



Artvin Çoruh Üniversitesi

Mühendislik ve
Fen Bilimleri Dergisi
Artvin Çoruh University
Journal of Engineering
and Sciences ACUJES

Artvin Çoruh University

Mühendislik ve
Fen Bilimleri Dergisi
Artvin Çoruh University
Journal of Engineering
and Sciences ACUJES

Cilt/Volume:1

Sayı/Issue:1

Yıl/Year:2023

Sahibi / Owner

Artvin Çoruh Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Adına
Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU

Baş Editör / Editor in Chief
Doç.Dr.Ayla BİLGİN

Yardımcı Editör / Associate Editor
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TEMİZ

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor
Doç. Dr. Ömer KAŞAR

Alan Editörleri/ Field Editors

Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU (Yaşam Bilimleri)
Prof. Dr. Yaşar KOBYA (Temel Bilimler)
Doç. Dr. Ayla BİLGİN (Çevre Mühendisliği)
Doç. Dr. Ayşe YAVUZ ÖZALP (Harita Mühendisliği)
Doç. Dr. Ömer KASAR (Elektrik Elektronik Mühendisliği)
Dr. Öğr. Üyesi Hakan TEMİZ (Bilgisayar Mühendisliği)

Editör Kurulu / Editorial Board

Bilgisayar Mühendisliği/ Computer Engineering

Prof. Dr. Ersin ELBAŞI (American University of the Middle East)
Doç. Dr. Ahmet TOPÇU (American University of the Middle East)
Dr. Öğr. Üyesi Mete YAĞANOĞLU (Atatürk Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Nuh AZGİNOĞLU (Kayseri Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Ramazan TERZİ (Amasya Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Serdar ÇİFTÇİ (Harran Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Faruk Baturalp GÜNAY (Atatürk Üniversitesi)

Çevre Mühendisliği/Environmental Engineering

Prof. Dr. Selim LATİF SANİN (Hacettepe Üniversitesi)
Prof. Dr. Feryal AKBAL (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Elektrik-Elektronik Mühendisliği/ Electrical Electronics Engineering

Prof. Dr. BÜLENT ORAL (Marmara Üniversitesi)
Doç. Dr. Gökhan ELMACI (Adıyaman Üniversitesi)
Prof. Dr. Nurettin UMURKAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. YÜCEL ÖZMEN (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. MÜSLÜM CENGİZ TAPLAMACIOĞLU (Gazi Üniversitesi)

Harita Mühendisliği/ Surveying Engineering

Prof. Dr. Nursu TUNALIOĞLU ÖCALAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Fusun BALIK ŞANLI (Yıldız Teknik Üniversitesi)
Prof. Dr. Bahattin ERDOĞAN (Yıldız Teknik Üniversitesi)

Matematik/ Mathematics

Prof. Dr. Hanlar REŞİDOĞLU (İğdır Üniversitesi)

Temel Bilimler/ Basic Sciences

Prof. Dr. Cahit YEŞİLYAPRAK (Atatürk Üniversitesi)
Prof. Dr. Ahmet Turan ALAN (Batman Üniversitesi)

Yaşam Bilimleri/ Life Sciences

Prof. Dr. Özgür EMİNAGAOĞLU (Artvin Çoruh Üniversitesi)
Prof. Dr. Temel GÖKTÜRK (Artvin Çoruh Üniversitesi)

Yabancı Dil Editörü / Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Serkan BİÇİCİ

