

YELKENLİ TEKNEDE ELEKTRİK TÜKETİMİYLE İLGİLİ BİR MATEMATİKSEL MODEL OLUŞTURMA ETKİNLİĞİ

Evrım Erbilgin¹

ÖZ

Bu makalede, yenilenebilir enerji konusu üzerine tasarlanan bir matematiksel modelleme etkinliği paylaşılmıştır. Etkinlik, ilk olarak Ege bölgesinde orta ölçekli bir ilin bir devlet lisesinde 24 tane 10. sınıf öğrencisiyle 2 ders saati süresinde uygulanmıştır. Yapılan bazı değişikliklerden sonra etkinlik 4 tane 10. sınıf öğrencisiyle tekrar uygulanmıştır. Öğrenciler, yelkenli bir teknede tüketilebilecek elektriği gösteren bir matematiksel model geliştirmişler, daha sonra bu modellerini kullanarak teknede hangi yenilenebilir enerji kaynağının kullanılabilceği konusunda karar vermişlerdir. Matematiksel modellemenin; gerçek yaşam problemi, matematiksel problem, matematiksel çözüm ve çözümü gerçek yaşama uyarlama basamakları öğrenciler tarafından deneyimlenmiştir. Matematiksel açıdan, öğrenciler, tablo, grafik ve fonksiyon oluşturmuşlar, bu gösterimlerde temsil edilen verileri yorumlamışlar ve gerçek yaşam durumundan kaynaklanan farklı grafikleri karşılaştırarak modelleme probleminde çözüm bulmuşlardır. Ek olarak, öğrencilerin yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgileri ve enerji kullanımında tasarruf etmekle ilgili farkındalıkları artmıştır. Makalede paylaşılan etkinliğin, matematik eğitimcilerine matematiksel modelleme alanında örnek bir uygulama sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: matematiksel modelleme, yenilenebilir enerji, doğrusal fonksiyon, matematik eğitimi.

BUILDING A MATHEMATICAL MODEL RELATED TO ELECTRICITY CONSUMPTION IN SAILBOATS

ABSTRACT

This article reports on the implementation of a mathematical modeling activity about renewable energy. The activity was first implemented with twenty-four 10th grade students in a state high school in Turkey and lasted 2 lesson hours. Then, the revised version of the activity was implemented with four 10th grade students. Students built a mathematical model of the electricity consumption on a sailboat, and then decided which renewable energy source could be used on the boat using their models. The students experienced all stages of mathematical modeling: real life problem, mathematical problem, mathematical solution, and interpreting the solution. The students found a solution to the modeling problem by creating and interpreting tables, graphs, and functions, and by comparing the different graphs resulting from real life situations. Additionally, they increased awareness about renewable energy sources. The activity might provide an example application of mathematical modeling for mathematics educators.

Keywords: mathematical modeling, renewable energy, linear functions, mathematics education.

Makale Hakkında:

Gönderim Tarihi: 20.06.2018

Kabul Tarihi: 06.10.2018

Elektronik Yayın Tarihi: 29.10.2018

¹ Dr., Editör, Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi, evrimerbilgin@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7737-2238>

GİRİŞ

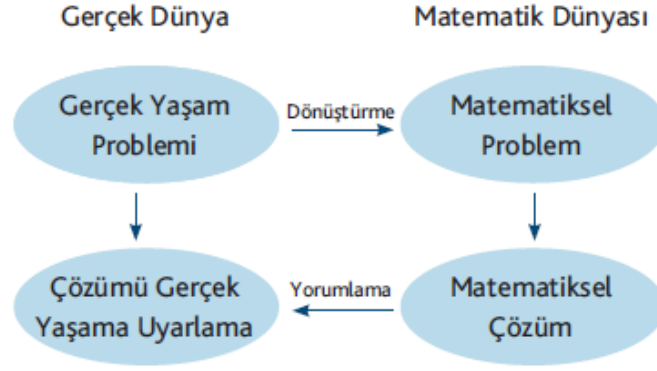
Lofgren, Collins, Smith ve Cartwright (2016) zombi bağlamından yararlanarak halk sağlığı uzmanlarına matematiksel modellemeyi öğretmiştir. Düzenlenen çalıştayda, zombilerin salgın hastalıklarından yola çıkılarak biyoloji ve epidemiyoloji bilimlerinde salgın hastalıkları anlamlandırmak için matematiksel modellemeden nasıl yararlanılabileceği tartışılmıştır. Kriminoloji alanında, Canter, Coffey, Huntley ve Missen (2000) matematiksel modelleme yöntemiyle seri katillerin lokasyonlarının nasıl tahmin edilebileceğini araştırmıştır. Orlob (1983), akarsu, göl ve su haznelerindeki suyun kalitesini matematiksel modellemeyi kullanarak incelemiştir. Bu örneklerde görüldüğü gibi biyoloji, mühendislik, ekonomi ve bilgisayar bilimi gibi birçok alanda kullanılan matematiksel modelleme nedir? Neden önemlidir? Eğitim sistemindeki yeri nedir? Bu makalede, öncelikle matematiksel modellemenin tanımı yapılmış, önemine değinilmiş, daha sonra ise matematiksel modellemenin kullanıldığı bir etkinlik uygulaması paylaşılmıştır.

Bliss, Fowler ve Galluzo (2014) *matematiksel modeli* bir gerçek yaşam durumunu nicel veya nitel olarak anlamak ve bu durumla ilgili geleceğe dair tahminde bulunmak için oluşturulan temsil olarak tanımlamıştır. Gerçek yaşam durumunun matematik kullanılarak incelenmesi ve model oluşturma süreci de *matematiksel modelleme* olarak tanımlanabilir (Erbaş vd., 2014). Cirillo, Pelesko, Felton-Koestler ve Rubel (2016) farklı araştırmacılar tarafından yapılan matematiksel modelleme tanımlarının bazı ortak özelliklerine dikkat çekmişlerdir. Bunlardan birincisi, matematiksel modellemenin otantik bir şekilde günlük yaşamla ilişkili olduğudur. Bu problemler günlük yaşam durumlarından ortaya çıkarlar. Ders kitaplarındaki düzgün tanımlanmış, çoğunlukla kesin ve tek yanıtı olan problemlerin aksine, modelleme problemleri, çoğu zaman belirsizlikler içerir ve karmaşık olur. Problemi çözen kişinin problemin sınırlılıklarını belirlemesi, değişkenleri tanımlaması gerekir. Tanımlardaki ikinci ortak nokta, matematiksel modelleme problemlerinin bir gerçek yaşam durumunu anlamak, durumla ilgili açıklamalar geliştirmek ve çoğu kez geleceğe dönük tahmin

yürütmekte kullanılmasıdır. Belirlenen üçüncü ortak nokta, modelleme sürecinde problem çözen kişilerin yaratıcı düşüncelerinin, çözüm sürecinde karar vermek, seçim yapmak gibi düşünsel süreçleri kullanmalarının gerektiğidir. Dördüncü ortak nokta, matematiksel modellemenin tekrarlayan bir süreç olmasıdır. Geliştirilen model günlük yaşam durumunu açıklamakta yetersiz kalırsa, model revize edilmeli ve yine günlük yaşam durumu ile test edilmelidir. Tespit edilen son ortak nokta ise modelleme sürecinde çözümün tek ve kesin olmadığıdır. Farklı sınırlamalar ve değişkenler ile problem kısıtlandığında farklı çözümlere ulaşılabilir.

