

TÜRKİYE’DE LI-ION PİL ÜRETİMİ YATIRIMLARI

Ahmet Turan ÖZDEMİR^{1,2*}

¹Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38039, Türkiye

²Aspilsan Enerji A.Ş., Kayseri, 38350, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 25.04.2023 Kabul Tarihi/Accepted Date: 01.05.2023 DOI: 10.54365/adyumbd.1287578

ÖZET

Dünyada ve ülkemizde küresel ısınmayı önlemek adına pek çok faaliyet sürdürülmektedir. Bu faaliyetlerden en önemlisi ise şüphesiz fosil yakıtların kullanımının sınırlandırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıdır. Bu alanda sürdürülen faaliyetlerin başında ise araçların neden olduğu karbon emisyonunun düşürülmesi gelmektedir. Yeni nesil araçların elektrikli olarak üretilmesi ve içten yanmalı motorların üretiminin kısıtlanması enerji depolama sistemlerine olan ilgiyi arttırmıştır. Verimli enerji depolama sistemleri için li-ion pil kimyası oldukça rağbet gören bir teknolojidir. Ülkemiz de bu dönüşüme yabancı kalmayarak bir dizi yatırımı devreye sokmuştur. Kayseri’de 2022 yılında 18650 li-ion şarj edilebilir pil ile seri üretime geçmiş olan Aspilsan Enerji bu yatırımlarda öncü olmuştur. Ülkemizin bölgesinde bir batarya üreticisi olma misyonunu destekleyen yatırımlar zaman içerisinde devreye alınmaktadır. Batarya teknolojisinin tam anlamıyla ülkemize kazandırılması için kıymetli madenlerin çıkarılması, madenlerin pil isterlerine uygun şekilde işlenmesi, hücre tasarımı ve üretimi, paketleme, fabrika tasarımı, makine imalatı ve geri dönüşümü kapsayan sürecin bütünüyle yönetiliyor olması gerekir. Bu kabiliyetin ülke olarak kazanımının mümkün olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Li-Ion, Batarya, Pil, Yenilenebilir Enerji, Enerji Depolama Sistemleri

LI-ION CELL MANUFACTURING INVESTMENTS IN TÜRKİYE

ABSTRACT

Many activities have been carried out in the World and in our country in order to prevent global warming. The most important of these activities is undoubtedly the limitation of the use of fossil fuels and support the use of renewable energy sources. The first step of these activities is the reduction of carbon emissions caused by vehicles. New generation electrical vehicles and the restriction of the production of internal combustion engines have increased the demand on energy storage systems. Li-Ion battery chemistry is a popular technology for efficient energy storage systems. Türkiye has interested in this transformation and has put in place a series of investments. Among these investments, Aspilsan Energy, which started mass production with 18650 Li-Ion rechargeable batteries in 2022 in Kayseri, has been the pioneer. Investments that support the mission of being a battery manufacturer as Türkiye in our region are put into use over time. In order for battery technology to be fully adopted to Türkiye, the process covering the minning of valuable materials, processing of mines in accordance with battery requirements, cell design and production, packaging and recycling must be managed completely. Türkiye can gain the capability of managing whole battery production process from beginning to the end.

Keywords: Li-Ion, Battery, Cell, Renewable Energy, Energy Storage Systems

1. Giriş

Hızla tükenen Dünya enerji kaynakları ve küresel ısınma, fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı sorgulamamıza neden olmaktadır. Bu anlamda daha yaşanabilir bir çevre için sera gazı salınımını azaltmaya yönelik eylemler yürürlüğe sokulmaktadır. Bugün bazı büyük araç üreticileri dizel araç

¹e-posta: aturan@erciyes.edu.tr ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2796-1384> (Sorumlu Yazar)

