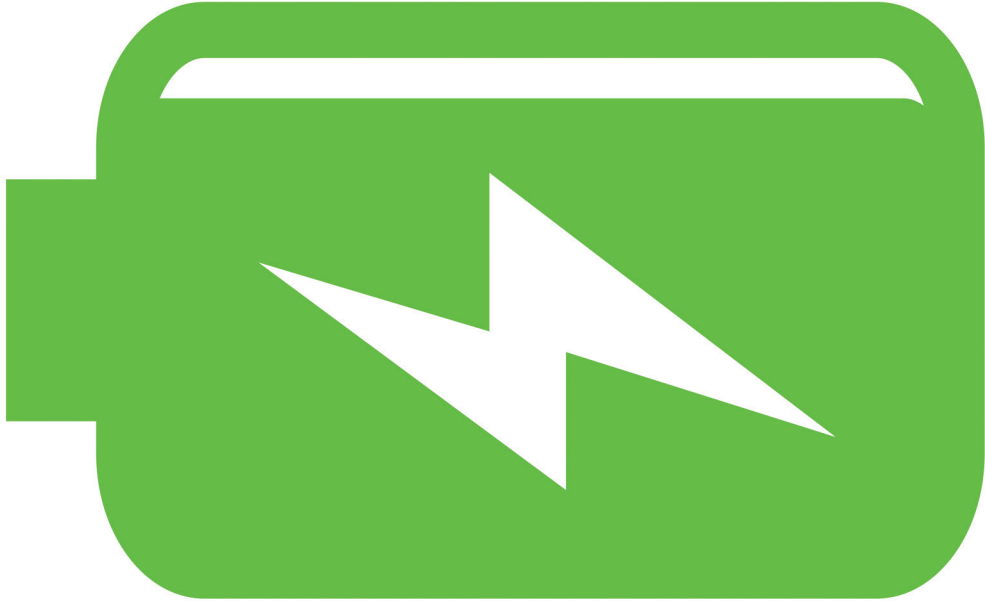




ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

LİSE



TÜBİTAK Deneyap Kitapları 12

ENERJİ TEKNOLOJİLERİ
LİSE

Prof. Dr. Bülent ORAL
Prof. Dr. Şafak SAĞLAM

© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2022

Bu kitabın bütün hakları saklıdır.
Yazılar ve görsel materyaller, TÜBİTAK'tan yazılı izin alınmadan
tümüyle veya kısmen çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.
Kitabın PDF formatındaki elektronik nüshasına
<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/deneyap-atolyesi> adresinden ulaşılabilir.
TÜBİTAK Deneyap Kitapları DENEYAP TÜRKİYE Projesi kapsamında hazırlanmıştır.

ISBN: 978-605-312-497-9
Yayıncı Sertifika No: 47703

Yayın Tarihi: 2023

TÜBİTAK Başkanı: Prof. Dr. Hasan MANDAL
Bilim ve Toplum Başkanı: Ömer KÖKÇAM
Genel Yayın Yönetmeni: Fatma BAŞAR
Editör: Doç. Dr. Şahin İDİL
Düzelti: Dr. Mustafa ORHAN
Telif İşleri Sorumlusu: Havva Hilal KAÇAR

TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Tunus Caddesi No: 80 Kavaklıdere 06680 Ankara
Tel: (312) 298 96 50
e-posta: deneyap@tubitak.gov.tr
<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/deneyap-atolyesi>

DENEYAP
Teknoloji Atölyeleri

ENERJİ
TEKNOLOJİLERİ

LİSE

Prof. Dr. Bülent ORAL
Prof. Dr. Şafak SAĞLAM



İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
SUNUŞ.....	vii
ÖĞRETİM KILAVUZU	viii
A. Enerji Teknolojileri Dersi Öğretim Kılavuzu.....	viii
B. Genel Ön Bilgi:.....	xii
1. Bölüm- Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları	1
1.1. Eğitime Teorik Bilgi	2
1.1.1. Enerji Kavramı.....	2
1.1.2. Enerji Nedir?.....	2
1.1.3. Enerji Türleri ve Tanımları	3
1.2. Güdüleme.....	6
1.3. Keşfetme.....	7
1.4. Açıklama	8
1.5. Derinleştirme	12
1.6. Değerlendirme.....	13
2. Bölüm- Enerji Birimleri	14
2.1. Eğitime Teorik Bilgi	15
2.2. Güdüleme.....	16
2.3. Keşfetme.....	17
2.4. Açıklama	20
2.5. Derinleştirme	22
2.6. Değerlendirme.....	23
3. Bölüm- Küresel İklim Değişikliği	24
3.1. Eğitime Teorik Bilgi	25
3.2. Güdüleme.....	26
3.3. Keşfetme.....	27
3.4. Açıklama	29
3.5. Derinleştirme	30
3.6. Değerlendirme.....	30
4. Bölüm- Geleneksel Enerji Kaynakları: Termik	31
4.1. Eğitime Teorik Bilgi	32

4.2.	Güdüleme.....	33
4.3.	Keşfetme.....	34
4.4.	Açıklama	36
4.5.	Derinleştirme	36
4.6.	Değerlendirme.....	37
5.	Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Hidroelektrik.....	38
5.1.	Eğitmene Teorik Bilgi	39
5.2.	Güdüleme.....	41
5.3.	Keşfetme.....	41
5.4.	Açıklama	43
5.5.	Derinleştirme	44
5.6.	Değerlendirme.....	45
6.	Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Güneş Teknolojileri	46
6.1.	Eğitmene Teorik Bilgi	47
6.2.	Güdüleme.....	49
6.3.	Keşfetme.....	50
6.4.	Açıklama	53
6.5.	Derinleştirme	53
6.6.	Değerlendirme.....	54
7.	Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Güneş Pilleri	55
7.1.	Eğitmene Teorik Bilgi	56
7.2.	Güdüleme.....	57
7.3.	Keşfetme.....	58
7.4.	Açıklama	61
7.5.	Derinleştirme	62
7.6.	Değerlendirme.....	64
8.	Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Rüzgâr Teknolojileri.....	65
8.1.	Eğitmene Teorik Bilgi	66
8.2.	Güdüleme.....	68
8.3.	Keşfetme.....	69
8.4.	Açıklama	71
8.5.	Derinleştirme	73
8.6.	Değerlendirme.....	74
9.	Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Rüzgâr Türbinleri	75
9.1.	Eğitmene Teorik Bilgi	76
9.2.	Güdüleme.....	77

9.3. Keşfetme.....	78
9.4. Açıklama	79
9.5. Derinleştirme	82
9.6. Değerlendirme.....	83
10. Bölüm- Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları	84
10.1. Eğitime Teorik Bilgi	85
10.2. Güdüleme.....	85
10.3. Keşfetme.....	86
10.4. Açıklama	88
10.5. Derinleştirme	89
10.6. Değerlendirme.....	90
11. Bölüm- Enerji Depolama Teknolojileri.....	91
11.1. Eğitime Teorik Bilgi	92
11.2. Güdüleme.....	93
11.3. Keşfetme.....	95
11.4. Açıklama	98
11.5. Derinleştirme	101
11.6. Değerlendirme.....	102
KAYNAKÇA	103

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil-0-1 5E Öğrenme döngüsü	ix
Şekil 1-1 Enerjinin iki ana durumu	3
Şekil 1-2 Enerji Türleri	4
Şekil 1-3 Enerji Dönüşümü	4
Şekil 1-4 Güneş enerjisi destekli geleneksel enerji üretim yöntemleri kullanılan sistemin tasarımı	7
Şekil 1-5 Güneş enerjisi destekli enerji üretimi sisteminin deney elemanları	7
Şekil 1-6 Güneş enerjisi destekli enerji üretimi sisteminin deney düzeneği	8
Şekil 1-7. Kaynaktan Tüketime Enerji Dönüşüm Süreci	8
Şekil 1-8 Etkinlik Enerji Dönüşümü	11
Şekil 2-1 İş, enerji ve güç ilişkisi	15
Şekil 2-2 İş birimi Joule	15
Şekil 2-3 Farklı elektrik cihazları Güç ve Enerji kavramları grafiği	17
Şekil 2-4 Türkiye’de farklı şirketlere ait elektrik faturaları örnekleri	18
Şekil 2-5 Türkiye’de farklı şirketlere ait doğalgaz faturaları örnekleri	19
Şekil 2-6 Güç, Enerji ve Verim Hesaplamak için kullanılan deney düzeneği	20
Şekil 2-7 LED, CFL ve akkor ampuller	21
Şekil 2-8 Eski ve yeni enerji etiketleri (Buzdolapları ve Derin Dondurucular)	22
Şekil 3-1 Sera Gazları	25
Şekil 3-2 İklim değişimi sonuçları ve neden olanlar	26
Şekil 3-3 Kuzey Buz denizinde son otuz yıldaki eylül ve mart ayları değişimi	26
Şekil 3-4 Küresel iklim değişimi ve deniz seviyesinin yükselmesi etkinliği tasarımı	27
Şekil 3-5 Küresel iklim değişimi ve deniz seviyesinin yükselmesi etkinliği deneyi	28
Şekil 4-1 Termik santral basit çalışma yapısı	32
Şekil 4-2 Isının yayılma yolları	33
Şekil 4-3 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için etkinlik tasarımı	34
Şekil 4-4 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etme deney elemanları	35
Şekil 4-5 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etme deney düzeneği	35
Şekil 5-1 Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması	39
Şekil 5-2 Türkiye’nin en büyük dört hidroelektrik santralleri	40
Şekil 5-3 Su gücünden faydalanarak elektrik enerjisi elde etmek için etkinlik tasarımı	42
Şekil 5-4 Su gücünden faydalanarak elektrik enerjisi elde etmek için deney elemanları ve düzeneği	42
Şekil 5-5 Hidroelektrik santralinin basit yapısı	43
Şekil 5-6 Hidroelektrik santrallerde kullanılan bazı türbin çeşitleri	44
Şekil 6-1 Atmosfer ve yüzey tarafından ayrılmış Güneş ışınımı bileşenleri	47
Şekil 6-2 a) AM 1.5 spektral koşullarının şeması	48
Şekil 6-3 CSP teknolojileri	49
Şekil 6-4 Ayna odaklama ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmek için etkinlik tasarımı	51
Şekil 6-5 Ayna odaklama ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme deneyi	51
Şekil 6-6 Kurutma fırını ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme etkinlik tasarımı	52
Şekil 6-7 Kurutma fırını ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme deney hazırlanışı ve düzeneği	52
Şekil 6-8 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası	53
Şekil 6-9 Dünya güneş enerjisi potansiyel atlası	54
Şekil 7-1 PV panel üretim süreci (Kütükten yongaya, yongadan hücreye ve hücreden panele)	56
Şekil 7-2 PV hücrelerin seri ve paralel bağlaması etkinliği	58
Şekil 7-3 PV hücrelerin seri ve paralel deney elemanları	59
Şekil 7-4 PV panelin DC yükü beslemesi ve batarya şarjı etkinliği	59
Şekil 7-5 PV panelin şarj kontrollü AC yükü beslemesi ve batarya şarjı etkinliği	60
Şekil 7-6 PV panelin şarj kontrollü DC ve AC yükü beslemesi etkinliği deney elemanları	60
Şekil 7-7 PV hücrelerin seri ve paralel bağlantısında akım ve gerilim değişimleri	61
Şekil 7-8 PV hücreleri kullanarak bir pil şarjı ve kontrolü	62
Şekil 7-9 PV Güç Santrali prensip şeması ve parçaları	63
Şekil 7-10 PV güç sisteminin şebekeden bağımsız ve şebeke bağlantılı basit blok diyagramları	63

Şekil 8-1 Rüzgâr Enerjisi dönüşümü	66
Şekil 8-2 Yatay eksenli rüzgâr türbini ana bileşenleri	66
Şekil 8-3 Dünya rüzgâr enerjisi üretimi.....	68
Şekil 8-4 Dünya yıllık rüzgâr kapasitesi ilaveleri.....	68
Şekil 8-5 Türkiye'nin yıllara göre rüzgâr kurulu gücü (MW)	69
Şekil 8-6 Rüzgâr enerji üretimi; rüzgâr hızı, akım ve gerilim ölçümü etkinliği.....	70
Şekil 8-7 Rüzgâr hızı, üretilen elektrik akım ve gerilim ölçümü deney elemanları	70
Şekil 8-8 Rüzgâr türbini güç akışı	73
Şekil 8-9 Türkiye yıllık ortalama rüzgâr hızı dağılımı (100 metre)	73
Şekil 9-1 Rüzgâr türbinlerin farklı durumlara göre sınıflandırılması	76
Şekil 9-2 Elektrik enerjisi üretiminde rüzgâr enerjisinin payı.....	77
Şekil 9-3 Rüzgâr türbinlerinin yıllara göre güç, rotor çapı ve hub yüksekliği değişimi	78
Şekil 9-4 Rüzgâr türbinlerinde farklı kanat tiplerinin enerji üretimine etkisi etkinliği	78
Şekil 9-5 Rüzgâr türbinlerinde farklı kanat tiplerinin enerji üretimine etkisi deney elemanları	79
Şekil 9-6 Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin rüzgârın yönüne göre konumlandırılması	80
Şekil 9-7 Savonius ve Darrieus dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin rüzgar yönü ve dönme hareketleri	80
Şekil 9-8 Düz, kavisli veya sarmal kanatlara sahip Darrieus rüzgâr türbinleri	81
Şekil 9-9 Dikey eksenli türbinlerin bileşenleri ve kanat ölçümleri	81
Şekil 9-10 Yatay eksenli rüzgâr türbinlerini yerleştirilmesi	82
Şekil 9-11 RiTM projesi web sayfası üzerinden Türkiye rüzgar üretim ve tahminleri.....	83
Şekil 10-1 Diğer yenilenebilir enerji kaynakları; jeotermal, biyokütle, dalga ve gelgit.....	85
Şekil 10-2 Biyokütle enerji kaynakları	86
Şekil 10-3 Biyogaz ile enerji üretimi etkinliği.....	86
Şekil 10-4 Biyogaz ile enerji üretimi etkinliği deney elemanları	87
Şekil 10-5 Biyogaz ile enerji üretimi etkinliği deney düzeneği.....	87
Şekil 10-6 Jeotermal Kaynak Oluşum Modeli Uygulamalarının Şematik Gösterimi	89
Şekil 11-1 Enerji depolama şekilleri.....	92
Şekil 11-2 Teknolojiye göre enerji depolama ile ilgili uluslararası patent başvuru sayısı	93
Şekil 11-3 Küresel elektrikli araç satışları.....	94
Şekil 11-4 Lityum iyon pil ortalama fiyatı değişimi	94
Şekil 11-5 Batarya tiplerinin basit olarak ölçülebilir büyüklüklerini belirleme etkinliği	95
Şekil 11-6 Batarya tiplerinin basit olarak ölçülebilir büyüklüklerini belirleme deney elemanları	96
Şekil 11-7 Hidrojen deney düzeneği etkinliği	97
Şekil 11-8 Hidrojen deney düzeneğinin çalışması	97

TABLO LİSTESİ

Tablo 2-1 Enerji Birimleri ve Dönüşümleri	16
Tablo 2-2 LED, CFL ve akkor ampuller karşılaştırması.....	21
Tablo 8-1 Rüzgar Enerjisi Etkinlik Tablosu.....	72

SUNUŞ

Enerji; yaşamımızda en çok duyduğumuz ve kullandığımız kavramlardan biri olmakla beraber, günümüzde sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel yönleriyle ele alınan ve değerlendirilen çok geniş bir kapsama sahiptir. Kavram olarak günlük yaşamda farklı kullanımları ve birçok disiplinde farklı tanımlamaları vardır. Günlük yaşamda kullandığımız enerji kavramı, kullanıma göre farklı büyüklüklerin oluşmasına neden olur. Bu büyüklükleri bilmek ve yaşamımızın içerisinde bilinçli olarak kullanmak, hem topluma hem de bireylere ekonomik ve çevresel faydalar sağlayacağı bir gerçektir. Bu kapsamda toplumun tüm eğitim seviyelerinde okul öncesinden başlayarak, yaşam boyu öğrenme süreci ile enerji okuryazarlığı kavramı ele alınmalı ve geliştirilmelidir. Böylece bireylerin günlük kullanımlarında farklı bakış açıları ve gelişim süreci elde edebilir.

Enerji teknolojileri; enerjinin üretiminden tüketimine kadar birçok alt sistem ve bileşeni kapsamaktadır. Çok büyük etki alanına sahip olan enerjinin üretim-tüketim sürecinde sürdürülebilir yaşamı desteklemek, ekonomik ve teknolojik olmak gibi birçok ölçüt öne çıkmaktadır. Bu kapsamda enerji teknolojilerinin yenilenmesi, genel olarak mevcut teknolojileri iyileştirmek veya yenilerini oluşturmak olarak ifade edilmektedir.

Uzun vadeli olarak enerji teknolojileri üzerine yapılan araştırmalarda ve istihdamda uluslararası literatürdeki çalışmaların kapsamında en önemli üç başlık; enerji verimliliği, enerji depolanması ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak ifade edilmektedir. Bu temel alanlar öğrencilerimizin yönlendirilmesi açısından önemlidir.

Sunulan bu çalışmayla öğretmenler, enerji teknolojileri başlığı altında öncelikle öğrencilerin enerji kavramından başlayarak, enerji okuryazarlığı ve sürdürülebilir yaşamı destekleme süreçlerini kavramaları hedeflemelidir. Bu çerçevede çalışmada ilk olarak enerji kavramının tanımı, büyüklük olarak anlamı, dönüşümü, enerji verimliliği konuları yer almaktadır. Sonraki aşamada ise, enerji teknolojilerinin üretim süreçleri ele alınmaktadır. Böylece geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine enerji teknolojileri ifade edilmektedir. Özellikle çalışmada rüzgâr ve güneş bazlı yenilenebilir enerji üretim teknolojileri detaylı olarak sunulmaktadır. Son olarak, günümüzde enerji teknolojilerinin en önemli parçası haline gelen enerji depolama sistemleri üzerine bir bölüm çalışma içinde bulunmaktadır.

Bu çalışma, öğretmenlere “Dene ve Yap” öğrenme süreci içerisinde öğrencilerin konuları ele alması yaklaşımıyla oluşturulmuştur. Özellikle deney sürecinde öğrencinin karşılaşacağı sorunlara vereceği çözümler, değişkenlerin belirlemesi ve nasıl değişeceği gibi fikirler, yaparak ve yaşayarak öğrenme sürecini oluşturması bu çalışmanın istenen aşamalarıdır. Enerji teknolojileri başlığı altında verilen bu çalışma diğer Deneyap başlıklarından farklı olarak, konunun içeriği ve farklılığı nedeniyle öğrencilerin en yüksek düzeyde anlama ve kavrama sağlamak hedefi ile 5E öğretim yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır. Bu çalışmanın 5E öğrenme döngüsü modeli ile öğrencilerin araştırma sorgulamaya teşvik etmesi hedeflenmektedir.

Böylece “Enerji Teknolojileri” başlığı altında mühendisliğin temel konularına odaklanılarak, enerji kavramı üzerine açıklama ve tanımlamalar yapılması sağlanacaktır. Analitik bir çerçevede enerji kavramını açık bir şekilde öğretmek, disiplinler arası sorunlar hakkında düşünmesini sağlamak iyi donanımlı yeni nesil bilim insanları ve mühendisler yetiştirmeye yardımcı olacaktır.

ÖĞRETİM KILAVUZU

A. Enerji Teknolojileri Dersi Öğretim Kılavuzu

Günümüzde enerji konularının günlük yaşamımızda oynadığı rolün önemi sosyal, ekonomik, teknolojik ve çevresel yönleriyle olan ilişkisi tartışılmazdır. Enerji ifadesinin günlük yaşamda birçok anlamı olsa da hangi anlamda kullanıldığı önemlidir, bir başka deyişle, enerji kelimesinin birden fazla anlama sahip olması sorun teşkil etmez. Bununla beraber enerji terimi birçok bilim dalında ve bilimsel disiplinlerde olgu olarak açıklamak için kullanılan ama farklılıkları olan bir kavramdır.

Bir parçacık fizikçisi, atom altı parçacıklar arasındaki etkileşimler sırasında enerjinin korunduğu fikrini ifade ederken; bir çevrebilimci, doğal olarak sistem sınırları boyunca enerji transferleri fikriyle daha fazla ilgilenir. Çevrebilimciler ve fizik bilimciler, biyolojik sistemlerin ve fiziksel sistemlerin enerjisinin temelde aynı olsa da *“tek farkın, enerji değişikliklerini izlemek için kullanılan analitik yöntemler olduğunun”* farkındadırlar.

Enerji kavramını yeni öğrenen öğrencilerin bu temel benzerliğin farkına varmaları önemlidir. Yani, öğrenciler genellikle fizik dersinde öğrendikleri enerji kavramı ile biyoloji, kimya veya yer bilimleri derslerinde öğrendikleri enerji kavramını ilişkilendirmeleri gerekmektedir.

Sonuçta; fizik dersinde enerjinin korunduğundan, biyolojide ise enerjinin besin seviyeleri arasındaki transferlerde kaybolduğundan, kimyada ise enerji genellikle kimyasal bağlarda depolanmış olarak tanımlandığından ve çevre biliminde ise genellikle doğal kaynaklardan son kullanıcılara enerji akışından bahsedilmektedir.

Öğretmenler, öğrencilere enerji kavramını öğretirken karmaşık durum ile karşı karşıya kalabilirler. Anlatılan bilimsel disiplin merkezinde sınıflarında enerjiyi nasıl sunacaklarını belirlemeleri gerekir. Öğretmenlerin enerjiyi hem temel bir disiplin fikri hem de farklı dallarla kesişen bir kavram olarak öğretme zorluğu vardır.

Farklı disiplinleri kesen analitik bir çerçeve olarak enerji kavramını açık bir şekilde öğretmek, disiplinler arası sorunlar hakkında düşünmek için iyi donanımlı yeni nesil bilim insanları ve mühendisler hazırlamaya yardımcı olacaktır.

Enerji Teknolojileri dersi içinde mühendislik esaslı konulara odaklanılarak, enerji kavramı üzerine açıklama ve tanımlamalar yapılsa da yukarıda belirtilen çerçeve içinde öğrencilere yaklaşılmalıdır.

Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olduğu ve çevre koşullarının kötüleştiği bir geleceğe doğru ilerlerken, toplumlar enerji tüketimi, enerji kaynakları ve enerji bağımsızlığına geçiş konusunda yeni yönler tanımlama ile karşı karşıya kalmaktadır.

Bu durum tüm bireylerin ve özellikle gelecek nesillerin enerji okuryazarı, enerjiyle ilgili düşünceleri olan, sorumlu kararlar ve eylemler yapmak için daha donanımlı olmasını gerektirmektedir. Enerji okuryazarlığı, bugünün öğrencilerinin yanı sıra genel kamuoyunu güçlendirmek için artık her zamankinden daha önemli bir hal almaktadır.

Yeni enerji teknolojilerinin temellerini sağlamak, enerji ve çevre alanındaki hedefleri desteklemek için elektrik, elektronik, atomik ve moleküler seviyelerde madde ve enerjiyi anlamak, tahmin etmek ve nihayetinde kontrol etmek için temel araştırmaları yapılması gerekir.

Yeni malzemeleri keşfederek; enerji kaynakları, üretim, dönüştürme, iletim, depolama, verimlilik ve atık azaltma gibi uygulamalara yönelmek de enerji teknolojilerinin geleceği açısından çok önemlidir.

Sürdürülebilir bir yaşam hedefi için yeni enerji teknolojileri araştırmak, keşfetmek ve uygulamak gerekmektedir

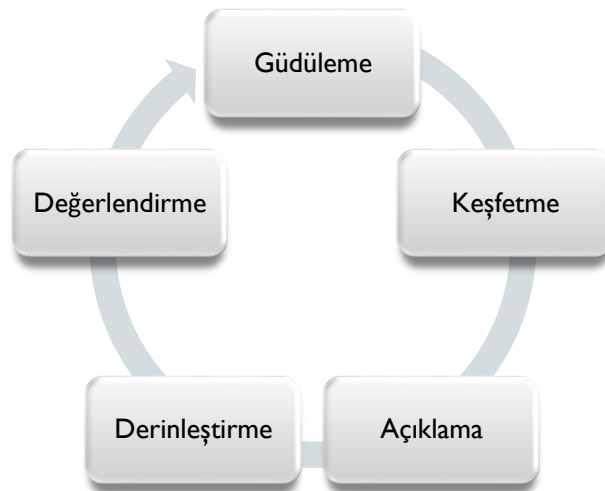
Teknoloji eğitimi sürekli gelişen yapısı ile öğrenme sürecindeki bireye bilgi, beceri ve davranışlar kazandırmayı hedeflemektedir. Böylece birey, problem çözme ve araştırma yapma becerilerini kazanırken bilimsel çalışmalara karşı ilgi ve tutumunu arttırmaktadır.

Enerji teknolojileri dersi, mühendislik esaslı konulara içerse de öğrencilere öncelikle konuyu geniş ölçüde bilimsel düşünce içerisinde inceleme ve bakış açısı kazandırma amacı güdülmektedir. Ayrıca bireye toplumsal bakış vermek için enerji okuryazarlığı kazandırma çabaları da sunulmaktadır.

Enerji teknolojileri başlığı altında verilen bu çalışma, öğrencilerin en yüksek düzeyde anlama ve kavrama sağlamak hedefi ile 5E öğretim yöntemi kullanılarak tasarlanmıştır.

5E öğrenme döngüsü, bir dersin planlanarak sistemli bir biçimde yürütülmesine yardımcı olan, ön öğrenmelerle bağlantı kurarak üst biliş kavramsal anlama becerileri kazandırmayı hedefleyen öğrenme modelidir. Bireyin derse aktif katılımını sağlayarak yaşantı yoluyla öğrenmeye ve etkinliklerle bilgiyi zihinde kendine göre yorumlamaya teşvik eden bir yaklaşım olarak yer almaktadır. 5E öğrenme döngüsü modeli, öğrencileri araştırma ve sorgulamaya teşvik eder. Öğrencilerin duyuşsal ve psikomotor becerilerini aktif bir şekilde kullanmalarını sağlayarak birer bilim insanı gibi çalışmalarını için öğrenme ortamları yaratır.¹

Ön yüklemekten kaçınmak ve bunun yerine öğrencilerin etkileşim ve keşif yoluyla bir anlayış geliştirmelerine izin vermek önemlidir. Bu deneyimler, öğrencilerin bir terim sunulmadan önce kavramı anlamalarına, hatta tanımlamalarına olanak tanır. Böylece öğrenciler deneyimleriyle kavramları keşfeder.



Şekil-0-1 5E Öğrenme döngüsü

¹ Yeşim Bayram, Simülasyon (Benzetim) Destekli 5e Öğrenme Döngüsü Modelinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Konusunu Anlamalarına ve Elektrik Konusuna Yönelik İlgi ve Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 2019.

Öğrenciler daha sonra daha derin bir anlayış için yeni kavramları ilgili olguları detaylandırabilir veya uygulayabilir. 5E modeli beş aşama içerir:

- GÜDÜLEME (Engage)
- KEŞFETME (Explore)
- AÇIKLAMA (Explain)
- DERİNLEŞTİRME (Elaborate)
- DEĞERLENDİRME (Evaluate)

GÜDÜLEME:

5E Modelinin ilk aşaması, öğrencileri zihinsel olarak nesneye, soruna, duruma veya olaya odaklanması hedeflenir. Katılım aşamasındaki etkinlikler, öğrencilerin geçmiş ve şimdiki öğrenme deneyimleri arasında bağlantı kurmalarına, önceki kavramları ortaya çıkarmalarına ve öğrenme dizisinin temel soruları ve öğrenme çıktılarına yönelik düşünme sağlamak amaçlanır.²

Öğrenci merkezli aşama, yaklaşmakta olan konu hakkında daha fazla bilgi edinme arzusu yaratabilecek bir motivasyon olmalıdır.

Öğrenciler bir açılış sorusu için beyin fırtınası yapabilir veya kendilerine şunları sorabilir:

- Neden böyle oldu?
- Bunun hakkında ne biliyorum?
- Bunun hakkında ne öğrenebilirim?
- Bu sorun nasıl çözülebilir?

Katılım aşamasında öğretmenin rolü; öğrenciyi motive eden tespitler sunmak, durumu belirlemek, öğretim görevini belirlemek ve etkinlikler için kural ve işleyişi belirlemektir. Ayrıca öğrencilere sonraki aşamalarda kaynak olacak fikirlerini ve deneyimlerini belirtilmesi için ortam oluşturur ve kendi aralarında tartışır.

KEŞFETME:

Öğrenciler etkinliklere girdikten sonra fikirleri keşfetmek için zamana ihtiyaç duyarlar. Keşfetme etkinlikleri, tüm öğrencilerin daha sonra bilimsel ve teknolojik kavramları ve açıklamaları için kullanılabilen ortak, somut deneyimlere sahip olması için tasarlanır.

Keşif aşamasında, öğrenciler somut öğrenme deneyimleri yoluyla yeni kavramı aktif olarak keşfederler. Bilimsel yöntemleri seçmeleri ve gözlem yapmak için sınıf arkadaşlarıyla iletişim kurmaları istenebilir. Bu aşama, öğrencilerin uygulamalı bir şekilde öğrenmelerini sağlar³.

Keşfetme aşamasında öğretmenin rolü öğrenmeyi kolaylaştırmaktır. Etkinlikleri başlatırlar ve öğrencilerin nesneleri, materyalleri ve durumları araştırmaları için zaman ve fırsat tanırlar. Öğretmen, gözlemleri veya verileri kaydedip analiz ederken ve tasarlarırken veya ilk açıklamaları oluşturmaya başlarken öğrencilere yol göstericilik yapar ve rehberlik eder.

² San Diego County Office of Education Science Resource Centre, 5E Model of Instruction, <https://ngss.sdcocoe.net/Evidence-Based-Practices/5E-Model-of-Instruction>

³ <https://www.teachthought.com/learning/5e-model/>

Açıklama:

Açıklama aşaması öğrencilerden önceki aşamalarındaki deneyimlerden elde ettikleriyle açıklamalarını paylaşmaları istenir. Öğitmen öğrencilerin öğrenmesini desteklemek için kaynaklar ve bilgiler sağlar ve bilimsel veya teknolojik kavramları tanıtır. Böylece öğrencilerin yeni bilgileri sentezlemelerine ve daha fazla açıklamaya ihtiyaç duyarlarsa sorular sormalarına yardımcı olan, öğretmen liderliğindeki bir aşamadır. Öğrenciler, kanıta dayalı modellerini ve açıklamalarını oluşturmak veya revize etmek için bu kaynakları ve bilgileri ve diğer öğrencilerin fikirlerini kullanırlar. Bu aşama, aynı zamanda öğretmenlerin anlamayı artırmak için açıklayıcı görselleri ve bilgileri paylaştığı veya diğer yardımcı unsurları kullandığı aşamadır.

Derinleştirme:

5E Modelinin derinleştirme veya detaylandırma aşaması, öğrencilere öğrendiklerini uygulamaları için alan vermeye odaklanır. Öğrenciler bir olgunun açıklamalarını oluşturduktan veya bir problem için çözümler tasarladıktan sonra, onların öğrendikleri kavramları, süreçleri veya becerileri uygulayan, genişleten veya detaylandıran daha fazla deneyimi elde etmeleri önemlidir. Bu aşama onların daha derin bir anlayış geliştirmelerine yardımcı olur. Öğitmenler, öğrencilerden yeni becerileri pekiştirmek için sunumlar hazırlamalarını veya ek araştırmalar yapmalarını isteyebilir. Bu aşama, öğrencilerin değerlendirmeden önce bilgileri pekiştirmelerini sağlar.

Değerlendirme:

5E Modeli değerlendirmeye izin verir. Bu aşamada, öğretmenler öğrencilerini gözlemleyebilir ve temel kavramları tam olarak kavrayıp kavramadıklarını görebilirler. Öğrencilerin öğrendiklerine dayalı olarak sorunlara farklı bir şekilde yaklaşıp yaklaşmadıklarını not almak yararlıdır. Öğrencilerin açıklamalarının düzeyi geri bildirim almak açısından önemlidir. Öğrenme dizisinin sonunda özet bir değerlendirme de yapılabilir. Değerlendirme aşaması, öğrencileri kendi anlayışlarını ve yeteneklerini değerlendirmeye teşvik eder ve öğretmenlerin, öğrenme hedeflerine ve çıktılarına ulaşmaya yönelik bireysel öğrenci ilerlemesini değerlendirmelerine olanak tanır.

B. Genel Ön Bilgi:

Millî Eğitim Bakanlığı Fizik dersi öğretim programları kapsamında Lise öğrencilerinin “Enerji Kavramı” ve “Enerji Teknolojileri” konularında yer alan kazanımlar aşağıdaki maddelerde belirtildiği gibi geçmektedir:

- Öğrenciler 9. sınıfa geldiklerinde Fizik dersi kavramı ile tanışır. Öncesinde ortaokul düzeyinde fen bilimleri dersinde aşağıdaki kazanımları elde etmeleri beklenir;
 - Kuvvet-iş ve enerji arasındaki ilişkiyi fark etmeleri,
 - Enerji çeşitlerini sınıflandırmaları,
 - Enerji kavramının temelinde üretim ve tüketim bağlamında bütünsel olarak işin oluşumunda yer alan kuvvet, maddenin korunumu ve değişimi,
 - Işığın yayılımı ve ışığın faydası,
 - Elektrik devre mantığı kavramlarıdır.
- Öğrenciler 10 sınıfa geldiklerinde 9.sınıfta enerji başlığı altında temel konular enerjinin korunumu, ısı, sıcaklık, hal değişimleri, enerji iletim yolları ve elektrostatik kavramları ile ilgili kazanımları elde etmeleri beklenir.
- Öğrenciler 11. sınıfa geldiklerinde 10.sınıfta elektrik ve manyetizma başlığı altında elektrik akımı, potansiyel farkı, elektrik devreleri; manyetik alan altında kavramları ve optik konusu kapsamında aydınlatma ilgili kazanımları elde etmeleri beklenir.
- Öğrenciler 12. sınıfa geldiklerinde 11.sınıfta yapılan iş ile enerji arasındaki ilişkinin analizi ile enerji ve hareket konusunu takiben elektrik ve manyetizma başlığı altında manyetizma ve elektromanyetik indüklenme, elektromotor kuvvet, transformatör, alternatif akım devre elemanlarının davranışı kavramları ile ilgili kazanımları elde etmeleri beklenir.

Başarı, zekâ kadar çalışmakla elde edilir. Sebat lazım, inat etmek lazım ve çalışmak lazım.

Aziz Sancar⁴

Taş Devri, taşlar bittiği için bitmedi; Petrol Çağı da petrol bittiği için bitmeyecek.

Don Huberts ve Ahmed Zaki Yamani⁵

⁴ Nobel Kimya Ödüllü, Türk biyokimyager, moleküler biyolog ve bilim insanı.

⁵ Farklı kaynaklarda Ekonomist Don Huberts ve Suudi Arabistan eski Petrol Bakanı Ahmed Zaki Yamani tarafından söylendiği ifade edilir.

I. Bölüm- Enerji Kavramı ve Enerji Kaynakları

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamındaki madde ve maddenin özellikleri, kinetik enerjisi, potansiyel enerjisi, mekanik enerji, enerji korunumu ve enerji dönüşümü kavramlarını bilmek.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci “enerji” kavramını farklı tanımlamaları ile açıklar.
- Öğrenci enerji türlerini sistem içinde ifade eder.
- Öğrenci enerji dönüşümü görür, değişkenleri belirler.
- Öğrenci el becerilerini ve bilgileri kullanarak, bir sistem tasarlar ve uygular.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, enerji kavramının ve enerji türlerinin tüm öğrenciler tarafından doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır. Bu kavramları öğrencinin bir enerji dönüşüm sistemi üzerinde göstermesini, tanımlamasını sağlamak ve enerji türlerindeki değişkenleri belirlemektir. Böylece öğrenciye ilk dersten enerji üretimi ile ilgili motivasyonu oluşturmak, özellikle geleneksel enerji üretim yöntemleri ile güneş enerjisi üretiminin beraber kullanımı göstermektir.

Haftanın İşlenişi:

- Güdüleme : Enerji tanımı ve türlerini görseller üzerinden tartışarak, hazırbulunuşluk düzeyini belirlemek.
- Keşfetme : Geleneksel enerji üretim yöntemleri ve güneş enerjisi kullanarak enerji dönüşüm etkinliğini yapmak.
- Açıklama : Enerji dönüşümü olaylarını ilgili kavramlarla örtüştürmek, ilişkileri belirlemek.
- Derinleştirme : Enerji dönüşümü deneyini geliştirmek ve farklı parametrelerin değişimini görmek.
- Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak ve saha uygulamalarını yansıtmak.

Etkinlik (deney) adı	Enerji Dönüşümü
Süre	90 dakika
Araç-gereçler	Mini Dalgıç Su Pompası, Su Çarkı, Güneş Paneli, Şeffaf PVC Hortum, Jeneratör, Plastik Kaplar (Yükleme Havuzu ve Su Çarkı için), Halojen Projektör, Dijital Multimetre Ölçü Aleti, Krokodil Kablo, Silikon Tabancası ve Çubukları.

I.1. Eğitime Teorik Bilgi

I.1.1. Enerji Kavramı

Öğrencilerin enerji konusu ile ilgili temel bilgileri edinebilmeleri için “Enerji Nedir?” kavramı üzerinde durulacaktır. Enerji kavramı ve öğrencilerin bu kavramı daha derinlemesine incelemeleri için önce keşfetmek ve oluşturmak için zamana ihtiyacı olacaktır.

Öğrencilere enerji teriminin ne olduğu hakkında keşfetme fırsatları verilmelidir. Öğrenciler enerjiye dokunamamaları, enerjiyi görmeseler, hatta doğrudan ölçemeseler de günlük yaşamlarında hissettikleri ve kullandıkları enerji hakkında fikir edinmeleri sağlanmalıdır. Böylece günlük yaşamdan ve hareketlerinden esinlenerek, öğrencilerin gördükleri ve yaptıklarından ortaya çıkan enerji kavramının neler olduğunu gözlemlenmeleri hedeflenir.

Öğrenciler bu kavramı öğrenirken, enerji terimi temelde soyut bir fikir olsa da kesin bilimsel kullanımları ifade edilebilir. Çünkü öğrenciler günlük yaşamlarında enerji terimini bu derste öğrenmeden çok önce kullanırlar ve enerjiyle ilgili bilimsel bir bakış açısıyla eşleşebilecek veya eşleşmeyebilecek bir sezgi geliştirmeleri söz konusudur. Bu süreçte öğrencilerin bilimsel ve günlük bağlamda enerjiyi anlamalarına yardımcı olmaya yönelik vurgular kullanılabilir:

- Enerji nedir kavramını açıklamalarını,
- Gördüğünüz veya bildiğiniz enerji örnekleri vermeleri,
- Enerjinin nasıl oluştuğu,
- Farklı enerji türleri tanımlamak.

I.1.2. Enerji Nedir?

Enerji, tüm yaşam ve tüm evrende meydana gelen tüm süreçler için gereklidir ve tüm yaşam döngülerinde yer alır. Bu kapsamda enerji, temel bir insan ihtiyacı olduğu için günlük hayatımızda çok önemlidir. Birçok nedenden dolayı enerjiye ihtiyaç duyulur. Her şeyden önce, sadece hayatta kalmak için enerji gereklidir. Enerji yediğimiz, tükettiğimiz veya kullandığımız her şeydedir. Biyoloji disiplini ile bakılırsa, enerji, vücudun doğal iç fonksiyonlarını besler ve düzenler. İnsan vücudundan kasları kasıp hareket ettirmek ve hücreler arasında elektriksel uyarıları taşımak için enerjiye ihtiyaç vardır. Fizik disiplini ile bakılırsa, enerjiyi sadece binaları ısıtmak için değil, aynı zamanda onları soğutmak için ve günlük yaşantının her aşamasında ihtiyaçtır. Enerji, toplumda, araba kullanmaktan televizyon izlemeye, evleri ve işyerlerini yapay ışıkla aydınlatmaya kadar her türlü modern yaşam için kolaydır.

Enerji, günlük yaşamda sıklıkla kullanılan kesin doğal yasalara uyan fiziksel bir niceliktir. Genel olarak,

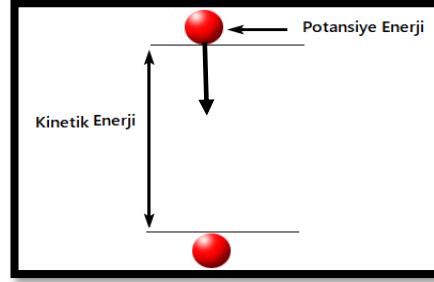
Enerjinin dönüşüm olanaklarının getirdiği sınırlamalar ve teknolojik güçlükler; bol, güvenilir, kolaylıkla temin edilebilir, çevre dostu bir enerjiye kavuşmak hedefini gündemde tutar.

İş yapabilme yeteneği ya da iş yapma kapasitesi olarak tanımlanır. Esasen uygulamada bu tanım yerini bulmakta ve insanlar enerjiyi bir biçimden diğerine değiştirerek, iş yapmak için kullanılmaktadırlar. Otomobilleri yollarda ve tekneleri suda hareket ettirerek, ocakta yemek pişirerek, buzdolabında içecekleri ve yiyecekleri soğutarak, evlerimizi ve ofislerimizi aydınlatarak, imalatı üretim bandını hareket ettirerek, enerji biçimleri iş yapabilme yeteneğini kullanır. Bu bağlamdaki iş, bir nesneye bir kuvvetin etki ederek nesnenin yer değiştirmesine neden olduğu zamandır.

Max Planck⁶, enerjiyi “bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme yeteneği” olarak tanımlamaktadır. Evren maddeden (katı, sıvı veya gaz formlarındaki tüm "maddeler") ve enerjiden yapılmıştır. Enerji, değişim yaratma yeteneğidir. Enerji, nesnelerin birbirleriyle nasıl etkileşime girdiğinde bulunur. Dünyadaki fiziksel süreçler, Dünya sistemindeki enerji akışının sonucudur. Bir kayadan yansıyan ışıktan okyanusun derinliklerindeki akıntılara kadar fiziksel olarak meydana gelen her şey, enerji aktığı için olur. Biyolojik sistemler de enerji gerektirir.

1.1.3. Enerji Türleri ve Tanımları

Kinetik ve potansiyel olmak üzere iki ana duruma giren birçok farklı enerji türleri, biçimleri vardır. Öğrenciler, potansiyel ve kinetik enerjiyi karşılaştırmak için öğrendiklerini kullanmalıdır.



Şekil 1-1 Enerjinin iki ana durumu

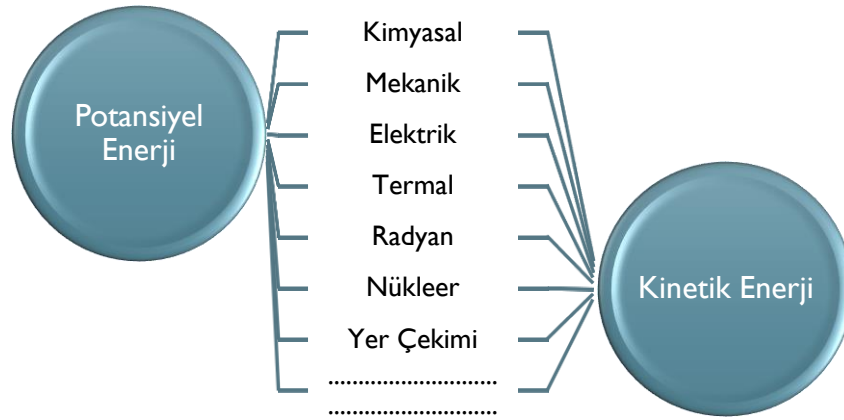
Göremediğimiz şeyleri açıklamak zor olabilir. Aydınlatma için lambaları açtığımızda veya yürüyen merdivenlerde enerjinin sonuçlarını görebiliriz ancak masamızın üzerinde duran elmanın enerjisi olduğunu hayal etmek zor olabilir. Çünkü var olan enerji kullanılmamaktadır. Elma, masanın üzerinde dururken potansiyel veya depolanmış enerjiye sahiptir. Bu, kinetik enerjiye (masadan düşerse) ve kimyasal enerjiye (birkaç ısıyk alırsanız) dönüşebilir.

Potansiyel enerji; depolanmış enerji, her an işleme girebilecek, hazır olan enerji yani konumun enerjisidir. Nesnelerin düzeni ve/veya birbirlerine uyguladıkları kuvvetler bir şekilde değiştiğinde depolanır veya serbest bırakılır. Bir pilin ya da bataryanın kullanıma geçmeden önceki depoladığı kimyasal madde, deposu akaryakıt dolu bir otomobil, buzdolabın üstündeki yanlış konulmuş kavanoz, dağın kenarındaki kopmaya hazır bir kaya parçası gibi örnekler depolanmış bir enerji durumunu ifade eder. Son iki örnekteki gibi durum ise, bir nesnenin daha düşük yükseklikteki bir konuma kıyasla sahip olduğu “yer çekimi” potansiyel enerjisidir. Bu durumu oluşturan Dünya’nın yerçekimi kuvvetidir. Başka bir deyişle, eğer Dünya olmasaydı kaya da kavanoz da potansiyel enerjiye sahip olmayacaktır.

Kinetik enerji; dalgaların, elektronların, atomların, moleküllerin, maddelerin ve nesnelerin hareketidir. Basit olarak ifade etmek gerekirse, kinetik enerji bir şeyin hareketi nedeniyle sahip olduğu enerjidir. Atılan bir futbol topu, hızla giden bir otomobil, bir maraton koşucusu veya bir uçurumdan düşen bir kaya gibi örnekler hareketli bir cismin enerji durumunu ifade eder. Nesnenin kütlesi ve bir nesnenin hızıyla ilişkisini tanımlayarak, matematiksel bir kavram ile “cismin kütlesinin çarpımının yarısına ve hızının karesine eşit olması” ifadesi ile verilebilir. Fakat hedef kitle bağlamında basit tanım yeterlidir

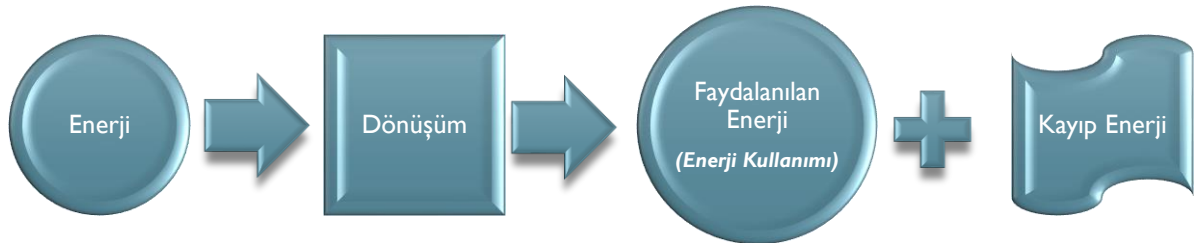
⁶ Nobel Fizik Ödülü sahibi Alman fizikçi

Potansiyel ve kinetik enerji durumu termal enerji, radyan enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji, elektrik enerjisi, hareket enerjisi, ses enerjisi, elastik enerji, yerçekimi enerjisi olarak, farklı biçimlerde olabilir ve farklı biçimlere dönüşebilir. Farklı enerji türlerinin öğrenciler tarafından gözlemlenmesi ve keşfedilmesi sağlanmalıdır.



Şekil 1-2 Enerji Türleri

Enerji biçim olarak; kimyasal, elektrik, radyan, mekanik, termal, nükleer vb. farklı türlerde bulunabilir. Enerji bir türden, bir biçimden veya halden diğerine geçebilir, dönüştürülebilir. Örneğin, kömür veya doğalgazda depolanan kimyasal enerji veya nehirlerde akan suyun kinetik enerjisi elektrik enerjisine ve bu da ışık ve ısıya dönüştürülebilir. Enerjiyi bir biçimden veya halden diğerine dönüştürmenin nedeni, son kullanımı veya dönüşümden istediğimiz sonucu, faydayı elde etmektir. Enerji, dönüştürüldüğünde veya aktarıldığında genellikle faydalıdır ve genellikle **enerji kullanımı** olarak adlandırılır. Bu durumda enerji asla yok olmaz, olsa olsa istenilmeyen ya da faydalanılamayan bir enerji biçimine dönüşür, bu kayıp olarak ifade edilir.



Şekil 1-3 Enerji Dönüşümü

Bu durum enerjinin tür değiştirebilmesine rağmen, korunduğunu yani bir sistemin toplam enerjisinin sabit bir değer olduğu anlamına gelir.

Kinetik Enerji (KE) ve Potansiyel Enerji (PE)	} KE + PE = Sabit
---	-------------------

Kimyasal enerji, bir maddenin küçük parçaları arasındaki bağlarda depolanan, bağ kurma veya koparma sonucu enerji açığa çıkan enerjidir. Esasen maddelerin kimyasal tepkimeleri sonucu meydana gelen değişimlerin ortaya çıkardığı enerjidir. Kimyasal enerjinin bazı yaygın örnekleri; kömür, petrol, doğal gaz vb. yanabilen diğer tüm materyaller için de geçerlidir. Bu kapsamda örnek olarak şeker gibi yakıtlarda ifade edilebilir. İnsan vücudu egzersiz sırasında şekeri yaktığında, maddenin kimyasal

bağlarında bulunan enerjinin serbest bırakılması söz konusudur. Böylece insan ve hayvan bedenlerini hareketlendiren enerjinin özü kimyasal enerjidir. Günlük yaşantımızda sıklıkla kullanılan piller de kimyasal enerji içerir.

Elektrik enerjisi, fen bilimleri dersinin konularından biridir ve günlük yaşamla da yakından ilgilidir. Bununla beraber, öğrencilerin doğru elektrik kavramına sahip olmaları önemlidir. Elektrik konusu öğrencilerin anlamakta en çok zorlandıkları konulardan biridir.

Elektrik enerjisi, elektronların hareketiyle oluşan ve elektrik yüklü nesneler tarafından üretilen enerjidir. Tüm maddeler atomlardan, atomlar ise; proton, nötron ve elektron olarak adlandırılan daha küçük parçacıklardan oluşur. Protonlar ve nötronlar, bir atomun merkezinde veya çekirdeğinde bulunur. Elektronlar çekirdeğin etrafında yörüngede döner. Bazı malzemeler, özellikle metaller, atomlarına yalnızca gevşek bir şekilde bağlı elektronlara sahiptir. Onlara bir elektrik veya manyetik alan uygulanırsa, bir atomdan diğerine kolayca hareket ettirilebilirler. Bu elektronlar maddenin atomları arasında hareket ettiğinde bir elektrik akımı oluşur. Sabit bir elektrik yükü (statik) elektrik potansiyel enerjisine yol açarken, hareketli (dinamik) bir elektrik yükü bir elektrik akımı ve manyetik enerji yaratır. Elektrik potansiyel enerjisi, elektrik yüklü bir cismin varlığı nedeniyle ortaya çıkar. Elektrik enerjisi yaygın olarak kullanılan bir enerji türüdür. Bunun nedeni, elektrik enerjisinin kolayca diğer enerji biçimlerine dönüştürülmesidir.