Mizanpaj/ Layout

Arş. Gör. Dr. Haluk KELEŞ
Arş. Gör. Bekir BERKCAN

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

ARAŞTIRMA MAKALELERİ RESEARCH ARTICLES

- Artvin Çoruh Üniversitesi Sağlık Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinde Yeme Davranışları ve Ortoreksiya Nervosa Eğiliminin
Determination of Orthorexia Nervosa Tendency in Artvin Coruh University Vocational School Students
Ayşegül Bayramoğlu , Feyza Koç , Mehtap Dilara Aksoy , Sude Vural , Şeydanur Ertürk , Mine Günay , Hatice Bakay1 - 11
- Tarımda Karbon Ayak İzi ve İklim Değişikliğine Etkisi
Carbon Footprint in Soil and Its Impact on Climate Change
Gülşay Öncar Şentürk, Gülden Gök, Hasan Koçyiğit.....12 - 24
- Bazı Amaç Fonksiyonların Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyon Varyantları Üzerine bir Çalışma
On Particle Swarm Optimization Variants for Solution of Some Objective Functions
Hasan Başak, Kadri Doğan25 - 37
- Deprem Sonrası Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Değerlendirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri
Management of Post-earthquake Construction and Demolition Waste: 6 February, 2023 Kahramanmaraş Earthquake Disasters
Gamze Doğdu, Seda Nur Alkan38 - 50

DERLEME MAKALELERİ REVIEW ARTICLES

- Kentsel Dönüşümde Asbestin İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi
Evaluation of Asbestos in Terms of Occupational Safety in Urban Renewal
Öykü Bağcı, Serpil Özmiççi.....51 - 61



Araştırma Makalesi / Research Paper

Artvin Çoruh Üniversitesi Sağlık Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinde Yeme Davranışları ve Ortoreksiya Nervoza Eğiliminin Saptanması

Ayşegül BAYRAMOĞLU^{1*}, Feyza KOÇ², Mehtap Dilara AKSOY², Sude VURAL², Şeydanur ERTÜRK², Mine GÜNAY², Hatice BAKAY²

¹ Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Kütahya, TÜRKİYE

² Artvin Çoruh Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, 08000 Artvin, TÜRKİYE
atbayramoglu@gmail.com, feyzakoc52@hotmail.com, mdilaraksoy@gmail.com,
diyetisyensudevural@gmail.com, seyda.erturk.9898@gmail.com, minegunay1901@gmail.com,
haticebakay538@gmail.com

Received/Geliş Tarihi: 27.03.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 14.06.2023

Özet: Ortoreksiya nervroza (ON), saplantılı biçimde sağlıklı beslenme olarak tanımlanmıştır. Bu sıkı beslenme tarzına sahip kişiler, gıdanın saflığı ve kalitesine takıntılı bir şekilde odaklanmaktadır ve günlük hayatlarında katı diyetler uygulamaktadırlar. Sağlıklı beslenme takıntısının yanı sıra psikolojik rahatsızlıkların da görülme riski ON eğilimi gösteren kişilerde yüksektir. Belirtileri, diğer yeme bozuklukları çeşitlerinin belirtileri ile benzerlik gösterse de DSM-5'e göre ON, yeme bozukluğu sınıflandırmasına girmemektedir. Bu araştırmanın amacı, Artvin Çoruh Üniversitesi Sağlık Meslek Yüksekokulu öğrencilerine Yeme Tutum Testi ve ORTO-11 Ölçeği uygulayarak ON eğilimini saptamaktır. 2019/2020 eğitim yılları arasında yapılan bu çalışma, 329 kadın ve 82 erkek olmak üzere toplamda 411 öğrenci ile yapılmıştır. Katılımcıların beden kitle indekslerine göre %11.7'si zayıf, %72.5'i normal, %13.6'sı kilolu ve %2.2'si obez olarak sınıflandırılmıştır İstatistiksel olarak ortorektik eğilimin cinsiyetler arasında anlamlı derecede farklılık gösterdiği bulunmuştur (P<0.05). 17-18 yaş grubu arasında yeme tutum puanının daha düşük olduğu bulunsa da yaşla ortorektik arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (P>0.05). Araştırma sonucunda, çalışmaya katılan öğrencilerin yeme tutumları ile ON arasında orta düzeyde ve negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur ve öğrencilerin %18.5'u AN açısından riskli gruba girdiği belirtilmiştir. YTT sonucu anoreksiya riskinin kadın öğrencilerde %19.5, erkekler öğrencilerde %14.6 oranlarında olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ortoreksiya Nervoza; ON; Yeme Bozukluğu

Determination of Orthorexia Nervosa Tendency in Artvin Coruh University Vocational School Students