Matematiksel modelleme ilk bakışta, ders kitaplarında sıklıkla kendisine yer bulan sözel problemlerle karıştırılabilir. Bliss vd. (2014) matematiksel modelleme sürecini sözel problemlerle karşılaştırmak için geri dönüşümle ilgili iki soruyu örnek olarak kullanmışlardır. Sözel problem olarak sunulan soruda, bir şehrin nüfusu ve geri dönüşüm yapan kişi oranı verilerek şehirde ne kadar geri dönüşüm yapıldığı sorulmuştur. Burada problemin çözülmesi için gerekli olan her şey soruda sunulmuştur ve sorunun tek doğru yanıtı vardır. Diğer soruda ise belirli bir şehirde “ne kadar plastik geri dönüşümünün yapıldığı” sorulmuştur (s. 6). Bu ikinci soruda problem çözen kişinin araştırma yapıp bazı değişkenlere (örneğin hangi plastiklerin dikkate alınacağı, geri dönüşüm yapan kişi sayısı) karar vermesi, soruyu sınırlandırması gerekmektedir. Kabul edilen sınırlamalara ve varsayımlara göre bulunan çözüm de değişecektir. Bir diğer nokta da modelleme problemlerinde genellikle gerçek yaşam durumuna ilişkin bir model oluşturulması soruda açıkça istenir veya soru ancak bir model oluşturma yolu ile çözülebilir.

Matematiksel modelleme, araştırmacılar tarafından genellikle döngüsel bir süreç olarak temsil edilmiştir (Cirillo vd., 2016; Erbaş vd., 2014). Bu çalışmada Şekil 1’de verilen ve ülkemizin 2013 tarihli matematik öğretim programında tanımlanan matematiksel modelleme süreci temel alınmıştır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2013). Süreç, günlük yaşamla ilişkili bir problem durumu ile başlar. Öğrencilerin öncelikle problem durumunu anlamlandırmaları gerekmektedir.



Şekil 1. Matematiksel Modelleme Süreci (MEB, 2013, s. V)

Anlamlandırma süreci, problemi farklı şekilde ifade etme, alt problemler oluşturma, varsayımlarda bulunma ve probleme ilişkin değişkenleri tanımlama gibi işlemleri içermektedir. Problemin anlaşılması doğal olarak bir matematiksel model oluşturma ile sonuçlanmaktadır (Bliss vd., 2014). Diğer bir deyişle, matematiksel problem aşaması, gerçek yaşam durumunun matematik dili ile ifadesini içermektedir. Geliştirilen model bir fonksiyon, grafik veya tablo olabilir (Erbaş vd., 2014). Matematiksel çözüm aşamasında oluşturulan model kullanılarak probleme bir çözüm bulunmaktadır. Çözümü gerçek yaşama uyarlama aşaması, bulunan çözümün problem durumunda anlamlı olup olmadığının kontrolünü ve geliştirilen modelin iyi çalışıp çalışmadığının test edilmesini içermektedir. Modelin geliştirilmesi gerekiyorsa, süreç tekrarlanır ve yeni bir çözüm bulunur.

Burada kısaca literatürde sıklıkla karşılaşıldığı ve birbirleriyle karıştırılabildiği için (Cirillo vd., 2016) matematiksel modelleme ile matematiği modelleme arasındaki farklara da değinilecektir. Matematiksel bir kavramın çizim, tablo, semboller gibi farklı temsil yöntemleri ile gösterilmesi matematiğin modellenmesidir. Örneğin $8+7$ işleminin onluk taban blokları ile yapılması somut materyal kullanarak toplama işleminin modellenmesidir. Benzer şekilde 10 yumurtadan ikisinin kırılması durumunda geriye kaç yumurtanın kaldığı bulunurken gerçek yaşam durumu ile çıkarma işlemi modellenmektedir (Lesh, Post, & Behr, 1987). Matematiğin modellenmesinde çıkış noktası matematiğin kendi dünyasıdır ve amaç bir matematiksel kavram veya prosedürün incelenmesidir. Diğer yandan, matematiksel modellemede çıkış noktası gerçek yaşamdır ve amaç bir gerçek yaşam

durumunu matematiği kullanarak incelemek, çözümlenmek ve değerlendirmektir.

Matematiksel modeller gerçek yaşam durumlarının soyutlaştırılarak incelenmesini sağladığı için bilim insanlarının sorunlara çözüm üretmesini kolaylaştırmaktadır (Bliss vd., 2014). Bu nedenle, makalenin başında da belirtildiği gibi birçok disiplinde kullanımı vazgeçilmezdir. Matematiksel modellemenin önemini son dönemde geliştirilen matematik öğretim programlarında modellemeye özel bir önem verilmesi de göstermektedir (MEB, 2013; National Governors Association Center for Best Practices, Council of Chief State School Officers, 2010). Hatta Amerika Birleşik Devletleri'nde yayımlanan fen bilgisi öğretim programı niteliğindeki Next Generation Science Standards [NGSS] dokümanı içerisinde modellemeye bir fen ve mühendislik becerisi olarak yer verilmiş, matematik ve fen arasında bağlantı kurmaktaki rolüne dikkat çekilmiştir (NGSS Lead States, 2013). Öğretim programlarında matematiksel modellemenin yer almasının nedenleri arasında, matematiksel modelleme sürecinin öğrencilerin üst düzey akıl yürütme ve problem çözme becerilerinin gelişmesine katkıda bulunduğu ve matematiğin günlük yaşamda nasıl kullanıldığını görerek matematiğe değer vermelerine yardımcı olduğu gibi faktörler sayılabilir (Doruk & Umay, 2011; MEB, 2013). Matematiksel modellemenin okullarda daha yaygın olarak uygulanmasına katkıda bulunmak amacı ile geliştirilip uygulanan bir etkinlik, makalenin ilerleyen kısımlarında paylaşılmıştır. Modelleme sürecinin tüm basamaklarının uygulandığı ve öğrencilerin bu süreci uygulamalarının incelendiği bu çalışmanın bu alandaki literatüre katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