- Elektrik enerjisinin radyan (ışık) enerjisine dönüştürülmesi, örneğin lambalar,
- Elektrik enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi, örneğin ütüler ve sobalar,
- Elektrik enerjisinin mekanik enerjiye dönüştürülmesi, örneğin elektrik motorları,
- Elektrik enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi, örneğin piller.

Radyan enerji, ışığın, elektromanyetik dalgaların veya parçacıkların hareketiyle ilişkili enerji biçimidir. Güneşten gelen ya da bir ışık veya ateşten gelen radyasyon enerji içerir. Radyasyon daha yoğun olduğunda ve daha geniş bir alanda toplandığında daha fazla güneş enerjisi mevcuttur. Işık, radyasyonun görünen kısmıdır ve elektromanyetik dalgalar aracılığıyla enerjinin taşınmasıdır. Bu taşıma işlemi bir yerden bir yere veya uzayda olabilir. Bir enerji türünün ışık haline dönüşmesi ile ortaya çıkan bu durum, elektrik enerjisinin dönüşümüyle ampulde, kimyasal enerji dönüşümüyle ateşböceği gibi canlılarda veya ısı kullanarak yanma sonrası ortaya çıkan ışığı sağlayan odun, kömür gibi maddelerden elde edilebilir. Radyan enerji; güneş, yerküre veya atmosferden yayılan enerji ile bunlar tarafından radyasyonun emilmesine ilişkin olarak kullanılır. Görünür ışığın yanı sıra x-ışınları, gama ışınları ve radyo dalgaları gibi çıplak gözle görülemeyen diğer ışınları içerir.

Mekanik enerji, bir nesnenin hareketinden kaynaklanan enerji olan kinetik enerji veya bir nesnenin konumundan dolayı depolanan enerji olan potansiyel enerji biçimini alabilir. Başka bir deyişle, bir

Geleceğin enerji teknolojilerinde enerjiyi bir biçimden diğerine dönüştüren maddeler ve kimyasal değişimler büyük önem arz edecektir. Bunun için yapılacak işlemler, güneş ışığından daha çok yararlanmak, enerjiyi daha iyi depolamak ya da suyu parçalayarak ya da karbondioksiti azaltarak yakıt üretmek ile olabilir. Önemli olan günümüzün enerji teknolojilerinden daha işlevsel olmasıdır. Bu tür gelişmiş malzemeler doğada bulunmaz; temel bilimin ortaya koyduğu ilkeler kullanılarak, titiz standartlara göre tasarlanarak, üretilir.

<https://science.osti.gov/bes>

nesne konumu veya hareketi nedeniyle iş yapma yeteneğine sahip olduğunda mekanik enerjiye sahiptir. Mekanik enerji, bu bağlamda hem potansiyel hem de kinetik enerjileri birlikte bulunduran mekanik sistemlerin toplam enerjisine verilen addır. Sıkıştırılmış yaylar ve gerilmiş lastik bantlar, depolanmış mekanik enerjinin örnekleridir. Bir makinenin dönme hareketini öteki parçalara aktaran güç olarak da adlandırılan mekanik enerji veya dönme enerjisidir. Kullanılabilir enerji miktarı, makinenin milinin dönmesini sağlayan mekanizmaya bunu aktaran tekerleğe (çarka) bağlıdır.

Nükleer enerji, bir atomun çekirdeğinde depolanan ve çekirdeği bir arada tutan enerjidir. Atom çekirdekleri birleştiğinde veya ayrıldığında açığa çıkan enerjidir. Atomların bölünmesi, parçalanması olan fisyon, nükleer enerji üretmek için kullanılır. Günümüz nükleer santralleri elektrik enerjisi üretmek için fisyon kullanır. Fisyon için en yaygın kullanılan yakıt uranyum olmakla beraber plütonyum veya toryum gibi elementlerin kullanımı olabilir. Füzyon ise, iki veya daha fazla atom çekirdeğinin çok yüksek hızlarda çarpışması sonucunda yeni bir atom çekirdeği oluşturmak için birleştiği bir reaksiyondur. Esasen füzyon, güneş ve yıldızların enerji vermesini sağlayan kaynak olarak ifade edilebilir. Bu durumda füzyon enerjisi, gelecek için enerji üretiminde önemli bir yol olabilecektir. Nesiller için devamlı bir enerji kaynağı olasılığını sunabilir. Bununla birlikte nükleer füzyon için şartların oluşması, bilimsel ve mühendislik zorluğu taşımaktadır.

Termal enerji veya ısı enerjisi, bir maddedeki atomların ve moleküllerin hareketinden gelen enerjidir. Bu parçacıklar daha hızlı hareket ettiğinde ısı artar. Isı ve termal enerji doğrudan sıcaklıkla ilişkilidir. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa, ısı şeklinde o kadar fazla enerji bulunur. Jeotermal enerji, yeryüzündeki termal enerjidir. Sıcaklıkları farklı olan bitişik nesneler, aynı sıcaklığa gelmeye çalışmak için kendiliğinden ısı transfer eder. Soğuk bir odada sıcak bir bardak su, zaman içinde su bardağındaki ısının odaya aktarılması ile termal enerjinin bir kısmı kaybederek, su dolu bardak oda ile aynı sıcaklığa ulaşır.

I.2. Güdöleme

Öncelikle öğrencilere mevcut bilgileri ışığında enerji kavramı üzerine konuşmaları sağlanmalıdır. Öğitmen öğrencileri “Enerji Kavramı” başlığında verilen teorik ders notu bilgileri ile yönlendirilmelidir.

Günlük yaşamdaki farklı enerji formları hakkında beyin fırtınası yapmaları istenmelidir. Örneklerini fotoğraf, video veya şekillerle göstermelerini ve “Enerji Türleri ve Tanımları” başlığı altında verilen bilgi ile öğretmen öğrencilerin almış oldukları kazanımları düşünmeleri, eşleştirmeleri ve paylaşmaları beklenmelidir.

Öğitmen, öğrencilere enerjinin sadece tüketilmediği ve dönüştürüldüğü düşüncesi üzerine durmalıdır.

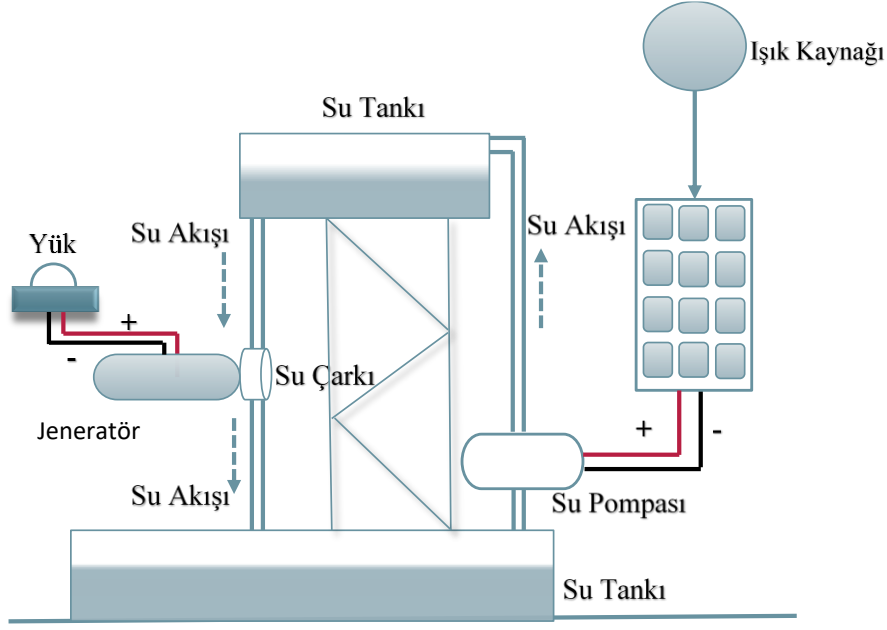
Ayrıca birincil enerji kaynaktan gelen bir enerji formunun neden dönüştürölmesi gerektiği üzerine sorgulama yapması beklenmelidir. Bu kapsamda birincil ve ikincil enerji kaynakları kavramları tanımlaması istenmelidir.

Öğrencilere fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarını tanımlaması, neler olduğı konusunda sorgulamalar yapılmalıdır.

Bir çalışma kâğıdı üzerinden enerji türleri, birincil ve ikincil enerji kaynakları kavramları, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarını yazmaları ile bu aşama sonlanmalıdır.

Öğitmenin bu süreci yaklaşık 15-20 dakikalık bir zaman dilimi tanımlaması beklenmelidir.

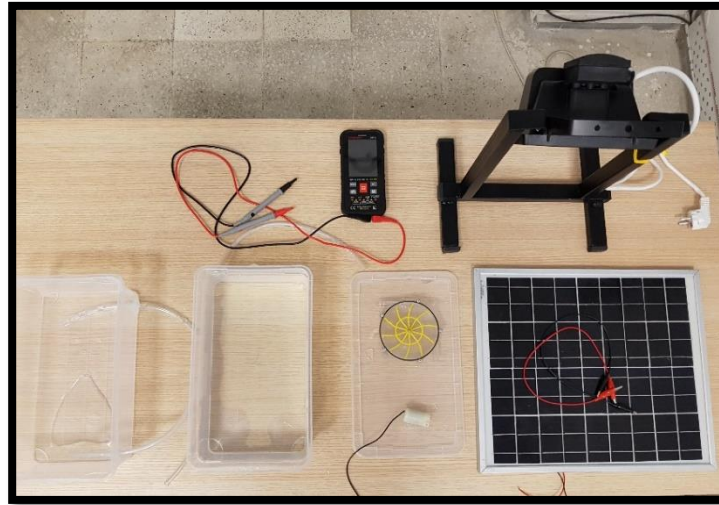
I.3. Keşfetme



Şekil 1-4 Güneş enerjisi destekli geleneksel enerji üretim yöntemleri kullanılan sistemin tasarımı

Güdüleme sürecinin çıktısı olarak, öğrenci görmüş olduğu enerji dönüşüm uygulamalarının ışığında bir tasarım ile durumu keşfetmesi gerekmektedir. Gerçekleştireceği tasarım enerjinin her iki durumu potansiyel ve kinetik enerji uygulamasını içermelidir. Aynı zamanda farklı enerji biçimlerine dönüşümlerini görmek hedeflenmelidir. Şekil 1.4 'de güneş enerjisi destekli, fotovoltaik beslemeli bir sistem ile suyun yüksek bir noktaya taşınması sağlayan bir tasarım mevcuttur. Suyun potansiyel enerjisi yüksekten düşürülerek, kinetik enerji dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Çarka düşen su; mekanik enerjiye ve jeneratör üzerinde de elektrik enerjisine dönüşüm sağlamaktadır. Enerjinin faydalı hali bu tasarımda jeneratör ucundaki LED lambanın yanmasıdır.

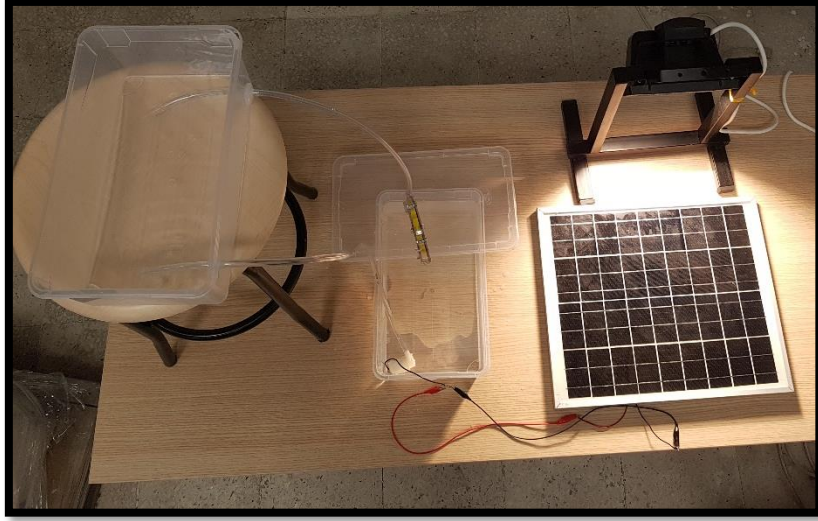
Öğrenci bu aşamada tasarladığı güneş enerjisi destekli, fotovoltaik beslemeli bir sistem ile suyun yüksek konuma pompalanması ile elde ettiği potansiyel enerjiyi su çarkına düşürerek mekanik enerji dönüşümünü sağlayacağı tasarımı uygulama aşamasına gelmiştir.



Şekil 1-5 Güneş enerjisi destekli enerji üretimi sisteminin deney elemanları

Şekil 1.5'te bu tasarımın uygulandığı deney elemanları verilmiştir. Güneş enerjisi temini için bir aydınlatma kaynağı kullanılır. Bununla beraber 1 adet fotovoltaiik panel, iki adet su kabı, 1 adet su çarkı ve su pompası ile su tankları arasındaki geçiş için plastik hortuma ihtiyaç vardır. Deneyin geliştirilmesi bağlamında 1 adet jeneratör ve 1 LED kullanılabilir.

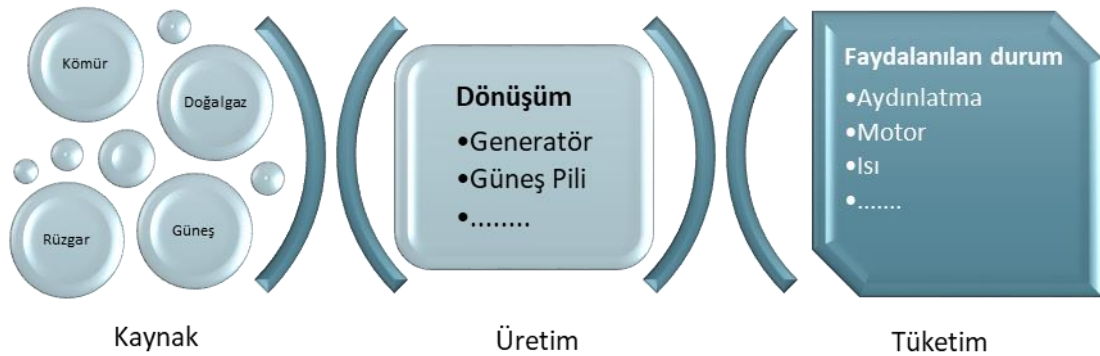
Şekil 1.6'da deney elemanlarının uygun yerleştirildiği bağlantı düzeneği görülmektedir. Burada önemli olan suyun yüksek bir konuma pompalanmasıdır. Su çarkının dönme işlevini yapabilmesi çarka düşecek su gücüne bağlıdır. Suyun düşüş hızı ve çarka düşme açısı dönmenin sağlanması için önemlidir.



Şekil 1-6 Güneş enerjisi destekli enerji üretimi sisteminin deney düzeneği

Tasarımda ifade edilen çarka bağlı jeneratör düzeneği deneyin gelişimi açısından ele alınmalıdır. Su çarkı dönme hızı (devir sayısı) jeneratör ile çark arasındaki bağlantının yeterli aktarımı ile mümkün olabilir. Ancak bu durumda LED yanacaktır.

I.4. Açıklama



Şekil 1-7. Kaynaktan Tüketime Enerji Dönüşüm Süreci

Öğrenci enerji tanımı, durumu ve türleri (biçimleri) hakkında ön öğrenmeleri ortaya çıkarmış ve enerji korunumu kavramına dikkati çekilmiştir. Yapılan öğrenme etkinliği ile enerji dönüşümünü araştırması ve keşfetmesi beklenmektedir. Bu kapsamda öğrenciler;

- Birincil ve ikincil enerji kaynaklarını tanımlar,
- Enerji kaynaklarının neler olduğunu belirler,
 - Fosil enerji kaynakları
 - Yenilenebilir enerji kaynakları
- Üretimde enerji dönüşümü yapan makine ve cihazların neler olabileceğini örneğin elektrik santrallerinde Jeneratör, Fotovoltaik (Güneş Pilleri) vb. bilirler,
- Tüketimde enerji faydalı durumu getiren yani enerji kullanımı yapan cihaz ve makinelerin neler olabileceğini örneğin motor, ampul, fırın vb. görürler.

Enerji dönüşümü üzeri sistem oluşturulmasını sağlamak için görsel ile zenginleştirilmiş benzetimi uygulanmalıdır. Aşağıda bu yaklaşım ile hazırlanmış, etkileşimli benzetim programının enerji çeşitleri ve dönüşümleri başlıklı uygulaması her aşaması ile öğrenciler tarafından gerçekleştirilmelidir.

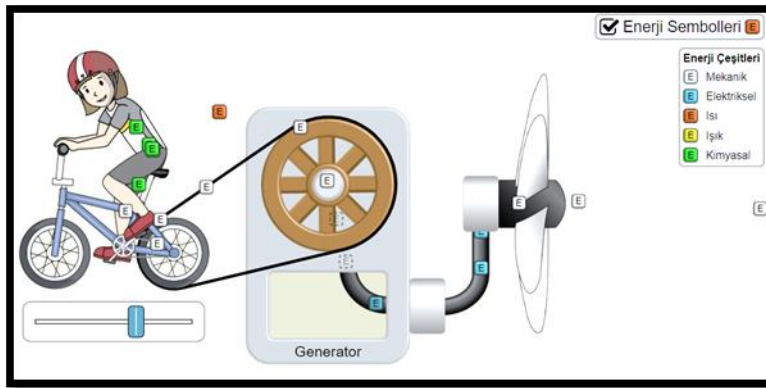
Etkileşimli benzetim programı dört farklı kaynak, iki farklı enerji üretim dönüştürücüsü ile dört farklı enerji kullanımı sunmaktadır. Aşağıda seçilen dört durum mevcuttur. Öğrenciler bunu farklı seçeneklerle artırabilirler.

PhET projesi, bilim öğretmek ve öğrenmek için ücretsiz, çevrimiçi etkileşimli benzetim programları sunmaktadır. Görsel modelleri, sebep-sonuç ilişkilerini ve çoklu temsilleri vurgular. Öğrencilerin keşif ve keşif yoluyla öğrendiği sezgisel, oyun benzeri bir ortam aracılığıyla öğrencilerin ilgisini çeker.

<https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes.tr.html> adresi üzerinden enerji çeşitleri ve dönüşümleri üzerine etkileşimli benzetim uygulamaları yapılabilir.

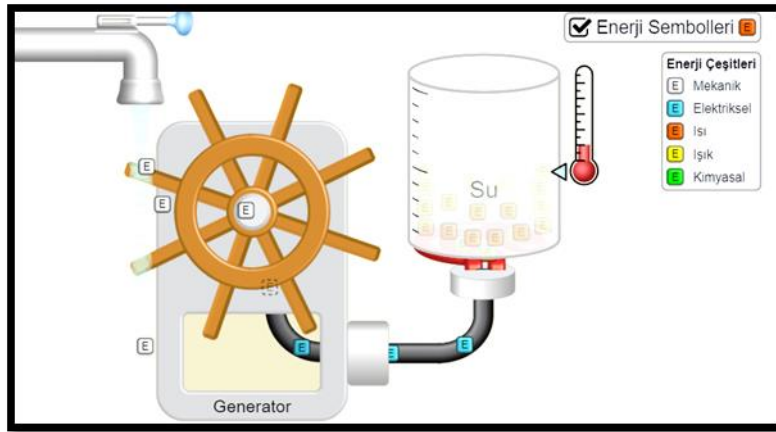
<https://phet.colorado.edu/>

Durum 1



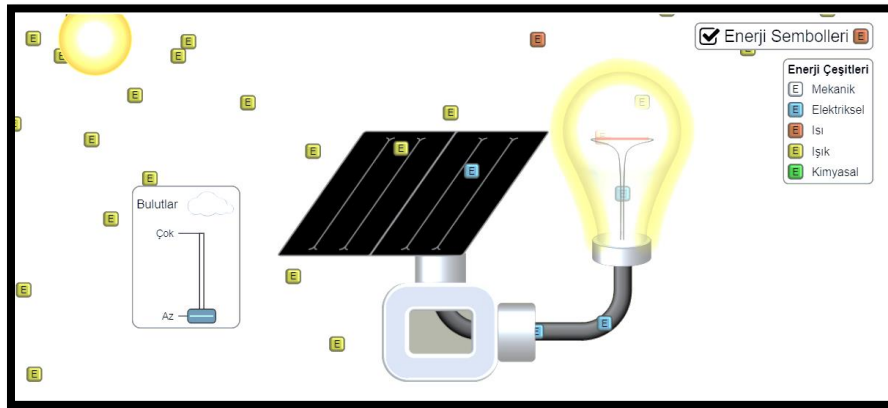
Hareket enerjisinin jeneratör üzerinden elektrik enerji ile mekanik enerjisine dönüşümü gerçekleşirken, bunun için kişinin harcadığı kimyasal enerji ve kayıp olarak oluşan ısı enerjisi göz önüne alınmalıdır.

Durum 2



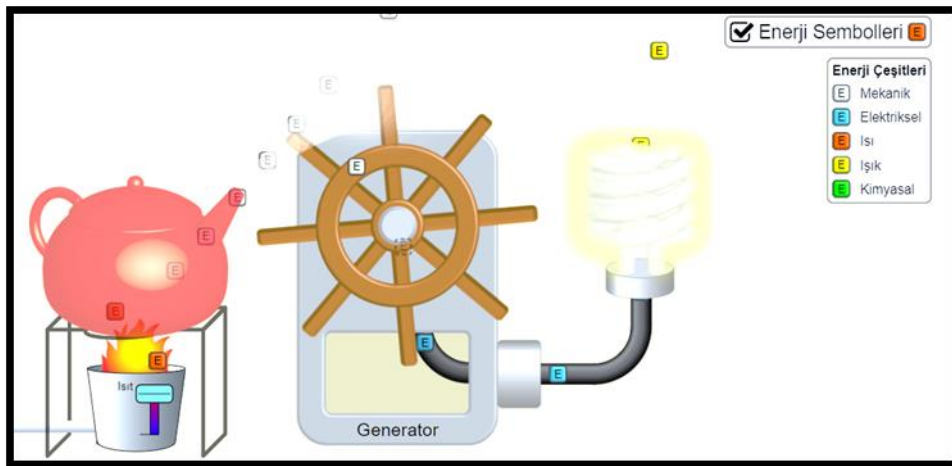
Su gücünün potansiyel enerjisi çarka çarparak, miline bağlı olduğu jeneratör üzerinden elektrik enerjisine dönüşmektedir. Elektrik enerjisi sayesinde kabın içindeki su ısınmaktadır.

Durum 3



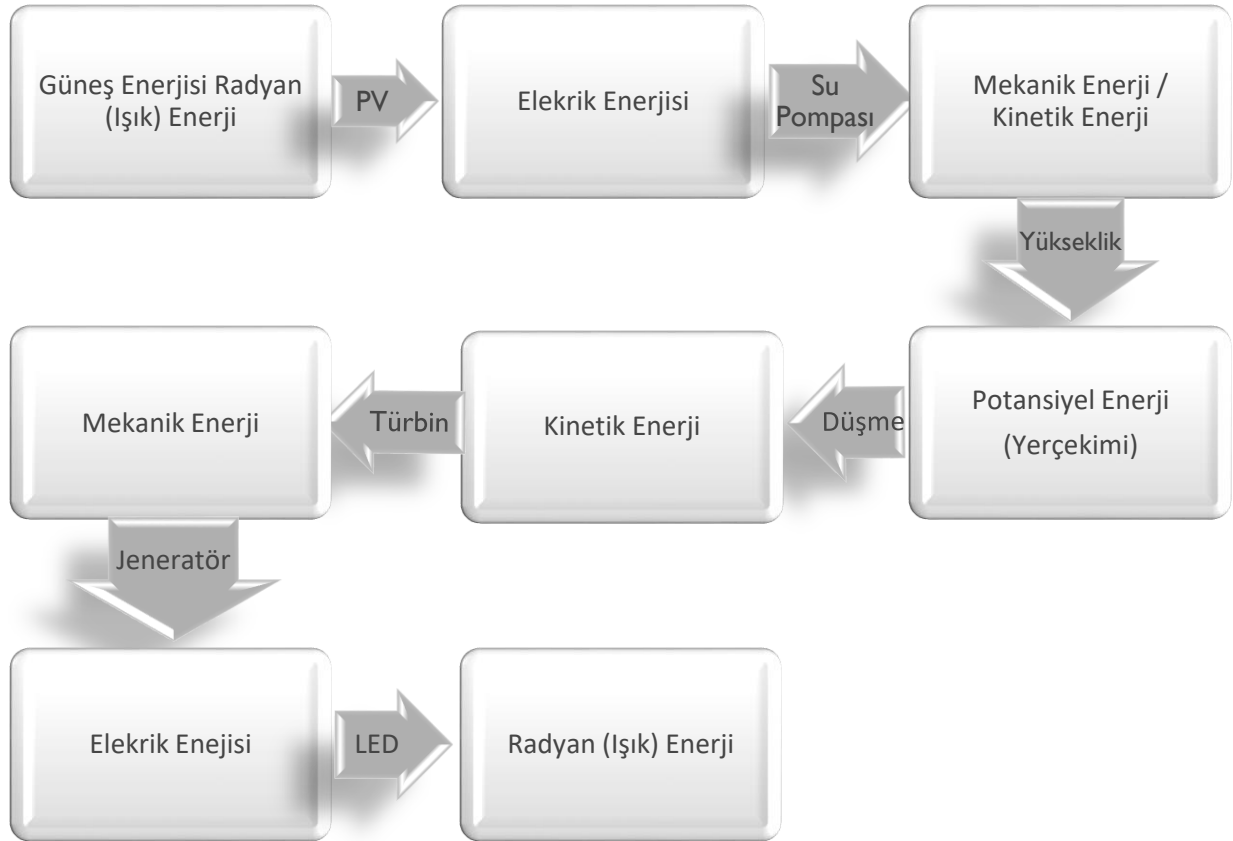
Güneş birincil ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak ışık vermekte, güneş pili üzerinden elektrik enerji dönüşerek yeniden akkor ampul üzerinden aydınlatma amaçlı ışık enerjisine dönüşmektedir. Kaybolan ısı enerjisi gözden kaçmamalıdır.

Durum 4



Fosil bir kaynaktan ısı enerjisi beslenen su ısıtıcısından çıkan buhar ile çarkını dönmesi sağlanmakta ve mekanik enerji miline bağlı olduğu jeneratör üzerinden elektrik enerji dönüşmektedir. Elektrik enerjisi tasarruflu ampul (Kompakt floresan lamba-CFL) üzerinden aydınlatma amaçlı ışık enerjisine dönüşmektedir.

Bu aşamada öğrencilerin keşfetme sürecinde yapmış oldukları etkinlikten iki farklı çıktı elde etmeleri sağlanır. Öncelikle enerji dönüşümü grafik olarak tanımlamaları beklenir.



Şekil 1-8 Etkinlik Enerji Dönüşümü

İkinci olarak, potansiyel enerjiyi hesaplamaları sağlanır. Bu hesaplama için uygulamada sıklıkla yapılan 1 litre suyun kütlesi 1 kg alma yoluna gidilir. Bir litre suyun kütlesi, yaklaşık 4 °C'de meydana gelen maksimum yoğunluğunda ölçüldüğünde neredeyse tam olarak bir kilogramdır. Sıcaklık 4°C'nin üzerine çıkarsa hacim artar ve yoğunluk azalır ve dolayısıyla 1 litre 1 kg ağırlığında olmaz. Aynı durum, sıcaklık 4°C'nin altına düştüğünde hacim artar, yoğunluk azalır, kütle azalır. Günlük ve küçük hesaplamalar için ve oda sıcaklığında ve basıncında yapılan deneyler için 1 litre suya 1 kilogram yeterli olacağı kabul edilir. Bu bağlamda m kütle (kg), g yerçekimi ivmesi (m/s²), h yükseklik (m) olmak üzere potansiyel enerji aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$E_p = m \cdot g \cdot h \quad (\text{Joule})$$

Bu süreçte bütünsel olarak tüm enerji dönüşümlerin hesabı için gerekli bilgi araştırılarak, öğrencilerin hesaplama için nelere ihtiyaç duyacağı üzerine beyin fırtınası yapmaları istenir. Bu işlem derinleştirme aşaması ile birleştirilir.

I.5. Derinleştirme

Öğrencilerin bu aşamaya kadar kazandıkları kavramlar ve deneyimleri genişletmesi beklenir. Başka uygulamalar oluşturarak veya mevcut etkinlik üzerinde çıkışa bağlı değişimleri belirlemesi ile detaylandırmaya gidilebilir.

Öğrencilerin deneyin ikinci aşamasına geçmeleri sağlanabilirse, jeneratör uçlarındaki gerilim *multimetre* kullanılarak ölçümü yapılmalıdır.

Çıkış geriliminin değişimine nelerin etkilediği tartışılmalı ilgili değişkenler üzerinde durulmalıdır.

Nobel ödüllü fizikçi Richard Feynman, enerjinin korunumunu tahta bloklar kullanarak açıklama yoluna gitmiştir. Bu durum enerjinin yok edilmediğini ve kullandığında kaybolmayacağını bir enerji biçiminden diğerine değişeceği göstermektedir.

Richard Feynman'ın enerji hikâyesi:

Bir çocuğun kesinlikle yok edilemez 28 tahta blok seti vardır. Her blok diğerinin aynısıdır ve parçalara bölünemez. Her günün sonunda çocuğun annesi blokları sayar ve çocuk bloklara ne yaparsa yapsın, her zaman 28 bloğun kaldığını gösterir.

Bir gün anne sadece çocuğun 27 tahta bloğunun olduğunu görür, bunun üzerine arar ve halının altında bir blok bulur. Blok sayısının değişmediğinden emin olmak için annenin her yere bakması gerekmektedir.

Başka bir zaman, 30 blok bulur, ancak bir arkadaşının oynamak için etrafta olduğunu ve iki blok geride bıraktığını fark eder. Anne çocuğun arkadaşına 2 bloğu geri verir ve yeniden çocuğun 28 bloğu vardır.

Bir gün anne sadece 25 blok olduğunun farkına varır ama odada bir kutu olduğunu fark eder. Çocuk annesinin kutuyu açmamasını ister ve izin vermez. Anne her bloğun ve kutunun ağırlığını bildiğinden bloklar için bir denklem kurar, hesaplama yapar ve 3 bloğun orada olduğunu anlar, toplam 28 blok hala mevcuttur.

Başka bir gün bazı yeni sapmalar olduğu anlar, dikkatli bir inceleme ile banyo küvetindeki kirli su düzeyinde değişme olduğunu görür. Çocuk blokları suya atmıştır ve su çok kirli olduğu için anne onları görememektedir. Anne denklemine daha fazla bilgi ekler. Suyun normal yüksekliği ve her blok suyu ne kadar yükselttiğine göre yeni denklem oluşturur, denklem daha karmaşık hale gelir, ancak miktarın 28 bloğun var olduğunu, aynı kaldığını keşfeder.

Anne, karmaşıklığın derecesi arttıkça bakamadığı yerlerde kaç blok olduğunu hesaplamayı ifade eden terimler dizisini keşfeder. Sonuçta, karmaşık bir denklem şeklinde, her durumda hep aynı kalan hesaplayacak bir nicelik bulur.

Feynman'ın anne ve bloklarla ilgili hikâyesi bloklar için her yeni saklanma yerinin denklemde yeni bir terim yaratması, fizikçilerin enerjiyle uğraşma biçimine ve enerjinin korunumuna benzemektedir. Bu tablodan çıkarılacak en önemli ders, ortada olmayan bloklardır. Her şeyden önce enerji hesaplarken, onun bir kısmı bazen sistemden ayrıldığı, bazen de sisteme katıldığı ama enerjinin korunumunu yani içeriye hiç enerji alınmadığı ya da dışarıya hiç enerji salınmadığına görmektir.

Bugün fizikte enerjinin ne olduğunu bilmediğimizi kavramak önemlidir, ancak bulunabileceği çeşitli yerleri ölçmek mümkündür. Böylece belirli bir sayısal niceliği hesaplamak için denklemler ile daima aynı sayıyı 28'e ulaşılmaktadır.

Feynman Fizik Dersleri

I.6. Değerlendirme

Gerçekleştirilen işlemlerin sonunda öğrencilerin gördüklerini tartışması sağlanmalıdır. Özellikle enerji dönüşüm adımları öne çıkarılmalıdır. Öğrencinin bir enerji sistemini tanıması üzerine sorular sorulmalı ve tartışmalar yapılmalıdır.

Bu tasarım güneş enerjisinin değişkenliğinin getirdiği dezavantajı ortadan kaldırmakta ve güneşin var olduğu anlarda suyun yukarı aktarılmasını sağlamaktadır. Bu süreç enerji dönüşümü başlığı altında değerlendirilmelidir.

Etkinliğin sonuçlarını tartışılması sonrası saha uygulamaları örnekleri yansıtmaya ile verilmelidir. Pompa depolamalı hidroelektrik santrali ile ilgili dünya uygulamaları gösterilerek, tasarım ve uygulamanın olduğu keşif süreci desteklenmelidir.

Bununla beraber farklı birincil enerji kaynakları ile üretim yapan elektrik santralleri üzerinden enerji dönüş süreci aktarılmalıdır.

Gerçekleştirdikleri etkinlik ve derinleştirme kapsamında ele alınan hususlar üzerine bir rapor hazırlamaları istenebilir.

Konu hakkında başka hangi deneylerin oluşturabileceği tartışılmalıdır.

Uyarı:

Esasen burada hibrit bir sistem ile enerji depolaması yapılmış ve iki farklı enerjinin olumsuzlukları olumlu durumları ile kapatılarak, sistemin daha güvenilir çalışması hedeflenmiştir. Bu çıkarımın yapılması bu hafta işlenen dersin çıktısı olarak beklenmemelidir. Öğrencilerin bu seviye gelmeleri ileriki haftalarda işlenecek konular aracılığıyla ile sağlanacaktır.

2. Bölüm- Enerji Birimleri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen iş, enerji ve güç kavramlarını birbirleriyle ilişkisini hatırlamak.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci “güç” ve “enerji” kavramları arasındaki farkı matematiksel açıklar.
- Öğrenci enerji ve güç birimlerini görür, kavrar ve farklı enerji birimlerini tanıır.
- Öğrenci elektriksel büyüklükler üzerinden güç ve enerji kavramını görür, ölçer ve hesaplar.
- Öğrenci kazandığı bilgiler ışığında günlük yaşamdaki elektrikli cihazları güç ve enerji tüketimi ile değerlendirir.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, güç ve enerji kavramları arasındaki farkı matematiksel olarak açıklamak, günlük yaşamda kullandığımız cihazlar üzerinden güç ve enerji tüketimi okuyabilmesini ve enerjiyi verimli kullanmak için yapılacakları tanımlamak.

Haftanın İşlenişi:

Güdüleme : Enerji tanımı ve türlerini görseller üzerinden tartışarak, hazırbulunuşluk düzeyini belirlemek.

Keşfetme : Günlük yaşamda karşılarına çıkan güç ve enerji büyüklüklerini tanımlamak, hesaplarını yapmak.

Açıklama : İlgili ifadeler ile soru-cevap yöntemi ile konuyu özetlemek

Derinleştirme : Enerji verimliliği farkındalığı ile kavramları örtüştürmek.

Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak ve enerji verimliliği üzerine görselleri yansıtmak.

<i>Etkinlik (deney) adları</i>	1. Enerji Okur Yazarlığına Giriş 2. Güç, Enerji ve Verim Hesaplamak
<i>Süre</i>	90 dakika
<i>Araç-gereçler</i>	1. Elektrik ve Doğalgazı fatura örnekleri 2. 1,5 V pil LED Akkor Ampul (Mini deney ampul) Mini Ampul duyu Analog Multimetre Dijital Multimetre Krokodil Kablo Karton kutu Dijital Lüksmetre

2.1. Eğitime Teorik Bilgi

İş, enerji ve güç fiziğin temel kavramlarıdır ve bu nicelikler birbirleriyle ilişkilidir. İş, enerji transferi olarak tanımlanabilir. Fizikte, bir nesneye enerji aktardığınızda, bir nesne üzerinde iş yapıldığını ifade eder. Bir nesne ikinci bir nesneye enerji aktarıyorsa, o zaman ilk nesne ikinci nesne üzerinde çalışır. Böylece iş, bir cisme bir kuvvet uygulandığında bir cismin yer değiştirmesidir. İşin yapılabilmesi için bir kuvvet uygulanmalı ve kuvvet yönünde hareket veya yer değiştirme olmalıdır. Bir cisme etki eden bir kuvvetin yaptığı iş, kuvvetin büyüklüğü ile kuvvet yönünde hareket eden mesafenin çarpımına eşittir. İşin sadece büyüklüğü vardır ve yönü yoktur. İş ve enerji temel ilişkisi bir önceki bölümde enerji kavramı tanımı ve enerjinin korunumu ilkesi ile beraber açıklandı. İş yapabilme kapasitesi, enerji olarak tanımlandı.

Esasen “güç” kelimesi birçok imgeyi çağrıştıran fiziksel bir kavramdır. Genel anlamda bir etki yapabilme veya bir etkiye direnebilme yeteneği olarak ifade edilmekle beraber fizikte “iş yapma hızı; birim zamanda yapılan iş” olarak tanımlanır.

Güç kavramı, yapılan iş ile onu yapmak için gereken zaman aralığı arasındaki ilişkiyi ifade ettiğinden iş zamanın bir fonksiyonu olarak değişebileceğinden, ortalama güç, bir zaman aralığında yapılan işin zaman aralığına bölümü olarak belirtilir. Güç bir zaman aralığında sabit ise, o aralık için ortalama güç, anlık güce eşittir. Böylece güç, iş yapma oranı veya sifra yaklaşan zaman aralıkları için ortalama gücün sınırı olarak tanımlanır.



Şekil 2-1 İş, enerji ve güç ilişkisi

Fizikte yeni bir nicelik tanıtıldığında, o nicelik ile ilişkili standart birimler tartışılır. İş söz konusu olduğunda, standart birim “Joule (J)” dür. Bir Joule, bir metrelik yer değiştirmeye neden olan bir Newton kuvvetine eşittir. İş, fiziksel bir büyüklük olarak, bir nesneye enerji aktarması olarak ifade edildiğine göre esasen enerjidir.



Şekil 2-2 İş birimi Joule

Farklı enerjiler farklı fiziksel birimlerle kullanılmaktadır. Örneğin ısı (termal) enerjisi, bir sistem ile sistemin çevresi arasında sadece sıcaklık farkından dolayı oluşan enerji türüdür. Başlıca ısı enerjisi birimleri, kalori (calorie-cal), İngiliz ısı birimi (British Thermal Unit –BTU) ve Joule olarak belirtilir. Bu bağlamda kalori, 1 g suyun sıcaklığını 14.5°C’den 15.5°C’ye (1°C) yükselmesini sağlayan ısı enerjisidir. 1 pound (453.6 g) suyun sıcaklığını 63°F’tan 64°F’a (1°F) ısınmasını sağlayan ısı enerjisinin miktarı bir İngiliz ısı birimi (BTU) olarak tanımlanır. Bir birim Joule, 0,24 gram saf suyun sıcaklığını 14,50 °C’den 15,50°C’ye çıkarmak için verilmesi gereken ısı miktarıdır. Enerji karşılaştırmak için kullanılan sıklıkla birimler arasında elektrik enerjisi birimi vat saat (Watt hour- Wh) vardır. Çoğunlukla üst katlarından (x1000) bilinen şekli ile “kilowatt- saat (kWh)” kullanılır.

Enerjiyi ölçmek için birçok farklı birim kullanılmaktadır ve bunların birçoğu kullanıldığı kaynak türüne bağlı olarak ifade edilmektedir. Bununla beraber birbirlerine dönüştürmek ve kıyaslamak mümkündür. Aşağıda sıklıkla kullanılan enerji birimleri ve dönüşümleri verilmiştir. Burada önemli olan öğrencinin bunları bir enerji birimi olarak bilmesi ve kavramasıdır. Dönüşümler birçok web sayfası veya kitaplar üzerinden yapılabilir⁷.

Tablo 2-1 Enerji Birimleri ve Dönüşümleri

	Kilowatt-hour (kWh)	British Thermal Unit (BTU)	Kilojoule (kJ)	Kilocalorie (kcal)
1 kWh	1	3412	3600	860
1 BTU	$2,93 \times 10^{-4}$	1	1,055	0,252
1 kJ	$2,77 \times 10^{-4}$	0,948	1	0,239
1 kcal	$1,163 \times 10^{-3}$	3,967	4,185	1

2.2. Güdüleme

Bu aşamada enerji tanımı ve türlerini bağlı olarak, enerji ve güç birimlerini günlük hayattaki görseller üzerinden bilgilendirmek ve enerji okuryazarlığı için ilk adımları atmak hedeflenmektedir. Böylece hazırbulunuşluk düzeyini belirlemek mümkün olabilir.

Öğrencinin vat (Watt-W), vat saat (Wh) kelimeleriyle ilgili arka plan bilgisini belirlemek için sorular sorulur. Basit olarak, bir ampulle başlanabilir; ampul için teknik bilgiler ne ile ifade edilir ve ampulün harcadığı enerji nasıl ölçülebilir veya hesaplanabilir.

Konu ile ilgili tanımlar (eğitmene ait teorik bilgi de mevcut) yansıtılarak, öğrencilerin tanımları kavraması ve ilgili kelimeleri tahtanın bir tarafına ekleyerek konu ile ilgili kelime havuzu oluşturulabilir.

Bu çalışma için öğrencilerin ikişer veya üçer gruplara ayrılarak, çalışma gruplarının oluşturulması, aralarında tartışma ortamı yaratılmaları önemlidir.

- Öğrencilere evlerinde, sınıfta ve diğer yerdeki kullandıkları elektrik ve elektronik cihazların neler olduğu düşünmesi sağlanmalıdır.
- Bu cihazların elektrik şebekesinden beslenmesi “fişleri prize takılı mı ve hep çalışıyor mu” şeklinde sorgulanmalıdır.

⁷ U.S. Energy Information Administration (EIA), Energy units basics - Energy Kids, <https://www.eia.gov/kids/what-is-energy/energy-units-basics.php>

- Bu cihazları listelemeleri istenmelidir. Listeleme de sürekli prize takılı olup olmadığı, sürekli çalışır durumda olup olmadığı, şarj durumuna göre prize takılan donanımları ayrı ayrı belirtmeleri tartışmaya fayda sağlayacaktır.
- Bu cihazların üzerindeki elektrik güçlerinin neler olduğu internet üzerinden araştırmalarına izin verilebilir. Bu işlem için bir önceki hafta bir çalışma sayfasına evlerindeki elektrikli ev aletlerinin üstünde ya da garanti belgesinde yazılı olan bilgileri doldurmaları istenebilir. Fakat burada öğrencilere özellikle bu işlemi yaparken yetişkin bireylerden destek alması güvenlik açısından istenmelidir. Hazırlanacak veri tablosunun sütun başlıkları Cihaz, Güç, Enerji vb. olabilir.

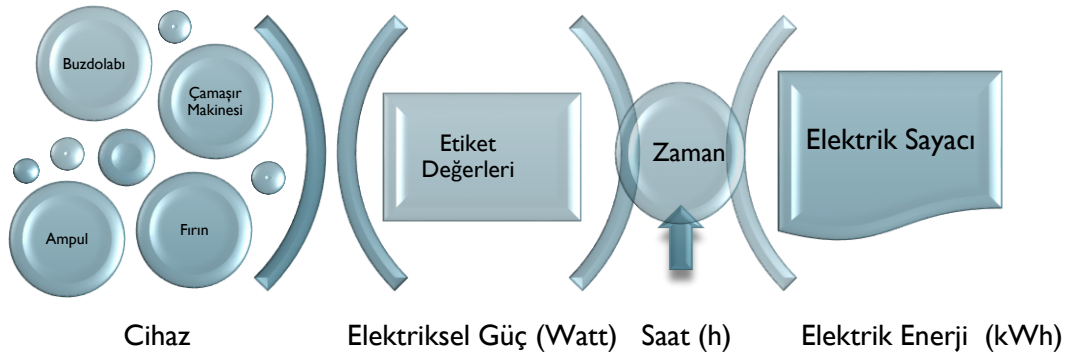
Böylece bir sonraki aşama öncesi beyin fırtınası yapmaları sağlanır.

2.3. Keşfetme

Günlük yaşamda karşılarına çıkan güç ve enerji büyüklüklerini tanımlamak, hesaplarını yapmak ve birimler üzerinden enerji ve güç kavramlarının akım, gerilim bilgileri ile desteklenmesi için iki etkinlik planlanır.

Etkinlik 1: Enerji Okur Yazarlığına Giriş

Bu basamakta güdüleme basamağında doldurdıkları çalışma sayfası üzerinden öğrenciler güç, enerji birimlerinin günlük yaşamda karşılarına çıkan durumları görür ve iki büyüklüğü kıyaslar. Şekil 2.1’de elektrikli cihaz, etiket değerindeki güç değeri ve harcadığı elektrik enerjisi ilişkisini ifade eden bir akış sunulmuştur.



Şekil 2-3 Farklı elektrik cihazları Güç ve Enerji kavramları grafiği

Elektrik faturaları, tüketicilerin temin ettikleri elektrik enerjisinin bedelini gösteren belgelerdir. Bu belge içinde birçok bilgi yer almaktadır. Enerji okuryazarı bir öğrenci, enerji akışlarını izleyebilmelidir. Bunun ilk adımı evdeki kullandığı elektrikli cihazların neler olduğu ve ne kadar enerji kullandığını bilmesidir. Bu kapsamda öğrenci evinde harcanan elektrik enerjisinin göstergesi olan elektrik faturasını okumayı bilmesi gerekir.

Bu işlem için öğrencilere elektrik ve doğalgaz faturaları gruplara dağıtılır ve incelemeleri istenir. Öğrencilerin kendi evlerine ait enerji kullanımlarını araştırmaları kişisel bilgilere erişim olacağından bunun için ebeveynlerinden destek istemeleri gerekir. Enerji verilerini almalarının bir yolu, enerji sağlayıcılarının web sitesi üzerinden faturalarının bir kopyasını indirmektir. Yeniden bu işlem için

ebeveynlerinin iznine ihtiyaç olduğu açıklanmalıdır. Ebeveynlerinin kendi verilerini kullanmasını istemeyen herhangi bir öğrenci, eğitmenin sağladığı bazı örnek verileri kullanabilir. Elektrik faturasına ve doğalgaz faturasına bakarak yazan bilgileri bir çalışma yaprağına yazmaları istenir.

The image displays three sample electricity bills from different companies in Turkey. Each bill contains the following information:

- Customer Information:** Ad Soyadı (Name Surname), Adres (Address), Tüketici Grubu (Consumer Group), and TCKN (Tax Identification Number).
- Consumption Data:** Tüketim (Consumption) in kWh, Birim Fiyat (Unit Price), and Bedel (TL) (Amount in TL).
- Payment Information:** Ödenecek Tutar (Amount to be Paid), Son Ödeme Tarihi (Due Date), and other payment details.
- Company Information:** Şirket Adı (Company Name), Şirket No (Company Number), and other company details.

Şekil 2-4 Türkiye’de farklı şirketlere ait elektrik faturaları örnekleri

Bu etkinliğin amacı, öğrencilerin enerji ve güç kavramının farkını varmasını ve onların birimlerine bakarak anlamaya çalışmasını sağlamaktır. Bu amaç için faturalarda bulunan birim fiyat, ilk okuma tarihi (endeks) ile son okuma tarihi (endeks) değerleri ve ölçüm değerlerinin neler olduğu okunmalıdır.

Ülkemizde enerji ile ilgili sürecin sağlıklı yürütmesinde sorumlu Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından “Elektrik Piyasası Tüketici Hizmetleri Yönetmeliği” kapsamında ifade edilmiştir.

- Tüketicinin adı-soyadı veya unvanı, adresi, tüketici ve/veya abone numarası, abone grubu,
- Sayaç veya sayaçlara ait marka, tip ve seri numarası,
- Tüketime esas ilk ve son endeksler ile okuma tarihleri,
- Tüketilen elektrik enerjisi miktarı (kWh),
- Tüketimin fiyatlandırılmasına esas enerji ve kapasite bilgileri,
- Elektrik enerjisi birim fiyatları ve tüketim bedeli ile ilgili mevzuat kapsamında faturalarda yer alması öngörülen diğer bedelleri,
- Vergi, yasal kesinti ve borçlar,
- Son ödeme tarihi, ödeme şekilleri ve merkezleri,
- Günlük enerji tüketim ortalaması,

- Bir sonraki okuma dönemi,
- Ödeme bildirimi tarihi itibarıyla, tüketim noktasının geçerli olan yıl ile bir önceki takvim yılı tüketim miktarları,

Öğrenciler keşfetme sürecinde elektrik faturalarında tüketim ile ilgili bilgilerini inceler, kWh cinsinden elektrik enerjisi tüketim değerini, birim fiyatı (TL/kWh) ve elektrik tüketimi ile birim fiyatın çarpılması ile elde edilen elektrik tüketim tutarını (TL) görür. Ayrıca dikkat edilmesi gereken bir nokta sayaç okuma süresidir.

Gaz tüketimi kapsamında okunan sayaca ait fatura bilgileri perakende satış faturalandırma olarak sunulmaktadır. EPDK tarafından doğalgazın faturalandırılmasında düzeltme katsayısı ve ortalama fiili üst ısı değer (kWh/m³) kullanılmaktadır.

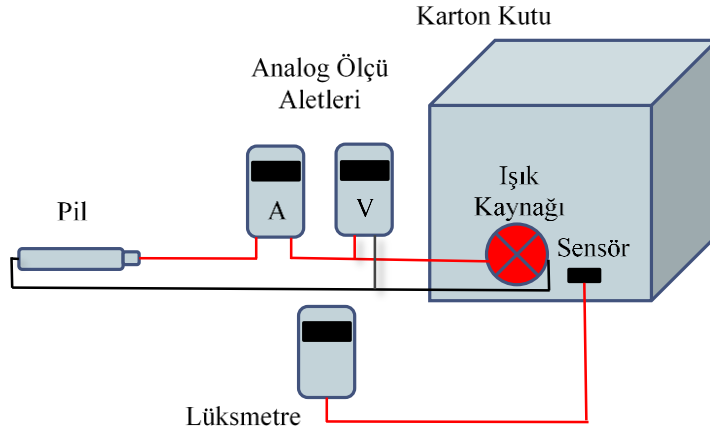
Öğrenciler keşfetme sürecinde doğalgaz faturalarında tüketim ile ilgili bilgilerini inceler; faturada kWh cinsinden tüketilen enerjisi tüketim değeri ve sayaçta okunan tüketim tutarı m³ olarak ifade edilir. Basit bir yapıda fatura tutarı; sayaçtan okunan tüketimi, ortalama fiili üst ısı değer ve birim fiyatla ilişkilidir.