Abstract: Orthorexia nervosa (ON) was defined as obsessively healthy diet. Individuals with this strict diet are obsessively focused on the purity and quality of food and follow strict diets in their daily lives. In addition to healthy eating obsessions, the risk of psychological disorders such as obsessive compulsive disorder, fear of exclusion and stress is high in people who tend to ON. According to DSM-5, ON does not into the classification of eating disorders, although its symptoms are similar to those of other types of eating disorders. The aim of this research is to determine the ON tendency by applying the Eating Attitude Test and the ORTO-11 Scale to Artvin Coruh University Health Vocational School students. "This study was conducted between the years 2019 and 2020, with a total of 411 students, comprising 329 women and 82 men." "Based on the participants' body mass indexes, 11.7% were underweight, 72.5% were in the normal range, 13.6% were overweight, and 2.2% were classified as obese." "As a result of the analysis, orthorexic tendency was found to differ significantly between genders (P<0.05). Although the eating attitude score was lower between the 17-18 age group, no significant difference was found between age and ON (P>0.05). As a result of the research, it was found that there was a moderate and negative relationship between the eating attitudes of students participating in the study and ON, and it was stated that 18.5% of the students were in the risky group in terms of AN. As a result of EAT, anorexia risk was found to be 19.5% in female students and 14.6% in male students.

Keywords: Orthorexia Nervosa; ON; Eating Disorder

1. Giriş

Ortoreksiya Yunanca “doğru lezzet” anlamındadır. Ortoreksiya nervozaya ise günümüzde olası yeme bozukluğunu belirtmek için Steven Bratman tarafından tanımlanan bir ifadedir. Bu ifade saplantılı bir biçimde sağlıklı beslenme düşüncesi ile karakterizedir (Donini ve ark., 2004; Gezer ve Kabaran, 2013).

Ortoreksiya nervozaya (ON) ilk başlarda daha sağlıklı yemek yeme girişimi gibi masum bir şekilde ortaya çıkar. Ancak daha sonra bu kişiler, gıdaların kalitesi ve saflığı üzerine daha çok odaklanmaya başlarlar. Günden güne hangi gıdayı ne kadar porsiyonlarda yemeleri gerektiği ve beslenme hatalarıyla nasıl başa çıkmaları gerektiğinin stresi ile yaşamaya başlarlar. Bu katı yeme tarzını sürdürebilmek için ise güçlü bir iradeye ihtiyaçları vardır. ON hastaları her gün doğru beslenmek için uyanırlar. İnandıkları doğru beslenme üzerinde diğer bireyler ile bir yarış içerisine girmiş durumdadırlar. Yeme düzenlerinde oluşabilecek herhangi bir dengesizlik sonucu kendilerini cezalandırma eğilimine yatkınlardır. Ağır egzersiz yapmak ve metabolizma hızlandırıcı kullanmak bu hastalarda en sık rastlanan ceza yöntemleridir. (Kratina, 2006).

2. Literatür Özeti

Ortorektik bireyler, zayıflama amacı gütmeyenler ve kendilerini şişman hissetmezler, diyetlerini abartılı bir biçimde sağlıklı ve dengeli hale getirdiklerinde yaşamlarının daha mükemmel hale geleceğine inanmaktadırlar (Ergin, 2014).

ON hastalarında obsesif-kompulsif bozukluklar oldukça yaygındır. Bireylerin en büyük takıntısı 'sağlıklı beslenme' olarak bilinse de pişirme yöntemleri konusunda da oldukça takıntılılardır. Örneğin; bazı ortorektik bireyler kızartma işlemi uygulanan besinleri tüketmeyi; bununla beraber plastik tabak kullanmayı, alüminyum folyo ile üzeri kapatılarak pişirilen yiyecekleri tüketmeyi reddetmektedirler. Bu bireyler dışlanmaktan endişe duyduklarından dışarıda yemek yemekten ve başkalarıyla etkileşimde bulunup inanışlarını paylaşmaktan kaçınmaktadırlar (Barrada ve Roncero, 2018).

