

ENERJİ SORUNLARINA NANOTEKNOLOJİNİN FAYDALARI

Ayşe DEMİRKİRAN¹

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, 48600, Muğla, TÜRKİYE
aysece19@gmail.com

Özet- Sanayi devrimi ve buharlı makinelerin icadından sonra dünya genelinde enerji tüketimi hızla artmaktadır. Günümüze kadar gelen süreçte pek çok yeni enerji kaynağı bulunmuş ve daha yenilerinin bulunabilmesi için de araştırmalar devam etmektedir. 21. yüzyılın devrimsel teknolojisi olarak görülen ve gelecekte etkileri olacağı düşünülen nanoteknoloji, geniş bir uygulama alanına sahip olmakla birlikte enerji konusunda farklı ve güvenilir bakış açıları sunmaktadır. Son yıllarda enerji çalışmalarında açığa çıkan sorunları çözmeye en çok önerilen seçeneklerden biri nanoteknoloji olarak kabul edilmekte olup, yeni ve gelecek vaat eden bir araştırma alanıdır. Nanoteknoloji, enerji çalışmaları için geniş bir kaynak yelpazesi sunan, gelişen bileşenler ve cihazlar 100 nm'den küçük olduğundan enerji yakalamak, depolamak ve değiş tokuş etmek için yeni yollar, farklı seçenekler sağlayan bir teknolojidir. Bu bağlamda; yapılan bu çalışmada önce nanoteknoloji kavramı üzerinde durulmuş, nanoteknolojinin enerji alanında etkilerinden ve son yıllardaki uygulamalarından bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler- Nanoteknoloji, Enerji, Teknoloji.

BENEFITS OF NANOTECHNOLOGY TO ENERGY PROBLEMS

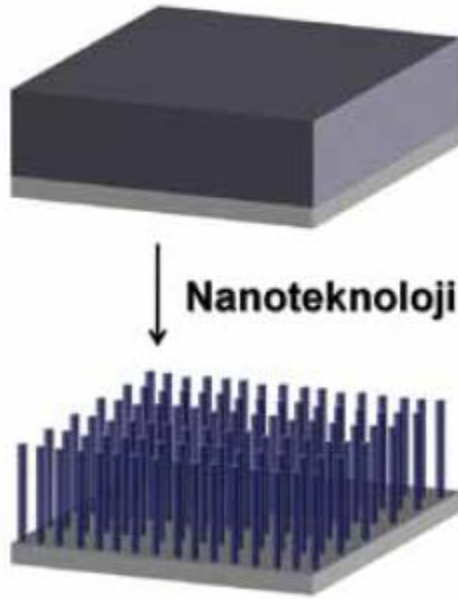
Abstract- After the industrial revolution and the invention of steam engines, energy consumption is rapidly increasing worldwide. Many new energy sources have been found in the process to date and researches are continuing to find new ones. Nanotechnology, which is considered to be the revolutionary technology of the 21st century and thought to have effects in the future, has a wide range of applications and offers different and reliable perspectives on energy. Nanotechnology is one of the most suggested options for solving problems that have emerged in energy studies in recent years and it is a new and promising field of research. Nanotechnology is a technology that provides a wide range of resources for energy studies, providing new ways to capture, store and exchange energy, different options as developing components and devices are smaller than 100 nm. In this context; In this study, firstly the concept of nanotechnology is emphasized and the effects of nanotechnology in energy field and its applications in recent years are mentioned.