SAYIN		Son Ödeme Tarihi: 1	
Adres :		Oluşma Zamanı: 1	
V.D. / NO			
SÖZLEŞME HESABI			
TÜKETİM NOKTASI			
ÖDENECEK TUTAR			
SON ÖDEME TARİHİ			
Sayaç Numarası		Abone No	
Fatura Tarihi / Numarası		Dosya No	
İlk Okuma Tarihi / Endeks		Dosya Sıra No	
Son Okuma Tarihi / Endeks		Sayaç Seri No	
Fatura Gün Sayısı		Abone Tipi	
Sayaçtan Ölçülen Hacim (m ³)		İlk Okuma Tarihi	
Düzeltilme Katsayısı		Son Okuma Tarihi	
Ort.Fiili Üst Isıl Değer (kWh/m ³)		İlk Endeks	
Tüketilen Enerji Miktarı (kWh)		Son Endeks	
Tük.Dönemi Per.Stp.Fiy.(TL/kWh)		Tüketim (M3)	
Toplam Tüketim Bedeli		Tüketim Bedeli	
Diğer Bedeller (1)		Tüketim Bedeli KDV	
KDV % (18)		Düzeltilme Katsayısı	
FATURA TUTARI		Düzeltilmiş Tüketim	
Cari Hesap Borcu (2)		OFID	
Cari Hesap Alacağı (3)		Tüketilen Enerji Mik. (KWH)	
Yuvarlama		Per. Satış Fiyatı	
		Ort. Per. Satış Fiyatı	
		Dönem	
		YALINIZ	
		Gecikme Bedeli	
		Mal Hizmeti Toplam Tutarı	TL
		KDV Matrahı (%18)	TL
		KDV(%18)	TL
		Vergiler Dahil Toplam Tutar	TL
		Ödenecek Tutar	TL

Şekil 2-5 Türkiye’de farklı şirketlere ait doğalgaz faturaları örnekleri

Etkinlik II: Güç, Enerji ve Verim Hesaplamak

Bu etkinlikte öğrenci elektriksel yüke bağlı akım ve gerilim değerlerini ölçmek için bir düzenek oluşturur. Elektriksel yük olarak iki farklı bağlantı için mini bir akkor ampul ve LED kullanır. Öncelikle multimetrenin akım ve gerilim kademelerini kullanarak ölçtüğü değerlerden elektriksel gücü hesaplar. Bu sırada her bağlantı da kullanacağı bir lüksmetre ile aydınlık düzeyini, aydınlatma şiddetini ölçer. Bu işlemi gerçekleştirmek için deney düzeneğini karton kutu içine yerleştirir, böylece dış etkenlerden (ışık kaynaklarından) uzaklaştırır. Akım ve gerilim değerlerine bağlı olarak iki farklı ışık kaynağının aydınlık düzeyindeki değişikliği tespit eder. Elektriksel güç değerine bağlı olarak zaman değişimine göre elektrik enerjisini hesaplar.



Şekil 2-6 Güç, Enerji ve Verim Hesaplamak için kullanılan deney düzeneği

2.4. Açıklama

Her iki etkinlikte yapılanların sonucunda kullanılan büyüklükler, öğrencilerin katkısı ile eğitmen tarafından tahtaya yazılır. Buldukları tanımlar ve formüller ifade edilir. Eğitmen desteği ile elde edilen bilgilerin kalıcı olması sağlanır.

Eğitmen bu süreçte soru-cevap yöntemi kullanarak konuyu genel çerçeveleriyle özetler. Eğitmen teorik bilgi de ifade edilenler bağlamında enerji birimlerinden bahseder. Elektrik enerjisi ve elektriksel güç kavramlarının gerilim ve akım ile ilişkisi hakkında bilgi verir⁸. Bir tüketici için aylık elektrik fatura hesabında tüketicinin kullandığı cihazların güçleri ve kullanım süreleri arasındaki ilişki açıklanır.

Enerji verimliliği kavramına giriş olarak, farklı ampullerin elektriksel verimliliği hakkında eldeki veriler bağlamında açıklama yoluna gider. Öğrenciler LED ve akkor ampullerin elektrik çıkışını karşılaştırır. Buna ek olarak tasarruflu ampul olarak bilinen kompakt floresan lambalara (CFL) ile kıyaslama yapılır.

Elektrik Faturası Birim Fiyat

Mevcut elektrik enerjisi birim fiyatlandırma tarifelerine göre mesken kullanıcıları için iki farklı şekilde ifade edilmektedir.

- Sabit tarifiede, kullanılan elektriğin daha önceden belirlenmiş bir ücreti bulunur ve buna göre birim fiyat belirlenir.
 - 2022 yılı Mart ayı itibarı ile günlük 8 kWh sınırı uygulanır. Sabit tarife kademeli yapı ile hesaplanır. Belirlenen sınır değer altı düşük kademe ücreti ile sınır değer üstü yüksek kademe ile çarpılarak ücret belirlenir.
- Değişken tarifiede ise, günün belirli saatlerinde artan ve azalan şekilde ücretlendirilir (üç zamanlı tarife olarak) ve işlem yapılır.
 - 06:00- 17:00 arasında normal (gündüz) birim fiyat,
 - 17:00- 22:00 arasında yüksek birim (puant) fiyat,
 - 22:00- 06:00 arasındaysa düşük birim (gece) fiyattır.

⁸ <https://www.youtube.com/watch?v=vydtsm0nRQg&t=342s> video kullanılabilir.

Yıllar geçtikçe, teknolojiadaki gelişmeler binaların aydınlatılması konusunda yenilikler getirmektedir. Başlangıçta akkor ampulle başlayan bu yol yerini kompakt floresan lambalara (CFL) ve ışık yayan diyotlara kısaca LED'lere bırakmaktadır.



Şekil 2-7 LED, CFL ve akkor ampuller

Etkinlik sırasında aydınlık şiddeti ölçümünde lüksmetre kullanılır. Lüksmetrenin ölçtüğü aydınlık şiddeti birimi lüks (lux), bir lümenlik ışık akısının bir metre uzaklıktaki bir yüzeye verdiği aydınlık olarak tanımlanır. Işık akısı kavramı olarak ışık miktarı ve birimi lümen (lm) şeklinde ifade edilir. Tablo 2.1’de üç ampulün ışık akısı, güç, ömür süresi ve maliyetleri bağlamında kıyaslama sunulur.

Tablo 2-2 LED, CFL ve akkor ampuller karşılaştırması

	LED	CFL	Akkor
Işık akısı (lümen)	650-800	650-800	650-800
Güç (Watt)	7-10	13-18	60
Ortalama kullanım ömrü (saat)	25000	8000	1200
Fiyatı (birim)	3,5-4	2	1

Etkinlik aşamasında kullanılan iki farklı ampul öncelik olmak üzere akkor, LED, CFL ampuller web siteleri üzerinden detayları ortaya konur. Bu aşamada farklı güç (Watt) ve ışık akısı (lümen) değerleri üzerinden lümen/ Watt (lm/W) “verimlilik” (etkinlik faktörü) kıyaslamaları gerçekleştirilir. Bu durum enerji boyutunda aydınlatma teknolojisi hakkında bilgi sahibi olmasını sağlar. Günlük yaşamda kullanımıyla enerji okuryazarlığı bilincini artırır.

Uyarı

Etkinlik aşamasından lüksmetre ile ölçülen (lux) aydınlık düzeyidir. Etkinlik faktöründe kullanılan lümen ışık akısının birimidir. İki kavramın karıştırılmamasını öğrenciye hatırlatmak gerekir.

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lümen} / 1 \text{ m}^2$$

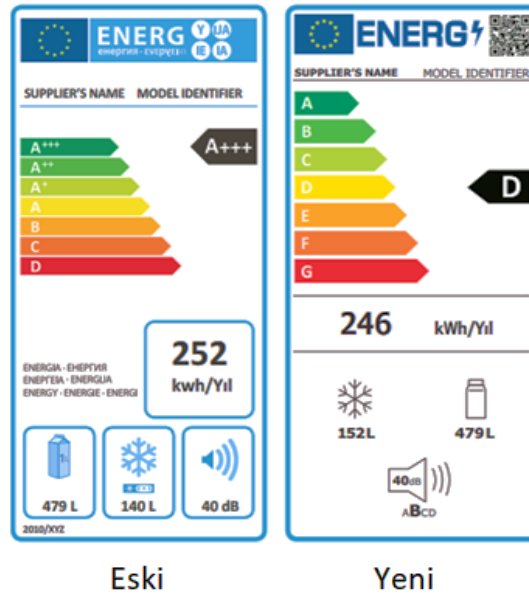
2.5. Derinleştirme

Bu aşamada öğrenciler keşfetme sürecinde 1,5 V pil uygulamasını geliştirerek, günlük yaşantıda kullanılan duylar ile CFL, akkor ve LED üç farklı ampul tipini çeşitli niteliksel ve niceliksel ölçümlerinin karşılaştırılması sağlanabilir. Bunun için etrafına yaydıkları ısıyı görmek bağlamında sıcaklık ölçümü için kızılötesi termometre ve aydınlık şiddeti için lüksmetre kullanılabilir.⁹

Aynı zamanda öğrencilerin evlerinde kullanılan cihazların türleri ve kaynakları hakkında daha bilinçli seçimler yapmaları ve önerilerde bulunmaları için evlerinde elektrik kullanımında bir azalmaya yol açacak değerlendirmeyi yapmaları hedeflenebilir.

Elektrikli cihazların verimli kullanımı bağlamında sınıflandırması üzerine araştırma yapmaları sağlanabilir. Özellikle öğrencilerin evlerindeki elektrikli cihazların sınıflarını öğrenmesi ve iyileştirilmesi durumunda elde edecekleri kazanımlar üzerine tartışılabilir.

Enerji verimlilik etiketlerinin ne anlama geldiği önemlidir. 2021 yılı itibarı ile enerji verimliliği etiketindeki değişikle A'dan az verimli G'ye doğru sınıflandırılma mevcut olup, G en verimsiz durumu ifade eder. Böylece buzdolapları, derin dondurucular, bulaşık makineleri, çamaşır makineleri, kurutmalı çamaşır makineleri, televizyonlar, ekranlar vb. etiketlenmesi gerekmektedir. Enerji etiketlenmesi bu tarihten önceden A+++’dan D’ye kadar olan sınıflandırma yapılmakta ve D en verimsiz durumu ifade etmekteydi. Mevcut ve önceki enerji etiketleme sınıfları Şekil 2.6’da sunulmuştur.



Şekil 2-8 Eski ve yeni enerji etiketleri (Buzdolapları ve Derin Dondurucular)

Ülkemizde Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne göre binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak için binanın enerji ihtiyacı ve enerji tüketim sınıflandırması, sera gazı salımı seviyesi, yalıtım özellikleri ve ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin verimi ile ilgili bilgileri içeren enerji kimlik belgesi konusunda öğrencilerin araştırma yapması sağlanır. Günlük yaşamda enerji kimlik belgesine sahip bir binanın incelemesi yapılabilir. İkamet edilen bina ve diğer binalar gerekli bilgiler girilerek www.turkiye.gov.tr üzerinden “Enerji Kimlik Belgesi Sorgulama” ekranından gerçekleştirilebilir.

⁹ Bölüm 1.4 ‘de etkileşimli benzetim programı ile enerji dönüşümü için yapılan çalışmadan durum 3 ve 4’te ifade edilen elektriksel yük olarak verilen akkor ve CFL ampullerdeki ısı dönüşümü hatırlatılabilir.

2.6. Değerlendirme

Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir. Öncelikle elektrik ve doğalgaz faturalarına bakarak evdeki enerji kullanımını değerlendirmeleri istenir. Öğrencilerin "Ailelerinin elektrik enerjisi kullanımı hakkında ne öğrendikleri" sorusunu düşünmeleri ve her bir öğrencinin değerlendirmelerine eğitmenin de katkısı ile grup olarak tartışılması sağlanır.

Yapılan her iki etkinliğin temel çıktısı öğrencilere enerji okuryazarlığını geliştirmek için motive etmektir. Öğrencinin hem elindeki fatura ve cihaz etiketi gibi dokümanları okumasını hem de daha verimli kullanım için nasıl seçimler yapmasını sağlamaktır. Doğal olarak değerlendirme aşamasında bunlar sorgulanmalıdır.

Derinleştirme basamağında elde edilenler ile mühendislik tasarım sürecinde enerji verimliliği teknolojilerinin gelişimi ile ilgili görseller paylaşılmalıdır.

Ayrıca enerji verimliliği teknolojilerinin gelişimine olan ihtiyacın göstergesi olarak çalışan sayısındaki değerler öğrencilere aktarılmalıdır. Enerji sektöründe enerji verimliliğinin gelecekte de önemli bir istihdam alanı olduğu rakamlarla sunulmalıdır.

3. Bölüm- Küresel İklim Değişikliği

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen ısı, sıcaklık, hâl değişimi, ısı denge, enerji iletim hızı, genleşme, büzülme, ısı yalıtımı, hissedilen sıcaklık, küresel ısınma.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci küresel iklim değişikliğinin kavramını öğrenir.
- Öğrenci küresel iklim değişikliğinin geniş kapsamlı etkileri görür.
- Öğrenci buzulların erimesinde etkili olan faktörleri belirler.
- Öğrenci sürdürülebilir yaşama, enerji kaynaklarının etkisini öğrenir ve kavramları tanımlar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, küresel iklim değişikliğinin yaşamımızdaki etkilerini görerek, sürdürülebilir yaşamı destekleyecek enerji teknolojileri gerekliliğinin farkına varmak ve azaltmak için ortaya konulan yöntemleri bilmek.

Haftanın İşlenişi:

Güdüleme : Küresel iklim değişiklikleri ve etkilerini görseller üzerinden tartışarak, geleneksel enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin etkisini göstermek.

Keşfetme : Kara ve deniz buzullarının erimelerinin deniz suyu seviyesindeki nasıl etkilediğini öğrenmek.

Açıklama : İklim değişikliğine bağlı olarak, kutuplarda buzulların ve deniz buzunun erimesi deniz seviyesinin yükselmesine neden olacağı etki üzerine güdüleme ve keşfetme aşamalarında yapılanlara göre açıklamak.

Derinleştirme : Sürdürülebilir yaşamı destekleyecek enerji teknolojilerini ifade etmek.

Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını küresel iklim sözleşmesi üzerine tartışmak.

<i>Etkinlik (deney) adı</i>	<i>Küresel İklim Değişikliğinin Etkilerinin Gözlenmesi</i>
<i>Süre</i>	<i>60 Dakika</i>
<i>Araç-gereçler</i>	<i>Beyaz akvaryum kumu Renkli ahşap boncuklar Şeffaf renkli rulo kaplık (dört farklı renk sarı, yeşil, mavi, kırmızı) Plastik saklama kabı Mavi sıvı gıda boyası Plastik Buzluk Koli bandı</i>

3.1. Eğitime Teorik Bilgi

Güneşten gelen enerji Dünya'ya ulaştığında, gezegen bu enerjinin bir kısmını emer ve geri kalanını ısı olarak uzaya yayar. Ortalama koşullar, Dünya enerji dengesini değiştiren bir kuvvetle karşılaşmadıkça sabit kalma eğilimindedir. Enerji dengesindeki bir değişim, Dünya'nın ortalama sıcaklığının daha sıcak veya daha soğuk olmasına neden olarak, alt atmosferde, karada ve okyanuslarda başka çeşitli değişikliklere yol açar.

Çeşitli fiziksel ve kimyasal değişiklikler, küresel enerji dengesini etkileyebilir ve Dünya'nın ikliminde değişikliklere neden olabilir. Bu değişimlerin bazıları doğal, bazıları ise insanlardan etkilenir. Bu değişiklikler, üretebilecekleri ısınma veya soğuma miktarıyla ölçülür ve buna "ısıma zorlaması" denir. Isınma etkisi olan değişikliklere "pozitif" zorlama, soğutma etkisi olan değişikliklere "negatif" zorlama denir. Pozitif ve negatif kuvvetler dengede olmadığında, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığında bir değişiklik olur¹⁰.

Küresel ortalama sıcaklıkları günümüzde yüz yıl öncesine göre 1 derece artması uluslararası ölçütte önlemler gerektirmektedir. Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC), emisyonların sınırlandırılması gereğini ifade eder. Bu durumun devamı halinde bir küresel hareket yapılmazsa, 2100'a kadar küresel sıcaklıkların yaklaşık 4 derece artacağı öngörülmektedir. Küresel sıcaklıkların Paris Antlaşması'nda belirtilen üst sınır olan 1,5-2 dereceyi aşması durumunda geri dönülmez ve bütün dünyaya yayılacak iklim felaketlerinin ortaya çıkma olasılığı çok artar.

Sera gazları, dünya atmosferindeki kızılötesi radyasyonu emen ve ısıyı hapseden gazlara verilen addır. Bazı sera gazları doğal olarak oluşan bileşikler olsa da diğerleri ise insan tüketiminin getirdiği etki ile oluşmaktadır.



Şekil 3-1 Sera Gazları

Günümüzün en önemli sorunlarından biri iklim değişikliği veya küresel ısınmadır. Bu durumun nedeni; fosil yakıtların kullanımı, sanayileşme, arazi kullanımındaki değişiklikler, ormanların azalması vb. süreçlerin insan faktörüyle atmosfere salınan sera gazı değerlerindeki hızlı artıştır. Böylece doğal sera etkisi kuvvetlenerek, dünyanın ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışa ve iklimde oluşan değişikliklere neden olmaktadır.

Başlıca sera gazları, sera etkisinin yaklaşık %36-70'ine neden olan su buharıdır; %9-26'ya neden olan karbondioksit; %4-9'a neden olan metan; yaklaşık %5-6'sını oluşturan nitröz oksit ve %3-7'ye neden

¹⁰ U.S. Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-climate-forcing>

olan ozondur¹¹. Ek olarak, atmosferik su buharı da sera etkisinin oluşmasına katkıda bulunur. Fakat su buharının doğada insanoğlunun oluşturduğu etkileri bağlamında olmadığı kabul edilir.

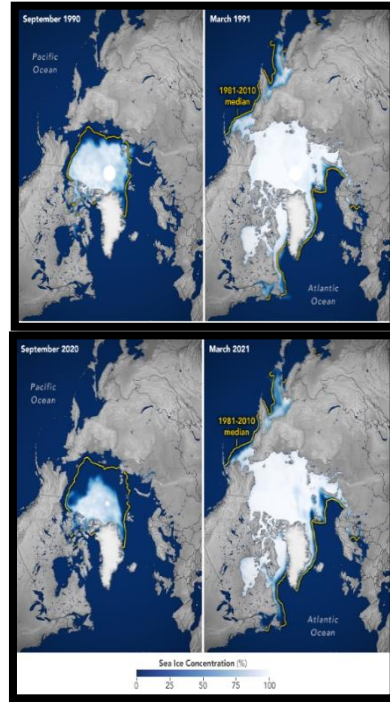
3.2. Güdöleme

Bu aşamada öğrencinin değışen iklime bakış sağılayan bir yaklaşım ile sera gazlarını ve sera etkisini, karbon döngüsünü, okyanus asitlenmesini ve karbondioksitle ilgili olarak enerji tüketimini gösteren fotoğraflar ve videolar paylaşılır.



Şekil 3-2 İklim değışimi sonuçları ve neden olanlar

İklim değışikliğine neden olan unsurları belirlemek ve bunlar üzerine tartışma ortamı oluşturulur. Bu tartışma ve görseller üzerinden öğrenciler ve eğitimci tarafından konu ile ilgili terimlerin belirlenmesi ve bunların tahtaya yazılması sağlanır.



Şekil 3-3 Kuzey Buz denizinde son otuz yıldaki eylöl ve mart ayları değışimi

¹¹ http://www.change-climate.com/Greenhouse_Gases.htm

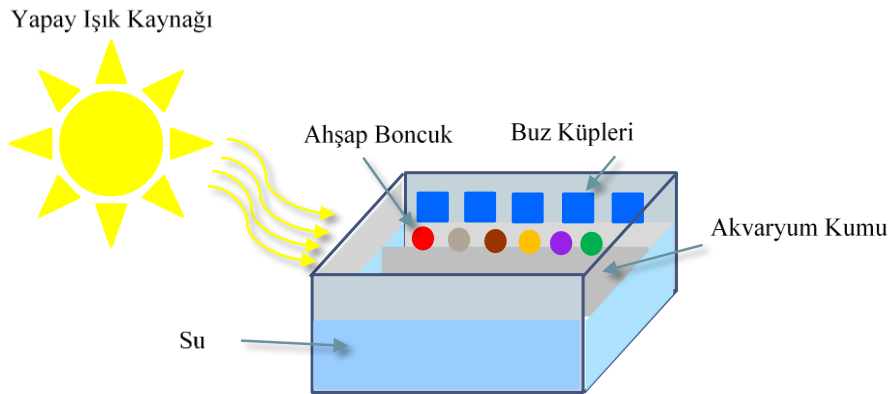
Donmuş deniz suyu katmanları Kuzey Buz denizini kaplamaktadır. Bu deniz buzu her kış çarpıcı biçimde büyür ve genellikle mart ayında maksimuma ulaşır. Her yaz dramatik bir şekilde erir ve eylül ayında minimuma ulaşır. Yıllarca devam eden doğal bir süreç ama son yıllarda kış ve yaz eğiliminde olumsuz etkisi olur. (Şekil 3.2)

Mat beyaz alanlar en yüksek yoğunlaşmayı gösterir ve koyu mavi alanlar açık sudur. Burada gösterilen tüm buzlu alanlar, en az %15'lik bir buz yoğunlaşmaya sahiptir ve bilim adamlarının "buz kapsamı" olarak adlandırdığı toplam alanı kapsar. Görüntüdeki sarı çerçeve, 1981'den 2010'a kadar uydular tarafından gözlemlenen Eylül ve Mart ayları için medyan deniz buzu boyutunu göstermektedir. 1978'den bu yana uydular deniz buzunun büyümesini ve geri çekilmesini izlediler ve genel bir düşüş tespit ettiler. 21. yüzyılda düşüş hızı arttı. Eylül 2002'de, yaz minimum buz miktarı 1979'dan bu yana görülen en düşük seviyeydi¹².

Sanayi Devrimi'nden bu yana atmosferdeki karbondioksit seviyesinin önemli ölçüde artmasıyla beraber ortalama küresel sıcaklıklar yükseldi. Kara sıcaklıkları, 1880'den itibaren karada ortalama 1,5°C, okyanus sıcaklıkları 1979'dan bu yana ortalama 0,6°C arttı. 1979'dan bu yana toprak sıcaklıklarındaki artış oranı, 1880'den bu yana oranın iki katıdır. Bu süreci hızlandıran en önemli etken geleneksel enerji kaynakları olan fosil enerji kaynaklarını farklı sektörlerde kullanımıdır. Öğrencilere bu konuda uluslararası enerji kurumu (International Energy Agency-IEA) web sitesi ve benzer web siteleri kullanılarak bilgiler paylaşılabilir¹³.

3.3. Keşfetme

Kara ve deniz buzullarının erimelerinin deniz suyu seviyesindeki nasıl etkilediğini öğrenmek için etkinlik çalışması hazırlanır. Öğrenciler buz eridiğinde deniz seviyeleri yükselip yükselmediği, buzun karada mı yoksa okyanusta mı olduğunun önemini göstermek için bir deney tasarlar. Bu deney sırasında ilgili verileri toplar ve bulgularını yorumlarlar. Yoğunluk, yer değiştirme ve iklim değişikliği hakkında bilgi edinirler. Öğrenciler bu aşamada, sorularına cevap verecek bir deney tasarlamak için üç veya dört kişilik gruplar halinde çalışabilirler.



Şekil 3-4 Küresel iklim değişimi ve deniz seviyesinin yükselmesi etkinliği tasarımı

¹² National Aeronautics and Space Administration-NASA, Global Climate Change, <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>

¹³ International Energy Agency-IEA, <https://www.iea.org/>

Buz eritme deneyleri, deniz seviyesinin yükselmesini eylem halinde görmek için çok yararlı iklim değişikliği faaliyetleridir. İklim değişikliğinin sonuçları inanılmaz derecede geniş ve çeşitlidir. Yükselen deniz seviyelerinden türlerin azalmasına ve yoğun fırtınalara kadar değişen tezahürleri olduğunda, iklim değişikliğini tekil bir kavram olarak düşünmek zor olabilir.

Eriyen kara ve deniz buzı sonuçlarının arasındaki farkı gösteren video izlenebilir. İki orta boy plastik kap, su, mavi gıda boyası, kum, raptiyeler ve buz küpleri kullanılarak yapılan deney, eriyen kara buzunun deniz seviyelerini nasıl yükselttiğini ve kıyıları nasıl bozduğunu gösterirken, deniz buzunun erimesinin çok daha az etkisi olduğunu gösterir. Bu etkinlikte dört farklı renkteki kaplama atmosferdeki hava tabakalarına benzetmek için kullanılır.

Deney sırasında her aşamada kap aynı sayıda buz küpü, aynı miktarda ve düzende kum "kara" içermeli ve yaklaşık olarak eşit su seviyesi ile başlamalıdır. Kum kutuya kutunun yarı yüksekliğine gelecek şekilde bir tarafına yerleştirilir. Okyanustan yükselen araziye temsil etmek için kum kara parçası olarak oluşturulur. İlk aşamada "kara" üzerine yaklaşık altı buz küpü konur. Kaptaki su seviyesi kara parçasının hizasına gelecek kadar kaba su konulur. Öğrencilerin su derinliğini deney başlangıcında (mm olarak) ölçmeleri ve kaydetmeleri sağlanır. İlk su seviyesinde kabın dış yüzeyine bir çizgi çekilir. Öğrenciler su derinliğini düzenli aralıklarla ölçmeli ve buz tamamen eriyene kadar sonuçları kayıt etmelidir. Su seviyesi ölçümü ile beraber temassız termometre ile su sıcaklığı ölçülerek, kayıt edilir. İkinci aşamada aynı deney kabın üzerine konulan dört farklı renkte (sarı, yeşil, mavi, kırmızı) şeffaf kaplık ile kapatılarak, dört defa tekrarlanır. Her aşama arasında su seviyesi başlangıç çizgisine düşürülerek, aynı koşullarda ve aynı sayıdaki buz küpü ile başlanması sağlanır. Kara buzullarının erime etkisi önceki aşamalardaki gibi incelendikten sonra deneyler aynı sıra ve yöntemle sadece buz küpleri deneyin başlangıcında kara üzerine değil de suyun içerisine bırakılarak tekrarlanır. Böylece deniz buzullarının erime etkisi de gözlemlenmiş olur.



Şekil 3-5 Küresel iklim değişimi ve deniz seviyesinin yükselmesi etkinliği deneyi

3.4. Açıklama

İklim değişikliğine bağlı olarak, kutuplarda buzulların ve deniz buzunun erimesi deniz seviyesinin yükselmesine neden olacağı etki üzerine güdüleme aşamasında ifade edilenler ile etkinlik için yapılan deneyin sonuçlarını öğrencinin örtüştürmesi beklenir.

Küresel iklim değişikliği ve deniz seviyesinin yükselmesi hakkında bir tartışma ortamı oluşturulabilir. Dünyanın neresinde daha çok çok buz olduğu karada mı yoksa denizlerde mi soruları üzerinden açıklama yoluna gidilebilir. Deniz seviyesinin yükselmesine kara ve deniz buzullarının erimesinin etkisi etkinlik kapsamında sorgulanmalıdır.

Bunu genişleterek öğrencilerin büyük miktarda doğal buz eridiğinde ne olacağını düşündüklerini tahmin etmelerini isteyiniz. Eriyen kara ve deniz buzu arasında bir fark olup olmayacağını nedeniyle açıklamalarını ve eriyen buzun yaşadıkları bölgeleri nasıl etkileyeceğini ya da etkilemeyeceğini ifade ediniz.

İklim değişikliğinin bir sonucu da kutuplardaki buzulların ve deniz buzunun erimesidir. Buzulların önemli ölçüde erimesi, dünyanın her yerindeki kıyı şeritleri boyunca deniz seviyesinin yükselmesine neden olacaktır.

Deniz seviyesinin yükselmesinden oluşabilecek etki ve endişeler öğrencilere aktarılmalıdır. Kıyı alanları sular altında kalması, insanlar evlerini kaybetmesi, bir kısım tatlı su kaynakları kullanılamayacak kadar tuzlu hale gelmesi vb.

Buzun neden sudan daha az yoğun olduğuna ilişkin açıklama bu aşamada yapılır. Hangi tür erime deniz seviyesinin yükselmesine daha önemli bir etken olduğu ifade edilir.

Su, donduğunda genleştiği için alışılmadık bir sıvıdır. Genel olarak, sıvılar donma üzerine genleşmezler, bunun yerine sıcaklık düştükçe büzülür ve yoğunlaşırlar. Diğer sıvılar gibi su da soğumaya başladıkça daha yoğun hale gelir. Ancak su molekülünün fiziksel yapısı nedeniyle, donmadan hemen öncesine, genleşinceye kadar yoğunlaşmaya devam eder. Bu genişleme, donmanın başladığı noktada meydana gelir. Donma noktasında yoğunluktaki bu azalma nedeniyle, buz her zaman su üzerinde yüzer.

Cisimler tamamen suya daldırıldığında, hacimlerine eşit miktarda su ile yer değiştirirler. Bununla birlikte, buz su üzerinde yüzdüğü ve tamamen suya batmadığı için, buz hacmine eşit miktarda su ile yer değiştirmez. Bunun yerine, toplam su hacminden daha az yer değiştirir. Yüzen buzun yer değiştirdiği su, buzun eriyip tekrar su haline gelmesi durumunda alacağı hacme eşittir. Başka bir deyişle, yüzen buz, buzun kütlesine eşit su ile yer değiştirir. Buz eridiğinde, buzun kütlesi korunur, ancak buzun kristal kafes yapısı kaybolur ve hacim azalır ve buz halinde yer değiştirdiği suyun hacmine eşit hale gelir.

Bu nedenle, yüzen buz eridiğinde, eriyen su yalnızca batık olan buzun hacmine eşittir. Bu, yüzen buz eridiğinde, su kütlesine ek bir hacme katkıda bulunmadığı anlamına gelir. Bu durum bir bardak suda buzun erimesine izin verildiğinde de görülür. Su taşmaz çünkü buz, eridikten sonra alacağı hacme eşit su ile yer değiştirmiştir. Hâlihazırda okyanuslarda bulunan buz, deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunmaz, ancak buzla kaplı arazi, deniz seviyesinin yükselmesine katkıda bulunur.

Güdüleme aşamasında konu ile ilgili terimleri burada açıklama yoluna gidilmelidir. Küresel iklim değişikliği, sera gazları, yoğunluk vb.

3.5. Derinleştirme

Öğrencilerin iklim değişikliğini görselleştirmelerine yardımcı olmak için sınıfınızda başka hangi deneyleri ve etkinlikleri kullanılabilir.

Deniz seviyesinin yükselmesinin küresel etkileri üzerine yapılmış çalışmalar araştırılıp, paylaşılabılır. Bazı yerleşim alanlarının özellikle önemli şehirlerin su altında kalması üzerine tartışılabilir. Ayrıca bazı ülkelerin yaptığı çalışmalar bahsedilebilir.

Fosil yakıtların yakılmasından kaynaklanan sera gazlarının salınımı gibi faaliyetler, Dünya'nın ortalama yüzey sıcaklığındaki (küresel ısınma) mevcut artışta ana faktörlerindendir. Sürdürülebilir yaşamı desteklemek için daha az fosil yakıt kullanarak, bu süreci yavaşlatabilmek üzerine bireysel taşıma kullanmak yerine toplu taşıma kullanma, yerel yiyecekler yemek, kullanılmadığında ışıkları ve elektrikli cihazları kapatmak, yeniden kullanım ve geri dönüşüme önem vermek gibi hususlar ifade edilebilir. Böylece sürdürülebilir yaşamı destekleyecek donanımlar ve enerji teknolojileri üzerine görseller paylaşılabılır.

Küresel iklim değişikliği kavramı ile ilgili sera gazı salınımı ve etkileri üzerine teorik bilgi ve açıklama aşamasında bahsedilenlerin dışında karbon ekonomisi ve karbon ayak izi kavramları üzerine durulabilir.

Karbon ekonomisi kavramı tanımlama olarak düşük karbonlu bir ekonomi ifade eder. Doğal olarak, düşük karbon ekonomisi (Low-carbon economy) şeklinde tanımlanır. Günümüzün karbon yoğun ekonomisine kıyasla düşük seviyelerde sera gazı emisyonlarına neden olan bir ekonomidir. "Düşük karbon ekonomisi", düşük enerji tüketimi ve düşük kirliliğe dayalı yeşil çevreyle ilgili ekonomiyi ifade eder. 'Karbon', iklim değişikliğine en fazla katkıda bulunan sera gazı olan karbondioksiti ifade eder. Düşük karbon ekonomisi, sıfır karbon ekonomisine giden süreçte bir adım olarak görülebilir. Bu yapının enerji teknolojilerindeki karşılığı düşük karbon ekonomisine uygun üretim ve tüketim kalıpları oluşturmak ve tüm üretim, kullanım ve atık süreci boyunca düşük CO₂ emisyonlu ürünler ve mühendislik teknolojisi geliştirmektir. Aynı zamanda CO₂ yakalama, geri dönüşüm ve jeolojik bertaraf teknolojilerinin gelişimi olarak ifade edilebilir. Ayrıca düşük karbon ekonomisi gelişimini teşvik etmek için yerel ve uluslararası piyasa mekanizması oluşumu ve uygulamalarıdır.

Karbon ayak izi, bir kişinin veya bir kurumun tüm faaliyetleriyle ilişkili karbondioksit emisyonlarının miktarıdır. Bu kavramın içinde üretim, ısıtma ve ulaşımda fosil yakıtların yanmasından kaynaklananlar gibi doğrudan emisyonların yanı sıra tüketilen mal ve hizmetlerle ilişkili elektriği üretmek için gereken emisyonları da kapsar.

3.6. Değerlendirme

Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir.

Etkinliğin sonuçları küresel iklim sözleşmesi üzerinde tartışılmalıdır. Bilindiği üzere sera gazı etkisini azaltmak ve küresel ısınmada 1,5 derece sınırının korunmasını hedefleyen iklim değişikliğiyle mücadele, farklı uluslararası iklim sözleşmeleriyle küresel düzeyde yürütülmeye çalışılmaktadır.

Bu kapsamda 1992'deki Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile başlayan, 1997'de yine bu çerçeve sözleşme kapsamında somut hedeflerle tasarlanan Kyoto Sözleşmesi ve 2015'teki Paris Anlaşmasına kadar olan sürecin sonuçları ifade edilir.

Bu sözleşme ve anlaşmaların ülkelere getirdiklerinden bahsedilir; Kyoto Sözleşmesi ve Paris Anlaşması ile hedefleri bağlamında tartışılır. Günlük hayata yansımalarının neler olduğu ve olacağı üzerine değerlendirmeler yapılır. Şehirleri karbondan arındırılmasına yardımcı olmak için enerji dağıtımını ve hareketliliği yeniden tasarlamak ve bütünleştirmek için yapılacaklar üzerine görüşler sunulur.

4. Bölüm- Geleneksel Enerji Kaynakları: Termik

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerji dönüşümü ısı, sıcaklık, iç enerji, öz ısı, ısı sığası, hâl değişimi, ısı denge, enerji iletim hızı, genleşme konuları.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci madde ve ısı arasındaki ilişkiyi ele alır ve görür.
- Öğrenci farklı sıcaklıklardaki nesneler arasında meydana gelen ısı transferinin görür.
- Öğrenci buhar basıncı ve elektrik enerjisi üretimi arasındaki ilişkiyi keşfeder.
- Öğrenci buhar basıncı ile elektrik enerjisi üretiminde farklı santralleri tanımlar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, geleneksel enerji kaynakları ile yanma sonrasında suya transfer edilen ısı enerjisinin ürettiği buhar ile türbinlerin hareket etmesi ve elektrik üretimine dönüşümünü sağlamaktır. Böylece ısı enerjisi transferi ve genel enerji dönüşüm parametreleri üzerine bilgi sahibi olmaktır.

Haftanın İşlenişi:

- Güdüleme** : Isı transferini nasıl yapıldığını görmek için termos, elektrikli su ısıtıcısı vb. cihazların nasıl çalıştığı üzerine konuşmak. Termik santraller çalışması üzerine gösterim yapmak. Grup etkinliği ile tartışma oluşturmak. Ana noktaları kaydetmek.
- Keşfetme** : Cihazların nasıl çalıştığını araştırmak. Enerji üretimi için termik santrallerin çalışmasını anlamak ve bilgileri kullanarak uygun etkinlik oluşumunu geliştirmek.
- Açıklama** : Geleneksel enerji kaynakları kullanarak gerçekleşen yanma sonucu suyun ısı transferini ortaya koymak, buhar gücünün kullanımının önemini vurgulamak ve buhar gücü ile elektrik enerjisi üretimini açıklamak.
- Derinleştirme** : Isı enerjisi transferini artırmak için hangi yollar izlenmeli, bunun için beyin fırtınası yapmak.
- Değerlendirme** : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak. Elektrik enerjisi üretimi üzerine kömür, doğalgaz ve nükleer yakıtların kullanıldığı santraller üzerine videolar üzerinden termik santrallerin enerji teknolojileri üzerine konuşmak.

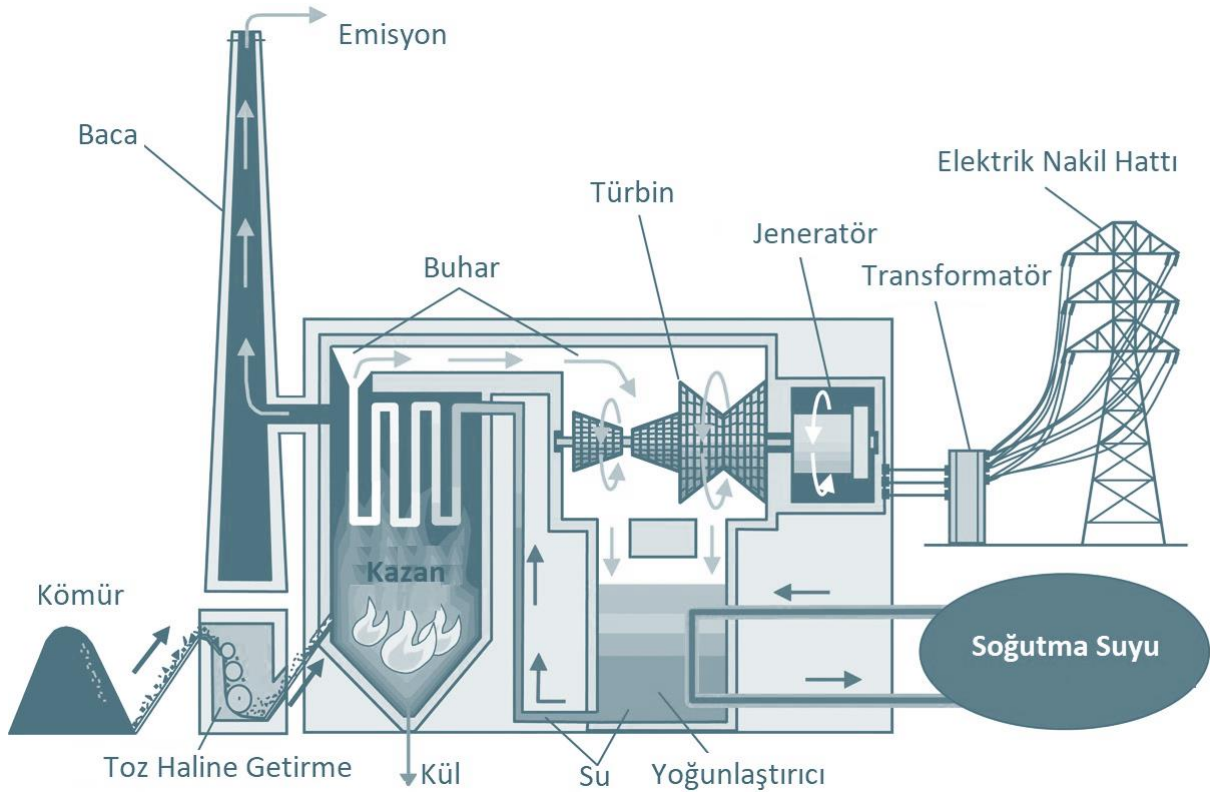
Etkinlik (deney) adı	Isı Enerjisinin Dönüşümü
Süre	90 dakika
Araç-gereçler	İspirto Ocağı ve Yakıtı Ayak ve Bağlantı Seti Temassız Kızılötesi Termometre Buhar Türbini Modeli / Mini Buhar Türbini DC Dinamo LED MDF Levha

4.1. Eğitime Teorik Bilgi

Isı veya ısı enerjisi olarak da bilinen termal enerji, sıcaklıkları farklı iki madde arasında alınıp verilen ve sıcaklığı yüksek olan maddeden sıcaklığı düşük olan maddeye aktarılan enerjidir. Isı enerjisi akışı, sıcaklığı yüksek olan sistemden daha düşük olan sisteme doğru akar. Sıcaklıkları farklı olan ve etkileşen iki sistem arasındaki ısı alışverişi iki sistem dengeye gelene kadar sürer.

Fiziksel ve kimyasal yapısında bir değişim meydana geldiğinde enerji açığa çıkaran çeşitli maddeler yakıt olarak bilinmektedir. Fosil yakıtlar, geleneksel enerji kaynakları kapsamında olup, enerji kaynakları yeraltındaki bitkilerin ve canlıların birikmesi sonucu zamanla oluşan tabakaların, değişime uğraması ile meydana gelir. Bu yakıtların asıl maddesi hidrokarbonlar olup, yapısında yalnızca karbon ve hidrojen bulunduran kimyasal bileşiklerdir. Hidrokarbonların oksijen ile reaksiyonu sonucunda ısı açığa çıkar. Bir yakıtın birim miktarının yandığı zaman verdiği ısı miktarına yakıtın ısı değeri olarak ifade edilir. Fosil yakıtlar için önemli bir kavramdır. Yakıtlar; doğal katı yakıt olarak adlandırılan kömür, sıvı haldeki yakıt türü petrol ve gaz yakıt doğalgaz gibi katı, sıvı ve gaz başlıkları altında ifade edilir.

Fosil yakıtların yanması ortaya çıkan ısı enerjisinden faydalanarak elektrik enerjisi üreten merkezlere termik santral adı verilir. Yanma işlemi bir kazanda gerçekleştirilir ve suyun yüksek basınç altında yüksek sıcaklıkta buhara dönüştürülmesi sonucu önce türbinin yüksek basınçlı bölümünde ve daha sonra orta ve alçak basınçlı bölümlerde geçişi ile ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Bu dönüşüm sırasında kullanılamayan atık buhar, yoğunlaştırıcı ile soğutularak tekrar su haline döner ve kaynaktan gelen su ile beraber kazana ulaştırılarak, bu çevrim devam eder. Türbine karşılıklı bağlanan (koşulan) jeneratör milinin dönmesi sonucu mekanik enerji elektrik enerjisine dönüşür.



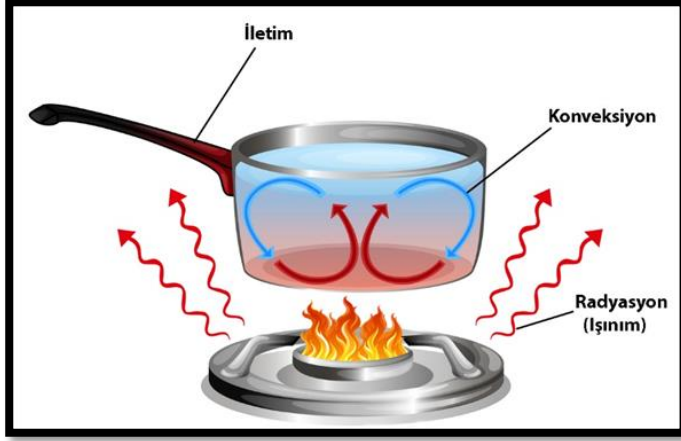
Şekil 4-1 Termik santral basit çalışma yapısı ¹⁴

¹⁴ Kentucky Geological Survey, Coal for Electricity Generation, <https://www.uky.edu/KGS/coal/coal-for-elec.php>

4.2. Gdleme

Isı enerjisinin bir nesneden diğere nasıl ve neden hareket ettiğini ve bunun sıcaklıkla nasıl ilişkili olduğunu düşünmelerini sağlamak, ısı transferini nasıl yapıldığını görmek için bir cihaz örnek olarak seçilir. Örnek olarak seçilen termos, elektrikli su ısıtıcısı vb. ise nasıl çalıştığı üzere bilgi sahibi olup olmadığı öğrenmeye çalışır. Bu kapsamda fen bilimleri dersini kazanımları özellikle madde ve ısı konusundaki hazırbulunuşluk kontrol edilir.

Isının yayılma yolları üzerine öğrencilerin kavramları ifade etmesi istenir. Öğitmen tarafından Şekil 4.2 üzerinden bilgiler hatırlatılır.



Kavram	Açıklama
İletim	
Radyasyon	
Konveksiyon	

Şekil 4-2 Isının yayılma yolları

Termos içindeki sıvıyı nasıl sıcak veya soğuk tuttuğu, bir termosun yapısı öğrenciler ve öğretmen tarafından açıklanır.

James Dewar'ın Vakum Şişesi (Termosu)

Düşük sıcaklık olaylarını inceleyen İskoç kimyager ve fizikçi, kendi tasarımı olan ve onun adı ile isimlendirilen çift duvarlı bir vakum mataranın kullanımını gerçekleştirdi (1892). İç içe yerleştirilmiş ve aralarında kısmi bir vakum ile boyun kısmından kapatılmış cam şişelerden oluşur. Merkezi şişe yalıtılır, içeriği soğuk tutar ve buharlaşmayı yavaşlatır.

Dewar, maddeleri sıcak tutmak için 1872'de Edinburgh'da Peter Tait ile birlikte vakum yalıtımlı bir kupa geliştirdi. Yirmi yıl sonra, vakum ceketli bir şişe yaratmak için benzer bir fikir geliştirdi. Şişe, daha dar boyunlu, özellikle maddeleri çok serin tutmak için tasarladı. Bu ilk tasarım daha sonra boyu daha da daraltılarak ve ısı kaybını en aza indirmek için dış kısma gümüş rengi bir kaplama konularak geliştirildi. Dewar şişenin icadını asla patentleştirmede.

1904 yılında, sıvıları hem sıcak hem de soğuk tutma potansiyelini fark eden Reinhold Berger ve Albert Aschenbrenner tarafından kurulan "Thermos" şirketi tarafından patenti alındı. Ticari ürün olarak piyasaya sürüldü.

<https://www.rigb.org/our-history/iconic-objects/iconic-objects-list/dewar-flask>

Termik santraller çalışması üzerine gösterim yapılarak, öğrencilerle termik santrallerde ısı enerjisi transferinin nasıl kullanıldığı üzerine tartışma ortamı oluşturulur ve ana noktaları kaydedebilir. Termik santral tanımı yapılır.

4.3. Keşfetme

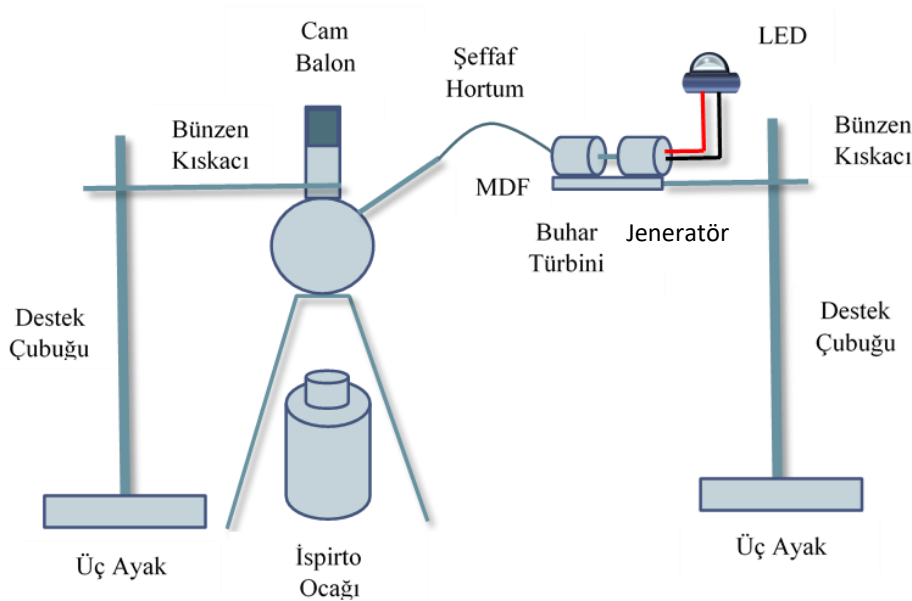
Isı enerjisinden faydalanılarak elektrik enerji üretimi için bir etkinlik çalışması hazırlanır. Bu etkinlikte geleneksel enerji kaynaklarını kullanarak ısı enerjisi faydalanılır. Öğrencinin geleneksel ısı enerji kaynaklarını ifade etmesi istenir. Termik santraller ile elektrik enerjisi üretimi için kullanılan kömür, doğalgaz, nükleer enerji vb. fosil yakıtlardan bahsedilir ve öğrencilerin fosil yakıtlar hakkında bilgilendirilir. Eğitimci bu aşama da 4.1’de bulunan teorik bilgi kısmından faydalanabilir.

Öğrencinin termik santral yapısı içinde suyun buhar dönüşümü ile ısı transferi gerçekleşmesini ve elde edilen buharın gücünden en yüksek seviyede faydalanarak etkinlik oluşumu gerçekleştirmesi ifade edilir. Bilgiler kullanarak uygun etkinlik oluşumunu geliştirilir.

Buhardan elektrik enerjisi üretme; suyu yüksek basınçlı buhara dönüştürmek, türbin kanatlarını döndürmek için bir buhar türbininde yüksek basınçlı buharın kullanılmak ve elektrik üretmek için dönen türbin hareketini faydalanarak jeneratöre miline aktarmaktır.

Termik santrallerde yüksek basınçlı buhar elde etmek için fosil yakıtları yakarak ısı enerjisi oluşturan bir kazandan faydalanılır. (Nükleer santrallerde atomları bölerek ısı enerjisi yaratan atomik fisyon ile sudan yüksek basınçlı buhara elde etme işlemi gerçekleşir.)

Buhar türbinlerinde, yüksek basınçta ve belirli bir hızda buharın türbine girmesi ile buharın mekanik enerjiye dönüşümü sağlanır. Bunun için yüksek ısı çıkışlı bir ısıtıcı ocağı kullanılarak cam balon içerisindeki su kaynatılarak buharlaştırılır. Cam balon çıkışından şeffaf hortumla alınan buhar türbine aktarılır. Etkinlikte buharın basıncını artırmak için yollar aranır. Nozul kullanımı ile buharın çıkışı daraltılması, basıncının artırımı ve türbin kanatlarında yeterli dönmeyi sağlayan bir güce ulaşımına yardımcı olabilir. Buhar türbinin miline akupile edilerek, MDF üzerine sabitlenmiş jeneratöre dönme hareketi aktarılır.



Şekil 4-3 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etmek için etkinlik tasarımı

Buhar daha sonra türbin miline bağlı rotor kanatları adı verilen bir dizi hareketli kanatla karşılaşır. Rotor kanatları hareket ettiğinde türbin mili döner. Jeneratör, dönen türbin hareketinin elektriğe dönüştüren bir cihazdır. Etkinlikte dönmenin türbinden jeneratör miline aktarımın en az kayıpla yapmak hedeflenir. Buhar gücün türbin kanatlarına oradan jeneratör miline aktarımı işlemleri elde edilecek elektriksel gücün değerini belirler.