ETKİNLİĞİN UYGULANMASI

Bağlamsal Arkaplan

Etkinliğin uygulandığı il deniz kıyısında bir yerleşim yeri olduğu için teknelerle ilgili bir modelleme problemi oluşturmak amaçlanmıştır. Öğrencilerde yenilenebilir enerji kaynakları hakkında farkındalık oluşturmak için de güneş panelleri ve rüzgar türbinleri üzerine araştırma yapılmıştır. Modelleme problemleri otantik gerçek yaşam durumlarından kaynaklanır. Yazar, denizcilerle görüşmüş, internette bu konuda araştırma yapmış ve gerçekten denizcilikte ortaya çıkan olası bir enerji kaynağı temin etme durmunu modelleme problemi olarak tasarlamıştır. Etkinlik kağıdı tasarlanırken kullanılan veriler gerçek değerlere yakındır. Milli Eğitim Müdürlüğünden gerekli izinler alındıktan sonra, hazırlanan etkinlik, Ege Bölgesinde orta ölçekli bir ilde bulunan bir Sosyal Bilimler Lisesinde uygulanmıştır.

Etkinlik, MEB (2018) ortaöğretim matematik dersi kazanımlarından “10.2.1.2. Fonksiyonların grafiklerini çizer. 10.2.1.3. Fonksiyonların grafiklerini yorumlar. 10.2.1.4. Gerçek hayat durumlarından doğrusal fonksiyonlarla ifade edilebilenlerin grafik gösterimlerini yapar.” kazanımlarına yönelik tasarlanmıştır. Etkinliğin amaçlarından biri öğrencilerin yenilenebilir enerji konusunda oluşturulan bir gerçek yaşam problemini çözerken matematiksel modellemenin tüm basamaklarını deneyimlemelerini sağlamaktır. Bunun yanında, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaşılan bazı durumların fonksiyonlarla temsil edilebileceğini fark etmelerini sağlamak ve bu durumların grafiklerini çizmeleri ve yorumlamaları da etkinliğin amaçları arasındadır.

2017-2018 öğretim yılının ikinci döneminde uygulanan etkinlik, 24 kişilik bir 10. sınıfta 2 ders saati (80 dakika) sürmüştür. Öğrenciler yanlarında oturan sıra arkadaşlarıyla grup oluşturarak ikililer halinde etkinliğe katılmışlardır. Bu uygulamada yapılan gözlemler sonunda etkinlikte küçük değişiklikler yapılmış, düzenlenmiş etkinlik 10. sınıftan henüz mezun olmuş dört tane öğrenciyle tekrar uygulanmıştır. Farklı okullara (Anadolu Lisesi, Fen Lisesi ve Özel Lise) devam eden bu dört öğrenci kendilerinin

matematik başarı düzeyini orta olarak tanımlamışlardır. Makalenin bir sonraki “uygulama” kısmı daha çok sınıf uygulaması esas alınarak yazılmıştır. Ancak zaman zaman ikinci uygulama bulgularına da yer verilmiştir. Etkinlikte kullanılan materyaller Ek 1’de verilen çalışma kağıdı ve Ek 2’de verilen grafik kağıdıdır.

Uygulama

Dersin motivasyon aşamasında yenilenebilir enerjinin ne olduğu sorgulanmış ve fosil yakıtlar ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki farklar tartışılmıştır. Fosil yakıtların sınırlı ömürlü olduğu ve çevreye zarar verdiği buna karşın, yenilenebilir enerji kaynaklarının güneş, rüzgar ve su gibi tükenmeyen doğal kaynaklar olduğu vurgulanmış ve bu kaynaklardan üretilen enerjinin doğaya bir zararı olmadığı için kullanımının teşvik edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Bu tartışma ve incelemenin ardından problem durmunun verildiği çalışma kağıtları dağıtılmış ve öğrencilerin önce problemi okumaları istenmiş sonra da ne anladıkları üzerinde durulmuştur. Çalışma kağıdında yer alan problem durumu şöyledir:

Yeni bir yelkenli tekne aldınız. Teknenizde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı amaçlıyorsunuz. Maddi durumunuz günde ortalama 2100 watt elektrik üreten bir güneş paneli veya bir rüzgar türbini almaya yetmektedir. Hangi enerji kaynağını tercih edersiniz? Tercihinizin gerekçesini bir matematiksel model oluşturarak açıklayınız.

Öğrencilerden bir tanesi “Bir tekne olsaydı bu teknede enerji üretmek için rüzgar ya da güneş enerjisinden hangisini kullanacağımıza karar vermemiz soruluyor.” şeklinde problemi özetlemiştir.

Problem durumu tartışıldıktan sonra öğrencilere sıra arkadaşları ile birlikte çalışarak teknede bir gün içinde tüketebilecekleri elektrik miktarını belirlemeleri söylenmiştir. Öğrenciler bu amaçla çalışma kağıdındaki birinci soruyu okumuşlar ve bu sorudaki tabloyu doldurmuşlardır. Bu esnada gruptan tablodaki bazı kavramların anlamlarını soranlar olmuştur. Bilinmeyen kavramların anlamları sınıfa açıklanmıştır. Örneğin *elektrikli vinç*, halatları az kuvvet harcayarak sarmaya yarayan

bir alettir. Yelkenlerin halatlarını sarmak için kullanılır. *Elektrikli ırgat* ise demir atma ve demir alma sırasında zinciri sarmak veya serbet bırakmak için kullanılır. Birinci sorunun sorulmasındaki amaçlardan birisi öğrencilerin tekne kültürü, elektrik tüketimi, elektrikli aletler gibi konularda genel kültür bilgilerini arttırmak ve teknelerde elektrik kullanımının tasarruflu olması konusunda farkındalık oluşturmaktır. Bir diğer amaç ise gerçek yaşam problemini matematik problemine dönüştürmelerini sağlamaktır. Bu sorunun tamamlanması ile, oluşturulacak matematiksel modelin temel veri kaynağı elde edilmektedir.

Öğrenciler birinci sorudaki tabloyu doldururken kullanabilecekleri maksimum elektrik miktarının 2100 watt olduğu sık sık kendilerine hatırlatılmıştır. Başlangıçta bazı öğrenciler tablodaki tüm elektrikli araçları kullanabileceklerini düşünürken maksimum elektrik miktarını görünce tablolarını yeniden düzenlemişler ve bazı araçlardan vazgeçmişlerdir. Örneğin bir öğrenci şu yorumu yapmıştır: “Bence bulaşıkları elimizde yıkayabiliriz ve bulaşık makinasını kullanmayabiliriz.” Bu esnada öğrenciler arasında geçen diyaloglarda bazı elektrikli araçların ne kadar çok elektrik tükettiklerinin farkına vardıkları gözlemlenmiştir. Bir grup tarafından doldurulan tablo Şekil 2’de verilmiştir. Bu grup örneğin buzdolabı için günlük 3 saat, müzik seti için 2 saat kullanım olacağını ancak fırının hiç kullanılmayacağını varsaymıştır. Öngörülen toplam günlük elektrik tüketimleri 2070 watt şeklindedir.