modellerinin üretimlerini durdurdu. Bunun yanında bazı ülkeler içten yanmalı motorlu araçların bazı şehirlerde kullanımını yasakladı. Bu yasakların kapsamı 2030 yılından sonra daha da genişleyecektir. Ülkemizde karbon salınımını azaltmaya yönelik faaliyetlerin özendirilmesi ve planlanması amacıyla pek çok çalışma yapılmaktadır. 2022 yılında Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından Konya’da düzenlenen İklim Şurası bu faaliyetlerden biridir [1]. Bu ve benzeri çalışmaların neticesinde fosil yakıtların kullanımı azaltılarak, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı noktasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ülkemizde güneş ve rüzgâr yolu ile üretilen elektriğin miktarı her geçen gün artmaktadır. Elektrik enerjisinin çeşitlenmesi ile farklı kaynaklardan üretilen elektriğin yönetilmesi gündeme gelmiş ve bu ihtiyacı karşılamak noktasında depolama çözümleri zaruri olmuştur. Gerek elektrikli araçların yaygınlaşması gerekse güneş ve rüzgâr gibi alternatif kaynaklar ile elektrik üretimi, enerji depolama sistemlerine olan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır [2]. Örneğin Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından 19 Kasım 2022’de Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe sokulan Rüzgâr ve Güneş Sahaları İçin Depolamalı Santral modeline toplam 164 GW kapasitede 2753 adet önlisans başvurusu yapılmıştır [3].

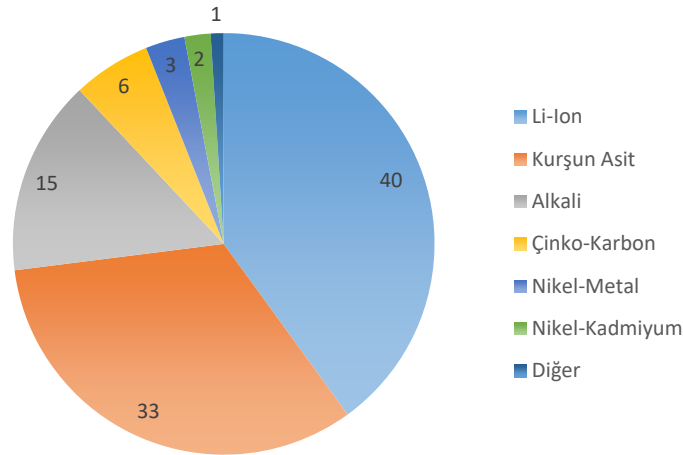
Depolama sistemleri sadece enerji santrallerinde kullanım ile sınırlı olmayıp ev tipi depolama sistemleri, kesintisiz güç kaynakları, insansız hava/deniz araçları, telekomünikasyon, medikal cihaz, iş makineleri, yeni nesil jeneratörler, raylı sistemler, deniz araçları gibi pek çok alanı da direk olarak ilgilendirmektedir. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yayınlanan “Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası” strateji belgesinde [4] “Batarya ve Yenilikçi Enerji Teknolojileri” kritik projeler arasında ifade edilmiştir.

Enerji depolama sistemlerinin ilerleyen zamanda gündemimizi daha çok meşgul edeceği yadsınamaz bir gerçektir. Bugün Dünya dengelerinin önemli bir bileşeni enerjidir. Enerjiye olan bağımlılık ülkelerin güvenlik endişelerini tetiklemektedir. Nükleer enerji ve hidrojen teknolojileri enerjide bağımsızlık için birer çıkış gibi görünmesine rağmen bu teknolojiler halen li-ion pil teknolojisinin sunduğu avantajların gerisindedir. Örneğin nükleer enerji taşınabilir uygulamalar için uygun olmadığı gibi pek çok güvenlik problemini de beraberinde getirmektedir. Bunun yanında hidrojen teknolojileri henüz maliyet etkin enerji arzını mümkün kılamamakla birlikte depolama ve lojistiği önemli birer sorun olarak devam etmektedir. Bu bakımdan li-ion pil teknolojisinin önümüzdeki beş yıl için özellikle de mobil enerji depolama sistemlerinin en çok tercih edilen çözümü olacağı görülmektedir.

2. Materyal ve Metod

Enerji depolama teknolojileri mekanik, elektrokimyasal, elektriksel, ısı, termokimyasal ve kimyasal yöntemler şeklinde sınıflandırılabilir. Mekanik depolama için en çok bilinen uygulamalar pompaj sistemleri ve sıkıştırılmış hava olarak verilebilir. Kapasitörler elektriksel yöntemlere, güneş enerjisi sistemleri ısı yöntemlere, pil ve aküler ise elektrokimyasal yöntemlere örnek olarak verilebilir. Termokimyasal ve kimyasal yöntemler için depolamaya doğrudan bir örnek vermek mümkün değildir. Ancak depolanmış hidrojen ile geliştirilmiş uygulamaların bütünü, dönüşüm başlığı altında tanımlanabilir [5].

