

ŞIRNAK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

Cilt: 3 • Sayı: 1 • Yıl: 2022

ISSN: 2667-7083

e-ISSN:2687-3796



**SIRNAK UNIVERSITY
JOURNAL OF SCIENCES**



FEN BİLİMLERİ DERGİSİ
JOURNAL OF SCIENCES

2022

Vol: 3 Number: 1 Year: 2022

ISSN: 2667-7083
e-ISSN:2687-3796

Şırnak Üniversitesi Adına Sahibi
Prof. Dr. Abdurrahim ALKIŞ

Editörler | Editors in Chief

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa RÜSTEMOĞLU
mustafa.rustemoglu@gmail.com

Dr. Öğr. Üyesi Cemil SADULLAHOĞLU
csadullahoglu@yandex.com.tr

Yardımcı Editör | Editorial Assistant

Dr. Öğr. Üyesi Metin ERTAŞ
metinertas@hakkari.edu.tr

Mizanpajcı

Dr. Öğr. Üyesi Cemil SADULLAHOĞLU

Yönetim Yeri | Head Office

Şırnak Üniversitesi Yayınları

Yeni Mahalle Cizre Caddesi

Mehmet Emin Acar Kampüsü 73000 ŞIRNAK

Tel : +90 486 216 82 41- web : www.sirnak.edu.tr - <https://dergipark.org.tr/sufbd>

Ekim 2022

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
Ahmet ALANLI	
Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Politikaların Değerlendirilmesi	1
Bedriye BİLİR	
Tarımsal Üretimde Bor (B) Kaynakları ve Borun Bitki Metabolizmasında Önemi	19
Ayşe Özge DEMİR	
Relationships Between Weather Data and Birth of Norduz Goats	33
Erhan ERSOY	
Monitoring of Train Location with Arduinio Based Control System	49

Araştırma Makalesi

Türkiye’de Enerji Verimliliğine Yönelik Politikaların Değerlendirilmesi

Ahmet ALANLI

Dicle Kalkınma Ajansı
alanliahmet@gmail.com

Received date / Gönderme tarihi: 24/01/2022

Accepted date / Kabul tarihi: 31/05/2022

ÖZET

Bu çalışmada, Türkiye’de enerji verimliliğine yönelik politikaların değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yöntem olarak literatür verilerinden elde edilen bilgiler çerçevesinde Türkiye’nin enerji verimliliği ile ilgili rakamları, dünya karşılaştırması ile birlikte verilmiş, enerji verimliliği ile ilgili yasal ve kurumsal yapı hakkında bilgiler sunulmuş, 1963 yılından buyana yayınlanan kalkınma planları üzerinden nitel bir analiz gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Literatür ve kalkınma planları üzerinden yapılan çalışma sonucunda, enerji verimliliği olgusunun önceleri enerji tasarrufu ile birlikte değerlendirildiği, 2007 yılından itibaren yasal zemine kavuşan enerji verimliliğinin strateji belgeleri ve eylem planları ile birlikte önemli bir mevzuat yapısına ulaştığı söylenebilir. Ayrıca, literatür bilgileri ve nitel veri analizinde enerji verimliliği olgusunun, enerji politikasının önemli bir bileşeni olarak yer aldığı ileri sürülebilir. Ancak, yasal ve kurumsal yapıda yaşanan gelişmelere rağmen henüz enerji verimliliği rakamlarının istenilen düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimliliği; Türk Enerji Verimliliği Politikaları; Enerji’nin Görünümü

Evaluation of Policies for Energy Efficiency in Turkey

ABSTRACT

In this study, it is aimed to evaluate the policies for energy efficiency in Turkey. As a method, within the framework of the information obtained from the literature data, Turkey's energy efficiency figures are given together with the world comparison, information about the legal and institutional structure related to energy efficiency is presented, a qualitative analysis has been tried to be carried out on the development plans published since 1963. As a result of the study conducted on the literature and development plans, it can be said that the phenomenon of energy efficiency was previously evaluated together with energy saving, and energy efficiency, which has gained legal

ground since 2007, has reached an important legislative structure with strategy documents and action plans. In addition, it can be argued that energy efficiency is an important component of energy policy in literature and qualitative data analysis. However, despite the developments in the legal and institutional structure, it has been determined that the energy efficiency figures are not yet at the desired level.

Keywords: Energy Efficiency; Turkish Energy Efficiency Policies; The Energy Outlook

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde, nüfusun artışı, kentleşmenin yaygınlaşması, sanayileşmenin ve teknolojik gelişmelerin hızlanması, ulaşım araçlarının artması, şehirleşme ile konutların, büyük binaların artması, daha konforlu yaşam seviyesine ulaşılması, enerjiye olan talebi artırmaktadır. Çünkü enerjinin, ısınmadan iklimlendirmeye, elektrik üretiminden buhar üretimine, küçük ev aletlerinden büyük fabrikalara, havaalanlarından limanlara, hastanelerden otellere hayatın tüm alanlarında çok etkili bir şekilde kullanım sahası bulunmaktadır. Dünya üzerinde enerji talebinin önemli bir kısmı halen çevreye zarar veren, yakın zamanda tükenen fosil bazlı enerji kaynaklardan karşılanmaktadır.

Hayatın her alanında kullanılan enerji, ekonomik büyümenin sağlanması açısından önemli bir etken olduğunu söylemek mümkündür. Enerji ile ekonomik büyüme arasında yapılan çalışmalarda, ekonomik büyüme ile enerji tüketiminin iki yönlü olarak birbirlerini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. 1972-2002 dönemi için 82 ülkeyi kapsayan araştırmada, ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü bir ilişki olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Huang ve ark., 2008). Türkiye özelinde ise 1970-2006 dönemini kapsayan çalışmada aynı sonuç ortaya konulmuştur (Erdal ve ark, 2008). Ayrıca sektörel enerji tüketimi ile kişi başına düşen milli gelir arasındaki ilişkiyi 132 ülkenin verileri kapsamında değerlendiren başka bir çalışmada, enerji tüketiminin kişi başına düşen milli geliri olumlu yönde etkilediği ileri sürülmüştür (Koç, 2020).

Enerji, ısı, mekanik, elektrik, manyetik, nükleer gibi formlarda bulunarak bir işi meydana getirme ve harekete geçirme becerisi olarak tanımlanmaktadır (Çakır, 2019:20). Doğada meydana gelen fiziksel, kimyasal tüm olayların oluşumu ya da başka formlara dönüşümü enerji sayesinde gerçekleşir. Enerjiyi ortaya çıkaran kaynaklar genel olarak yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynaklar olarak iki grupta incelenmektedir. Oluşum süreci çok uzun zaman alan petrol, doğalgaz, kömür gibi doğal kaynaklar, yenilenemeyen kaynaklar olarak adlandırılmaktadır. Güneş, rüzgâr, dalga, hidrolik enerji, bitkisel ve hayvansal atıklar ile jeotermal kaynaklar ise yenilenebilir enerji kaynakları olarak tarif edilmektedir. Ayrıca enerji ile ilgili yazında birincil ve ikincil enerji kaynakları kavramları kullanılmaktadır. Petrol, doğalgaz,

kömür, güneş, rüzgâr birincil enerji kaynağı olarak ifade edilirken, bu kaynaklardan üretilen elektrik, ısı, benzin, buhar gibi enerjiler ikincil enerji kaynakları olarak değerlendirilmektedir.

Yenilenemeyen kaynaklardan olan fosil yakıtların yakın gelecekte tükenme risklerinin yanında, çevreyi ve atmosferi kirletmesi ve iklim değişimine olumsuz etkisi nedeniyle tüketimlerinin azaltılması yönünde tedbirler alınmaya başlanmıştır. Güneş, rüzgâr ve dalga gibi çevre dostu yenilebilir enerji kaynaklarının, enerji arzındaki payları halen düşük seviyededir. Bu kapsamda, enerji tüketimini azaltmaya ve birim başına daha fazla fayda sağlamaya yönelik enerji verimliliği kavramı, yenilebilir enerji ile birlikte alternatif enerji kaynağı olarak görülmeye başlamıştır.

En ucuz ve temiz enerji kaynağı olarak değerlendirilen enerji verimliliği konusunda yapılacak akademik çalışmaların, uygulayıcılara ve politika yapıcılara öneriler sunması ve yol göstermesi açısından önemlidir. 1980-2021 döneminde, JSTOR, ScienceDirect, Wiley, Taylor&Francis, Springer, SSRN ve Dergi Park veri tabanlarında yayınlanmış makaleler üzerinde yapılan nitel araştırma sonucunda, enerji verimliliğini arttırmaya yönelik arz ve talep yönlü faktörlerin incelemesi yapılmıştır (Naimoğlu ve Akal, 2021). Aynı çalışmada, arz tarafından çevreye duyarlı ve yeni teknolojileri kullanılan enerji üretimi ile talep tarafından devlet teşvikleri, hibeleri ile bilinçlendirmenin enerji verimliliği artırmanın önemli faktörleri olduğu ileri sürülmüştür.

Yağcı ve Sözen tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'nin enerji verimliliği performansı, 2015-2017 dönemi verilerine göre 18 Avrupa Ülkesi ile karşılaştırıldığında genel ortalamanın altında olduğu tespit edilmiş ve eylem planlarının devreye alınması, enerji verimliliği hususunda bilinçlendirmenin yaygınlaştırılması önerilmiştir (Yağcı ve Sözen, 2021). Taşçı ve arkadaşları ise 1990-2019 dönemi içeren veriler doğrultusunda yaptıkları araştırmada Türkiye'de enerji verimliliğinin, kaynakların daha az kullanılması ile artırılamayacağı, Türkiye ekonomisinin büyümesi için tasarruf yerine daha fazla enerji kullanımına ihtiyacı olduğu ortaya konulmuştur. Aynı çalışmada, fiyat artışlarının enerji tüketiminin azaltılması yönünde bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, yazarlar, enerji verimliliği sağlanması için kaynakların daha etkin ve verimli kullanılması, kayıp-kaçak oranının azaltılması, yeni teknolojilerin kullanılması ve halkın bilinçlendirilmesinin gerektiğini önermektedir (Taşçı ve ark., 2021).

Uzun ve değirmen Enerji yönetim sistemi ve araçlarının sanayi işletmelerin enerji verimliliğine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, Enerji Yönetim Sistemi ve araçlarının ile

yıllık enerji maliyetleri %5 ile %20 arasında düşürdüğü sonucuna ulaşmışlardır (Uzun ve Değirmen, 2018).

Sağbaş ve Başbuğ, enerji verimliliği konusunda başarılı olan ülkelerin politikalarında, yerli enerji kaynakları kullanılmasının, israf edilmemesinin, dışa bağımlılığın azaltılmasının, enerjinin etkin kullanılmasının ve çevreye duyarlı üretiminin önemli amaçlar arasında sayıldığını belirtmektedir (Sağbaş ve Başbuğ, 2018). Koçaslan, Enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemeleri üzerinden yaptığı çalışmada, Türkiye'nin yasal düzenlemelerinin, Avrupa Birliği'nin enerji verimliliği düzenlemeleri ile paralel olduğu bulgusuna ulaşmıştır (Koçaslan, 2014).

Literatürde enerji verimliliği ile ilgili çalışmaların ağırlıklı olarak nicel araştırma deseni yöntemleri yapıldığına rastlanmıştır. Enerji verimliliği politikası, yasal düzenlemeleri üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olduğu söylenebilir. Kalkınma planları üzerinden enerji verimliliğinin incelenmesinin özgün bir çalışma olarak literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, enerjinin dünyadaki ve Türkiye'deki görünümü hakkında bilgiler verilecek, enerji verimliliği ve enerji yoğunluğu kavramı ile Türkiye'nin enerji verimliliği konusundaki hukuksal ve yönetim yapısı hakkında derlemeler yapılacaktır. Uygulama kısmında ise Türkiye'de enerji verimliliği ile ilgili kalkınma planlarında derinlemesine analiz gerçekleştirilecek, Türkiye'nin enerji verimliliği ile uluslararası karşılaştırmalar yapılacak, sonuçları ile ilgili tartışma yürütülecektir.

1.1. Dünya Enerji Arzı ve Enerji Talebi Görünümü

Dünya genelinde, enerjiye olan talep yıllar geçtikçe artmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının verilerine göre 1973 yılında 6 trilyon Ton Eşdeğer Petrol (TEP) olan birincil enerji arzı, 2018 yılında 14,2 trilyon TEP seviyesine yükselmiş, aynı yıllar itibariyle %86,7 olan fosil yakıtların oranı 2018 yılında %81,3 olarak belirlenmiş, artışın önemli kısmının fosil bazlı yakıtlardan karşılandığı tespit edilmiştir (IEA, 2020). Küresel düzeyde üretilen enerjinin en çok hangi ülkeler tarafından tüketildiği Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca aynı tabloda, enerji tüketim verisi sunulan ülkelerin karbondioksit salınımı ile ilgili verileri yer almıştır. Karbondioksit salınımı, dünyanın çevresine en çok zarar veren ülkelerin durumunu ortaya koyması açısından önemli bir veridir.

Tablo 1'de elde edilen veriler ışığında, dünya enerji tüketiminde, Çin ile ABD'nin en büyük paya sahip olduğu, Türkiye'nin payının ise %1,1 olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan,

çevreye zarar veren ülkeler sıralamasında önemli bir ölçüt olan karbondioksit salınımı oranında, enerji tüketiminde başı çeken Çin ve ABD'nin önde yer aldığı görülmektedir.

Tablo 1 2019 yılı dünya birincil enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı payları (Anonim, 2021h)

Ülkeler	Enerji Tüketimi Dünyadaki Pay (%)	Karbondioksit Salınımı Dünyadaki Pay (%)
Çin	24,3	28,8
ABD	16,2	14,5
Hindistan	5,8	7,3
Rusya	5,1	4,5
Japonya	3,2	3,3
Kanada	2,4	1,6
Almanya	2,3	2
Brezilya	2,1	1,3
İngiltere	1,3	1,1
Türkiye	1,1	0,5
Diğer	36,2	35,1
Toplam	100	100

Bir ülkenin gelişmişlik düzeyini ölçme açısından kişi başına düşen enerji tüketim oranı önemli bir göstergedir. Yurdakul, 1980-2015 döneminde Türkiye'nin büyüme oranı ile kişi başına düşen enerji tüketimi üzerine yaptığı çalışmada, ekonomik büyüme ile kişi başına düşen enerji tüketimi arasındaki doğrusal ilişkiyi ortaya koymuştur (Yurdakul, 2018). Tablo 1'de belirtilen ülkelerin kişi başına düşen enerji tüketimi oranlarına bakıldığında, Kanada 9 TEP, ABD 6.85 TEP, Rusya 4,87 TEP, Almanya 3,74 TEP, Japonya 3, 51 TEP, İngiltere 2,77 TEP, Çin 2,34 TEP, Türkiye 1,85 TEP, Brezilya 1,4 TEP ve Hindistan 0,57 TEP olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2021h). Kişi başına düşen enerji tüketiminden Kanada ile ABD'nin diğer ülkelerden net bir şekilde farklılaştığı ve daha iyi konumda olduğu görülmüştür. Türkiye'nin kişi başına düşen enerji tüketimi 2019 yılı itibariyle ABD, Kanada, Almanya, Rusya, Japonya gibi ülkelerin gerisinde yer almıştır.

1.2. Enerji Verimliliği ve Enerji Yoğunluğu

1970'li yıllarda petrol fiyatlarının aşırı yükselmesi ve krize neden olması, uluslararası ilişkilerde avantaj sağlamak için enerjinin bir araç olarak kullanılmasına yol açmıştır (Adaçay, 2014:89). 1970'li yıllarda ülkeler genelde, enerji verimliliği ile ilgili daha az enerji tüketme ve kaynakların israfını önleme çalışmaları yürütmüşler, 1980'li yıllardan sonra enerji yönetiminde, enerji verimliliği uygulamaları etkin rol almaya başlamıştır (Kavaz, 2019). Enerji verimliliği, sera gazı azaltımı ve enerjiye yönelik maliyetlerin düşürülmesi amacıyla geliştirilen politikalar,

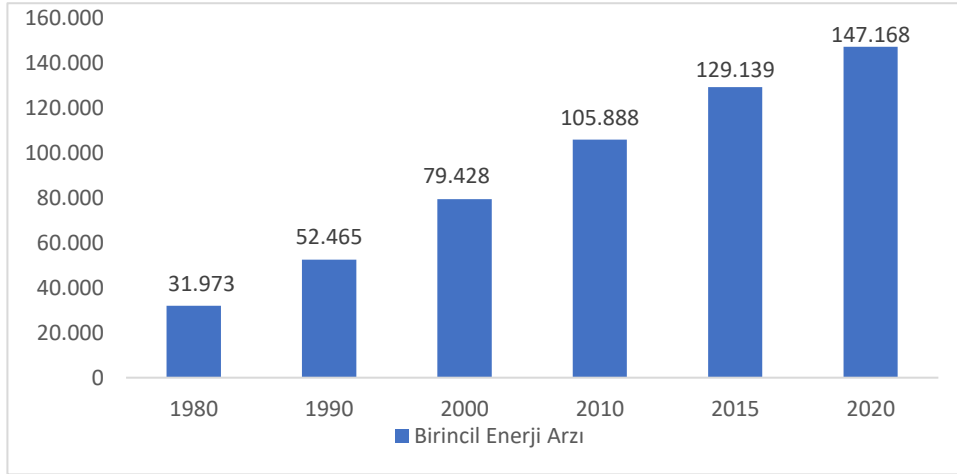
stratejiler ve yeni teknolojileri kapsayan çalışmalar olarak tanımlanmakta (Ganda ve Ngwakwe, 2014; Kavaz ve Karagöl, 2019), sürdürülebilir kalkınmanın (Türkoğlu ve Kardoğan, 2017) ve enerji arz güvenliğinin sağlanmasında önemli bir faktör olduğu değerlendirilmektedir (Gillingham ve ark., 2009; IICEC, 2020). Daha genel bir ifade ile enerji verimliliği ile enerji arz güvenliği, ekonomik gelişme ve rekabet etme yeteneği açısından bir avantaj sağlarken, çevrenin korunmasında ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kolaylaştırıcı rol oynamaktadır (Öztürk, 2013).

Enerji verimliliğın tüm dünya da en önemli ölçüm ve göstergesi enerji yoğunluğudur. Enerji yoğunluğu, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla'nın elde edilmesi için gerekli olan enerji miktarı olarak tanımlanmaktadır. Enerji yoğunluğu düşük olan ülkeler, daha yüksek düzeyde enerji verimliliği ile üretim gerçekleştirmekte olup gelişmişlik düzeyi daha iyi konumda olduğu varsayılmaktadır (Bavbek, 2015). 1970'li yıllarda dünya genelinde uygulanan politikalar neticesinde, özellikle gelişmiş ülkeler enerji yoğunluğunu düşürürken, enerji verimliliği ile ilgili çalışmaları, iklim değişikliği ile mücadelenin stratejik bir enstrümanı olarak değerlendirmişlerdir (Geller ve ark., 2006).

Enerji verimliliği ile enerji tasarrufu zaman zaman birbirleri yerine kullanılan ancak farklı olan kavramlardır. Enerji verimliliği, enerji tasarrufu kavramından daha geniş bir kavramı ifade etmektedir (Öztürk, 2013). Enerji verimliliği, üretirken ya da tüketirken ilave teknolojilerle kullanılan enerji miktarını azaltma olarak tanımlanırken, enerji tasarrufu ise belirli tedbirler, önlemler ya da davranış değişiklikleri ile enerji miktarının düşürülmesidir (Oikonomou ve ark., 2009). Başka bir anlatımla, enerji tasarrufu yoluyla enerji tüketimi azaltılırken, kaliteden, konfordan, üretim miktarından ödün verilirken, enerji verimliğinde aynı miktar ürün, hizmet ya da kalite, yani aynı iş, daha düşük enerji ile ortaya konulmaktadır.

1.3. Türkiye'nin Enerji Görünümü

Türkiye'nin nüfusu, ekonomik büyüklüğü, şehirleşmesi, sanayileşmesi arttıkça, enerjiye olan talepte artmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere, 1980 yılında 31,9 milyon TEP olan birincil enerji arzı, 2020 yılında 147,1 milyon TEP seviyesine ulaşmıştır. 2020 yılında 83,6 milyon olan Türkiye nüfusunun 2050 yılında 93,4 milyon (Anonim, 2021e) seviyesine çıkacağı öngörülürü dikkate alındığında, enerjiye olan talebin daha da artması beklenebilir. Türkiye'nin enerji talebi ile ilgili yapılan bir araştırmada, 2040 yılına ait enerji talebi öngörüsü 220,8 milyon TEP olarak hesaplanmaktadır (IICEC, 2020). Söz konusu veriler ışığında, Türkiye'nin enerji talebinin daha da artacağını öngörmek doğru olacaktır.



Şekil 1 Bin TEP cinsinden Türkiye'nin yıllar itibariyle birincil enerji arzı (Anonim, 2021f)

Türkiye'de enerjiye olan talebi karşılamak için ortaya konulan enerji arzının nereden ve hangi kaynaklardan temin edildiği, iklim değişikliği ile mücadelede ve dışa bağımlılıkta önemli bir etkidir. Çünkü enerji fiyatının ve enerji arz temininde savaşlar ve ikili anlaşmazlıklar nedeniyle ortaya çıkabilecek konular, arz güvenliliğini tehdit ederken, çevreye zararlı gazlar salan fosil yakıtlar, iklim değişikliğini olumsuz etkilemektedir.

Tablo 2'de Türkiye'nin enerji arzındaki ithalat oranı %80'lerde, fosil yakıtlar oranı ise %90'lar düzeyinde olup oldukça yüksek seviyede ilerlemektedir. Türkiye'nin enerji verimliliği ile ilgili geliştireceği politikaların ilk aşamada enerjiye olan talebi azaltması gerekmektedir.

Tablo 2 Türkiye birincil enerji arzında ithalat ve fosil yakıtlar oranı (Anonim, 2021f)

Yıllar	İthalat Oranı (%)	Fosil Yakıtlar Oranı (%)
2000	69	95
2010	80	93
2015	86	96
2020	78	89

Enerji verimliliğine yönelik politikalar geliştirilirken, arz edilen enerjinin sektörel bazda dağılımını göz önünde bulundurmak önemlidir. 2020 yılı itibariyle Türkiye'de enerjinin %32,2'si sanayi, %23,8'i ulaşım, %22,7'si konut, %9,9'u ticaret ve hizmetler, %4,3'ü tarım ve hayvancılık ve %6,7'si diğer sektörler olarak dağılım göstermektedir (Anonim, 2020f).