Elektrikli Alet	Saatte Tüketilen Elektrik (watt)	Kullanım Süresi (saat)	Günlük Elektrik Tüketimi
Buzdolabı	60	3	180
Buzluk	70	2	140
Aydınlatma	120	1	120
Televizyon	75	0	0
Müzik Seti	50	2	100
Laptop	50	0	0
Fırın	1800	0	0
Bulaşık makinesi	1800	0	0
Çamaşır Makinası	800	1	800
Ütü	2700	0	0
Kahve Makinası	900	0	0
Elektrikli vinç	1000	0,25	250
Elektrikli ırgat	1000	0,25	250
Navigasyon Cihazı	50	1	50
Otopilot	60	2	120
Hidrofor	120	0,5 saat	60
Toplam		13,5	2,070

Şekil 2. Bir Grubun Elektrik Tüketim Tablosu

Birinci sorudaki elektrik tüketim tablosu doldurulduktan sonra öğrencilere ikinci sorudaki tüketilen elektrik miktarının dağılımı

tablosu hakkında bilgi verilmiştir. Öğrenciler, grup arkadaşı ile sarf edilen elektriğin zamana göre dağılımını yaparak bir gün içinde bu harcamanın nasıl dağıldığını yazmışlardır. Bu tabloda öğrenciler başlangıçta nasıl bir dağılım yapabileceklerini kavrayamamışlardır. Ancak öğretmen onlara her aracı günün her saatinde kullanmadıklarını söylemiş ve bir önceki tabloya bakarak seçtikleri araçlardan hangilerini günün hangi saatinde kullanabileceklerini belirtmelerini istemiştir. Şekil 2’de birinci soruya ait tablosu verilen grubun, ikinci soru kapsamında oluşturduğu tablo Şekil 3’te verilmiştir. Şekil 3’te verilen tablonun son satırındaki sayılar toplanınca ilk tabloyla uyumlu şekilde 2070 watt bulunmaktadır. İkinci sorudaki tablonun doldurulmasıyla birlikte aslında öğrenciler elektrik tüketim modellerini tablo şeklinde oluşturmuşlardır. Bu soruda öğrenci grupları birbirleriyle hangi aletleri seçtikleri konusunda “biz kahve makinesini sadece 5 dakika kullandık” gibi ifadelerle modelleri hakkında iletişimde bulunmuşlardır. Bu tür konuşmalar her bir grubun modelinin yaptıkları seçimlere göre farklı olabileceğinin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Saat	7:00 - 9:00	9:00 - 11:00	11:00 - 13:00	13:00 - 15:00	15:00 - 17:00	17:00 - 19:00	19:00 - 21:00	21:00 - 23:00	23:00 - 01:00	01:00 - 03:00	03:00 - 05:00	05:00 - 07:00
Tüketilen Elektrik Miktarı (watt)	140	250	100	60	120	120	800	90				
Toplam:	140	550	100	150	120	120	800	90				

Şekil 3. Bir Grubun Tüketilen Elektrik Miktarının Dağılımı Tablosu

Daha sonra öğrencilere grafik kağıtları (Ek 2) dağıtılmıştır. Bu grafik kağıtlarından her grupta bulunan iki öğrenciye de birer tane verilerek toplam tüketilen elektriğin zamana göre değişimi grafiğini grup elemanlarının her ikisinin de çizmesi istenmiştir. Bu aşamada öğrenciler matematiksel modellerini grafik şeklinde temsil etmişlerdir. Çizim sürecine başlamadan önce dağıtılan grafik kağıtlarında eksnelere hangi isimlerin verileceği tartışılmıştır. Öğretmen “Bu grafik toplam enerjinin zamana göre değişimi olduğuna göre x ve y eksenlerine hangi değişkenler gelmelidir ve neden?” sorusunu sınıfa yöneltmiştir. Bu süreçte öğrenciler bağımlı ve bağımsız değişkenin ayrımına kolaylıkla vararak zaman değişkeninin bağımsız olduğunu ve bu nedenle x ekseninin zamanı göstermesi gerektiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde toplam enerjinin zamana göre değiştiğini ve bu nedenle de y

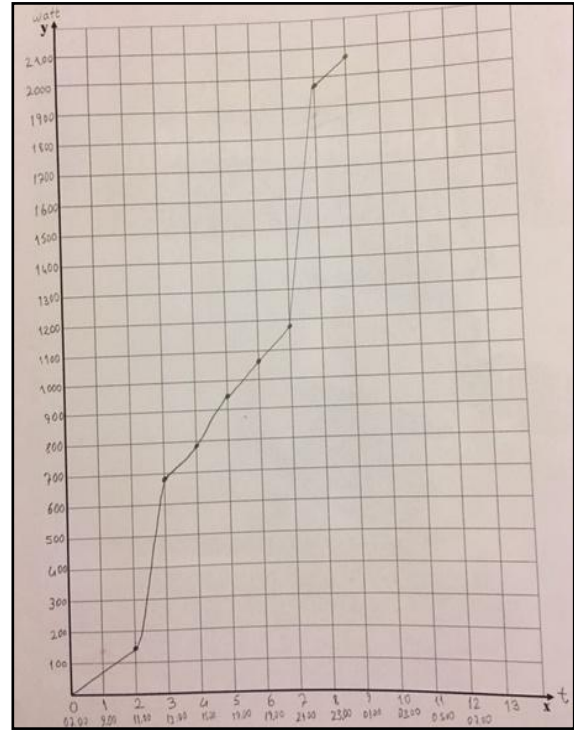
eksenine verilecek isim olması gerektiğine karar vermişlerdir.