Elektriksel depolama için elektrokimyasal yöntemler en yaygın uygulamaları kapsar; süper kapasitörler, akış bataryaları, farklı kimyalarda pil ve aküler bu grubun önemli uygulamaları arasında sıralanabilir. Enerji yoğunluğu, maliyet ve boyut avantajları nedeni ile özellikle taşınabilir uygulamalarda elektrokimyasal yöntemler sıklıkla tercih edilmektedir. Bu marketin şüphesiz en çok tercih edilen teknolojisi ise li-ion hücrelerdir. Taşınabilir ve elektronik araç endüstrisi marketinde satılan elektrokimyasal bataryalar incelendiğinde, pazarı li-ion bataryalarının domine ettiği görülmektedir [6]. Şekil 1’de 2019 yılı verileri kullanılarak hazırlanmış olan batarya marketinin elektrokimyasal paylaşımı grafiksel olarak verilmiştir. Kurşun-asit akülerin mevcut elektrikli araçlar üzerindeki kullanımı gün geçtikçe azalmaktadır. Özellikle iş makineleri sınıfında forklift uygulamaları özelinde, hızlı şarj, hafiflik ve uzun ömür açısından li-ion bataryaların daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Bu bakımdan li-ion bataryaların gelecekte daha büyük bir pazara hitap etmesi beklenmektedir.



Şekil 1: Taşınabilir ve Elektrikli Araç Pazarı Batarya Market Paylaşımı 2019 [6].

Küresel batarya kullanımı incelendiğinde 2019 yılında tek kullanımlık yani birincil pillerin marketin %27'sini, şarjlı yani ikincil pillerin ise marketin %73'ünü oluşturduğu görülmektedir [7]. Aspilsan Enerji tarafından üretilen şarj edilebilir li-ion bataryalar ev tipi uygulamalar, tüketici elektroniği, medikal cihazlar, iş makineleri, askeri uygulamalar, lojistik, telekomünikasyon, elektrikli araçlar, hava araçları, giyilebilir uygulamalar, deniz ve raylı sistemler gibi pek çok alanda kullanılmaktadır bkz. Şekil 2.

Şarj edilebilir elektrokimyasal bataryaların gelişimi hatırlanacak olursa kurşun-asit ile başlayan 30 Wh/kg seviyelerindeki enerji yoğunluğu Ni-Cd bataryalar ile 70 Wh/kg seviyelerine çıkarılmış, bugün ise li-ion bataryalar ile 200 Wh/kg seviyelerinde ticari olarak üretilmektedir. Günümüz li-ion pillerinde negatif elektrota silikon yerleştirmek sureti ile kapasite 300 Wh/kg seviyelerine kadar çıkarılabilmektedir. Son zamanlarda Li-S bataryalar ile kapasitenin 500-600 Wh/kg seviyelerine çıkarılabileceği deneysel olarak gözlemlenmiştir. Li-hava bataryalarda ise enerji yoğunluğu için 3,5 kWh/kg teorik limit bulunmakla birlikte pratik uygulamaları halen geliştirme aşamasındadır [8].

Li-ion pillerin enerji yoğunluğu kurşun-asit ve Ni-Cd pillerden çok daha yüksek olduğu için önemli bir avantaja sahiptir. Bununla birlikte lityum elementinin özgül ağırlığı 0,534 g/cm³ iken kurşun için bu değer 11,34 g/cm³ seviyelerindedir [9]. Ayrıca Ni-Cd ve Ni-Md piller 1,2 V hücre voltajına sahipken lityum pillerde hücre voltajı 3,7 V civarındadır. Bütün bu avantajları sebebiyle lityum mükemmel bir pil malzemesi olarak sektörde hakkettiği ilgiyi görmektedir.

Küresel stratejiler dikkate alındığında, elektrokimyasal depolamanın karbon emisyonunu azaltmak ve artan mobilite ihtiyaçlarını karşılamak için son derece önemli olduğu görülmektedir. Ancak elektrokimyasal pillerin imalatında belli kıymetli madenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Tıpkı bütün diğer kaynaklar gibi bu madenler de dünyada sınırlı olduğundan, öncelikle madenlerin keşfi ve çıkarılması, hücre isterlerine uygun şekilde işlenmesi, hammadde çeşitliğinin artırılması için farklı kimyalarda pil reçetelerinin tasarımı, pil üretimi, ikincil kullanımlar, sonrasında geri dönüşüm ve geri kazanım süreçlerinin her biri son derece kritiktir.