Ortoreksiyalılar zamanlarının büyük bir kısmını nasıl daha doğal besin temin edeceklerini ve hangi yemekleri pişireceklerini düşünerek geçirmektedirler (Koven ve Abry, 2015; Uzdil ve ark., 2019).

ON hastalığının uluslararası sınıflandırmada medikal tanısı henüz bulunmamaktadır fakat araştırmacılar tarafından tanı kriterleri için öneriler yayınlanmıştır (Moroz ve ark., 2015). Karakteristik olarak ON, nütrientleri reddeder, kaliteli besinlere odaklanır (Bagci Bosi ve ark., 2007), besin gruplarını “kaliteli” ve “tehlikeli” olarak kategorize eder (Donini ve ark., 2004). Ayrıca ON tanısı için vurgulanan kriterler; takıntılı özellik, klinik şiddet derecesinde malnütrisyon ve kişisel stres takıntılı şekilde sağlıklı beslenen insanlarda da görülebilir (Dunn ve Bratman, 2016). ON tanı kriterleri arasında sağlıklı beslenme yolu ile optimum refahı sağladığına inanılan diyet uygulamaları üzerine saplantılı düşünme ve sonuç olarak kişide tıbbi veya psikolojik komplikasyonların ortaya çıkması şeklinde iki temel nitelik bulunmalıdır (Dunn ve Bratman, 2016).

ON, yiyeceğin kalitesine odaklanma, gerçekçi olmayan yeme inanışları, sağlığı olabilecek en üst noktaya çıkarmayı arzulama, kibirli davranışlar sergileme veya kendisiyle övünme gibi durumlarla anoreksiya nervozaya ve obsesif-kompulsif bozukluktan farklıdır (Koven ve Abry, 2015).

Yukarıda bahsi geçen nedenlerden dolayı, bu araştırmayı Artvin Çoruh Üniversitesindeki Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu öğrencilerinde Yeme Davranışları ve Ortoreksiya Nervozaya Eğilimini belirlemek amacıyla planladık.

3. Materyal ve Metot

3.1. Araştırmanın Türü, Yeri ve Zamanı

Bu araştırma tarama modelindedir ve betimsel bir çalışma olarak tasarlanmıştır. Bu araştırmanın problemi üniversite öğrencilerinin yeme tutumlarının ve ON eğilimlerinin çeşitli değişkenlere göre incelenmesidir.

3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini 2019- 2020 eğitim-öğretim yılında Artvin Çoruh Üniversitesinde okuyan 411 öğrenci oluşturmuştur.

3.3. Veri Toplama Araçları ve Uygulama

Yeme Tutum Testi, araştırmaya katılan bireylerin yeme tutum ve davranışlarının değerlendirilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu test, Garner ve Garfinkel tarafından anoreksiya nervoza belirtilerinin objektif olarak değerlendirilmesi amacıyla geliştirilmiş 40 maddeden oluşan bir öz bildirim ölçeğidir. Ölçek, yeme bozukluğu olan hastaların yanı sıra yeme tutumunun taranması ve değerlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır (Aydemir ve Köroğlu, 2012).

Çalışmamızda veri toplama araçları olarak Yeme Tutumları Ölçeği, Ortoreksiya Nervoza Ölçeği (Orto-11) ve araştırmacılar tarafından hazırlanan Bilgi Formu kullanılmıştır. Yeme Tutumları Testi Garner ve Garfinkel, tarafından anoreksiya nervoza semptomlarını ölçmek amacıyla geliştirilmiştir. Ölçeğin Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısı 0.93 ve olarak hesaplanmıştır. Yeme Tutum Testi'nde (YTT) 40 maddeden oluşmaktadır. Ölçeğin Türkçe'ye adaptasyon çalışması Savaşır ve Erol tarafından yapılmıştır. Savaşır ve Erol ölçeğin test-tekrar test güvenilirliğini 0.65, Cronbach Alpha iç tutarlılık katsayısını ise 0.70 olarak hesaplamışlardır. Tanı için her uç yanıt için 3, diğer seçenekler için 2 ve 1 puan verilerek değerlendirilmektedir. Anoreksiya tanısı için ayırım puanı 30 olarak belirlenmiştir (Savaşır ve Erol, 1989).