1.4. Türkiye'nin Enerji Verimliliği ile İlgili Rakamları

Dünya genelinde, enerji verimliliği ile ilgili en yaygın kullanılan ölçütler enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi verileridir. Tablo 3'te gösterildiği üzere, 2000

yılında 0,192 olan Türkiye'nin enerji yoğunluğu, 2019 yılı itibariyle 0.145 seviyesine gerilemiştir. Uluslararası karşılaştırma yapmak adına, 2019 yılı itibariyle enerji yoğunluğu, AB'de 0.088, OECD ülkelerinde 0.105, Dünya'da ise 0.172 olarak belirlenmiştir. Diğer yandan bir ülkedeki refah düzeyini belirlemesi açısından önemli bir gösterge olan kişi başına düşen enerji tüketimi, 2000 yılında 1.19 TEP iken, 2019 yılında 1.73 TEP seviyesine yükselmiştir.

Tablo 3. Türkiye'de enerji yoğunluğu ve kişi başına düşen enerji tüketimi (Anonim, 2021f)

Yıl	Enerji Yoğunluğu	Kişi başına Düşen Enerji Tüketimi (TEP)
2000	0,192	1,19
2005	0,169	1,27
2010	0,172	1,43
2015	0,149	1,64
2019	0,145	1,73

Enerji verimliliği ile başka bir çalışma Amerika Enerji Verimli Ekonomi Konseyi'nin (ACEEE) 2018 yılı raporudur. The 2018 International Energy Efficiency Scorecard (2018 yılı Uluslararası Enerji Verimliliği Puan kartı) adlı raporda Türkiye dahil 25 ülkenin uyguladıkları enerji verimliliği politikalarına göre karşılaştırma yapılmaktadır. Seçilen 25 ülkenin puanları, enerji verimliliği ile ilgili ulusal iyileşmeler, konut, sanayi ve ulaşım sektörü sınıflandırmaları üzerinden verilmektedir. Ulusal iyileştirmeler sınıflandırmasında, enerji yoğunluğu harcamalarındaki değişim, enerji verimliliği harcamaları, enerji tasarrufu hedefleri, termik santrallerin verimliliği, destekler ve teşvikler, Ar-Ge harcamaları, EVD şirketler pazarının büyüklüğü ve verilerin erişilebilirliği kriterleri, Konut sektöründe, binalar için uygulanan standartlar, etiketlemeler, binalar ve ticari işletmelerde enerji yoğunluğu, binaların enerji verimliliğini güçlendirme politikaları kriterleri, Sanayi sektöründe, Ar-Ge yatırımları, enerji yoğunluğu oranı, gönüllü anlaşmaların performansı, teşvikler, zorunlu enerji denetimleri, minimum verimlilik kriterleri, ulaşım sektöründe ise araçların yakıt ekonomisi standartları, kişi başına düşen araç sayısı, toplum taşımaya yapılan yatırımlar ve yük taşımacılığında enerji yoğunlukları gibi kriterler dikkate alınmıştır (ACEEE, 2018)

Tablo 4. 2018 yılı Uluslararası enerji verimliliği puan durumu (ACEEE, 2018)

Sıra No	Ülkeler	Puan	Sıra No	Ülkeler	Puan
1	Almanya	75,5	14	Polonya	51
2	İtalya	75,5	15	Hindistan	50,5
3	Fransa	73,5	16	Türkiye	50
4	İngiltere	73	17	Endonezya	45

Sıra No	Ülkeler	Puan	Sıra No	Ülkeler	Puan
5	Japonya	67	18	Avustralya	40,5
6	İspanya	65,5	19	Ukrayna	38
7	Hollanda	65	20	Brezilya	36,5
8	Çin	59,5	21	Rusya	34,5
9	Tayvan	57	22	Tayland	29
10	Kanada	55,5	23	Güney Afrika	23,5
11	ABD	55,5	24	BAE	18
12	Meksika	54	25	Suudi Arabistan	16,5
13	Güney Kore	52,5			

1.5. Türkiye’de Enerji Verimliliği Politikasının Yasal ve Kurumsal Çerçevesi

Türkiye’de enerji politikası ile ilgili düzenlemeler ve eşgüdüm Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın (ETKB) merkez teşkilatında yer alan Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı (EVÇED) görev alanına girmektedir (Anonim, 2021g). EVÇED’in öncülü olarak değerlendirilebilecek Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) 1935 yılında kurulmuş, 1964 yılında ETKB’ne bağlanmış, 1981 yılında ise kurumun görevine enerji kaynaklarının daha verimli kullanması görevi eklenmiştir (Büyükmihçi, 2010). Enerji verimliliği ile ilgili çalışmalar 2011 yılına kadar EİE, 2011-2019 yılları arasında Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) 2019 yılından itibaren ise 2019 yılında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesine göre Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’na bağlı olarak kurulan EVÇED tarafından sürdürülmektedir.

Enerji verimliliği ile ilgili konular, enerjinin tasarruf edilmesi, daha az tüketilmesi kapsamında Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (BİBYKP) yer almış, 1964 yılında elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmasına yönelik bakanlar kurulu kararı alınmıştır (Anonim, 2021a). Ancak bu karar, teknolojik yenilikler ve ilave yatırımlar yoluyla, kalite, miktar ve konfordan ödün vermeden tüketimin azaltılması olarak ifade edilen enerji verimliliğinden daha çok enerji kullanım davranışının değiştirilmesi ile tüketimin azaltılması olarak ifade edilen enerji tasarruf olgusuna daha yakındır. Ancak, yine de enerji tasarrufu ile ilgili bir hususun gündeme gelmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Enerji verimliliği ile ilgili en temel politika belgesi 2007 yılında çıkarılan 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunudur (EVK). Söz konusu kanun çıkarılmadan önce enerji verimliliği politikasına yönelik birtakım düzenlemeler gerçekleştirilmiştir. 2007 yılında çıkarılan EVK,

önceki düzenlemeleri de kapsayacak şekilde bütüncül bir anlayışla, enerji verimliliği konusunda önemli bir politika belgesidir (Keskin, 2007:107). EVK'nın amacı, “Enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılması” olarak belirlenmiştir (Anonim, 2021b). Enerji verimliliği kanunundan sonra, enerji verimliliği ile ilgili politikaya yönelik düzenlemeler, strateji belgeleri ve eylem planları, politika çerçevesini geliştirmektedir (IICEC, 2020). Sanayi, konut, ulaştırma ve enerji sektörlerine yönelik kararlar, genelgeler, yönetmelikler, tebliğlerle birlikte, 2012 yılında Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023, 2018 yılında Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı-UEVEP (2017-2023) yayınlanmıştır. Diğer yandan, ETKB'nin son 10 yıldır yayınladığı stratejik planlarda enerji verimliliği temalar ve amaçlar arasında yer alarak, Türkiye'nin gündemine etkin bir şekilde yerleşmiştir.

Yapılan düzenlemelerle birlikte, binalarda ısı yalıtım standardı (TSE 825), karbon ayak izini ve enerji tüketimini sınıflandıran Enerji Kimlik Belgesi (EKB), konutlarda kullanılan elektrik ev aletlerine yönelik A ve üzeri etiketlemeler hayata geçirilmiştir. Ayrıca, binalarda, sanayi tesislerinde belirli enerji tüketimini gerçekleştirenler için enerji yöneticisi, enerji yöneticisi birimi, etütlerin ve danışmanlık hizmetlerin yürütülmesi için enerji verimliliği danışmanlık şirketleri (EVD), kamu binalarının enerji tasarrufu için 15 yıla kadar performans sözleşmeleri imzalama imkânı gibi enerji verimliliğini artırıcı yenilikler getirilmiştir (Keskin ve Güven, 2020).

Türkiye'deki enerji sektörüne yönelik en güncel politika milli enerji ve maden politikasıdır. Politikanın amacı, enerji arzının güvenliği, yerlileşme, piyasanın öngörülebilirliğidir (Karagöl ve Tur, 2017). Söz konusu politikanın, arz güvenliğinin sağlanması başlığı altında, ülke ve kaynak çeşitlendirmesi, doğalgaz ve petrol depolama tesisleri, sisteme doğalgaz sağlama kapasitesi, iletim-dağıtım altyapısı ve son olarak enerji verimliliği yer almaktadır. Politikanın enerji verimliliği ile ilgili hedefi, var olan kaynakları daha rasyonel kullanarak, dışa bağımlılığın ve cari açığın azaltılması olup 8,4 milyar dolarlık tüketimin düşürülmesi planlanmaktadır (Karagöl ve ark., 2017).

Enerji verimliliği ile ilgili diğer bir güncel politika belgesi ise 2018 yılına yayınlanan UEVEP'dir. Eylem planı çerçevesinde bina ve hizmetler, enerji, ulaştırma, sanayi ve teknoloji, tarım ve yatay konular olmak üzere toplam 6 kategoride tanımlanan 55 eylem ile, 2023 yılında Türkiye'nin birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması hedeflenmiş, 10,9 milyar USD'lik yatırım ile 23,9 milyon TEP tasarruf sağlanması öngörülmüştür (Anonim, 2021c). Ayrıca, söz

konusu eylem planının takibi ve koordinasyonu için çok sayıda paydaşın yer aldığı Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı İzleme ve Yönlendirme Kurulu (UEVEPIYK), ETKB bünyesinde 2019 yılında faaliyet başlamıştır (Anonim, 2021d).

2. METOTLAR

Bu çalışmada, verilerin toplama yöntemi olarak nitel araştırma yöntemi tercih edilmiştir. Nitel araştırmalar, gözlem, görüşme ve belge ile elde edilen veriler yoluyla, inceleme konusu durumun anlamlandırma sürecini ifade etmektedir (Yıldırım ve Şimşek, 2016).

Çalışmada öncelikli olarak konuya ilişkin literatür taraması yapılmış, ilgili ulusal ve uluslararası politika belgeleri incelenmiştir. Çalışmada, nitel veri toplama usullerinden, yazılı dokümanların incelenmesi seçilmiştir. 1963 yılından itibaren yayınlanan kalkınma planları taranmış, elde edilen veriler, içerik ve betimsel analiz yöntemi ile derinlemesine incelenmiştir.

3. BULGULAR

Bu bölümde, kalkınma planlarında enerji verimliliği ilgili veriler sunulmuştur.

3.1. Kalkınma Planlarında Enerji Verimliliği

Türkiye’de ekonomik, sosyal ve kültürel kalkınmanın merkezi bir plan çerçevesinde düzenlenmesi ve izlenmesi için 1963 yılından buyana beş yıllık kalkınma planları oluşturulmaktadır. Kalkınma planları, kamu kesim için zorunlu olurken bu planların özel kesim için teşvik edici ve yol gösterici niteliği bulunmaktadır. Kalkınma planlarının, enerji verimliliği ile ilgili hususların kamu kurum ve kuruluşları tarafından ne zaman gündeme alındığı, hangi amaçla ele alındığı enerji verimliliği ile ilgili politikaların yönünün anlaşılmasında önemli ip uçları sunma potansiyeli bulunmaktadır.

3.1.1. Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1963-1967)

BİBYKP, 1963-1967 yılları arasındaki dönemi kapsamaktadır. Planda, enerji verimliliği kavramı ile ilgili olarak enerjinin tasarrufu kavramına vurgu yapılmıştır. Enerji tasarrufu enerji politikasının bir bileşeni olarak planda yer almış, yakıt türlerinin, ısıtma ve pişirme araçlarının tiplerinin değiştirilerek uygun maliyetli ve sağlığa zararsız enerjinin üretilmesi tedbirleri öngörülmüştür. İlgili planda, enerji verimliliği ile ilgili politika şu şekilde belirtilmiştir. *“Tüketenlerin yüksek verimli araçlar kullanması ile enerji tasarrufu teşvik edilecektir”* (Anonim, 2021i). Enerji tasarrufu ve enerji verimliliği vurgusu ile birlikte, *“tezeğin ve orman ürünlerinin yakıt olarak kullanılmasının önüne geçilmesi”* hedef olarak belirtilmiştir (Anonim, 2021i). Bu planda, enerji verimliliği ile birlikte, çevrenin korunmasının da dikkate alındığı öne

sürülebilir. Türkiye'nin enerji arzının ve talebin karşılanmasına yönelik politikaların içerisinde, enerjinin verimliliği olgusunda ilk planda yer almasının önemli olduğu söylenebilir.

3.1.2. İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1968-1972)

İkinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (İBYKP), odun ve tezek gibi ticari olmayan yakıtların kullanım oranının, petrol, linyit, kömür gibi ticari yakıtların kullanımına göre azalması olumlu bir gelişme olarak vurgulanmaktadır. Bu plan döneminde enerji ile ilgili önemli politika, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve enerji talebine karşılanması olarak öne çıkmaktadır (Anonim, 2021i). Enerji verimliliği ile ilgili olarak plan metninde doğrudan bir vurgu yapılmadığı tespit edilmiştir.

3.1.3. Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1973-1977)

Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında (ÜBYKP), ikinci plan döneminde yaşanan durgunluk nedeniyle enerji kaynaklarının çeşitlendirilemediği, dış kaynaklara olan bağımlılığın devam ettiği vurgulanmış, yerli linyit, taş kömürü, doğalgaz ve petrol kaynaklarına ulaşılması uzun dönem hedefi olarak belirlenmiştir (Anonim, 2021i). Enerji verimliliği kavramı doğrudan plan içerisinde yer almamıştır. Bu plan döneminde, enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yerli enerji kaynaklarının keşfine yönelik çalışmalar daha öne alınmıştır.

3.1.4. Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1979-1983)

Dördüncü Beş Yıllık Kalkınma Planında (DBYKP), bir önceki plan döneminde alınan tedbirlerin, kalkınma için gerekli olan enerjinin kaliteli ve uygun bir maliyetli bir şekilde karşılanmasında yetersiz kaldığı belirtilmiştir. Türkiye'de içinde yeni enerji kaynakları ile yeterli sahanın açılmadığı, mevcut sahaların ise verimliliğinin düşük olduğu vurgulanmıştır. Enerji verimliliği ile ilişkili olan enerjinin rasyonel ve tasarruflu kullanımı ile ilgili yeterli gelişmenin sağlanamadığı metin içinde yer almıştır. Bu planda, enerji verimliliği kavramı doğrudan vurgulanmamış, rasyonel ve tasarruflu enerji kullanımı ile ilgili hedef şu şekilde vurgulanmıştır. “Enerji tüketiminin her aşamasında tasarruflu ve rasyonel kullanım ilkesine uyularak gerekli önlemler alınacaktır (Anonim, 2021i).

3.1.5. Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1985-1989)

Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (BEBYKP), enerjinin verimliliği kavramı doğrudan yer almamakla birlikte ilkeler ve politikalar kısmında enerji verimliliği ile ilgili olarak enerjinin üretiminde ve tüketiminde “rasyonalizasyon”, “tasarruflu kullanım”, “kayıpların azaltılması”, “üretim verimliliğinin artırılması”, “kamuoyunun bilinçlendirilmesi”, “teşvik ve

eğitim” kavramlarına yer verilmiş, metin içerisinde aşağıdaki şekilde vurgulanmıştır (Anonim, 2021i).

“Üretimden tüketime kadar her aşamada rasyonalizasyon ve tasarruf ilkelerine uyulması...”

“Kısa vadede talebin yönetimini amaçlayan enerji tasarrufu ile uzun vadede üretim verimliliğinin artırılması ve dağıtım kayıplarının azaltılmasını amaçlayan rasyonalizasyona gereken önem ve öncelik verilecek, tasarruf ve rasyonalizasyon, enerji kaynaklarının etüd proje safhasından üretimine ve nihai kullanımına kadar tüm aşamalarda ele alınacak, tasarruf sağlayıcı yeni teknolojilerin uygulanması desteklenecektir. Nihai kullanım aşamasında enerji tasarrufu, kamuoyunun bilinçlenmesi, eğitim ve teşvik yoluyla sağlanacaktır”

3.1.6. Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1990-1994)

Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planında (ABYKP), yerli enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve yeni sahaların açılması, enerji arz güvenliğinin sağlanması, doğalgaz kullanımının yaygınlaştırılması enerji sektörü öncelikli hedefler arasında yer almıştır. Bu plan döneminde enerji verimliliği konusu ilkeler ve politikalar kısmında *“Üretimden tüketime kadar bütün safhalarda enerji kaynaklarının uygun teknolojilerle, verimli şekilde kullanılması sağlanacak, enerji tasarrufuna yönelik projeler desteklenecek ve teşvik edilecektir”* olarak vurgulanmıştır” (Anonim, 2021i).

3.1.7. Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (1996-2000)

Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (YBYKP), önceki planlarda belirtilen tedbirlere rağmen kişi başına birincil enerji tüketimi ile elektrik tüketim değerlerinin gelişmiş ülkelerin önemli oranda gerisinde olduğu vurgulanmış, elektrik dağıtım şebekelerindeki kayıp ve kaçak oranının önemli sorun olduğu belirtilmiştir. Bu planda, enerji verimliliği konusunda neden önem verilmesi ile ilgili önemli bir vurgu yapılmış ve ilgili bölüm amaçlar, ilkeler ve politikalar alt başlığında *“Yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması ve tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanacaktır”* (Anonim, 2021i) şeklinde yer almıştır.

3.1.8. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (2001-2005)

Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planında (SBYKP), kişi başına enerji tüketimin oranının ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleme noktasında yetersiz kaldığı, birim başına enerji tüketimine karşılık üretim miktarı ve bolluk seviyesini artırmanın daha doğru bir ölçüt olduğu

vurgulanmış, enerji verimliliğine yönelik politika, tedbir ve ilkelerin yürürlüğe konulmasında yetersiz kaldığı tespiti yapılmıştır (Anonim, 2021i). Bu planda, enerji verimliliği ile ilgili olarak “...üretimden tüketime kadar her aşamada enerji kaynaklarının en rasyonel şekilde değerlendirilmesi, verimli ve tasarruflu kullanılması esastır” ilkesi temel amaç olarak belirtilmiştir (Anonim, 2021i).

3.1.9. Dokuzuncu Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (2007-2013)

Dokuzuncu Kalkınma Planında (DKP), yapısal düzenlemeler ve ekonomik istikrarın etkisiyle birçok alanda verimlilik konusunda artış yaşanmasına rağmen diğer faktörlerin yanında enerji sektöründe yeni teknolojilerin istenilen düzeyde olmaması, kayıp-kaçak oranının yüksek olması nedenleri ile verimlilik artışında diğer ülkelerin gerisinde olduğu vurgulanmıştır (Anonim, 2021i). Başka bir ifade ile enerji sektöründe enerji verimliliği konusunda kaydedilecek olan ilerlemeler, Türkiye'nin verimlilik artışına önemli katkısı olacağı söylenebilir. Enerji verimliliği bu kalkınma planında enerji politikasının bir bileşeni olarak “Enerji talebi karşılanırken çevresel zararların en alt düzeyde tutulması, enerjinin üretimden nihai tüketime kadar her safhada en verimli ve tasarruflu şekilde kullanılması esastır” ilkesi şeklinde belirtilmiştir (Anonim, 2021i).

3.1.10. Onuncu Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (2014-2018)

DKP döneminde, enerji verimliliği konusu EVK ile yasal bir zemine kavuşmuş, 2012 yılında Enerji Verimliliği Strateji Belgesi ile 2023 yılına kadar enerji verimliliğinin önemli bir ölçütü olan enerji yoğunluğu oranının %20 azaltılması hedefi ortaya koyulmuştur. Önceki plan döneminde olduğu gibi Onuncu Kalkınma Planı (OKP) döneminde enerji verimliliği, enerji politikasının önemli bir bileşeni olarak metin içerisinde yer almış ve şu şekilde vurgulanmıştır: “... ekonominin enerji yoğunluğunu azaltmayı destekleyen... rekabetçi bir enerji sistemine ulaşılması temel amaçtır” (Anonim, 2021i). Bu planda ilk defa enerji verimliliği ile rakamsal bir hedef belirtilmiş, 2013 yılında 0.272 TEP/1000 USD olan enerji yoğunluğunun 2018 yılında 0,243 TEP/1000 USD seviyesine çıkarılması vurgulanmıştır (Anonim, 2021i).

3.1.11. On Birinci Kalkınma Planında Enerji Verimliliği (2019-2023)

On Birinci Kalkınma Planında (OBKP), enerji verimliliği ile ilgili politikalar ve tedbirleri önceki kalkınma planlarından farklı olarak sektörel bazda ayrıntılı bir şekilde vurgulandığı tespit edilmiştir.

Kalkınma planında, “imalat sanayiinde enerji verimliliği artırılacaktır” şeklinde belirtilen politikanın gerçekleştirilmesi için “verimsiz motorların değiştirilmesi”,

“kojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması”, “örnek verimliliği uygulamalarının tanıtımı ve yaygınlaştırılması”, “enerji verimliliği projeleri yarışmalarının düzenlenmesi”, “enerji verimli bölgesel ısıtma ve soğutma sistemlerinin yaygınlaştırılması”, “verimlilik artırıcı proje uygulama süreçlerinin iyileştirilmesi”, “Enerji Yönetim Birimi ve ISO 50001 Enerji Yönetim Sisteminin kurulmasının desteklenmesi” tedbirler arasında sayılmıştır (Anonim, 2021i).

Sanayi sektörünün haricinde, konut sektörüne yönelik olarak “mevcut binalarda enerji verimliliğini teşvik edici desteklemeler...”, ulaşım sektöründe “liman operasyonlarında enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik Yeşil Liman uygulamalarının desteklenmesi”, elektrikli makineler ve beyaz eşya sektöründe ise “Elektrikli makineler ve beyaz eşya sektöründe enerji verimliliğinde artış sağlayıcı faaliyetler yoluyla sektörde yerli üretim geliştirilecektir” şeklinde politikalar belirlenmiştir. Ayrıca, Kalkınma ajanslarının destek mekanizmasında enerji verimliliğine öncelik verileceği hususunda vurgu yapılmıştır (Anonim, 2021i).

4. SONUÇLAR

Enerji verimliliği, çevrenin korunması, ekonomi üzerindeki maliyetin azaltılmasının en ucuz ve temiz yolu olarak değerlendirilmektedir. Dünya genelinde çevreye zarar veren fosil yakıtlarının birincil enerji arzındaki %80’ler düzeyinde ve yüksek seyretmektedir. Türkiye’deki durumda benzer olup 2020 yılı verilerine göre, birincil enerji arzının %78’i, ithal edilmekte ve %89’luk kısmı ise fosil bazlı enerjilerden oluşmaktadır.

Dünyanın enerji tüketimi ve karbondioksit salınımı paylarına bakıldığında, enerji tüketim payı %24,3, karbondioksit salınım payı %28,8 olan Çin hem enerji tüketiminde hem de zararlı gazların çevreye salınımında lider ülke konumundadır. Türkiye’nin dünya genelinde enerji tüketim payı %1,1 ve karbondioksit salınım payı %0,5 olup diğer ülkelere olanla düşük seviyede kalmaktadır.