Şekil 4-4 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etme deney elemanları



Şekil 4-5 Isı enerjisinden elektrik enerjisi elde etme deney düzeneği

İhtiyaç duyulan buhar gücünü elde etmek için sıcaklık artırmak ve ısı kaybını azaltmak amacı ile dışarıdan güçlü bir ışık kaynağı kullanımı yardımcı olabilir. Işık kaynağının kullanımı ile termometre üzerinden buhar sıcaklığı artışı gözlenir. Aynı şekilde LED'e bağlanan ampermetre ve voltmetre ile akım ve gerilim değerlerindeki değişim izlenir. Böylece ışık kaynağı öncesi ve sonrası buharın durumu

termometre üzerindeki sıcaklık artışı ve LED ucundaki akım ve gerilim üzerindeki değişimi gösterir. Bu işlem benzer yapıda ısıpırtı ocağının daha yüksek ısı enerjisi aktarması için ayarını artırma veya azaltma ve cam balona yaklaştırmaya ve uzaklaştırmaya ile görülebilir. Bu etkinliğin hedefi jeneratörün LED'in yanması için gerekli akım ve gerilim değerlerine ulaşması için türbine gelen buhar gücünü artıracak buhar sıcaklığına ve basıncına ulaşmasıdır.

4.4. Açıklama

Geleneksel enerji kaynakları kullanarak gerçekleşen yanma sonucu suyun ısı transferini ortaya koyarak, buhar gücü ile elektrik enerjisi üretimi ve termik santral çalışma yapısı açıklanır. Isı enerji transferi prensiplerini nasıl kullandıklarını tanımlanır. Enerji üretimi için termik santrallerin çalışması ifade edilir.

Termik santral, yanmayla ortaya çıkan ısı enerjisinden elektrik enerjisi üreten üretim merkezleridir. Yanma, bir kazan ile gerçekleştirilir. Kazanın seçiminde yanmayı oluşturacak yakıtın türü ve ısı değeriyle ilgili olarak belirlenir. Yanmada kullanılan yakıtın hazırlanması, suyun buhara dönüştürülmesi ve bunun yüksek basınç altında, yüksek sıcaklıkta olması sağlanır. Buhar önce türbinin yüksek basınçlı bölümünden ve daha sonra orta ve düşük basınçlı bölümlerinden geçer. Birbirini izleyen bu geçişler sırasında ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Aynı zamanda kazana giren suyun devamlılığını sağlamak için atık buhar, soğutulur, tekrar su haline dönüştürülür.

Termik santrallerde yanma işlemi kömür, doğalgaz ve nükleer yakıtlar kullanımıyla farklılık gösterse de işleyiş yapısı benzerdir. Kullanılan yakıtla ilgili olarak farklılıklar vardır. Bu farklılık yanma teknolojisi, yöntemleri, atık oluşumu, yapım zamanı vb. başlıklarla ifade edilebilir. Özellikle çevresel boyut açısından ele alındığında kömür santrallerinin sera gazı emisyonları, doğalgaz santrallerindeki birincil enerji kaynak temini ve nükleer santrallerdeki güvenlik üç farklı santralin öne çıkan olumsuz yönleri olarak çıkmaktadır. Ayrıca üç farklı yakıt türünün teminin de önemli bir karşılaştırma da yanma sonrası ortaya çıkan ısı enerjisi farklılığı olan ısı değeri. Tanımlama olarak, bir yakıtın birim kütlesinin tam olarak yakılması sonucu açığa çıkan ısı miktarı değeri, kcal/kg, J/kg olarak ifade edilir.

4.5. Derinleştirme

Öğrencilere ısı enerjisi transferini artırmak için hangi yollar izlenmesi konusunda araştırma yapmaları istenir. Termik santrallerde verimi artırmak için yapı içerisinde hangi noktalar daha öne çıkabilir. Öğrenciler araştırma ve etkinlik sonuçlarına bakarak beyin fırtınası ile öğretmenin öncülüğünde bunu gerçekleştirmesi istenir. Bu işlemleri yaparken geleneksel enerji kaynaklarının kullanımı nedeniyle çevreye etkisi ile ilgili durumlar dikkate alınır. Tartışmanın çevre şartları da göz önüne alınarak genişlemesi sağlanır. Özellikle kömür yakıtına dayalı santrallerde yakıtın alt ısı değeri ve yanma sonucu çıkan kül ve baca gazlarının etkisi ortaya konmalıdır. Ülkemiz için özellikle linyit ve taşkömürü ısı değerinin ithal kömür santrallerde kullanılan yakıtın ısı değeri ile karşılaştırılmalıdır. Bu kapsamda yanma işlemini artırıcı teknolojiler neler olabilir ve salınan gazları azaltmak için ne gibi tesisler kurulabilir. Öğrencilerin bu konuları araştırması istenir ve sınıf içinde tartışılır.

Ayrıca bu aşamada öğrenciler nükleer enerji santralleri üzerine araştırma yapabilir. Nükleer enerji, bir atomun çekirdeğinde depolanan ve çekirdeği bir arada tutan enerjidir. Atom çekirdekleri birleştiğinde veya ayrıldığında açığa çıkan enerjidir. Atomların bölünmesi, parçalanması olan fisyon, nükleer enerji üretmek için kullanılır. Günümüz nükleer santralleri elektrik enerjisi üretmek için fisyon kullanır. Fisyon için en yaygın kullanılan yakıt uranyum olmakla beraber plütonyum veya toryum gibi elementlerin kullanımı olabilir. Füzyon ise, iki veya daha fazla atom çekirdeğinin çok yüksek hızlarda çarpışması sonucunda yeni bir atom çekirdeği oluşturmak için birleştiği bir reaksiyondur. Esasen füzyon, güneş ve yıldızların enerji vermesini sağlayan kaynak olarak ifade edilebilir. Bu durumda füzyon enerjisi, gelecek

için enerji üretiminde önemli bir yol olabilecektir. Nesiller için devamlı bir enerji kaynağı olasılığını sunabilir. Bununla birlikte nükleer füzyon için şartların oluşması, bilimsel ve mühendislik zorluğu taşımaktadır.

Pat Pat Teknesi

Öğrenciler bireysel bir uygulama yapmasını sağlamak için bir oyuncak tekneyi hareket ettirme uygulaması yapılabilir. ıkardığı sestten dolayı pop pop, puf puf veya pat pat olarak adlandırılan bu tekne, suyun ısınması ile çıkan buharın yerine diğeri borudan suyun gelmesi ve itici bir güç oluşumuna dayanmaktadır. Bu tekne üzerine konulacak bir yelken ile iki farklı enerji kaynağı ile beslemesi de sağlanabilir. Eğitmen, bu uygulama için öğrencilerin web sayfaları üzerinden uygulamalar bulabileceklerini ve araştırmalarını ister.



<https://www.instructables.com/Pop-Pop-Steam-Boat/>

4.6. Değerlendirme

Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir ve sonuçları tartışılır.

Elektrik enerjisi üretimi üzerine kömür, doğalgaz ve nükleer yakıtların kullanıldığı santrallere ait görseller paylaşılır. Termik santraller için geliştirilen enerji teknolojileri örnekleri sunulur.

Ülkemizde bulunan termik santrallerdeki yakıtların yerli ve ithal kaynaklardan sağlanması konusunda öğrencilerin katılımı ile bilgi paylaşımı yapılır.

5. Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Hidroelektrik

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen konum, alınan yol, yer değiştirme, sürat, hız, anlık hız, ortalama hız, ivme, kuvvet, yer çekimi ivmesi, elektrik akımı, potansiyel farkı, elektrik enerjisi, elektriksel güç.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşümünü görür.
- Öğrenci suyun düştüğü yüksekliğin değişmesinin su çarkına etkisini kavrar.
- Öğrenci su çarkının devir hızı ve jeneratörün üretimi ile olan ilişkisini keşfeder.
- Öğrenci düşen suyun nasıl elektriğe dönüştürüldüğünü açıklar ve değişkenleri tanımlar.
- Öğrenci hidroelektrik enerjiyi temiz bir enerji kaynağı olarak tanımlar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanan su gücünden elektrik üretimi için faydalanmak, suyun potansiyel enerjisinden yararlanarak enerji dönüşümü ile elektrik üretimini sağlamaktır. Su çarkına ve elektrik üretimine etki eden değişkenleri görmek ve uygun tasarımlar gerçekleştirmektir.

Haftanın İşlenişi:

Güdüleme : Su çarkının işleyişi görseller üzerinden izletilerek, potansiyel, kinetik, mekanik ve elektrik enerjisi dönüşüm süreci hakkında hazır bulunuşluk düzeyini belirlemek ve hidroelektrik terimini tanımlamak.

Keşfetme : Su çarkının özellikleri, suyun düşü ve debisini dikkate alarak, bunları dayalı bir proje oluşumunu geliştirmek.

Açıklama : Su tarafından üretilen elektrik gücü olarak, hidroelektrik santralleri ortaya koymak, su gücünün kullanımının önemini vurgulamak ve türbin seçimini açıklamak.

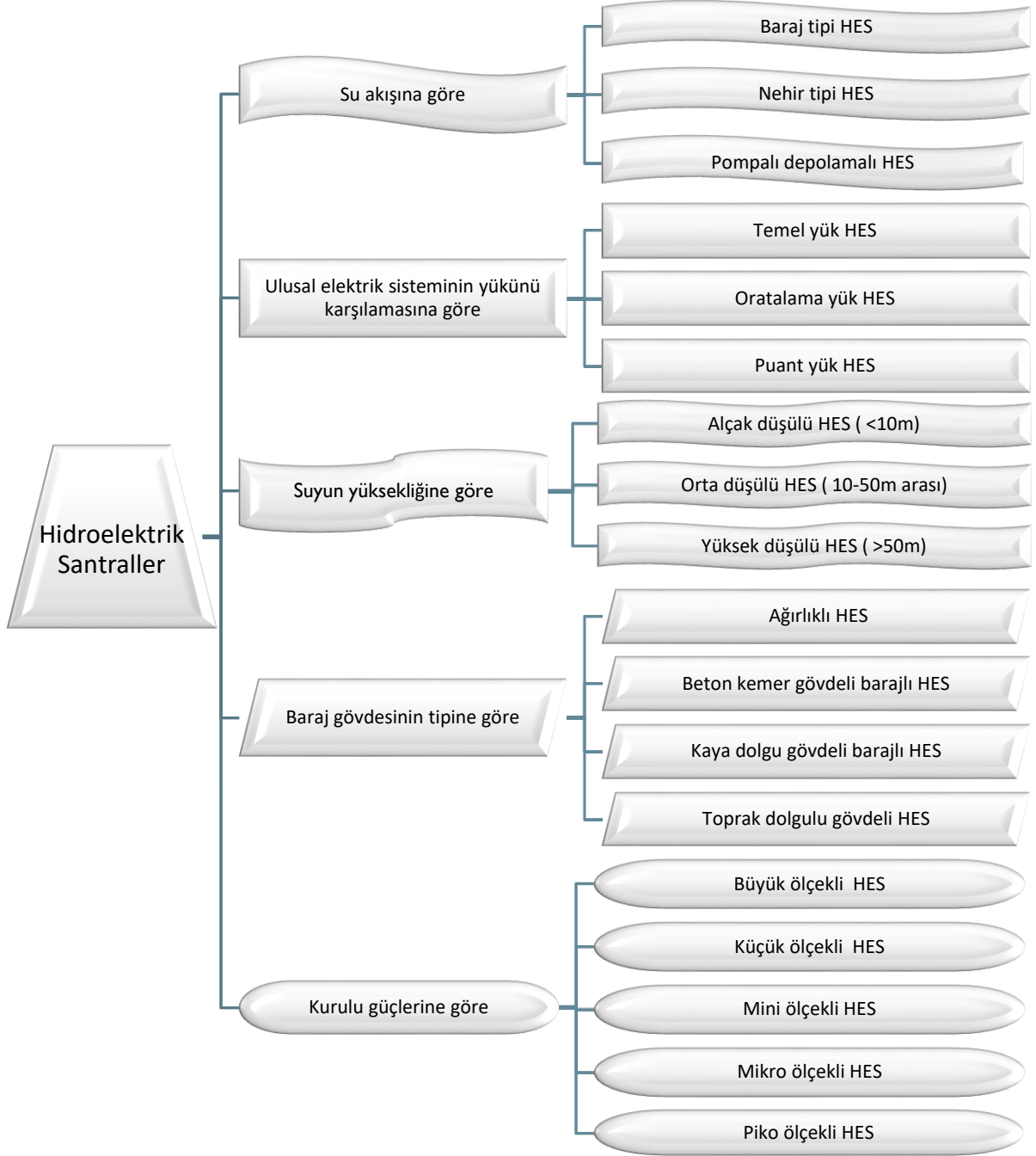
Derinleştirme : Bir güç kaynağı olarak hidroelektriğin artılarını ve eksilerini keşfetmek, çevresel etki üzerine tartışmak ve mikro, mini, küçük ve büyük hidroelektrik santrallerin kurulumu hakkında bilgi sahibi olmak.

Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak, mini ve mikro ölçekli hidroelektrik santraller üzerine görselleri yansıtmak.

Etkinlik (deney) adı	Hidroelektrik Santrallerde Debi ve Düşü Etkisi	
Süre	90 dakika	
Araç-gereçler	Su Çarkı DC Dinamo LED Şeffaf PVC hortum Hidrolik Küresel Vana Plastik Kap (Yükleme Havuzu için) Plastik Kaşık Paslanmaz çelik çubuk	Kare Çanta Bidon Şeffaf Pleksi Levha Sıcak Silikon Tabancası Sıcak Silikon Çubuğu Yuvarlak Plastik Pet Şişe

5.1. Eğitime Teorik Bilgi

En eski enerji kaynaklarından biri olan hidrolik enerji, aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları içinde öne çıkanlarından biridir. Hidroelektrik Santraller (HES) akan suyun gücünü elektriğe dönüştürür. Hidroelektrik santral; su akışına, suyun yüksekliğine (düşüşüne) ve farklı mevsimlerde yük arzı talebine göre farklı kategorilerde sınıflandırılabilir.



Şekil 5-1 Hidroelektrik santrallerin sınıflandırılması

Deniz, göl veya nehirlerdeki sular güneş enerjisi ile buharlaşır, oluşan su buharı rüzgârın etkisiyle de sürüklenerek dağların yamaçlarında yağmur veya kar halinde yeryüzüne ulaşır ve nehirleri besler. Böylece hidrolik enerji kendini devamlı yenileyen bir enerji kaynağı olur. Enerji üretimi ise, suyun potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüştürülmesi ile sağlanır.

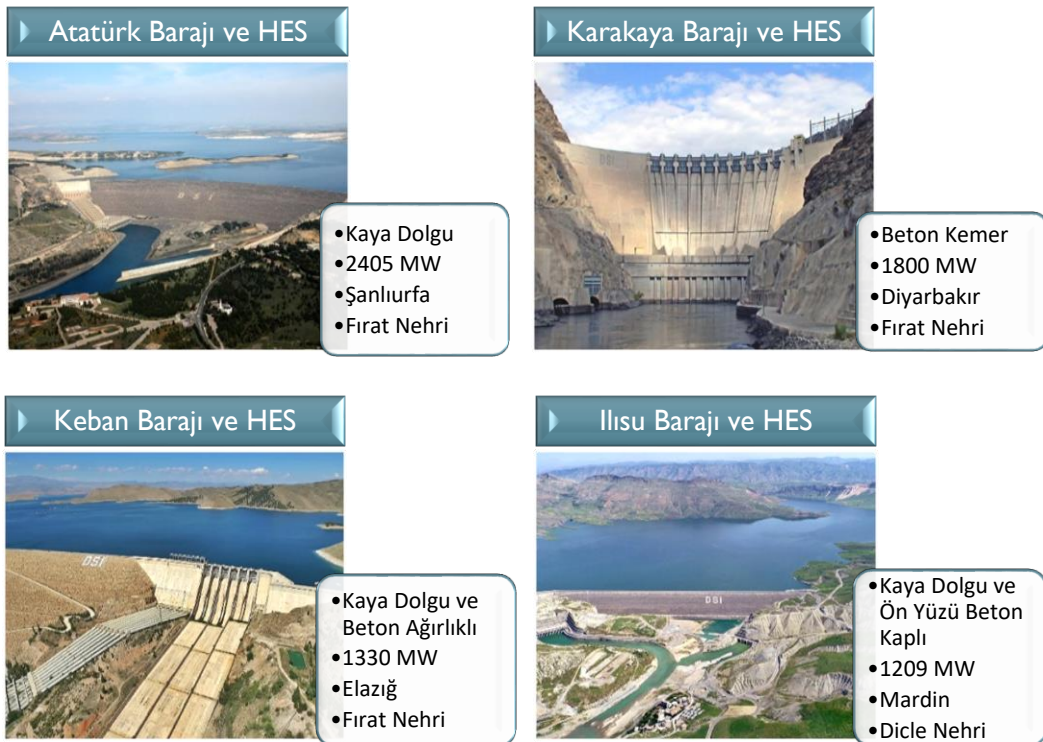
Küçük, mini ve mikro hidroelektrik santraller genellikle nehir tipi santraller olarak inşa edilmektedir. Bu nedenle, suyu depolamak için bir rezervuar yoktur. Büyük ölçekli hidroelektrik santraller genelde su tutma yoluyla baraj tipidir.

Kurulan bölgenin arazi durumu ve yapısına göre farklı baraj tipleri inşa edilir. Elektrik enerjisi elde etmek amacı ile farklı gövde tiplerinde barajlar yapılmaktadır. Beton tipi barajlar;

- Suyun gövdeye yaptığı basınç ve diğer etkileri gövdenin ağırlığı ile karşılayan inşa edildikleri arazilerin temelini sağlam ve biriktirecek suyun betona zararlı olmayan ağırlıklı barajlar,
- Kemer şeklinden yararlanılarak üzerlerine gelen yükleri, kemer etkisi ile büyük ölçüde yamaçlara aktaran beton malzemeden inşa edilen kemer barajlar,
- Suyun biriktirilmesini sağlayan plak veya kemerlerin yüklerinin orta ayaklar tarafından taşınmasını sağlayan beton malzemeden inşa edilen payandalı (destekli) beton barajlardır.

Dolgu tipi barajlar, doğada bulunan malzemelerin çok az işleminden geçirilmesinden sonra kullanılmaları ile inşa edilen ve çeşitli tip temeller üzerine oturan, geniş tabanlı olarak inşa edilen barajlardır.

Türkiye’de sudan elektrik üretimi, günümüz ölçütlerinde mikro ölçekteki hidroelektrik santrallerle başlamıştır. 1902 yılında Tarsus’ta yapılan 60 kW’lık HES, Türkiye’deki ilk hidroelektrik santralidir. 2021 yılı itibarı ülkemizdeki en büyük dört hidroelektrik santralleri kurulu güce göre Atatürk, Karakaya Barajı, Keban ve Ilısu barajlarıdır.



Şekil 5-2 Türkiye’nin en büyük dört hidroelektrik santralleri¹⁵

¹⁵ Elektrik Üretim A.Ş., <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller>

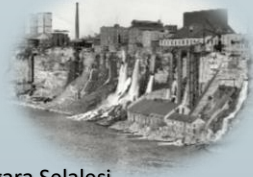
5.2. Gdleme

Potansiyel ve kinetik enerji dönüşümü ile öğrenciler bir barajın nasıl elektrik enerji ürettiğini anlamaya başlarlar. Bunun için potansiyel ve kinetik enerji dönüşümüyle su çarkının harekete geçi görselleri üzerinden izletilerek, önceki konular ve bilgiler kapsamında hazır bulunurluk düzeyi belirlenir. Bu süreçte hidroelektrik üzerine kullanılan terimler not alınır.

Eğitmenin hidroelektrik enerji üretimi içerisinde yer alan bazı temel durumları öğrenciler tartışması, fikirlerini paylaşması için sorar. Örneğin santralin nasıl çalıştığını, su çarkı ve türbin kavramını, su çarkına neden ihtiyaç duyulduğunu ve su gücü hakkında sorulacaklar ile öğrencilerin tartışması, fikirlerini paylaşması sağlanır.

Ayrıca yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak su gücünün tanımlaması yapılarak, faydalarını tanımlanır. Bu bağlamda geleneksel enerji kaynaklarıyla karışlaştırma yapılır, farkları üzerinden tespitler ifade edilir.

Su gücünün kullanımı M ikiyüzlü yıllara dayanmaktadır. 19. yüzyılda türbin teknolojisindeki gelişmeler ile beraber mühendis James Francis ilk modern su türbinini geliştirdi. Elektrik enerjisi kullanımıyla 1882'de dünyanın ilk hidroelektrik santrali Wisconsin Amerika Birleşik Devletleri'nde Fox Nehri üzerinde çalışmaya başladı. O yüzyılın en büyük hidroelektrik santrali 1895'te Niagara şelalesi'nde kurulan Edward Dean Adams Elektrik Santrali idi.



1890'lı yıllarda Niagara şelalesi



Three Gorges

Günümüzde dünyanın en büyük dört hidroelektrik santrali Çin ve Brezilya'da bulunmaktadır. Three Gorges, 22500 MW kurulu gücüne sahip dünyanın en büyük hidroelektrik santralidir. Itaipu, Brezilya ve Paraguay arasında sınırda bulunan Parana Nehri üzerinde bulunan dünyanın en büyük ikinci hidroelektrik barajıdır.



Itaipu hidroelektrik santrali

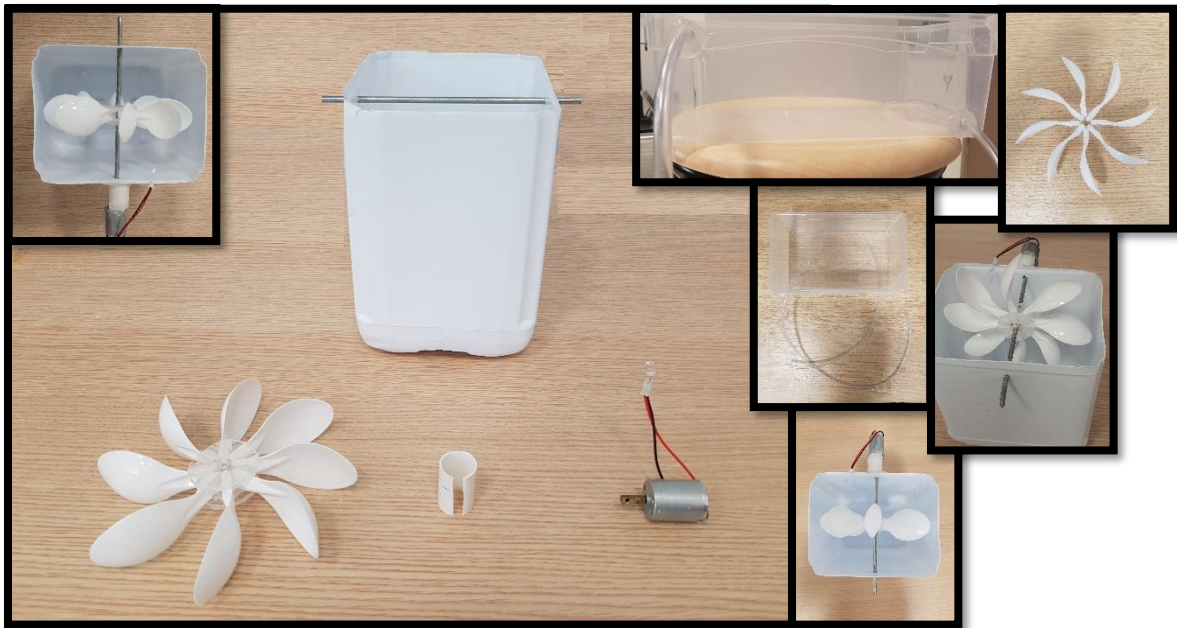
5.3. Keşfetme

Su gücünden faydalanılarak elektrik enerji üretimi için bir etkinlik çalışması hazırlanır. Bu etkinlikte suyun yüksek bir yerden düşürülmesi ve potansiyel enerjinin dş ile kinetik enerjiye dönüşümü debisi kullanılır. Suyun çarka dş açısı ve yükseklik, çarkın yani türbin kanatlarının yeterli hızı elde etmesini ve türbin miline bağlı jeneratörün gerilim üretimini sağlar. Jeneratörün uçlarındaki gerilim ve akım değerine bağlı olarak LED yanar. Türbin mili ve jeneratör arasındaki bağlantı, su gücünün jeneratör miline gerekli aktarımı sağlaması açısından önemlidir. Gerçekleştirilecek etkinlikte bu durumlar göz önüne alınır.

Diagram illustrating a small-scale hydroelectric power generation system:

- Su Deposu** (Water Reservoir): The source of water.
- Şeffaf Boru** (Transparent Pipe): The pipe through which water flows.
- Türbin Kanatları** (Turbine Blades): The blades that rotate as water flows through them.
- Çelik Mil** (Steel Shaft): The shaft connecting the turbine to the generator.
- Su Tankı** (Water Tank): The container where the turbine is submerged.
- Jeneratör** (Generator): The device that converts mechanical energy into electrical energy.
- LED**: The light-emitting diode that is powered by the generator.

Şekil 5.4'te verilen etkinlik için farklı kaşık büyüklükleri mevcuttur. Farklı boyut kaşıklar ve sayılar kullanılarak LED ucundaki parlaklık, jeneratör uçlarına bağlanan ampermetre ve voltmetre yardımıyla akım ve gerilim değişimleri görülür. Bu etkinlik kapsamında en az iki farklı boyut ve kaşık sıklıkları kullanılarak öğrencinin farkı görmesi sağlanmalıdır.



42

Hidroelektrik santraller ile elektrik enerjisi üretimi için su gücünün nehir veya baraj tipi farklı kullanım durumlarından bahsedilir ve öğrenciler kapasitelerine, büyüklüklerine göre sınıflandırılması hakkında bilgilendirilir. Eğitimci bu aşamada 5.1’de bulunan teorik bilgi kısmından faydalanabilir.

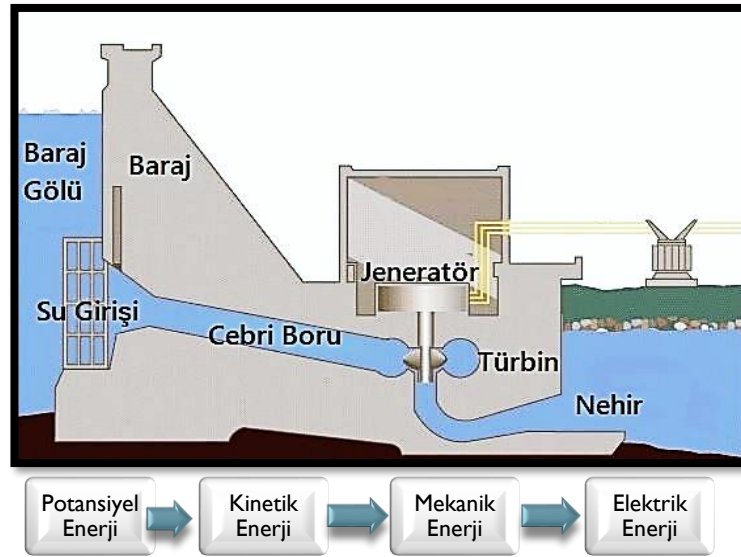
5.4. Açıklama

Su gücünden elektrik enerjisi üretmek için inşa edilen hidroelektrik santrallerin yapısı ortaya konulur. Farklı baraj tiplerine göre yapılan hidroelektrik santrallerden bahsedilir.

Başlangıçta su taşkınlarından, sellerden korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için yapılan barajlar, 19. yüzyıldan itibaren su gücünden elektrik enerjisi üretimi ve enerji gereksinimini karşılamak için de kullanılmaya başlanmıştır.

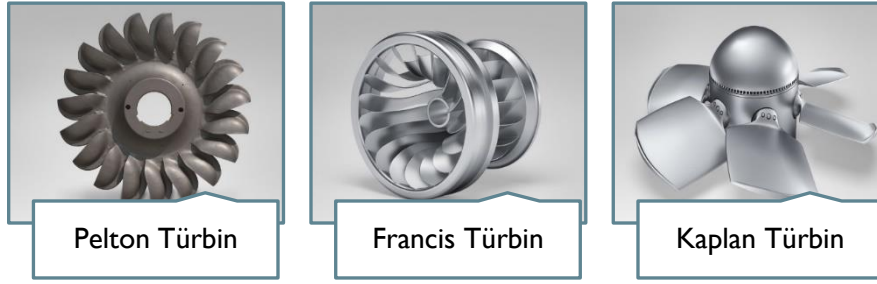
Hidroelektrik santrallerde suyun potansiyel enerjiden düşü ile kinetik enerjiye dönüşümü, debisi ile su çarkına yani türbin kanatlarına çarpması ile mekanik enerjiye dönüşümü gerçekleşir. Yukarıdaki etkinlikte bu işleme uygun bir su çarkı oluşturulmuştur. Hidroelektrik santrallerde türbinler, su gücünün çarklar yardımı ile mekanik enerjiye çeviren makinalardır.

Bir hidroelektrik santrali; elektriğin üretildiği alan, su akışını kontrol etmek için açılıp kapatılabilen bir baraj ve suyun depolandığı bir baraj gölü olmak üzere üç bölümden oluşan bir sistemdir. Barajın arkasındaki su bir girişten akar ve türbindeki kanatları iterek çarkın dönmesini neden olur. Türbin, elektrik üretmek için bir jeneratörün milini döndürür. Üretilen elektrik miktarı, suyun ne kadar yüksekten düştüğüne ve sistemde ne kadar suyun hareket ettiğine bağlıdır. Bazı hidroelektrik santral türleri, barajsız bir su yolundaki akışı kullanır.



Şekil 5-5 Hidroelektrik santralinin basit yapısı

Hidroelektrik santrallerde türbin seçimi bazı ölçütlere bağlıdır. Bu bağlamda farklı kullanılan türbin tipleri vardır. Suyun akış doğrultusuna ve etki şekline göre Francis, Pelton, Kaplan, Uskur vb. kullanılabilir. Öğrenci etkinlikte yapılan türbini hangisine benzetir, sorgular.



Şekil 5-6 Hidroelektrik santrallerde kullanılan bazı türbin çeşitleri

5.5. Derinleştirme

Bir hidroelektrik santralin yapımında su kaynağının debi ve düşü durumu ile beraber bulunulan arazi koşulları kurulacak santralin büyüklüğünü önemli ölçüde belirler. Büyüklüklerine göre hidroelektrik santralleri; piko, mikro, mini, küçük ve büyük olmak üzere ifade edilir. Dünya genelinde kabul görmüş bir sınıflandırma bulunmamakla beraber hidroelektrik santralleri birçok ülkede farklı kurulu güce göre tanımlamaktadır. Genel olarak kurulu güce göre;

- Büyük ölçekli hidroelektrik santraller, gücü 10 MW'ın üzerinde olan santrallerdir.
- Küçük ölçekli hidroelektrik santraller, gücü 1 ile 10 MW arasında olan santrallerdir.
- Mini ölçekli hidroelektrik santraller, gücü 100 ile 1000 kW arasında olan santrallerdir.
- Mikro ölçekli hidroelektrik santraller, gücü 5 ile 100 kW arasında olan santrallerdir.
- Piko ölçekli hidroelektrik santraller, gücü 5 kW'ın altında olan santrallerdir.

Piko, mikro, mini, küçük ve büyük ölçekli hidroelektrik santrallerin kurulum ve çevre karşılaştırması yapılmalıdır.

Hidroelektrik santralleri, özellikle su tutma barajın inşası olduğu zaman çok maliyetli, çevre ve yerel ekoloji üzerinde olumsuz etkileri olabilir, ancak fosil yakıt kullanılarak enerji üretiminin aksine hidroelektrik enerji üretiminin avantajları vardır. Hidroelektrik santrallerin kurulumunun artı ve eksi yönlerini eğitimci gözetiminde öğrenciler ile tartışarak, ortaya konmalıdır. Özellikle ölçek durumuna göre kurulumunun getirdiği artılar ve eksiler keşfedilmeli, çevresel etki hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.

Hidroelektrik santrallerde baraj ile su tutulmasının elektrik üretimi dışındaki faydaları; tarım alanlarının zamanında ve yeterince sulanması, içme amaçlı su temini ve alanlarının taşkınlardan korunması olarak sıralanabilir. Böylece iklime ve ekonomiye doğrudan olumlu etkileri; balıkçılık, yeni istihdam oluşturma vb. dolaylı etkileri de oluşur.

Günümüzde büyük ölçekli hidroelektrik santrallerinin kurulumu ile ilgili bazı olumsuz görüşler dile getirilmektedir. Bu olumsuzlar arasında doğal dengenin bozulması ile beraber su tutma alanının içinde kalan yerleşim yerlerinin nakli ve kalan tarihi eserler, artan su buharlaşması neticesinde kullanılacak su miktarının azalması gibi durumlar sayılabilir.

5.6. Değerlendirme

Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir ve sonuçları tartışılır.

Hidroelektrik santral teknolojisi üzerine özellikle türbin ve aktarım üzerine olan çalışmalar öğrencilerin araştırması istenir. Ülkemizde mini ve mikro ölçekli hidroelektrik santral uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar incelenir.

6. Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Güneş Teknolojileri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerjinin bir biçimden diğer bir biçime dönüşümü, enerji kaynakları, ısı ve sıcaklık, optik, ayna, yansıma.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci güneş enerjisini radyan enerji ve yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlar.
- Öğrenci güneş enerjisinin zamana ve yere göre değişimini açıklar, güneş ışınları açısının sıcaklığı etkileyebileceğini görür.
- Öğrenci güneş enerjisinden hangi yollar ile enerji üretimi yapılabileceğini kavrar.
- Öğrenci güneşten gelen ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesini görür.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı; güneş enerjisini tanımlamak, güneş ışınlarından faydalanarak enerji üretmek ve ısı enerjisine dönüştürmek, ayrıca güneş ışın açılarının sıcaklık ile olan ilişkisini açıklamaktır. Böylece güneş enerjisi potansiyeli kullanmak ve gerekli teknolojileri geliştirmesi için öğrenciyi motivasyon sağlamaktır.

Haftanın İşlenişi:

Güdüleme	: Güneş enerjisi ile ilgili medyada çıkan haberleri paylaşarak, öğrenci için güneş enerjisi kullanımı gelişimi hakkında farkındalığı sağlamak. İlgili haberler ve görseller üzerinden tartışarak, kelime ve temel kavramları belirlemek.
Keşfetme	: Güneşten gelen ışık enerjisinin ısı enerjisine dönüştürülmesi üzerine etkinlik geliştirmek.
Açıklama	: Güneş ışığının oluşturduğu etkiyi vurgulamak ve ısı enerjisine dönüşümü üzerine saha uygulamaları ile açıklamak.
Derinleştirme	: Ülkemizdeki güneş enerji potansiyelini ifade etmek, potansiyelin kullanımı üzerine için beyin fırtınası yapmak.
Değerlendirme	: Etkinliğin sonuçlarını tartışmak ve güneş enerjisinin ısı enerjisi olarak kullanımı üzerine görselleri yansıtmak.

Etkinlik (deney) adları	1. Ayna odaklama 2. Kurutma fırını	
Süre	90 dakika	
Araç-gereçler	Cam Deney Balonu Parabolik Çanak Anten Temassız Kızılötesi Termometre Halojen Projektör MDF Levha Şeffaf Pleksi Levha Alüminyum Folyo Karton Kutu Bantlı D Fitol	Isı Yalıtım Malzemesi Koli Bandı Sıvı Yapıştırıcı

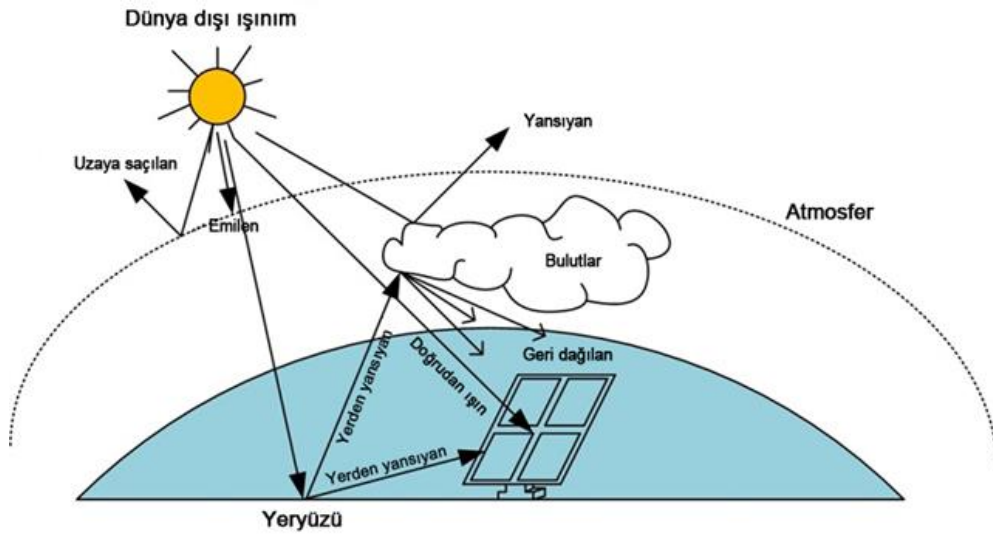
6.1. Eğitime Teorik Bilgi

Her saniyede güneş çok büyük miktarda enerjiyi güneş sistemine yaymasına karşın dünyaya bu enerjinin çok az bir miktarı gelmektedir. Güneş ışınları çok uzun bir mesafeden dünyanın yüzeyine ulaşmaktadır. Bu nedenle, Güneş ışınımının modellenmesinde Dünya atmosferi, yüzeyi ve Dünya'daki çeşitli nesneler gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır.

Güneş ışınları, atmosferde yansıma, kırılma ve saçınma uğrar. Bu ışınım genellikle 300 ila 4000 nm dalga boyunda olup güneş teknolojisi uygulamalarında kullanılır. Yer seviyesine ulaşan güneş ışınımı şiddeti astronomik faktörlere ve hava şartlarına göre farklılık gösterir.

Yansıtılmayan veya saçılmayan ve doğrudan Güneş diskinden yüzeye ulaşan radyasyona direkt ışınım denir. Güneş ışınları Dünya'nın atmosferine girdiğinde gelen enerjinin bir kısmı hava molekülleri, bulutlar ve parçacık maddeler tarafından saçılır veya emilir. Güneş ışınları Dünya'nın atmosferine girdiğinde, taşıdıkları enerjinin bir kısmı genellikle aerosol olarak adlandırılan hava molekülleri, bulutlar ve parçacık maddeler tarafından saçılması veya emilmesi ile azalır. Bu durumdan sonra yeryüzüne ulaşan ışınlar dağınık ışınım denir.

Işınların bir kısmı zeminden çarptıktan sonra bir panele ulaşabilir ve buna zeminden yansıyan ışınım denir. Belirli bir süre boyunca kaydedilen bir yüzey alanında alınan güneş radyasyonuna güneşlenme veya güneş ışınımı denir. Güneş enerjisinin bir kısmı manyetosfer tarafından emilir ve geri kalanı yansıtılır. Genellikle soğurulan güneş radyasyonu, bir nesnenin sıcaklığında bir artışa neden olarak ısı enerjisine dönüştürülür.



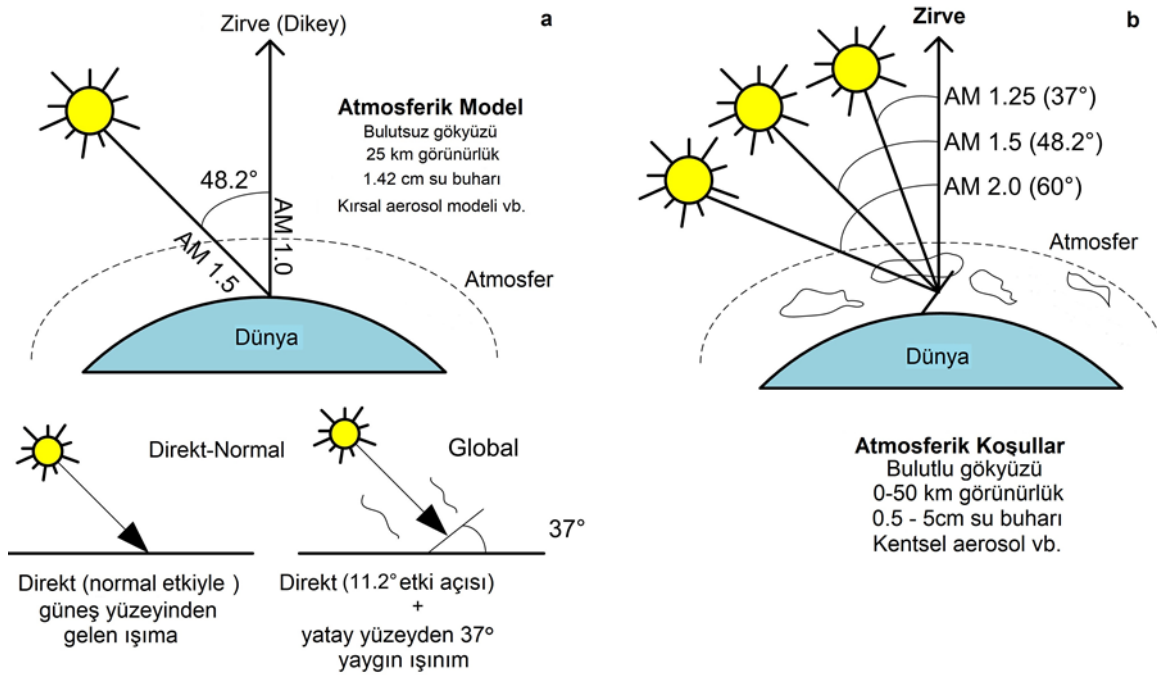
Şekil 6-1 Atmosfer ve yüzey tarafından ayrılmış Güneş ışınımı bileşenleri

Atmosferin dış yüzeyindeki her metrekareye ortalama 1367 W güç düşer, bu değere "güneş sabiti" denir. Böylece Güneş her saniye Dünya'nın çapının her metrekaresine 1367 Joule transfer eder. Atmosfer gelen bu ışınımın genellikle X ışınlarından ve ultraviyole ışıklardan oluşan bir kısmını emerken bir kısmını ise yansıtmaktadır. Dünya'nın geometrisi ve atmosferin etkisinden dolayı bu enerji sürekli olarak dünya yüzeyinin her metrekaresine ulaşmaz. Genellikle ortalama olarak alınan güneş enerjisinin 1000 W/m² olduğu kabul edilir.

Güneş ışınlarının atmosfer içinde az yol alması, bulut ve toz partikülleri gibi engellere takılmaması, Güneş'in sahip olduğu enerjinin büyük bir kısmını yeryüzüne ulaştırmasını sağlar. Güneş ışınlarının atmosferden geçip yer seviyesine ulaşana kadar aldıkları mesafedeki hava tabakası kalınlığı "Air Mass" (Hava Kütlesi) olarak adlandırılıp AM kısaltması ile gösterilir. "Air Mass" denklem ile belirlenmektedir.

$$AM = \frac{1}{\cos \theta}$$

Denklemdaki θ zenit açısı olarak tanımlanmıştır. Güneş ışınlarının yeryüzüne ulaştığı açığı belirtmektedir. Bu denkleme göre Güneş yeryüzüne dik ulaştığında zenit açısı 0 olacağından AM=1.0 olacaktır. Zenit açısı arttıkça AM değeri de artacaktır. Böylece düşeyden 48.2° de AM=1.5 60° de ise AM=2.0 olacaktır [33]. Bu AM değerlerinin detayları Şekil 2.4'te gösterilmiştir¹⁶.



Şekil 6-2 a) AM 1.5 spektral koşullarının şeması

b) AM 1.5'e kıyasla diğer gerçekçi atmosferik ve hava kütle koşullarına örnekler

Güneş enerjisi dönüşümü için geniş bir uygulama alanına sahip birçok farklı teknoloji kullanılabilir. Bu teknolojiler ısı sağlayabilir ve soğutma, aydınlatma, elektrik üretimi ve yakıt üretimi için kullanılabilir.

Güneşten gelen enerjiyi kullanmak için günümüzde genel olarak üç ana teknoloji türü kullanılır:

- Işığı doğrudan elektriğe dönüştüren güneş pili; fotovoltaik (Photovoltaics-PV),
- Isı vermek için güneş radyasyonu kullanan güneş enerjisi veya güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma (Solar Heating and Cooling-SHC);
- Bir jeneratöre bağlı bir ısı motorunu çalıştırmak için yoğunlaştırılmış ışığı ısıya dönüştüren yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (Concentrating Solar Power-CSP).

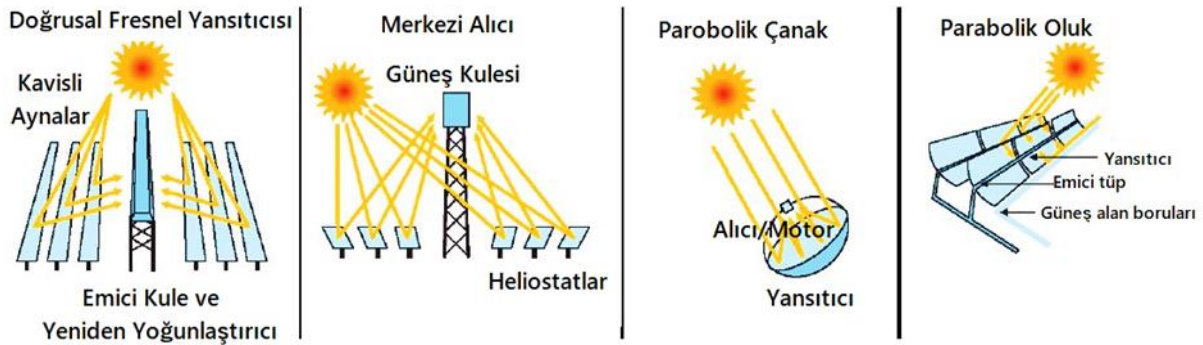
Güneşin yeryüzünde ürettiği enerji aktif güneş enerjisi olarak kullanılabilir: Düşük sıcaklıkta (35 °C ile 60 °C arası) kullanım için evlerde kullanılır; orta sıcaklık, 300 °C'ye ulaşır; yüksek sıcaklık, 2000 °C'ye

¹⁶ Esen, V. (2020). Fotovoltaik Panel Testleri için Işık Spektrumu Kontrollü Solar Simülatör Tasarımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri, Doktora Tezi, İstanbul.

ulaşır. Güneş ışınlarının, ışınları belirli bir noktaya götüren bir reflektöre yönlendirilen aynalara çarpmasıyla elde edilir.

Güneş enerjisi ayrıca ısıtma ve/veya soğutma için de kullanılabilir. Güneş enerjisi ısı kollektörleri esas olarak konutlarda kullanım sıcak suyu üretmek için ve aynı zamanda endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır.

Yukarıdakileri göz önünde bulundurarak, bu enerjiden, güneş ışınlarının bir toplayıcı tarafından tutulduğu ve onları sera etkisi nedeniyle sıcaklığını yaklaşık 150° C'ye yükselten izole bir fırına yönlendiren ve yoğunlaştıran bir fırın oluşturmak için yararlanabilir. Su kaynatmak, yemek pişirmek, meyve, sebze ve et kurutmak için kullanılabilir.



Şekil 6-3 CSP teknolojileri¹⁷

CSP teknolojisi, doğrudan veya dolaylı olarak bir türbini ve bir elektrik jeneratörünü çalıştıran bir sıvıyı ısıtmak için güneş ışınlarını yoğunlaştırır.

CSP teknolojileri termal enerji depolama teknolojileri elektrik depolama teknolojilerinden çok daha verimli olması enerji üretimi için çekici hale getirmektedir. Böylece CSP sistemleri, gün boyunca enerji üretebilir ve gece boyunca kullanılmak üzere depolayabilir.

CSP teknolojileri, güneş ışınlarını yoğunlaştırma prensibine ve kullanılan teknolojiye göre parabolik çanak, parabolik oluk, merkezi alıcı ve doğrusal fresnel yansıtıcı olmak üzere dört grupta toplanmaktadır.

Güneş ışınlarının yoğunlaştırılması, ısıyı elektriğe dönüştürmede verimlilik sağlamak için yeterince yüksek çalışma sıcaklıklarında alıcıdaki ısı kayıplarını azaltır. Baskın CSP teknolojileri, merkezi alıcı sistemleri, kuleler ve parabolik olukların kullanıldığı tesislerdir.

6.2. Güdüleme

Güneş nihai yenilenebilir enerji kaynağıdır. Dünya yüzeyinde, güneşten gelen enerji toprak, su ve atmosfer tarafından emilir. Güneş, Dünya'ya ışık olarak iletilen çok miktarda ısıma enerjisi üretir. Işık enerjisi, insan gözüyle görülebilen bir ısıma enerjisi şeklindedir. Böylece güneş enerjisinin çoğu görünür ışık olarak yayılır.

Güneş enerjisi teknolojileri genellikle güneş ışınlarını direk olarak toplayıp bu ışınlarda ısı veya elektrik üretimini sağlamaktadırlar.

¹⁷IEA, Solar Energy Mapping the road ahead, October 2019, <https://www.iea.org/reports/solar-energy-mapping-the-road-ahead>

Öğrencilere bu aşamada güneş enerjisi ile ilgili medyadan çıkan haberleri paylaşılmalıdır. Hem ısıya dönüşümü hem de elektriğe dönüşümü üzerine kullanımın arttığına dair görseller, öğrencide güneş enerjisi kullanımı gelişimi hakkında farkındalığı sağlamak açısından önemlidir.

Ouarzazate Güneş Enerjisi Santrali (Nur Elektrik Santrali)

Fas'ın Ouarzazate şehrinin 10 km kuzey doğusunda bulunan 510 MW'lık en büyük yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) santralidir (2021 yılı itibarıyla). Mevcut santral kurulu gücü 580 MW olup, CSP dışında 70 MW kapasiteli fotovoltaik santralde vardır. Geceleri elektrik üretmek için erimiş tuz deposunu kullanarak, 24 saat enerji sağlayabilen bir güneş enerjisi kompleksidir.

Nur santralleri, yılda 2635 kWh/m² ile dünyadaki en yüksek güneş ışığı miktarlarından birine sahip çok elverişli bir bölgede bulunmaktadır. Yaklaşık üç proje 25 km² bir alanı kaplamaktadır.



Haberler ve görsellerde kullanılan kelime ve temel kavramlar belirlenir. Eğitimci, öğrencinin katılımı ile bunu tahtaya yazar. Öğrencilerin bu terimleri ilk defa duyup duymadığı, anlamlarını bilip bilmediği sorulur. Bu aşamada terimlerin açıklamasına girilmez.