Ortoreksiya Nervoza Ölçeği (ORTO-11) Donini ve ark. tarafından geliştirilmiş ve Arusoğlu (2006) tarafından Türkçeye uyarlama çalışması yapılmıştır. Ölçeğin Türkçe formunun Cronbach Alfa katsayısı 0.62 olarak belirlenmiştir. Ölçekte puan düştükçe ortorektik eğilim artmaktadır (Arusoğlu, 2006).

Araştırmada katılımcılara ilişkin yaş, cinsiyet, sağlık verileri, boy ve kilo değişkenlerine ilişkin bilgi toplamak için araştırmacılar tarafından geliştirilen "Bilgi Formu" kullanılmıştır.

3.4. Araştırma İzni

Bu çalışma için Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Etik Kurulu'ndan 15969 sayılı 31.10.2019 tarihli "Etik Kurul Onayı" alınmıştır. Katılımcılardan çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarına dair yazılı onay formu alınmıştır.

3.5. İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS 17 programında analiz edilmiştir. Verilerin analizinde ilk olarak uç değer analizi yapılmış ve uç değer olarak tespit edilen 12 veri silinmiştir. Daha sonra dağılımın normalliği incelenmiş ve basıklık çarpıklık katsayısını -1 ve + 1 aralığında olduğu gözlendiğinden dağılımın

normal olduğu kabul edilmiştir. Katılımcıların yeme tutumu testinden alınan puanların demografik özellik değişkenlerinden 2 gruba ayrılanlara göre farklılaşıp farklılaşmadığını saptamak amacıyla bağımsız gruplar T-testi, 2'den fazla gruba ayrılan değişkenlere göre farklılaşıp farklılaşmadığını saptamak için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. Katılımcıların Yeme Tutumu Testi puanları ile ORTO-11 ölçeği puanları arasındaki ilişkinin incelenmesi için ise Pearson Momentler Çarpımı Korelasyon Katsayısı tekniğinden yararlanılmıştır. Katılımcıların demografik değişkenler ve anoreksiya riski dağılımlarını belirlemek için ise frekans ve yüzde hesaplamaları yapılmıştır.

4. Bulgular ve Tartışma

Katılımcıların cinsiyet, yaş, boy/kilo endeksi kategorisi, sağlık verileri ve düzenli egzersiz yapma değişkenlerine yönelik frekans ve yüzde dağılımları Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Çalışma Grubunun Frekans ve Yüzde Dağılımları.

Cinsiyet	F	%
Kadın	329	80
Erkek	82	20
Yaş		
17-18	30	7.3
19-20	252	61.3
21-22	103	25.1
23 ve üstü	26	6.3
Boy/Kilo Endeksi Kategorisi		
Zayıf	48	11.7
Normal	298	72.5
Kilolu	56	13.6
Obez	9	2.2
Sağlıklı Hissetme		
Evet	310	75.4
Hayır	101	24.6
Sağlık Problemi Var mı?		
Evet	107	26
Hayır	304	74
Düzenli Fiziksel Aktivite yapıyor mu?		
Evet	131	31.9
Hayır	280	68.1

Katılımcıların cinsiyetlerine göre Yeme Tutum Testi toplam puan ortalamalarına ilişkin t - testi sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Yapılan analizde katılımcıların cinsiyet değişkenine göre puanları anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Kadın katılımcıların yeme tutumu puan ortalamaları anlamlı düzeyde daha yüksektir. Buna dayanarak kadın katılımcıların Anoreksiya nervozaya risklerinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Bu sonuç beklendik bir sonuçtur çünkü toplumdaki fiziksel güzellik ölçütleri kadını bedensel olarak baskı altına almakta ve bu durum anoreksiya konusundaki psikolojik rahatsızlık riskini arttırmaktadır.

