale ve Patent Sayıları



- Bilgiler Web of Science Veritabanından alınmıştır (2005-2019)
- Dünyada, içeriğinde hidrojen olan toplam 572. 447 makale yayınlanmıştır.
- Dünyada içeriğinde hidrojen olan son birkaç yıl içinde ortalaması 50 bin/yıl makale yayınlanmaktadır.
- 2019 yılında Çin yaklaşık 19.000 makale yayınlamıştır.
- Türkiye tarafından toplam 8.135 makale yayınlanmıştır.
- Türkiyede içeriğinde hidrojen olan son birkaç yıl içinde ortalaması 800 / yıl makale yayınlanmaktadır.

Hidrojen ve Yakıt Pilleri

Hidrojen; **bolluğu, yüksek enerji yoğunluğu** ve **çevresel açıdan zararlı olmaması** nedeniyle artan verimli ve temiz enerji talebini karşılamak için alternatif bir enerji kaynağıdır.

Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanımındaki Avantajları

- ✓ Yanma enerjisi aynı ağırlıktaki benzine oranla 2,75 kat daha fazladır
- ✓ Zehirli değildir
- ✓ Tükenmez bir enerji kaynağıdır
- ✓ Temiz bir enerji kaynağıdır
- ✓ Depolanabilir ve taşınabilir
- ✓ Diğer enerji türlerine dönüştürülebilmektedir
- ✓ Hidrojenden yüksek verimde enerji elde edilebilir
- ✓ Yüksek alevlenme hızına sahiptir
- ✓ Geniş tutuşma aralığına sahiptir

- Hidrojen Havadan **14.4 kat daha** hafiftir. Temiz, zehirsiz ancak patlayıcı yanıcı bir gazdır.
- Hidrojen **gazı -253 °C de** sıvılaşmaktadır.
- Sıvı Hidrojen gaz halinin 700 de biri kadardır.
- Birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir.
- Hidrojenin 1 kg 140 mJ/kg
- 1 Kg hidrojen enerjisi **2.1 Kg doğal gaz**
- **2.8 Kg** Petrolün sahip olduğu enerjiye eşdeğerdir.
- Ancak birin enerji başına **hacmi yüksektir.**
- Hidrojen petrol kökenli yakıtlara nazaran 1.33 kat daha verimli bir yakıttır.
- Hidrojen diğer yakıtlar ile karşılaştırıldığında 3 kat daha pahalıdır.
- Elektrik 20 yüzyılın enerji taşıyıcısı.

21 yüzyılın enerji taşıyıcısı hidrojenidir.

- 65 litrelik bir arabanın (47 kg) benzin deposuna karşılık gelen hidrojen enerjisi **17 kg dır.**
- Yakıt pillerinde yakmaya göre verim daha yüksektir.

Yakıt Pilleri

Günümüzde hidrojen konusunda gerçekleştirilen çalışmaların büyük bir kısmı **yakıt pilleri** ve **otomotiv sektörüne** yöneliktir.

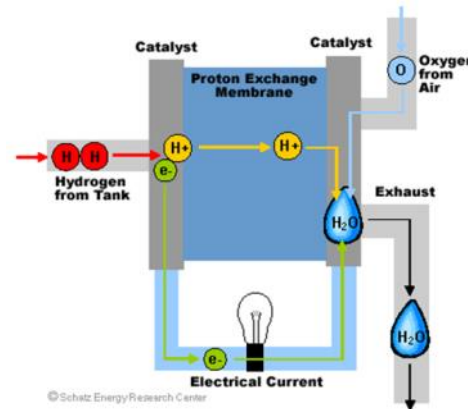
Yakıt Pilleri, yakıttaki kimyasal enerjiyi yüksek verimle elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır.