Türkiye’de 2007 yılında çıkarılan EVK ile enerji verimliliğine yönelik politikaların hız kazandığı, ikincil düzenlemelerle yasal ve kurumsal yapısında ilerlemeler olduğu tespit edilmiştir. Türkiye’de enerji politikası ile ilgili düzenlemeler ve koordinasyon ETKB merkez teşkilatında yer alan EVÇED tarafından yerine getirildiği belirlenmiştir.

Kalkınma planlarında yapılan incelemede, enerji verimliliği politikasının enerji tasarrufu kavramı ile BİBYKP kapsamına dahil olduğu sonraki İBYKP ve ÜBYKP döneminde ise yeni enerji sahalarının açılmasının ve kaynakların çeşitlendirilmesinin daha fazla önceliklendirildiği belirlenmiştir. DBYKP’de enerji verimliliği politikasına enerji tasarrufu kavramı ile birlikte rasyonelizasyon kavramı dahil olmuştur. BEBYKP ile birlikte önceki

planlarda enerji tasarrufu ve rasyonalizasyon daha çok tüketicinin tüketiminde vurgulanırken, bu plandan itibaren üretimde ve tüketimde rasyonalizasyon ve enerjinin tasarrufu önemli bir politika olarak belirlenmiştir. Enerji verimliliği konusunun BEBYKP ile birlikte kapsamının genişlediğini söylemek mümkündür. Nitekim, YBYKP’de enerji verimliliği artırmanın, Türkiye’nin dışa bağımlılığını ve çevre zararlarını azaltmada önemli bir etken olduğu vurgulanmıştır. Diğer yandan sadece OKP’de enerji verimliliği ile ilgili nicel bir hedef belirtmiş ancak sonraki kalkınma planında nicel hedef vurgulanmamıştır

OBKP’de ilk defa sektörel olarak detaylı bir şekilde enerji verimliliği ile ilgili politikalar ve tedbirler yer almıştır. Bu durum aynı dönemde yayımlanan UEVEP ile paralellik göstermektedir. 2018 yılında ilan edilen UEVEP kapsamına 55 eylem planı ile enerji tüketiminin azaltılması ve enerji verimliliğinin artırılması hedeflenmiştir. UEVEP’e göre 2023 yılına kadar birincil enerji tüketiminin %14 azaltılması, 10.9 milyar USD’lik yatırım ile 23.9 milyon TEP tasarruf elde edilmesi hedeflenmektedir.

Kalkınma planları genel olarak değerlendirildiğinde son kalkınma planına kadar enerji verimliliği ile ilgili olarak genel düzeyde bahsedildiği, politikaların uygulanabilmesi için gerekli olan tedbirlerin yüzeysel olarak vurgulandığı söylenebilir. Bu durum, ülkelerin enerji verimliliğine yönelik çalışmaları karşılaştıran ACEEE’nin raporunda ortaya konulan sonuç ile örtüşmektedir. Nitekim sözkonusu raporda ülkelerin politika gelişmelerinin sıralandığı listede Almanya 75.5 olan puan ile listenin başında yer alırken Türkiye 50 puan ile oldukça düşük performans sergilemiştir (ACEEE, 2018).

Enerjinin önemli kısmını ithal eden, yani enerji de dışa bağımlı olan Türkiye’nin, enerji zengini ülkelere oranla daha fazla bir şekilde gayret göstermesi gerekmektedir. Söz konusu hedeflere ulaşmak için toplumun tüm kesiminin, başta kamu kesimi olmak üzere politikaları benimsemesi, yükümlülükleri yerine getirmesi gerekmektedir.

Enerji arzının ekonomik, sosyal, ulusal güvenlik gibi çok farklı boyutu olan bir olgu olup yapılan politikaların eşgüdümünün sağlanması, finansman erişiminin kolaylaştırılması ve enerji verimliliği ile ilgili verilerin anlık ve şeffaf bir şekilde sunulması için Cumhurbaşkanlığına bağlı ve tüm kurumlara etki edebilecek bir organizasyon yapısına gidilmesi, hedeflere ulaşılmasına katkı sunacaktır.

Türkiye’de OBKP ile ilk defa sektörel politikalar ve tedbirler belirlenmiştir. UEVEP’İN eylem planı ile elde edilen ilerlemeleri sektörel olarak derleyerek dönemsel

olarak kamuoyuna sunması politikanın etkin kullanılmasına önemli katkı sağlayacağı söylenebilir.

Bu çalışma, nitel veri analiz yöntemlerinden olan belge incelemesine dayanmaktadır. Enerji verimliliği politikalarının uygulama safhasındaki etkisini değerlendirmek için paydaşlarla ile görüşme yöntemiyle ayrı bir bilimsel araştırma yapılması, politikada yaşanan gelişme ile ilgili farklı yönlerin ortaya çıkarılmasına yardımcı olabilir.

KAYNAKÇA

- Adaçay, F.R. (2014). Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 87-103
- American Council for an Energy Efficient Economy-ACEEE (2018). The 2018 International Energy Efficiency Scorecard. <https://www.aceee.org/research-report/i1801>, Erişim Tarihi:10 Aralık 2021
- Anonim (2021a). T.C. Resmî Gazete, 14.05.1964 tarih ve 11703 sayı, 6/3054 nolu Bakanlar Kurulu Kararı, <https://www.resmigazete.gov.tr/>. Erişim Tarihi:16 Aralık 2021
- Anonim (2021b). T.C. Resmî Gazete, 02.05.2007 tarih ve 26510 sayı, "5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu", <https://www.resmigazete.gov.tr/>. Erişim Tarihi:16 Aralık 2021
- Anonim (2021c). T.C. Resmi Gazete, 02.01.2018 tarih ve 30289 sayı, 2017/50 Sayılı YPK Kararı, "Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı 2017-2023", <https://www.resmigazete.gov.tr/>. Erişim Tarihi:16 Aralık 2021
- Anonim (2021d).T.C. Resmi Gazete, 07.12.2019 tarih ve 30971 sayı, 2019/17 Sayılı Cumhurbaşkanlığı Genelgesi, "Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı İzleme ve Yönlendirme Kurulu", <https://www.resmigazete.gov.tr/>. Erişim Tarihi:16 Aralık 2021
- Anonim (2021e).<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Cevre-ve-Enerji-103>. Erişim Tarihi:19 Aralık 2021
- Anonim (2021f).<https://enerji.gov.tr/enerji-isleri-genel-mudurlugu-denge-tablolari>. Erişim Tarihi:15 Aralık 2021
- Anonim (2021g).<https://enerji.gov.tr/evced>. Erişim Tarihi:15 Aralık 2021
- Anonim (2021h). Statistical Review of World Energy 2020, <https://www.bp.com/content/>. Erişim Tarihi:10 Kasım 2021
- Anonim (2021i).<https://www.sbb.gov.tr/kalkinma-planlari/>.Erişim Tarihi:12 Aralık 2021
- Bavbek, G. (2015). Türkiye'de Enerji Verimliliğini İyileştirmeye Yönelik Olanaklar. Ekonomi ve Dış Politika Merkezi, <https://edam.org.tr/>, Erişim Tarihi:10 Aralık 2021,
- Büyükmihçi, M.K. (2010). Söyleşi: EİE Genel Müdürü M.K.Büyükmihçi. *Standard Dergisi*, 575, 64-68.
- Çakır, B. (2019). Karaman İlinde Yenilenebilir Enerji Uygulamaları. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 19-49
- Erdal, G., Erdal, H., Esengün, H.(2008). The Causality Between Energy Consumption and Economic Growth in Turkey. *Energy Policy*, 36, 3838-3842
- Ganda, F. & Ngwakwe CC (2014). Role of Energy Efficiency on Sustainable Development. *Environmental Economics*, 5(1), 86–99.
- Geller, H., Harrington P., Rosenfeld, A.H., Tanishima, S., Unander, F. (2006). Policies for Increasing Energy Efficiency: Thirty Years of Experience in OECD Countries. *Energy Policy*, 34(5), 556-573.
- Gillingham, K., Newell, R.G., Palmer, K. (2009). Energy Efficiency Economics and Policy. *Annual Review of Resource Economic*, 1, 597-620.

- Huang, B., Hwang, M.J., Yang, C.W.,(2008). Causal Relationship Between Energy Consumption and GDP growth Revisited: A Dynamic Panel Data Approach. *Ecological Economics*, 67, 41-54
- International Energy Agency-IEA, (2020). Key World Energy Statistic 2020. <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>, Erişim Tarihi: 18 Aralık 2021
- İstanbul International Centre For Energy and Climate-IICEC. (2020). Turkey Energy Outlook 2020. <https://iicec.sabanciuniv.edu/tr/teo>, Erişim Tarihi:17 Aralık 2021
- Karagöl, E. T., & Tur, M. R (2017). Türkiye'de Elektrik Enerjisi. *Seta Yayınları*, (s 47).
- Karagöl, E. T., Kavaz, İ., KAYA, S., Özdemir, B. Z.(2017).Türkiye'nin Milli Enerji ve Maden Politikası.*Seta Yayınları* (s 15).
- Kavaz, İ. (2019). Sürdürülebilirlik Politikaları Çerçevesinde Enerji Verimliliği. *Seta Yayınları*, (s 12).
- Kavaz, İ., &Karagöl, E. T. (2019). Dünya'da ve Türkiye'de Enerji Verimliliği. International Congress of Energy Economy and Security, 13-14 Kasım, İstanbul, S: 217-225
- Keskin, T. (2007). Enerji Verimliliği Kanunu ve Uygulama Süreci. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 48(569), 106-112
- Keskin, T., &Güven, A. (2020). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Verimliliği. Türkiye'nin Enerji Görünümü 2020 (ed), *Makine Mühendisleri Odası-MMO*, MMO/717, ANKARA
- Koç, Ü. (2020). Sektörel Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 55(1), 508-521
- Koçaslan, G.(2014). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Mevzuatı, Avrupa Birliği'ndeki Düzenlemeler ve Uluslararası-Ulusal Öneriler. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15 (2), 117-133
- Naimoğlu, M., & Akal, M. (2021). Enerji Verimliliği Üzerine Arz ve Talep Yönlü Genel Bir Bakış. *Verimlilik Dergisi*, 3, 3-20
- Oikonomou, V., Becchis, F., Steg, L., Russolillo, D. (2009). Energy Saving and Energy Efficiency Concepts for Policy Making. *Energy Policy*, 37(11), 4787-4796 .
- Öztürk, İ. (2013). Energy Dependency and Energy Security: The Role of Energy Efficiency and Renewable Energy Sources. *The Pakistan Development Review*, 52(4), 309–330.
- Sağbaş, A., & Başbuğ, B., (2018). Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 1 (2), 43-50
- Uzun, A., & Değirmen, M. (2018). Endüstriyel İşletmelerde Enerji Verimliliği ve Enerji Yönetimi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 83-97
- Taşçı, H., Ağırlioğlu, S., Sönmüş, A., Aydın, K. (2021). Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Performansı. *Euroasia Journal of Social Sciences & Humanities*, 8(2), 156-166
- Türkoğlu, S.P. &Kardoğan, P. S. O. (2017). The Role and Importance of Energy Efficiency for Sustainable Development of the Countries. *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium*, 15-17 Mart, Dubai, s:53-60
- Yağcı B. E., Sözen A. (2021). Türkiye'nin Enerji Verimliliği Etkinlik Analizi. *Politeknik Dergisi*, 1(1)
- Yıldırım, A. &Şimşek, H., (2016), “Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri”.*Seçkin Yayıncılık*,
- Yurdakul, F. (2018). Kişi Başına Enerji Tüketimi ile Büyüme Oranı Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği. *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 29(107), 49-76.

Alanlı, A. (2022). Türkiye'de Enerji Verimliliğine Yönelik Politikaların Değerlendirilmesi. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 01-18.

Alanlı, A. (2022). Evaluation of Policies for Energy Efficiency in Turkey. *Sırnak University Journal Of Science*, 3(1), 01-18.

Derleme/Review

Tarımsal Üretimde Bor (B) Kaynakları ve Borun Bitki Metabolizmasında Önemi Bedriye BİLİR^{1*}

¹ Şırnak Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şırnak
bbilir@sirnak.edu.tr,

Received date / Gönderme Tarihi: 06/04/2022

Accepted date / Kabul Tarihi: 31/05/2022

ÖZET

Bor (B) bitkiler tarafından çoğunlukla borik asit (B(OH)₃) formunda alınan mikro besin elementidir. Bor, noksanlık ve toksisite durumlarının ortaya çıkması ile bitkide fizyolojik ve metabolik sorunlara neden olarak verim ve kaliteyi düşürmektedir. Yıkanmanın fazla, organik maddenin az olduğu kumlu topraklarda ve pH ile kireç içeriğinin yüksek, adsorpsiyon kapasitesinin fazla olduğu killi topraklarda bor noksanlığı yaygın olarak görülmektedir. Noksanlık durumunda borun %90'ından fazlasının bulunduğu hücre duvarı olumsuz etkilenir ve dolayısıyla bitkinin sağlıklı büyümesi engellenir. Bor noksanlığı gübreleme ile giderilebilmesine rağmen yeterlilik-toksisite aralığı birbirine çok yakın olduğu için dikkat edilmesi gereken önemli bir husustur. Bor ihtiyacı bitki türleri arasında değişkenlik göstermektedir. Yetiştirildikleri toprakların bor içeriği bir bitki türü için noksanken diğeri için toksik seviyelere ulaşabilir. Bu yüzden gübreleme yapılmadan önce toprakların bor içerikleri, toprak özellikleri ve bitkinin bor istekleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılan bu çalışmada borun bitki için kaynakları, bitkiye alınımı ve bitki üzerindeki metabolik işlevleri mevcut çalışmalarla özetlendirilmiştir.

Anahtar Kelime: Bor; Bitki ve Toprakta Bor; Borlu Gübreleme

Sources of Boron (B) in Agricultural Production and Its Importance in Plant Metabolism

ABSTRACT

Boron (B) is a micronutrient taken by plants mostly in the form of boric acid (B(OH)₃). Boron reduces yield and quality by causing physiological and metabolic problems in the plant with the emergence of deficiency and toxicity situations. Boron deficiency is common in sandy soils with high eluviation and low organic matter, and in clayey with high pH and lime content and much adsorption capacity. In case of deficiency, the cell wall where more than 90% of the boron is found is adversely affected and thus the healthy growth of the plant is prevented.

Although boron deficiencies can be eliminated by fertilization, it is an important issue to consider as the sufficiency-toxicity range is very close to each other. The need for boron varies between plant species. While the boron content of the soils they are grown in is deficient for one plant species, it can reach toxic levels for another. Therefore, boron content of the soil, soil properties and boron demand of the plant should be taken into consideration before fertilizing. In this study, the sources of boron for the plant, its intake and metabolic functions on the plant are summarized with the existing studies.

Keywords: Boron; Boron in Plants and Soil; Boron Fertilization

1.GİRİŞ

Doğada serbest olarak bulunmayan bor, oksijen ile bileşik oluşturarak boratlar (örn. boraks: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), daha az kısmı borik asit ve çok nadiren de olsa florla bileşik oluşturarak BF_4^- anyonu formunda bulunmaktadır (Power ve Woods, 1997). Bor, nötr veya hafif asitli topraklarda ayrışmamış borik asit formunda bulunmaktadır (Tabata ve ark., 2003). Zayıf asit olan borik asit yüksek pH'ya sahip topraklarda hidrolize olarak borat anyonunu oluşturmaktadır (Marschner, 2012).

Bitkilerde ise apoplast pH'sının yaklaşık 5.5 olduğu durumda %99.95 oranında borik asit formunda ve geriye kalan kısmı ise borat anyonu şeklinde bulunmaktadır. Bitkide bulunan hem borik asit hem de borat anyonu birçok molekülle hızlı bir şekilde reaksiyona girebilir (Brown ve ark., 2002). Özellikle, mono-, di- ve poli-hidroksil grupları ile kompleksler (Ralston ve Hunt, 2001) ve esterler oluşturabilir. Borik asit *diol* ve *polyol* gruplarından özellikle *cis-diol*'le birleşik oluşturmaktadır (Brdar-Jokanovic, 2020). Oluşan bileşiklerden bazısı manitol, mannan ve polimannuronik asit gibi bitki hücre duvarının temel bileşenleri olan şeker ve şeker türevleridir. Bununla birlikte RNA yapısında bulunan riboz ve bitkilerin hücre duvarının temel bileşiği olan apioz'lar borik asit ve *cis-diol* konfigürasyonundan meydana gelmektedir (Loomis ve Durst, 1992; Goldbach, 1997). Aynı zamanda bor hücre duvarında pektin polisakkaritlerinden özellikle rhamnogalacturonan-II-polisakkaritlerine (RGII) bağlanarak hücre duvarına stabil bir bütünlük sağlamaktadır (O'Neill ve ark, 2004; Marschner, 2012).

2. BİTKİLER İÇİN BOR KAYNAKLARI

2.1. Bor Kaynağı Olarak Toprak

Borun yer kabuğundaki ortalama 15 mg g^{-1} 'dir fakat doğada homojen bir şekilde dağılmamıştır. Magmatik kayalardaki bor içeriği $5-30 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişmekte ve kayaların asitliği ile konsantrasyonu daha da artmaktadır. Sedimenter kayaların bor içeriği

ise içerdikleri kil fraksiyonundan dolayı magmatik kayaçlarınkinden daha yüksektir (Kabata-Pendias, 2011). Esas olarak bor doğaya kayaların ayrışması, deniz ve okyanuslardan borik asit buharlaşması, volkanik ve jeotermal aktiviteler yoluyla girer (Das ve Purkait, 2020). Doğadaki bor bileşiklerinin asıl kaynağı birincil olarak kayaların ayrışması olarak düşünülmesine rağmen bunun tam aksine borun %65-85'i okyanuslardan sağlanmaktadır (Jansen, 2003). Tüm eser elementler arasında bor en hareketli element olarak kabul edilir ve genellikle topraklarda eksiktir (Goli ve ark., 2019). 80'den daha fazla ülkede 132 tarım ürününde borun noksan olduğu belirlenmiş bu da dünya genelinde en az 8 milyon hektarı etkilemektedir (Hua ve ark., 2016; Tariq ve Mott 2007).

Topraklarda toplam B; kolay çözünebilir B, spesifik olarak adsorbe B, oksitlere bağlı B, organik maddeye bağlı B ve residüyal B fraksiyonlarında bulunmaktadır (Saltalı ve ark., 2020). Bitkiler ise kolay çözünebilir B formundan yararlanmaktadır. Kolay çözünebilir B konsantrasyonu düşük olup toplam B içeriğinin %3.2-5.3'ü arasında değişmektedir (Cumakov, 1988). Saltalı ve ark. (2020) yaptıkları çalışmada toplam B içeriğinin %95.88'i residüyal B, % 0.96'sı kolay çözünebilir B, %1.47'si spesifik olarak adsorbe B, %0.84'ü oksitlere bağlı B ve %0.84'ünü organik maddeye bağlı B'un oluşturduğunu bildirmişlerdir. Dünya çapında topraklar için toplam borun ortalaması 42 mg kg⁻¹ olarak tahmin edilmekte olup toprak organik maddesi tarafından fikse edildiği için Histosoller ve Kalsisoller borca daha zengindir (Kabata-Pendias, 2011). Solonetz topraklarda fazla miktarda bulunan bor ise büyük bir endişe kaynağıdır (Azarenko, 2007). Dünya'da Kaliforniya, Avustralya, Çin, Rusya ve Arjantin bor açısından zengin ülkelerken Türkiye küresel bor rezervinin neredeyse %73'ü ile ilk sırada yer almaktadır (Princi ve ark., 2016; Brdar-Jokanovic, 2020).

Bitkiler için önemli olan kolay çözünebilir B formunu (Shah ve ark., 2017; Camacho-Cristobal ve ark., 2008; Padbhushan ve ark., 2017) belirlemede genellikle sıcak su yöntemi kullanılmaktadır. Toprakların bor içeriğinin <0.5 mg kg⁻¹ olduğunda bitkiler için yetersizdir fakat B konsantrasyonunun bir kaç ppm artması bile bitkiler için toksik olabilir (Yau ve ark., 1994). Finck (2007), topraklarda bulunan B konsantrasyonunu; <0.5 mg kg⁻¹ çok düşük, 0.5-1.0 mg kg⁻¹ düşük, 1.01-1.5 mg kg⁻¹ yeterli, 1.51-2.5 mg kg⁻¹ yüksek, 2.51-4 mg kg⁻¹ çok yüksek olarak sınıflandırılmıştır. Yeterlilik ve toksisite değerlerindeki sınırların yakınlığından dolayı bor beslenme problemleri ile karşılaşmak oldukça yaygındır. Koşullara bağlı olarak hem noksanlık hem toksisite aynı bölgede (Gupta, 1979), aynı büyüme mevsiminde (Reisenauer ve ark., 1973) görülebilir. Bununla birlikte kritik bor seviyeleri toprak tekstür, pH'a, strüktür, nem, sıcaklık, kireç ile yetiştirilecek olan bitkinin türü ve genotipine bağlıdır

(Shorrocks, 1997; Goldberg ve ark., 2000; Tariq ve Mott, 2007). Bu faktörlerle birlikte sorbsiyon ve desorpsiyon süreçleri kolay çözünür B varlığını etkilemektedir (Princi ve ark., 2016). Toprak çözeltisindeki bor ile adsorbe edilen bor arasında bir denge vardır. Genellikle, toprak çözeltisinde mevcut olandan daha fazla bor toprak tarafından adsorbe edilmektedir (Tlili ve ark., 2019). Bununla birlikte tarım alanlarında pH, bor adsorbsiyonunu etkileyen ana faktördür (Santos ve ark., 2020).

Bor noksanlığı, drenajı iyi topraklara sahip yağışlı bölgelerde veya kumlu topraklarda görülmektedir (Tanaka ve Fujiwara, 2008). Toprak çözeltisindeki çözünmüş borik asitin fazla yağış ile yıkanması bor noksanlığının ana nedeni olabilir (Shorrocks, 1997). Borun topraktan yıkanması kolay olmasına rağmen NaCl'ün yıkanması için gerekli olan suyun üç katı kadar suya ihtiyaç vardır (Moore, 2004). Bor noksanlığının tam aksine bor toksitesi kurak ve yarı kurak bölgelerde meydana gelebilir (Nable ve ark., 1997). Aynı zamanda; bor gübrelemesinin aşırı yapıldığı, tuzlu sularla sulanan veya kanalizasyon atıklarına maruz kalan alanlarda bor toksitesi görülebilir. Topraklarda bor konsantrasyonu 12 mg kg^{-1} 'den yüksek olduğu durumlarda toksite meydana gelmektedir (Hall, 2010). Topraklarda bulunan borun kaynaklarından biride sulama sularıdır (Keles ve ark., 2004). Şeker pancarı, havuç, yonca gibi bitkiler sulama suyundaki yüksek bor konsantrasyonuna (4 mg L^{-1}) karşı oldukça dayanıklıdır. Adsorpsiyon kapasitesi yüksek topraklar bor bakımından zengin su ile sulandığında bor toleransı düşük olan tarımsal ürünlerde bile verim artışı sağlanabilir (Nable ve ark., 1997; Morgan, 1980; Das ve ark., 2019). Ancak, bu tür sularla uzun süreli sulamanın toprak üzerinde zararlı etkisi olabilir. Toprak sürdürülebilirliğine zarar vermeyen sulama suyu bor için eşiği 1 mg L^{-1} olarak belirlenmiştir (Vera ve ark., 2019).