Key Words- Nanotechnology, Energy, Technology.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknoloji ve sanayi gelişmeleri, dünyadaki nüfusun ve toplumun ihtiyaçlarının gün geçtikçe değişmesi beraberinde dünyadaki enerji talebinin de giderek artmasına sebep olmaktadır. Günümüzde enerji talebinin büyük bir bölümü petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlı geleneksel enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Sürekli artan enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılan fosil yakıtlarının rezervleri azalmaktadır. Yaygın kullanılan bu yakıtlar, açığa çıkardıkları karbondioksit ve metan gazları ile insana, çevreye zarar vermektedir. Bu nedenle temiz ve tükenmeyen yeni enerji kaynaklarının bulunması önem teşkil etmektedir. Günümüzde kullanılan yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarının ihtiyaçlara cevap verebilecek kapasiteye ulaşamaması yeni, alternatif, temiz ve tükenmez enerji kaynaklarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmaktadır. Enerji ihtiyacının karşılanabileceği düşünülen kaynaklar arasında hidrojen depolama, ideal bir enerji kaynağında bulunması gereken özellikler ile ön plana çıkmaktadır. Hidrojen gazı doğrudan yakılarak ısı enerjisi veya yakıt hücrelerinde okside edilerek elektrik enerjisi elde edilmektedir. Bu nedenle otomotiv endüstrisi yakıt hücresi ile çalışan araba yapımı konusunda yoğun çalışmalar sürdürmektedir. Hidrojen gazını enerji kaynağı olarak kullanmak isteyen teknolojiler hızla gelişirken, hidrojen gazının depolanması da her geçen daha çok önem kazanmaktadır[2, 9, 25, 26, 29, 36]. Yeni ve gelecek vaat eden bir araştırma alanı hızla büyümekte ve nanoteknoloji bu alanda karşılaşılan sorunları çözmek için en çok önerilen seçeneklerden biri olarak kabul edilmektedir[16].

Son yıllarda nanoteknolojinin gündelik hayatımızda yer alması ile tekstil, kaplama, katalizör, tıp, elektronik, gıda, enerji gibi çeşitli sanayi ve teknoloji sektörlerinde önemli değişiklikler ve gelişmeler meydana gelmiştir[30, 31]. Nanoteknoloji, pek çok malzemenin yapısında son derece küçük ölçekte değişiklikler yapabilmeyi sağlayan bir bilim dalıdır. Ayrıca, mevcut malzemelerin belirli bir amaca yönelik olarak geliştirilebilmesi ve daha hafif, reaktif olmayan, daha güçlü, dayanıklı alternatifler üretebilmek de mümkündür[37]. Nanoteknoloji ile üretilen malzemelerin bu üstün, farklı özelliklerin sebebi malzemelerin yüzey alanlarının hacimlerine oranı çok yüksektir. Örneğin, Şekil 1’de gösterilen nano teller, üstteki hacimli malzemeye göre 300 kat daha büyük yüzey alanına sahiptir[8, 34].



Şekil 1. Parçacık büyüklüğünün azalması ile yüzey alanının artması[8].

Nanoteknoloji uygulamaları enerji alanında da gelişmeye başlamış ve özellikle nano-üretim alanındaki yeniliklerle enerji sektörünü de etkilemiştir. Enerji tüketimi ve üretimi alanlarını etkilemeye başlayan nanoteknoloji projeleri, özellikle aydınlatma ve ısınma verimliliğini yükseltme, elektrik depolama kapasitesini artırma ve enerji üretiminde ortaya çıkan kirliliğinin temizlenmesine odaklanmaktadır. Ayrıca yeni nesil piller ve süper kapasitörler, nanoteknolojinin enerji sektöründeki katkılarının en önemli örnekleri olarak tanımlanmaktadır[8, 17]. Bu kapsamda; yapılan çalışmada nanoteknoloji ile enerji alanında yapılan uygulamalardan bahsedilmiştir.