Tablo 2. Cinsiyet Değişkenine göre Yeme Tutumları

Cinsiyet	N	\bar{X}	Ss	Sd	t	P
Kadın	329	20.81	11.17	409	-2.406	0.01
Erkek	82	17.52	10.54			

P<0.05

Tablo 3'te katılımcıların yaş değişkenine göre yeme tutumlarının puanlarının ortalamaları ve standart sapmaları görülmektedir. Puan ortalamaları 17-18 olan yaş grubunda diğer gruplardan daha düşüktür. Bu farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Katılımcıların Yaş Değişkenine Göre Yeme Tutum Puanları

Yaş	N	\bar{X}	Ss
17-18	30	19.70	11.99
19-20	252	20.06	11.30
21-22	103	20.52	10.56
23 ve üstü	26	20.15	11.09
Toplam	411	20.15	11.12

Tablo 4. Katılımcıların yaş değişkenine göre Yeme Tutum Puanları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplar Arası	22.75	3	7.58	.06	.98	—
Gruplar İçi	50688.59	407	124.54			
Toplam	50711.34	410				

P>0.05

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda katılımcıların yeme tutum puanlarının yaş değişkenine göre farklılaşmadığı gözlenmektedir. Bir başka deyişle yaşı 17-18 arasında olan grupta yeme tutum puanları daha düşüktür fakat bu fark istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir.

Katılımcıların sağlıklı hissetme algısına göre Yeme Tutum Testi toplam puan ortalamalarına ilişkin t - testi sonuçları Tablo 5'te sunulmuştur. Yapılan analizde katılımcıların sağlıklı hissetme değişkenine göre puanları anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Sağlıklı hissetmeyen katılımcıların yeme tutumu puan ortalamaları anlamlı düzeyde daha yüksektir. Buna dayanarak sağlıklı hissetmeyen katılımcıların Anoreksiya nervoza risklerinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Bu sonuç beklendik bir sonuçtur çünkü sağlıklı hissetmek çoğunlukla beden algısıyla ve dolayısıyla yeme tutumuyla da bağlantılı olabilmektedir.

Katılımcıların sağlık problemi olma durumuna göre Yeme Tutum Testi toplam puan ortalamalarına ilişkin t - testi sonuçları Tablo 5'de sunulmuştur. Yapılan analizde katılımcıların sağlık problemine sahip olma değişkenine göre yeme tutumu puanları anlamlı olarak farklılaşmamaktadır. Yani sağlık problemi olan ve olmayan kişilerin yeme tutumları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Tablo 5. Sağlıklı Hissetme ve Sağlık Problemi Olma Değişkenlerine göre Yeme tutumları

		N	\bar{X}	Ss	Sd	t	P
Sağlıklı Hissetme	Evet	310	19.32	10.44	409	-2.420	.01
	Hayır	101	22.70	12.71			
Sağlık problemi olma durumu	Evet	107	20.49	11.24	409	.370	.71
	Hayır	304	20.03	11.09			

P<0.05

Tablo 6'de katılımcıların boy/kilo indeksi kategorisi değişkenine göre yeme tutumlarının puanlarının ortalamaları ve standart sapmaları görülmektedir. Puan ortalamalarının gruplar arasında farklılıklar gösterdiği gözlenmektedir. Özellikle obez olan grupta puan ortalamaları daha yüksektir. Gözlenen bu farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek için tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonuçları Tablo 7'de verilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda katılımcıların yeme tutum puanlarının boy / kilo indeksi değişkenine göre farklılaşmadığı gözlenmektedir. Bir başka deyişle gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değildir.