2.2. Bor Kaynağı Olarak Kimyasal Gübreler

Bor noksanlığı görülen bölgelerde bor kaynağı olarak kimyasal gübreler kullanılmaktadır. Kullanılan en yaygın borlu gübre suda çözünür durumda olan sodyum tetraborattır (Degryse, 2017). Aynı zamanda boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ %11.3 B), solubor ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ %20.9 B), borik asit (H_3BO_3 %17.5 B), üleksit ($\text{NaCaB}_5\text{O}_9 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ %13.3 B), kolemanit ($\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ %15.8 B), ETİDOT-67 ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$; %20.9 B) yaygın olarak kullanılan bor gübreleridir (Güneş ve ark., 2017). Topraklara uygulanacak bor miktarı yetiştirilecek ürüne, toprakların bor içeriğine ve uygulama şekline bağlı olarak belirlenmektedir. Genel olarak tavsiye edilen oranlar $0.25\text{-}3 \text{ kg ha}^{-1}$ arasında değişmektedir (Mortvedt, 1991). Borun topraktan ve yapraktan uygulama yöntemlerinin her ikisi de noksanlığı giderme konusunda etkilidir. Genellikle bor gübrelemesi tarla bitkileri için

toprakta yapılırken, meyve bahçelerinde noksanlığı gidermek için yaprak gübresi olarak tercih edilmektedir (Wells ve ark., 2008). Yapraktan uygulanan bor gübresi noksanlığın giderilmesinde etkili bir yöntem olup özellikle B-sükroz komplekslerini oluşturan bitkilerde floemle köklere kadar taşınmaktadır (Du ve ark., 2020). Bunun tam tersine bazı araştırmacılar boru hareketsiz kabul ettikleri için yaprakta uygulamaların birkaç kez yinelenmesinin gerektiğini fakat toksisiteye karşı uygulamada oldukça hassas olunması gerektiğini bildirmişlerdir (Martens ve Westermann, 1991). Toprağa yapılacak olan bor gübrelemesinin toprağın yüzeyine serpilmesi ve hafifçe toprakla karıştırılması önerilmektedir (Güneş ve ark., 2017).

Bor gereksinimi düşük olan tahıllarda topraktan uygulanması önerilen bor miktarı 100-200 g B da⁻¹ iken bu miktarın üzerinde yapılan bor gübrelemesi toksik etki gösterebilir (Marschner, 2012; Çakmak ve ark., 2016). Şeker pancarı gibi bor ihtiyacı fazla olan bitkilerde ise genellikle 200-400 g B da⁻¹ saf bor uygulaması önerilmektedir (Marschner, 2012). B noksanlığı görülen bölgelerde yağış, sulama, toprak kireç içeriği, organik madde miktarı vb. özellikler dikkate alınarak uygulama dozu ayarlanmalıdır. Bilir, (2021) çok fazla kireç içeriğine sahip bölgede şeker pancarına uygulanan 600 g B da⁻¹'un şeker pancarı verim ve kalite parametrelerinde önemli artış sağladığını bildirilmiştir.

3. BİTKİLER TARAFINDAN BORUN ALINIMI VE TAŞINIMI

Bor, bitki kökleri tarafından çoğunlukla pasif adsorpsiyon yoluyla borik asit formunda (%96), daha azı ise aktif adsorpsiyonla borat anyonları şeklinde alınan mikro besin elementidir. Bunun yanı sıra hücreler bora karşı yüksek geçirgenlik sağladığı için terleme ile ksilem iletim borularından yaprak uçlarına kadar taşınır ve birikir (Marschner, 2012; Raven, 1980, Nable, 1988). Bu nedenle, bor konsantrasyonu yaprak uç ve kenarlarında, yaprağın aya kısmından çok daha fazladır. Bunun tam tersine bazı araştırmacılar floemde hareketli olduğu için yaprakta bor konsantrasyon dağılımının homojen olduğunu ifade etmişler. Floemde hareketli olmasını ise genç yaprakların ve meyvenin, yaşlı yapraklardan daha fazla bor konsantrasyonuna sahip olması ile ilişkilendirmişlerdir (Brown ve Hu, 1997; Stangoulis ve ark., 2010).

Bazı bitki türlerinin floeminde sorbitol, mannitol ve dulcitol gibi fotosentezin başlıca ürünleri olan şeker alkollerini ile B-*diol* kompleksleri oluşturarak hızlı ve önemli ölçüde hareketli olabilirler (Brdar-Jokanovic, 2020). Borun floemde hareketli olduğu bitkiler Prunus, Malus ve Pyrus türleri (erik, armut, elma, kiraz, badem, erik, şeftali, kayısı) yanı sıra soğan,

kereviz, havuç, zeytin, fasulye, bezelye, karnabahar, lahana, kuşkonmaz ve kahve çekirdeği sayılabilir (Brdar-Jokanovic, 2020). Sorbitol üretimi olmayan bitkilere göre tütün gibi yüksek sorbitol üretimine sahip bitkilerin genç dokulara bor taşınımında daha yetenekli olduğu gözlemlenmiştir (Bellaloui ve ark., 2003). Nable ve ark. (1997) ise borun floemde hareketli olduğu çoğu bitki türünün bor toksisitesine karşı hassas olduğunu bildirmişlerdir.

3.1. Bor Alınımını Etkileyen Faktörler

Bitkiler tarafından borun alınabilirliği; topraklardaki bor konsantrasyonu, yetiştirilen bitkinin türü, pH, tekstür, kil minerali çeşidi, kireç, organik madde, yağış, sıcaklık ve yüksek ışık faktörleri tarafından etkilenmektedir (Moraghan ve Mascagni, 1991).

Bitkiler tarafından borun alınımı topraktaki mevcut bulunan borun formuna ve konsantrasyonuna bağlıdır (Sun ve ark., 2019). Topraklarda bulunan borun artmasıyla bor bitki dokularında doğrusal olarak artmaktadır (Nable ve ark., 1990). Bor noksanlığı genellikle su stresinin yaşandığı kuru koşullara meydana gelmekte (Bellaloui ve ark., 2015) ve bitkinin büyümesine, gelişmesine, meyve verimine, kalitesinin azalmasına neden olmaktadır (Souri ve Bakhtiarizade 2019; Tohidloo ve Souri 2009).

Bor alım yönünden bitki türleri arasında farklar bulunmaktadır. Bor ihtiyacı fazla olan bitkiler yeterli miktarda bor ile beslendiklerinde yapraklarındaki bor konsantrasyonu 25-75 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Bununla ilgili yapılan bir çalışmada aynı bölgede yetiştirilen ve daha az miktarda bor ihtiyacı olan buğdayın yapraklarında 5-10 mg kg⁻¹ bor bulunurken, bor gereksinimi yüksek olan şeker pancarı gibi bitkilerde 100 mg kg⁻¹'e kadar yükseldiği bildirilmiştir (Marschner, 2012; Gupta, 1979).

Toprak faktörleri arasında pH, borun alınımını etkileyen en önemli faktörlerdendir. Yüksek pH koşullarında borun bitki tarafından alınımı azalır. Bunun nedeni ise alkali topraklarda borat anyonu adsorpsiyonu sonucu güçlü bor fiksasyonunun meydana gelmesidir. pH'nın düşük olduğu topraklarda ise borik asitin adsorpsiyonunun düşük olması nedeniyle ise bor yıkanması görülmektedir (Bulut, 2019).

Kil mineralleri, kireç, organik madde, Fe-Al oksitler ve Mg-hidroksitler bor adsorbe edici yüzeyler olarak kabul edilmektedir (Elrashidi ve O'Connor, 1982; Padbhushan ve Kumar 2017; Goldberg ve Su, 2007). Borun kordinasyon sayısı dört olduğu için flogopit, saponit, illit ve montmorillonit gibi fillosilikat mineralleri bakımından zengin olan topraklarda kil kafes yapılarında adsorbe edilmektedir (Wimmer ve ark., 2015).

Bor, organik maddeye veya humifikasyon sırasında ortaya çıkan karbohidratlara bağlanabilir. Tarım alanlarında organik maddeye bağlı olan bor bitki büyümesi için başlıca bor havuzudur (Jones, 2003). Bu nedenle organik madde içeriği düşük topraklarda bor noksanlığı riski yüksektir. Saltalı ve ark. (2020) toprak organik maddesinin kolay çözünebilir B miktarını olumlu yönde etkilediğini ifade etmişlerdir.

Bitki kök bölgesine bor kütle akımı ile hareket ettiği için kuraklığa bağlı olarak toprak neminin azalması bitkilerin topraktan bor alımını sınırlandırmaktadır. Aynı zamanda kökler tarafından alınan borun bitkinin yeşil aksamına taşınması için terlemenin gerçekleşmesi gerekmektedir. Bu yüzden havanın bağıl neminin yükselmesi bor alımını azaltmaktadır. Bağıl nemin yüksek olduğu durumlarda terleme hızı azalacağı için bitkinin yeşil aksamlarında (özellikle genç yaprak ve filizlerde) bor azalacağından bor noksanlığı görülmektedir (Krug ve ark., 2013).

Bor noksanlığının görüldüğü bitkiler sıcaklık ve ışığa karşı duyarlıdır. Sıcaklığın çok düşük olduğu koşullarda bitkilerin bor noksanlığına karşı hassasiyeti yüksektir (Raisanen ve ark., 2007). Uzun güneşli günlerde ve yüksek ışık yoğunluğunda, bitkilerin borla beslenmesi yetersiz ise bor noksanlığı semptomları daha hızlı gelişir. Bor, yapraklar tarafından emilen ışığın fotosentezde kullanmasında önemli rol oynamaktadır. Bor eksikliğinden dolayı bitkilerin yaprak tarafından alınan ışık enerjisinin kullanımı sınırlandırıldığı için yapraklarda fazla enerji birikecektir. Özellikle ışık yoğunluğunun fazla olduğu koşullarda bu enerji aşırı miktarlara ulaştığından serbest oksijen radikalleri oluşur ve 'hafif yanma' olarak bilinen fotooksidatif hasar meydana gelmektedir (Çakmak ve ark., 1995).

Bununla birlikte diğer besin elementleri ile ilişkisi borun alımını etkilemektedir. Bitkide bor fazlalığı veya eksikliği sadece bir elementi değil, bitkinin diğer besinlerle birlikte genel besin dengesini etkileyebilir (Tariq ve Mott, 2007). Sotiropoulos ve ark. (1999) Ca'un kivide, Kaya ve ark. (2009), P'un domateste bitkinin büyümesini ve üretimini olumsuz etkileyen borun adsorpsiyonunu azaltarak bor toksisitesini olumsuz etkilerini azalttığını bildirmişlerdir. Mısırdaki bor toksisitesini azaltmak için Zn(SO)₄ uygulaması yapılmış ve topraklardaki toksisitesinin etkilerini azaltarak verimi artırdığı gözlemlenmiştir (Hosseini ve ark., 2004). Kireçli topraklarda B ve N'un birlikte uygulanması ile ayçiçeğinde verimin ve dolayısıyla ekonomik kazancın artırıldığı bildirilmiştir (Shehzad ve Maqsood, 2015). Bilir, (2021) şeker pancarına N ve B'un birlikte uygulanmasının hem gövde verimini hem de şeker oranını artırdığını bildirmiştir.

4. BİTKİDE BORUN METABOLİK İŞLEVLERİ

Bor, bitkilerde optimum büyüme, gelişme, verim ve kalite için gerekli olan mikro besin elementlerinden biridir. Bor noksanlığı, bitkilerin büyümesini ve metabolizmasını olumsuz etkilemesinden dolayı beslenme bozukluğu olarak kabul edilir. Bor bitkilerin; hücre duvarının yapısal ve fonksiyonel bütünlüğünde, hücre zarı boyunca (H^+ , K^+ , PO_4^{-3} , Rb^+ , Ca^{+2}) iyon akışı, hücre bölünmesi, azot metabolizması, şeker taşınması ve karbonhidrat metabolizması, nükleik asit metabolizmasının uyarılması, polen tüpü oluşumu, indolasetik asit, fotosentez, fenolik bileşikler ve birkaç enzimatik aktivitede rol oynamaktadır (Reid, 2014; Shireen ve ark., 2018).

Bitkilerde birçok önemli işlevi yerine getiren borun birincil görevi özellikle hücre duvarı sentezi ve yapısal bütünlüğünü sağlamak olarak bilinmektedir (Warington, 1923). Hu ve Brown, (1994) tütün (*Nicotiana tabacum* L.) ve kabak (*Cucurbita pepo* L.) bitkilerinde var olan borun %95-98'i yaprak hücre duvarında bulunduğunu ifade etmişlerdir. Bor noksanlığında hücre duvarı oluşumu, hücre duvarının yapısal bütünlüğü ve hücre duvarı işlevi zarar görmektedir (Brown ve ark., 2002; Oiwa ve ark., 2013). Bor, pektin ile GIPCs ve RGII polisakaritlerine bağlanarak (O'Neill ve ark. 2004; Voxeur ve ark. 2014) hücre duvarının dayanıklılığını ve gözenekliliğini kontrol etmektedir (Ryden ve ark. 2003; Fleischer ve ark., 1999). Bor eksikliği durumunda RGII oluşumu azalmaktadır (Nejad ve Etesami, 2019). Genellikle monokotiledonlu bitkiler, dikotiledonlu bitkilerin hücre duvarları yapılarında daha az pektin içerirler bu yüzden nispeten daha düşük bor gereksinimlerine sahiptirler ve aşırı bora karşı oldukça hassaslardır (Charmova ve Fry, 2016).

Bor, hücre duvarında olduğu gibi hücre membranlarının yapısal bütünlüğünde de önemli bir rol oynar. Bor noksanlığı durumunda, hücre membran stabilitesi bozularak çok geçirgen yani sızdıran bir yapısal özelliğe sahip olmaktadır. Hücre membranları geçirgen bir hal alması ile hücrelerdeki K ve organik eriyiklerin sızıntısının ölçülmesi borun hücre membranlarındaki rolünü açıkça göstermektedir. Bu konuda yapılan çalışmada borun yeterli düzeyde bulunduğu yapraklar ile noksan olduğu yapraklar karşılaştırılmıştır. Bor noksanlığı görülen yapraklardan ölçülen net akıntılar, noksanlık görülmeyen yapraklara göre K 35 kat, sükröz 45 kat ve aminoasit 7 kat daha fazla gözlemlenmiştir. Bor uygulamasının artmasıyla K, sükröz, fenolikler ve organik eriyiklerin sızarak kaybolmasının azaldığı rapor edilmiştir (Çakmak ve ark., 1995).

Bitkilerin bor noksanlığına verdiği en hızlı tepkilerden bir diğeri ise bitki kökünün uzamasını sınırlandırması veya durmasıdır. Borun noksan olduğu topraklarda primidin bazlarının

eksikliğinden dolayı DNA sentezinin sınırlandırılması sonucu kök büyümesi durmaktadır (Blevsin ve Lukaszewski, 1998). Bunun sonucunda kök güdük ve çalı gibi bir görünüm almaktadır (Marschner, 2012). Noksanlığının yanı sıra toksisiteside kök büyümesini sınırlandırmaktadır. Kök dokularında artan bor konsantrasyonu ile kökün büyümesini engelleyerek bitki kuru maddesini azaltmaktadır (Turan ve ark., 2009).

Bor elementi hücre duvarı ve zar yapısında yer aldığı için birçok iyon, molekül ve hormon taşıma reaksiyonlarına katılmaktadır (Brdar-Jokanovic, 2020). Aynı zamanda bor kök büyümesinde etkili olan indolasetik asit (İAA) gibi hormonların metabolizmasının düzenlenmesinde rol oynamaktadır (Baba ve ark., 2018). Marschner, (2012) borun indolasetik asit hormonunu artırıcı etkisinden dolayı kök veriminde doğrudan etkili olduğu belirlemiştir.

Bor eksikliği bitkinin fotosentez yeteneğini ve fotosentez ürünlerinin taşınmasında etkilemektedir (Goldbach ve ark., 2000; Wang ve ark., 2015; Li ve ark., 2017). Borun noksan olduğu portakal yapraklarında CO₂ asimilasyonu ve stoma iletkenliğinin azalması ile hücreler arasında CO₂ konsantrasyonu artmaktadır. Bunun sonucunda ise heksoz ve nişasta birikimi artar ve sakkaroz ise azalmaktadır (Han ve ark., 2008). Bununla birlikte şeker pancarı gibi bitkilerde bor noksanlığında fotosentez ürünlerinin gövdeye taşınmaması sonucu gövde büyümesinde ve şeker oranında azalma meydana gelmesi muhtemeldir (Berger, 1949).

Birçok bakteri ve mantar bora ihtiyaç duymamasına rağmen N₂ fiksasyonunu gerçekleştiren siyonobakteri türleri bora ihtiyaç duymaktadırlar (Marschner, 2012). Bor, N₂ fiksasyonunun gerçekleştiği bitkilerde nodül gelişimi ve işlevselliği için önemlidir. Bolanos ve ark. (2004) tarafından bezelye üzerinde yapılan çalışmada borun N₂ fiksasyonu üzerine etkisi araştırılmış ve borun bulunmadığı kültür ortamında daha az sayıda nodül oluştuğu ve nodül yapısında düzensizlikler olduğunu bildirmişlerdir. Nodül gelişimindeki bu değişikliğin nedeni ise nitrojenaz aktivitesinin B noksanlığı nedeniyle sınırlandırılması ile ilişkilendirilmiştir (Ahmad ve ark., 2009).

5. SONUÇ

Bor bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için gerekli olan mikro besin elementlerinden biridir. Tarımsal üretimde hem verim hem de kalite parametreleri üzerinde oldukça belirleyici bir etkiye sahiptir. Bitkilerin bor ihtiyaçları türler arasında oldukça farklılık göstermesiyle birlikte bitki metabolizmasında hayati öneme sahiptir. Borun bitkide yeterlilik ve toksisite sınır aralığı oldukça dardır. Bu yüzden borlu gübreleme programı yapılırken toprağın kolay çözünebilir B miktarı ve yetiştirilecek olan ürünün ihtiyacı dikkate alınarak yapılması oldukça

önemlidir. Özellikle bor isteği fazla olan ayçiçeği, şeker pancarı gibi ürünlerin yetiştirildiği alanlarda bor gübrelmesi göz ardı edilmemelidir. Uygulanacak olan dozlar ve uygulama şekli bitkilerin ihtiyacı ile birlikte borun yarayışlılığını etkileyen toprak özellikleri ve bir sonraki yılda yetiştirilecek olan bitki göz önünde bulundurularak belirlenmelidir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, W., Niaz, A., Kanwal, S., Rahmatullah, Rasheed, M.K. (2009). Role Of Boron in Plant Growth: A Review. *Journal of Agricultural Research*, 47(3), 329-338s.
- Azarenko, Y. (2007). The boron content in soil of solonetzic complexes in the Irtysh Region of Omsk oblast and boron resistance of plants. *Eurasian Soil Science*, 40,512–521.
- Baba, T., Nakaba. S., Noma, S., Funada, R., Ban, T. (2018). Heterorhizy and fine root architecture of rabbiteye blueberry (*Vaccinium virgatum*) softwood-cuttings. *Journal of Plant Research*, 131, 271-284.
- Bellaloui, N., Yadavc, R.C., Chern, M.S., Hu, H., Gillen, A.M., Greve, C., Dandekar, A.M., Ronald, P.C., Brown, P.H. (2003). Transgenically enhanced sorbitol synthesis facilitates phloem-boron mobility in rice. *Physiologia Plantarum*,117, 79-84. doi: 10.1034/j.1399-3054.2003.1170110.x.
- Bellaloui, N., Turley, R. B., Stetina, S. R. (2015). Water stress and foliar boron application altered cell wall boron and seed nutrition in near-isogenic cotton lines expressing fuzzy and fuzzless seed phenotypes. *Plos One*, 10(6), 13. doi:10.1371/journal.pone.0130759.
- Berger, K.C. (1949). *Boron in soils and crops*. In Advances in Agronomy; Norman, A.G., Ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 1, ss.321-351.
- Blevins, D.G. & Lukaszewski, K.M. (1998). Boron in plant structure and function. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 481-500. doi: 10.1146/annurev.arplant.49.1.481.
- Bilir, B. (2021). Kahramanmaraş Elbistan Koşullarında Azot ve Bor Uygulamalarının Şeker Pancarında Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Doktora Tezi*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 205s.
- Bolanos, L., Lukaszewski, K., Bonilla, I., Blevins, D. (2004). Why boron? *Plant Physiology Biochemistry*, 42, 907-912.
- Brdar-Jokanovic, M. (2020). Boron Toxicity and Deficiency in Agricultural Plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21, 1424.
- Brown, P.H. & Hu, H. (1997). Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants? *Plant Soil*, 196, 211-215.
- Brown, P.H., Bellaloui, N., Wimmer, M.A., Bassil, E.S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F., Rohmheld, V. (2002). Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4, 205-223.
- Bulut, H. (2019). The Effect of Climatic Factors on Boron Nutrition of Plants, Conference: 9th International Symposium on Atmospheric Sciences ATMOS, İstanbul, Türkiye.
- Çakmak, I., Kurz, H., Marschner, H. (1995). Short-term effects of boron, germanium and high light-intensity on membrane permeability in boron deficient leaves of sunflower, *Physiologia Plantarum*, 95, 11-18.
- Çakmak, I., Gezgin, S., Güneş, A., Kalınbacak, K., Özcan, H. (2016). National Boron Research Enstitute-Agriculture boron research and implementation program, International Symposium on Boron in Agriculture, 16-18 Kasım. Ankara, Türkiye.
- Camacho-Cristóbal, J.J., Rexach, J., González-Fontes, A. (2008). Boron in plants: Deficiency and toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50, 1247-1255.