Avantajlar

- Çevre dostu (atık olarak saf su buharı ve ısı oluşur)
- Yüksek enerji verimi,
- Kompakt yapı ,
- Sessiz çalışma ,
- Enerji dönüştürücüde hareketli parça olmaması
- Yakıt esnekliği
- Kontrol edilebilme
- Ölçü/boyut esnekliği

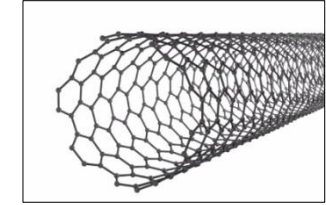
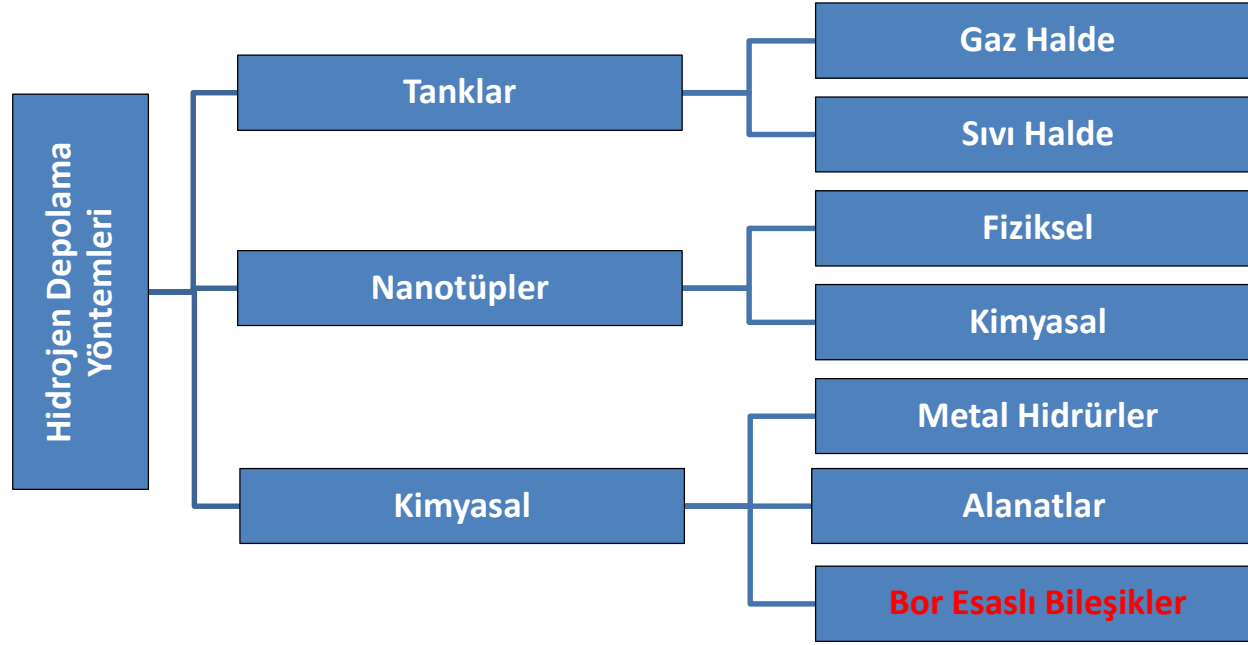
Problemler

- Hidrojenin güvenli şekilde depolanması
- Yüksek maliyet
- Dağıtım altyapısı bulunmaması



- **1 ton kömürü benzine** dönüştürülüp kullanıldığında otobüsün gideceği mesafe: **708 km**
- **1 ton kömürü elektriğe** dönüştürülüp kullanıldığında otobüsün gideceği mesafe: **722 km**
- **1 ton kömürü hidrojene** dönüştürülüp yakıt pilinde kullanıldığında otobüsün gideceği mesafe: **1030 km**