2.1. Fabrika Tasarımı ve Makine Parkuru

Pil üretimi için ihtiyaç duyulan tesislerin belli standartlara sahip olması gerekmektedir. Fabrika tasarımı önemli bazı teknik yetkinlikler gerektirmektedir. Fabrika alanının büyüklüğü ve fiziksel özellikleri, bu fabrikada yapılacak olan üretimin niteliğine ve ölçeğine göre

değişmektedir. Kullanılacak makinelerin teknik özellikleri, tavan yükseklikleri, zemin özellikleri, kapı ve koridor genişlikleri, üretim hattının uzunluğu, ihtiyaç duyulan istasyonların sayısı ve nitelikleri, kuru ve temiz odalar, yangın başta olmak üzere güvenlik tedbirlerinin alınması farklı uzmanlık ve tecrübeleri gerektirmektedir. Bu anlamda ülkemiz için pil ve batarya üretim fabrikalarının tasarım ve inşası süreci önemli mühendislik fırsatları barındırmaktadır.

Fabrikada hammaddelerin depoya alımı, testi ve kabulü devamında ise bu malzemelerin karıştırma makinelerine transfer edildiği birimden itibaren başlayarak, elektrot kaplama, fırınlama, haddeleme, kesme, sarma/desteleme (montaj) ve formasyon sürecine kadar pek çok makine ve elektronik kontrol sistemi ülkemizde tasarlanıp üretilecek niteliktedir. Örneğin iklimlendirme sistemleri, kuru ve temiz odalar için yerli çözümler başarılı bir şekilde Aspilsan Enerji Mimarsinan OSB tesislerinde devreye alınmıştır [10]. Ayrıca pil üretiminde kullanılan test makinelerinin pek çoğu yine yerli imkanlar ile üretilecek özelliktedir. Bu test makinelerinden bazıları düşme testi, yanma testi, ezme testi gibi fiziksel hareketleri icra eden basit düzeneklerden oluşmaktadır. Ülkemizde pil üretiminde kullanılan bazı test cihazlarının yerli olarak imalatı yapılmaktadır [11].

2.2. Pil Tasarımı ve Üretimi

Ülkemizde Aspilsan Enerji tarafından 1993-96 yılları arasında Varta lisansı ile Ni-Cd ikincil pil üretimi yapılmıştır. Aspilsan Enerji 2022 yılında devreye almış olduğu yeni tesisi ile NMC kimyasında li-ion silindirik ikincil pil üretimine geçmiştir [12]. Bunun yanında ülkemizde bir dizi yatırım daha hayata geçme aşamasındadır. 2023 yılı içerisinde Kontrolmatik Ankara Polatlı'da Pomega isimli yatırımı ile LFP prizmatik ikincil pil üretim tesisini devreye almayı planlamaktadır. Bunun yanında TOGG Bursa Gemlik'te yabancı bir ortak ile birlikte NMC kimyasında li-ion kese tipi ikincil pil üretim tesisini SIRO isimli yatırımı ile devreye almaya çalışmaktadır. Önemli otomobil üreticileri olan FORD ve Toyota firmalarının da ülkemizde batarya üretim tesisleri kurmak yönünde gayretleri bulunmaktadır. Bunun yanında akü üreticilerinin de yurtiçi ve yurtdışı yatırımlar ile kurşun asitten lityuma dönüşüm için yatırım faaliyetlerinde bulundukları bilinmektedir. Ayrıca prototip olarak pilot tesislerde reçete ve hücre geliştirme faaliyetleri sürdüren bazı araştırma merkezlerimiz bulunmaktadır. Bu merkezlerden en önemlisi elektrot üretme kabiliyeti de bulunan Tübitak RUTE'dir. Üniversitelerimizde bazı gruplar reçete tasarımları, yeni anot ve katot tasarımları üzerine çalışmalar sürdürmektedir. Bu alanda yapılan akademik çalışmalar zaman içerisinde özel sektör yatırımları ile birlikte üniversite-sanayi iş birliğine dönüşmektedir.