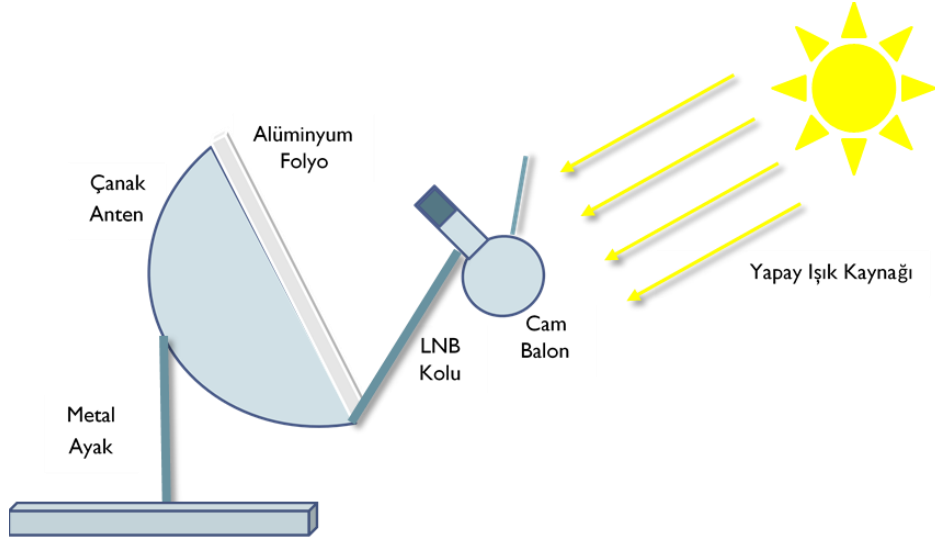
6.3. Keşfetme

Hatırlatma

7.Bölümde güneş pilleri konusuna detaylandırılacağından bu bölümde güneş pilleri dışındaki güneş enerjisi teknolojilerine odaklanmalı, seçilecek haberler ve görsellerde bunlar öne çıkartılmalıdır.

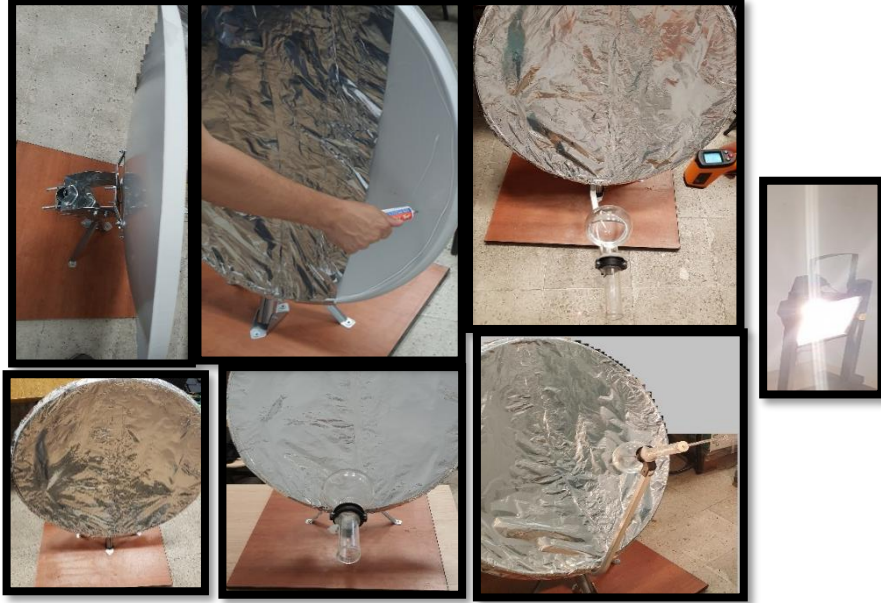
Bu aşamada güneş ışın açılarının sıcaklık ile olan ilişkisini ortaya çıkaran etkinlikler hedeflenir. Öğrencilerden güneşten gelen ışık enerjisinin ısı enerjisine aktarılabilmesi üzerine iki etkinlik geliştirmesi istenir. Güneş ışığından ısı yakalamak için parlak ışık, ışığı emebilen ve ısıya dönüştürebilen bir yüzey ya da sıvı kullanmanın dışında mümkün olan şekilde ısıyı depolamak hedeflenir. Birçok güneş enerjisi ısıtma sistemi, birlikte çalışan bu faktörlerden en az ikisine bağlı çalışır.

Etkinlik 1: Ayna odaklama



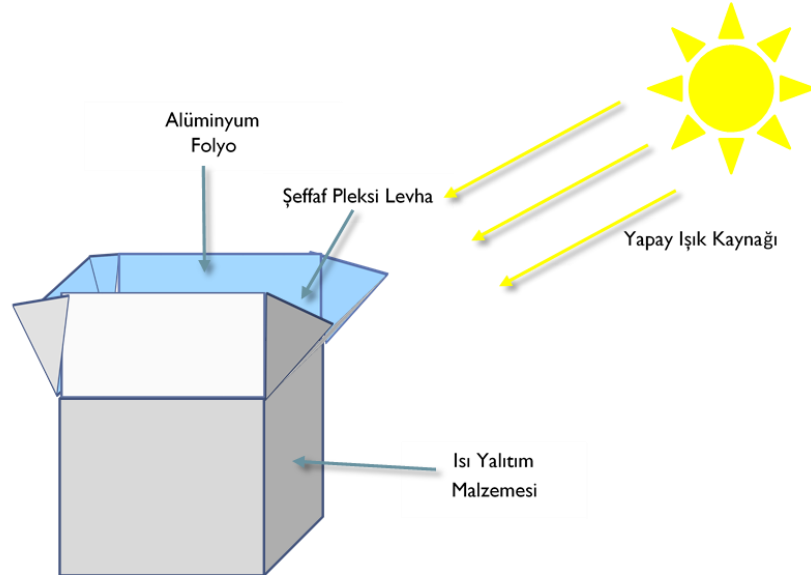
Şekil 6-4 Ayna odaklama ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmek için etkinlik tasarımı

Parabolik bir yansıtıcı, güneşe doğrultulduğunda son derece yüksek sıcaklıklar üretebilir. Suyu ısıtmak veya yemek pişirmek için gereken yüksek sıcaklıkları elde etmek amacıyla bazen büyük miktarda güneş ışığını küçük bir ışık soğuran alana yoğunlaştırmak gerekir. En yaygın yaklaşım, bir tür kavisli yansıtıcı panel kullanmaktır. Parabolik eğriye sahip bir yansıtıcı, ısınmayı başlatmak için çok küçük bir noktaya yeterince güneş ışığını odaklanması sağlanır. Bu etkinliğin planlaması ve uygulamasında en önemli işlem odaklama noktasının belirlenmesi olur.



Şekil 6-5 Ayna odaklama ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme deneyi

Etkinlik 11: Kurutma fırını



Şekil 6-6 Kurutma fırını ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme etkinlik tasarımı

Güneş ışığını kullanılabilir ısıya dönüştürmenin yollarını bularak, yemek pişirmek, su ısıtmak veya evleri ısıtmak gibi günlük işlerde faydalana bilinir. Bir güneş fırını, bir mini sera gibi çalışır, ancak birkaç farkla. Işık emici yüzey, sıkıca kapatılmış, iyi yalıtılmış bir kutunun içine yerleştirilmiştir. Güneş ışığı bir cam bölmeden girer ve güneş ışığından gelen ısıyı güneş ışığını ısıya dönüştürerek ortamın sıcak tutması sağlanır. Aynalar veya diğer yansıtıcı yüzeyler veya cam veya plastik lenslerle bunu yapmak mümkün olur. Bu amaçla inşa edeceğiniz güneş fırını, güneş ışığını toplamak için alüminyum folyo kullanır. Fırının folyo kaplı panelleri, güneş ışığını hazneye yansıtır. Konsantre güneş ışığı yüzey tarafından ısıyı yalıtım ve şeffaf plastik levha yardımı ile hazne içerisinde muhafaza eder. Kutunun etrafı ısı yalıtım malzemesi ile kaplanır. Kutunun etrafındaki yalıtım ısıyı içeride tutar. Yansıtıcı paneller kutuya giren güneş ışığı miktarını artırır.



Şekil 6-7 Kurutma fırını ile güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etme deney hazırlanışı ve düzeneği

6.4. Açıklama

Yoğunlaştırılmış güneş enerjisi (CSP) sistemlerinde güneş ışığı, çeşitli aynalar ve aynalara bağlı güneş izleme sistemleri vasıtasıyla alıcıya yansıtılarak, güneş enerjisini yüksek sıcaklıktaki ısı enerjisine dönüştürmek için kullanılır.

Isı enerjisi daha sonra bir buhar jeneratöründe elektrik üretmek için kullanılır. Yüksek sıcaklıklarda ısı enerjisine çevirmekte, daha sonra geleneksel termik santrallere benzer yapıda ısı buhar türbinleri kullanılarak elektriğe dönüştürülmektedir. CSP teknolojisi genellikle toplayıcı devresi, termal depolama ve güç bloğu olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Toplayıcı devresi, boru ya da merkezi alıcıların içerisinde güneş ışığının yoğunlaştırılıp ısının toplandığı yer olarak tanımlanmaktadır. Güç bloğu, ısınan akışkanın buhar türbinini çevirmesine bağlı olarak, elektrik üretiminin gerçekleşir.

Etkinlik I'de suyu ısıtmak gereken yüksek sıcaklıkları elde etmek için güneş ışığını küçük bir ışık soğuran alana yoğunlaştırmak için bir tür kavisli yansıtıcı panel kullanmaktır. Parabolik eğriye sahip bir yansıtıcı çok küçük bir noktaya yeterince güneş ışığını kolayca yoğunlaştırılabilir.

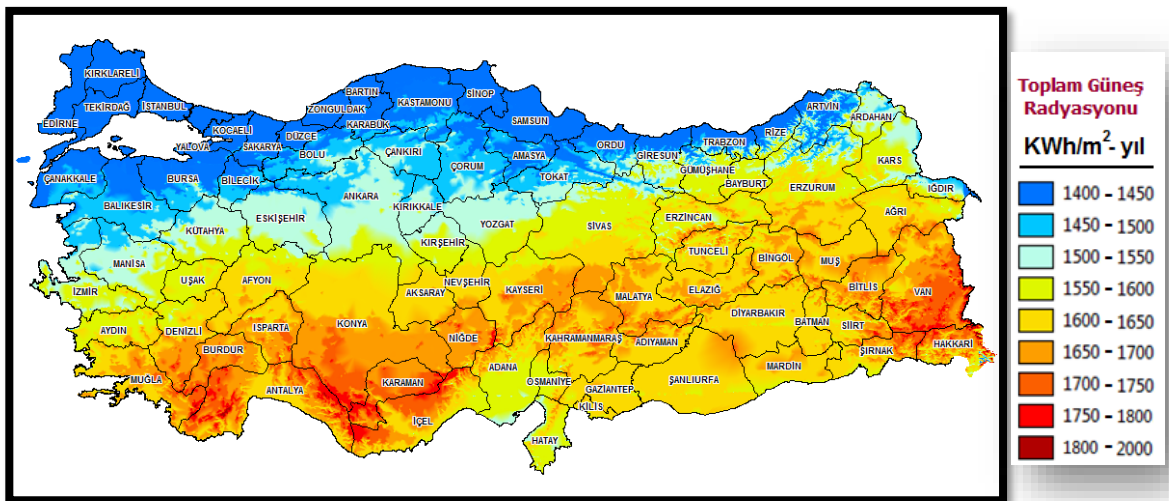
Solar ısıtma ve soğutma (SHC) teknolojileri güneşten gelen termal enerjiyi toplar ve bu ısıyı konut, ticari ve endüstriyel uygulamalar için sıcak su, alan ısıtma, soğutma ve havuz ısıtması sağlamak için kullanır.

Etkinlik II'de bu duruma bir örnek çalışma yapılarak, ısının alan içerisine toplanması ve saklanması hedeflenmiştir. Güneş ışığını toplamak için alüminyum folyo kullanılarak, ışık emici yüzey, sıkıca kapatılmış, iyi yalıtılmış bir kutunun içine yerleştirilmiştir. Kutunun etrafındaki yalıtım ısıyı içeride tutar. Yansıtıcı paneller, kutuya giren güneş ışığı miktarını artırır.

6.5. Derinleştirme

36- 42° kuzey enlemleri ile 26- 45° doğu boylamları arasında bulunan Türkiye, coğrafi olarak kuzey yarımkürede yer alır. Türkiye coğrafi konumu nedeniyle Avrupa'daki diğer ülkelerin birçoğundan daha fazla güneş enerjisi potansiyeline sahiptir

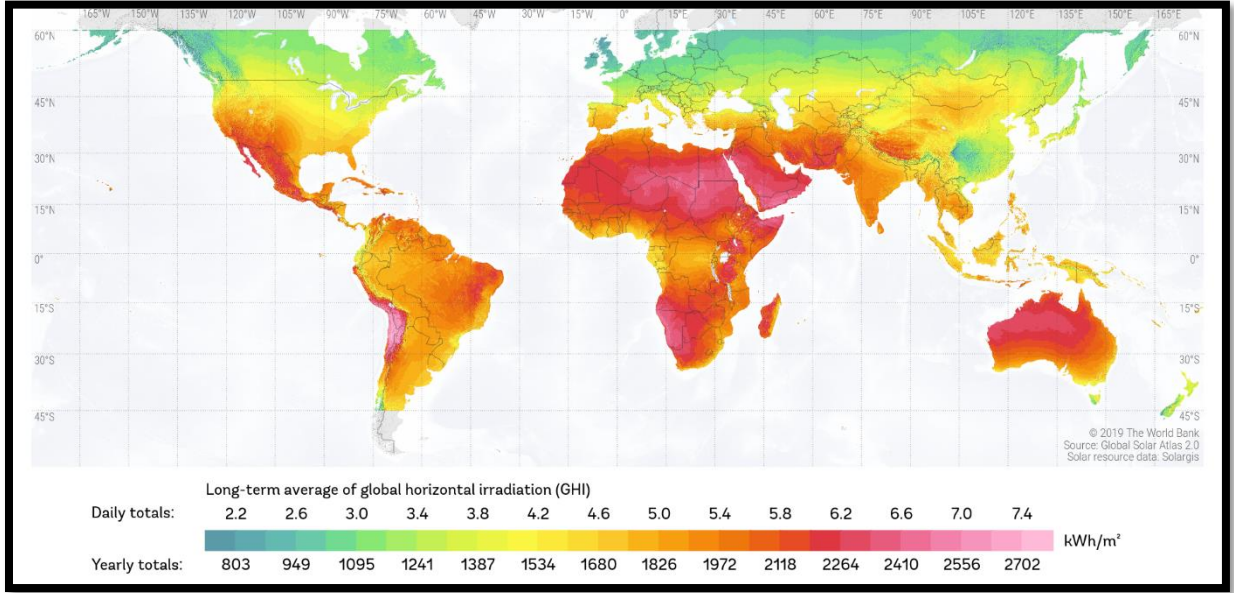
Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı tarafında mevcut potansiyeli gösteren Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) hazırlanmış ve "<https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>" web sayfasında sunulmuştur. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2,737 saat (günlük toplam 7.5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1,527 kWh/m² yıl (günlük toplam 4.2 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6-8 Türkiye güneş enerjisi potansiyel atlası

Öğrencilerin bu web sayfasına girerek Türkiye'nin güneş enerji potansiyelini bölgeler bağlamında görmeleri sağlanır. Burada ifade edilen güneş radyasyon değerleri ve güneşlenme sürelerinin incelenmesi istenir. Özellikle web sayfası üzerinde bulundukları ili seçerek o bölgenin güneş radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri araştırılır ve güneş potansiyeli ortaya konur.

Öğrenciler diğer ülkelerin güneş enerji potansiyellerini araştırırlar. Ülkemizin var olan potansiyeli kullanımı ile diğer ülkeler üzerine karşılaştırma yaparak, özellikle yüksek kullanım yapan ülkelerde kullanılan güneş enerjisi teknolojilerini ortaya koyarlar. Bunun için Solargis tarafından hazırlanan dünya bankası tarafından yayınlanan "<https://globalsolaratlas.info/map>" sayfası veya benzer ulusal bazlı sayfalar kullanılabilir.



Şekil 6-9 Dünya güneş enerjisi potansiyel atlası

6.6. Değerlendirme

Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir ve sonuçları tartışılır. Güneş enerjisinin ısı enerjisi olarak kullanımı üzerine görselleri yansıtılarak, yoğunlaştırıcı güneş enerjisi, güneş enerjisiyle ısıtma ve soğutma uygulamaları üzerine neler yapabilecekleri tartışılmalıdır.

7. Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Güneş Pilleri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerjinin bir biçimden diğer bir biçime dönüşümü, enerji kaynakları, optik, aydınlatma, elektrik devreleri.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci güneş pillerinin nasıl çalıştığını ve elektrik üretildiğini öğrenir.
- Öğrenci güneş pilleri kullanımı ile akım, gerilim ve güç kavramları arasındaki ilişkiyi açıklar.
- Öğrenci güneş pillerinin seri ve paralel bağlamayı öğrenir.
- Öğrenci güneş pillerinin günlük yaşamda kullanımını hakkında bilgi sahibi olur.
- Öğrenci güneş pillerini kullanarak elektriksel bir yükün ihtiyacını karşılar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, güneş pilleri çalışmasını öğrenmek ve elektrik enerjisi dönüşümünü kavramaktır. Güneş pillerinin farklı şekillerde bağlanması ile elektrik akımı, gerilimi ve gücündeki istenilen büyüklüklere elde etmektir. Ayrıca güneş pilleri ile farklı elektriksel yük ihtiyaçlarını karşılamaktır.

Haftanın İşlenişi:

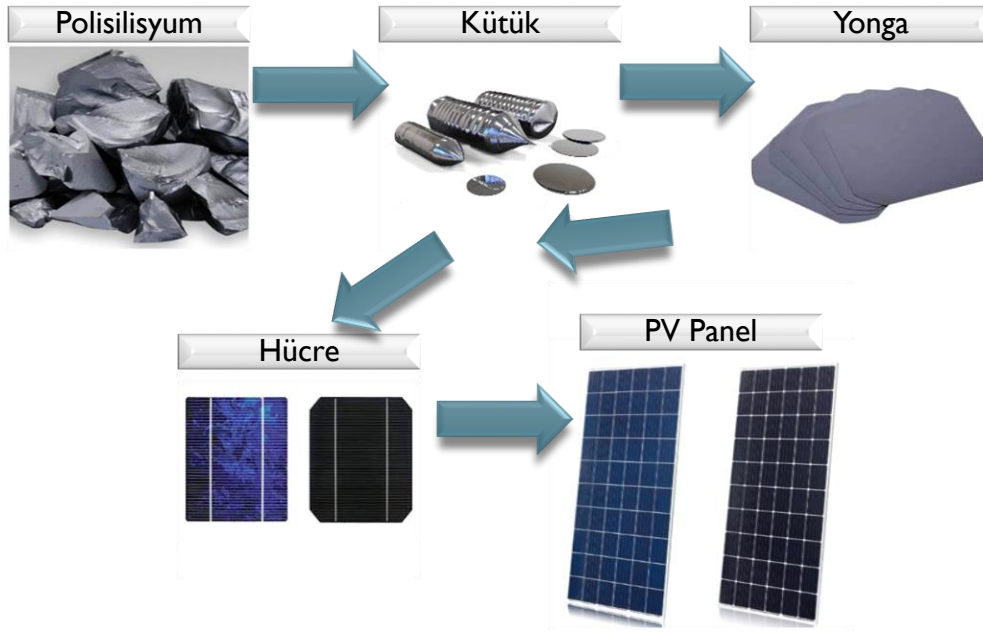
- Güdüleme** : Günlük yaşamdaki güneş pilli kullanımı ile ilgili uygulamaları öğrencilere göstermek, ilk güneş pilleri ve günümüzdeki güneş pilleri uygulamaları üzerine görseller paylaşmak ve gelişimi hakkında tartışma oluşturmak.
- Keşfetme** : Güneş pilleri ile elektrik enerjisi üretmek, akım ve gerilim çıkışları değişimi, elektriksel yük beslenmesi üzerine etkinlikler geliştirmek.
- Açıklama** : Güneş pili ile elektrik enerjisi üretiminde enerji üretimini etkileyen değişkenleri belirlemek, ilgili kavramları tanımlamak.
- Derinleştirme** : Güneş pillerinin günlük yaşamda kullanımı geliştirmek üzerine beyin fırtınası oluşturmak ve bunlar üzerine etkinlikler önermek.
- Değerlendirme** : Etkinliklerin sonuçlarını tartışmak, güneş pil teknolojisinde verim, malzeme ve maliyetleri üzerine değişimleri paylaşmak.

<i>Etkinlik (deney) adları</i>	1. Güneş Pillerinin Seri ve Paralel Bağlanması 2. PV Panellerle Yük Beslenmesi	
<i>Süre</i>	90 dakika	
<i>Araç-gereçler</i>	PV hücre (1 W'lık) Halojen Projektör Dijital Multimetre Ölçü Aleti Analog Multimetre Krokodil Kablo Mini Ampul Duyu Mini Ampul LED	PV Panel (20W'lık) Güneş Paneli Şarj Kontrol Cihazı Modifiye Sinüs İnverter Jel Akü Bağlantı Kablosu Taş Direnç

7.1. Eğitime Teorik Bilgi

Güneş enerjisi sistemlerinde önemli bir yeri olan güneş pilleri (Fotovoltaik “Photovoltaic”-PV), güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştürme işlemidir. Güneş pilleri, hızla genişleyen silikon transistör geliştirmesi ile potansiyel olarak uygun hale gelmiş ürünlerdir. Küçük ölçekli taşınabilir uygulamalar (hesap makineleri ve saatler gibi) kullanılmaya başlanan PV’ler günümüzde büyük elektrik enerjisi üretimi yararlanmaya başlanır ve yaygın hale gelen bir elektrik güç sisteminin parçası olmuştur.

Fotovoltaik, adından da anlaşılacağı gibi, ışığın doğrudan elektriğe dönüştürülmesidir. Güneş Enerjisi Sistemlerinde Önemli bir yeri olan PV hücreler, üzerine güneş ışınları (fotonlar) düştüğünde güneş enerjisini direk olarak doğru akım (Direct Current-DC) elektrik enerjisine çeviren ve bu anda Silikon, Galyum, Arsenit, Kadmiyum Tellurid ya da Bakır İndiyum Diselenid gibi yarı iletken materyalleri kullanan bir üründür.



Şekil 7-1 PV panel üretim süreci (Kütükten yongaya, yongadan hücreye ve hücreden panele)

Geleneksel tek ve çok kristalli silikon PV hücrelerinin üretim süreci, kuvarstan işlenen ve elektronik endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir malzeme olan çok saf yarı iletken dereceli polisilisyum ile başlar.

Polisilisyum daha sonra erime sıcaklığına kadar ısıtılır ve P-tipi bir yarı iletken malzeme oluşturmak için eriyiğe eser miktarda bor eklenir. Böylece erimiş polisilikondan bir kütük oluşturulur. Bireysel yongalar daha sonra tel testereler kullanılarak kütüklerden dilimlenir ve daha sonra bir yüzey aşındırma işlemine tabi tutulur.

Yongalar temizlendikten sonra fosfor difüzyon fırınına yerleştirilerek hücrenin tüm dış yüzeyi etrafında ince bir N tipi yarı iletken tabaka oluşturulur. Hücrenin üst yüzeyine yansıma önleyici bir kaplama uygulanır ve hücrenin üst (negatif) yüzeyine elektrik kontakları basılır.

Her hücre daha sonra elektriksel olarak test edilir, akım çıkışına göre sıralanır ve PV panellerin montaj için hücre devreleri oluşturmak üzere diğer hücrelere elektriksel olarak bağlanır.

7.2. Gdleme

Edmond Becquerel güneş işığından elektriğin nasıl üretilbileceğini açıklayarak, fotovoltaiik etkiyi ilk kez 1839'da gözlemlemiştir. Bell laboratuvarlarındaki araştırmacılar, 1954'te uygulanabilir fotovoltaiik hücreleri geliştirmişlerdir. Yarı iletken bant aralığının üzerindeki foton enerjisiyle güneş işınımını doğrudan elektriğe dönüştüren fotovoltaiik teknoloji her iki olayın ortaya koyduğuna göre büyük ilerleme kaydetmiştir. Bilimsel araştırma, ticari uygulama, daha yüksek verimlilik ve daha düşük maliyet için çalışmalar devam etmektedir.

ÖĞrencilere güneş pilinin tarihsel gelişimi ve kullanımı üzerine görseller paylaşılarak, tarihsel süreçteki değişimi ve gelişen teknolojiyi göstermek hedeflenmelidir. Bu konuda güneş pillerin verimindeki gelişiminden ve birim maliyet değişiminden faydalanılmalıdır¹⁸. Bu durum öğrencinin ilgisini çekecek, hedefe yoğunlaştıracak ve konuya olan motivasyonu artıracaktır. Ayrıca görseller sırasında geçen terimler öğrenciler tarafından not alınmalıdır.

Bell Laboratuvarları: İlk Uygulanabilir Silikon Güneş Pili¹⁶

1940 yılında Bell Laboratuvarlarında yarı iletken araştırmacısı olan Russell Shoemaker Ohl, işığa maruz kalındığında silikon numunelerinden akım geçtiğini fark etti. Ohl başka bir konu üzerine çalışırken bir güneş pilinin temeli olan bir p-n bağlantısı yaptı ve yaklaşık yüzde bir verimli olan güneş pilinin patentini aldı.

Manyetik malzemeler üzerinde çalışan mühendis Daryl Chapin, kuru pil pillerinin çok hızlı bozulduğu uzak nemli yerlerdeki telefon sistemleri için bir güç kaynağı geliştirmeye çalışıyordu. Chapin, birkaç alternatif enerji kaynağını araştırdı ve en umut verici olanlardan biri olarak güneş enerjisine karar verdi. Selenyum güneş pillerini denedi, ancak onları çok verimsiz buldu.

Bir kimyager olan Calvin Fuller ve bir fizikçi olan Gerald Pearson, safsızlık (bir maddenin içinde bulunan ve miktarca maddenin saflık derecesini düşüren madde) ekleyerek yarı iletkenlerin özelliklerini kontrol etmeye çalışıyorlardı. Galyum safsızlıkları içeren bir parça silikonu lityuma batırarak bir p-n bağlantısı oluşturdular. Silikon parçasına bir ampermetre bağlayarak ve üzerine bir işık tutarak, ampermetrenin önemli ölçüde sıçradığını gördüler.

Chapin, Fuller ve Pearson silikon güneş pillerinin özelliklerini geliştirmek için üzerine birlikte çalışmaya başladılar. Silikon hücrelerle iyi elektriksel temaslar kurmanın zorluğu ve lityumun zaman içinde silikondan geçerek p-n bağlantısını gelen güneş işığından uzaklaştırması sorunlarını farklı safsızlıklar deneyerek, yüze ye yakın kalan bir p-n bağlantısı oluşturan arsenik ve bor üzerinde iyi elektriksel temaslar kurabildiğini keşfettiler.

Tasarımda başka iyileştirmeler yaptıktan sonra, "güneş pili" dedikleri keşiflerini birkaç güneş hücresini birbirine bağlayarak gerçekleştirdiler. Bell Laboratuvarları, buluşu 25 Nisan 1954'te küçük bir oyuncak dönme dolaba ve güneş enerjisiyle çalışan bir radyo vericisine güç sağlamak için kullanarak güneş panellerini gösterdiler.

<https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>

19

¹⁸ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-solar-pv-module-cost-by-data-source-1970-2020>

¹⁹ Alan Chodos, APS News, Volume 18, Number 4 April 2009.

Bununla beraber öğrencilerin gelişen PV teknolojisindeki değişen unsurların neler olduğu ve bu gelişime nasıl katkı yaptığı üzerine tartışılması sağlanmalıdır. Not alınan terimler teknoloji gelişimi incelenirken unsurlar arasında yer alabilir. Ayrıca özellikle PV hücrelerdeki yarı iletken malzemelerin teknolojisi üzerine odaklanabilir.

Uyarı:

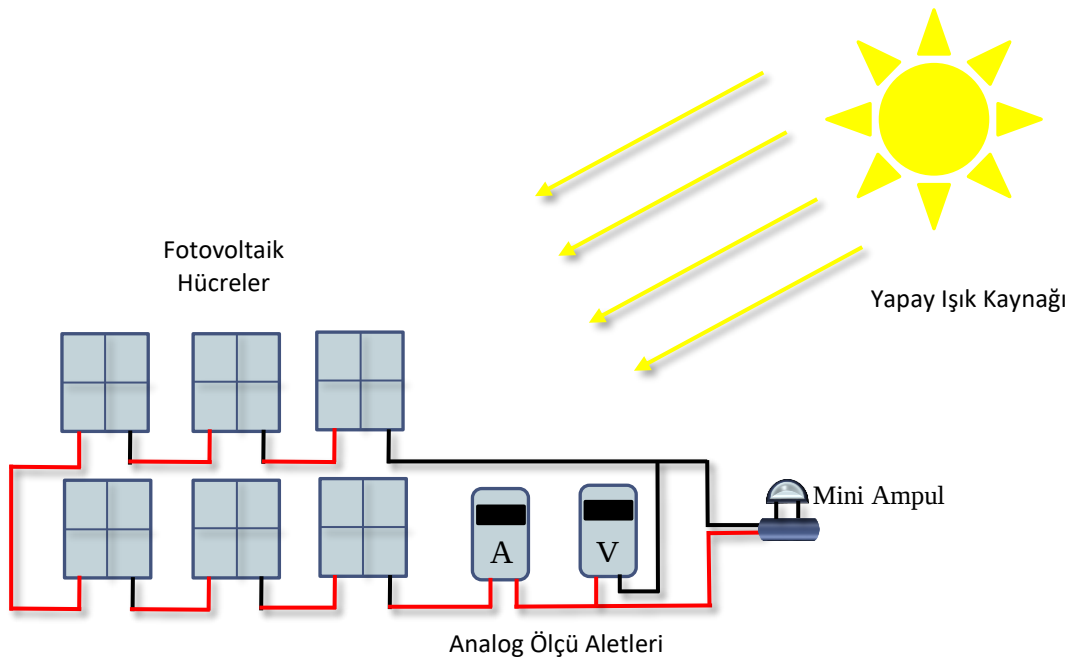
Bell laboratuvarı üzerine verilen metnin öğrenciye aktarılma hedefi; bilimsel çalışmalardaki takım çalışma başarısı, diğer çalışmalardan bilgi sahibi olma gerekliliği ve çalışma sürecinde karşılaşılan sorunlara çözüm bulma aşamasının sunulmasıdır. Metin içindeki bazı kavramlar öğrenci için yabancı olabilir. Teorik kısımda bazı kavramlar açıklamalar görülebilir.

7.3. Keşfetme

Görünür ışık, fotovoltaik hücrelerin gerilim ve akım üretiminden de görülebileceği gibi, güneşin radyan enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. Çoğu fotovoltaik hücre 0,55 V maksimum yüksüz gerilim üretir. Akımla ilgili olarak, kısa devre yapan bir güneş pili maksimum yaklaşık 0,11 A akım üretir. Güneşten daha fazla enerji yakalamak ve dönüştürmek için fotovoltaik hücreler, fotovoltaik diziler oluşturmak üzere birbirine bağlanır.

Bu aşamada öğrencinin etkinlik sayısını artırması hedeflenir. Birinci etkinlikte küçük güçlü PV hücreler (1W'lık) kullanılır. İkinci etkinlikte 20 W'lık panel kullanmak amaçlanır.

Etkinlik 1: PV hücrelerin Seri ve Paralel Bağlanması



Şekil 7-2 PV hücrelerin seri ve paralel bağlanması etkinliği

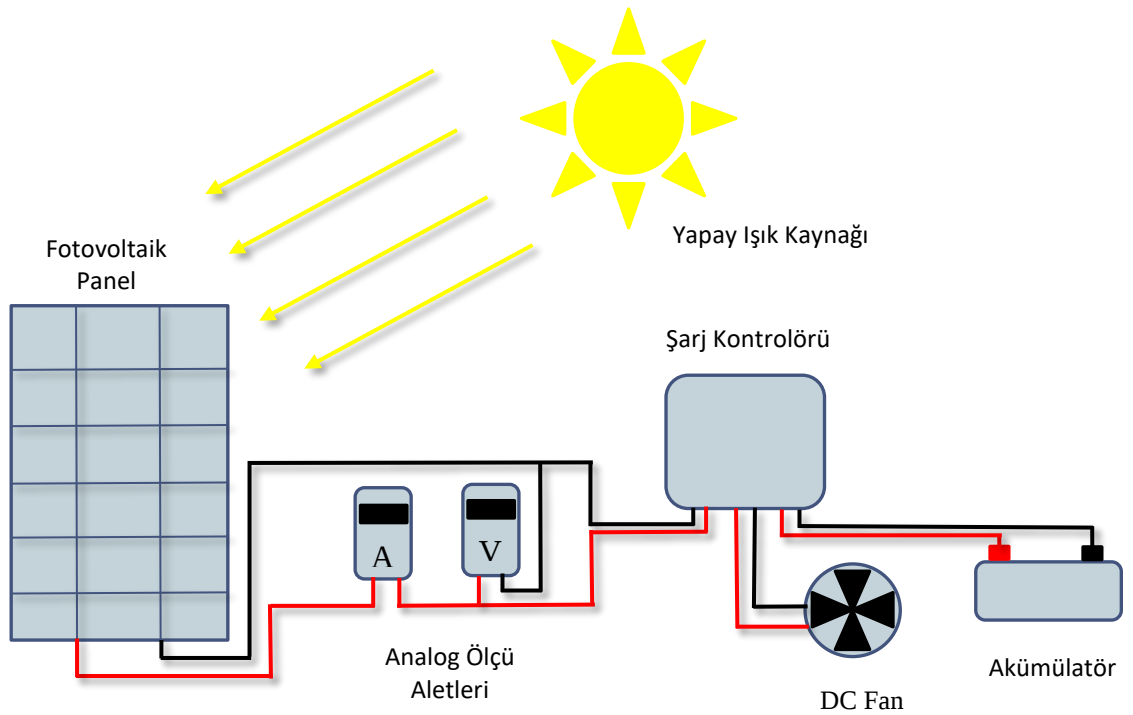
Birinci etkinlikte öncelikle ışık kaynağındaki tek bir hücre üzerine düşürülerek, çıkış uç gerilimi ölçülür. Bu işlem yapılırken ışık kaynağını yakınlıktırak ve uzaklaştırmak ile çıkış değeriinde değışim durumu incelenir. Bu işlem sırasında hücrenin çıkışına yük olarak LED bağlanır ve ampulün durumu görölür. Ampulün çıkış değeriine göre gerekli gerilim ve akımı uygulamak için hücrelerin seri ve paralel bağlantısı gerçekleştirilir.



Şekil 7-3 PV hücrelerin seri ve paralel deney elemanları

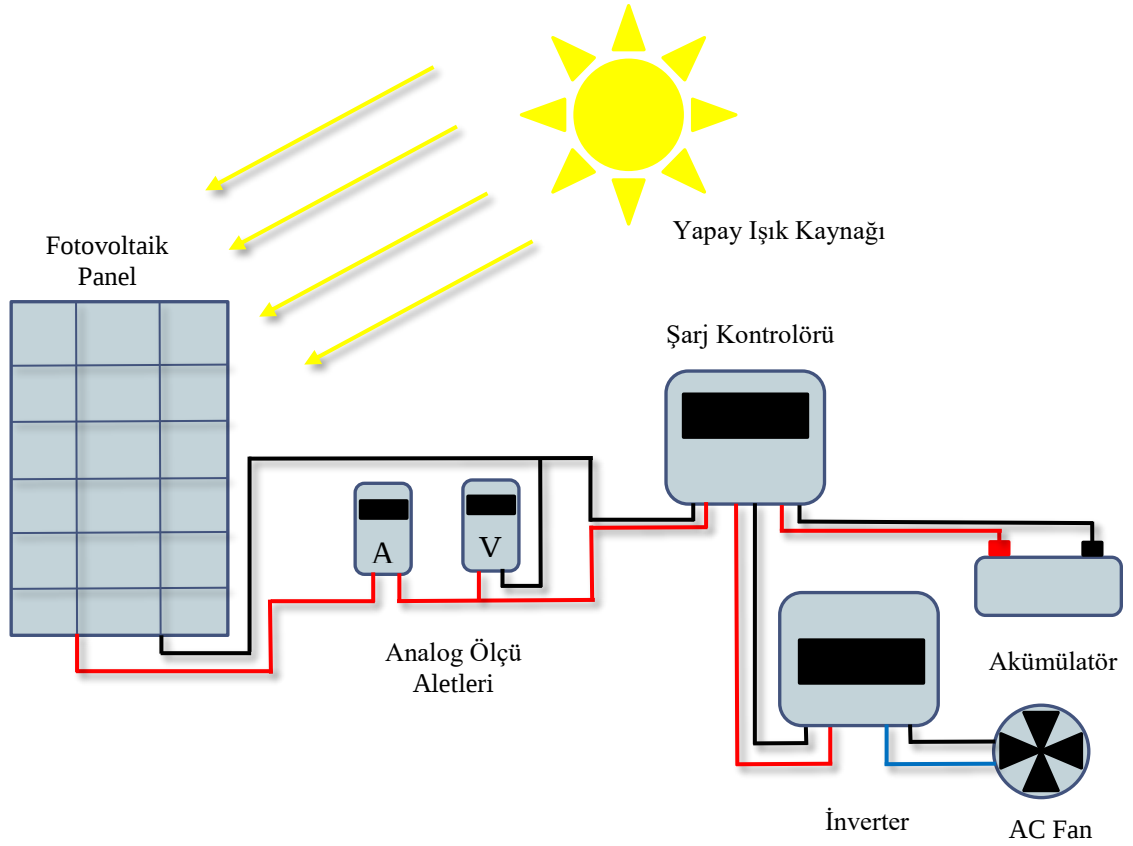
Öğrenciler eldeki PV hücreleri farklı şekilde seri ve paralel bağlayarak çıkış gerilimi ve akım değışimini görebilirler. Önemli bir husus yükün etiket değeri üzerinde bir değeri uygulamalarıdır. Bu durum için eldeki LED'ler ile uygun bağlantılar yapabilirler.

Etkinlik II: PV Panel ile AC Yük Beslenmesi



Şekil 7-4 PV panelin DC yükü beslemesi ve batarya şarjı etkinliğı

Bu etkinlik iki farklı aşamada yapılır. Birinci aşamada bir PV modülün çıkışı DC fanı beslemek hedeflenir. Önemli bir durum DC fan şarj kontrolü çıkışına bağlanmalı ve ünite çıkışı batarya düzeneğini ile beslenir. Bu işlemler sırasında akım ve gerilim bilgileri ölçülür.



Şekil 7-5 PV panelin şarj kontrollü AC yükü beslemesi ve batarya şarjı etkinliği

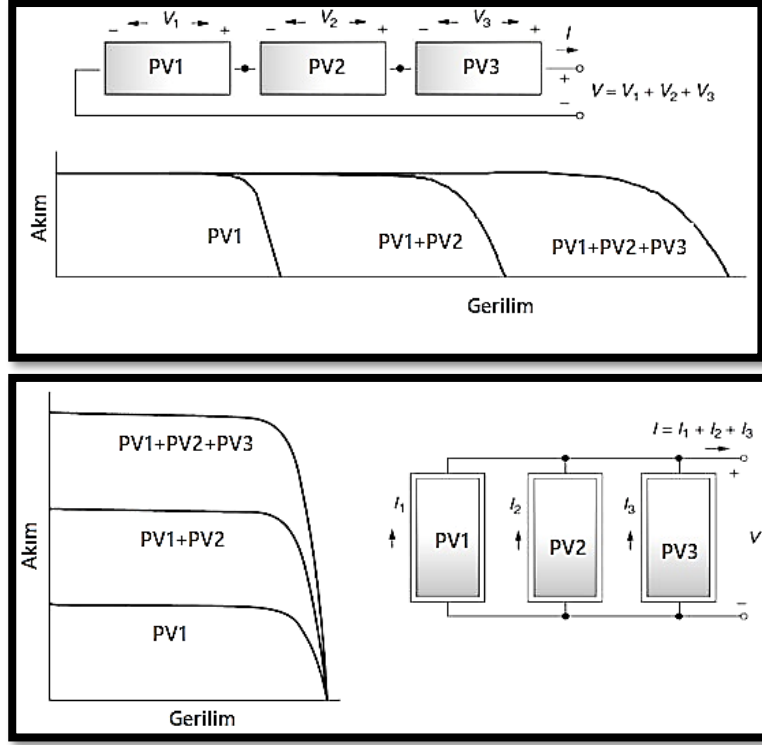
İkinci aşamada PV panel AC çıkış elde etmek için bağlanan inverter (dönüştürücü) AC yüke bağlanır. Ölçü aletleri üzerinden akım ve gerilim bilgisi ölçülür. Şarj kontrol üzerinde bulunan ekran üzerinde ölçüm değerleri okunabilir. Böylece günlük yaşamda sıklıkla kurulan PV sistem uygulamalarının basit bir uygulaması gerçekleştirilir.



Şekil 7-6 PV panelin şarj kontrollü DC ve AC yükü beslemesi etkinliği deney elemanları

7.4. Açıklama

Etkinlikler PV ile elektrik enerjisi üretmek, akım ve gerilim çıkışları değişimi, elektriksel yük beslenmesi üzerine oluşturulur. Bu kapsamda PV ile elektrik enerjisi üretiminde enerji üretimini etkileyen değişkenleri belirlenir, ilgili kavramları tanımlanır. Etkinlik I'de gerçekleştirilen uygulama ile PV hücrelerin çıkış gerilim, akım ve güç değerleri artırmak için gerekli bağlantıları yapan öğrencilere teorik durum açıklanır.



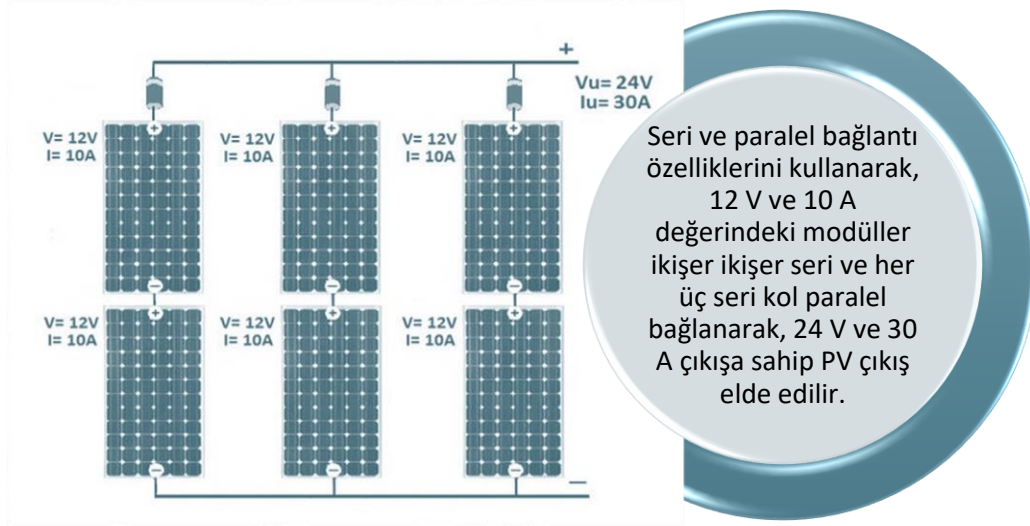
Şekil 7-7 PV hücrelerin seri ve paralel bağlantısında akım ve gerilim değişimleri

Amaca bağlı olarak, PV hücre oluşturmak için birbirine farklı şekilde bağlanır. Çıkış gerilimini artırmak için PV hücreler seri olarak bağlanabilir. Toplam gerilim, tek tek gerilimlerin toplamına eşittir. PV hücreleri paralel bağlamak toplam akımı artırır, böylece modülün sağlayacağı akımın miktarı ayarlanır. Toplam akım, tek tek akımların toplamına eşittir. Modüllerin seri-paralel bağlanmasıyla, istenen güç seviyesi elde edilir.

PV hücreleri tipik olarak birbirine bağlı ve panel adı verilen bir çerçeveye monte edilmiş olarak bulunur. Birden fazla hücre, ihtiyaç duyulan güç miktarını üretmek için büyütülebilen veya küçültülebilen bir dizi oluşturmak üzere birbirine bağlanabilir.

Etkinliklerde ışık kaynağı olarak halojen projektör kullanılmaktadır, ölçümler sırasında projektör ile PV arasındaki mesafe göz önüne alınır. Akım, gerilime kıyasla ışık kaynağı koşullarındaki değişikliklere çok daha hassas tepki verir. Gerilim, farklı aydınlatma koşullarında daha sabit kalır ve tek bir hücre için belirli bir değeri geçmez (örneğin 0,55 V). Işık kaynağı koşulları daha az parlak olduğunda, akım önemli ölçüde düşer.

Ayrıca etkinlik aşamasında PV'ler üzerine gelecek gölgelenmeler ile akım ve gerilimin nasıl etkilendiğini öğrenciler görmesi de sağlanmalıdır.

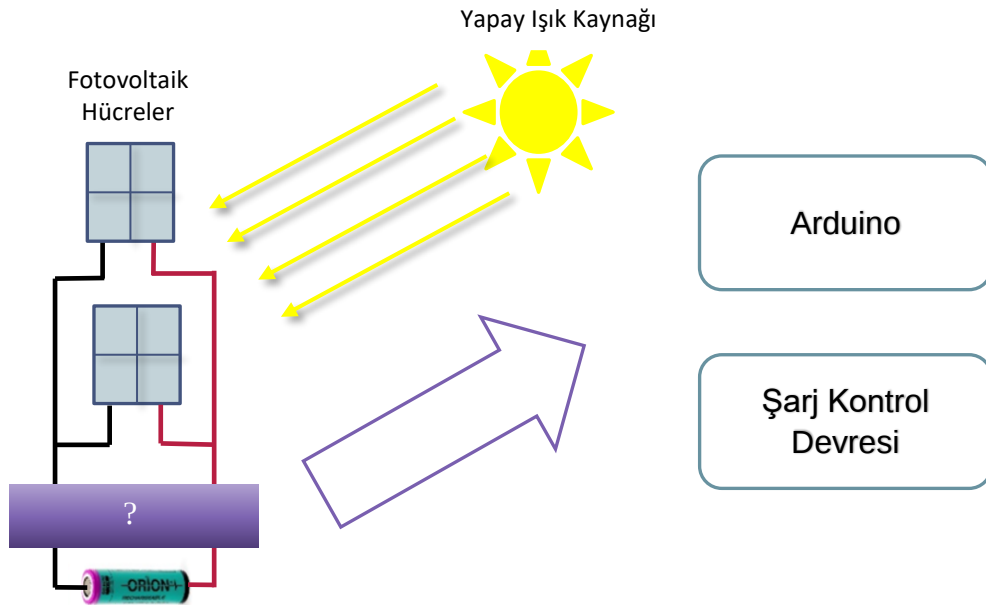


Etkinlik II’de fanın dönmemesi durumunda öğrenciler doğru kablolamayı kontrol etmeli, farklı aydınlatma koşulları denemeli veya PV’leri farklı şekilde bağlamalıdır.

Akım akışı ile PV’deki gerilim önemli ölçüde düşer. Ayrıca pillerin aksine PV’nin iç direnci ışık kaynağının koşullarına bağlıdır. Elektrik devresine bir yük bağlandığında PV’deki gerilim önemli ölçüde düşer.

7.5. Derinleştirme

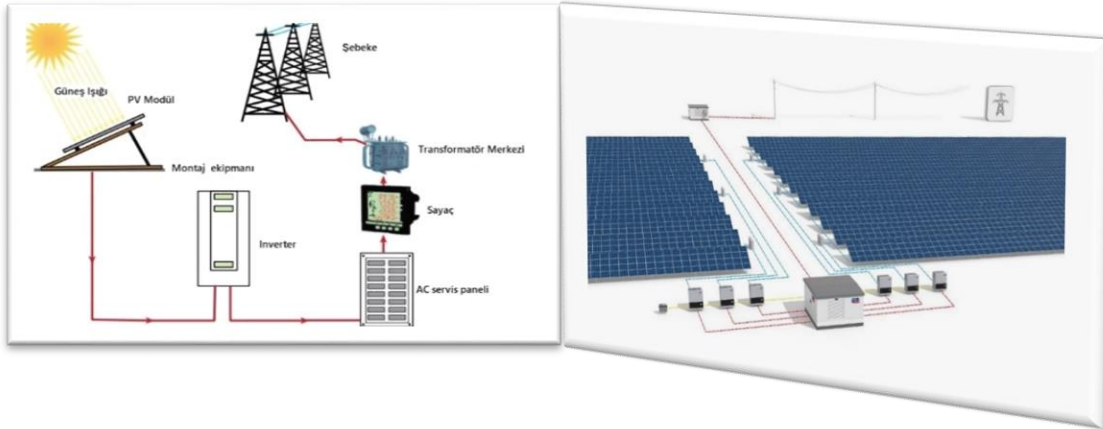
Öğrenciler, “Elektronik Programlama ve Nesnelerin İnterneti” dersinden almış oldukları bilgi ve beceri ile basit bir şarj devresi kullanarak, bir lityum iyon pili şarj edebilir. Burada en önemli hususlardan biri şarj edilecek pilin veya cihazın gerilimi ve akım değerini bilmek ve buna uygun PV bağlantısını gerçekleştirmektedir. Bu amaç için bölüm 11’deki lityum iyon piller kullanılabilir. Burada şarj devresi pillin ömrü ve kullanım açısından öne çıkar.



Şekil 7-8 PV hücreleri kullanarak bir pil şarjı ve kontrolü

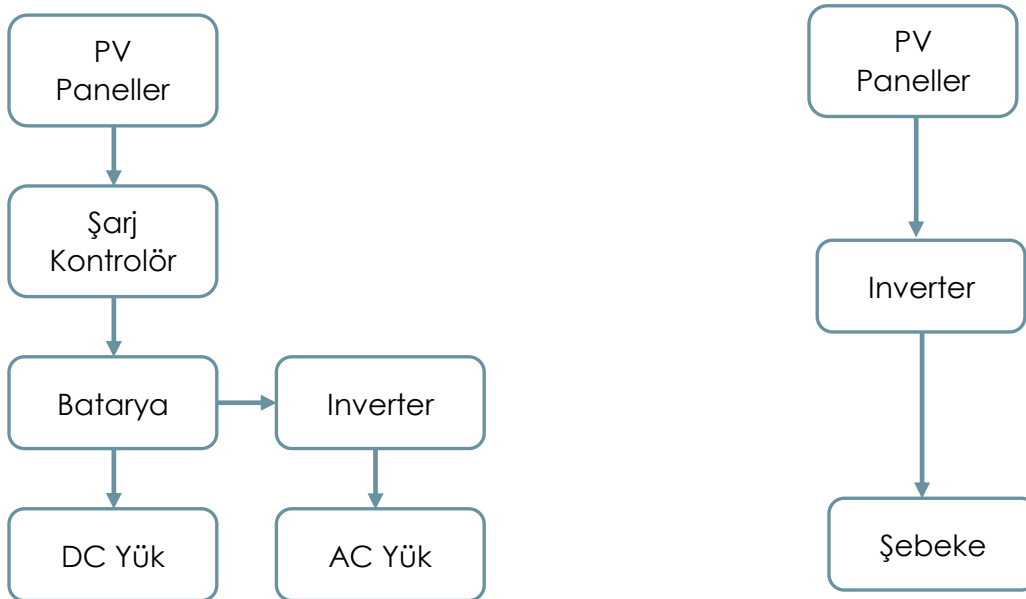
Örneğin etkinlik için kullanılan PV'nin gerilimi 3.7-4 V'tur. Bölüm 11'de verilen Li-Ion Piller 3,7 V olup 3200 ve 4200 mAh saat kapasiteleri vardır. Temel bir yapıda PV çıkışı 3,7 V üstü olduğunda bu pilleri şarj etmesi mümkün olup şarj süresi verilecek akım ile ilişkili olacaktır. İstenen akım için gerekli paralel bağlantı ile akım artırılabilir. Pilin tam şarj olması ile beraber, bir yük gibi bir davranmaya sebep olur. Ortaya çıkacak bu durumu engellemek ve tek yönlü bir akım akışı sağlamak için elektronik donanımı seçebilmesi öğrencinin diğer atölyelerde edindiği bilgilerini kullanmasını gerektirir. Aynı şekilde pillerin sağlıklı işleyişi için bir şarj kontrol devresi oluşturması ya da farklı yöntemlerle şarj etmesi için öğrenciler araştırma yapabilir. Yaptıkları devre veya kontrol üniteleri ile bu etkinliği birleştirebilirler.