2. NANOTEKNOLOJİ (NANOTECHNOLOGY)

Günümüzün ve geleceğin teknolojisi olan nanoteknoloji, son yılların en popüler araştırma alanlarından birisidir. Fakat nanoteknoloji ile ilgili ilk çalışmalar çok eski çağlara dayanmaktadır. Milattan sonra IV. yüzyılda Romalılar'ın ürettikleri cam eserler, altın ve gümüş nano parçacıklar ile katkılandıklarından, üzerlerine farklı açılardan ışık düşürüldüğünde farklı renkte görünme özelliğine sahiptirler. Bu malzemeler, katkılama yapılarak camın optik özelliklerinin değiştirilmesinin ilk örneklerindedir. Ayrıca XIII. ve XVIII. yüzyıllar arasında “Şam çeliği” diye isimlendirilen çelikten yapılan dayanıklı ve hafif kılıçların da demir karbür nanoteller ve karbon nanotüpler içerdiği keşfedilmiştir[25]. Fakat bu teknoloji dalının tanımlanması, bu alanda neler yapılabileceği, üretebileceğimiz malzemelerin anlaşılması ve insanlara sağlayacağı yeniliklerin öngörülmesi; 1959 yılında, Richard Feynman'ın, Amerikan Fizik Derneği'nin yıllık toplantısında yaptığı, “Aşağılarda daha çok yer var” başlıklı konuşması ile ilk defa bahsedildi[6, 8, 10, 38]. Ardından 1974 yılında ise Norio Taniguchi, ilk kez nanoteknoloji ismini bir makalede kullandı. 1981 yılında taramalı tünelleme mikroskopunu icat edilmesi ile nanoteknoloji alanında yapılan en büyük buluşlardan birisi gerçekleşti. Bu keşif yapıların nano boyutta görüntülenmesine ve işlenmesine olanak sağlarken, 1986 yılında bu mikroskoptan türetilen atomik kuvvet mikroskobu ile de yapıların atomik boyutta görüntülenmesi gerçekleşti[30]. Nanoteknolojinin temellerini oluşturan bu keşifler, üzerine yapılacak çalışmaları hızla yoğunlaştırdı. 1986 yılında ise K. Eric Drexler “Yaratma Motorları” isimli kitabında büyük nesnelere, atomik ve moleküler bileşenlerinden başlanılarak üretilebileceğini ileri sürerek, “moleküler nanoteknoloji” adı altında, moleküllerin kendiliğinden düzenli bir şekilde bir araya gelerek fonksiyonel yapılar oluşturabileceğini öngördü[4, 24, 23, 25, 30, 31, 35].

Nanoteknoloji, boyut büyüklüğü 1-100 nanometreye kadar olan maddenin kontrolü olarak tanımlanmaktadır[8, 10, 24, 30, 31, 38]. Tanım belirli bir teknolojik amaçtan çok, verilen büyüklük sınırının altında oluşan maddenin özel niteliklerini belirleyen araştırma türlerini kapsamaktadır. Bu tür çalışmaların sonuçları uygulandığı alanlarda köklü değişimlere sebep olmaktadır.

Nanoteknoloji tekdüze bir teknoloji platformu değil, çeşitli teknolojik ve bilimsel disiplinlerden oluşan geniş bir yığındır[30, 33]. Günümüzde nanoteknoloji, yer bilimi, organik kimya, moleküler biyoloji, yarıiletken fiziği, mikrofabrikasyon gibi bilim alanlarında kullanılmaktadır. Bu sayede, ilaç, elektronik, biyomalzeme ve enerji üretiminde olduğu gibi geniş uygulama yelpazesine birçok araç ve madde yaratabilmektedir[23, 33].



Şekil 2. Nanoteknolojinin Kullanım Alanları[21].

Aynı zamanda nanoteknoloji; malzeme bilimi, matematik, fizik, kimya, biyoloji, eczacılık ve tıp, bilgisayar, elektronik bilimleri gibi birçok farklı alanı bir araya toplamaktadır[2, 6, 23, 39]. Yani nanoteknoloji farklı teknolojik yaklaşımların aksine sınırları net belli olan bir yaklaşım sergilememektedir. Nanoteknoloji ile üretilen malzemelerde, cihazlarda; minimum maliyet, minimum enerji tüketimi, minimum çevre kirliliği gibi avantajlar ile gelecekte yaşamımızın her alanında önemli bir yer kaplayacağı sinyalleri verilmektedir[5, 10, 28].

3. NANOTEKNOLOJİ ve ENERJİ (NANOTECHNOLOGY and ENERGY)

Günümüzde pek çok konuda olduğu gibi enerji alanında da nanoteknoloji aşılması gereken problemlerin çözülmesi için yeni olanaklar sağlamıştır. Günümüzde enerji kaynaklarındaki en büyük sorunlardan biri alternatif enerji kaynakları bulunamaması ya da bulunan kaynakların verimlerinin istenilen düzeye getirilememesidir. Elde edilen enerjinin depolanması ve taşınması esnasında da ortaya çıkan sorunlar enerji kayıplarına neden olmaktadır. Ayrıca elde edilen enerji kullanıcılar tarafından da verimli bir şekilde değerlendirilememekte ve kullanım aşamasında da çok fazla enerji kaybı meydana gelmektedir. Bu sorunların çözümü için nanoteknolojinin getirdiği yenilikler doğrultusunda yoğun bir şekilde çalışılmaktadır[20, 29, 35].