Öğrenciler, ikinci soruda oluşturulan tablodan yararlanarak tüketilen enerjinin zamana göre değişim grafiğini çizmişlerdir. Bu süreçte bazı gruplar onlara çalışma kağıdında yapılan uyarıyı (Zaman eksenini oluştururken saat sabah 7'yi 0 olarak kabul ediniz.) dikkate almadıkları için grafik çizmekte zorlanmışlardır. Bazı gruplar ise grafikte yer alması gereken noktalara karar vermekte zorlanmışlardır. Özellikle toplam tüketilen elektrik yerine (birikimli toplam) doğrudan zaman aralıklarında tüketilen elektrik miktarını temel alarak grafik oluşturmaya başlayan gruplar olmuştur. Öğretmen sınıfa sabah saat 7'yi sıfır olarak kabul etmeleri ve grafik noktalarını belirlerken gün içinde tüketilen toplam elektrik miktarını belirlemeleri konusunda uyarıda bulunmuştur. İlk uygulamadan edinilen deneyimle, etkinlik kağıdının ikinci sorusunda bulunan tabloya "Birikimli toplam" başlıklı üçüncü bir satır eklenmiştir. Üçüncü soruya da bu satırdan grafik çizimlerinde yararlanmaları yönünde bir açıklama eklenmiştir. Dört öğrenci ile yapılan ikinci uygulamada, grafik çiziminde ek bir açıklama yapmaya gerek kalmamış ve öğrenciler grafiklerini başarı ile oluşturmuşlardır. Sadece, bir öğrenci eksenlerin numaralandırılmasında orantıya dikkat etmediği için öğretmen, eşit aralıklara eşit değer verilmesi konusunda hatırlatmada bulunmuştur. Şekil 3'te verilen tabloya ilişkin grafik Şekil 4'te sunulmuştur.

Bir sonraki aşamada öğrencilerden çalışma kağıdındaki dördüncü soruda yer alan tabloyu incelemeleri istenmiştir. Bu tabloya bakarak hangi seçeneği seçecekleri konusunda tahminde bulunmaları ve bunun sebebini yazmaları istenmiştir. Öğretmen tarafından daha önceden hazırlanan ve güneş paneli ile rüzgar türbininin avantaj ve dezavantajlarını içeren kağıt duvara asılmış ve isteyen grupların bu bilgileri gelip okuyabilecekleri belirtilmiştir. Bu kağıtta yer alan güneş panelinin avantajları şunlardır:

- Sadece kurulum maliyeti vardır.
- Deniz suyuna ve farklı hava koşullarına karşı dayanıklıdır.
- Üzerinde yürünebilir.
- Gürültü yapmaz.
- Hareketli parçası yoktur.

- Arada bir temizlemek yeterlidir.



Şekil 4. Toplam Tüketilen Elektrik Miktarının Zamana Göre Değişimi Grafiği

Güneş panelinin dezavantajları:

- Çok yer kaplarlar.
- Enerji üretmek için uygun sıcaklık ve güneş ışını gerekir.

Rüzgar türbininin avantajları:

- Sadece kurulum maliyeti vardır.
- Az yer kaplar, bir direk üzerine kurulur.
- Uygun koşullar varsa 24 saat elektrik üretebilir.
- Arada bir yağlamak yeterlidir. Özel bir temizlik gerekmez.
- Tamiri güneş paneline göre çoğunlukla daha ucuzdur.

Rüzgar türbininin dezavantajları:

- Hareketli parçaları vardır.
- Elektrik üretimi için düzgün rüzgar olması önemlidir.

Öğrencilerin güneş paneli ve rüzgar türbini arasında hangisini seçeceklerine dair ilk öngörüler sorulmuştur. Bazı gruplar rüzgar türbinini seçerken bazıları güneş panelini seçmişlerdir. Bu aşamada öğrencilerin tercihleri daha çok her iki yenilenebilir enerji kaynağının avantaj ve dezavantajlarına

dayanmıştır. Örneğin bir grup, rüzgar türbini seçme nedenlerini Şekil 5’te görüldüğü gibi rüzgar türbininin tamirinin daha ucuz olmasına dayandırmıştır. Bir diğer grup ise Şekil 6’da verilen açıklamalarında görüldüğü üzere güneş panelinin daha güvenli olması nedeniyle bu kaynağı seçtiklerini belirtmiştir. Rüzgar türbininin hareketli parçaları tehlike oluşturabilmektedir.

İlk öngörü ve sebebi:
Rüzgar Türbini günlük kullanımı daha kolay tamiri daha ucuz.

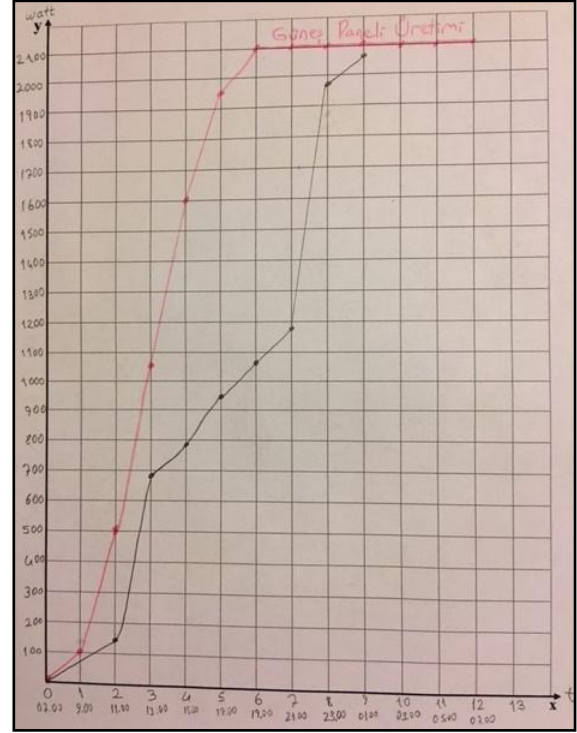
Şekil 5. Bir Grubun Enerji Kaynağı Tercihine İlişkin İlk Öngörüsü

İlk öngörü ve sebebi: Güneş paneli elektrik üretimi kullanımını güvenli.

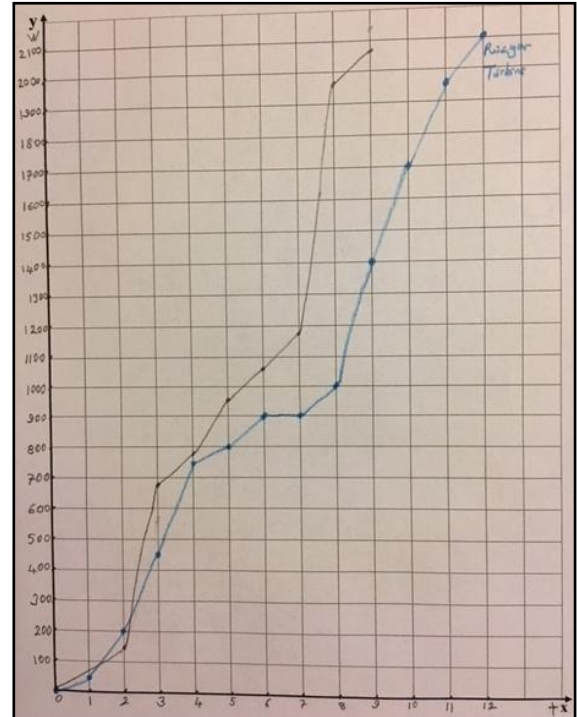
Şekil 6. Bir Diğer Grubun Enerji Kaynağı Tercihine İlişkin İlk Öngörüsü

Öğrencilerin oluşturdukları elektrik tüketim modellerini baz alarak bir enerji kaynağı seçmelerini sağlamak amacıyla sorulan beşinci soru kapsamında, elektrik üretim grafikleri çizilmiştir. Bu grafiklerin yorumlanmasının istendiği altıncı sorunun amacı ise matematiksel modelleme sürecinin “matematiksel çözüm” ve “çözümü gerçek yaşama uyarlama” basamaklarının gerçekleşmesidir. Gruplar, bu grafikleri kullanarak, oluşturdukları matematiksel modelin hangi enerji kaynağı ile uyumlu olduğunu belirleyebilecekler, diğer bir deyişle, en başta sorulan probleme bir çözüm bulabileceklerdir. Ayrıca bu çözümün ne anlama geldiği tartışılarak çözümün gerçek yaşam durumundaki anlamı ortaya koyulabilecektir. Gerekli durumda ise matematiksel modelde değişiklik yapılabilecektir.