Fotovoltaik güç sistemi ile elektrik enerjisi üretiminde sistemi oluşturan sadece PV'ler değildir. Böyle bir güç sisteminde PV dışında başka donanımlarda vardır. Bu aşamada etkinlik sırasında da kullandığımız inverter ve şarj kontrol üniteleri başta olmak üzere bir fotovoltaik sistemi oluşturan



Şekil 7-9 PV Güç Santrali prensip şeması ve parçaları

PV dışında bu ürünlerin teknoloji gelişimi üzerine incelemeler yapılarak, nasıl gelişeceği konusunda tartışılır. Bu aşamada PV güç sisteminin şebeke bağlantı durumu da öne çıkar. Şebekeden bağımsız sistemlerde (Off Grid) var olan diğer ürünler yanında maliyeti ile batarya önemli bir ürün olarak yer tutar. Şebeke bağlantılı (On-Grid) yapıda inverter, bağlantı elemanları vb. üzerinde durulur.



Şekil 7-10 PV güç sisteminin şebekeden bağımsız ve şebeke bağlantılı basit blok diyagramları

Öğrenci yapmış olduğu PV güç sistemi elemanları araştırması sonrası bunu pekiştirmek için basit PV güç sistemi tasarlaması yapabilir. Ücretsiz çevrimiçi PV sistemi hesaplama programlarında birini kullanabilir. Bunun için profesyonel iş hayatında sıklıkla kullanılan “PV*SOL” tasarım ve benzetim programının çevrimiçi basit uygulaması seçilebilir²⁰. Bu programın uygulanması aşamasında PV panel seçimi, sayısı, yerleştirme açıları ve uygun inverter seçimi gibi bilgiler gerekir. Öğrencinin bir PV güç sisteminde hangi bilgilere ihtiyaç olduğunu belirlemesine katkı yapar ve öğrenme sürecini destekler.

PV*SOL Tasarım ve Benzetim Programı

Valentin Software GmbH, fotovoltaik, güneş enerjisi sistemlerinin dinamik benzetimi, tasarımı, verimi ve ekonomik tahmini için PV*SOL yazılım ürünleri ile sürdürülebilir enerji için önde gelen tasarım yazılımı sağlayıcılarından biridir. “PV*SOL online”, PV sistemlerinin hesaplanması için ücretsiz bir çevrimiçi araçtır.

Çevrimiçi program için girilmesi gereken temel veriler vardır:

- Konum,
- Yük profili ve yıllık enerji tüketimi,
- PV modül verileri
- İnverter üreticisi

Sistemin benzetimi sonrası aşağıdaki sonuçlar sunulur:

- Yıllık PV enerjisi
- Performans oranı
- Kendi güç tüketimi
- Güneş enerjisi ile karşılanması

<http://pvsol-online.valentin-software.com/#/>

7.6. Değerlendirme

Fotovoltaik Paneller, hücrenin gerilim ve akım üretiminden de görülebileceği gibi, güneşi radyan enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Bu aşamada öğrencilerin etkinlik boyunca elde ettikleri kazanımları incelenerek, değerlendirilir ve sonuçları tartışılır.

PV'lerin hem çatı hem de arazi uygulamaları üzerine görselleri yansıtılarak, öğrenciler ile tartışılır. Özellikle farklı uygulamalar üzerine örnekler verilir (yüzer PV santralleri gibi). PV teknolojisinde olabilecek yenilikler neler olabileceği konusunda beyin fırtınası yapılır.

²⁰ Valentin Software GmbH, <http://pvsol-online.valentin-software.com/#/>

8. Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Rüzgâr Teknolojileri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerjinin bir biçimden diğer bir biçime dönüşümü, enerji kaynakları, hareket ve kuvvet, basınç.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci rüzgâr enerjisini yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak tanımlar ve rüzgâr enerjisi ile ilgili kavramları öğrenir.
- Öğrenci rüzgâr türbininin çalışmasını ve rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünü açıklar.
- Öğrenci rüzgâr hareketi ve hızı ile rüzgâr türbini ve enerji üretimi arasındaki ilişkileri matematiksel olarak tanımlar.
- Öğrenci rüzgâr türbini giriş ve çıkış güçleri ile rüzgâr güç sistemi verimini hesaplar.
- Öğrenci rüzgârdan gelen enerjiyi kullanan teknolojiler neler olduğunu görür.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, rüzgârı yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak tanımlamak ve ilgili kavramları öğrenmektir. Ayrıca rüzgâr türbinlerinin değişen hava koşullarına göre elektrik enerji üretimini kavramaktır. Rüzgâr enerjisi potansiyeli kullanacak gerekli teknolojileri geliştirmesi için öğrenciyi motivasyonu sağlamaktır.

Haftanın İşlenişi:

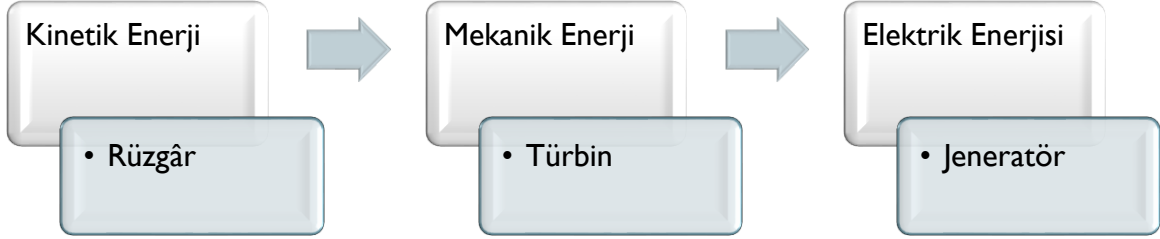
- Güdüleme** : Rüzgâr enerjisi ile ilgili medyadan çıkan haberleri paylaşarak, öğrenci için rüzgâr enerjisi kullanımı gelişimi hakkında farkındalığı sağlamak. İlgili haberler ve görseller üzerinden tartışarak, kelime ve temel kavramları belirlemek.
- Keşfetme** : Rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünü üzerine etkinlik geliştirmek.
- Açıklama** : Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisine dönüşümü etkileyen değişkenleri açıklamak etkinlikler üzerine konuyu özetlemek.
- Derinleştirme** : Ülkemizdeki rüzgâr enerji potansiyelini ifade etmek, potansiyelin kullanımı üzerine için beyin fırtınası yapmak.
- Değerlendirme** : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak ve rüzgâr enerjisinin sahada kullanımı üzerine görselleri yansıtmak.

Etkinlik (deney) adı	Rüzgâr Hızı ve Enerji üretimi	
Süre	60 dakika	
Araç-gereçler	Yer Tipi Vantilatör Tek Kanat Pervane ve Jeneratör Rüzgâr Türbini Montaj Kaidesi Dijital Anemometre Dijital Multimetre Ölçü Aleti	Analog Multimetre Krokodil Kablo LED

8.1. Eğitime Teorik Bilgi

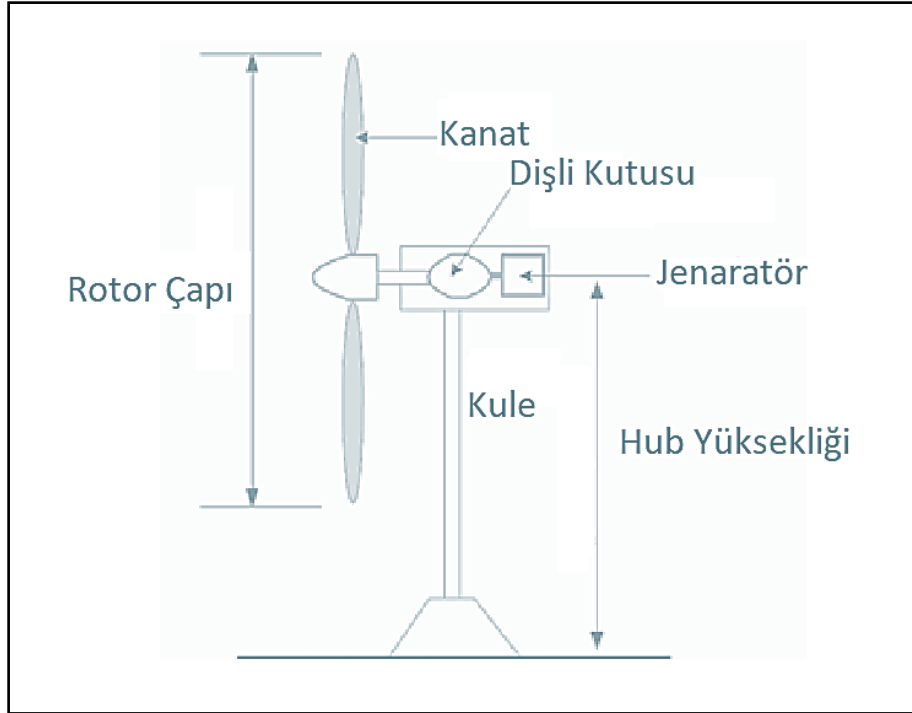
Rüzgâr, atmosferin düzensiz ısınma koşullarına tepkisidir. Bu, atmosferde basınç farklılıkları yaratır ve rüzgârın yüksek atmosferik basınçtan düşük atmosfer basıncına doğru esmesine neden olur. Basınç farkı ne kadar büyük olursa rüzgâr hızı da o kadar büyük olur. Böylece rüzgâr değişken yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü yararlı olan mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülebilir.



Şekil 8-1 Rüzgâr Enerjisi dönüşümü

Hareket eden hava, rüzgâr yönüne doğru eğik olan türbin kanatlarına doğru havayı iter. Rüzgâr kanat boyunca estiğinde, kanadın bir tarafındaki hava basıncı azalır. Kanadın iki tarafındaki hava basıncındaki fark hem kaldırma hem de sürüklenme yaratır. Kaldırma kuvveti, sürtünmeden daha güçlü olduğunda kanatların dönmelerini ve rotorun dönmelerine sağlar. Bu süreçte, hareket eden havanın kinetik enerjisinin bir kısmı dönen kanatların mekanik enerjisine dönüştürülür. Hâlihazırda rüzgâr türbinden uzaklaşırken hala bir miktar kinetik enerjiye sahiptir. Rotor, jeneratöre bir şaft ve bir dizi dişli (bir dişli kutusu) aracılığıyla bağlanır. Dişli kutusunun içindeki miller ve dişliler, türbinin mekanik enerjisini jeneratöre aktarır. Jeneratör mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür.



Şekil 8-2 Yatay eksenli rüzgâr türbini ana bileşenleri

Rüzgâr Türbininin Çalışması

Rüzgâr türbininin parçalarını tanımak ve hareketi göstermek için aşağıdaki bir interaktif animasyon mevcuttur.

<https://www.energy.gov/eere/wind/animation-how-wind-turbine-works>

Türbin hareketini başlatabilir ve durdurabilir, açıklamalarını görmek için parçaların üzerine gelebilir ve görünüm arasında geçiş yapmak için animasyonun sağ alt köşesindeki simgeleri kullanılır.

Bir rüzgâr türbini tarafından ne kadar güç üretildiğini belirleyen faktörler içinde öne çıkan üretilen güçü belirleyen ana faktör rüzgâr hızıdır. Rüzgârın gücü, rüzgâr hızının küpü ile orantılıdır. Bunun anlamı, rüzgâr hızı 2 kat daha fazla olursa, mevcut mekanik güç karşılığı 8 kat daha fazla olur. Eğer rüzgâr hızı 3 kat daha fazla olursa, mevcut mekanik güç karşılığı 27 kat daha fazladır. Yani rüzgâr akışındaki mekanik güç (W):

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot A \cdot V^3$$

Burada; ρ (kg/m³) hava yoğunluğunu, A (m²) kanatlarının süpürdüğü alanı, V (m/s) rüzgâr hızını ve C_p rüzgâr türbin veriminin yüzdelik ifadesini belirtir.

Betz Limiti

Rüzgâr türbin veriminin en yüksek yüzdelik ifadesidir. Bu değer yaklaşık olarak 0.5926'dır. Bunun anlamı hiçbir türbin rüzgâr içerisindeki kinetik enerjinin 16/27 oranından daha fazlasını kullanamaz. Genel olarak rüzgâr türbin verimi %25 – %45 arasındadır.

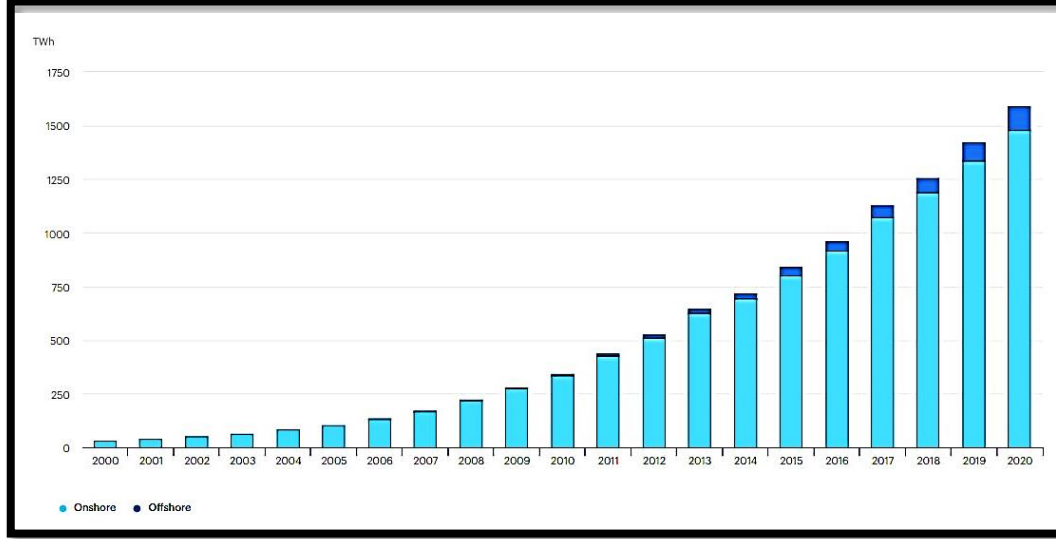
Bir rüzgâr türbini tarafından üretilen elektrik enerjisi miktarı sadece rüzgârın hızına ve ne kadar düzgün aktığına bağlı değildir. Ayrıca türbinin yapılaş şekline de bağlıdır:

- Kanat sayısı,
- Kanatların uzunluğu,
- Kanatların şekli,
- Kanatların ağırlığı,
- Kanatların rüzgâra olan eğimi (açısı),
- Kulenin yüksekliği,
- Kullanılan dişliler,
- Kullanılan jeneratör tipi,
- Türbin çalışmasını ve güç çıkışını kontrol eden sistemidir.

Ayrıca kanatlara ilk hareketi yaptıracak başlangıç rüzgâr hızı (Cut-in), rüzgâr hızının kanatlara vereceği zarar ve kanatların frenlenmesi gereken değer (Cut-out) ile nominal rüzgâr çıkışını vereceği rüzgâr hızı bir rüzgâr türbini için önemli kavramlardır.

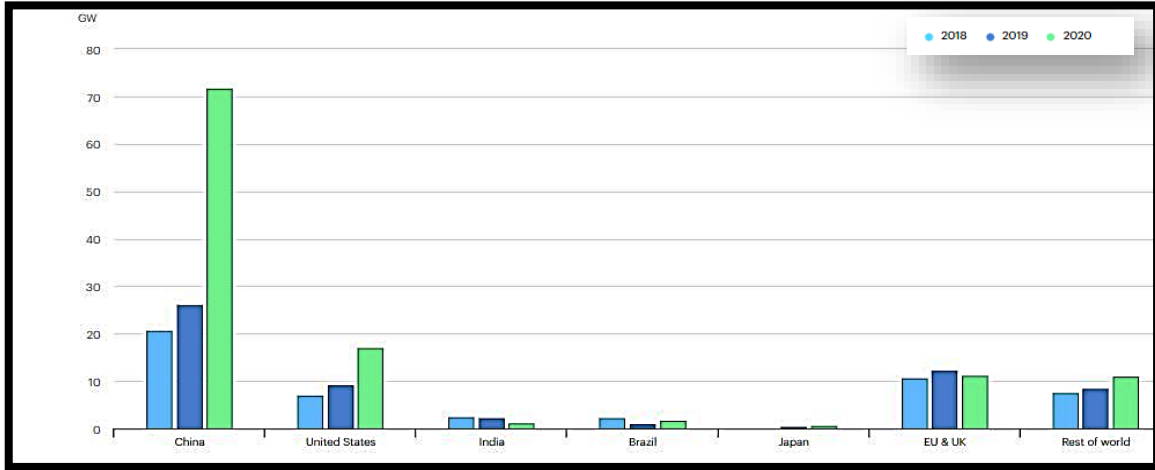
8.2. Gdleme

Öğrencilere rüzgâr enerjisi gelişimi ve kullanımı üzerine görseller paylaşılmalıdır. Ayrıca lkemiz başta olmak üzere dünyada rüzgâr enerji üretiminde ilk sıralarda yer alan ülkeler ifade edilmelidir. Bu kapsamda kara üzerinde (onshore) ve deniz üzerinde (offshore) kurulan rüzgâr santrallerinden bahsedilmelidir. Konu ile ilgili haberler ve görseller üzerinden, kelime ve temel kavramları belirlemelidir. Not alınan terim ve kavramlar tahtaya yazılarak, açıklama aşamasında ifade edilir.



şekil 8-3 Dünya rüzgâr enerjisi retimi²¹

2020'de karada rüzgâr enerjisi retimi 144 TWh ile bir önceki yıla göre %11 arttı. Rüzgâr santrali kurulu güç eklemeleri en önemli değişim dünya rüzgâr dağılımının %79'unu oluşturan Ćin ve Amerika Birleřik Devletleri'ndeki hızlı devreye almalar ile ilave dünya rüzgâr kurulu gücü 2019'dakinin iki katı değere 108 GW ulaştı. Esasen kurulan bu santrallerin rüzgâr üretimine etkisi 2021 yılı değerlerinde görülecektir. Offshore rüzgâr üretim artışı, 2019'daki ile aynı, 6 GW'lık kapasite ilavesiyle 2020'de 25 TWh ile bir önceki yıla göre %29 artarak gerĉekleřti.



şekil 8-4 Dünya yıllık rüzgâr kapasitesi ilaveleri²²

²¹ IEA, Wind power generation in the Net Zero Scenario, 2000-2030, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/wind-power-generation-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>

²² IEA, Net annual wind capacity additions, 2018-2020, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-annual-wind-capacity-additions-2018-2020>

Rüzgar Enerji
Kapasitesinde
İlk Beş

Çin

288 GW

ABD

122 GW

Almanya

62 GW

Hindistan

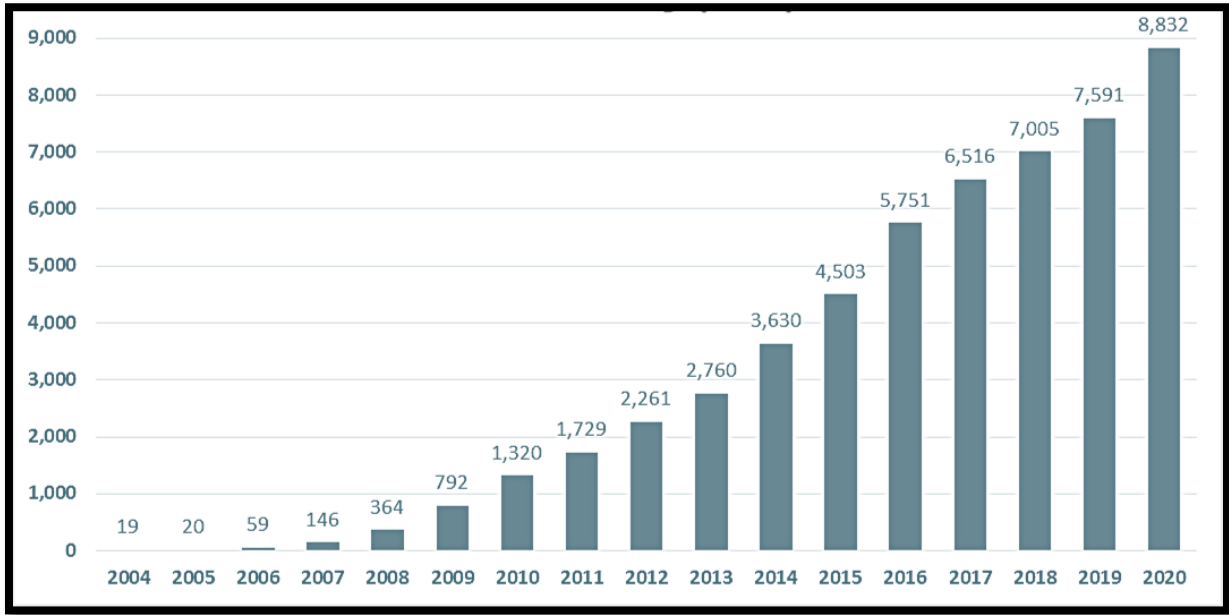
38 GW

İspanya

27 GW

2020 sonu itibarıyla rüzgâr enerjisinde ilk beş pazar; Çin, ABD, Almanya, Hindistan ve İspanya olup, dünyanın toplam rüzgâr enerjisi tesislerinin %73'ünü bu ülkelerdedir²³.

Aralık 2020 sonu itibarıyla Türkiye'nin rüzgâr enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 8832 MW, toplam elektrik üretimi içerisindeki payı %8,09 oldu. 2021 yılı ilk yarısında devreye alınan 1280 MW ile rüzgâr kurulu gücü toplam 10585 MW'a ulaştı.



Şekil 8-5 Türkiye'nin yıllara göre rüzgâr kurulu gücü (MW)²⁴

8.3. Keşfetme

Rüzgâr türbinleri basit bir prensiple çalışırlar, rüzgâr üretmek için elektrik enerjisi kullanmak yerine (bir vantilatör gibi) rüzgâr türbinleri elektrik enerjisi üretmek için rüzgâr kuvvetini kullanır. Rüzgâr, türbinin kanatlarını rotorun etrafında hareket ettirerek jeneratörü döndürür ve elektrik enerjisi üretilir.

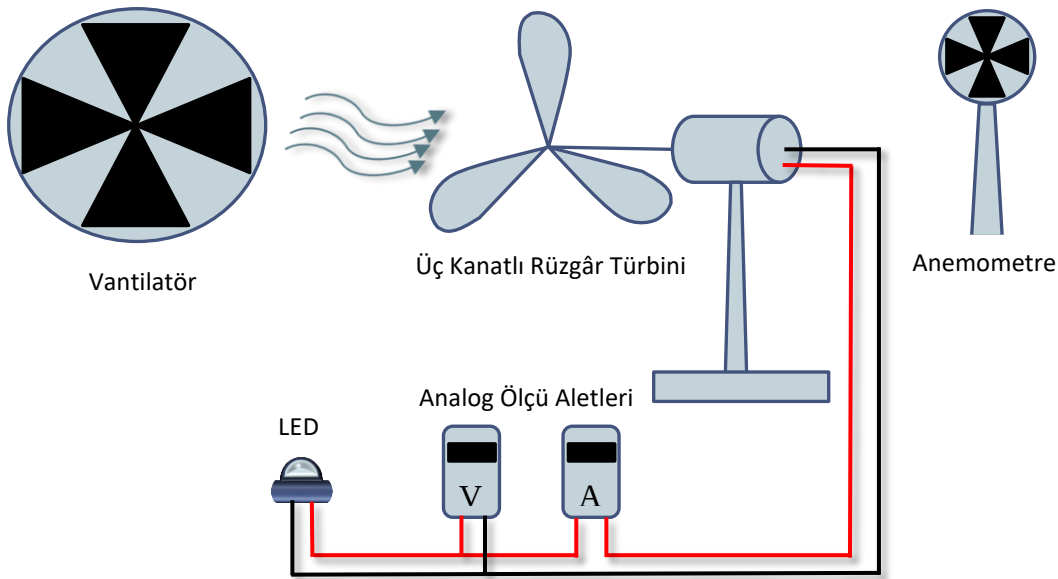
Güneş radyasyonunun atmosferi dengesiz bir şekilde ısıtması, yer yüzeylerinin farklı ısınmasına, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının farklı olmasına, bunun sonucu atmosferik basınç alanları oluşarak, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına hava akışına rüzgâra neden olur. Bu bağlamda rüzgârın hızını etkileyen faktörler:

- Yüksek ve alçak basınç alanları arasındaki basınç farkı; fark büyüdükçe rüzgâr hızı da artar.
- Yüksek ve alçak basınç alanları arasındaki mesafe; mesafe arttıkça rüzgâr hızı düşer.
- Dünyanın günlük hareketinden dolayı oluşan merkez kaç kuvveti, rüzgârların yönünde sapmalara neden olur.

²³ Global Wind Energy Council, Global Wind Report 2021, <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>

²⁴ <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>

- Engelle karşılaşma ve yer şekillerinin etkisi rüzgârın hızı yavaşlar. Yeryüzünden yükseklerde, deniz yüzeylerinde ve engebesiz alanlarda rüzgârın sürtünmesi azaldığından hızı fazla olur.



Şekil 8-6 Rüzgâr enerji üretimi; rüzgâr hızı, akım ve gerilim ölçümü etkinliği

Bu aşamada rüzgâr enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümünü üzerine etkinlik geliştirilir. Yapılacak etkinlik dışardan bir kaynakla oluşturulacak rüzgâr ile rüzgâr türbini kanatlarını döndürmek ve kanatların bağlı olduğu jeneratör ile üretilen elektrik enerjisi ile LED'in yanmasını sağlamaktır. Bu akış içerisinde rüzgâr hızı ölçü için anemometre ve üretilen akım ve gerilim için ampermetre ve voltmetre kullanılır. Etkinlik sırasında rüzgârı oluşturan kaynağa olan mesafe ve pozisyonu ile rüzgâr yönü ve hızını etkiler, bu durumda rüzgâr türbini ölçülecek büyüklüklerin değişimi incelenir.



Şekil 8-7 Rüzgâr hızı, üretilen elektrik akım ve gerilim ölçümü deney elemanları

"Rüzgâr enerjisi" ve "rüzgâr gücü" terimleri rüzgârın mekanik güç veya elektrik üretmek için yaptığı işleyişi tanımlar. Rüzgârın mekanik gücü, belirli amaçla kullanılabilir veya bir jeneratörü döndürerek mekanik gücü elektriksel güce dönüştürülebilir.

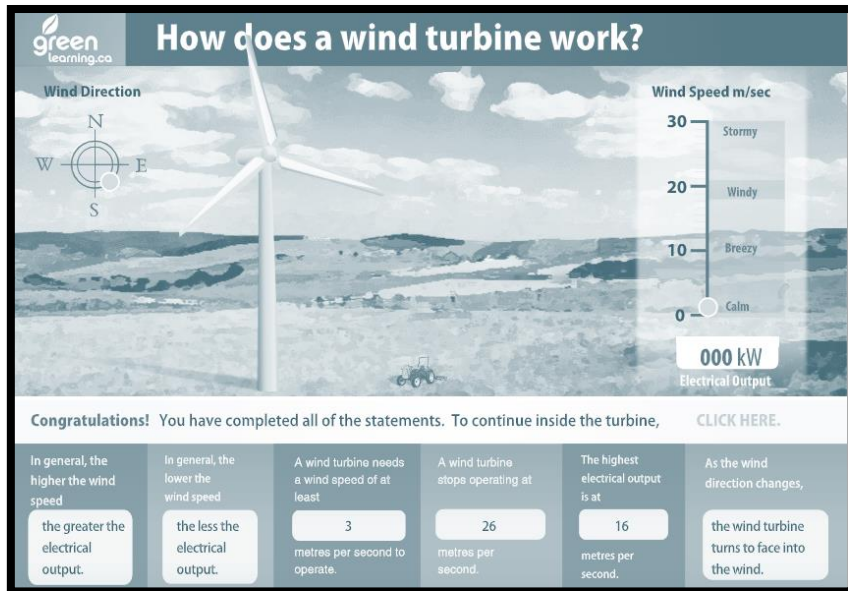
8.4. Açıklama

Bir rüzgâr türbini kanat yapısına gelen aerodinamik kuvveti kullanarak, rüzgâr enerjisini elektriğe dönüştürür. Bu bakımdan bir uçağın veya helikopterin rotor kanat tasarımında öne çıkan aerodinamik özellik burada da öne çıkar. Rüzgârın esmesi ve kanat boyunca çarpması ile kanadın bir tarafındaki hava basıncı azalır. Kanadın iki tarafındaki hava basıncındaki oluşan fark hem kaldırma hem de sürüklenme etkisi oluşturur. Önemli olan kanada çarpan kaldırma kuvvetinin sürtünme kuvvetinden daha büyük olmasıdır. Bu durum oluşursa, rotor döner ve jeneratöre hareketi aktarır. Aerodinamik kuvvetin bir jeneratörün dönüşüne bu şekilde çevrilmesi ile elektrik enerjisi üretilir.

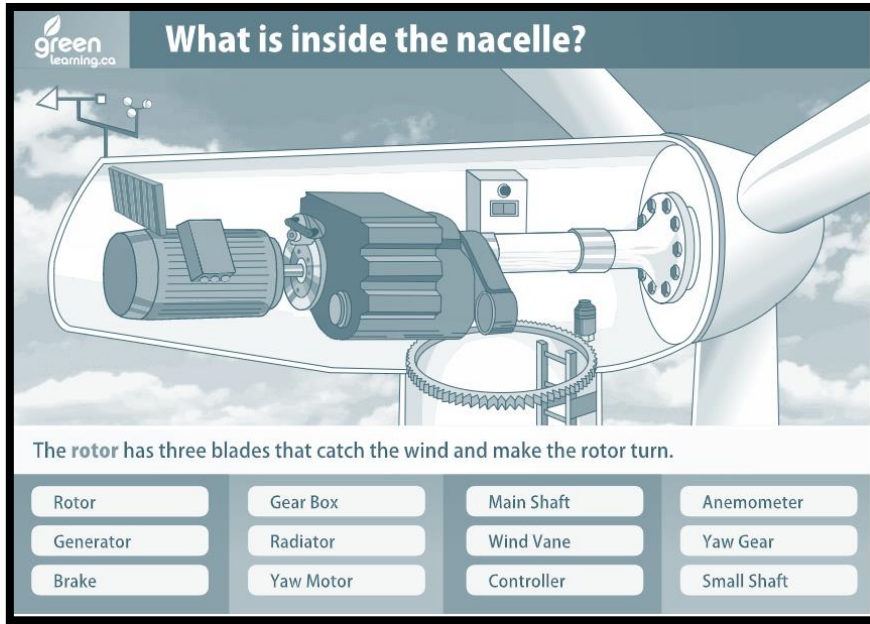
GreenLearning, öğrencileri dünyamız için olumlu bir değişim yaratmaya teşvik eden ve güçlendiren enerji, iklim değişikliği ve yeşil ekonomi hakkında ücretsiz eğitim programları oluşturan Kanada kökenli web sitesidir.

Bir rüzgâr türbini çalışması için görsel ile zenginleştirilmiş benzetimi aşağıdaki link kullanılarak ulaşılabilir. (<https://greenlearning.ca/animation/windmill/>) İlgili web sayfası İngilizce olduğu için eğitmen başlangıçta sayfadaki ifadeleri açıklar ve öğrenciler tarafından uygulamanın yapılmasını sağlar.

Aşağıda bu yaklaşım ile hazırlanan etkileşimli benzetim ile öğrenciler tarafından rüzgâr hızı ve yönü girilerek üretilen elektrik enerjisi bilgisine ulaşılır. Bu aşamada kanatların dönmesi ve elektrik gücü çıkışı için gerekli rüzgâr hızı ve vereceği en yüksek elektrik gücü çıkışı ifadeleri görülür. Aynı zamanda rüzgâr hızı artışına bağlı olarak rüzgâr türbini kanatlarının zarar görmemesi için belli bir değerde durur.



Aynı etkileşimli web sayfası üzerinden rüzgâr türbininin iç parçaları öğrenciler tarafından bulunabilir. Web sayfası İngilizce olduğu için eğitmen her terime gelindiğinde öğrencilere cümle anlamını ifade eder ve öğrencilerin bulmasını sağlar. Böylece öğrenci her parçanın görev ve yerini öğrenir.



Öğrenciler yapılan etkinlik sonucu bazı büyüklükleri ölçerler. Bu büyüklükler sırasıyla akım, gerilim, rüzgâr hızı, kullandıkları türbin kanat alanı yani süpürme alanıdır. Özellikler farklı rüzgâr hızları sonucu elde edilen mekanik güç değerleri ve akım gerilim değerleri ölçümü sonrası aralarında giriş ve çıkış güçleri elde edilir. Rüzgâr güç sisteminin verimi basit bir yaklaşım ile hesaplanır.

Tablo 8-1 Rüzgâr Enerjisi Etkinlik Tablosu

Ölçümler	Rüzgâr Hızı (m/s)	Süpürme Alanı (m ²)	Mekanik Güç (W)	Akım (A)	Gerilim (V)	Elektriksel Güç (W)	Verim (%)
1							
2							
⋮							

Öncelikle Rüzgâr hızı anemometre ile ölçülür, kanatların ilk hareket ettiği rüzgâr hızını ölçer ve sisteminin başlangıç rüzgâr hızı (Cut-in) değerini görür. Devamında en az üç ölçüm olmak üzere farklı rüzgâr hızları için tabloyu doldurur. Bunun için aşağıdaki işlemleri adım adım yapar.

Yatay eksenli türbin için rotor süpürme alanı, D: Rotor çapı olmak üzere:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot D^2$$

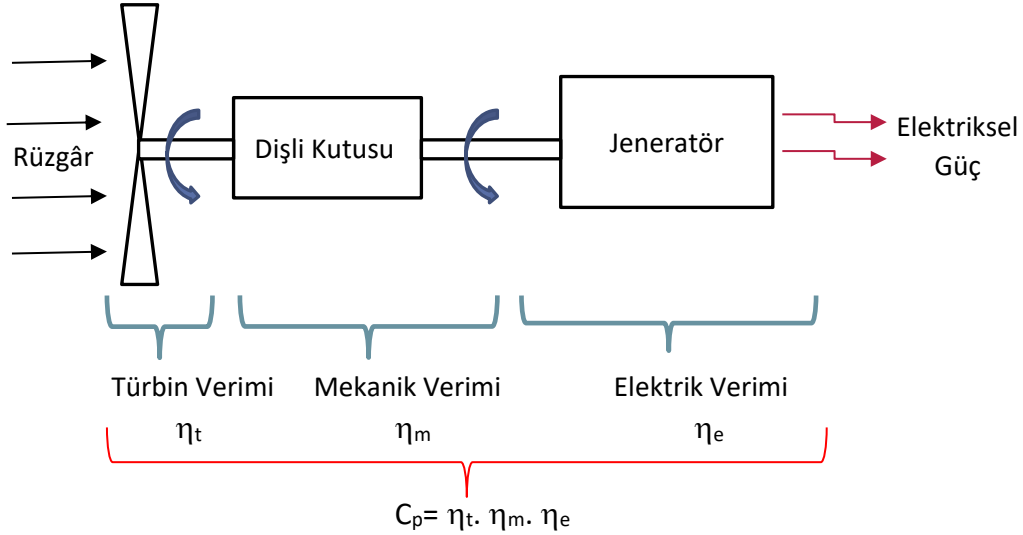
Rüzgâr akışındaki mekanik güç (W):

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_p \cdot A \cdot V^3$$

ρ (kg/m³) hava yoğunluğunu, A (m²) kanatlarının süpürdüğü alanı, V (m/s) rüzgâr hızını ve C_p rüzgâr türbin veriminin yüzdelik ifadesini belirtir. Rakım arttıkça hava basıncı gibi hava yoğunluğu azalır. Ayrıca atmosferik basınç, sıcaklık ve nemdeki değişikliklerle de değişir. 1 Atm. basıncında (deniz seviyesi) ve 15° C sıcaklıkta, hava yaklaşık 1,225 kg/m³ yoğunluğa sahiptir.

Etkinlikte düzenek üzerinden farklı rüzgâr hızları için DC jeneratörün çıkışındaki akım ve gerilimi sırasıyla ampermetre ve voltmetre üzerinde ölçer. Ölçümler sonucu elektriksel gücü(W) aşağıdaki ifade den hesaplar:

$$P_e = I \cdot U$$



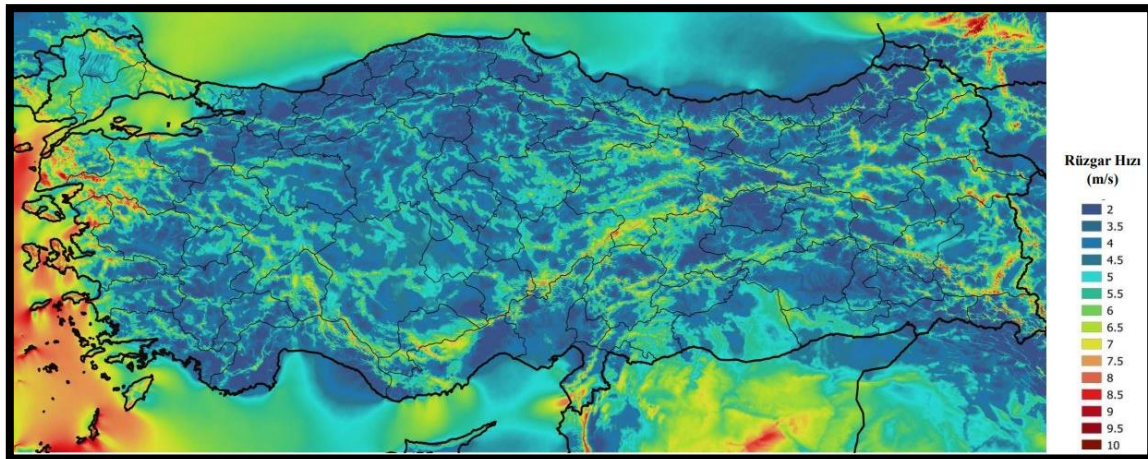
Şekil 8-8 Rüzgâr türbini güç akışı

Mekanik ve elektriksel güç ifadelerin oranlayarak, basit yaklaşım ile rüzgâr güç sistemi verimi “%” olarak ortaya konabilir. Esasen C_p rüzgâr türbin veriminin yüzdesi katılarak, elektriksel olarak çıkış gücünü ifade eder. Buna karşın sistemin aktarım birimleri dişli, jeneratör vb. etkisi bu yaklaşım ile yaklaşık olarak bulunabilir.

$$\eta = \frac{P_e}{P_m} \cdot 100$$

8.5. Derinleştirme

Enerji ve Tabii Kaynaklar bakanlığı tarafından hazırlanan Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli gösteren REPA, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlas’ıdır. “<https://repa.enerji.gov.tr/REPA/>” web sayfasında sunulmaktadır.



Şekil 8-9 Türkiye yıllık ortalama rüzgâr hızı dağılımı (100 metre)

Öğrencilerin bu web sayfasına girerek Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyelini bölgeler bağlamında görmesi sağlanır. Burada ifade edilen rüzgâr hızı, güç yoğunluğu ve kapasite faktörü değerlerinin incelenmesi istenir. Özellikle web sayfası üzerinde bulundukları ili seçerek o bölgenin rüzgâr enerji potansiyeli araştırılır.

Ülkemizde ifade edilen rüzgâr enerji potansiyelinin kullanımı üzerine öğrenciler ile özellikle küçük ve büyük güçlü rüzgâr türbin kullanımı üzerine beyin fırtınası yapılır. Her biri için olumlu ve olumsuz durumlar ortaya konur.

8.6. Değerlendirme

Etkinliğin sonuçlarını tartışılarak ve rüzgâr enerjisinin sahada kullanımı üzerine görselleri yansıtılır. Büyük ve küçük güçlü rüzgâr türbini kurumları üzerine paylaşımlar yapılır. Ayrıca rüzgâr türbini yerleşiminde dikkat edilecek hususlar tespit edilir.

Bu düzeyde sürdürülebilir kapasite büyümesine ulaşmak için çok daha güçlü çabalara ihtiyaç vardır, bunun iyileştirmek için yapılacaklar değerlendirilir.

9. Bölüm- Yenilenebilir Enerji-Rüzgâr Türbinleri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerjinin bir biçimden diğer bir biçime dönüşümü, enerji kaynakları, hareket ve kuvvet, elektrik devreleri.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci rüzgâr türbinlerinin nasıl çalıştığını ve elektrik enerjisini üretildiğini öğrenir.
- Öğrenci rüzgâr türbinlerinin farklı kanat tipleri, konumu ile elektrik enerjisi üretimi arasındaki ilişkiyi görür.
- Öğrenci rüzgâr türbinlerinin günlük yaşamda kullanımını hakkında bilgi sahibi olur.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, rüzgâr enerjisinin faydalanarak elektrik enerji üretiminde rüzgâr kanat tasarımının etkisini anlamak ve açıklamaktır. Rüzgâr yönü ve hızının farklı kanat tiplerindeki davranışını görmektir. Böylece rüzgâr enerjisi potansiyeli kullanmak ve gerekli teknolojileri geliştirmesi için öğrenciyi motivasyon sağlamaktır.

Haftanın İşlenişi:

- Güdüleme : Geçmişten günümüze rüzgâr türbin değişimini göstermek, görseller paylaşmak ve gelişimi hakkında tartışma oluşturmak.
- Keşfetme : Rüzgâr türbinlerinin farklı kanat tipleri, konumu ile elektrik enerjisi üretimi üzerine etkinlikler geliştirmek.
- Açıklama : Farklı kanat tiplerine sahip rüzgâr türbinleri ile elektrik enerjisi üretimine etkileyen değişkenleri açıklamak.
- Derinleştirme : Rüzgâr türbinleri yerleşim alanlarında daha fazla kullanımını geliştirmek ve yapılabilecekler üzerine beyin fırtınası oluşturmak.
- Değerlendirme : Etkinliklerin sonuçlarını tartışmak, rüzgâr enerjisi teknolojisinin gelişimi üzerine değerlendirme yapmak.

Etkinlik (deney) adı	Rüzgâr Türbinlerinde Farklı Kanat Tiplerinin Enerji Üretimine Etkisi	
Süre	60 dakika	
Araç-gereçler	Düşey Eksenli Helisel Rüzgâr Türbini Düşey Eksenli Çok Kanatlı Rüzgâr Türbini Dörtlü Kanat Üçlü Kanat Üçlü Uzun Kanat Jeneratör Dijital Multimetre Ölçü Aleti Analog Multimetre Krokodil Kablo	Yer Tipi Vantilatör Montaj Kadesi Dijital Anemometre LED

9.1. Eğitime Teorik Bilgi

Rüzgâr enerjisi, elektrik üretimi, mevcut durumu ve gelecek vaat eden potansiyeli ile yenilenebilir enerji kaynakları içinde öne çıkmaktadır. Gelişen rüzgâr teknolojileri ile rüzgâr türbinleri; farklı tip ve boyutlarda yerleşim alanları, kırsal alanlar ve deniz üzerinde yer almaktadır.



Şekil 9-1 Rüzgâr türbinlerin farklı durumlara göre sınıflandırılması

Rüzgâr Türbinleri, rotoru yatay bir mile bağlı olan Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri (Horizontal Axis Wind Turbines-HAWT) ve dikey bir mile sahip olan Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri (Vertical Axis Wind Turbines-VAWT) olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar.

Bir, iki, üç ve dört kanatlı HAWT türbinler elektrik enerjisi üretmek üzere tasarlanır. Diğer taraftan mekanik su pompalama için 20 veya daha fazla kanatlı türbinler kullanılmaktadır. Rotor kanatlarının sayısı dolaylı olarak “Uç Hız Oranı (λ)” ile bağlantılıdır. Bunun anlamı, kanat sayısı az olan rüzgâr türbinlerinin “Uç Hız Oranı” yüksektir ancak rüzgâr hızı çalışma aralığına ulaşırsa çalışır. Şu anda rüzgâr pazarına üç kanatlı rüzgâr türbinleri önemli bir pay alır. Çift kanatlılara göre daha estetik ve sessizdirler. Bununla birlikte, iki kanatlı rotorlar, kule üstü daha hafiftir ve bu nedenle, destekleyici yapı daha az ağır olabilir ve en önemlisi, maliyetler daha düşük olabilir.

VAWT grubunun en büyük avantajı, jeneratör ve dişli kutusunun zemin seviyesine kurulabilmesi ve böylece gözetim ve servis çalışanlarını daha kolay yapılabilmesidir. Ayrıca, rüzgâr yönüne yönlendirilmeleri gerekmez. Üç model mevcuttur. Savonius model ticari olarak üretilmiştir, ancak yalnızca pil şarjı, motor çalıştırma, reklam afişleri veya rotor havalandırmaları gibi pazarlar için üretilir. Darrieus türbin bir başlangıçta motoruna ihtiyaç duyar. Giromill kendi kendine hareket eder, ancak kanat açılarının başlamak için rüzgâr yönüne göre ayarlanması gerekir.

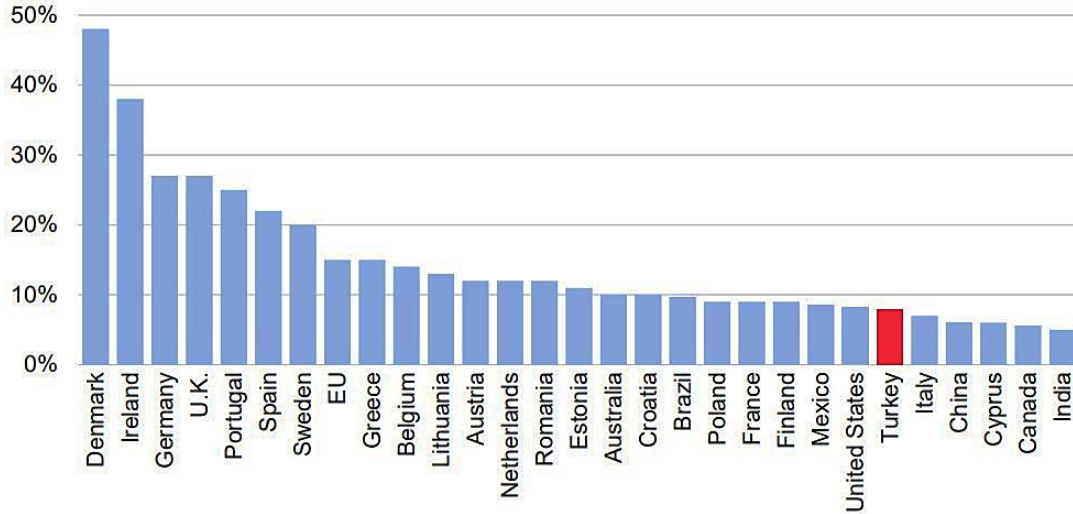
Rüzgâr türbinlerinin boyutları çok değişkendir. Kanatların uzunluğu, bir rüzgâr türbininin üretebileceği elektrik enerjisi miktarını belirlemede en büyük faktördür. Tek bir eve güç sağlayabilen küçük rüzgâr türbinleri, 10 kilovat (kW) elektrik üretme kapasitesine sahip olabilir. Çalışmakta olan büyük rüzgâr türbinleri, 1 MW ve üstüne kadar elektrik üretme kapasitelerine sahiptir ve daha büyük türbinler geliştirilmektedir.

9.2. Gdleme

İnsanlar binlerce yıldır rüzgâr enerjisini amaçları ve işleyişleri farklı bir şekilde kullandı. Başlangıçta tekneleri hareket ettirmek, basit su pompaları beslemek ve tahıl gtmek için yaygın olan rüzgâr enerjisi zamanla daha çok elektrik enerjisi üretim amacıyla ne çıkmaya başladı. 20. Yüzyılın başında kara üzerinde küçük rüzgâr trbınleri ile başlayan elektrik enerjisi üretimi geçen yüzyıla aşkın sürede ölçek açısından büyüyerek ve deniz üzeri kurulumları ile çok daha fazla yaygınlaştı.



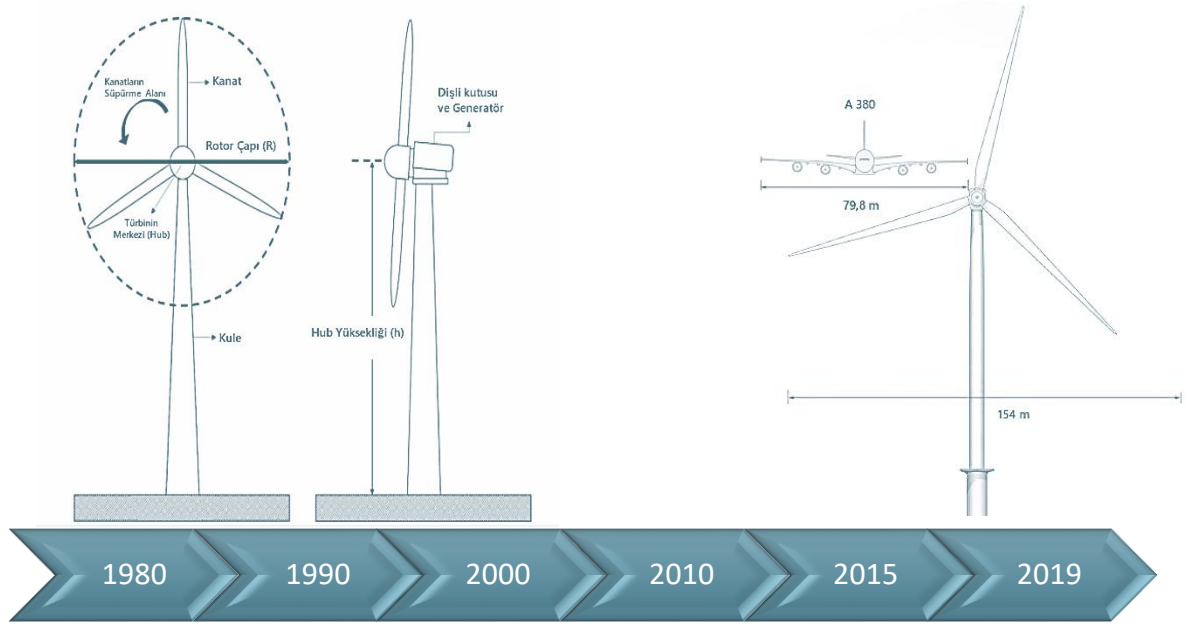
Bir nceki rüzgâr teknolojileri bölümünde öğrencilere dünyada rüzgâr enerjisi kullanımının kara üzerinde ve deniz üzerinde kurulan rüzgâr santralleri gelişimi üzerinde duruldu. Bu bölümde kara ve deniz üzerinde kurulan rüzgâr santrallerinin ölçek ve konum olarak gelişim teknolojisi üzerine örnekler verilmelidir. Ayrıca diğer büyük güçlü elektrik üretim merkezleri gibi rüzgâr iftliklerinin elektrik güç sistemi üzerindeki yeri ne çıkarılmalıdır. Böylece geçmişten günümüze rüzgâr trbın değişimini göstermek, görseller paylaşmak ve gelişimi hakkında tartişma oluşturulmalıdır.