Günümüzde beyaz ışık üreten led'ler, geleneksel teknolojilerin yerini almaya başlamıştır. Nanoteknolojik yaklaşımlarla üretilen led'ler, aydınlatma için gerekli enerji tüketimini oldukça düşürecek imkân ve kabiliyete sahiptir. Led'lerin aynı ışığı vermeleri için normal lambalara göre yaklaşık % 50 daha az güç gerektirmesi onları hem para hem de elektrik tasarrufu açısından önemli kılmaktadır. Led ve organik led teknolojilerinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile küresel enerji kullanımında gözle görülür bir tasarruf sağlanmış olacaktır[22].

Otomobillerde yakıt tüketimini azaltabilmek için nano kompozit temelli, hafif malzemelerin üretilmesi, yanmalı motorların veriminin artırılması ve aşınmanın önlenmesi için yakıtlara katılabilecek nano parçacık katkılı malzemeler yada nano parçacık katkıları sayesinde aşınma miktarı azaltılmış lastikler üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Endüstriyel makinelerdeki aşınmalar da oldukça büyük miktarda enerji kaybına neden olmaktadır. Dolayısıyla nano

malzemeler yardımıyla bu kayıpların azaltılması için de yeni fikirler ileri sürülmektedir. Enerji kayıplarının büyük oranlarda yaşandığı yerlerden biri de içinde yaşadığımız binalardır. Bu binaların ısı yalıtımı için nano gözenekli yalıtım malzemeleri kullanılarak ısı kayıplarının azaltılması amaçlanmaktadır. Kullanım aşamasında oluşan kayıpları önlemek için bunlar gibi daha birçok yeni malzemeler geliştirilmektedir[2].

Enerji üretimi anlamında nanoteknolojiden faydalanılabilecek konulardan bir tanesi ucuz ve verimli fotovoltaik malzemelerin üretilmesidir. Bu sayede güneş enerjisinden daha verimli bir şekilde faydalanılabilmektedir[11]. Nano yapılar yardımı ile yarıiletkenlerin bant aralıkları, malzemenin üzerine düşen ışınların spektrumuna göre ayarlanabilir. Ayrıca güneş pillerinin yüzeylerinin yansımayı önleyici nano yapıdaki malzemelerle kaplanması sonucu bu sistemlerin daha fazla güneş ışığını soğurması sağlanmaktadır. Temiz enerji kaynaklarından bir diğeri ise, rüzgâr enerjisidir. Rüzgâr enerjisi bir türbini döndürerek elektrik üretilmesini sağlamaktadır. Bu sistemlerin üretim kapasitesini etkileyen faktörlerden bir tanesi de sistemin mekanik yüklenmeye karşı olan dayanıklılığıdır. Karbon nanotüpler kullanılarak hem daha hafif hem de daha dayanıklı malzemeler üretilerek bu sistemlerde kullanılabilir ve sistemin verimi artırılabilir[2, 8].

Nanoteknolojinin enerji konusunda gelecek vaad eden cihazları olarak bilinen termoelektrik cihazlar, doğruluğu yüksek ısıtma ve soğutma ısı kontrolünü sağlamaktadırlar. Termal iletkenliği kullanarak ısıyı elektrik enerjisine dönüştüren bu cihazların küçük boyutlarda ve basit yapılarda olmaları ve mekanik parçalara sahip olmamaları önemli avantajları arasında sayılmaktadır. Bu teknolojiler, özellikle bilişim teknolojilerinde, bilgisayar çiplerinde daha hızlı işlem sağlayan ve soğutma maksatlı termoelektrik malzemelerin kuantum noktaları ile geniş uygulama alanları bulacaktır. Nanoteknoloji ile yapılacak küçük nano robotlar sayesinde yakın bir gelecekte petrol yatakları hassas bir şekilde tespit edilebilecektir. Tüm bu uygulamalar nanoteknolojinin enerji elde etmeye yönelik sağlayacağı avantajlar arasında yer almaktadır[16, 23].