Şekil 2: Bataryaların Kullanım Alanları [11]

2.3. Batarya Paketleme

Batarya paketleme, pil ekosistemi içerisinde katma değeri en yüksek olan alanı oluşturmaktadır. Batarya paketi oluşturmak önemli bir bilgi birikimi gerektirmektedir. Pil kimyasına uygun bir şekilde şarj ve deşarjın sağlanması için gerekli elektronik kontrolün ve yazılımın oluşturulması şarttır. Batarya paketinin sağlığı, kalan kapasitenin belirlenmesi, pil ömrü ve yaşlanmaya bağlı olarak batarya paketinin karakteristiğinin kestirilmesi için yazılımlar geliştirilmektedir. Batarya şarj durumu tahminleme yapay zekâ, deneysel ölçümleme ve matematiksel hesaplama gibi pek çok yöntem ile yapılmaktadır. Batarya çok sayıda değişkeni barındıran karmaşık ve lineer olmayan bir yapıdır. Bu bakımdan batarya durumlarının doğru bir şekilde belirlenmesi için model tabanlı veya tahminleme esaslı teknikler sıklıkla kullanılmaktadır. Batarya yönetim yazılımlarının en önemli görevlerinden biri ise son derece ciddi sonuçlar doğuracak olan kısa devre, aşırı akım çekme, ısınma gibi tehlikeli durumların tespiti ve gerekli önlemlerinin alınmasıdır. Batarya paketlemede önemli bir husus da termal kontroldür. Batarya paketinden akım çekildikçe ortaya çıkan ısı pilin performansını olumsuz yönde etkilemekte ve verimliliğini düşürmektedir. Bu bakımdan batarya paketi üzerindeki ısının uygun yöntemler ile toplanması ve kontrol altında alınması önemli bir mühendislik problemidir.

Ülkemizde pek çok paket üreticisi bulunmakla birlikte bunların en bilinenleri Aspişan Enerji, Altınay Elektromobilité, AVL, FEV, Ottomotive, Batkon, Go Battery, Imecar, Batron gibi firmalardır. Bunun yanında TOGG, FORD, BMC gibi kendi araçları için batarya üretimi yapan firmalar da bulunmaktadır.

2.4. Hammaddede ve Pil Bileşenleri Üretimi

Pil hammaddesi konusunda ülkemizde ilgi çeken girişimlerden birisi Eti Maden'in bor atıklarından lityum eldesi projesi olmuştur. Ancak atıktan üretilen lityum, miktar olarak ihtiyacı karşılamaktan uzaktır. Ülkemizde lityum pil üretimi için gerekli maden ve hücre bileşenleri konusunda yapılan bazı çalışmalar olumlu sonuçlar vermiştir. Eti Bakır Mazıdağı işletmesinde kobalt karbonat üretmeye başlamıştır. Hücre bileşenleri alanında Asaş Alüminyum ve Assan Alüminyum firmaları üretmiş oldukları alüminyum plakaları katot elektrot içerisinde kullanılacak kaliteye çıkarmak için önemli faaliyetler sürdürmüş ve başarılı sonuçlar alınmıştır [13,14]. Bunun yanında bakır üreticileri anot elektrot için folyo üretimi konusunda çalışmalar sürdürmektedir. Ülkemizde üretim kapasitesi arttıkça seperatör gibi pil bileşenlerinin üretiminin de yerli üreticiler tarafından yapılabileceği değerlendirilmektedir. Aktif madde alanında NiCAT firması geliştirdiği katotların hücre üretiminde kullanılması için ciddi faaliyetler sürdürmektedir [15]. Elektrot bileşenleri alanında Nanografi firması grafen bazlı anotlar ile yeni nesil lityum piller üzerine çalışmalar sürdürmektedir.

2.5. İkincil Kullanımlar

Bataryalar için çevrim ömrü olarak ifade edilen bir kullanım ömrü parametresi bulunmaktadır. Bu parametre bir pilin sağlık durumunun tahminlenmesi hakkında en önemli veriyi oluşturmaktadır. Bu değer bir bataryanın başlangıç kapasite değerini %80 oranında koruyarak kaç defa şarj edilebileceğini tanımlar [16]. Lityum bataryalarda, bataryadan birim zamanda çekilen gücün miktarı, şarj hızı, yüksek sıcaklık altında çalışma süresi arttıkça bataryanın yapısı bozulmakta ve ömrü azalmaktadır. Sahada müşteri bulabilmek için bataryanın kwh başına birim üretim maliyeti ile batarya ömrü arasında anlamlı bir ilişki kurmak gerekmektedir. Örneğin kurşun asit aküler için kwh başına maliyet 100 \$ seviyesinde iken

çevrim ömrü 500 civarındadır. Bununla birlikte LFP bataryalar için kwh başına maliyet 300 \$ seviyelerinde iken çevrim ömrü 4400 gibi yüksek değerlerdedir [17].