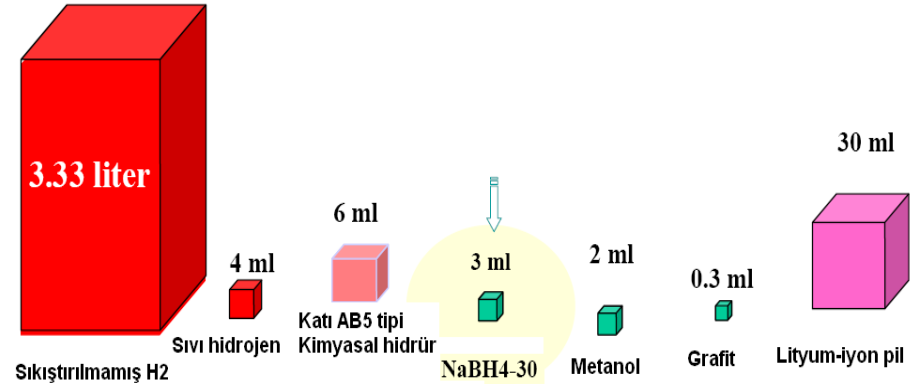
Hidrojen Depolama Yöntemleri



Enerji Yoğunluğu

H ₂	: 33 320 W.h/kg
Doğal Gaz	: 14 889 W.h/kg
LPG	: 13 778 W.h/kg
LNG	: 14 889 W.h/kg
Benzin	: 12 700 W.h/kg
NaBH ₄	: 9 285 W.h/kg
Metanol	: 6 200 W.h/kg

% 100 kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesi durumunda
10Wattsaat elektrik enerji ihtiyacı için eşdeğer yakıt hacimleri

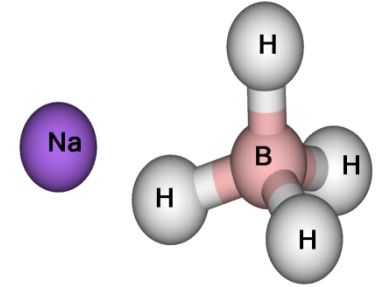


Sodyum Borhidrür (SBH)

- Ticari olarak üretilip kullanılan bor hidrürlerin en önemlisi.
- En önemli potansiyel kullanım alanı “hidrojen depolama” ve “yakıt pilleri”

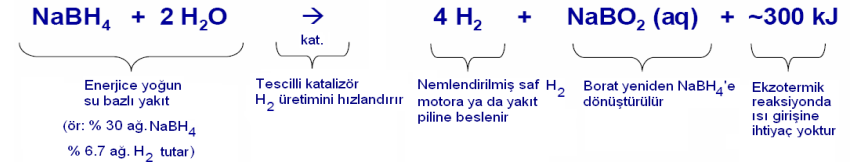
Sodyum Borhidrürün Diğer Hidrojen Taşıma Ortamlarına Göre Avantajları

- Saf NaBH_4 ağırlıkça %10,8 H_2 içermektedir.
- SBH yapısındaki hidrojenin elde edilmesi için, su ile katalitik hidroliz tepkimesinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Su ile hidrolizi sonucu suyun içerdiği hidrojeni de açığa çıkarır. SBH'den elde edilen toplam hidrojen miktarı, ağırlıkça yaklaşık %21'e ulaşır.
*Bu özelliğinden dolayı yakıt pillerinde H_2 depolama aracı veya Doğrudan yakıt olarak kullanılabilir.
- Yanıcı/patlayıcı değildir.
- Reaksiyon hızı kolay kontrol edilebilir.
- Katalizör ve sodyum metaborat tekrar kullanılır.
- Sürüş menzilin diğer yakıt hücreli taşıtlara göre daha uzun olması nedeniyle hidrojenin depolanması konusunda diğer yöntemlere göre avantajlıdır.
- Sodyum borhidrür çözeltisinden katalitik olarak elde edilen hidrojen gazı,
 - * Yakılarak,
 - * Geri dönüşümlü pil olarak,
 - * Yakıt pilinde kullanılarak enerjiye dönüştürülebilir.