Ucuz, güvenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip olmak, dünya çapında tüm ülkelerin hedeflediği en önemli husustur[12]. Nanoteknoloji ile üretilen güneş pilleri daha ucuz malzemelerden elde edilir ve çevrenin de zarar görmemesi sağlanmış olur. Örnek olarak; nano kristallerden üretilen ilk güneş pilleri oldukça iyi ve verimli bir yapıya sahiptir. Ucuz ve kolaylıkla üretilen, bu pillerin havada kararlı bir yapısının olması farklı bir avantaj yaratmaktadır. Evlerin ve ticari binaların çatılarının bu pillerle kaplanması ile gelecekte tüm enerji ihtiyacının güneş ışınları tarafından sağlanmasını mümkün kılacaktır. Nanoteknoloji, enerji çalışmalarına gelişmiş performans, etkinlik, tasarruf ve güvenlik sunan uygulamalı teknolojiler tarafından enerji kaynaklarının elde edilmesine yönelik katkılar sunmakta ve gelecekte de daha fazla katkı sağlayacaktır. Endüstrileşmiş toplumlar ulaşım, aydınlatma, ısıtma, soğutma gibi ihtiyaçlara yönelik oldukça fazla enerji tüketimi yapmaktadır[18, 22,23].

4. NANOTEKNOLOJİNİN ENERJİ ALANINDA UYGULAMALARI (APPLICATIONS OF NANOTECHNOLOGY IN THE FIELD OF ENERGY)

Nanoteknolojinin birçok alanda yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bilkent Üniversitesi'nde, büyük enerji tasarrufu sağlayan, nanoteknoloji kullanılarak led üretilmiştir. Tek renk vermek üzere kullanılan led'lerin beyaz ışık vermesi için, birçok dalgaboyunda ışık yayan bu diyotlar bir araya getirildi. Birçok uygulama alanı olan bu ampullerin, sadece aydınlatmada %90'lık enerji tasarrufu sağlamaktadır[22].

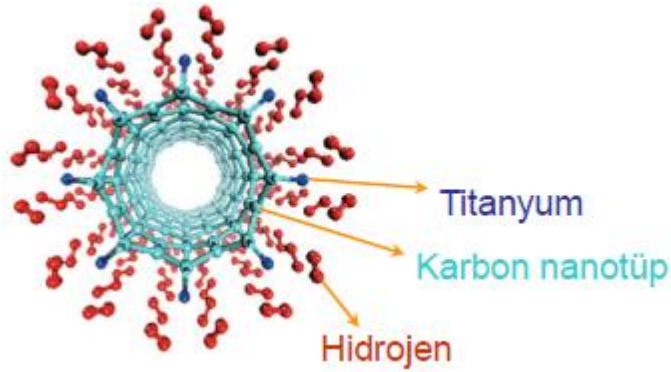
Kastamonu Entegre Gebze tesislerinde, mevcut sekiz farklı yakıt türünden faydalanmak amacıyla geliştirilen bir projede, üretim tesislerinde proses sırasında ortaya çıkan atık biokütlelerin yakılmadan, devreye alınan gazlaştırma tesisinde verimli bir şekilde enerjiye dönüştürülüp

gazlaştırılarak yok edilmektedir. İlk defa Kastamonu Entegre tarafından kullanılan bu teknolojiyle, daha az yatırım maliyeti ile hem yüksek enerji verimi sağlanıp hem de atık yönetimi daha etkin bir şekilde gerçekleştirilmektedir. TÜBİTAK- TEYDEB desteği ve Gebze Teknik Üniversitesi işbirliği ile geliştirilen bu proje, sürdürülebilirlik noktasında, hem ortaya çıkan tesisin istihdama, çevreye ve ekonomiye olan olumlu katkıları hem de sektör içi ve sektör dışı; ulusal ve uluslararası düzeyde referans olacak bir potansiyele sahiptir. Bu proje “2018 ICCI Enerji Ödülleri” kapsamında verilen "Biyokütle ve Atık" kategorisinde ödüle de layık görülmüştür[27].

Nanoteknoloji birçok avantajı da beraberinde getiren, nano tellerin ve nano parçacıkların güneş gözelerinde kullanılması ile çok daha fazla verim elde edilmektedir. Özellikle düşük sıcaklıklarda, ekonomik hammaddeler kullanılarak üretilen nano tellerin, güneş gözelerinde verim artışı sağlaması beklenmektedir. Tek bir silisyum nano telin kullanıldığı güneş gözeleri 2007 yılında laboratuvar ortamında üretilmiş ve yaklaşık 200 pikowatt (10-12 watt) enerji üretilmiştir. Bu düşük enerji değeri, tek silisyum nanotel güneş gözelerinin nano elektronik sistemlerde güç kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermektedir[8]. Ayrıca Bilkent Üniversitesi'nden Türk bilim adamı Mehmet Bayındır ve ekibi, maddeyi 10 milyon kez küçülten bir teknikle nano tel üretmeyi başardılar[15].