- Chormova, D. & Fry, S.C. (2016). Boron bridging of rhamnogalacturonan-II is promoted in vitro by cationic chaperones, including polyhistidine and wall glycoproteins. *New Phytol.*, 209, 241-251.
- Cumakov, A. (1988). Trace Elements in Slovakian Soils and Plant Nutrition, *Ph.D. thesis*, Institute of Sugar Industry, Bratislava, ss.350.
- Das, R., Mandal, B., Sarkar, D., Pradhan, A.K., Datta, A., Padhan, D., Seth, A., Kumar, R., De, N., Mishra, V.N. (2019). Boron availability in soils and its nutrition of crops under long-term fertility experiments in India. *Geoderma*, 351, 116-129.
- Das, A.K. & Purkait, A. (2020). Boron dynamics in soil: classification, sources, factors, fractions, and kinetics. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51, 1-14s. doi:10.1080/00103624.2020.1849261.
- Degryse, F. (2017). Boron Fertilizers: Use, Challenges and the Benefit of Slow-Release Sources-A Review. *Boron*, 2(3), 111-122.
- Du, W., Pan, Z-Y., Hussain, S.B., Han, Z-X., Peng, S-A., Liu, Y-Z. (2020). Foliar Supplied Boron can be Transported to Roots as a Boron-Sucrose Complex via Phloem in Citrus Trees. *Frontiers in Plant Science*, 11. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00250>.
- Elrashidi, M.A. & O'Connor, G.A. (1982). Boron sorption and desorption in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 46, 27-31.
- Fleischer, A., O'Neill, M.A., Ehwald, R. (1999). The pore size of nongraminaceous plant cell walls is rapidly decreased by borate ester cross-linking of the pectic polysaccharide rhamnogalacturonan II. *Plant Physiology*, 121, 829–838.
- Finck, A. (2007). *Pflanzenernährung und Düngung in Stichworten*. (6. Auflage.) Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung. Berlin, Stuttgart. 253s.
- Goldbach, H.E., Wimmer, M.A., Findelee, P. (2000). Discussion paper: Boron-How can the critical level be defined? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 163, 115-121.
- Goldberg, S. & Su, C. (2007). New advances in boron soil chemistry. In: *Advances in Plant and Animal Boron Nutrition* (Ed: Xu, F., Goldbach, H. Brown, P.H. ve ark.), Springer, 313-330.
- Goldbach, H.E. & Wimmer, M.A. (2007). Boron in plants and animals: is there a role beyond cell wall structure? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 39-48. doi: 10.1002/jpln.200625161.
- Goli, E., Hiemstra, T., Rahnemaie, R. (2019). Interaction of boron with humic acid and natural organic matter: Experiments and modeling. *Chemical Geology*, 515, 1-8.
- Gupta, U.C. (1979). Boron nutrition in crops. *Advances in Agronomy*, 31, 273-307.
- Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., Çakmak, İ. (2017). Bor elementinin bitkiler için önemi. *Journal of Boron*, 2(3), 168-174.
- Hall, D. (2010). Boron. *Department of Agriculture and Food Western Australia*, 1-2.
- Han, S., Chen, L.S., Jiang, H.X., Smith, B.R.; Yang, L.T.; Xie, C.Y. (2008). Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology*, 165, 1331-1341.
- Hosseini, S.M.E., Maftoun, M., Karimian, N., Rounaghi, A.A.M., Emam, Y. (2004). Effect of zinc sulfate on corn resistance to boron toxicity. *Iranian Journal of Soil and Water Science*, 18(2), 125-134.
- Hua, Y., Zhou, T., Ding, G., Yang, Q., Shi, L., Xu, F. (2016). Physiological, genomic and transcriptional diversity in responses to boron deficiency in rapeseed genotypes. *Journal of Experimental Botany*, 67, 5769-5784.
- Hu, H. & Brown, P.H. (1994). Localisation of boron in cell walls of squash tobacco and its association with pectin; evidence for a structural role of boron in cell wall. *Plant Physiol*, 105, 681-689.

- Jansen, L.H. (2003). Boron, elemental. *Kirk-othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 1, doi: <https://doi.org/10.1002/0471238961.0215181510011419.a01.pub2>.
- Jones, J.B. (2003). Plant mineral nutrition. In: *Agronomic handbook: management of crops, soils and their fertility*. CRC, Boca Raton, Boca Raton, FL, USA, ss.325.
- Kabata-Pendias, A. (2011). Boron. *Trace Elements in Soils and Plants*. 4. Baskı, 315-325, 534.
- Kaya, C., Tuna, A.L., Dikilitas, M., Ashraf, M., Köşkeroğlu, S., Güneri, M. (2009). Supplementary phosphorus can alleviate boron toxicity in tomato. *Scientia Horticulture*, 121(3), 284–288.
- Keles, Y., Öncel, I., Yenice, N. (2004). Relationship between boron content and antioxidant compounds in Citrus leaves taken from fields with different water source. *Plant and Soil*, 265, 345-353.
- Krug, B., Whipker, B., McCall, I., Frantz, J. (2013). Elevated relative humidity increases the incidence of distorted growth and boron deficiency in bedding plant plugs. *Horticultural Science*, 48, 311-313.
- Li, M., Zhao, Z., Zhang, Z., Zhang, W., Zhou, J., Xu, F., Liu, X. (2017). Effect of boron deficiency on anatomical structure and chemical composition of petioles and photosynthesis of leaves in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Scientific Reports*, 7, 4420.
- Loomis, W.D. & Durst, R.W. (1992). Chemistry and biology of boron. *BioFactors*, 3, 229-239.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3rd Edn. Elsevier, Academic Press, ISBN: 9780123849052, USA, ss.672.
- Martens D. & Westermann D. (1991). *Fertilizer application for correcting micronutrient deficiencies*. In: *Micronutrients in Agriculture* (2nd Edition). SSSA Book Series, 4, 549-592. Segoe Rd., Madison.
- Moore, G. (2004). In: Moore, G. (Ed.), *Soil Guide: A Handbook for Understanding and Managing Agricultural Soils*. Department of Agriculture, Western Australia.
- Moraghan, J. T. & Mascagni. H. J. (1991). Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities. In: *Micronutrients in agriculture*, 371-425, R. J. Luxmoore (Ed.), Soil Sci. Soc. Am.; Madison, WI, U.S.A
- Morgan, V. (1980). Boron geochemistry. In *Supplement to Mellor's Comprehensive treatise on Inorganic and Theoretical Chemistry, Boron-Oxygen Compounds*; Mellor, W., Ed.; Longman: New York, NY, USA, Volume 5, Part A.
- Mortvedt J.J. (1991). *Micronutrients in agriculture* (2nd Ed), Chap. 14: *Micronutrient fertilizer technology*, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Nable, R.O. (1988). Resistance to boron toxicity amongst several barley and wheat cultivars: A preliminary examination of the resistance mechanism. *Plant and Soil*, 112, 45-52.
- Nable, R.O., Paull, J.G., Cartwright, B. (1990). Problems associated with the use of foliar analysis for diagnosing boron toxicity in barley. *Plant and Soil*, 128, 225-232.
- Nable, R.O., Banuelos, G.S., Paull, J.G. (1997). Boron toxicity. *Plant and Soil*, 193, 181-198.
- Nejad, S.A.G. & Etesami, H. (2020). The Importance of Boron in Plant Nutrition. *Met. Plants Adv. Future Prospect*, 433-449.
- O'Neill, M.A., Ishii, T., Albersheim, P., Darvill, A.G. (2004). Rhamnogalacturonan II: Structure and function of a borate-linked cell wall pectic polysaccharide. *Annual Review Plant Biology*, 55, 109-139.
- Oiwa, Y., Kitayama, K., Kobayashi, M., Match, T. (2013). Boron deprivation immediately causes cell death in growing roots of *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. *Soil Science and Plant Nutrition*, 59 (4), 621-627.
- Padbhushan, R., Kumar, D. (2017). Fractions of soil boron. A review. *Journal Agriculture Science*, 155, 1023-1032.

- Power, P.P. & Woods, W.G. (1997). The chemistry of boron and its speciation in plants. *Plant and Soil*, 193, 1-13.
- Princi, M.P., Lupini, A., Araniti, F., Longo, C., Mauceri, A., Sunseri, F., Abenavoli, M.R. (2016). Boron Toxicity And Tolerance In Plants: Recent Advances And Future Perspectives. *Plant Metal Interaction*. Chapter:5, 115-147.
- Ralston, N.V.C. & Hunt, C.D. (2001). Diadenosine phosphates and S-adenosylmethionine: novel boron binding biomolecules detected by capillary electrophoresis. *Biochimica Biophysica Acta*, 1527, 20-30.
- Raven, J.A. (1980). Short- and long-distance transport of boric acid in plants. *New Phytol*, 84, 231-249.
- Reisenauer, H.M., Walsh, L.M., Hoelt, R.G. (1973). *Testing Soils for Sulfur, Boron, Molybdenum, and Chlorine*. Soil Testing and Plant Analysis; Walsh, L.M., Beaton, J.D., Eds.; Soil Science Society of America: Madison, WI, USA, 173-200.
- Reid, R. (2014). Understanding the boron transport network in plants. *Plant and Soil*, 385, 1-13.
- Ryden, P., Sugimoto-Shirasu, K., Smith, A.C., Findlay, K., Reiter, W.D., Mccann, M.C. (2003). Tensile properties of *Arabidopsis* cell walls depend on both hxyloglucan cross-linked microfibrillar network and rhamnogalacturonan II-borate complexes. *Plant Physiol*. 132, 1033-1040. doi:10.1104/pp.103.021873.
- Saltalı, K., Güneş, E., Bilir, B. (2020). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Antep Fıstığı Yetiştirilen Bazı Alanların Topraklarında Borun (B) Kimyasal Fraksiyonları ve Toprak Özellikleri İle İlişkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1656-1662.
- Santos, P.D., Goldberg, S., Costa, A.C.S.D. (2020). Modeling boron adsorption on five soils before and after removal of organic matter. *Scientia Agricola* 77(4), 11. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0023>.
- Shah, A., Wu, X., Ullah, A., Fahad, S., Muhammad, R., Yan, L., Jiang, C. (2017). Deficiency and toxicity of boron: Alterations in growth, oxidative damage and uptake by citrange orange plants. *Ecotoxicol and Environmental Safety*, 145, 575-582. doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.08.003.
- Shehzad, M.A. & Maqsood, M. (2015). Integrated Nitrogen And Boron Fertilization Improves The Productivity and Oil Quality of Sunflower Grown in a Calcareous Soil. *Turk Journal of Field Crops*, 20(2), 213-222.
- Shireen, F., Nawaz, M.A., Chen, C., Zhang, Q., Zheng, Z., Sohail, H., Sun, J., Cao, H., Huang, Y., (2018). Bie, Z. Boron: Functions and approaches to enhance its availability in plants for sustainable agriculture. *International Journal of Molecular Sciences*, 19, 1856.
- Shorrocks, V.M. (1997). The occurrence and correction of boron deficiency. *Plant and Soil*, 193, 121-148.
- Stangoulis, J., Tate, M., Graham, R., Bucknall, M., Palmer, L., Boughton, B., Reid, R. (2010). The mechanism of boron mobility in wheat and canola phloem. *Plant Physiology*, 153, 876-881.
- Souri, M.K. & Bakhtiarzade, M. (2019). Biostimulation effects of Rosemary essential oil on growth and nutrition uptake of tomato seedlings. *Scientia Horticulture*, 243, 472476.
- Sotiropoulos, T.E., Therios, I.N., Dimassi, K.N. (1999). Calcium application as a means to improve tolerance of kiwifruit (*Actinidia deliciosa* L.) to boron toxicity. *Scientia Horticulturae*, 81(4), 443-449.
- Sun, A., Gou, D., Dong, Y., Xu, Q., Cao, G. (2019). Extraction and analysis of available boron isotopes in soil using multicollector inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67, 7183-7189. doi: 10.1021/acs.jafc.9b01455.

- Tabata, S., Hirakimoto, T., Nishiura, M., Watanabe, M. (2003). Synthesis of a Lewis-acidic boric acid ester monomer and effect of its addition to electrolyte solutions and polymer gel electrolytes on their ion transport properties. *Electrochimica Acta*, 48 (14-16), 2105-2112.
- Tanaka, M. & Fujiwara, T., (2008). Physiological roles and transport mechanisms of boron: perspectives from plants. *European Journal of Physiology*, 456, 671-677.
- Tariq, M. & Mott, C.J.B. (2007). The significance of boron in plant nutrition and environment-a review. *Journal Agronomy*, 6(1), 1-10.
- Tlili, A., Dridi, I., Attaya, R., Gueddari, M. (2019). Boron characterization, distribution in particle-size fractions, and its adsorption-desorption process in a semiarid Tunisian soil. *Journal of Chemistr*, 2019, 8s.
- Tohidloo, G. & Souiri, M.K. (2009). Uptake and translocation of boron in two different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) genotypes. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 50(6), 487-491.
- Turan, M.A., Taban, N., Taban, S. (2009). Effect of calcium on the alleviation of boron toxicity and localization of boron and calcium in cell wall of wheat. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici. Cluj-Napoca*, 37, 99-103.
- Vera, A., Moreno, J.L., Garcia, C., Morais, D., Bastida, F. (2019). Boron in soil: The impacts on the biomass, composition and activity of the soil microbial community. *Science of the Total Environment*, 685, 564-573.
- Voxeur, A. & Fry, S.C., (2014). Glycosylinositol phosphorylceramides from Rosa cell cultures are boron-bridged in the plasma membrane and form complexes with rhamnogalacturonan II. *Plant Journal*, 79(1), 139-149.
- Warrington, K. (1923). The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Annals of Botany*, 37, 629-672.
- Wang, N., Yang, C., Pan, Z., Liu, Y., Peng, S. (2015). Boron deficiency in woody plants: Various responses and tolerance mechanism. *Frontiers in Plant Science*, 6, 916.
- Wells, M.L., Conner, P.J., Funderburk, J.F., Price, J.G. (2008). Effects of foliar- applied boron on fruit retention, fruit quality, and tissue boron concentration of pecan. *Hort Science*, 43, 696-699.
- Wimmer, M. A., Abreu, I., Bell, R. W., Bienert, M. D., Brown, P. H., Dell, B., Fujiwara, T., Goldbach, H. E., Lehto, T., Mock, H. P., Wiren, N., Bassil, E., Bienert, G.P. (2019). Boron: An essential element for vascular plants. *New Phytologist*, 226(5), 6. doi: 10.1111/nph.16127.
- Yau, S.K., Hamblin, J., Ryan, J. (1994). Phenotypic variation in boron toxicity tolerance in barley, durum and bread wheat. *Rachis*, 13, 20-25.

Bilir, B. (2022). Tarımsal Üretimde Bor (B) Kaynakları ve Borun Bitki Metabolizmasında Önemi. *Sırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1): 19-32.

Bilir, B. (2022). Sources of Boron (B) in Agricultural Production and Its Importance in Plant Metabolism. *Sırnak University Journal of Sciences*, 3(1): 19-32.



Research Article

Relationships Between Weather Data and Birth of Norduz Goats*

Ayşe Özge Demir

Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Tusba/Van;
aodemir@yyu.edu.tr

Received date: 27/01/2022

Accepted date: 15/06/2022

ABSTRACT

This study was planned to reveal the frequency of birth of Norduz goats, which are traditionally bred in semi-intensive conditions in the days when audible and inaudible weather events occur, and the importance of relevant weather data. For this purpose, data was obtained from total of 139 Norduz goats bred in 11 neighboring farms located at the same coordinate (38° 34' 8.634" N, 43° 15' 53.283" E) and altitude (1656 m) in the Van Province, Eastern Turkey. Data of the age of goat (AG), horn size of goat (HG), ear size of goat (EG) sex of kid (SK), type of birth (TB), date of birth (DB) and birth time (BT) were collected 2 times in 24-hour at the kidding season between 16th February and 7th April 2016.

The other hand, from the date of birth, 2 types weather reports of the General Directorate of Meteorology were collected. In this date range according to the 1st report, 9 different weather events were observed as 26.667% few clouds (FC); 23.333% very cloudy (VC); 13.333% rain mixed with snow (RMS) and sunny (SUN); 6.667% cloudy (C), partly cloudy (PC) and heavy rain (HR); 3.333% rainy (R) and snowy (SNW). In the light of the first of these data, the air events observed in this study were accepted as audible (RMS, HR, R, SNW) and inaudible (FC, VC, SUN, C, PC) weather events. Also, the highest number of birth (n = 29) took place in RMS weather on 7th day of the 52 days birth calendar. And 5 of these births were twins. From here it was attempted to interpret the effects of audible and inaudible weather events on the birth performance of goats. On the other hand, at the 2nd report, 7 different weather forecast (daytime (DT 6.57 ± 0.18 °C), night (NT -0.29 ± 0.24 °C), sensible (ST -0.28 ± 0.14 °C), humidity (H 17.59 ± 0.55 g/kg), sight distance (SD 10.60 ± 0.28 km), pressure (P 16.04 ± 0.22 Nm⁻²) and dew point (DP 0.72 ± 0.14 °C) were obtained from the same source and were presented.

Keywords: Air events; Environment; Norduz goat; Weather forecast.

Norduz Keçilerinin Doğumu ile Hava Verileri Arasındaki İlişkiler

ÖZET

Bu çalışma, sesli ve sessiz hava olaylarının meydana geldiği günlerde yarı-entansif koşullarda geleneksel olarak yetiştirilen Norduz keçilerinin doğum sıklığı ve ilgili hava verilerinin önemini ortaya koymak amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla, Türkiye'nin Doğusunda yer alan Van ilinde aynı koordinatta (38° 34' 8.634" N, 43° 15' 53.283" E) ve rakımda (1656 m) bulunan 11 komşu çiftlikte yetiştirilen toplam 139 Norduz keçiden veri elde edildi. Keçi yaşı (AG), keçi boynuz uzunluğu (HG), keçi kulak uzunluğu (EG), oğlak cinsiyeti (SK), doğum tipi (TB), doğum tarihi (DB) ve doğum zamanı (BT) verileri, 16 Şubat - 7 Nisan 2016 tarihleri arasındaki doğum sezonunda 24 saat içinde 2 kez toplanmıştır.

Öte yandan, doğum tarihinden itibaren Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2 tip hava durum raporu toplandı. 1. rapora göre bu tarih aralığında 9 farklı hava olayı gözlenmiştir: %26.667 az bulut (FC); %23.333 çok bulutlu (VC); %13.333 karla karışık yağmur(RMS) ve güneşli (GÜNEŞ); %6.667 bulutlu (C), parçalı bulutlu (PC) ve şiddetli yağmurlu (HR); %3.333 yağmurlu (R) ve karlı (SNW). Bu verilerden ilki ışığında, bu çalışmada gözlemlenen hava olayları duyulabilir (RMS, HR, R, SNW) ve duyulamaz (FC, VC, SUN, C, PC) hava olayları olarak kabul edilmiştir. Ayrıca, en yüksek doğum sayısı (n = 29) 52 günlük doğum takviminin 7. gününde RMS havasında gerçekleşmiştir. Ve bu doğumların 5'i ikizdi. Buradan duyulabilir ve duyulamayan hava olaylarının keçilerin doğum performansı üzerindeki etkileri yorumlanmaya çalışılmıştır. Öte yandan 2. raporda, 7 farklı hava tahmini (gündüz (DT 6.57 ± 0.18 °C), gece (NT -0.29 ± 0.24 °C), hissedilen (ST -0.28 ± 0.14 °C), nem (H 17.59 ± 0.00 g/kg), görüş mesafesi (SD $10,60 \pm 0,28$ km), basınç (P $16,04 \pm 0,22$ Nm⁻²) ve çiy noktası (DP $0,72 \pm 0,14$ °C) verileri aynı kaynaktan elde edilmiş ve sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Hava olayları; Çevre; Norduz keçisi Hava tahmini.

1. INTRODUCTION

Sheep and goats respond to extreme weather conditions to the extend of their morphological, physiological, behavioral and largely genetic basis (Jose et al., 2016a). The organism struggles for the regular operation of this mechanism. The effects that this situation creates in the living organism are listed as follows. While the effects of stress are generally examined under 3 headings: Growth and production, Animal reproduction, Disease susceptibility. Said regulatory systems also creates stress indicators in 4 headings on animals: Behavioral changes, Hormonal indicators, Immunological markers, Genomic and proteomic markers (Manuja et al., 2012). When this regulation mechanism is insufficient for various reasons, an increased amount of response occurs due to stress. In fact, all this mechanism itself is a stress factor alone.

Other hand, temperature felt and perceived by living things is different from the actual temperature. Because, temperature is significantly affected by meteorological factors such as

thermometer temperature, relative humidity, wind and radiation. For this reason, it is recommended to use the humidity value and the temperature value together when calculating the felt temperature value (Anonymous, 2022a). The change in ambient temperature is referred to as the macro-environment. Farm animals are highly affected by this large and uncontrolled change. In addition, metabolic and behavioral events occur to compensate for changes in ambient temperature in animals. However, events that cannot be controlled and prevented by the animal can occur during extreme temperature changes.

As a matter of fact, high and low voice are the most widely known stress factors. Also, sudden noise causes pupillary dilation (Algers et al., 1978). Regularly rising, fluctuating and ongoing voice level is another important stress factor. This may be caused by natural events such as thunder and lightning strikes, or it may be human induced such as aircraft and helicopter noise, large machinery. Castelhana-Carlos and Baumans (2009) have reported that the effects of audible sound on animal productivity and behaviour depend on not only its intensity or loudness (dB), frequency (Hz), duration and vibration potential but also on the hearing ability of the animal species and breeds. Most studies of external sounds in animals are concerned with sound intensity (loudness) rather than frequency (pitch) (Delpietro, 1989; Weeks et al., 2009). And intermittent sounds are generally considered the most worrisome (Delpietro, 1989; Talling et al., 1998). Arehart and Ames (1972) reported that adrenal and pituitary weights of sheep exposed to noise decreased in their study. Also, depending on the age and physiological state of the animal, the exposure time of animals to stress is very important. Sound is periodic pressure changes that can be perceived by our ear in the atmosphere. Animals can detect low and high frequency sounds that exceed the hearing threshold of humans. The intensity of voice is called the strength and is measured in decibels (dB). Hearing range of cattle is 80-90 dB, this value is around 70 dB in sheep (Weeks et al., 2009) had been reported (Akkuşçi, 2021). The structural direction of the voice also determines the frequency that measured in Hertz (Hz) (Berglung et al., 1999). More waves generated from a source in a second increase the audible frequency. Sheeps have been reported to hear voices with frequencies between 125 Hz and 40 kHz. The other hand, hearing frequencies in goats ranged from 78 Hz to 37 kHz. And also, goats are with 78 Hz frequency sensitivity so this limit is approximately 18 kHz (1 octave) higher than humans (60 dB). The other hand, goats have a range of good sensitivity between 250 Hz and 16 kHz (Heffner and Heffner, 1990). In addition, goats are very sensitive to 7 kHz band frequency

sounds (Arehart and Ames, 1972). It had been stated that at 60 °F (15.56 °C), the relative humidity drops from 80% to 20%, reducing the sound level of a listener ½ mile away from the noise source by 3 dB (at 1.000 Hz) (Anonymous, 2022b).