Kullanım alanları:

- Kağıt sanayinde kağıt hamurunun ağartılması
- Tekstilde atıkların indirgenmesi
- Seramik ve porselen sanayinde porselen hamurunun ağartılması
- Deri sanayinde derilerin ağartılması
- Füze yakıtlarında katkı maddesi olarak
- Yüksek enerjili jet motorlarında ve roketlerde yakıt ve saf hidrojen kaynağı
- Gözenekli plastik üretiminde köpürtme maddesi olarak
- Ketonların ve yüksek alkollerin renklerinin giderilmesi
- Organik kimya sanayinde
- Atık Sulardan Ağır Metallerin giderilmesi
- Hidrojen Taşıma/Depolama



BOREN Hidrojen Ar-Ge Faaliyetlerindeki Kilometre Taşları



BOREN
Faaliyete
Başladı
2004



Sodyum Borhidrür
(SBH) Sentezi ve
Üretimi projesi
tamamlandı
2008



Sodyum Borhidrür
Yakıt Pili Araç
Yapıldı
(BORMOBİL)
2012



Elektrikli Araçlar
için Bor Temelli
Yakıt Pili Menzil
Arttırıcı Geliştirildi
2016



III. Nesil Yakıt
Pili Araç Projesi
Başlatıldı
MAMBORGEN-e
2019

2007

100 W Doğrudan
Sodyum Bor
Hidrürlü Yakıt
Pili Üretimi ve
Entegrasyonu
yapıldı.
(BORCELL)



2011

Sabit
Uygulamalar için
1 kW Doğrudan
Sodyum
Borhidrürlü Yakıt
Pili Geliştirildi



2015

İnsansız Hava Aracı
(İHA) için Bor
Temelli Hidrojen ve
Yakıt Pili Sistemi
Geliştirildi



2018

Hidrojen Teknolojileri
Laboratuvarı BOREN'e
Tahsis Edildi





- 2018 yılında imzalan Protokol ile, mülga YEGM bünyesinde bulunan Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı Enstitümüze devredilmiştir.
- Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı, hidrojen ve yakıt pili teknolojilerinde en modern test ve ölçüm ekipmanlarıyla donatılmıştır. Laboratuvarın amacı hidrojenin temiz enerji kaynağı olarak kullanılmasını teşvik etmek ve enerji verimliliğini artıran tekniklerin ve yöntemlerin araştırılması, geliştirilmesi için gerekli teknolojik ortamı sağlamaktır.
- Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimine katkı sağlayacak Bor'a dayalı hidrojen enerjisi ile diğer hidrojen enerjisi teknolojilerinin araştırılması, geliştirilmesi ve geliştirilen teknolojinin sahada uygulanabilmesi hedeflenmektedir.
- Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarında proje çalışmalarının yanı sıra, hidrojen ve yakıt pilleri konularında üniversiteler, araştırma kurumları ve özel sektörden gelen test ve analiz taleplerinin karşılanmasına yönelik hizmetler de sunulmaktadır.



HTL Altyapısında Bulunan Başlıca Cihaz ve Sistemler



Gaz Kromatografi Cihazı (GC)

Eş Zamanlı Termal Analiz Cihazı (TGA-DSC)

Yüksek Basınç Gaz Adsorpsiyon-Desorpsiyon Cihazı (HPVA)

Yüzey Alanı ve Gözeneklilik Ölçüm Cihazı (BET)

Optik Temas Açısı ve Yüzey Gerilimi Ölçüm Cihazı

Yüksek Performans Sıvı Kromatografi Cihazı (HPLC)