Yarıiletken nano kristaller kullanılarak birden fazla bant aralığına sahip malzemenin aynı göze içinde kullanılması ve böylece güneş ışığı tayfının farklı bölümlerine duyarlı aygıtların aynı göze içinde oluşturulması hedefleniyor. Bu nedenle, nano kristal üretiminin ve optik özelliklerinin anlaşılması üzerine çok sayıda araştırma projesi yürütülmüştür[8].

Nanoteknoloji, enerji üretimi ve depolanması alanında etkin hidrojen depolama için yalıtım, nakil ve aydınlatma alanlarında ciddi enerji kazanımı sağlamaktadır[13]. Enerji-yakıt sorununun çözümünde hidrojen depolama kapasitesinde Bilkent Üniversitesi'nde %14 oran gerçekleştirilmiştir. 2006 yılında UNAM direktörü Prof. Dr. Salim Çıracı ve araştırma grubunun ABD'de Dr. Taner Yıldırım (NIST) ile birlikte yaptıkları çalışmalarda geçiş elementleri (Pt, Pd, Ti, V, ...) ile işlevleştirilen nanotüpler ve moleküllere çok yüksek kapasitede hidrojen depolanabileceğini göstermeleri geleceğin yeni enerji kaynakları ve katalizörleri için büyük ümit olmaktadır. Yüksek performanslı bilgisayarlar kullanılarak modellenen bu yeni hidrojen depolama yönteminde, titanyum atomları karbon nanotübün yüzeyine bağlanabilmektedir[32].



Şekil 3. Hidrojen Depolama[14]

Enerjinin depolanmasında ve taşınmasında en çok kullanılan sistemlerden bir tanesi lityum-iyon pillerdir. Lityum-iyon pillerin güçleri, kapasiteleri ve verimleri, yapıdaki elektronların ve iyonların, elektrot malzemesi içerisinde ilerleyebilme oranlarına bağlıdır. Bu nedenle bu sistemlerdeki elektron ve iyon taşınımını geliştirmek için pek çok çalışma yapılmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalar sonucunda elektrotun nano boyutta LiFePO₄ ile kaplanması sonucu

lityum iyonlarının malzeme içinde daha kolay hareket edebildiği gözlenmiştir. Bunun yanında nano boyutta lityum titanatoksitin elektrot malzemesi olarak kullanıldığı pillerde üretilmiştir. Bu pillerin avantajı hem daha hafif olmaları hem de daha fazla güç üretmeleridir[1, 8].

5. SONUÇ

Nanoteknoloji yeniliklere açık, hızla ilerleyen çok disiplinli yeni bir bilim dalıdır. Kullanım alanları da gün geçtikçe yaygınlaşan nanoteknoloji malzemeleri hayatımızı kolaylaştırmaktadır[39]. Nanoteknoloji ile malzemeler daha hafif, daha dayanıklı, daha hızlı, daha küçük ve daha kapasiteli olmaktadır[38]. Birçok uygulama alanına yayılmış ve insan hayatını kolaylaştırırken ülkeleri de zenginleştirmektedir. Nanoteknoloji, enerji tüketiminin azaltılması, enerji üretim veriminin artırılması, çevre dostu enerji sistemleri ve pillerin geri dönüşümü gibi enerji kaynakları ve çevreyle ilgili alanlarda yeni uygulamaları beraberinde getirmektedir[7]. Nanoteknoloji ile karbon nanotüp gibi çok hafif ve yüksek mukavemete sahip malzemeler üretilerek hidrojen depolanabilmektedir. Diğer enerji uygulamalarına örnek olarak lityum iyon bataryalarının performansını arttırmak için kullanılan nanoyapılı elektrot malzemeleri ve ileri fotovoltaiik pillerde kullanılan nano gözenekli yapıdaki silikon ve titanyumdioksit örnek gösterilebilir. Nanoteknoloji ile üretilen malzemeler enerji ve elektrik üretiminde, yüksek verimliliklerinden dolayı oldukça önemli bir yere sahiptir. Yüzey-alan oranı yüksek olduğu için karbon nano tüplerinin batarya elektrotlarında kullanımı, diğer bilinen yöntemlerle kıyaslandığı zaman yüksek ve verimli elektrik çıktısı sağlamaktadır. Bu malzemelerin belirli oranlarda kullanımı, bataryalarda sadece enerji çıktısını arttırmakla kalmaz, aynı zamanda onların çok daha küçük ve hafif olmasını sağlamaktadır. Bu şekilde malzemelerden üretilen bataryaların kullanım alanları artmaktadır[8, 21, 28].