Bataryaların geri dönüşüme girmeden önce %80 kapasitenin altında çalışsa dahi iş yapabileceği farklı alanlar bulunmaktadır. Örneğin araç bataryaları için enerji depolama sistemleri mükemmel bir ikincil kullanım alanı olmaktadır. Özellikle bina tipi depolama, depolamalı güneş ve rüzgâr enerji sahaları oldukça yüksek kapasitelerde depolamaya ihtiyaç duymaktadır. İkincil kullanımlar için bir bataryanın performansının ve ekonomik değerinin belirlenmesi hususu da çözülmesi gereken önemli bir ihtiyaç olarak görülmektedir.

2.6. Geri Dönüşüm ve Geri Kazanım

Pil üretiminde kullanılan madenlerin sınırlı, işlenmesinin maliyetli ve kalitesinin çok yüksek olması nedenleri ile ikincil ömürlerini de tamamlamış olan bataryaların çöpe gitmesi yerine sahip oldukları kıymetli madenlerin tekrar kazanılması icap etmektedir. Bununla birlikte geri dönüşüm sadece ekonomik ömrünü tamamlamış bataryalar için değil aynı zamanda üretim esnasında çıkan artık, hurda ve atıklara da rahatlıkla uygulanabilmektedir [18]. Ülkemizde bu alanda faaliyet gösteren bazı firmalar için Exitcom, Ekovar ve Niocycle örnek gösterilebilir. Bu alanda daha fazla girişimin hayat bulması ve farklı madenlerin kazanımı konusunda uzmanlaşılması için yeterince fırsat bulunmaktadır.

3. Sonuçlar

2020 yılında Cumhurbaşkanlığı Yatırım Ofisi ve Tübitak Tüside koordinasyonunda hazırlanan, ülkemiz batarya pil ekosistemi yeteneklerini özetleyen “Batarya ve Yenilikçi Enerji Teknolojileri Çalışma Grubu Raporu” önemli bilgiler sunmaktadır [19]. 2021 ve 2022 yılları arasındaki gelişmeleri kapsayan yeni bir rapor Cumhurbaşkanlığı Bilim Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu ve Tübitak işbirliği ile hazırlanmış ancak sonuç raporu henüz kamuoyu ile paylaşılmamıştır.

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Proje Bazlı Devlet Teşviği ile TOGG, Aspilsan Enerji ve Toyota firmalarını pil ve batarya üretimi konusunda desteklemiştir. Yine Bakanlığımız Mobilite Araç ve Teknolojileri Yol Haritası kapsamında Hamle programı ile Emobilite çağrısında 31 firmaya teşvik vermiştir. Bu proje teşvikleri otonom sürüş, elektronik görü, araç yapısalı, batarya yönetim sistemleri gibi pek çok farklı alanda verilmiştir. Bakanlığın bu yöndeki gayretleri ülkemizde bir pil ekosistemi oluşmasına katkı sağlamaktadır.

Aspilsan Enerji’nin 2022 yılında 7.sini düzenlemiş olduğu geleneksel pil çalıştayları her yıl farklı bir tema ile ülkemizdeki ekosistemi yılda bir defa buluşturmaktadır. Bu çalıştaylar ekosistemin bütün paydaşlarını bir araya getirmekte ve önemli bir sinerji oluşturmaktadır. Özel ve resmi kurum/kuruluş yetkilileri, sektör temsilcileri, mühendisler, iş geliştiriciler, girişimciler, imalatçılar, müşteriler ve araştırmacıları bir araya getiren bu etkinliklerde pek çok iş birliği hayata geçirilmektedir.

Ülkemizin bölgesinde önemli bir batarya üreticisi olması için madencilikten geri dönüşüme, hücre tasarımından anahtar teslim fabrika kurmaya, makine imalatından test cihazlarına kadar uzanan bütün süreci yönetebiliyor olması gerekmektedir. Ülkemizin sahip olduğu sanayi altyapısı ve nitelikli insan kaynağı ile erişmiş olduğu teknik bilgi seviyesi bütün süreci sahiplenecek kapasitededir. Bugün Avrupalı pek çok üretici Uzakdoğu’dan almış oldukları ham madenleri işleyerek pazara yüksek katma değer ile sunmaktadır. Ülkemiz konumu itibarı ile madenciler ve pil üreticileri arasında önemli bir istasyon olma potansiyeline sahiptir.