This study was carried out to calculate the frequency of birth of goats raised away from environmental sound factors in audible (RMS, HR, R, SNW) and inaudible (FC, VC, SUN, C, PC) weather events. For this purpose, various birth records of goats were noted in relation to these weather events and the results of macro-environmental factors (DT, NT, ST, H, SD, P, DP) were presented as support information. Thus, it was aimed to reveal the current condition of the birth times and weather conditions of Norduz goats.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Settlement

The study was carried out at 1656 m above sea level and at 38° 34' 8.634" N, 43° 15' 53.283" E coordinates in Bardakci Village in Tusba district of Van Province. These animals were housed in the location where they would be least affected by weather events (Figure 1).



Figure 1. The position of the corral with goats

In order for wind, humidity and temperature to have an important, audible effect, sound receivers need to be well placed away from the source of noise (Anonymous, 2022b). Similarly, there were no structures in the vicinity at the height that would prevent the view of the sky and the movement of air for animals. Moreover, the farms where this study was carried out were 28.205 km away from the nearest airport as a bird's flight distance (Van Ferit Melen Airport; 38° 28' 3.59" N 43° 19' 33.60" E) (Figure 2).

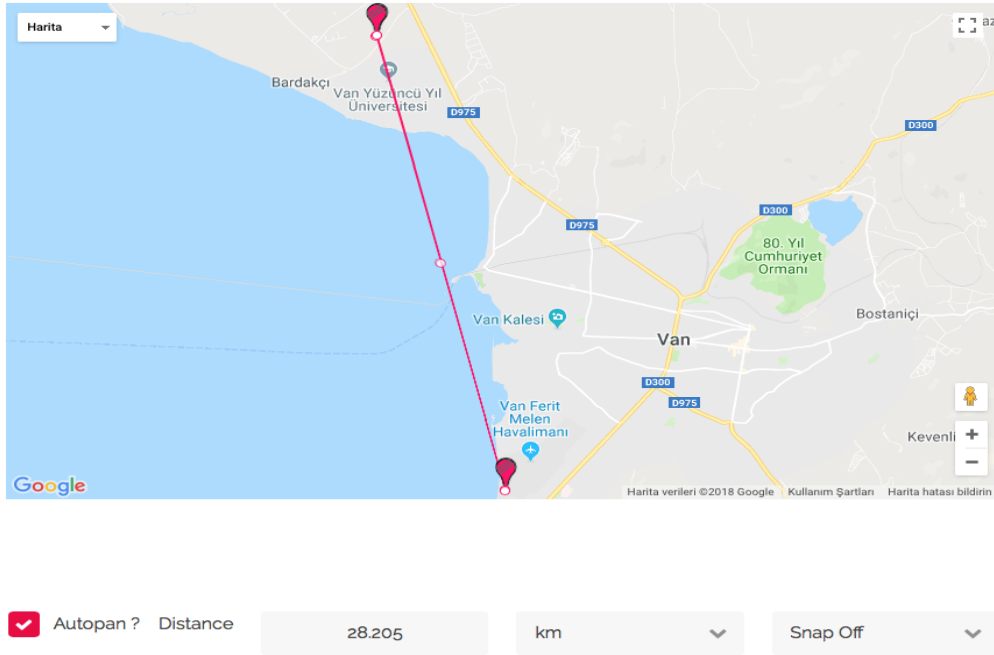


Figure 2. Air distance between the farms and nearest airport

2.2 Animal material and farm conditions

Animal material of the study was the 139 Norduz goats which 2,3,4 and 5 aged known to be pregnant. The birth numbers of all goats were confirmed with the account "age-1". Animals that had miscarriages in previous years were not included in the study.

During the grazing season, goats were grazed on pasture, and fed with ad libitum alfalfa straw each evening during the summer months. During the mating season, rams were added to the herd where all goats come together at the end of the summer months. Semi-intensive feeding during pregnancies was being done and the goats were fed with alfalfa hay or straw in winter and some concentrated mixtures in the last days of pregnancy in late winter. These animals completed the pregnancy period under similar conditions of care and feeding on 11 neighboring, farms surrounded by small houses with single or two floors that owned by farm owners only.

Goats were being traditionally bred with sheep on each of the farms. More living space ($>2 \text{ m}^2$ for per animal) than necessary (Anonymous, 2021) were for each animal in farms.

2.3 Birth data

Data of 161 kids born from 139 Norduz goats data was gained between 16th February to 7th April 2016. In the period of kidding, birth data were collected in two times a day (morning and evening). Thus, data of birth date (BD), birth time (BT), type of birth (TB: Single, Twin), sex of kids (SK: Female, Male), age of goat (AG: 2,3,4,5), horn size of goat (HG:Hornless, Short-horned, Long-horned) and ear size of goat (EG:Earless, Short-eared, Long-eared) were received and coded (Demir, 2016).

2.4 Meteorological data

From 16th February 2016, when the births started, the weather reports of Tuşba district of Van were regularly collected from the official web page of the General Directorate of Meteorology (Anonymous, 2016c, Demir 2016). According to the reports, 9 different weather events were observed as few clouds (FC), very cloudy (VC), rain mixed with snow (RMS), sunny (SUN), cloudy (C), partly cloudy (PC), heavy rain (HR), rainy (R) and snowy (SNW). In addition to these, data of temperature (daytime (DT), night (NT), sensible (ST)), humidity (H), sight distance (SD), pressure (P) and dew point (DP) were obtained from the same source. After then, the relationship between weather forecast (DT, NT, ST, H, SD, P, DP) and birth data were analyzed. (Koser Eliçin, 2008).

2.5 Statistical method

Data were analyzed using SPSS statistics program. Because of Duncan's multiple-range test is most suitable procedure that can be used, it was used at $P < 0.05$ significant level. As a result of the analysis, all values were expressed as least square means \pm standard error (S.E.). Statistically significant differences between any two means (determined by Fischer's least significant difference (L.S.D.)) were associated with P-values of less than 0.05.

3. RESULTS

161 kids were born from 139 Norduz goats in the kidding season (February 16 and April 7, 2016). A total of 9 weather events were observed characteristics of audible (RMS, HR, R, SNW) and inaudible (FC, VC, SUN, C, PC) in the 52-day birth calendar. In this process, childbirth took place only at 31 days, the other 21 days were empty. In the first 13 days of the birth calendar, there was a birth every day. The relevant data were presented in Table 1. While

there are inaudible weather events on 23 days of the active 31 days of the birth calendar; There were weather events that could be audible in 8 days. Moreover, FC (26.667) and VC (23.333) weather events had the highest percentages in the 31 days.

Weather data and numerical data of the season of birth (goat and kid) were presented graphically in Figure 3. As seen here, the appearance of the bell curve that constitutes the birth of goats was obtained in a healthy way in the first 13 days as can be seen in Figure 3.

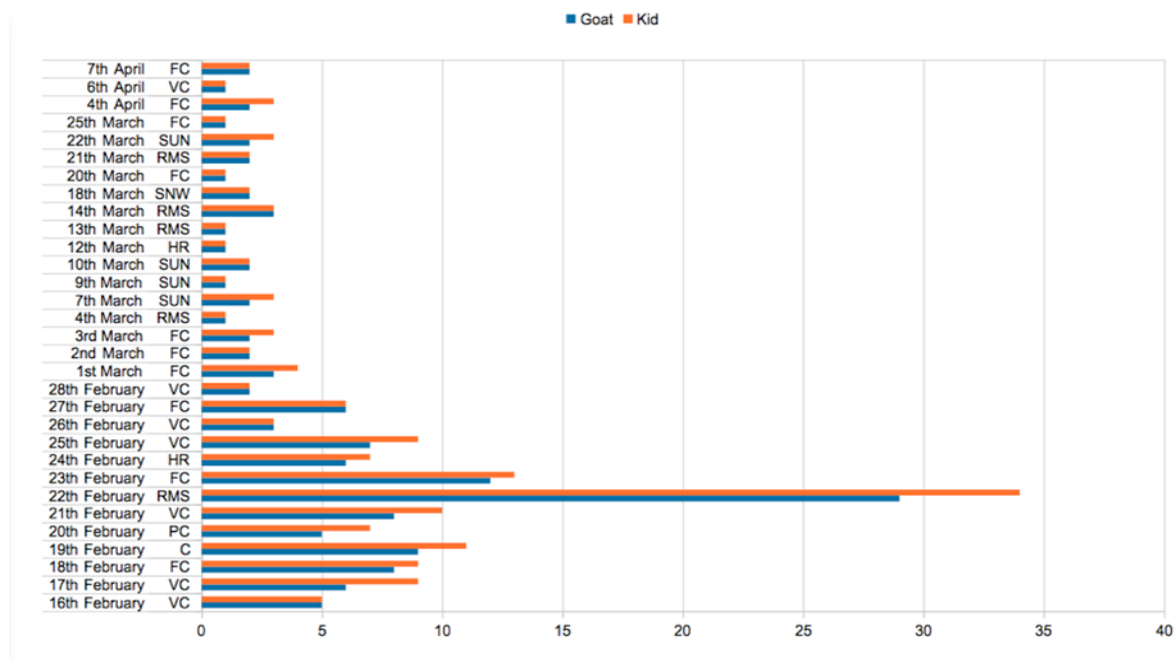


Figure 3. Graphical representation of births by weather event

The highest number of births (n=29) occurred in RMS weather events on the 7th day of births. Also, in this study, RMS weather has been seen more than other audible weather events. Although the highest number of births for 1 day occurs in this weather event, the total is only 13.333% (Table 1). In addition, the 6th (VC; n=8) and 8th (FC; n=12) days of birth were also important in the chart that formed the bell curve. Because these two, were the largest number of weather events observed (Table 1).

Table 1. Weather data by day of kids birth

	Weather Condition											Σ	General Σ
	Audible					Inaudible							
Birth days	RMS	HR	R	SNW	Σ	FC	VC	SUN	C	PC	Σ	General Σ	
N	4	2	1	1	8	8	7	4	2	2	23	31	
%	13.333	6.667	3.333	3.333	26.667	26.667	23.333	13.333	6.667	6.667	74.194	100	
Non-birth days													
N	-	1	2	2	5	5	3	4	1	3	16	21	
%	-	4.762	9.524	9.524	23.810	23.810	14.286	19.048	4.762	14.286	76.190	100	

It was understood that the animals performed the birth event on inaudible days at a higher rate. The number of days of inaudible weather events (n=23) during birth season were occurred about four times more than the number of days of audible weather events (n=8). The results of the analysis of comparison of goats and their kid's data with audible and inaudible weather events were presented (Table 2).

Data of 139 goats (AG, HG, EG), 161 kids (TB, SK) and 2 weather events (audible and inaudible) that obtained from 11 farms were compared in same table. It is observed that 94 goats (67.626 %) in the total of the enterprises gave birth in inaudible weather event. The remarkable point here was that similar results were obtained when numerical analysis was made on the basis of farms. For example births on all farms for RMS (25.180 %) and VC (24.460 %) weather events had similar results related with many births. On the contrary, except the 1st farm with 1 birth, no birth on the R (0.179 %) weather event was. Similar to the results of R weather, SNW (1.439 %) weather was observed, only the 7th farm. Whereas in the RMS and VC weather events with a maximum % in Σ , births were made in all farms. Similar results have been observed with respect to AG characteristics on R and SNW weather events when compared to births. The goats responded negatively to HR and R weather events in terms of HG characteristics, similar to R and SNW weather events in terms of EG characteristics. Furthermore, when air events related to the birth of 161 kids were examined, a homogeneous distribution except R and SNW weather were seen.

Table 2. Comparison of birth data with weather events

		Weather Condition											General Σ
		Audible	Inaudible										
		RMS	HR	R	SNW	Σ	FC	VC	SUN	C	PC	Σ	
Farm	1	2 1.439%	1 0.179%	1 0.179%	–	4 2.888%	7 5.036%	2 1.439%	–	2 1.439%	2 1.439%	13 9.353%	17 12.230%
	2	1 0.179%	–	–	–	1 0.179%	–	7 5.036%	1 0.179%	–	–	8 5.756%	9 6.475%
	3	4 2.888%	–	–	–	4 2.888%	4 2.888%	5 3.597%	–	1 0.179%	–	10 7.194%	14 10.072%
	4	2 1.439%	1 0.179%	–	–	3 2.158%	4 2.888%	4 2.888%	3 2.158%	3 2.158%	–	14 10.072%	17 12.230%
	5	6 4.317%	–	–	–	6 4.317%	–	4 2.888%	–	1 0.179%	–	5 3.597%	11 7.914%
	6	3 2.158%	–	–	–	3 2.158%	1 0.179%	2 1.439%	–	7 5.036%	–	10 7.194%	13 9.353%
	7	6 4.317%	3 2.158%	–	2 1.439%	11 7.914%	5 3.597%	2 1.439%	–	2 1.439%	1 0.179%	10 7.194%	21 15.108%
	8	2 1.439%	1 0.179%	–	–	3 2.158%	1 0.179%	3 2.158%	–	1 0.179%	3 2.158%	8 5.756%	11 7.914%
	9	1 0.179%	–	–	–	1 0.179%	1 0.179%	1 0.179%	1 0.179%	1 0.179%	–	4 2.888%	5 3.597%
	10	5 3.597%	1 0.179%	–	–	6 4.317%	3 2.158%	3 2.158%	1 0.179%	2 1.439%	–	9 6.475%	15 10.791%
	11	3 2.158%	–	–	–	3 2.158%	–	1 0.179%	1 0.179%	1 0.179%	–	3 2.158%	6 4.317%
	Σ	35 25.180%	7 5.036%	1 0.179%	2 1.439%	45 32.374%	26 18.705%	34 24.460%	7 5.036%	21 15.108	6 4.317%	94 67.626%	139 100%
AG	2	11 7.914%	1 0.179%	1 0.179%	2 1.439%	15 10.791%	15 10.791%	14 10.072%	2 1.439%	2 1.439%	1 0.179%	34 24.460%	49 35.252%
	3	12 8.633%	2 1.439%	–	–	14 10.072%	6 4.317%	11 7.914%	3 2.158%	4 2.888%	2 1.439%	26 18.705%	40 28.777%
	4	8 5.756%	2 1.439%	–	–	10 7.194%	5 3.597%	6 4.317%	2 1.439%	13 9.353%	1 0.179%	27 19.424%	37 26.619%
	5	4	2	–	–	6	–	3	–	2	2	7	13

		Weather Condition											
		Audible					Inaudible					General Σ	
		RMS	HR	R	SNW	Σ	FC	VC	SUN	C	PC	Σ	General Σ
		2.888%	1.439%			4.317%		2.158%		1.439%	1.439%	5.036%	9.353%
	Σ	35	7	1	2	45	26	34	7	21	6	94	139
		25.180%	5.036%	0.179%	1.439%	32.374%	18.705%	24.460%	5.036%	15.108%	4.317%	67.626%	100%
HG	Hornless	6	–	–	1	7	9	9	2	8	2	30	37
		4.317%			0.179%	5.036%	6.475%	6.475%	1.439%	5.756%	1.439%	21.583%	26.619%
	Short-horned	–	–	–	–	–	2	–	–	1	1	4	4
							1.439%			0.179%	0.179%	2.888%	2.888%
	Long-horned	29	7	1	1	38	15	25	5	12	3	60	98
		20.863%	5.036%	0.179%	0.179%	27.338%	10.791%	17.986%	3.597%	8.633%	2.158%	43.165%	70.504%
	Σ	35	7	1	2	45	26	34	7	21	6	94	139
		25.180%	5.036%	0.179%	1.439%	32.374%	18.705%	24.460%	5.036%	15.108%	4.317%	67.626%	100%
EG	Earless	2	–	–	–	2	5	3	2	3	1	14	16
		1.439%				1.439%	3.597%	2.158%	1.439%	2.158%	0.179%	10.072%	11.511%
	Short-eared	5	3	–	–	8	5	5	1	3	2	16	24
		3.597%	2.158%			5.755%	3.597%	3.597%	0.179%	2.158%	1.439%	11.511%	17.266%
	Long-eared	28	4	1	2	35	16	26	4	15	3	64	99
		20.144%	2.888%	0.179%	1.439%	25.180%	11.511%	18.705%	2.888%	10.791%	2.158%	46.043%	71.223%
	Σ	35	7	1	2	45	26	34	7	21	6	94	139
		25.180%	5.036%	0.179%	1.439%	32.374%	18.705%	24.460%	5.036%	15.108%	4.317%	67.626%	100%
TB	S	30	6	1	2	39	22	27	5	18	4	76	115
		18.634%	3.727%	0.621%	1.242%	24.224%	13.665%	16.770%	3.106%	11.180%	2.484%	47.205%	71.429%
	T	10	2	–	–	12	8	12	4	6	4	34	46
		6.211%	1.242%			7.453%	4.969%	7.453%	2.484%	3.727%	2.484%	21.118%	28.571%
	Σ	40	8	1	2	51	30	39	9	24	8	110	161
		24.845%	4.969%	0.621%	1.242%	31.677%	18.634%	24.224%	5.590%	14.907%	4.969%	68.323%	100%
SK	F	18	4	–	1	23	17	21	4	14	7	63	86
		11.180%	2.484%		0.621%	14.286%	10.559%	13.043%	2.484%	8.696%	4.348%	39.130%	53.416%
	M	22	4	1	1	28	13	18	5	10	1	47	75
		13.665%	2.484%	0.621%	0.621%	17.391%	8.075%	11.180%	3.106%	6.211%	0.621%	29.193%	46.584%
	Σ	40	8	1	2	51	30	39	9	24	8	110	161
		24.845%	4.969%	0.621%	1.242%	31.677%	18.634%	24.224%	5.590%	14.907%	4.969%	68.323%	100%

The comparison of birth data with some meteorological data were shown in Table 3.

Table 3. Comparison of birth data with some meteorological data

	N	Daytime Temperature °C			Night Temperature °C			Sensible Temperature °C			Humidity %			Sight Distance km			Pressure Nm ⁻²			Dew point °C			
		$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	
Farm	1	17	6.62±0.43	2.00-12.00	0.731	0.00±0.51 ^a	-7.00-4.00	0.021	0.24±0.24	-2.00-1.00	0.591	17.79±1.51	7.50-25.50	0.560	11.33±0.54	7.00-14.00	0.414	16.33±0.54	12.00-19.00	0.560	0.76±0.24	-1.00-2.00	0.591
	2	9	5.55±1.18	2.00-12.00		-3.33±1.49 ^b	-7.00-3.00		0.89±0.59	-2.00-2.00		15.56±2.85	7.50-32.50		10.22±1.14	7.00-17.00		15.22±1.14	12.00-22.00		0.11±0.59	-1.00-3.00	
	3	14	6.00±0.70	2.00-12.00		-	-7.00-2.00		0.40±0.41	-2.00-4.00		18.39±2.25	7.50-35.00		11.47±0.84	7.00-18.00		16.47±0.84	12.00-23.00		0.60±0.41	-1.00-5.00	
	4	17	6.71±0.40	2.00-9.00		-0.29±0.57 ^a	-7.00-2.00		-	-4.00-2.00		17.21±1.37	7.50-32.50		9.12±1.09	1.00-17.00		15.88±0.55	12.00-22.00		0.47±0.40	-3.00-3.00	
	5	11	7.09±0.46	3.00-8.00		0.73±0.80 ^a	-7.00-2.00		0.18±0.35	-2.00-2.00		19.77±1.73	10.00-25.00		11.91±0.69	8.00-14.00		16.91±0.69	13.00-19.00		1.18±0.35	-1.00-3.00	
	6	13	6.62±0.43	3.00-8.00		0.08±0.67 ^a	-7.00-2.00		0.15±0.32	-2.00-1.00		15.77±1.59	10.00-25.00		10.31±0.63	8.00-14.00		15.31±0.63	13.00-19.00		1.15±0.32	-1.00-2.00	
	7	21	6.55±0.56	1.00-12.00		0.60±0.52 ^a	-5.00-4.00		-	-5.00-3.00		17.00±1.47	2.50-25.00		9.80±0.89	1.00-14.00		15.80±0.59	10.00-19.00		0.60±0.45	-4.00-4.00	
	8	11	6.27±0.36	5.00-8.00		0.45±0.34 ^a	-2.00-2.00		0.36±0.39	-2.00-2.00		15.68±1.69	10.00-25.00		10.27±0.68	8.00-14.00		15.27±0.68	13.00-19.00		1.36±0.39	-1.00-3.00	
	9	5	6.00±0.71	4.00-8.00		-0.60±0.52 ^a	-4.00-2.00		-	-5.00-1.00		15.00±2.09	10.00-20.00		10.00±0.84	8.00-12.00		15.00±0.84	13.00-17.00		-0.40±1.03	-4.00-2.00	
	10	15	7.25±0.44	4.00-12.00		0.25±0.55 ^a	-4.00-2.00		-	-5.00-4.00		19.84±1.71	10.00-35.00		11.31±0.97	1.00-18.00		16.94±0.69	13.00-23.00		0.94±0.48	-4.00-5.00	
	11	6	7.33±0.42	6.00-8.00		-0.17±1.22 ^a	-4.00-2.00		-	-4.00-1.00		20.83±2.11	12.50-25.00		12.33±0.84	9.00-14.00		17.33±0.84	14.00-19.00		0.33±0.72	-3.00-2.00	
	Σ	139	6.57±0.18	1.00-12.00		-0.29±0.24	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.59±0.55	2.50-35.00		10.60±0.28	1.00-18.00		16.04±0.22	10.00-23.00		0.72±0.14	-4.00-5.00	
AG	2	49	6.08±0.35	1.00-12.00	0.118	-1.33±0.48 ^b	-7.00-4.00	0.006	-	-5.00-4.00	0.510	17.55±0.10	2.50-35.00	0.523	10.44±0.52	1.00-18.00	0.822	16.02±0.40	10.00-23.00	0.523	0.25±0.25 ^b	-4.00-5.00	0.051
	3	40	7.07±0.28	2.00-12.00		0.43±0.33 ^a	-7.00-4.00		0±0.26	-2.00-4.00		18.75±0.85	7.50-35.00		11.05±0.48	1.00-18.00		16.50±0.34	12.00-23.00		1.00±0.23 ^{ab}	-1.00-5.00	
	4	37	6.67±0.26	2.00-12.00		0.02±0.38 ^a	-7.00-3.00		-	-5.00-2.00		16.96±0.93	7.50-32.50		10.56±0.43	1.00-17.00		15.78±0.37	12.00-23.00		0.74±0.25 ^{ab}	-4.00-3.00	
	5	13	6.47±0.33	3.00-18.00		0.42±0.45 ^a	-7.00-2.00		0.26±0.25	-2.00-2.00		16.71±1.38	10.00-25.00		10.68±0.55	8.00-14.00		15.68±0.55	13.00-19.00		1.26±0.25 ^a	-1.00-3.00	