Tablo 6. Katılımcıların BKİ Kategorisi Değişkenine Göre Yeme Tutum Puanları

BKİ	N	\bar{X}	Ss
Zayıf	48	21.25	11.06
Normal	298	20.17	10.82
Aşırı kilolu	56	17.98	11.75
Obez	9	27.11	15.28
Toplam	411	20.15	11.12

Tablo 7. Katılımcıların boy / kilo indeksi kategorisi değişkenine göre yeme tutum puanları

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Gruplar Arası	757.546	3	252.515	2.057	.105	—
Gruplar İçi	49953.797	407	122.737			
Toplam	50711.343	410				

Katılımcıların, yeme tutumlarının ortoreksiya nervroza eğilimleriyle arasındaki ilişki pearson momentler çarpımı korelasyon katsayısı ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir. Katılımcıların yeme tutumları ile ortoreksiya nervroza eğilimleri arasındaki ilişkinin anlamlı olduğu ve korelasyon katsayısının 30 olarak hesaplandığı gözlenmektedir. Büyüköztürk'e (2002) göre, korelasyon değerinin 0 - .29 arası olması düşük korelasyon; .30 - .69 arasında olması orta düzeyde korelasyon; .70 - 1 arası olması ise yüksek düzeyde korelasyon olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 8. Katılımcıların yeme tutumları ile ortoreksiya nevroza eğilimleri arasındaki ilişkiyi gösteren korelasyon değerleri

Ortoreksiya Nevroza	
Yeme Tutumu	-0.30**

Buna göre; Tablo 8’da görüldüğü gibi, katılımcıların yeme tutumları ile ortoreksiya nevroza arasında orta düzeyde ve negatif yönlü bir ilişki vardır. Yeme tutumları testi pozitif ortoreksiya nevroza ölçeği ise negatif olarak puanlanmaktadır. Yani yeme tutumlarında yüksek puan anoreksiya riskinin artışı ortoreksiya nevrozada ise düşük puan bu eğilimin artışı göstermektedir. Bu durumda anoreksiya nevroza riski arttıkça ortoreksiya nevroza riskinin de arttığını söylemek mümkündür.

Katılımcıların yeme tutumlarına göre anoreksiya olma riskleri hesaplanmış ve bu hesaplama sonucu puanı 30 ve üzeri olan katılımcılar riskli grupta diğerleri ise normal grupta olmak üzere sınıflandırılmıştır. Katılımcıların anoreksiya için riskli grupta olup olmama durumlarının cinsiyet değişkenine göre dağılımları Tablo 9’da sunulmaktadır.

Tablo 9. Çalışma Grubunun Yeme Tutumuna Göre Risk Kategorisinde olma Durumu ve Cinsiyet Değişkenine Göre Dağılımlarına Yönelik Sonuçlar

Anoreksiya Riski	Cinsiyet	F	Cinsiyet İçi %	Sınıflama İçi %
Riskli Grup	Kız	64	19.5	84.2
	Erkek	12	14.6	15.8
	Toplam	76	18.5	100
Riskli Olmayan Grup	Kız	265	80.5	79.1
	Erkek	64	85.4	20.9
	Toplam	329	81.5	100
Toplam	Kız	329	80	80
	Erkek	82	20	20
	Toplam	411	100	100

Yapılan analizde 411 katılımcıdan 76’sının (% 18.5) anoreksiya için riskli grupta olduğu gözlenmiştir. Bu kişilerin % 84.2’si kadın % 15,8’i ise erkektir. Katılımcıların kadın ve erkek sayısının eşit olmadığı dikkate alınarak cinsiyetlerin kendi içine göre riskli grupta olanların dağılımı hesaplandığında kızlarda bu oranın % 19.5 erkeklerde ise 14.6 olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak yeme tutumlarına göre incelendiğinde kadınların daha fazla anoreksiya riski taşıdığını söylemek mümkündür. Ancak genel olarak da % 18.5 gibi yüksek bir oranda popülasyonda anoreksiya riski bulunmaktadır.

Tartışma

Modern toplumlarda yaşam şekline bağlı olarak, sağlıklı beslenme elzem hale gelmiştir. Çünkü hareketsiz yaşam ve bunun sonucunda meydana gelen başta obezite olmak üzere diyabet, hipertansiyon, kanser ve kardiyovasküler hastalıklar sağlıklı beslenmenin ne kadar önemli olduğunu gözler önüne sermektedir (Ergin, 2014).