Pil üretiminde kullanılacak makinelerin ülkemizde imalatı konusunda kabiliyetlerimizi değerlendirmek gerekirse; pil üretimi için depodaki hammaddeyi otomatik ölçekleme ile alarak başka alanlara taşıyan taşıyıcı sistemler ile toplanan hammaddeleri karıştırmaya yarayan karıştırıcı sistemler,

gıda ve ilaç endüstrisinde hali hazırda kullanılan benzer işleri yapan makineler ile oldukça yakın özelliklerdedir. Bu alanda faaliyet yürüten firmalar pil üretim tesislerinde bulunan dozlama ve karıştırıcı sistemleri kolaylıkla tasarlayıp üretebilirler. Elektrot kurutma fırınları, gıda imalatçıların kademeli kurutma fırınları ile oldukça benzer özelliktedir, bu alanda ülkemizde var olan teknik bilgi elektrot kurutma fırınlarının imalatında rahatlıkla kullanılabilir. Elektrot kesme düzenekleri, matbaa makine imalatı yapan firmalar tarafından hızlıca geliştirilebilecek özelliktedir. Montaj hattı, imalatın en karmaşık makinelerinin olduğu bölümü oluşturmakla birlikte, ülkemizdeki tekstil makinesi imalatçıları incelendiğinde ipliğin gerginliği ve işin akışı arasındaki karmaşık ahengi başarılı bir şekilde yönettikleri görülmektedir. Bu bakımdan montaj hattında elektrotun uygun bir gergi ile hızlı bir şekilde akmasını doğru olarak yönetmeyi mümkün kılan imalat makinelerinin ülkemizde üretilebileceği düşünülmektedir. Hat üzerindeki pil yıkama ve kalite kontrol istasyonları yine kolaylıkla yapılacak basit mekanik ve elektronik düzeneklerden oluşmaktadır. Üretilen pillerin performanslarının gözlemlendiği ve kalitelerine göre sınıflandırıldığı formasyon birimi, elektronik yoğun bir tasarıma sahiptir. Bu birim içerisinde imalattan çıkan piller, otomatik depolama sistemleri vasıtası ile şarj/deşarj istasyonlarına ulaştırılırlar. Bu istasyonlarda pillerin üzerine uygun elektriksel rejimler tatbik edilerek hücrelerin elektriksel davranışları incelenir. Güç elektroniği ve otomasyon bilgisi gerektiren bu süreç ülkemiz kabiliyetleri ile başarılı bir şekilde yapılacak özelliktedir.

Aktif materyaller, çözücüler, bağlayıcılar, elektrolitler, folyolar gibi pil bileşenlerinin dışındaki kasa, seperatör, insulator gibi mekanik imalatlar da ülkemiz imkanları ile hızlıca yapılabilecek türden malzemelerdir.

Geri dönüşüm ve geri kazanım konusunda hızlı aksiyonlar alınması durumunda yine coğrafi avantajımız nedeni ile ömür devrini tamamlamış bataryalar için Dünyada önemli bir dönüşüm merkezi olma ihtimalimiz son derece kuvvetlidir.

Sonuç olarak ülkemizin bölgesinde batarya merkezi olması için madencilikten, imalata, geri dönüşümden, test ve belgelendirmeye kadar bütün süreci kapsayıcı faaliyetlerde bulunması gerekir. Batarya üretimi bir ölçek ekonomisidir eğer ülkemizdeki üretim kapasitesi TW seviyesine ulaşırsa bu durumda bütün sürecin imalatçıları için önemli bir market oluşacaktır. Ülkemizdeki mevcut yatırımlar henüz GW seviyesindedir. Ancak girişimciler için halen Avrupa ve Amerika'daki batarya yatırımları önemli fırsatlar oluşturmaktadır. Bu bakımdan pil üretim ve test süreçleri içerisinde sıralanan ihtiyaçları karşılamak adına ülkemizde yapılacak girişimler Çin için uygulanan ambargolar nedeni ile batıda önemli fırsatlar bulacaktır.

Teşekkür

Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na ülkemizde batarya teknolojileri ve imalatının gelişmesi yönünde vermiş olduğu destekler, açık erişimli olarak kamuoyu ile paylaştığı strateji belgeleri ve çalışma grubu raporları için teşekkür ederim.