		Daytime Temperature °C				Night Temperature °C			Sensible Temperature °C			Humidity %			Sight Distance km			Pressure Nm ⁻²			Dew point °C		
		N	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P	$\bar{x} \pm Sx$	Min-Max	P
	Σ	139	6.57±0.16	1.00-12.00		-0.26±0.22	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.61±0.50	2.50-35.00		10.67±0.25	1.00-18.00		16.04±0.20	10.00-23.00		0.71±0.13	-4.00-5.00	
HG	Hornless	37	6.68±0.30	1.00-12.00	0.555	0.23±0.37	-7.00-4.00	0.343	-	-5.00-2.00	0.535	16.65±0.94	2.50-32.50	0.317	9.98±0.50	1.00-17.00	0.195	15.66±0.38	10.00-22.00	0.317	0.98±0.26	-4.00-3.00	0.535
	Short-horned	4	5.33±0.33	5.00-6.00		-1.67±0.88	-3.00-0.00		-	-2.00-1.00		15.00±3.82	10.00-22.50		10.00±1.53	8.00-13.00		15.00±1.53	13.00-18.00		0.67±0.88	-1.00-2.00	
	Long-horned	98	6.59±0.17	1.00-12.00		-0.34±0.28	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		18.19±0.63	2.50-35.00		11.00±3.11	1.00-18.00		16.28±0.25	10.00-23.00		0.66±0.15	-4.00-5.00	
	Σ	139	6.59±0.17	1.00-12.00		-	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.70±0.52	2.50-35.00		10.69±0.21	1.00-18.00		16.08±0.21	10.00-23.00		0.75±0.13	-4.00-5.00	
EG	Earless	16	5.73±0.42	3.00-8.00	0.114	-1.33±0.71	-7.00-2.00	0.154	-	-2.00-3.00	0.596	16.00±1.40	10.00-25.00	0.234	10.40±0.56	8.00-14.00	0.235	15.40±0.56	13.00-19.00	0.234	0.60±0.41	-1.00-4.00	0.596
	Short-eared	24	6.23±0.43	2.00-12.00		-0.58±0.62	-7.00-3.00		-	-2.00-2.00		16.35±1.30	7.50-32.50		9.77±0.73	1.00-17.00		15.54±0.52	12.00-22.00		0.50±0.26	-1.00-3.00	
	Long-eared	99	6.78±0.19	1.00-12.00		0.03±0.24	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		18.22±0.61	2.50-35.00		10.94±0.30	1.00-18.00		16.29±0.24	10.00-23.00		0.83±0.15	-4.00-5.00	
	Σ	139	6.59±0.17	1.00-12.00		-0.21±0.22	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.69±0.52	2.50-35.00		10.69±0.26	1.00-18.00		16.08±0.21	10.00-23.00		0.75±0.13	-4.00-5.00	
TB	S	115	6.56±0.20	1.00-12.00	0.297	-0.33±0.26	-7.00-4.00	0.129	-	-5.00-4.00	0.745	17.56±0.61	2.50-35.00	0.674	10.51±0.32	1.00-18.00	0.062	16.03±0.24	10.00-23.00	0.674	0.73±0.15	-4.00-5.00	0.745
	T	46	6.59±0.27	3.00-12.00		-0.05±0.38	-7.00-4.00		-	-5.00-2.00		17.73±0.88	10.00-25.00		16.03±0.24	8.00-14.00		16.10±0.35	13.00-19.00		0.68±0.26	-4.00-3.00	
	Σ	161	6.57±0.16	1.00-12.00		-0.25±0.21	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.61±0.50	2.50-35.00		10.67±0.25	1.00-18.00		16.04±0.20	10.00-23.00		0.71±0.13	-4.00-5.00	
SK	F	86	6.41±0.19	1.00-12.00	0.276	-0.30±0.27	-7.00-2.00	0.816	-	-5.00-4.00	0.409	17.30±0.66	2.50-35.00	0.508	10.57±0.33	1.00-18.00	0.668	15.92±0.26	10.00-23.00	0.509	0.81±0.17	-4.00-5.00	0.409
	M	75	6.76±0.27	1.00-12.00		-0.20±0.35	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.97±0.77	2.50-35.00		10.79±0.39	1.00-18.00		16.19±0.31	10.00-23.00		0.60±0.20	-4.00-5.00	
	Σ	161	6.57±0.16	1.00-12.00		-0.25±0.22	-7.00-4.00		-	-5.00-4.00		17.61±0.63	2.50-35.00		10.67±0.25	1.00-18.00		16.04±0.20	10.00-23.00		0.71±0.13	-4.00-5.00	

a, ab, b Differences between the values involving different letters in the same column were found to be statistically significant at P<0.05

Also, 7 different weather events were presented here. The farms average daytime temperature ($P>0.05$), night temperature ($P<0.05$), sensible temperature ($P>0.05$), humidity ($P>0.05$), sight distance ($P>0.05$), pressure ($P>0.05$), dew point ($P>0.05$) were 6.57 ± 0.18 °C, -0.29 ± 0.24 °C, -0.28 ± 0.14 °C, 17.59 ± 0.55 %, 10.60 ± 0.28 km, 16.04 ± 0.22 Nm⁻², 0.72 ± 0.14 °C, respectively. Also, as can be seen in Table 3, different level of statistical significances were between Farm-NT and AG-DP ($P<0.05$); AG-NT ($P<0.01$). However, no statistical significance could be determined outside these two levels of statistical significance.

4. DISCUSSION

Jose et al. (2016b) reported that productivity and reproductive performance characteristics were affected by environmental factors and the *reproducibility* level was low as a result of a study they conducted in Pelibuey sheep. The level of repeatability in meteorological studies, as it is known, is low. In this case, a method source (Sadikhov et al., 1995) of Tubitak-National Meteorology Institute is available. The advantage of this study is that the level of exposure from other environmental factors other than meteorological data is low, whereas the level of repeatability is relatively high. Li et al. (2012) used a pasture model (APSIM-AgPasture) and farm system model (Farmax) in a study on sheep and beef farming in which they talked about the profound effects of weather change on pasture production and pastoral farm. Measurement uncertainty is less and easier to determine in studies with these and similar computer modeling programs.

According to the results of a study that Tracey and Flemming (2007) did on the goats; While the helicopter was just above the goats, the goats showed alert behavior. The distance moved decreased sharply when the helicopter was further than 150 m away. However the goats often fled to a distance of up to 1.5 km in response to helicopter over-flights, confused. Helicopter flights did not also cause mothers to abandon their young, nor adversely affect their immediate or long-term welfare. In this study, given that the animals' response to audible stimuli was not just movement, these "could the animals have responded to audible weather events such as R and SNW in relation to birth?" brought the question to mind. Another important point in this study is 2, 3, 4, 5 years old goats had similar behavior that they had not given birth on R and SNW weathers.

The 2016 precipitation average of Van province reported by Selçuk et al. (20016) was 33.8 kg/m², 46.8 kg/m² and 55.8 kg/m² respectively in February, March and April, respectively. In this study, births in February looked like a bell curve, and this month was the month that

expressed the birth calendar in the healthiest way. When focusing on the relationship between absolute audible pressure and audible pressure level, slow wind levels were calculated as 20dB (Anonymous, 2018a). In this case, it was possible for the pregnant goats in the study to hear the sound of the rain, even if they could not hear the sound of the wind blowing. Wind direction has been reported to have little effect on sound propagation as long as the wind speed is at 10 mph (=16,093 km/sa) or less, which is considered fairly slow (Anonymous, 2022b).

The same rain rates can form different acoustic spectrums depending on different drop distributions. This can become much more complicated, even simply by adding the wind that produces its own sound and also affects the intensity of the rain (Medwin et al., 1990). On the other hand, it is true that a storm can have a very high frequency with torrential rain, given that it can be 120 dB. Although the geography where the study was carried out was not a place of strong winds, it was likely that the wind blowing would be perceived by animals.

A similar study was carried out by Demir (2006) on a total of 323 pregnant sheep raised in 8 enterprises in the same location during the lambing season, which took place between February 7 and April 9, 2015. In this study, 73,336% of the total lambs were in the 51,613% where silent weather events were observed. This situation is similar to this study on goats. During the birth season, 76,667% of the silent weather events were observed and 67,626% of the births occurred in silent weather events on these dates. This study has similar results in this perspective with the study conducted on sheep by Demir (2016).

5. CONCLUSIONS

It is thought that the study was carried out in accordance with the purpose, since the farms are far enough from the nearest settlements. Air traffic was an important factor in sound. However, this risk has disappeared because the airport is far enough away. In this study, it was observed that there is no significant difference between farms. It is thought that their conditions support goats to be similarly affected by environmental events and to act on herd instinct.

In the first 13 days of continuous births, it can be seen that the bell curve appears, which is the general feature of the birth chart of small ruminants. This is very important for the healthy execution of a study. Although this study was carried out on a small number of animals, similar results from a large number of enterprises are considered important for animal behavior. Furthermore, from the findings, it is observed that the age of animals is closely related to the weather. As a result, a large number of and more detailed studies are needed to connect the timetable of birth of goats to the weather.

REFERENCES

- Akkuşçi, A. (2021). Kuzulama sezonunda mevcut hava durumu ve solar radyasyon düzeylerinin koyunların doğum verileri ile ilişkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Algers, B., Ekesbo, I., Stromberg, S. (1978). The impact of continuous noise on animal health. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 67,1-26.
- Anonymous 2018a. <https://www.softdb.com/effect-of-wind-and-temperature-gradients-on-sound-waves/>. The last access: 15.06.2022
- Anonymous 2021. https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Belgeler/Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/K%C3%BC%C3%A7%C3%BCkba%C5%9F%20Hayvanc%C4%B1%C4%B1k/Ke%C3%A7i%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi/2020%20YILI/Keci_Yetistiriciligi.pdf The last access: 12.03.2020
- Anonymous 2022a. <https://www.calculator.net/heat-index-calculator.html> The last access: 15.02.2022
- Anonymous 2022b. <https://www.abdenengineering.com/blog/weather-affects-noise-study/> The last access: 27.01.2022
- Arehart, L.A., Ames, D.R. (1972). Performance of early-weaned lambs as affected by audible type and intensity. *Journal of Animal Science*, 35, 481-485.
- Ames, D.R., Arehart, L.A. (1972). Physiological response of lambs to auditory stimuli. *Journal of Animal Science*, 34, 994-998.
- Berglung, B., Lindvall, T., Schwela, D. H. (1999). Guidelines for community noise. *The World Health Organization*, Geneva, Switzerland. p 159.
- Castelhano-Carlos, M.J., Baumans, V. (2009). The impact of light, noise, cage cleaning and in-house transport on welfare and stress of laboratory rats. *Laboratory Animals*, 43, 311–327
- Delpietro, H. A. (1989). Case reports on defensive behaviour in equine and bovine subjects in response to vocalization of the common vampire bat (*Desmodus rotundus*). *Applied Animal Behaviour Science*, 22, 377-380.
- Demir, A.O. (2016). Hava durumunun koyunların doğum performansı üzerine etkileri. Bursa Tarım Kongresi, Türkiye, S: 18-25.
- Heffner, R.S., Heffner, H.E. (1990). Hearing in domestic pigs (*Sus scrofa*) and goats (*Capra hircus*). *Hearing research*, 48, 231-240.
- Jose, C., Manuel, A., Pereira, F., De Mira, A., Morita, L., Antonio, E., Titto, L. (2016a). Thermoregulatory response in Hair sheep and Shorn Wool sheep cristiane gonc. *Small Ruminant Research*, 144, 341–345.
- Jose, E.T.C, Magaña-Monforte, J.G., Segura-Correa, J.C. (2016b). Environmental effects on productive and reproductive performance of Pelibuey ewes in Southeastern México. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 508-512.
- Koser Eliçin, M. (2008). White goat sex change of tyroid hormones. *Doktora tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Li, F.Y., Vibart, R., Dynes, R.A., Vogeler I., Brown, M. (2012). Effects of weather variability on sheep and beef farming in northern Southland, New Zealand: A modelling analysis. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 74, 77-84.
- Manuja, B.K. Manuja, A., Aich, P. (2012). Stress and its impact on farm animals. *Frontiers in Bioscience E4*, 1759-1767.
- Medwin, H., Kurgan, A., Nystuen, J.A. (1990). Impact and bubble audible from raindrops at normal and oblique incidence. *Journal of Acoustical Society of America*, 88(1), 413-418.

- Sadıkhoş, E, Kangı, R, Uğur, S. (1995). Ölçüm Belirsizliği. Ulusal Meteoroloji Enstitüsü. 95-014. <https://www.ume.tubitak.gov.tr/sites/images/ume/ume-95-014.pdf> The last access: 15.02.2022
- Selçuk L., Sağlam Selçuk, A., Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (Çkka) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi, Van/Türkiye. *Yerbilimleri/Earth Sciences*, 37(1), 1-18.
- Talling, J. C., Lines, J. A., Wathes, C. M., Waran, N. K. (1998). The acoustic environment of the domestic pig. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 71, 1-12.
- Tracey, J.P., Flemming, J.S. (2007). Behavioural responses of feral goats (*Capra hircus*) to helicopters. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 108, 114-128.
- Weeks, C.A. Brown, S.N. Lane, S. Heasman, L. Benson, T., Warrirs, P.D. (2009). Noise levels in lairages for cattle, sheep and pigs in abattoirs in England and Wales. *Veterinary Record*, 165, 308-314.

- Demir, A.Ö. (2022). Norduz Keçilerinin Doğumu ile Hava Verileri Arasındaki İlişkiler. *Şirnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1): 33-48.
- Demir, A.Ö. (2022). Relationships Between Weather Data and Birth of Norduz Goats. *Sirnak University Journal of Sciences*, 3(1): 33-48.

Research Article

Monitoring of Train Location with Arduino Based Control System

Erhan Ersoy *

* Niğde Ömer Halisdemir University Bor Vocational School; erhan.ersoy@ohu.edu.tr
erhan.ersoy@ohu.edu.tr

Received date: 07/01/2022

Accepted date: 06/08/2022

ABSTRACT

In this study, an Arduino-based prototype has been developed to teach the structure and working principle of the Centralized Traffic Control (CTC) system that enables the monitoring and control of railway traffic to students studying in the field of Rail Systems Electrical and Electronics Technology. The developed system consists of four stations. The line in which the stations are located is divided into the blocks with the fixed block signalling system. At the fixed block signalling system, block, can only be occupied by one train at a time. The TCRT5000 IR (infrared) sensor gives the information that the train has entered the block. When the program embedded in the Arduino controller is operated, the relevant relay at its output activated and that block or station is shown on the centralized commander panel in red. If the relay is active, it not only shows the relevant block line on the central control panel as red, but also ensures that the signal on the line is red. Thus, the information is given for trains coming from behind that the line is full. If the leading train leaves the corresponding block, the signal on the line is converted automatically from red to green to indicate that the corresponding block is empty. In the designed system, the movement of the trains is provided by manual driving. In the system, two different trains were used, both receiving energy from the catenary line and using the third rail system. 433MHz RF transmitter and receiver pair provide giving or cutting the energy to the train on the line and controlling the railway points.

Keywords: Arduino, Central traffic control (CTC) system, Railway

Arduino Tabanlı Kontrol Sistemi ile Tren Konumunun İzlenmesi

ÖZET

Bu çalışmada, Raylı Sistemler Elektrik ve Elektronik Teknolojisi alanında okuyan öğrencilere demiryolu trafiğinin izlenmesini ve kontrolünü sağlayan Merkezi Trafik Kontrol (CTC) sisteminin yapısını ve çalışma prensibini öğretmek için Arduino tabanlı bir prototip geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem dört istasyondan oluşmaktadır. İstasyonların bulunduğu hat, sabit blok sinyalizasyon sistemi ile bloklara ayrılmıştır. Sabit blok sinyalizasyon

sisteminde, blok aynı anda sadece bir tren tarafından işgal edilebilir. TCRT5000 IR (kızılötesi) algılayıcısı, trenin bloğa girdiği bilgisini verir. Arduino kontrolörüne gömülü program çalıştırıldığında çıkışındaki ilgili röle aktif olur ve o blok veya istasyon merkezi kumanda panosunda kırmızı ile gösterilir. Rölenin aktif olması sadece merkezi kumanda panosundaki ilgili blok hattını kırmızı olarak göstermekle kalmayıp aynı zamanda hat üzerinde bulunan sinyalinde kırmızı olmasını sağlar. Böylelikle arkadan gelen trenler için o hattın dolu olduğu bilgisi verilmiş olur. Öndeki trenin ilgili bloğu terk etmesi durumunda hat üzerindeki sinyal ilgili bloğun boş olduğunu belirtmek için kırmızıdan yeşile döndürülür. Tasarımı gerçekleştirilen sistemde trenlerin hareketi manuel sürüş ile sağlanır. Sistemde hem katener hattından enerji alan hem de üçüncü ray sistemi kullanan iki farklı tren kullanılmıştır. 433MHz RF verici ve alıcı çifti, hat üzerinde trene enerji verilmesini veya kesilmesini ve demiryolu noktalarının kontrol edilmesini sağlar.

Anahtar Kelimeler: Ardunio, Merkezi Trafik Kontrol Sistemi, Demiryolu Hattı

1. INTRODUCTION

Railway systems are between the most important types of public transportation due to their unique features. The important features that distinguish rail systems from their alternatives are that they offer a comfortable transportation opportunity, they provide travel directly between the city centres unlike airlines in intercity travel, they are much more economical than their competitors and the trips are safely and planned on time (Canpolat, 2019; Cheedella et al., 2020; Dick et al., 2019; Söylemez, 2019).

The obligation to ensure traffic safety in rail transportation and the economic values of this obligation caused the birth and development of the signal system in railways (Gülener, 2009). The signal system, which was applied with the idea of distance between trains in certain amounts, continued to develop in the 1900s with different systems such as, the block system operated manually by the control operators, the controlled manually operated block system, the semi-automatic block system, the automatic block system and the mechanical block system (Temiz et al., 2015). Lights and electric telegraph used for signalling is the beginning of railway signalling. Over time, the reason for the special signs and their placement at certain points increased traffic safety and train speed. Later, the ways of managing the signs and railway switches from a certain place in the stations were investigated. Railway points and semaphores were operated by electricity controlled motors. As the development continues, semaphores have been replaced by electric lamp signals (Gülener, 2009).

Central traffic control (CTC) system means the management and administration of trains from a center without train orders, based on remote control by means of electrical signals in a certain railway area. CTC line locking circuits are divided into two parts, the stations and the parts between the stations. The parts between the stations are divided into certain line segments

in order to increase the traffic density and speed, and each part is called a block (Gülener, 2009). In other words, a certain road section in which only one train or machine is allowed to exist at the same time, in which train and machine movements are managed by signal notifications and whose boundaries are controlled or automatic signals, is called a block.

Today, basically three types of signalling systems are established:

- Fixed block manual driving,
- Fixed block automatic driving,
- Moving block automatic driving.

Fixed block signalling is the traditional and most widely used type of signalling (Pachl, 2020). The locations of trains must always be known in order to guide rail traffic safely (Alikoç et al., 2013; Kaymakçı, 2017; Mutlu et al., 2012). At fixed block signalling system, only one train is allowed to occupy a block at any time. Because of this reason, signals are very important. In this study, fixed block manual driving signalling system has been used. As shown in Figure 1 (a-d), four different signalling situations are given for three-fixed block signalling system on the line.

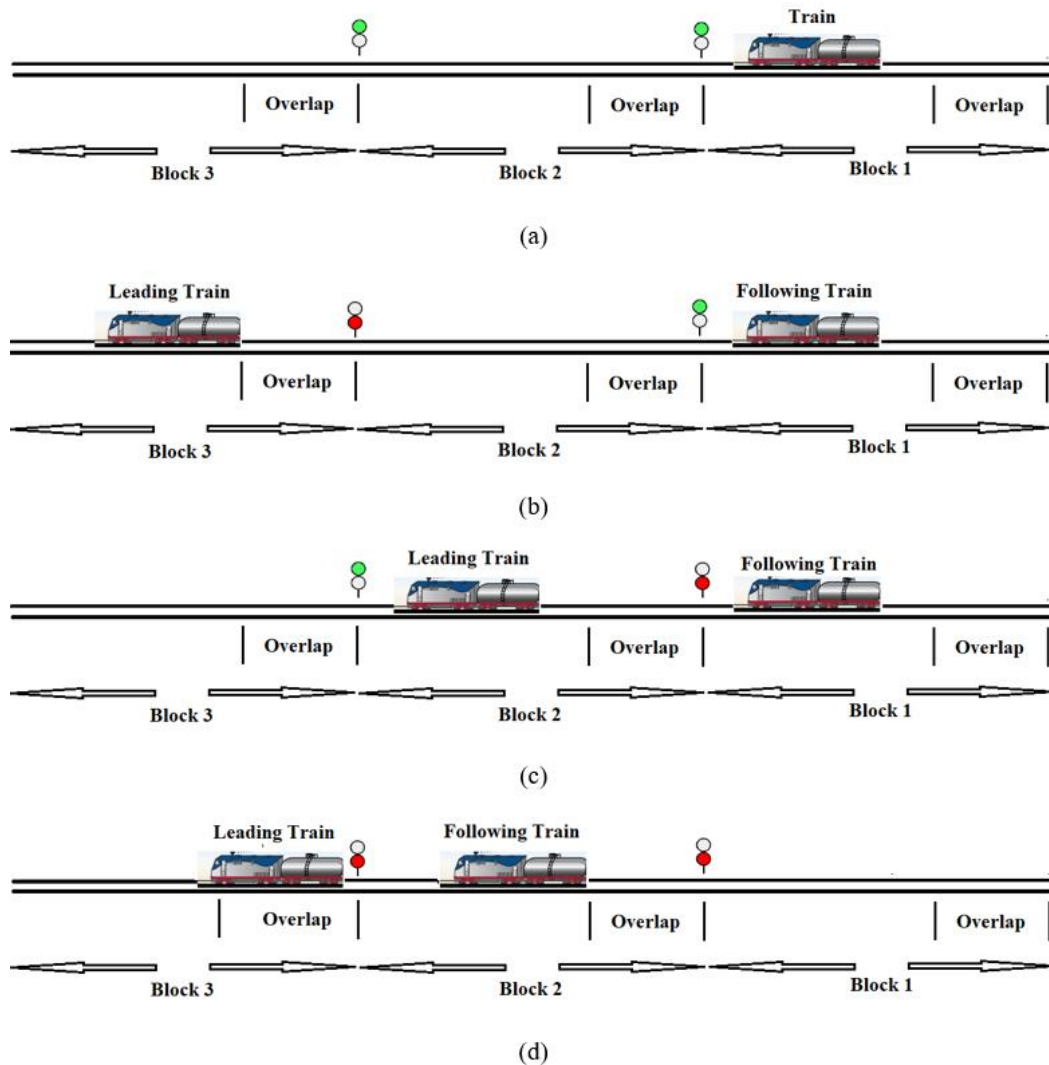


Figure 1. Fixed block system in railways

To clear the signal of a train entering a block section, the following conditions must be met:

- The train in front must have passed the block section
- The leading train must have cleared the overlaps on the further side of the next signal
- The leading train have to be protected by a stop signal (Pachl, 2020).