Uygulanan etkinlik kapsamında, grup üyeleri daha önce elektrik tüketim grafiğini çizmişlerdi. Beşinci soruda, bir grup üyesinin rüzgar türbinini diğer üyenin de güneş panelini seçmesi istenerek önlerinde bulunan grafik kağıtlarına elektrik üretim grafiklerini çizmeleri istenmiştir. Şekil 4’te “Toplam Tüketilen Elektrik Miktarının Zamana Göre Değişimi Grafiği” paylaşılan grubun, rüzgar türbini ve güneş panelinin ürettiği elektrik miktarını gösteren grafikleri sırasıyla Şekil 7 ve Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 7. Bir Grubun Güneş Paneli Elektrik Üretim Grafiği



Şekil 8. Bir Grubun Rüzgar Türbini Elektrik Üretim Grafiği

Öğrenciler elektrik üretim grafiklerini çizdiğinde, onlara şimdi grafiklere bakarak hangi yenilenebilir enerji kaynağını tercih ettikleri sorulmuştur (altıncı soru). Her bir grup kendi grafiklerini yorumlayarak, kendi modelleri ile uyumlu olan enerji kaynağını

belirlemiştir. Bu aşamada bir sınıf tartışması yapılmış, öğrencilerin çözümlerini gerekçeleri ile birlikte tüm sınıf arkadaşlarıyla paylaşmaları istenmiştir.

Şekil 7-8'de grafikleri sunulan grubun oluşturduğu elektrik tüketim modeli, rüzgar türbini ile uyumlu değildir çünkü tüketilen enerji çoğu zaman üretilen enerjiden fazladır. Güneş panelinde ise, üretilen enerji tüketilen enerjiyi karşılamaktadır. Bu grubun altıncı soru için verdiği yanıt Şekil 9'da görülmektedir.

6) Oluşturduğumuz grafiklere göre hangi enerji kaynağını tercih etmelisiniz? Sebebini yazınız. Bu aşamada dilerse elektrik tüketiminde değişikliklere gidebilirsiniz.
Güneş enerjisini tercih etmeliyim çünkü güneş enerjisini kullanırsanız tüketilen enerji üretilen enerjiden uz.

Şekil 9. Bir Grubun Yenilenebilir Enerji Kaynağı Tercihi ve Nedeni

Bu aşamada öğrencilere gerekli ise modellerinde değişiklik yapabilecekleri hatırlatılmıştır. Bir grup dışında modelinde değişiklik yapan grup olmamıştır. Bu grubun yaptığı değişikliğe ilişkin açıklama Şekil 10'da sunulmuştur. Bu grup, sabah saatlerinde kullanmayı planladıkları 210 watt enerjisi 100 watta düşürerek modeli kullanışlı hale getirmiştir.

6) Oluşturduğumuz grafiklere göre hangi enerji kaynağını tercih etmelisiniz? Sebebini yazınız. Bu aşamada dilerse elektrik tüketiminde değişikliklere gidebilirsiniz. Değişiklik yaptıysanız yaptığınız değişiklikleri ve sebebini de yazınız.
Güneş enerjisi tek bir saat dışında herhangi bir sıklığa sokmadı. Sabah saatlerinde bir saat değişiklik yaptık. Sebepi de gerekli olanın 210 watt olması gerekirken 100 watt olmasıdır.

Şekil 10. Bir Grubun Modellerini Değiştirmelerine İlişkin Açıklaması

Sınıf tartışması sırasında grupların modellerinin ve buna bağlı olarak çözümlerinin farklılaştığı ortaya çıkmıştır. Günlük yaşamda karşımıza çıkan matematiksel durumların birden fazla cevabı olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca, yapılabilecek tercihlerde, matematiğin karar verme aşamalarına nasıl yardımcı olabileceği tartışılmıştır.

Sınıf uygulaması sonrasında etkinliğin matematiksel boyutunun zenginleştirilebileceği düşünülmüş ve çalışma kağıdına güneş panelinin elektrik üretimini temsil eden fonksiyon yazılmasını isteyen yedinci soru eklenmiştir. Dört öğrenci ile yapılan ikinci uygulamada, öncelikle öğrencilere doğrusal fonksiyonun genel formülü ve formüldeki parametrelerin anlamı sorulmuştur. Öğrenciler

doğrusal fonksiyonun genel formülünün $f(x)=ax+b$ olduğunu söylemişler ancak a ve b 'nin anlamını tam hatırlamadıklarını belirtmişlerdir. Konuyu öğrenmelerinin üzerinden yaklaşık 4 ay geçtiği için, öğretmen a 'nın doğrunun eğimini b 'nin ise doğrunun y eksenini kesen değer olduğunu hatırlatmıştır. Öğrenciler, 12. saatten sonra elektrik üretiminin $f(x)=2100$ ile temsil edilebileceğini ifade etmişlerdir. Öncesi için ise grafikteki her bir çizgi için ayrı ayrı fonksiyon yazılabileceğini ama bunun çok zor ve uğraştırıcı olacağını belirtmişlerdir. Bunun üzerine, grafiğin ilk değeri olan $(0,0)$ ile 12. saatteki değeri olan $(12,2100)$ noktalarını birleştirerek, üretimin genel eğilimini veren bir fonksiyon yazmaları istenmiştir. Oluşturulan doğrunun görsel olarak 0-12 saatleri arasındaki üretimi temsil ettiği, diğer noktaların yaklaşık ortasından geçtiği tartışılmıştır.

Fonksiyonlar belirlendikten sonra grup tartışması yapılarak parametrelerin anlamları incelenmiştir. Burada geçen tartışma aşağıda verilmiştir. Öğretmen "Ö" ile, öğrenciler Ö1, Ö2, Ö3 ve Ö4 ile ifade edilmiştir.

Ö: $f(x)=175x$ fonksiyonunda parametrelerin anlamı nedir?