şekil 9-2 Elektrik enerjisi üretiminde rüzgâr enerjisinin payı (2020 yılı, yüzde olarak)²⁵

Bir rüzgâr trbınınin elektriksel g çıkışı, rotor çapının karesi ve rüzgâr hızının küpü ile orantılı olması ile ticari rüzgâr trbınlerinin boyutu son 40 yılda katlanarak büyümektedir. Rüzgâr türbini elektriksel gücü, rotor çapı ve hub yüksekliği artmaktadır. Kullanım sahasındaki genişlik ile açık deniz rüzgâr teknolojisinde rüzgâr trbınlerindeki boyutunun büyümesine itici bir güç olmaktadır. Bu durum açık deniz rüzgâr trbınlerinin rotor çapı ve güç değerlerinin, kara rüzgâr trbınlerine göre daha yüksek olmasını göstermektedir.

²⁵https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-08/Land-Based%20Wind%20Market%20Report%202021%20Edition_Full%20Report_FINAL.pdf

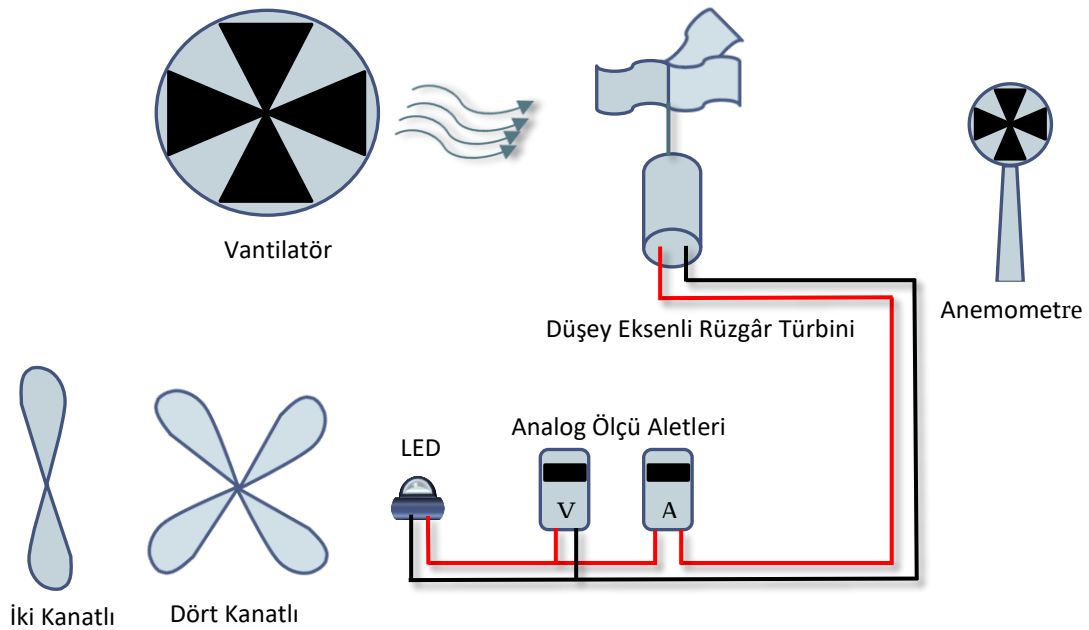


• P=30 kW	• P= 250 kW	• P= 1500 kW	• P= 2000 kW	• P=2500 kW	• P= 6000 kW
• h= 30 m	• h= 50 m	• h= 58 m	• h= 80 m	• h= 82 m	• h= 103 m
• R= 15 m	• R= 30 m	• R= 48 m	• R= 84 m	• R= 102 m	• R= 154 m

Şekil 9-3 Rüzgâr türbinlerinin yıllara göre güç, rotor çapı ve hub yüksekliği değişimi

9.3. Keşfetme

Bu aşamada rüzgâr türbinlerinin farklı kanat tiplerinin elektrik enerjisi üretimi üzerine etkisi incelenir. Farklı kanat tiplerine rüzgâr hızı ve yönü göz önüne alınarak etkinlik oluşturulur. Etkinlik için yatay ve dikey eksenli rüzgâr kanatları, etkinlik kapsamında sunulur. Kanadın rüzgâra göre açısını değiştirebilir ya da daha fazla kanat eklenebilir veya çıkarabilir, böylece kütlesi değiştirebilir.



Şekil 9-4 Rüzgâr türbinlerinde farklı kanat tiplerinin enerji üretimine etkisi etkinliği

Kule kaidesi ve kanat malzemeleri verilir. Etkinlik sırasında öğrencilerin her kanat aşamasını tamamlaması sağlanır. Öğrenciler hub ve kanatları hazırlamak için gerekirse kule yüksekliğini konum olarak el ile sağlar. Etkinlik test ederken hazır olduklarında, göbeği (hub) kuleye getirip jeneratöre bağlarlar. Jeneratör mili ile dişlinin birlikteliğinin uyumu rüzgâr hızının mekanik hareket olarak en iyi aktarımını sağlar. Göbekleri jeneratörden çıkarırken, dişlilerin bağlı durumuna dikkat etmeleri gerekir.



Şekil 9-5 Rüzgâr türbinlerinde farklı kanat tiplerinin enerji üretimine etkisi deney elemanları

Öğrenciler, vantilatöre göre mesafe değişimi yaparak ve vantilatör süpürme alanında farklı konumlar seçerek, anemometre ile rüzgâr hızını ölçmeli ve rüzgâr yönünü belirlemelidir. Özellikle düşey rüzgâr türbinlerinin mevcut rüzgârlarda yatay eksenli olanlara göre durumunu görmek ve karşılaştırma yapmak için konumlar işaretlenmelidir.

Öğrencilerin rüzgâr hızını ve yönünü her ölçümün yapıldığında verileri ve gözlemleri kaydetmelidir. Aynı konumda farklı kanatlardan gelen okumaları karşılaştırır. Elektriksel (gerilim ve akım ölçmek) çıkış elde etmek için gereken başlangıç dönmesini sağlayan rüzgâr hızı ve konum değişimi de göz önüne alınır ve farklılıklar ifade edilir. Böylece öğrenciler, elektrik çıktısını elde etmek için kanat değişkenlerinin etkisini görürler. Öğrenciler elektrik ile ilgili büyüklükleri ölçmek için multimetre, ampermetre ve voltmetreyi kullanır.

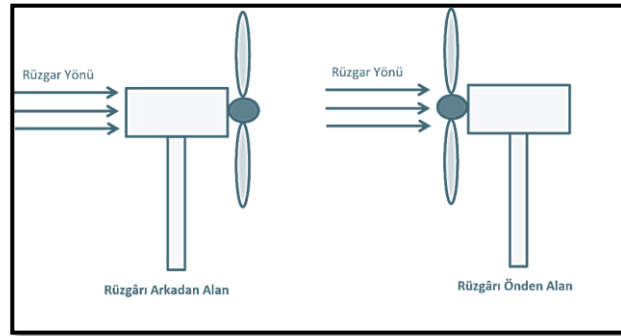
9.4. Açıklama

Bu aşamada farklı kanat tiplerine sahip rüzgâr türbinleri ile elektrik enerjisi üretimine etkileyen değişkenler açıklanır. Rüzgâr türbinleri, dönme eksenine göre, yatay ve düşey eksenli olarak adlandırılır. Bu etkinlik kapsamında her ikisinden de örnekler vardır.

Yatay eksenli rüzgâr türbinleri günümüzde en yaygın olarak kullanılan türbin tipidir. Rüzgâr, rüzgâr enerjisini döner şaft enerjisine dönüştüren kanatlara doğru eser. Kanatlar, yüksek bir kulenin üzerine, genellikle bir dişli kutusuna sahip bir aktarma organına monte edilir; kanatlardan gelen dönme enerjisini jeneratördeki döner alan ile elektrik enerjisine dönüştürür. Rüzgâr türbini bütün olarak, kule, jeneratör, dişli kutusu, göbek, elektrik-elektronik elemanlar ve kanatlardan oluşur. Böylece rüzgârın

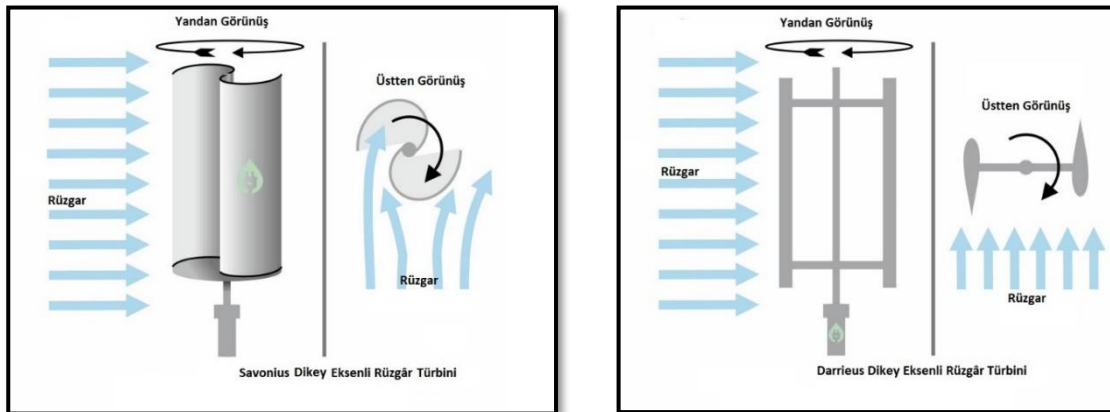
kinetik enerjisi, kanatlar vasıtasıyla mekanik enerjiye dönüştürülür, düşük hızlı şafta aktarılmaktadır. Düşük hızlı şafta gelen mekanik enerji, dişli kutusu sayesinde dönüş hızı arttırılır, momenti azaltıl yüksek hızlı şafta, oradan da jeneratöre iletilir. Jeneratör bünyesinde mekanik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür ve şebekeye gönderilir.

Rüzgâr türbin kanatları, rüzgârın kinetik enerjisini alıp mekanik enerjiye dönüştürerek şafta ileten bileşendir. Modern rüzgâr türbinlerinde kanat, farklı büyüklüklerde dairesel kesitli kısımlar ve kanat görüntü kesitli kısımlardan oluşmaktadır. Ayrıca etkinlikte iki, üç ve dört kanat sayısı olmak üzere ve kesit alanı yüksek olanlar mevcuttur. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri kullanımdaki farklılıkları ile çeşitlilik gösterir. Örneğin rüzgârı önden alan (upwind) veya rüzgârı arkadan alan (downwind) olmak üzere farklı sistemlere sahiptir. Aynı şekilde Rotor kanat sayısına göre sınıflandırılır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan yatay eksenli rüzgâr türbinleri ise üç kanatlı olup rüzgârı önden alacak şekilde tasarlanır.



Şekil 9-6 Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinin rüzgârın yönüne göre konumlandırılması

Daha düşük verimli olan ve daha az kullanılan "Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini", dönen eksen dikey olarak yukarı doğru hizalandığından dikey eksen olarak adlandırılır. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri her yönden esen rüzgârı kullanabilme üstünlüğüne sahip olsa da ilk harekete geçişleri güvenilir değildir. Kanatların tasarlanma şekli nedeniyle, rüzgâr nereden gelirse gelsin her zaman aynı yönde dönerler. Böylece düşük rüzgâr hızları ve az miktarda su pompalamak için tasarlanırlar. Kanat sayısının artması malzeme ağırlığını da beraberinde getirmesi bir olumsuzluktur. Buna karşın yerleşim alanlarında binaların çatılarında ve türbülanslı rüzgârın sürekli yön değiştirdiği yerleşik alanlarda rüzgâr enerjisini yakalamada daha avantajlıdır. Savonius ve Darrieus olarak adlandırılan iki ana tasarımı vardır. Bu tasarımlar, rüzgâr enerjisini yakalama biçimleri bakımından oldukça farklıdır²⁶.

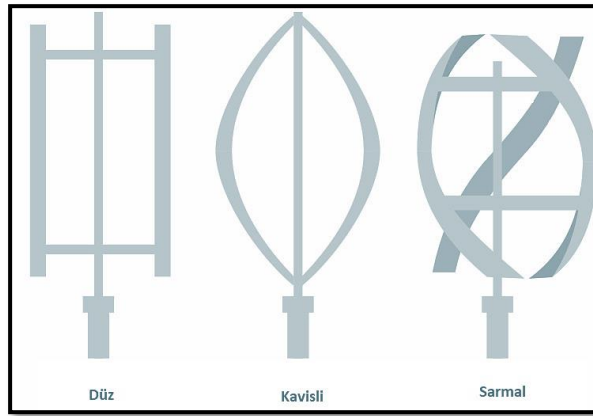


Şekil 9-7 Savonius ve Darrieus dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin rüzgâr yönü ve dönme hareketleri

²⁶ Energy Follower. Types of Wind Turbines: HAWT, VAWT and More Explained. <https://energyfollower.com/types-of-wind-turbines/>

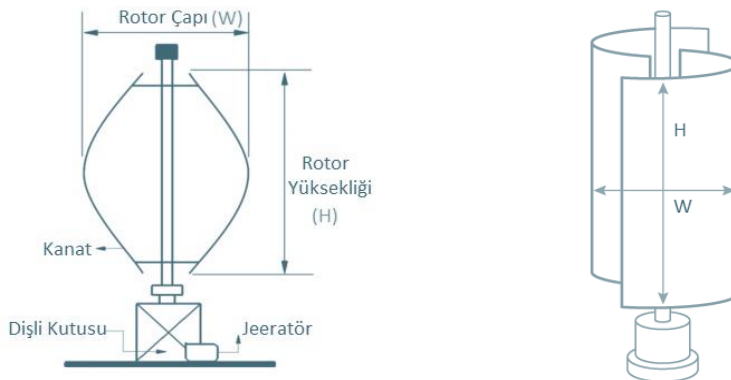
Savonius düşey eksenli rüzgâr türbini, iki veya üç adet kanat profili vardır ve kepçeye benzeyen kesitin birleşimi şeklindedir. En yaygını iki adet kepçenin bulunduğu durumdur²⁷. Rüzgâr hızı ölçümleri için kullanılan anemometreler, Savonius şekline sahiptir. Bu tip rüzgâr türbinlerinde türbine giren rüzgârı hapsedecek şekilde tasarlanan kanat; bir kepçe gibi havayı toplar, sürtünme yaratır ve böylece mili dönmeye zorlar. Rüzgâr hangi yönden gelirse gelsin, her zaman kanatın hem önüne hem de arkasına çarpar, böylece kanatın yuvarlak arkası daha az sürtünme yaratarak türbinin dönmesini sağlar

Darrieus düşey eksenli rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisini mekanik dönme enerjisine dönüştürmek için kaldırma ilkesini kullanır. Bu tip rüzgâr türbinlerinde bir uçağın kanadı şeklinde bir kesite sahip kanatlar kullanır. Rüzgâr kanadın üzerinden geçerken, kanatçık etkisi kaldırma yaratır ve türbin kanatlarının dönmesini sağlar. Bir Darrieus türbininin kanatları farklı konfigürasyonlarda düz, kavisli veya sarmal şekilli olabilir.



Şekil 9-8 Düz, kavisli veya sarmal kanatlara sahip Darrieus rüzgâr türbinleri

Tarihsel gelişim incelendiğinde yaklaşık yüzyıla aşkın geçmişe sahip olan Darrieus düşey eksenli rüzgâr türbinlerin 1960'lı yılların sonu itibarıyla düz ve kavisli yapısına bağlı kalarak farklı çalışmaların olduğu izlenmektedir. Özellikle 2000 yılı sonrasında verimi artırmak ve yerleşim alanlarında kullanımı üzerine birçok tasarım uygulandığı görülmektedir. Bunların başında farklı H-rotor uygulamaları ifade edilebilir. Öğrencilere bu tasarımlarda dikkat edilmesi gereken noktanın dikey eksenli rüzgâr türbini bütününde kanat, dişli kutusu ve jeneratör birlikteliğinde uyumu ve verim artışını sağlamak olduğu ifade edilmelidir.



Şekil 9-9 Dikey eksenli türbinlerin bileşenleri ve kanat ölçümleri

²⁷ <https://www.geogebra.org/m/Y6K6KvME> adresi üzerinden Savonius rüzgâr türbini inşası animasyonu kullanılabilir.

Rüzgâr türbininin güç çıkışını ve verimliliğini ölçmek tasarımın daha iyi performans göstermesine yardımcı olur. Dikey eksenli türbin için rotor süpürme alanı üzerinden hesaplanır.

$$A = W.H$$

Rüzgâr türbinindeki mekanik güç (W) bölüm 8.4'de verilen işlem akışı ile hesaplanır. Bu tür hesaplamalar çevrimiçi bazı web siteleri üzerinden de gerçekleştirebilir ama işlemler için veri girişi gerekliliği vardır²⁸.

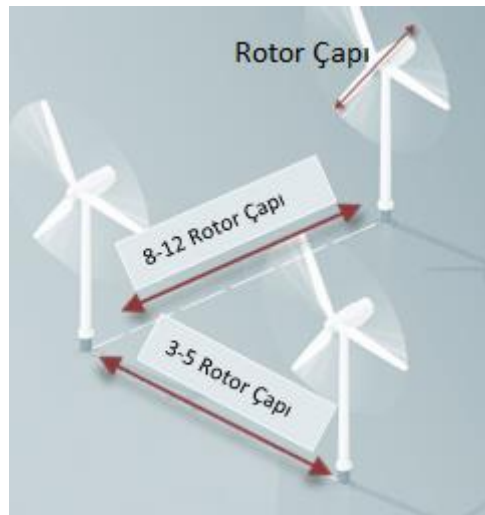
9.5. Derinleştirme

Rüzgâr türbinleri yerleşim alanlarında daha fazla kullanımını geliştirmek ve yapılabilecekler üzerine beyin fırtınası oluşturulur. Bu kapsamda aşağıdaki süreçlerden birini veya daha fazlasını göz önüne alır:

Deney bittikten öğrencilerin diğer öğrencilerle beraber en uygun şekilde yerleşim yaparak rüzgâr çiftliği oluşturur. Bu işlem kara üzerinde rüzgâr türbinlerinin bir rüzgâr çiftliği içinde yerleşimine etki eden unsurları inceler.

Rüzgâr çiftlikleri, bir rüzgâr türbini diğerinden gelen hava akışını engellemeyecek ve böylece her birinin rüzgârdan mümkün olan en büyük miktarda kinetik enerjiyi yakalamasını sağlayacak şekilde yerleştirilmelidir. Böylece elektrik enerjisi üretimini en üst düzeye çıkarmak için türbinler, engellerden ve türbülanslardan etkilenmemeli ve en fazla rüzgârı yakalayacak şekilde konumlandırılmalıdır.

Birçok araştırmacı, belirli bir alandaki rüzgâr türbinlerinin en uygun yerleşimini belirlemek için çalışmalar yapmışlardır. Temel bir yaklaşımla bir rüzgâr çiftliğinde rüzgâr türbini için en uygun yerleşimin rüzgâr yönünde 8-12 rotor çapı ve yan rüzgâr yönünde 3-5 rotor çapı aralıklı sıralarda bulunmasını önermektedir²⁹. Bununla birlikte, arazi özellikleri, rüzgârın hızı ve yönü, türbin boyutu vb. dikkate alınarak, daha yüksek bir güç çıkışı sağlayabilecek daha yoğun, kademeli bir yerleşim düzeni öneren çalışmalarda bulunmaktadır.



Şekil 9-10 Yatay eksenli rüzgâr türbinlerini yerleştirilmesi

Öğrenci gruplarının kendi kanat profillerini oluşturma (katlama, kesme vb.) ve uygun değer kanatlarını yeniden tasarlama denemelerine izin verilir. Bu işlem için öğrencinin aerodinamik bir kanat oluşumu

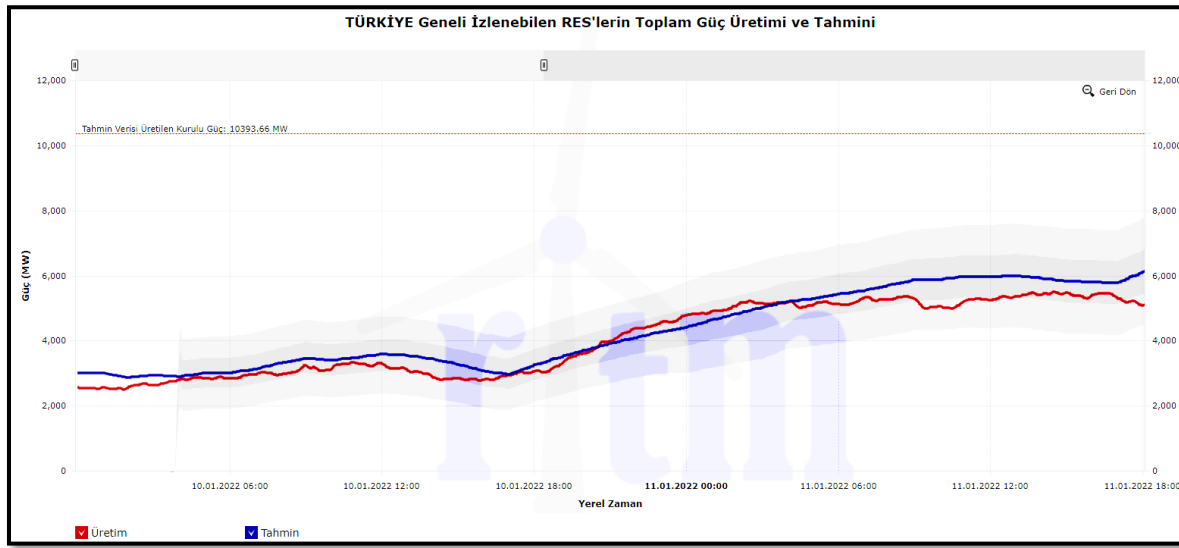
²⁸ <https://www.omnicalculator.com/ecology/wind-turbine#how-to-calculate-the-power-generated-by-a-wind-turbine> adresi üzerinden yatay ve dikey rüzgâr türbini işlemleri uygulanabilir.

²⁹ Pookpant S., Ongsakul W. (2013). Optimal placement of wind turbines within wind farm using binary particle swarm optimization with time-varying acceleration coefficients. Renewable Energy, 55, 266-276.

için gerekli teorik bilgiyi araştırması istenir. Aerodinamik ilkelerini kullanarak uygun değer kanat tasarımlarını nasıl geliştirebilecekleri beyin fırtınası yapmalarını istenir.

Ülkemizin enerji arzı içerisinde rüzgâr enerjisi payının artırılmasına yönelik politikalar kapsamında yapılan çalışmalardan biri de “Rüzgâr gücü İzleme ve Tahmin Merkezi (RİTM)” projesidir³⁰.

Ülkemizde yer seviyesinden 50 metre yükseklikteki yıllık ortalama rüzgâr hızının 7,0 m/s ve üzerindeki kullanılabilir alanların değerlendirilebilmesi halinde toplam kurulu gücü maksimum 48.000 MW değerine sahip rüzgâr enerji santrallerinin kurulabileceği ortaya koyan çalışmalar vardır. RİTM projesi kapsamında, kesintili bir enerji kaynağı olan rüzgâr enerjisi ile işletilen elektrik üretim tesislerinde üretilecek elektriksel gücün tahmin edilmesi ve böylece elektrik iletim veya dağıtım sisteminin daha kolay yönetilmesi amaçlanır. Ayrıca, serbest piyasada elektrik ticareti yapan lisans sahibi tüzel kişilerin de tahmin verilerini kullanarak daha öngörülebilir piyasa faaliyetlerinde bulunması sağlanır.



Şekil 9-11 RİTM projesi web sayfası üzerinden Türkiye rüzgar üretim ve tahminleri

Ülkemizde hâlihazırda deniz üzeri (offshore) rüzgâr türbinlerinin bulunmaması ve son yıllarda bu konuda dünyadaki gelişim dikkate alarak, bu konuda araştırma yapılması istenir. Ayrıca açık deniz rüzgârı için maliyet düşürme ve teknoloji iyileştirmeleri neler olduğu incelenir.

9.6. Değerlendirme

Etkinliğin sonuçlarını tartışarak, rüzgâr enerjisi teknolojisinin gelişimi üzerine değerlendirme yapılır. Özellikle yerleşim alanlarında rüzgâr türbinleri kullanımı üzerine çalışmalar öğrenciler ile paylaşılır. Derinleştirme aşamasında öğrencilerin yapmış oldukları farklı seçenekler bağlamında görüşlerini diğer arkadaşları ile paylaşması istenir. Örneğin öğrenciler, kanatların aerodinamiğinin türbin verimliliğini nasıl etkileyebileceğini tanımlar.

³⁰ Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi. <https://ritm.enerji.gov.tr/root/> web sayfasından güncel verilere ulaşılabilir.

10. Bölüm- Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen madde, enerji dönüşümü, enerji kaynakları, ısı ve sıcaklık.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci sürdürülebilir yaşamı destekleyen güneş ve rüzgâr dışındaki yenilenebilir enerji kaynakların neler olduğunu öğrenir.
- Öğrenci biyokütle ve biyogazın kavramlarını tanımlar ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edildiğini açıklar.
- Öğrenci biyogazı ile elektrik enerjisi üretimi hakkında bilgi sahibi olur.
- Öğrenci biyogazı jeneratörü yapmak için gereken adımları açıklar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, rüzgâr ve güneş dışında var olan diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını tanımak, biyogaz ile elektrik enerjisi üretim yollarını öğrenmektir. Ayrıca bir biyogaz jeneratörü yapmak için gerekli adımları uygulamaktır.

Haftanın İşlenişi:

- Güdüleme : Sürdürülebilir yaşamı destekleyen yenilenebilir enerji kaynakları üzerine görseller paylaşmak, kelime ve temel kavramları belirlemek.
- Keşfetme : Biyogaz jeneratörü ile elektrik enerjisi üretmek için gerekli etkinlik oluşturmak.
- Açıklama : Biyoyakıt kavramı üzerinden biyokütle ve biyogaz terimlerini tanımlamak, biyogaz jeneratörü yapmak için gereken adımları açıklamak.
- Derinleştirme : Diğer yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında ifade edilecek enerji kaynaklarını belirlemek ve etkinlikler geliştirmek.
- Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak, güneş ve rüzgâr dışında kalan yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi üzerine görselleri yansıtmak.

Etkinlik (deney) adı	Biyogaz ile Enerji Üretimi	
Süre	90 dakika	
Araç-gereçler	Polikarbon Damacana Folyo Balon Yuvarlak Plastik Pet Şişe Bakır Boru T Ek Parçası Mantar Tapa Şeffaf Hortum Gaz Vanası Sıcak Silikon Tabancası Sıcak Silikon Çubuğu	Bunsen Ocağı Bakır Boru Kesici Kurbağacık Anahtar

10.1. Eğitime Teorik Bilgi

Güneş, rüzgâr, su, biyokütle, jeotermal ve diğerleri dâhil olmak üzere yenilenebilir kaynaklar, daha az karbon yoğun ve daha sürdürülebilir bir enerji sistemine geçişin merkezinde yer almaktadır.

Zamanla kendilerini doğal olarak sürdüren veya yenileyen mevcut kaynaklardan üretilen yenilenebilir enerji, enerjinin kullanıldığı orana kıyasla birincil enerji kaynağını yenilemek için geçen süre ile tanımlanır. Sürdürülebilir enerji, gelecek nesillerin enerji ihtiyaçlarını veya iklimini tehlikeye atmadan mevcut yapılarla sürdürebilen kaynaklardan elde edilir.

Bu bölüme kadar farklı enerji türleri üzerine bilgiler verilir. Geleneksel enerji kaynakları kapsamında fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları bağlamında hidroelektrik, güneş ve rüzgâr üzerinde durulur. Bunların dışında da farklı enerji kaynakları mevcut olup, bu bölümde yenilenebilir enerji kaynakları içinde jeotermal ve biyokütle enerjiden bahsedilir.



Şekil 10-1 Diğer yenilenebilir enerji kaynakları; jeotermal, biyokütle, dalga ve gelgit

10.2. Güdöleme

Güneş, su ve rüzgâr enerjisi dışında kalan yenilenebilir enerji kaynakları üzerine bu bölümde odaklanılır. Sadece bu enerjiler yenilenebilir enerji kaynakları değildir, başka yenilenebilir enerji kaynakları da vardır. Bu kaynaklar, havayı kirletmeden veya geniş arazi veya su alanlarını rahatsız etmeden yenilenebilir enerji sağlayabilir. Öğrencilerin bu enerji kaynaklarının neler olduğu üzerine bilgileri sorgulanır. Bu işlem sınıf içi ortamda öğrencilerden geri besleme olarak gerçekleştirilir.

Eğitmen önceki bölümlerde ifade edilen yenilenebilir enerji kaynaklarının dışında kalanlar üzerine görseller paylaşır. Bu süreçte öğrenciler ilgili görseller ve yapacakları ön çalışma kapsamında kelime ve temel kavramları belirler, not alır ve sınıf içi ortamda paylaşır.

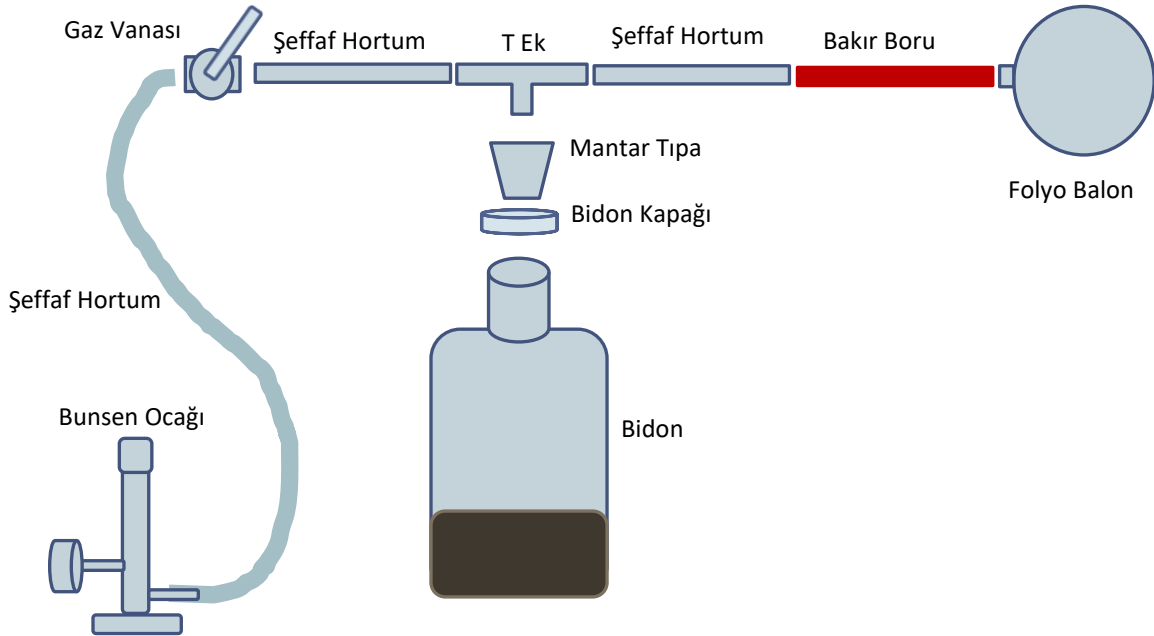
Bu bölümde etkinlik olarak sunulan biyokütle enerjisi ile ilgili görseller de paylaşılmalıdır. Bu görseller ile biyokütle enerji kaynakları üzerine öğrenciler odaklanması sağlanır.



Şekil 10-2 Biyokütle enerji kaynakları

10.3. Keşfetme

Bu aşamada yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında biyokütle ile enerji üretimine odaklanılır. Biyokütle enerji kaynakları içinden hayvan atıklarında faydalanma için biyogaz jeneratörü ile elektrik enerjisi üretme etkinliği oluşturulur.



Şekil 10-3 Biyogaz ile enerji üretimi etkinliği

Bu aşamada etkinlik için yapılan düzende kullanılan su bidonu metan üreten bakterilerin tercih ettiği sıcak, ıslak koşulları sağlayan bir besi hayvanının midesiyle aynı görevi görür. Balonda toplanan metanı su ve hayvan gübresi karışımı üretir. Bir biyogaz jeneratörü inşa etmek için ihtiyaç olan malzemeler şekil üzerinde gösterilmektedir.



Biyo gaz toplama sistemini hazırlanması için bakır boru parçasının ağzını yuvarlanır, bu işlem için zımpara kâğıdı veya eğe de kullanılabilir. Balon dolduğunda helyumun kaçmasını önleyen manşon benzeri bir valfe sahiptir. Bu manşon, sert boru çevresinde sızdırmaz bir conta oluşturmaya yardımcı olur. Tüpü, balonun boynundan çıkıntı yapacak şekilde, manşonun ucunu geçecek şekilde balonun boynuna itilir. Tüpün içinden biraz üfleyerek havanın balona serbestçe girip çıkabildiği test edilir. Balon çok az dirençle veya hiç direnç göstermeden şişmeli ve hava tüpten kolayca çıkabilmelidir. Balonun ağzı tüpe sıkıca bantlanır. Bir matkap veya mantar delici kullanarak durdurucunun ortasında küçük bir delik açılır. Deliğin etrafına ve içine birkaç damla sıcak silikon eklenir ve T ekinin gövdesi mantarın içine sokulur. Küresel vana gövdeye monte edilir. Şeffaf hortumlar ve bakır boru, balonu T-adaptörüne ve küresel vanayı Bunsen brülörüne bağlamak için kullanılır.

Gübre karışımını hazırlanması lastik eldivenlerle bu işlem dışarıda yapılır. Geniş ağızlı bir huni yapmak için 5lt'lik plastik su bidonun altı kesilir. Huniyi büyük bidonun ağzına yerleştirilir ve gübre ile bidonun 1/3'lük kısmı doldurulur. Gübreyi bidonun ağzına itmek için bir tahta veya demir çubuk kullanılır. Gübre doldurma işlemi sonrası bidonun orta seviyesine kadar su eklenir. Gübre ve su karışımını karıştırmak için çubuk kullanılır ve sıkışabilecek hava kabarcıklarını serbest bırakılır.

Gübre dolu büyük su bidonun üst kısmına kapağı kapanır. Küresel vananın kapalı olduğundan emin olunur, ayrıca su şişesinden hareket eden gaz, T-adaptöründen balona serbestçe geçebilmelidir. Biyogaz jeneratörünü kalorifere yakın sıcak bir yere veya güneş ışığı alan bir pencereye önüne bırakılır. Biyogaz jeneratörü bir pencere önüne konursa bidonun içinde yosun oluşmasını önlemek için bidonun dışını siyah plastik poşet ile sarılmalıdır.

İlk birkaç hafta boyunca biyogaz jeneratörü esas olarak karbondioksit üretecektir. Aerobik bakteriler şişe içindeki tüm oksijeni tükettiğinde, metan yapan anaerobik bakteriler devreye girebilir. Jeneratörün yanıcı olmaya yetecek kadar metan ile biyogaz üretmeye başlaması bir ay kadar sürebilir.

Balonda gaz birikmeye başladığında, önce, biyogazın balondan Bunsen brülörüne geri akabilmesi için kelepçeyi veya valfi açılır. Bir ateşleyici ile Bunsen ocak yakmaya çalışır, bu sırada gazın akışını kolaylaştırmak için balonu hafifçe sıkılması sağlanır.

10.4. Açıklama

Biyogaz tarihinin başlangıcı ve Londra sokaklarında kanalizasyon gaz lambaları

Birçok insan anaerobik çürütmenin, organik atıkları işlemek ve yenilenebilir gaz ve elektrik üretmek için çevre dostu bir yol olarak öne çıkan nispeten yeni bir teknoloji olduğunu düşünmektedir. Oysa durum hiç de öyle değildir. Anaerobik çürütme, muhtemelen Asur'da banyo suyunu ısıtmak için biyogazın kullanıldığı 10. yüzyıla kadar uzanan uzun bir geçmişe sahiptir. 17. yüzyılda Jan Baptista Van Helmont, çürüten organik maddelerin yanıcı gazlar çıkardığını keşfetti. 1776'da Kont Alessandro Volta, çürüten organik madde miktarı ile üretilen yanıcı gazın hacmi arasında doğrudan bir ilişki olduğu sonucuna vardı. Ayrıca bazı topraklarda ve göl ve okyanus havzası çökellerinde doğal olarak meydana gelen anaerobik aktiviteyi tanıyarak metanı keşfetti.

Humphry Davy ark lambasının erken bir formu olan Davy lambasını icat etmesiyle tanınır, aynı zamanda sığır gübresinden yayılan gazlarda metan bulunduğunu ortaya koydu. Bu çalışmalar 1859'da Bombay'da inşa edilen ilk anaerobik sindirim (Anaerobic Digestion-AD) tesisinin yolunu açtı.

Londra'da kapalı kanalizasyonların kurulması, 19. yüzyılın ortalarına dayanır. 1860'larda kurulan Londra'nın yeni kanalizasyon sisteminde oluşan fazla metanı yakmak ve sorunu çözmek için Joseph Webb, "lağım gazı yıkıcı lamba" adını verdiği bir cihaz fikrini ortaya attı. 19. yüzyılın sonlarında Webb Patent Kanalizasyon Gaz Lambası iki ana nedenden dolayı kullanıldı; ilk olarak Londra'nın kanalizasyon sisteminden gelen kokuları ve mikropları yakmak, ikinci olarak Londra'yı geceleri aydınlatmak için düşük maliyetli, az bakım gerektiren bir yol olmasıydı.

<https://birchsolutions.co.uk/the-history-of-anaerobic-digestion-and-biogas/>

<https://www.historic-uk.com/HistoryMagazine/DestinationsUK/Farting-Lane/>

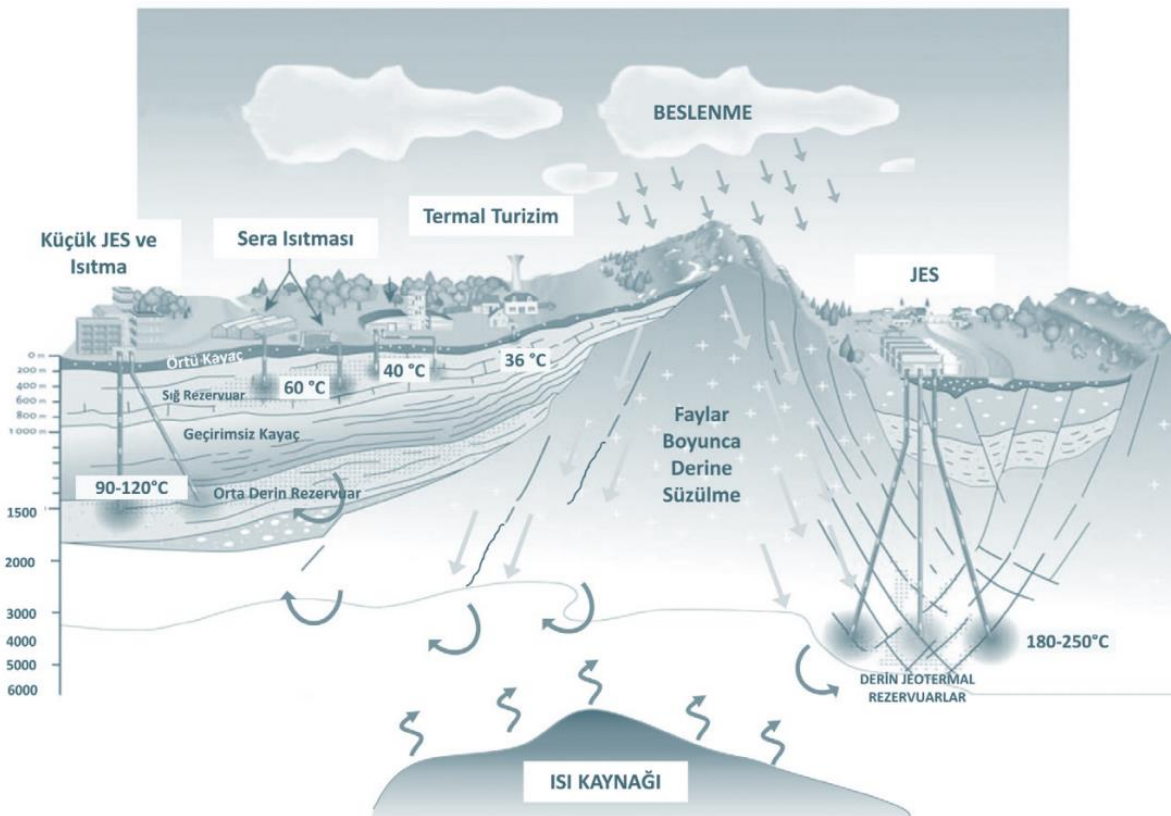
Biyogaz karbondioksit ve metan içeriği olan bir gaz karışımıdır. Genellikle hava veya oksijen olmadığında birkaç çeşit mikroorganizma tarafından üretilir. Oksijen yokluğundan dolayı “anaerobik koşullar” olarak adlandırılır. Çok fazla bitki materyali yiyen hayvanlar, özellikle sığır gibi otlayan hayvanlar, büyük miktarlarda biyogaz üretir. Biyogaz, hayvan tarafından değil, sindirim sisteminde yaşayan milyarlarca mikroorganizma tarafından üretilir. Biyogaz ayrıca ıslak ve anaerobik koşullar altında çürüyen organik maddelerin biriktiği bataklıklarda ve göllerin dibinde de gelişir.

Metan üreten mikroorganizmaların oksijensiz yaşayabilmelerinin yanı sıra başka bir özelliği de bitki liflerinin ana maddesi olan selülozu sindirebilen canlılar olmasıdır. Bu organizmaların bir başka özelliği de ortamlarındaki sıcaklık, asitlik, su miktarı gibi koşullara çok duyarlı olmalarıdır.

Yanıcı biyogaz, burada gösterildiği gibi basit bir tank kullanılarak toplanabilir. Hayvan gübresi, gazın biriktiği kapalı bir tankta depolanır. Ocak ve ocaklar için mükemmel bir yakıttır ve bir fosil yakıt olan normal doğalgazın yerine kullanılabilir. Biyogaz, büyüyen bitkiler yardımıyla üretildiği için yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak kabul edilir. Bunun nedeni, biyogaz üretiminin, genellikle her yıl yeniden büyüyen çim arzına bağlı olmasıdır.

10.5. Derinleştirme

Diğer yenilenebilir enerji kaynakları kapsamında ülkemizde var olan potansiyel ve kullanımı ile jeotermal enerji üzerine bu aşamada odaklanılır. Öğrencinin jeotermal enerji ve kullanımı üzerine araştırma yapması istenir. Özellikle bulunduğu bölge bağlamında var olan jeotermal potansiyel hakkında bilgi sahibi olması beklenir.



Şekil 10-6 Jeotermal Kaynak Oluşum Modeli Uygulamalarının Şematik Gösterimi³¹

³¹ H. Dağıstan, “Türkiye Jeotermal Kaynak Aramaları, Kullanımı ve Sürdürülebilirliğinin Sağlanması” Ekonomi Bültenleri, 2013, https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_15/1.pdf

Ülkemiz jeolojik ve coğrafik konumu itibariyle aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer alması ile jeotermal açıdan dünya ülkeleri arasında önemli bir potansiyele sahiptir. Bu konuda çeşitli çalışmalar incelenir, aşağıdaki iki ayrı kurumun web adres üzerinden Türkiye jeotermal enerji potansiyeli üzerine çalışmalar görülebilir.

- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü,
 - <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-jeotermal>
- Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü,
 - <https://www.mta.gov.tr/v3.0/arastirmalar/jeotermal-enerji-arastirmalari>

Jeotermal enerji yeraltı sularının yağışlarla yenilenmesi ve ısının sürekli olarak Dünya'nın derinliklerinde üretilmesi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanır.

Jeotermal kaynağın sıcaklığına bağlı olarak, ısı enerjisi elektrik enerjisi olarak veya ısınma amaçlı kullanılır. Yüksek sıcaklıklardaki kaynakları, kuru buhar kuyularından veya sıcak su kuyularından gelebilir. Kuru buharda jeotermal rezervuardan gelen buhar, elektrik üretmek için doğrudan bir kuyudan bir türbin jeneratörüne aktarılır. Sıcak su ile kullanımda sıcak suyun bir kısmı buhara dönüştürülür. Buhar, tıpkı bir kuru buhar tesisi gibi bir türbin jeneratörü tahrik eder. Buhar soğuduğunda suya yoğunlaşır ve tekrar tekrar kullanılmak üzere toprağa geri verilir.

10.6. Değerlendirme

Etkinliğin sonuçlarını tartışmak, biyokütle enerjisi kullanımı ile ilgili değerlendirme yapılır. Bu konuda yapılabilecek teknoloji gelişim hakkında beyin fırtınası ile öğrenciler tartışma ortamı oluşturulur. Özellikle ülkemizdeki örnekler görseller üzerinde paylaşılır.

Ayrıca derinleştirme aşamasında incelenen jeotermal enerji için değerlendirme yapılarak, özellikle elektrik enerjisinde kullanım açısından ülkemizdeki jeotermal kaynakların sıcaklık değerleri üzerine bilgi paylaşımı yapılır ve daha iyi kullanım üzerine görüşler paylaşılır.

11. Bölüm- Enerji Depolama Teknolojileri

Ön Bilgi:

- Fizik dersi kapsamında verilen enerji ve enerji dönüşümleri, enerji kaynakları, elektrik yükleri ve elektrik devreleri.

Haftanın Kazanımları:

- Öğrenci “enerjinin depolaması” kavramını tanımlar ve gerekliliğini açıklar.
- Öğrenci farklı batarya türlerinin yapılarını öğrenir.
- Öğrenci batarya teknolojisini gelişim sürecini görür.
- Öğrenci hidrojen enerjisi ve yakıt pilleri üzerine enerji kullanımı görür.
- Öğrenci hidrojen enerjisi dönüşüm ve depolama işlemlerini açıklar.

Haftanın Amacı:

Bu haftanın amacı, özellikle yenilenebilir enerji teknolojilerinin gelişimi ve elektrikli araçlarla daha da önem kazanan enerji depolama kavramını açıklamak, batarya teknolojisinde kullanılan malzemeleri tanımlamak ve depolama kapasitelerini görmek. Hidrojen enerjisinin kullanımı ve yakıt pillerinin çalışmasını açıklamak.

Haftanın İşlenişi:

- Güdüleme : Enerji depolamanın önemini yenilenebilir enerji kullanımı artması ile ilişkisini tartışmak ve enerji depolama donanımları kullanılan uygulamaları paylaşmak.
- Keşfetme : Günlük yaşamda karşılaşılan batarya türlerinin davranışları ile ilgili etkinlikler oluşturmak ve hidrojen enerjisi deney seti üzerinden dönüşümü izlemek.
- Açıklama : Enerji depolaması ile ilgili kavramları tanımlamak, batarya teknolojisindeki gelişimi görmek, hidrojen enerjisi ve yakıt pillerinin kullanımı açıklamak.
- Derinleştirme : Enerji depolama teknolojisi uygulamaları kapsamında elektrikli araçlar hakkında bilgi sahibi olmak ve konu üzerine olabilecek gelişmeler üzerine beyin fırtınası oluşturmak.
- Değerlendirme : Etkinliğin sonuçlarını tartışmak ve gelecekte enerji depolama teknolojisinin gelişimi ile ilgili öngörüler ve potansiyeli üzerine görselleri paylaşmak.

<i>Etkinlik (deney) adları</i>	1. Batarya Tipleri 2. Hidrojen Enerjisi	
<i>Süre</i>	90 dakika	
<i>Araç-gereçler</i>	<i>Jel Akü</i> <i>Akü Şarj Cihazı</i> <i>Pil Şarj Cihazı</i> <i>IMR26650 Li-Ion Pil</i> <i>18650 Li-Ion Pil</i> <i>Ni-CD Şarjlı Pil</i> <i>Ni-MH Şarjlı Pil</i> <i>Dijital Multimetre Ölçü Aleti</i> <i>Analog Multimetre</i>	<i>Krokodil Kablo</i> <i>DC Fan</i> <i>Hidrojen Enerjisi Deney Seti</i> <i>Sodyum Sülfat (Na2SO4)</i> <i>Saf Su</i>

11.1. Eğitime Teorik Bilgi

Enerji depolama teknolojisindeki gelişmeler; küresel enerji kullanımında, yenilenebilir enerji kaynakları tarafından üretilen enerjiyi depolamak için düşük maliyetli ve güvenilir yolların arayışlarını ve daha fazla hem ekonomik hem de işlevsel olarak ihtiyaçları karşılayan bataryalara sahip elektrikli araçlara olan ilgiyi artırmaktadır. Bu durum tıpkı gaz aydınlatmasının elektriğe dönüşmesi ve otomobillerin atların yerini alması gibi endüstriyel dönüşümü getirmektedir. Bu dönüşüm özellikle son yirmi yılda enerji depolama teknolojisinde etkileyici ilerlemelere yol açmış ve çok daha hız kazandırmaktadır. Böylece şebeke ölçekli enerji depolama sistemleri ve elektrikli araç satışlarındaki gelişmeler ile göz önüne çıkmaktadır.

Enerji depolama, daha sonra kullanmak üzere enerjiyi öncesinde depolama şeklidir. Bilinen en yaygın kullanım enerji depolama şekli biçimi pompalı hidroelektrik depolaması ve pillerdir. Pompalı hidroelektrik depolaması ilk bölümün ilk etkinliğinde sunuldu. Piller ise, günlük yaşamımızda birçok uygulamada yer alır. Temelde şarj edilemez (Birincil) ve şarj edilebilir (İkincil) olarak sınıflandırılır. Birincil piller, şarj edilemez pillerdir, yani elektrikle şarj edilemezler; ikincil piller ise, şarj edilebilir pillerdir, yani elektrikle şarj edilebilirler.