UV Görünür Bölge Spektrofotometre Cihazı

Yakıt Pili Test Sistemi 125 W

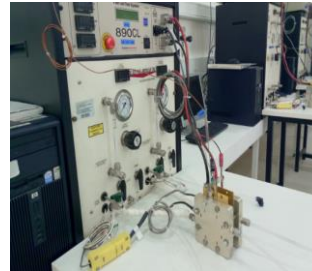
Yakıt Pili Test Sistemi 1 kW

Yakıt Pili Test Sistemi 2 kW

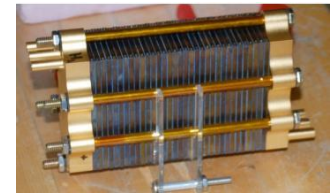
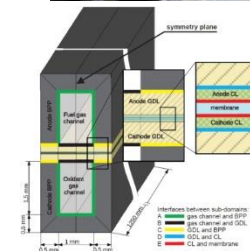
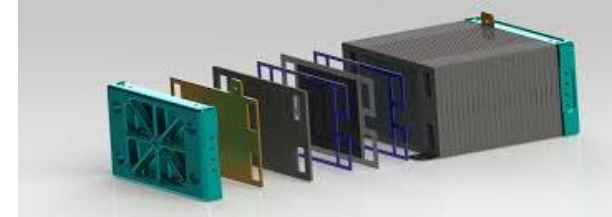
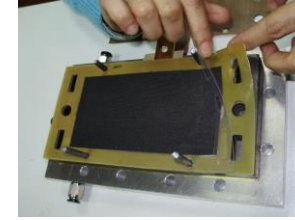
Yakıt Pili Test Sistemi 12 kW

Elektrokimyasal Test Sistemi

Glove Box



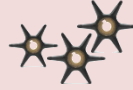
- **Membran Geliştirme ve Karakterizasyonu**
- **Katalizör Geliştirme ve Karakterizasyonu**
- **Bipolar Plaka ve Gaz Difüzyon Tabakası Geliştirilmesi**
- **Hidrojen Depolama**
- **Gaz Bileşimi Analizi**
- **Hidrojen Üretimi**
- **Modelleme**
- **Sistem Entegrasyonu ve Modifikasyonu**



BOREN SON DÖNEM FAALİYETLERİ

1. Hidrojen Teknolojileri Laboratuvarı

- Üniversite + Sanayi + BOREN ortak hareket ediyor



2. Araştırma Geliştirme Yeteneği, Yetişmiş İnsan Gücü

- Bor Bursu
- Yurtdışı Bursu



3. Bilgi Üretme ve Ticarileşme

- Yatırım Pazarı

4. Bilgiyi Arşivleme ve Yayma

- Kütüphane
- Derleme Arşivi
- Bor Dergisi
- Akademik Bilimsel Sempozyum çalışmaları



5. Bilimsel Etkinlikler

- AGROBOR II (2020 Nisan ilk haftası)
- Sağlıkta Bor Sempozyumu (2020 Ekim)



BOREN BEKLENTİLERİ

Hidrojen konusunda bilgi birikiminin oluşturulması, ihtiyaç duyulan nitelikli araştırmacıların yetiştirilmesi

- BOREN'in ihtiyaç duyduğu hidrojen alanındaki Ar-Ge konularında çalışmaların yapılabilmesi
- Hidrojen konusunda master ve doktora burs programlarına lisans öğrencilerinin yönlendirilmesi. Hatta lisans 3. ve 4. sınıfta BOREN HTL'nda stajyer olarak çalışılması
- MEB'in yurtdışı Bor Burslarına nitelikli öğrencilerin başvuru yapması
- BOREN'in HTL'nda ihtiyaç duyduğu laboratuvar cihazlarının bitirme ödevi olarak tasarlanması, üretilmesi ve kullanılması
- Üniversitelerin ve BOREN'in Hidrojen Teknoloji Laboratuvarı altyapı imkanlarının karşılıklı kullanımının sağlanması
- Journal of BORON dergisine ilgi gösterilmesi

TEŞEKKÜR EDERİM