(Yanıt yok.)

Ö: 175'i nasıl buldunuz?

Ö4: [Yaptıkları üçgen çizimini göstererek] yüksekliği genişliğe böldük.

Ö: Bu ne ifade ediyor elektrik üretimi açısından?

Ö3: Ortalama olarak saatte 175 watt elektrik üretiyor.

Ö: Bir saatte üretilen ortalama elektrik miktarı. Peki bu a parametresi. Diğer parametre nedir?

Ö2: Sıfır.

Ö: Anlamı nedir?

Ö1: Başlangıçta hiç elektrik yoktu.

Benzer şekilde sorgulama yapılarak $f(x)=2100$ fonksiyonunda eğimin sıfır olduğu ve gece hiç elektrik üretilmediği tartışılmıştır. Ö3 ve Ö4 tarafından yedinci soruya verilen yanıt Şekil 11'de verilmiştir.

aynız.
 $f(x)=175x+0$ $f(x)=2100$
175 saatlik ortalama elektrik üretiminiz.
Öise günün başlangıcında elimizde hiç elektrik enerjimizin olmadığını
12. saatten sonra elektrik üretimi duruyor. Grafiğin eğimi 0'dır.

Şekil 11. Bir Grubun Fonksiyon Parametreleriyle İlgili Açıklaması

Son olarak, dört öğrenciye etkinlikte beğendikleri ve beğenmedikleri noktalar sorulmuştur. Öğrenciler etkinliği yaparken eğlendiklerini ve etkinliğin matematiğe bakış açılarına olumlu katkı yaptığını belirtmiştir. Örneğin bir öğrenci (Ö4) “Eğlendik ve matematiğin günümüzdeki yerini ve gerekliliğini görmüş olduk” yorumunu yapmıştır. Beğenmedikleri noktalar olarak; hikayenin çok uzun olduğunu, fonksiyon yazmakta zorlandıklarını ve dördüncü sorudaki “ilk öngörü ve sebebi” sorusunun gereksiz olduğunu ifade etmişlerdir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu makalede, öğrencilerin matematiksel modelleme sürecinin tüm basamaklarını deneyimledikleri bir etkinlik paylaşılmıştır. Öğrenciler iki ders saati boyunca etkinlik üzerinde ilgiyle çalışmışlar, günlük yaşamdan kaynaklanan bir probleme matematiksel model üreterek bir çözüm bulmuşlar ve buldukları çözümü yorumlamışlardır. Sınıf içi yapılan gözlemler, öğrencilerin etkinliğin konusu olan yenilenebilir enerji kaynakları hakkında bilgilerinin ve enerji kullanımında tasarruf etmeyle ilgili farkındalıklarının da arttığına işaret etmektedir. Matematiksel modellemenin gerek matematiğin kendi içinde gerekse diğer alanlarda kullanımının önemi (Bliss vd., 2014; Erbaş vd., 2014) göz önünde bulundurulduğunda, makalede paylaşılan etkinliğin matematiksel modelleme alanında yürütülen çalışmalara katkı sağlayacağı söylenebilir. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda bu tür etkinlikleri kullanabilirler. Diğer yandan, bu tür etkinliklerin artması ve paylaşılmasıyla birlikte matematiksel modellemenin okullarda anlamlı öğretilmesi veya matematiğin modelleme kullanılarak öğretilmesi süreçleri gelişerek yaygınlaşabilir.

Bu uygulamada edinilen deneyimler temelinde ileride etkinliği kullanacak olan eğitimcilere bir takım önerilerde bulunulabilir. Öncelikle, her ne kadar bu etkinliğin uygulandığı il, denize kenarı olan bir il olsa da öğrencilerin çoğunun tekne ve yelkenilik kültürüne yabancı oldukları gözlenmiştir. Bu nedenle uygulayıcıların bu konuda kısa bir araştırma yapmaları, en azından çalışma kağıdındaki ilk tabloda yer alan terimlerin anlamlarını öğrenmeleri tavsiye edilebilir. İkinci olarak, sınıf uygulamasında bazı öğrencilerin grafikte

yer alacak noktalara karar vermekte zorlandıkları gözlenmiştir. Bu gözleme dayanarak çalışma kağıdının ikinci sorusunda bulunan tabloya bir satır eklenmiştir. Uygulayıcılar grafiği oluştururken birikimli toplamın kullanılacağı konusuna vurgu yapabilirler. Son olarak, bu uygulamada bir grup hariç tüm gruplar oluşturdukları model ile uyumlu bir enerji kaynağını ilk seferde belirlemişlerdir. Oluşturulan elektrik tüketim modelinde değişikliğe giden sadece bir grup olmuştur. Farklı uygulamalarda modelde değişiklik yapma fırsatı oluşabilir. Uygulayıcılar önceden hazırladıkları bir modelin değiştirilmesini isteyebilirler.

Bu çalışmada, ikinci uygulamada fonksiyon yazılması istenerek birinci uygulamaya göre etkinliğin matematiksel boyutu zenginleştirilmiştir. Gelecekte yapılacak uygulamalarda etkinliğin matematiksel boyutu daha da derinleştirilebilir. Örneğin, öğrencilerden çizdikleri grafiklerin tümünün formüllerini bulmaları istenebilir. Veya, öğrenciler farklı aralıklarda belirledikleri doğrusal fonksiyonların eğimlerini karşılaştırabilirler ve bunun ne anlama geldiğini tartışabilirler. Matematiksel boyut ile ilgili olarak, etkinliğin ikinci uygulamasında öğrenciler aslında isim kullanmadan görsel olarak bir regresyon doğrusu oluşturmuşlardır. Gerçek yaşam verilerinin her zaman tam olarak bir fonksiyonla temsil edilmesinin mümkün olmadığı düşünülürse, regresyon kavramı lise matematik kazanımları arasına dahil edilebilir. Bu durumda teknolojiye yararlanarak regresyon doğrusunu belirlemek de tavsiye edilebilir.