Başka bir temiz enerji kaynağı ise güneş enerjisi ile çalışan güneş pillerinin tasarımında ve üretiminde nanoteknoloji kullanılarak, üretilen malzemeler radikal gelişmelerin yolunu açmaktadır[8]. Ayrıca nanoteknoloji, enerji ile ilgili problemleri çözmek için geniş bir kaynak yelpazesi sunan ve gelişen bileşenler ve cihazlar 100 nm'den küçük olduğu için, enerji yakalamak, depolamak ve değiş tokuş etmek için yeni yollar sağladığı için olanak sağlayan bir teknolojidir[18, 19].

Yeni yapıları atom ölçeğinde üretme konusundaki eşsiz yeteneği, çok sayıda alanda büyük potansiyel uygulamalara sahip olan nanoteknoloji ile enerji sektörü için yeni malzemeler ve cihazlar üretilmektedir. Bunlar arasında, özellikle enerji sektöründe artan ilgiyi muhafaza etmemize izin verecek olan, hem gelişmiş ekonomilere katılan kişi sayısı ile hem de kişi başına talebimizle birlikte artış sağlayacak olan önemli atılımlar gerekmektedir. Bunun, insanın iklim, biyolojik çeşitlilik ile havanın, suyun ve toprağın kalitesi üzerindeki etkisine dair daha fazla kanıt elde edilerek yapılması gerekmektedir[17].

6. KAYNAKLAR(REFERENCES)

- [1]. Pagliaro, M., (2010). Nano-Age-How Nanotechnology Changes our Future. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
- [2]. Luther, W., (2008). Application of Nano-technologies in the Energy Sector, Volume 9 of the Series Aktionslinie Hessen-Nanotech of the Hessian Ministry of Economy, *Transport, Urban and Regional Development*, Wiesbaden.
- [3]. Arnall, A. H. (2003). Future Technologies, Today's Choices. Nanotechnology, Artificial