Enerji depolama, maliyet ve kullanılabilirlik açısından enerjiyle karşılaşılan sorunları azaltmaya yardımcı olmakla beraber, yukarıda da ifade edildiği gibi enerji depolama enerjiyi şimdi depolayarak daha sonra kullanmayı sağlar. Bu durum şebeke yapısında düşük üretim kapasitesi ve yüksek maliyetli zamanlar için avantaj elde edeceği gibi enerji kaynağının üretim yapma anında üretim yapabilmeyi daha sonra kullanmak üzere fazla enerjiyi depolayabilmeyi getirir. Aşağıda enerji depolama şekilleri sınıflandırıldı.³²



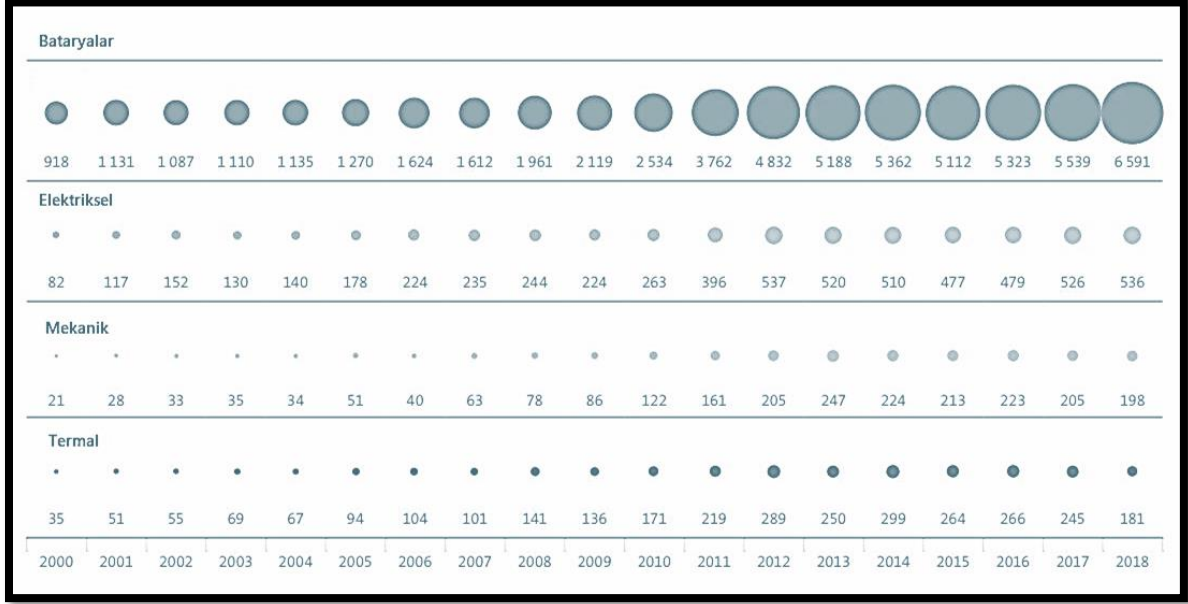
Şekil 11-1 Enerji depolama şekilleri

Bu bölümde kimyasal enerji depolaması üzerine etkinlikler hedeflenir. Bazen Kimyasal enerji depolaması, kimyasal ve elektrokimyasal enerji depolaması olarak ikiye ayrılır. Bu başlık altında bataryalar ve yakıt hücreleri teknolojilerinden bahsedilir.

³² GreenLearning, Energy Storage 101, <https://programs.greenlearning.ca/course/energy-storage-match>

11.2. GÜDÜLEME

Enerji depolama kavramı geçmişten bugüne kullanılan bir kavram olsa da yeni teknolojiler ile birçok yenilikleri beraberinde getirmekte ve güncellenmektedir. Kimyasal, mekanik, elektriksel ve termal dahil olmak üzere birçok enerji depolama şekli vardır. Her birinin ihtiyaçları karşılamak için uygulaması, kapasitesi, dayanıklılığı ve ömrü bulunmaktadır.



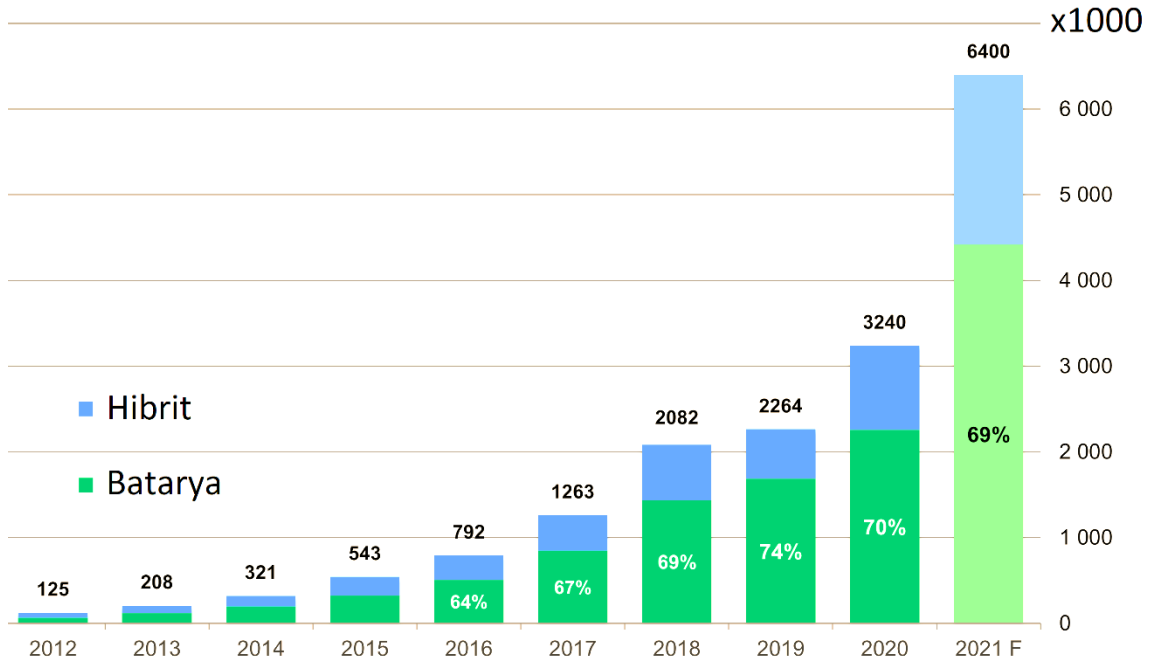
Şekil 11-2 Teknolojiye göre enerji depolama ile ilgili uluslararası patent başvuru sayısı³³

Bu teknolojilerinin gelişimi 2000 ve 2018 yılları arasında inovasyon hareketi göstergesi olarak, uluslararası patent başvurularının sayısına göre incelenebilir. Enerji depolama konusunda alınan uluslararası patent başvurularının sayısında bataryalar belirgin olarak öne çıkmaktadır. Bataryalar, elektrokimyasal teknolojilerdeki ilerleme ile depolamada yeniliklere büyük ölçüde egemen olmaktadır. Öğrencilere enerji depolamada bataryalardaki bu durum ifade edilerek bu teknolojilere olan ilgi çekilmelidir. Ayrıca elektriksel depolamada öne çıkan, çok hızlı şarj ve deşarj uygulamaları için kullanılan süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri ve süper kapasitelerden de bahsedilebilir.

Elektrikli araç, akıllı şebeke, mikro şebeke vb. gibi kavramlar son zamanlarda sıklıkla duyulan ifadelerdir. Bu ifadeler elektrik güç sisteminin gelişimiyle beraber elektrik enerjisinin depolama ile ilgili ihtiyaçları daha da öne çıkarmaktadır. Bu aşamada öğrencilere elektrikli araç, akıllı şebeke, mikro şebeke vb. gibi sıklıkla duydukları bu terimler ile ilgili görseller paylaşılmalıdır. Özellikle elektrikli araç teknolojisi gelişimi ve batarya teknolojilerinin buna katkısı üzerine haberler, çalışmalar sunulmalıdır.

Elektrikli araç pazarı dünya çapında büyük bir hızla büyümektedir. Birçok geleneksel otomobil üretici firmaya Tesla gibi yeni üreticilerinde eklenmesi ile sektör yeni bir geleceğe doğru hızla ilerlemektedir. Lityum iyon piller, elektrikli araçlar için anahtar teknolojilerden biridir ve rüzgâr türbinleri, PV panelleri tarafından üretilen değişken gücü depolamak için de önemlidirler. Gelişen lityum-iyon pil teknolojisinin gelişimi ile beraber son on yılda lityum iyon pillerin fiyatlarında devam eden bir düşüş olduğu görülmektedir.

³³ IEA, Innovation in Batteries and Electricity Storage A Global Analysis Based on Patent Data, 2020, https://iea.blob.core.windows.net/assets/77b25f20-397e-4c2f-8538-741734f6c5c3/battery_study_en.pdf



Şekil 11-3 Küresel elektrikli araç satışları³⁴

Bir lityum iyon pilin ağırlıklı ortalama fiyatı 2010 yılından 2020 yılına kadar bin ABD dolarının üzerinde düşerek, sadece on yıl önce 1191 ABD dolarından ile 2020 itibarıyla 137 dolara gerilemektedir. Böylece daha ucuz fiyatlara sunulan gelişmiş pil teknolojilerinin telefonlar, araçlar, dizüstü bilgisayarlar vb. daha geniş çapta kullanımına yol açacaktır. Elektrikli araçların şarj edilmesinin ucuz olması ve geleneksel bir araçtan daha az bakım gerektirdiği gibi durumlar önümüzdeki on yılda giderek daha cazip bir seçenek olmasını gerçeğini ortaya koyacaktır.



Şekil 11-4 Lityum iyon pil ortalama fiyatı değişimi (kWh başına reel 2020 ABD doları)³⁵

³⁴ Roland Irle, Global EV Sales for 2021 H1, EV-Volumes, 2021, <https://www.ev-volumes.com/>

³⁵ Timothy B. Lee, Battery Prices Have Fallen 88 Percent Over The Last Decade, Ars Technica, 2020, <https://arstechnica.com/science/2020/12/battery-prices-have-fallen-88-percent-over-the-last-decade/>

Ayrıca enerji depolamanın önemini yenilenebilir enerji kullanımı artması ile ilişkisini tartışılmalıdır. Öğrenciyi güdüleme hedefi ile değişken yenilenebilir enerji kavramı, güneş ve rüzgâr enerjisinin devamlı olmaması üzerinden depolama gerekliliği basit olarak ifade edilmelidir. Öğrencinin tüketimde enerji depolama kavramını üretimde de enerji depolama gerekliliği üzerinden belirgin durumu getirme hedeflenmelidir. Çünkü enerji depolamanın ana kullanımı, enerjinin üretildiği zamanı talep edildiği zamana kaydırmaktır. Bu, müşteri için tasarruf sağlayabilir ve üretici için geliri artırabilir. Günümüzde önemi artan enerji depolama, gelecekte daha da önemli bir hal alacak ve depolama sistemlerinin enerji sektöründe önemli bir taraf durumuna getirecektir.

2019 Nobel Kimya Ödülü

Nobel Kimya Ödülü'nün 2019 yılındaki sahipleri, John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham ve Akira Yoshino oldu. Araştırmacıların lityum iyon pillerin geliştirilmesine yaptıkları önemli katkılar sebebiyle ödüle aldıkları açıklandı.

Bu konuda aşağıdaki web linki üzerinden bilgi sahip olunabilir.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/2019-nobel-kimya-odulu-lityum-iyon-pillerin-gelistiricilerine>

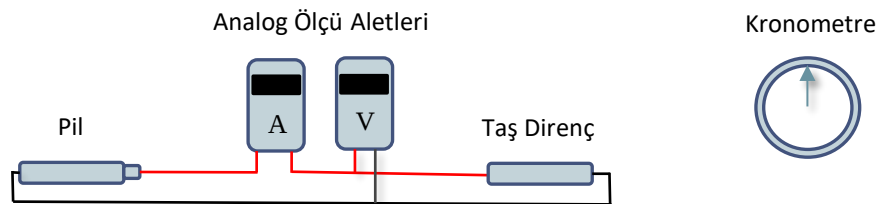
<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>

11.3. Keşfetme

Bu etkinlik için temelde iki farklı etkinlik hedeflenir. Birinci etkinliğin amacı, batarya olarak kullanılan farklı pillerin şarj, deşarj süresi ile kapasite üzerinden bir karşılaştırma yapmaktır. Ayrıca bu etkinlik içinde batarya olarak kullanılmak üzere seçilen akünün parametrelerin neler olduğu belirlenir. İkinci etkinlik hidrojen enerji seti üzerinden depolama amaçlı olarak suyun ayrışması ve yakıt hücresi ile üretilen elektrik enerjisi ile bir fanın dönmesini sağlamaktadır. Böylece günlük yaşamda karşılaşılan batarya türlerinin davranışları ile ilgili ve hidrojen enerjisi deney seti üzerinden enerji dönüşümü etkinlikleri oluşturulur.

Etkinlik 1: Batarya Tipleri

Bu etkinlik bağlamında bir batarya için önemli olan kavramlar; gerilim, akım, akü kapasitesi (Amper Saat -Ah), şarj durumu ve deşarj oranıdır. Etkinlik oluştururken ölçülebilir büyüklükler bağlamında deney oluşturulmalıdır.



Şekil 11-5 Batarya tiplerinin basit olarak ölçülebilir büyüklüklerini belirleme etkinliği

Bu etkinlikte kullanılan bataryalar;

- Kurşun asit (Lead-Acid),
- Nikel – Kadmiyum (Ni-CD),
- Nikel – Metal Hidrür (Ni-MH),
- Lityum iyon (Li-Ion)’dur.



Şekil 11-6 Batarya tiplerinin basit olarak ölçülebilir büyüklüklerini belirleme deney elemanları

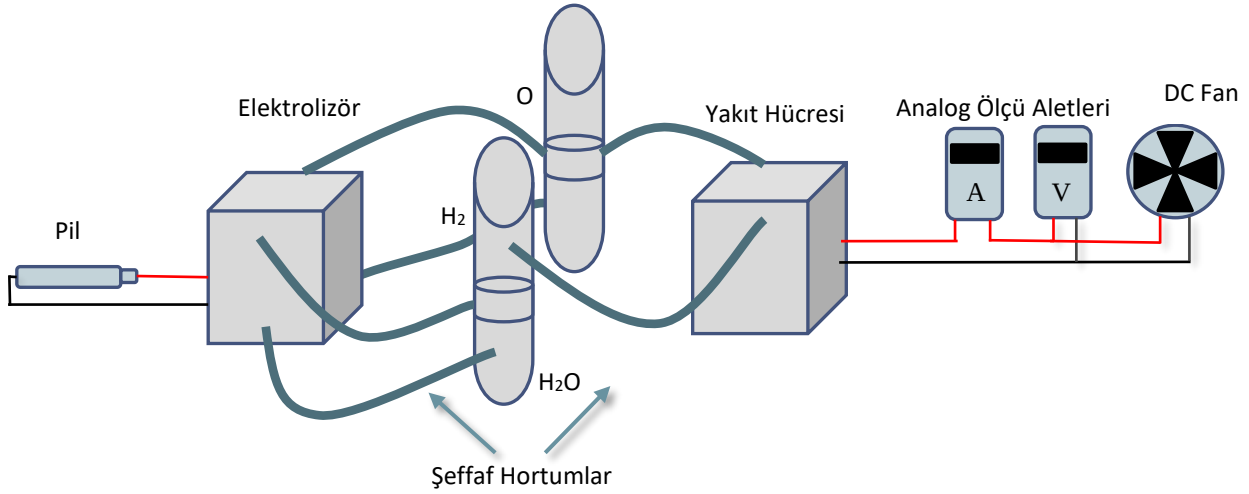
Etkinlik kapsamında kullanılan şarj edilebilir pillerin teknik özellikleri grafik halinde sunulmuş olup, Li-Ion pillerden iki farklı kapasitesi mevcuttur. Akım ve gerilim değeri zamana bağlı olarak seçilen yük ile ilişkili değişimi incelenerek, performans olarak üstün olan ifade edilmelidir.

Lead-Acid	Ni-CD	Ni-MH	Li-Ion	Li-Ion
				
• 24 Ah • 12 V	• 2200 mAh • 3,6 V	• 2700 mAh • 1,2 V	• 4200 mAh • 3,7 V	• 3200 mAh • 3,7 V

Etkinlik II: Hidrojen Enerjisi

Bu etkinlikte deney seti üzerinden gerçekleşir. Deney seti 1,5 V'luk iki pil, proton değişim membranlı su elektroliz modeli, hidrojen gazı depolama tankı, oksijen depolama tankı yakıt pili, voltmetre ve fandan oluşur.

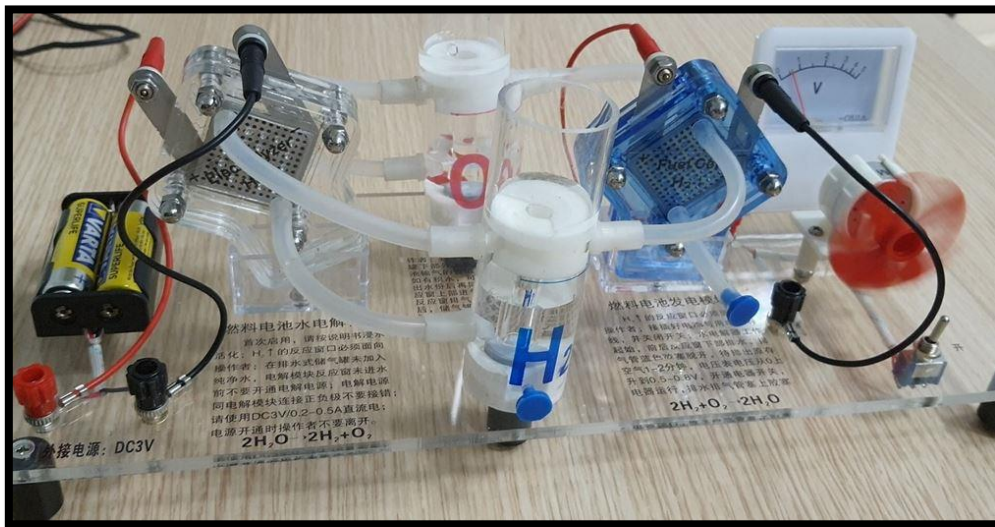
Deney setinde elektroliz modülü, hidrojen ve oksijen üretmek için suyu doğru akımla elektroliz eder ve daha sonra yakıt hücresi elektrolizin ters reaksiyonu ile elektrikli cihazların çalışmasını sağlamak için elektrik akımı üretir. Saf suyun içine sodyum sülfat eklenir.



Şekil 11-7 Hidrojen deney düzeneği etkinliği

Pil bölmesine 1.5V'lık iki pil takılır, gaz depolama tankının üst kısmındaki yumuşak kauçuk tıparları açılır ve tankı su ile doldurulur. 250 ml bir ölçüm kabına 200 ml saf su konur, şeffaf hortumu çıkarılır. Su elektroliz parçasının reaksiyon penceresinden geçmemesi için doğrudan ölçüm kabına konur ve 5-10 dakika beklenir. Kauçuk tıparları kapatılır, elektroliz modülün proton membranı nemlendirilir ve etkinleştirilir. Pile bağlanan kırmızı ve siyah kablolar yakıt hücresi elektroliz modülüne bağlanır ve küçük fan bağlantı kablosu yakıt hücresinin güç üretim modülüne bağlanır. Yakıt hücresi güç üretim modülü, pili ve elektrik iletkenini takılır ve anahtar kapatılır böylece su elektroliz işlemi çalışır. Öncesinde mavi tıkaç çıkarılarak hava tahliye edilir ve voltmetrenin gerilimi 0,5 – 0-8 V'a yükselince güç anahtarı kapatılır. Elektrikle çalışma anında tahliye ve egzoz borusu lastik tıparları ile tıkanır.

Deney sırasında, kabarcıklar elektroliz modülünün her iki tarafından görünmeye başladığında yani su hidrojen ve oksijene elektroliz edildiğinde modülün üst kısmında gaz hortum boyunca gaz depolama tankına ulaşır. Tüm ürün kapalı durumda olduğundan, hidrojen ve oksijen gazı hortumları güç üretim modülüne girer, güç üretim modülünde proton membranında değişim yapar, akım ve su üretir ve küçük fan döner.



Şekil 11-8 Hidrojen deney düzeneğinin çalışması

11.4. Açıklama

Birinci etkinlik elektrik ve elektronik sistemlerdeki önemli bileşenlerden biri olan bataryalar hakkında bilgi verilir. Pil hakkında temel bilgiler açıklanır. Farklı pil türlerine uygulama bağlamında göz önüne alınır.

Pil, elektrik enerjisini kimyasal formda depolayan ve elektrokimyasal reaksiyon yoluyla depolanan kimyasal enerjiyi doğru akım elektrik enerjisine dönüştüren kimyasal bir cihazdır. Bir pildeki elektrokimyasal reaksiyon, bir elektrik akımı yoluyla elektronların bir malzemedan diğer (elektrotlar olarak adlandırılır) transferini içerir. Pil terimi sıklıkla kullanılsa da enerjinin gerçek depolanmasından sorumlu olan temel elektrokimyasal birime hücre denir. Hücre, kimyasal enerjinin dönüştürülmesiyle üretilen elektrik enerjisinin kaynağı olan temel elektrokimyasal birimdir. Temel biçiminde, bir hücre tipik olarak üç ana bileşen içerir: iki elektrot, elektrolit ve ayırıcılardan oluşur.

Anot ve katot adı verilen iki tip elektrot vardır. Anot, negatif elektrottur, dış devreye elektron kaybeder ve elektrokimyasal reaksiyonda oksitlenir. Katot ise pozitif elektrottur, devreden elektron alır ve elektrokimyasal reaksiyonda indirgenir.

Böylece bir pildeki enerji dönüşümü, elektrokimyasal reaksiyonundan kaynaklanmaktadır. Bir hücrenin üçüncü önemli bileşeni elektrolittir. Bir elektrolit, iki elektrot arasında iyon şeklinde yük aktarımı için ortam görevi görür. Bu nedenle, elektrolit bazen iyonik iletken olarak adlandırılır. Burada dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, elektrolitin elektriksel olarak iletken olmadığı, sadece iyonik iletkenliğe sahip olduğudur. Bir pil genellikle, gerekli gerilim ve akım seviyelerini sağlamak için bir seri veya paralel yapılandırma ile elektriksel olarak bağlı bir veya daha fazla hücreden oluşur.

Deşarj olduktan sonra elektriksel olarak yeniden şarj edilebilen pillere şarj edilebilir pil olarak adlandırılır. Elektrokimyasal hücrelerin kimyasal durumu, hücrelerden deşarjlarının zıt yönünde bir akım geçirilerek orijinal durumlarına yeniden şarj edilebilir.

Piller iki şekilde kullanılır. Birinci uygulamaları; bir ana enerji kaynağına elektriksel olarak bağlı olanlar, aynı zamanda onun tarafından şarj edilenler ve ihtiyaç duyulduğunda enerji sağladıkları enerji depolama cihazları olarak kullanılanlardır. Bu tür uygulamalara hibrit elektrikli araçlar, kesintisiz güç kaynakları (Uninterruptible Power Supply-UPS) örnek verilebilir.

İkinci uygulamalar; pilin birincil olarak öne çıktığı ve pil olarak kullanıldığı uygulamalardır. Tamamen veya neredeyse tamamen boşaldığında uygun bir şarj sistemi ile yeniden şarj edilir. Bu tür uygulamalara örnek olarak cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, elektrikli araçlar örnek verilebilir.

Bu etkinlikte kullanılan Kurşun- Asit (Lead-Acid) batarya, jel akü örneğidir. İlk ve en yaygın olarak kullanılan şarj edilebilir bataryalar Kurşun– Asit bataryalar denir. Kurşun ve Kurşun Dioksit ($Pb - PbO_2$) elektrokimyasal çiftini temel alırlar. Bu tip pillerde kullanılan elektrolit çok yaygın olan Sülfürik Asittir. 1 Ah kapasiteli küçük kapalı hücrelerden 12000 Ah kapasiteli büyük hücrelere kadar birkaç farklı yapısı mevcuttur. Kurşun asitli akülerin elektriksel verimliliği %75 ile %80 arasındadır. Bu verimlilik onları enerji depolama ve elektrikli araçlar için uygun görülmektedir.

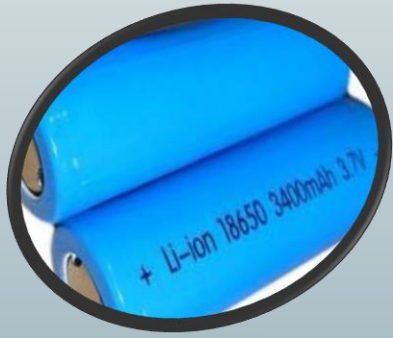
Nikel – Kadmiyum bataryalar şarj edilebilir piller olup, katot olarak Nikel Oksihidroksit ($NiOOH$) Nikel Oksit ve anot olarak Kadmiyum metal dayanırlar. Elektrolite gelince, alkali bir Potasyum Hidroksit çözeltisi kullanılır. Kurşun asit pillerle birlikte günümüzde mevcut olan en eski pil türlerinden biridir. Tipik tüketici sınıfı piller, 1,2 V'luk bir çevrimiçi voltajla gelir. Çok uzun ömürlüdürler ve çok güvenilir ve sağlamdırlar. Ni-CD Pillerin başlıca avantajlarından biri, yüksek deşarj oranlarına maruz kalabilmeleri ve geniş bir sıcaklık aralığında çalıştırılabilmeleleridir. Ni-CD pillerin tek dezavantajı olan “bellek etkisi”

Diğer iki yeni tip şarj edilebilir bataryalar ise Nikel – Metal Hidrür ve Lityum – İyon pillerdir.

Nikel – Hidrojen Elektrot Pillerin yalnızca havacılık uygulamalarında (uydular) kullanılan genişletilmiş bir halidir. Pozitif elektrot Nikel Oksihidroksittir (NiOOH), hücrenin negatif elektrotu ise hidrojenin geri dönüşümlü olarak depolandığı bir metal alaşımdır. Şarj sırasında metal alaşım, metal hidrür oluşturmak için hidrojeni emer ve deşarj sırasında metal hidrür hidrojen kaybeder.

Nikel-metal hidrür pillerin Ni-Cd pile göre bir ana avantajı, daha yüksek özgül enerjisi ve enerji yoğunluğudur. Mühürlü Nikel-metal hidrür piller, ticari olarak küçük silindirik hücreler olarak mevcuttur ve taşınabilir elektronik cihazlarda kullanılır.

Tüketici pazarının %50'den fazlası Lityum – iyon pillerin kullanımını benimsemiştir. Özellikle dizüstü bilgisayarlar, cep telefonları, kameralar vb. lityum iyon pillerin en büyük uygulamalarıdır. Lityum iyon piller önemli ölçüde yüksek enerji yoğunluğuna, yüksek özgül enerjiye ve daha uzun çevrim ömrüne sahiptir. Lityum iyon pillerin diğer ana avantajları, yavaş kendi kendine deşarj oranı ve geniş çalışma sıcaklıkları aralığıdır³⁶.



Pilin Üstündeki Yazı

- 18650 pilin boyutlarını simgeler. Pil; 18 mm bir çapa, 65 mm bir boya sahiptir ve 0 ise, pilin modelinin silindirik şeklinde olduğunu simgeler.
- 3400 mAh, pilin kapasitesini ifade eder ve bu batarya 1 saat boyunca 3400 mA akım verebilir anlamına gelir.
- 3.7 V, anma gerilimi ya da beyan gerilimi adı da verilen bu parametre bataryanın kaç volt çıkış verdiğini belirtir.

https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/213343/yokAcikBilim_10318042.pdf?sequence=-1&isAllowed=y

Günümüzde bataryaların kullanımının artması kullanım süresinin önemini öne çıkarmaktadır. Bu durum hem ekonomik anlamda hem de çevresel boyutta göz önüne alınması gereken bir konudur. Enerji depolama kavramında kullanım süresinin önemli faktörlerinden biri deşarj derinliğidir (Depth of Discharge, DoD).

Pilin ömrü deşarj derinliğine bağlıdır. Yükler sürekli olarak bağlandığında, akü derin deşarj olabilir ve boşalabilir. Derin deşarj pilin kapasitesini ve ömrünü belirli bir miktarda azaltır. Pil günlerce veya haftalarca bu aşırı deşarj durumunda kalırsa, hızla zarar görebilir. Şarj kontrol cihazlarında aşırı deşarj koruması, genellikle, pil gerilimi önceden ayarlanmış veya ayarlanabilir düşük gerilimli yük ayırma noktasına ulaştığında, pil ile yük arasındaki bağlantının açık devre yapılmasıyla gerçekleştirilir. Akü belirli bir seviyeye kadar şarj edildikten sonra yükler tekrar aküye bağlanır.

³⁶Ravi Teja, What are the Different Types of Batteries?, 25 Mayıs 2021, <https://www.electronicshub.org/types-of-batteries/>

Bir pilin deşarj derinliği (DoD), pilin toplam kapasitesine göre boşalmış pil yüzdesini gösterir yani pilde (C) depolanabilen toplam şarj miktarı ile ilgili olarak verilen durumda (Q_d) pilden çıkarılan şarj miktarı olarak tanımlanır:

$$DoD = \frac{Q_d}{C} \times 100$$

Örneğin, pratikte 10 kWh elektrik enerjisi depolayabilen bir batarya, 9,5 kWh'lik enerji deşarj edilirse, DoD %95'tir. Bir pil ne kadar sık şarj edilir ve boşaltılırsa, ömrü o kadar kısa olur. Pilin kullanım ömrünü önemli ölçüde kısaltacağından pili tamamen boşaltmanız genellikle önerilmez. Birçok pil üreticisi, pilin uygun değer performansını için önerilen maksimum DoD'yi belirtir.

Örneğin, 10 kWh'lik bir pilin üreticisi maksimum DoD'yi %80 olarak öneriyorsa, şarj etmeden pilden 8 kWh'den fazlasını kullanılmamalıdır.

Pilinizin ömrü veya kullanım süresi şarj/deşarj döngülerinin sayısı ve normalde kullandığınız pil kapasitesinin bağlıdır. Pilleri düzenli olarak daha düşük bir yüzde miktarında boşaltılırsa, pili sık sık maksimum DoD'ye kadar boşaltmanızdan daha faydalı döngülere sahip olacaktır. Örneğin, bir pil %10 DoD'de 20000 döngüye, ancak % 80 DoD'de yalnızca 4000 döngüye sahip olabilir.

Ni-MH pillerin deşarj derinliği (DoD) döngüsüne bağlı döngü ömrü, kurşun asit pillerden daha fazladır. Yüksek DoD döngüsü ile uzun çevrim ömrünü korumanın ana sorunu, MH alaşımının toz haline getirme süreci ve korozyonudur. SoC "State of Charge" ise, şarj durumunun ifade eder ve boşalma için mevcut enerjinin toplam depolanan enerjiye oranı olarak ifade edilir.

Hızlı şarj ile özellikle şarj sonu (%100'e yakın SoC) bölgesinden kaçınarak, uygun DoD ve SoC aralığında çalışırken daha düşük DoD döngüsü önerilir. Böylece, sıcaklık artışı ve basıncın yanı sıra aşırı şarj riski de azaltılabilir.

Pilin ömrünü etkileyen diğer bir faktörde çalıştığı ortam sıcaklığıdır. Sıcak bir ortamda piller aşırı ısınabilir ve bu da pilin ömrünü azaltır. Çok düşük sıcaklıklar da pil üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir, bu durumda şarj etmek için daha fazla ve daha yüksek bir gerilimle çalışması gerekir. Pilinizin kullanım ömrünü en üst düzeye çıkarmak için uygun sıcaklık koşullarında olmalıdır.

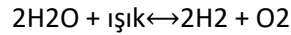
Elektrikli araç (EV) pillerinin doğrusal olmayan özellikleri ile ilgili olarak, pilin deşarj derinliği (DoD), EV'ler aracılığıyla üretilen gücün maliyetinde çok önemlidir.

Fosil yakıtlarla ilgili temel sorunlardan biri, yakıldıklarında büyük miktarlarda karbondioksit salmalarındır. Buna karşın hidrojen, oksijenle yandığında zararsız su buharı üreten yanıcı bir gazdır. Oksijeni hidrojenle birleştirmek hem büyük miktarlarda ısı hem de elektrik üretmenin temiz ve verimli bir yolu olarak ortaya çıkmaktadır. Hidrojen ekonomisindeki gelişmeler ile hidrojen, kilogram başına enerji tutması ile Li-Ion pillere olan avantajını öne çıkarabilir.

Doğada, hidrojen (H) genellikle bir çift iki atom (H_2) olarak görünür. Bu aynı zamanda oksijen (O_2) için de geçerlidir. Bilindiği gibi su (H_2O) hidrojen ve oksijenden oluşur ve su kararlı bir bileşiktir. H_2 O'yu H_2 ve O_2 'ye ayırmak için enerji gerekir. Bu nedenle, suyu ($2H_2O$) $2H_2$ ve O_2 'ye bölerek enerji depolayabilir ve daha sonra tekrar bir araya getirerek enerjiyi geri alınabilir.

Yakıt pilleri, oksijen varlığında hidrojeni yakmak yerine, iki gazın ince bir zarın zıt taraflarında yan yana geçmesine izin verirler. Bu zar boyunca oksijen ve hidrojenin kimyasal etkileşimi, normal bir alkalın pil tarafından üretilene benzer bir elektrik yükü üretir. Ancak içindeki kimyasallar tükendikten sonra ömrü biten pilin aksine, yakıt hücresi, taze hava ve hidrojen kaynakları aldığı sürece elektrik üretmeye devam eder. Bu durumda işlemin tek yan ürünü, yakıt hücresinin buhar olarak serbest bıraktığı su olur.

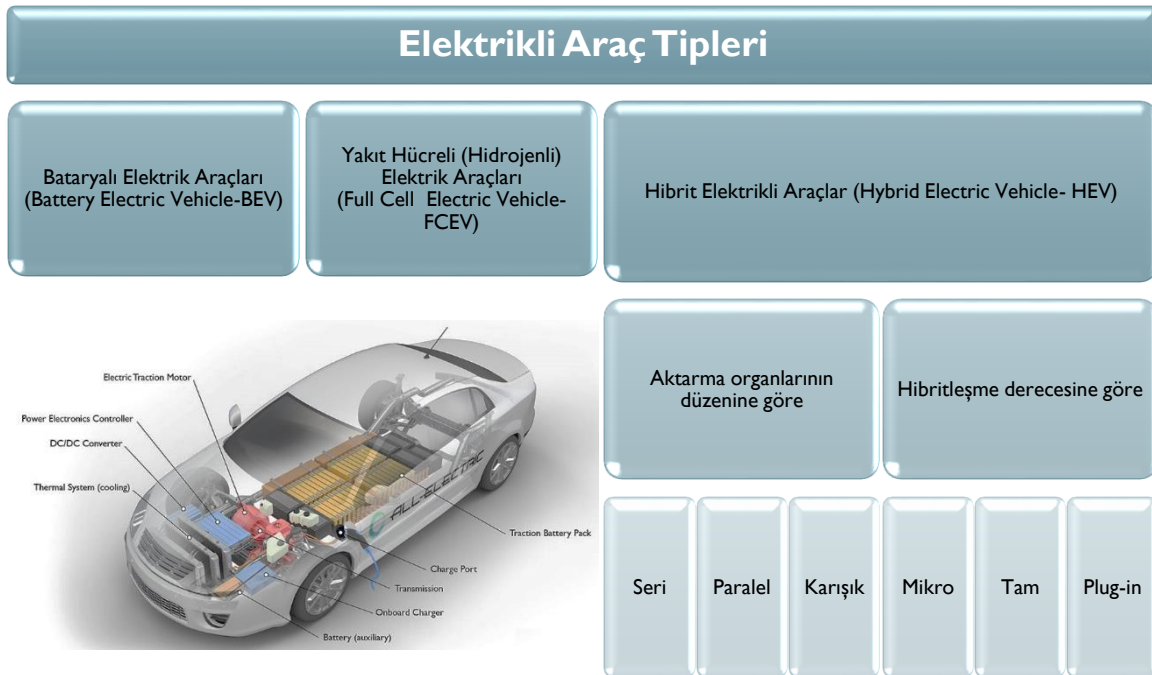
Benzer yaklaşımı yenilenebilir enerji depolaması içinde kullanılabilir. Bunun için güneş ışığının var olduğu anlarda depolama yapma yaklaşımıdır.



Suyun (düşük enerji bağları) moleküler hidrojen gazı ve oksijen gazına (yüksek enerji bağları) yeniden düzenlenmesini sağlamak için güneş enerjisi kullanmaktır. Yukarıda bahsedilen su bölünmesi dönüşümü, fosil yakıtlar bir alternatif sunar ve değişken güneş enerjisini kullanım oranını artırır. Böylece hidrojen ve oksijen gazı ayrı olarak depolanabilir ve daha sonra yakıt hücresi bir araya getirilir. Hidrojen yakıtının yanması (ki bu aslında hidrojen yakıtının H_2 , oksijenle O_2 reaksiyona girmesine izin vererek "yanmasıdır"), karbondioksit ve karbonmonoksit gibi karbon bazlı moleküller yerine su açığa çıkarır. Hidrojenin yanması üzerine oluşan su toplanabilir ve yakıtı yeniden yapmak için tekrar "bölünebilir". Bu şekilde döngü sürdürülebilir.

11.5. Derinleştirme

Bu aşamada yukarıda bahsedilenler bağlamında uygulama olarak öne çıkan elektrikli araçlar üzerine odaklanır. Bataryalı, hibrit, yakıt hücresi elektrikli araçlar tipleri arasındaki yapısal kıyaslamalarını yapılır. Piyasadaki farklı elektrikli araç çeşitlerinin sayısının artmasıyla birlikte elektrikli araç (EV), tahrik için elektrik kullanan herhangi bir aracı ifade eden yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Geniş anlamda elektrikli araçlar, Batarya Elektrikli Araçlar (BEV), Hibrit Elektrikli Araçlar (HEV) ve Yakıt Hücresi Elektrikli Araçlar (FCEV) olarak ifade edilir³⁷.



38

Öğrencilerin yukarıda verilen yapılandırma ile terim ve kavramları belirlemesi ve özellikleri üzerinden araştırma yapması istenir. Araştırma sonuçları ve teknolojisi üzerine olabilecek gelişmeler üzerine tartışılmalı ve beyin fırtınası oluşturulmalıdır.

³⁷ <https://www.emobilitysimplified.com/2019/12/ev-types-bev-vs-plugin-hybrid-fuelcell.html>

³⁸ <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>

Ülkemizde TÜBİTAK MAM bünyesinde ileri enerji teknolojileri araştırmaları kapsamında yakıt pili teknolojileri üzerine çalışmalar vardır. Web sayfası üzerinden yapılan çalışmalar izlenebilir.³⁹

11.6. Değerlendirme

Etkinliğin sonuçları ve enerjisi depolanması ile ilgili değerlendirme yapılır. Gelecekte enerji depolama teknolojisinin gelişimi ile ilgili öngörüler ve potansiyeli üzerine öğrenciler ile tartışılır.

Mikro şebeke, yenilenebilir enerji, elektrikli araç vb. konulara kesişimi olarak, enerji depolanmasının eklenmesinin öğrencilerin disiplinler arası düşünmesini geliştirmesine aynı zamanda öğrencilerin batarya özelliklerini daha derinlemesine anlamalarına yardımcı olur.

Yenilenebilir enerji araştırmalarını destekleyen enerji depolama örnekleri görselleri paylaşılır. Özellikle değişken yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik şebekesinden daha fazla faydalanabilmek için kullanılan enerji depolama yöntemleri açıklanır.

Ayrıca gelecekte hidrojen ekonomisindeki gelişmeler ile diğer enerji depolama yöntemlerine olan etkileri ne olacağı üzerine öğrencilerin ilgisi çekilerek, bu konulara yönlendirilmesine katkı yapılabilir. Özellikle farklı disiplinlerin beraber çalışması enerji depolanması konusunda en belirgin konulardan biri olduğu ortaya konur ve disiplinlerin arası çalışma önemi vurgulanır.

³⁹ TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, <https://enerji.mam.tubitak.gov.tr/tr/arastirma-alanlari/hidrojen-ve-yakit-pili-teknolojileri-0>

KAYNAKÇA

- Bächtold M., Munier V. (2019). Teaching Energy in High School by Making Use of History and Philosophy of Science. *J Res Sci Teach.*56, 765–796. <https://doi.org/10.1002/tea.21522>.
- Bayram Y. (2019). Simülasyon (Benzetim) Destekli 5e Öğrenme Döngüsü Modelinin 7. Sınıf Öğrencilerinin Elektrik Konusunu Anlamalarına ve Elektrik Konusuna Yönelik İlgilerine Etkisinin İncelenmesi. Bartın Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Berényi L., Birkner Z., Deutsch N. A. (2020). Multidimensional Evaluation of Renewable and Nuclear Energy among Higher Education Students. *Sustainability.* 12(4), 1449. <https://doi.org/10.3390/su12041449>
- Birch Solutions. The History of Anaerobic Digestion and Biogas. <https://birchsolutions.co.uk/the-history-of-anaerobic-digestion-and-biogas/>. Erişim Tarihi: 15.12. 2021.
- Buldur S., Bursal M., Yalcin N., Erik E. (2020). The impact of an outdoor education project on middle school students' perceptions and awareness of the renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 134, 110364.
- Chen K., Huang S., Liu S. (2013). Devising a framework for energy education in Taiwan using the analytic hierarchy process. *Energy Policy,* 55, 396-403. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.025>.
- Chen W., Wang P. (2012). A Framework of Active Learning by Concept Mapping. *US-China Education Review,* 11, 946-952.
- Chen R. F., Eisenkraft A., Fortus D., Krajcik J., Neumann K., Nordine J., Scheff A. (2014). Teaching and Learning of Energy in K-12 Education. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1>.
- Climate Change Trust. Greenhouse Gases. http://www.change-climate.com/Greenhouse_Gases.htm, Erişim Tarihi: 15.12. 2021.
- Chodos A. (2009). April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. *APS News,* 18 (4). <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>.
- Dağıstan H. (2013). "Türkiye Jeotermal Kaynak Aramaları, Kullanımı ve Sürdürülebilirliğinin Sağlanması" Ekonomi Bültenleri. https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/hizmetler/kutuphane/ekonomi-bultenleri/2013_15/1.pdf.
- Delegkos, N., Koliopoulos, D. (2020). Constructing the "Energy" Concept and Its Social Use by Students of Primary Education in Greece. *Res Sci Educ.* 50, 393–418. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9694-y>.
- Ecohz. Noor solar power in Morocco. <https://www.ecohz.com/noor-solar-power-in-morocco>. Erişim Tarihi: 15.12. 2021.
- Elektrik Üretim A.Ş. Santraller. <https://www.euas.gov.tr/tr-TR/santraller>, Erişim Tarihi: 20.12. 2021.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli. <https://repa.enerji.gov.tr/REPA/> Erişim Tarihi: 02.01. 2022.

- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. Rüzgâr. <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>. Erişim Tarihi: 30.12. 2021.
- Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Rüzgâr Gücü İzleme ve Tahmin Merkezi. <https://ritm.enerji.gov.tr/root/index.php>. Erişim Tarihi: 20.02.2022.
- Energy Follower. Types of Wind Turbines: HAWT, VAWT and More Explained. <https://energyfollower.com/types-of-wind-turbines/>. Erişim Tarihi: 20.02.2022.
- Ernest N. S. (2002). A Conceptual Framework for Technology Education: A Historical Perspective. *Journal of Technology Studies*, 28 (2), 98-100.
- Esen, V. (2020). Fotovoltaik Panel Testleri için Işık Spektrumu Kontrollü Solar Simülatör Tasarımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri, Doktora Tezi, İstanbul.
- Etkina E., Gitomer D., Iaconangelo C., Phelps G., Seeley L., and Stamatis Vokos. (2018). Design of an assessment to probe teachers' content knowledge for teaching: An example from energy in high school physics. *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* 14 (1). 1-20.
- Feynman R.P. (2017). Feynman Fizik Dersleri. Alfa Yayıncılık.
- Fung D. (2020). The impacts of effective group work on social and gender differences in Hong Kong science classrooms. *International Journal of Science Education*, 42:3, 372-405. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1713419>.
- GeoGebra. Vertical Axis Wind Turbine. <https://www.geogebra.org/m/Y6K6KvME>. Erişim Tarihi: 15.12.2021.
- Global Wind Energy Council. (2021). Global Wind Report 2021. <https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>.
- Global Solar Atlas, <https://globalsolaratlas.info/map>. Erişim Tarihi: 30.12. 2021.
- GreenLearning. Energy Storage 101, <https://programs.greenlearning.ca/course/energy-storage-match>. Erişim Tarihi: 30.12. 2021.
- GreenLearning. How does a wind turbine work?, Wind Animation. <https://greenlearning.ca/animation/windmill/>. Erişim Tarihi: 10.01. 2022.
- Heffron S.G., Valmond K. (2011). Teaching About Global. Climate Change. *The Geography Teacher*, 8:2, 91-95, <https://doi.org/10.1080/19338341.2011.571154>.
- Injeong J. (2018). World Energy Issues: An Inquiry-Based Lesson Using ArcGIS Online. *The Geography Teacher*, 15:1, 43-46. <https://doi.org/10.1080/19338341.2017.1395753>.
- Instructables. Pop Pop Steam Boat. <https://www.instructables.com/Pop-Pop-Steam-Boat/>. Erişim Tarihi: 30.12. 2021.
- International Energy Agency-IEA. (2019). Solar Energy Mapping the road ahead. <https://www.iea.org/reports/solar-energy-mapping-the-road-ahead>.
- International Energy Agency-IEA. (2020). Evolution of solar PV module cost by data source, 1970-2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-solar-pv-module-cost-by-data-source-1970-2020>.

- International Energy Agency-IEA. (2020). Innovation in Batteries and Electricity Storage A Global Analysis Based on Patent Data. https://iea.blob.core.windows.net/assets/77b25f20-397e-4c2f-8538-741734f6c5c3/battery_study_en.pdf.
- International Energy Agency-IEA. (2021). Net annual wind capacity additions, 2018-2020. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/net-annual-wind-capacity-additions-2018-2020>.
- International Energy Agency-IEA. (2021). Wind power generation in the Net Zero Scenario, 2000-2030. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/wind-power-generation-in-the-net-zero-scenario-2000-2030>.
- Irle R. Global EV Sales for 2021 H1. EV-Volumes, <https://www.ev-volumes.com/>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- Janusz N., John D., Sebastian F., Gür, T.M., Brendan K., Wojciech M. (2018). Towards global sustainability: Education on environmentally clean energy Technologies. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, 81(P2), 2541-2551. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039>.
- Johnson B. Farting Lane. <https://www.historic-uk.com/HistoryMagazine/DestinationsUK/Farting-Lane/> .Erişim Tarihi: 22.12. 2021.
- Kandpal T. C., Broman L. (2014). Renewable energy education: A global status review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 300-324. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.039>.
- Kandpal, T. C., Garg, H. P., (1999). Energy education. Applied Energy, 64, 71-78.
- Kentucky Geological Survey. Coal for Electricity Generation. <https://www.uky.edu/KGS/coal/coal-for-elec.php>, Erişim Tarihi: 20.12. 2021.
- Lee T.B. (2020). Battery Prices Have Fallen 88 Percent Over The Last Decade. Ars Technica, <https://arstechnica.com/science/2020/12/battery-prices-have-fallen-88-percent-over-the-last-decade/>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- Lesley University Online. The 5E Model: An Overview For Teachers. <https://www.teachthought.com/learning/5e-model/>, Erişim Tarihi: 10.01.2022
- Liu S., Chen R., Chiu Y. Lai C. (2012). Building Energy and Children: Theme-oriented and Experience-based Course Development and Educational Effects. Journal of Asian Architecture and Building Engineering. 11, (1), 185-192.
- Mälkki H., Paatero J.V. (2015). Curriculum planning in energy engineering education. Journal of Cleaner Production, 106 (1), 292-299. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.109>.
- Mamta S., (2021). Assessing Preservice Teachers' Experience with Wind Energy Education through a Cooperative Learning Experience. Journal of College Science Teaching, 51 (1), 36-43.
- Mühendis V. (2019). Li - İon Pillerin Farklı Kullanım Koşullarında Performanslarının Ölçülmesi. Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/213343/yokAcikBilim_10318042.pdf?sequence=-1&isAllowed=y.

- National Aeronautics and Space Administration-NASA. Global Climate Change. <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>, Erişim Tarihi: 15.12. 2021.
- NS Energy Business. Ouarzazate Solar Power Plant, Draa-Tafilalet. <https://www.nsenergybusiness.com/projects/ouarzazate-solar-power-plant-draa-tafilalet/>. Erişim Tarihi: 15.12. 2021.
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy-EERE. How Do All-Electric Cars Work? <https://afdc.energy.gov/vehicles/how-do-all-electric-cars-work>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- Omni Calculator. Wind Turbine Calculator. <https://www.omnicalculator.com/ecology/wind-turbine#how-to-calculate-the-power-generated-by-a-wind-turbine>. Erişim Tarihi: 20.02.2022.
- Ott A., Broman L., Blum K. (2018). A Pedagogical Approach to Solar Energy Education. *Solar Energy*, 173, 740-743. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.060>.
- Paulraj P. (2019). EV BASIC 103: Differences Between Full-Electric Vs. Hybrid & Fuel Cell Vehicles | BEV, PHEV, REEV, MHEV & FCEV. <https://www.emobilitysimplified.com/2019/12/ev-types-bev-vs-plugin-hybrid-fuelcell.html>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- Phelps G., Gitomer D.H., Iaconangelo C.J., Etkina E., Seeley L., Vokos S. (2020). Developing Assessments of Content Knowledge for Teaching Using Evidence-centered Design. *Educational Assessment*, 25:2, 91-11. <https://doi.org/10.1080/10627197.2020.1756256>
- Pookpunt S., Ongsakul W. (2013). Optimal placement of wind turbines within wind farm using binary particle swarm optimization with time-varying acceleration coefficients. *Renewable Energy*, 55, 266-276.
- Rasinen A. (2003). An Analysis of the Technology Education Curriculum of Six Countries. *Journal of Technology Education*. 15 (1), 31-47.
- Radtke R., Santillan-Jimenez E., Mohr-Schroeder, M. (2020). Collaboration by Design: Development of a Video Game for Energy Literacy. *International Journal of Designs for Learning*, 11(2), 46–54. <https://doi.org/10.14434/ijdl.v11i2.24109>.
- Royal Institution. James Dewar's vacuum flask. <https://www.rigb.org/our-history/iconic-objects/iconic-objects-list/dewar-flask>. Erişim Tarihi: 10.01.2022
- San Diego Country Office of Education Science Resource Centre. 5E Model of Instruction. <https://ngss.sdcoe.net/Evidence-Based-Practices/5E-Model-of-Instruction>, Erişim Tarihi: 10.01.2022.
- Teja R. (2021). What are the Different Types of Batteries? *Electronics Hub*, <https://www.electronicshub.org/types-of-batteries/>. Erişim Tarihi: 02.01. 2022.
- University of Colorado Boulder. PhET Simulations. <https://phet.colorado.edu/en/simulations/energy-forms-and-changes>. Erişim Tarihi: 01.11.2021.
- U.S. Department of Energy- DOE. (2021). Land-Based Wind Market Report: 2021 Edition. https://www.energy.gov/sites/default/files/2021-08/Land-Based%20Wind%20Market%20Report%202021%20Edition_Full%20Report_FINAL.pdf.
- U.S. Energy Information Administration (EIA). Energy units basics - Energy Kids. <https://www.eia.gov/kids/what-is-energy/energy-units-basics.php>, Erişim Tarihi: 10.01.2022.

U.S. Environmental Protection Agency. Climate Change Indicators: Climate Forcing
<https://www.epa.gov/climate-indicators/climate-change-indicators-climate-forcing>. Erişim
Tarihi: 15.12.2021.

U.S. Department of Energy. Basic Energy Sciences (BES). <https://science.osti.gov/bes>. Erişim Tarihi:
15.12.2021.

Valentin Software GmbH. PV*SOL simulation program. <http://pvsol-online.valentin-software.com/#/> .
Erişim Tarihi: 20.02.2022.

ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

LİSE