Güncel ortaöğretim matematik programında matematiksel modellemenin önemine programın temel felsefesi ve genel amaçları bölümünde kısaca yer verilmiş ancak modelleme süreci detaylandırılmamıştır (MEB, 2018). Daha önce 2013 yılında yürürlükte olan matematik öğretim programında matematiksel modelleme şematik olarak verilmekte ve modelleme basamakları açıklanmaktaydı (MEB, 2013). Öğretmenler için temel başvuru kaynağı olan öğretim programında matematiksel modelleme gibi temel matematiksel becerilere daha çok yer verilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Bliss, K. M., Fowler, K. R., & Galluzzo, B. J. (2014). *Math modeling: Getting started and getting solutions*. Philadelphia, PA: SIAM. Retrieved from <http://m3challenge.siam.org/resources/modeling-handbook>
- Canter, D., Coffey, T., Huntley, M., & Missen, C. (2000). Predicting serial killers' home base using a decision support system. *Journal of Quantitative Criminology*, 16(4), 457-478.
- Cirillo, M., Pelesko, J. A., Felton-Koestler, M. D., & Rubel, L. (2016). Perspectives on modeling in school mathematics. In C. R. Hirsch & A. Roth McDuffie, (Eds.), *Annual perspectives in mathematics education: Mathematical modeling and modeling mathematics* (pp. 3-16). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Doruk, B. K., & Umay, A. (2011). Matematiği günlük yaşama transfer etmede matematiksel modellemenin etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 41, 124-135.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C., & Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representations in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-40). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lofgren, E. T., Collins, K. M., Smith, T. C., & Cartwright, R. A. (2016). Equations of the end: Teaching mathematical modeling using the zombie apocalypse. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 137-142.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2013). *Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2018). *Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı*. <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=343> adresinden erişildi.
- National Governors Association Center for Best Practices, Council of Chief State School Officers (2010). *Common core state standards for mathematics*. Retrieved from <http://www.corestandards.org/Math/Practice/>
- NGSS Lead States (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>.
- Orlob, G. T. (1983). One-dimensional models for simulation of water quality in lakes and reservoirs. In G. T. Orlob (Ed.), *Mathematical modeling of water quality: Streams, lakes and reservoirs* (pp. 227-273). New York, NY: John Wiley & Sons.

Kaynak Gösterme

- Erbilgin, E. (2018). Yelkenli teknede elektrik tüketimiyle ilgili bir matematiksel model oluşturma etkinliği. *Araştırma Temelli Etkinlik Dergisi*, 8(2), 86-98. <http://www.ated.info.tr/index.php/ated/issue/view/16> adresinden erişildi.

Ek 1

Çalışma Kağıdı

Güneş mi? Rüzgar mı?

Yenilenebilir Enerji: Tükenmeyen doğal kaynaklardan yararlanılarak üretilen enerjidir. Güneş, rüzgar, su yenilenebilir enerji kaynaklarına örnektir.

Problem: Yeni bir yelkenli tekne aldınız. Teknenizde yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmayı amaçlıyorsunuz. Maddi durumunuz günde ortalama 2100 watt elektrik üreten bir güneş paneli veya bir rüzgar türbini almaya yetmektedir. Hangi enerji kaynağını tercih edersiniz? Tercihinizin gerekçesini bir matematiksel model oluşturarak açıklayınız.

1) Öncelikle her denizci gibi teknede hangi elektrikli aletleri ne kadar kullanacağınıza karar vermelisiniz. Aşağıdaki tabloyu doldurarak elektrik tüketiminizi belirleyiniz. 2100 watt'ı geçmemeniz gerektiğini unutmayınız. Verilen elektrik miktarları yaklaşıktır.

Teknede Kullanılacak Elektrikli Aletler

Elektrikli Alet	Saatte Tüketilen Elektrik (watt)	Kullanım Süresi (saat)	Günlük Elektrik Tüketimi
Buzdolabı	60		
Buzluk	70		
Aydınlatma	120		
Televizyon	75		
Müzik Seti	50		
Laptop	50		
Fırın	1800		
Bulaşık makinesi	1800		
Çamaşır Makinası	800		
Ütü	2700		
Kahve Makinası	900		
Eletrikli vinç	1000		
Eletrikli Irgat	1000		
Navigasyon Cihazı	50		
Otopilot	60		
Hidrofor	120	0,5 saat	60
Toplam			

2) Enerji kullanımında önemli bir nokta elektriğin hangi saatlerde kullanılacağıdır. Aşağıdaki tabloyu doldurarak elektrik tüketiminizin zamana dağılımını belirleyiniz.

Tüketilen Elektrik Miktarının Dağılımı

Saat Aralığı	7:00 - 9:00	9:00 - 11:00	11:00- 13:00	13:00- 15:00	15:00- 17:00	17:00- 19:00	19:00- 21:00	21:00- 23:00	23:00- 01:00	01:00- 03:00	03:00- 05:00	05:00- 07:00
Tüketilen Elektrik Miktarı (watt)												
Toplam												
Birikimli Toplam												

3) Elektrik tüketiminizin gün içinde dağılımını daha iyi anlamak için size verilen grafik kağıdına “Toplam tüketilen elektriğin zamana göre değişimi” grafiğini çizin. Yatay eksen ve dikey eksen hangi değişkenler olmalıdır?

Zaman eksenini oluştururken saat sabah 7’yi 0 olarak kabul ediniz. Grafik oluştururken ikinci sorudaki tablonun son satırında bulduğunuz birikimli toplam değerlerini kullanınız. Noktalarınız (0,0), (2,birikimli toplam değeri 1), (4,birikimli toplam değeri 2) şeklinde olmalıdır.

4) Artık elektrik tüketiminiz belirlendi. Peki hangi enerji kaynağı sizin ihtiyacınız için daha uygundur? Aşağıdaki tablo, güneş paneli ve rüzgar gülü için tipik bir yaz gününde üretilebilecek ortalama elektrik miktarını göstermektedir. Tabloyu inceleyerek hangi enerji kaynağını seçmeniz gerektiği konusunda öngörde bulununuz, yanıtınızı tablonun altına yazınız.

Güneş Paneli ve Rüzgar Türbini Tarafından Üretilen Elektrik

Ölçüm Saati	Güneş Paneli Elektrik Üretimi (watt)	Rüzgar Türbini Elektrik Üretimi (watt)
07:00	0	0
09:00	100	50
11:00	500	200
13:00	1050	450
15:00	1600	750
17:00	1950	800
19:00	2100	900
21:00	2100	900
23:00	2100	1000
01:00	2100	1400
03:00	2100	1700
05:00	2100	1950
07:00	2100	2100

İlk öngörü ve sebebi:

5) Üretim ve tüketim arasındaki ilişkiyi daha net görebilmek için şu grafikleri oluşturunuz: Tüketim grafiğinin bulunduğu grafik kağıdının birisine güneş panelinin elektrik üretiminin grafiğini de çizin. Diğer tüketim grafiğine ise rüzgar türbini tarafından üretilen elektriğin grafiğini çizin.

6) Oluşturduğunuz grafiklere göre hangi enerji kaynağını tercih etmelisiniz? Sebebini yazınız. Bu aşamada dilerse elektrik tüketim modelinizde değişikliklere gidebilirsiniz. Değişiklik yaptıysanız yaptığınız değişiklikleri ve sebebini de yazınız.

7) Güneş panelinin elektrik üretimini temsil eden bir (veya daha çok) fonksiyon yazınız. Fonksiyondaki parametrelerin anlamını açıklayınız.

Ek 2

Grafik Kağıdı