The overlap supplies a reliable braking distance for any train, which exceeds a signal so that there is no hazard of it come into collision with a stopped train in front (Pachl, 2020).

The basis of the signalling system of the metro railroad transportation in Turkey is root on fixed block system (Canpolat, 2019). This signalling system is used by the central traffic control system. The Central Traffic Control System, which provides the monitoring and control of railway traffic, have combined innovative ideas based on field experience with the latest

technology. Railway points and signal arrangements are made with the commands sent from the central traffic control room. (Görgülü, 2017).

One of the railway section, which also includes many stations connected to a traffic centre, is given in Figure 2. There are rail blocks, junction zones, railway switches, station zones and trains on the line.

In the literature, there are lots of study about the tracking and monitoring of the railway machines. Some of them are given below.

- Nahid et.al (2013) recommended rail-tracking system using GSM technology. GPS system is used for communication between rail tracking system and control room.
- Rajkumar et.al (2013) proposed train-tracking system using Global positioning system and transmission link ensured using Ethernet concepts.



Figure 2. Railway part, including many stations connected to a traffic control centre (Görgülü, 2017).

- Azim et.al (2014) adopted GPS –GPRS based train-monitoring system.
- Vidyasagar et al. (2015) presented tracking of the line and monitoring of the train location using infrared and radio frequency technology.
- Malekjafarian et al. (2019) used the GPS system in the study to determine the location of the train and its rough forward speed.

In the literature, RFID, IR sensors, GPS and GSM systems are generally used in the tracking and monitoring of trains, but no information about block usage and block signalling is included. In this study, this paper will introduce an Arduino-based prototype has been developed to teach the structure and working principle of the Centralized Traffic Control (CTC) system that enables the monitoring and control of railway traffic to students studying in the field of Rail Systems Electrical and Electronics Technology.

2. MATERIALS AND METHODS

In the work carried out, Arduino Mega, TCRT 5000 IR sensor, relay, 433 MHz transmitter-receiver pairs and led / strip led are included as hardware material. The developed software was embedded in the Arduino Mega board using the Arduino IDE program interface. The brief information about hardware materials can be reachable with the following sub-section 2.1. Section 2.2 is given the information about used method.

2.1 Materials

2.1.1 Arduino Mega Controller

Arduino is a platform built on Atmel's AVR series microcontrollers, facilitating the prototyping phase, with connectors for additional extensions and add-ons called shields that can be attached to these connectors. Arduino Mega is a low cost, smart and can be used for developing small circuits using electrical components (Mallikarjun et al., 2017).

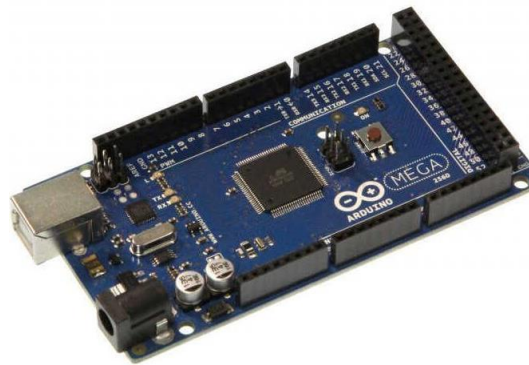


Figure 3. Arduino Mega

Through the digital and analog input/output pins, the hardware components are bonded to the Arduino. Figure 3 shows the Arduino Mega controller.

2.1.2 TCRT 5000 IR Sensor Card

The TCRT 5000 Sensor Card can be used as an object detection sensor in a short distance, as well as a sensor that you can use as a line sensor in sumo, mini sumo and line follower robots. There is a high speed and precision TCRT 5000 sensor on the board. Sensor sensitivity can be adjusted with the help of potentiometers. This digitally output sensor card sees the bright white ground between 0-30 cm and the matt black ground between 0-10 cm. The led on the card starts to light when it sees the sensor. TCRT 5000 IR sensor card is given in Figure 4.



Figure 4. TCRT 5000 IR sensor card

2.1.3 433MHz RF Transmitter-Receiver

This card and control set operating at a frequency of 433 MHz allows you to set up a remotely controllable system that can be used in various electronic and robotic cards, systems requiring remote intervention and also remotely controlled structures. The card has a single channel and it can be adjusted whether the relay on it is normally open or closed. However, thanks to its encryption and transmitter identification features, it enables the use of more than one receiver-transmitter on the same frequency. Figure 5 shows the 433 MHz RF transmitter and receiver with relay card. In this study, this system has been used to control the railway switches and energy transfer to the train.



Figure 5. 433 MHz RF transmitter-receiver pairs

2.2 Methods

In this study, a prototype design in which the train location information can be monitored has been made by using the fixed block signalling system. The line created for the designed system consists of four stations and two railway switches systems. The TCRT 5000 sensor is used to detect the train entering the stations and blocks. In addition, the system has been made suitable for two different types of trains using both the catenary line and the third rail system. Catenary systems are the name given to the line system used to transport the energy required in train movements. A third rail is a rail that supplies electrical power to rail vehicles by means of a semi-continuous solid conductor placed between or next to the rails of a railway track.

The status of the signals of the blocks according to the trains located in different blocks along the line of the design which has been used both the catenary line and the third rail system are given in Figure 6. The hardware structure of the designed CTC prototype is given in Figure 7. In this study, 433 MHz RF transmitter-receiver pairs is given before in Figure 5 have been used to control of the railway points and send command start or stop the train manually.

In order for each train on the line to proceed safely, the commands indicated by the signals must be followed.

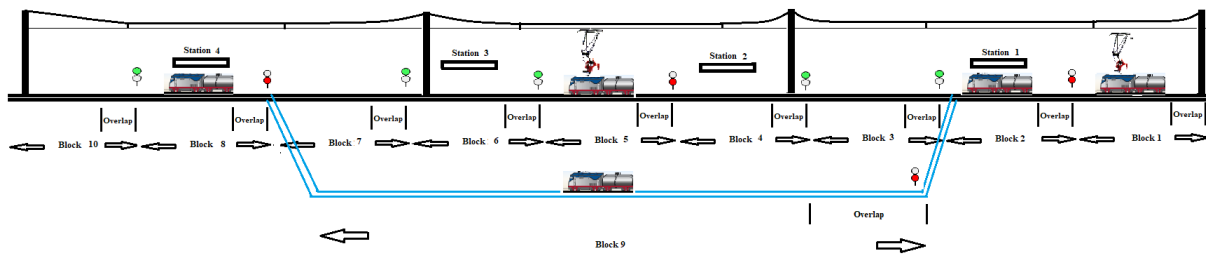


Figure 6. Fixed block system for developed prototype using both catenary and third rail system.



Figure 7. Hardware structure of the designed CTC prototype.

Since the fixed block signalling system is used in this study, it is important whether the signal is green or red, since the signals at the beginning of the block give information about the availability of the relevant block. The flow chart that each train must follow in the transition to other blocks on its route, regardless of which block it is on, is given in Figure 8.

As the first step in the realization of the design given in Figure 7, the structure of monitoring of train location system was examined and it was decided to use the hardware materials given in section 2.1. After the hardware infrastructure was prepared, it was decided how the mechanical system design would be and the necessary design work was done. After the preparation of the hardware and mechanical infrastructures, one part of the electronic circuit design that will enable the system to work was drawn using the Fritzing program.

The circuit design realized in the Fritzing program is given in Figure 9. Based on this drawing, the necessary connections have been made on the system. The software, which will control the system, has been written considering the system inputs and outputs.

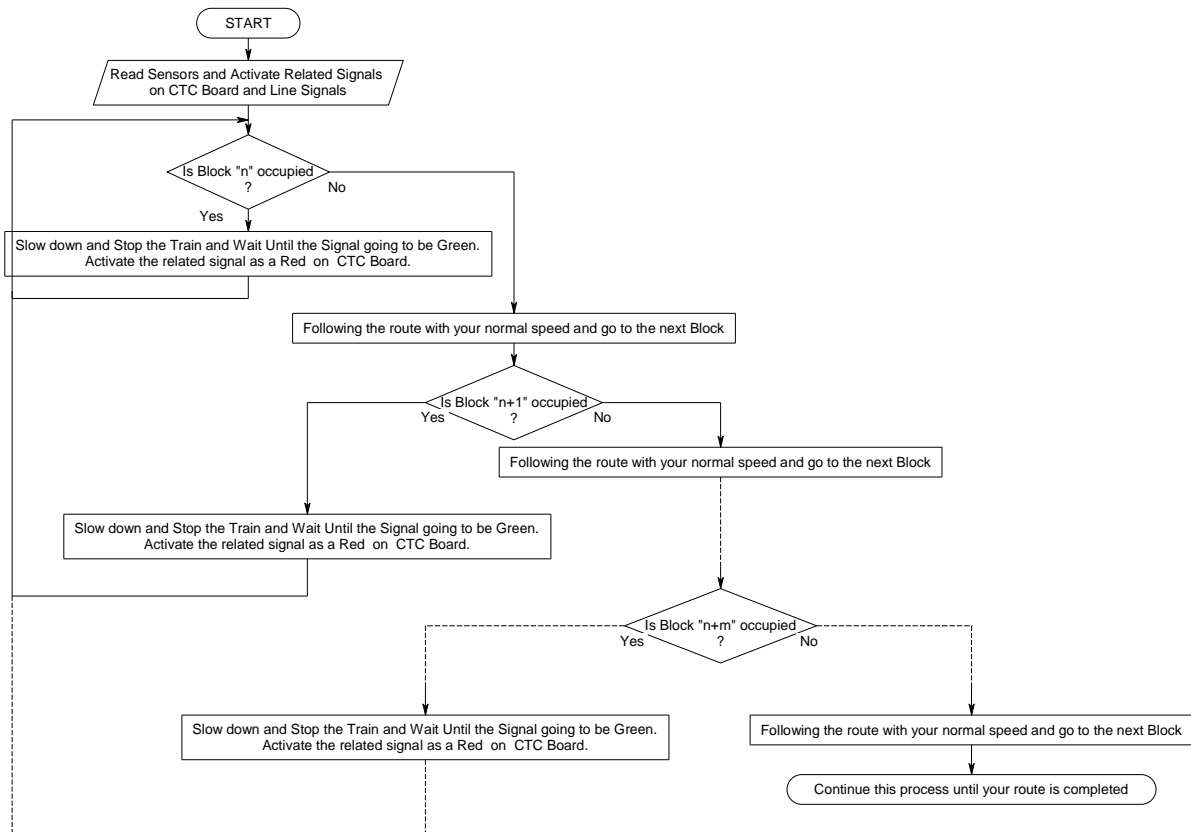


Figure 8. The flow chart that each train must follow in the transition to other blocks on its route, regardless of which block it is on.

In this study, the fixed block system has been used, the train inside the block is followed by the strip leds on the CTC control panel. The connections of the signals on the line where the train is moving and indicating whether the blocks on the line are occupied or empty are made as given in Figure 10, separately for each of the Arduino outputs.

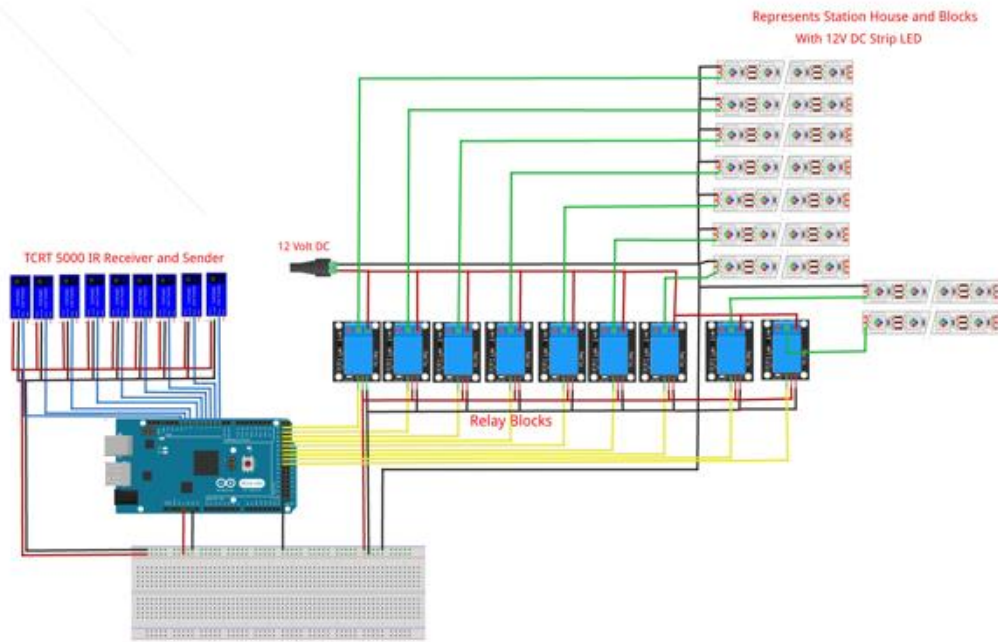


Figure 9. Implemented circuit of “Monitoring of train location system” prepared by using Fritzing program.

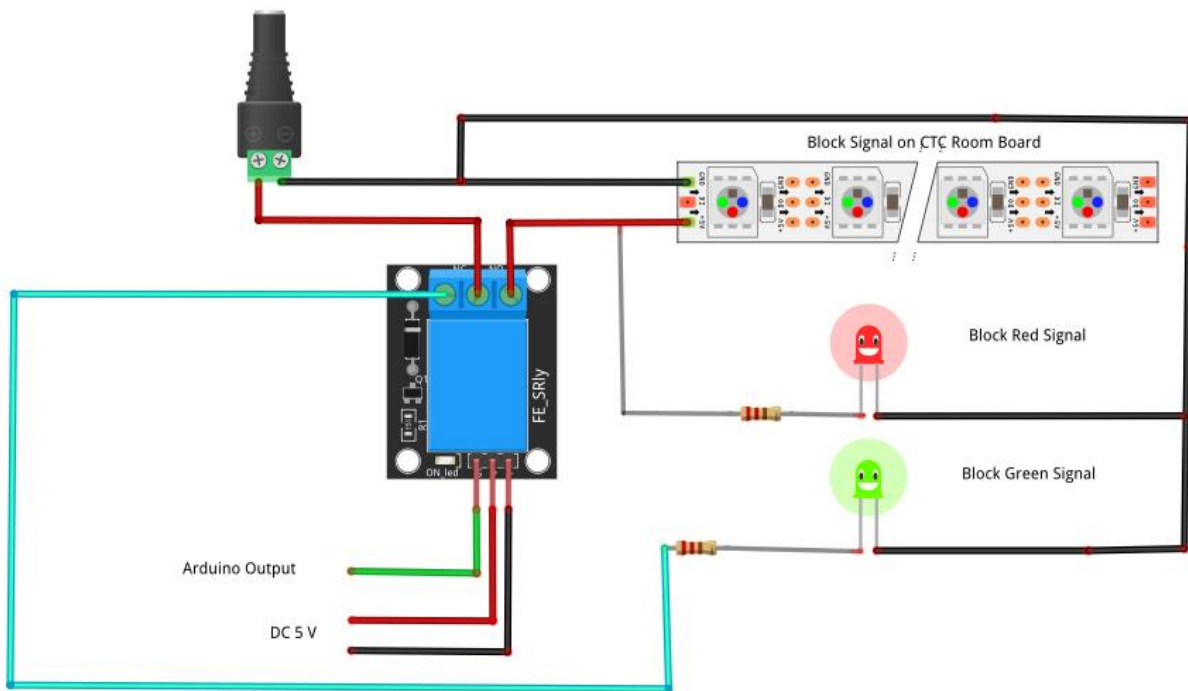


Figure 10. The connections of the signals on the line where the train is moving and indicating whether the blocks on the line are occupied or empty.



Figure 11. Monitoring of train location (red colour strip led) on CTC board

The location of the train is detected by TCRT 5000 IR sensor and transmits this information to the Arduino. Accordingly, the software constantly queries the IR sensors and decides which station or block will be red. The visual showing the location of the train is given in Figure 11.

3. DISCUSSIONS AND CONCLUSIONS

With this project, students studying in the Rail Systems Electrical and Electronic Technologies program were able to comprehend the working principle of the "train location tracking" system. In addition, with this project, the students learned the concept of blocks used in the field of rail systems, the signals in the blocks and their meanings, and the concepts of overlaps. In addition to these, they also have information about how the railway points controls are carried out remotely with RF.

Figure 12 shows the pictures, which are taken from the testing process of the designed system. It has also been determined that the TCRT 5000 IR sensor is suitable for such applications. Since the catenary system and the third rail system structures are also used in this system, the design and control of these systems are discussed with this study. In the study, 433 MHz remote-controlled transmitter and relay receiver systems were used in the energy transfer and switch controls of trains and it was predicted that these structures are suitable for such systems.

As a result, the designed structure worked as desired and the students understood the system structure and working principle with this project. Additionally, this project has set an example for new projects.

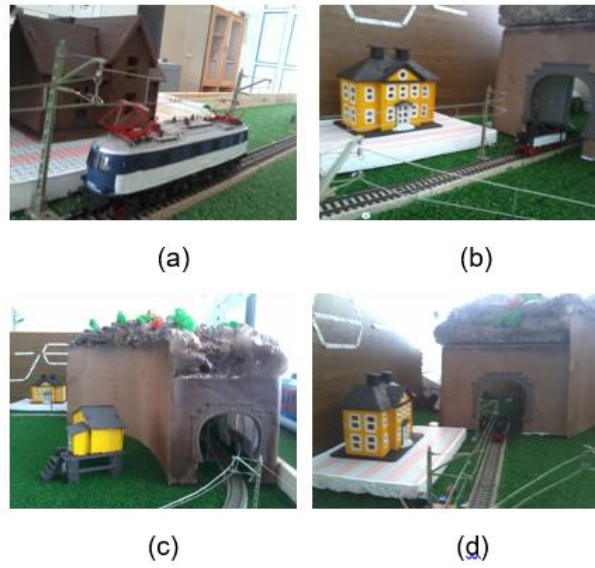


Figure 12. Images taken during the testing process of the designed system

Acknowledgments

I would like to thank my students for their help through the visual design of this study.

REFERENCES

- Alikoç, B., Mutlu, I., Fuat Ergenç, A., (2013). Stability analysis of train following model with multiple communication delays. *IFAC Proceedings*, 46(25), 13–18.
- Azim, M.R.S., Mahmud, K., Das, C. K., (2014). Automatic train track switching system with Computerized Control from the Central Monitoring Unit, *International Journal of u- and e- Service, Science and Technology*, 7(1), 201- 214.
- Canpolat, M. (2019) Communication-based train Positioning control system by using existing radio system. *Master of Science Thesis*, Graduate School of Natural and Applied Sciences of Dokuz Eylül University.
- Cheedella, S., Manne, J., Vamsi, K.S., Yalamanchili, N. (2020). Railway track monitoring system using Arduino with LoRa. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 11(6), 775-778.
- Dick, C.T., Mussanov, D., Evans, L.E., Roscoe, G.S., Chang, T-Y. (2019). Relative capacity and performance of fixed and moving block control systems on North American freight railway lines and shared passenger corridors. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2673(5): 250-261.
- Görgülü, Ç. (2017). "Tarihsel Süreç İçerisinde Demiryolu Trafik Yönetim Sistemlerine Yüzeysel Bakış", *Demiryolu Mühendisliği*, 5, 34-44.
- Gülener, Y. (2009). Bir raylı ulaşım sinyalizasyon sistemi gerçekleştirme, *Yüksek Lisans Tezi İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kaymakçı, Ö.T. & Oz, M. A. (2017). An automatic formal model generation and verification method for railway interlocking systems. *Gazi University Journal of Science*, 30(2), 133-147.
- Malekjafarian, A., OBrien, E., Quirke, P., Bowe, C. (2019). Railway Track Monitoring Using Train Measurements: An Experimental Case Study. *Applied Sciences*, 9(22), 4859.
- Mallikarjun, G.H., Swati, I.K., Sneha, S.G., Basamma, B., Vivek, M.N. (2017). Digital Logic Gate Simulation using Arduino Microcontroller. *Journal of Control System and Control Instrumentation*, 3(1), 1-6.

- Mutlu, A.F., Ergenc, T., Ovatman, M.T. Soylemez. (2012). Design of a Hardware and Software Based Test Bed for Railway Signalization Systems. In Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems, pp: 185-190.
- Nahid, S., Padala, S. Kumar, V.S.D., (2013) Design and development of train tracking system in south central railways, International Journal of Science and Modern Engineering, 1(12), 60- 64.
- Pachl, J. (2020). Railway Signalling Principles. (E-Book) <https://doi.org/10.24355/dbbs.084-202006161443-0>
- Rajkumar, R.I., Sankaranarayanan, P.E. Sundari, G., (2013). GPS and Ethernet based Real Time Train Tracking System, International Conference on Advanced Electronic Systems (ICAES), 2013, pp. 282-286.
- Temiz, İ. İlyas, B. Karayanık, S. (2015). Demiryolu Ulaşımında modern sinyalizasyon sistemlerinin gelişim süreci. *Otomasyon Dergisi*, 275, 84-92.
- Söylemez, M. T. (2019). Raylı sistemlerde sinyalizasyon: Neden?, Nasıl?, Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi (EEMKON 2019), İstanbul, S: 29-36.
- Vidyasagar, K., Babu, P.S., Prasad, R.R. (2015). Train tracking and the signaling system using infrared and radio frequency technology. *International Journal of Computer Applications*, 119, 11-14.

Ersoy, E. (2022). Monitoring of Train Location with Arduinio Based Control System. *Sirnak University Journal of Sciences*, 3(1): 49-61.

Ersoy, E. (2022). Arduino Tabanlı Kontrol Sistemi ile Tren Konumunun İzlenmesi. *Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1): 49-61.