- Intelligence and Robotics; A Technical, Political and Institutional Map of Emerging Technologies. Department of Environmental Science and Technology, Environmental Policy and Management Group, Faculty of Life Sciences, Imperial College, London University, London.
- [4]. Perker, Z. S. (2010). Nanoteknoloji ve Yapı Malzemesi Alanına Etkileri, *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0114, 5 (4), 639-648.
- [5]. Kaplan, Ş. Ş., Karanfil T. ve Kitiş M. (2007). “Nano-Materyallerin Potansiyel Çevresel Etkileri”. Yaşam-Çevre-Teknoloji, 7. *Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, TMMOB-Çevre Mühendisleri Odası İzmir*, 845-847.
- [6]. Turunç, S. (2019). Nanoteknolojik Yapı Malzemelerinin Türk Yapı Sektöründe Kullanımı, Balıkesir Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [7]. Küçükyıldırım, O. B.,(2011). Quality Parameters in Nanotechnologic Applications, *5th International Quality Conference*, Kragujevac, 11, 289-294.
- [8]. Turan, R., Ünalın, H.E, Özdemir, B., Kulakçı, M., (2011). Nanoteknoloji Güneş Enerjisi Dönüşümünde Yeni Ufuklar Açıyor, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Ankara.
- [9]. Nanobilim ve Nanoteknoloji Stratejileri, Vizyon 2023 projesi Nanoteknoloji Strateji Grubu, Ağustos 2004, Ankara.
- [10]. <http://www.mersin.edu.tr/> pdf.
- [11].Seyrek, E., (2014). Temiz Enerji AR-GE Çalışmalarının Patent Perspektifinden Değerlendirilmesi, Türk Patent Enstitüsü Patent Daire Başkanlığı, Ankara.
- [12].Naschie, M.S.E., (2006). Nanotechnology for the Developing World, *Chaos Solitons&Fractals*, 30(4):769-773.
- [13]. Ilgaz, T., (2006). Nanoteknoloji ve Tekstil Sektöründeki Yeri. Tekstil İşveren, Ağustos,3.
- [14]. www.nano.org.tr/Yeni Bir Teknoloji Devrimi:Nanoteknoloji.
- [15]. Özgüz, V., Türkiye’de Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme, Sabancı Üniversitesi Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi, 2012.
- [16]. Hussein, A. K. (2015). Applications of nanotechnology in renewable energies- A comprehensive overview and understanding, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 42.
- [17]. ElenaSerrano, E., Rus, G., García-Martínez, J., (2009). Nanotechnology for Sustainable Energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [Volume:13, Issue: 9](#).
- [18]. Ramsden, J. J., (2018). Nanotechnology for Energy, *Applied Nanotechnology*.
- [19]. Abdin, Z. , Alim, M. A., Saidur, R., Islam, M. R., Rashmi, W., Mekhilef, S., Wadi, A. (2013).Solar Energy Harvesting with the Application of Nanotechnology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume:26.
- [20]. Yıldız, A., Akgül, S., Güvercin, S., (2017). Sanayide Enerji Verimliliği ve Uygulamaları, *Düzce İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, ISSN: 2147-3755.
- [21]. Yazıcı, E., 2009. Ultrasonik Sprey Piroлиз Tekniğiyle Küresel Gümüş Nano-Partiküllerinin Üretimi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- [22]. Nizamoglu, S., Özel, S, Sari, E. and Demir, H.V., (2007). White light generation using CdSe/ZnS core-shell nanocrystals hybridized with InGaN/GaN light emitting diodes, *Nanotechnology*, 18, Issue 6 .
- [23]. Özer, Y., 2008. Nanobilim ve Nanoteknoloji: Ülke Güvenliği/Etkinliği Açısından Doğru Modelin Belirlenmesi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [24]. Calıpınar, H. and Ulaş, D., (2019). Development of Nanotechnology in the World and Nanotechnology Standarts in Turkey, *Procedia Computer Science*, 158, 1011-1018.
- [25]. Akansel, S., 2012. Kompleks Hidrit Nanoparçacıkların Sentezi ve Hidrojen Kinematığının Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [26]. Altın, V., (2007). Ocak, Enerji Dosyamız, Yeni Ufuklara, *Bilim ve Teknik*.
- [27]. <http://www.nanoteknolojienerjiuygulamaları.com/pdf>

- [28]. www.sciencedaily.com
- [29]. www.aku.edu.tr/hidrojendepolama. 2016. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nanobilim ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı(erişim tarihi 2019).
- [30]. Demirkıran. A. 2019. Geleceğin Büyük Ayak Sesleri: Nanoteknoloji, *Lambert Academic Publising*, Almanya.
- [31]. Celep, Ş. 2007. Nanoteknoloji Tekstil Uygulamaları, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- [32]. Eker, A. A. 2008. Nanomalzemeler, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [33]. www.mersin.edu.tr/açelik_nanoteknoloji
- [34]. Nasrollahzadeh, S.M., Sajadi, M., Sajadi, M., Issaabadi, Z., (2019). Applications of Nanotechnology in Daily Life, *Interface Science and Technology*, Volume:28.
- [35]. Sia, P. D. (2017). Nanotechnology Among Innovation, Health and Risks, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 237, 1076 – 1080.
- [36]. Demirtaş, M., Akkoyun, N., Akkoyun, E., Çetinbaş, İ., (2019). Akıllı Şebekelerde Güneş Enerjisi Üretiminin Zamana Bağlı Olasılıksal Tahmini, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C*: 7(2)-411-424.
- [37]. Kadioğlu, Y., Demirkıran, A., Yaraneri, H., Aktürk, Ü.O. (2014). Investigation of NH₃ and H₂ adsorption on Pt_n (n=2-15, 18, 22, 24) clusters by using density functional theory. *Journal of Alloys Computational*, 591: 188-200.
- [38]. Körözlü, N. (2016). “Bilim ve Teknolojinin Geleceği: Nanoteknoloji”, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, *Göller Bölgesi Aylık Hakemli Ekonomi ve Kültür Dergisi*, Sayı 27.
- [39]. Demirkıran, A., (2019). Doğada Nanoteknoloji: Geko Etkisi, *Social Sciences Studies Journal*, volume:5, Issue:42.