Kaynaklar

- [1] İklim Şurası 2022, <https://iklimsurasi.gov.tr/public/images/sonucbildirgesi.pdf> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [2] Castelvocchi, D., Electric cars: the battery challenge. Nature, 2021;596(7872):336-339.
- [3] Topbaş, G., Depolamalı rüzgâr ve güneş enerjisine Türkiye'nin her bölgesi için başvuru geliyor <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/depolamali-ruzgar-ve-gunes-enerjisine-turkiyenin-her-bolgesi-icin-basvuru-geliyor/2792448> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [4] Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Mobilite ve araç teknolojileri yol haritası <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/strateji-belgeleri/mu0906011618> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)

- [5] Krichen, M., Basheer, Y., Qaisar, S. M., Waqar, A., A Survey on energy storage: Techniques and challenges. *Energies*, 2023;16(5):2271.
- [6] Davies, M., Verde, M.G., Mnyshenko, O., Chen, Y.R., Rajeev, R., Meng, Y.S., Elliott, G., Combined economic and technological evaluation of battery energy storage for grid applications. *Nat. Energy* 2019;4:42–50
- [7] Zhao, Y., Pohl, O., Bhatt, A.I., Collis, G.E., Mahon, P.J., Rütther, T., Hollenkamp, A.F., A review on battery market trends, second-life reuse, and recycling. *Sustain. Chem.* 2021;2:167–205.
- [8] Harris, O.C., Lee, S.E., Lees, C., Tang, M., Review: Mechanisms and consequences of Chemical cross-talk in advanced Li-Ion batteries. *J. Phys. Energy* 2020;2:032002.
- [9] Wikipedia, Lityum, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Lityum> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [10] Aspilsan Enerji, Aspilsan Enerji Li-iyon pil üretimi için son imzayı attı, <https://www.aspilsan.com/aspilsan-enerji-li-iyon-pil-uretimi-icin-son-imzayi-atti/> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [11] Aspilsan Enerji, Atmaca Test Cihazı, <https://www.aspilsan.com/cozumler/makine-ve-ekipmanlarimiz/atmaca/> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [12] Aspilsan Enerji, Aspilsan Enerji A.Ş. Hakkında, <https://www.aspilsan.com/kurumsal/hakkimizda/> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [13] Aspilsan Enerji, ASAŞ'ın ürettiği pil hücresinin katot elektrotunda kullanılan alüminyum folyo Aspilsan Enerji kalite laboratuvarlarında test edildi, <https://www.aspilsan.com/asasin-urettigi-pil-hucresinin-katot-elektrotunda-kullanilan-aluminyum-folyo-aspilsan-enerji-kalite-laboratuvarlarinda-test-edildi/> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [14] Aspilsan Enerji, Assan Alüminyum'un ürettiği pil hücresinin katot elektrotunda kullanılan alüminyum folyo Aspilsan Enerji kalite laboratuvarlarında test edildi, <https://www.aspilsan.com/assan-aluminyumun-urettigi-pil-hucresinin-katot-elektrotunda-kullanilan-aluminyum-folyo-aspilsan-enerji-kalite-laboratuvarlarinda-test-edildi/> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [15] Cevrioglu, E. Ş., İzmir merkezli teknoloji firması yerli otomobile katkı sunmayı hedefliyor, <https://www.aa.com.tr/tr/bilim-teknoloji/izmir-merkezli-teknoloji-firmasi-yerli-otomobile-katki-sunmayi-hedefliyor/1981230> (Erişim Tarihi: 20.04.2023)
- [16] Iqbal, H., Sarwar, S., Kirli, D., Shek, J. K., Kiprakis, A.E., A survey of second-life batteries based on techno-economic perspective and applications-based analysis. *Carbon Neutrality*, 2023;2(1):8.
- [17] Jaiswal, A., Lithium-ion battery based renewable energy solution for off-grid electricity: A techno-economic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017;72:922-934.
- [18] Georgi-Maschler, T., Friedrich, B., Weyhe, R., Heegn, H., Rutz, M., Development of a recycling process for Li-ion batteries. *Journal of power sources*, 2012;207:173-182.
- [19] Tübitak, Batarya ve Yenilikçi Enerji Teknolojileri Çalışma Grubu Raporu, https://tusside.tubitak.gov.tr/sites/images/Tusside/batarya_ve_yenilikci_enerji_teknolojileri_calisma_grubu_raporu.pdf (Erişim Tarihi: 20.04.2023)