Bu çalışma, 329 kadın ve 82 erkek olmak üzere 411 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların cinsiyet değişkenine göre YTT-40 puanları anlamlı olarak farklılaşmaktadır. Kadın katılımcıların yeme tutumu puan ortalamaları erkek katılımcılara kıyasla anlamlı düzeyde daha yüksektir. Buna dayanarak kadın katılımcıların yeme bozukluğuna sahip olma risklerinin daha yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Ancak; Ortoreksiya risklerini belirlemek amacıyla yapılan ORTO-11 puanında cinsiyetler arası anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Varga ve arkadaşları tarafından 2013 yılında 810 Macar katılımcıya ORTO-11 testi uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonucu cinsiyetler arasında önemli derecede bir farklılık gözlemlenmemiştir (Varga ve ark., 2013).

Fidan ve arkadaşları tarafından 2010 yılında Erzurum'da 878 tıp öğrencisine ORTO-11 testi uygulanmıştır. 464 erkek ve 359 kadın katılımcının katıldığı ORTO-11 testi sonucuna göre; erkek öğrencilerde ortoreksiya nervroza görülme sıklığının daha yüksek olduğu belirtilmiştir ($P=0.001$) (Fidan ve ark., 2010). Karakuş ve arkadaşları, erkek katılımcıların ortalama ORTO-11 skorunun kadın katılımcılardan anlamlı olarak düşük olduğunu bildirmişlerdir (Karakuş ve ark., 2017).

Bizim çalışmamızdan farklı olarak; Malmborg ve arkadaşlarının 2016 yılında 'Egzersiz Bilimi' ve 'İşletme' bölümlerindeki toplam 207 üniversite öğrencisinin ON eğilimlerini saptamak ve karşılaştırma yapmak amacıyla yaptığı çalışmada erkek öğrencilerde ON eğilimin daha fazla olduğu ortaya koymuşlardır (Malmborg ve ark., 2017).

Özenoğlu ve Ünal tarafından 2015 yılında 165 üniversite öğrencisinin katılımıyla yapılan çalışmada ON prevalansı %66.46 bulunurken; kadınların ON eğilimlerinin erkeklere oranla 3 kat daha fazla olduğu kanısına varılmışlardır (Özenoğlu ve Ünal, 2015). Yeşil ve arkadaşlarının 2018 yılında Yetişkin bireylerde cinsiyetin ON eğilimine etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde kadınların ON eğilimin erkeklere göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Yeşil ve ark., 2018).

Çalışmamızda katılımcıların yaş, boy ve BKİ değerleri ile Ortoreksiya eğilimleri arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Arusoğlu ve arkadaşları ortoreksiya nervroza yatkınlığı yaşa, boya, ağırlığa ve beden kütle indeksine göre değişmediğini bildirmiştir ($p>0,05$) (Arusoğlu, 2018). Karakuş ve arkadaşları, BKİ ile ortalama ORTO-11 skorunda anlamlı bir fark bulunmadığını söylemişlerdir (Karakuş ve ark., 2017). Şanlıer ve arkadaşlarının Üniversite öğrencilerindeki yeme bozukluklarının Ortoreksiya riski üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla 900 Üniversite öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirdikleri çalışmada kadınların ON eğilimlerinin erkeklere oranla fazla olduğu; bununla birlikte BKİ ile ON eğilimi arasında anlamlı bir ilişki olmadığı kanılarına varılmıştır (Şanlıer ve ark., 2016).

Çalışmamızdan farklı olarak; Fidan ve arkadaşları, 2009 yılında Erzurum'da 878 tıp öğrencisi ile yaptıkları çalışmaya göre yaş, cinsiyet, yeme tutumu testi (EAT-40) ORTO-11 puanını etkilediğini belirlemiştir (Fidan ve ark., 2009). Varga ve arkadaşları ise 2014 yılında 810 Macar katılımcı üzerinde yapılan çalışmaya göre Yaş ve BKİ ile ortoreksiya nervrozanın görülme sıklığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Varga ve ark., 2014).

Çalışmamızda katılımcıların yeme tutumları ile ortoreksiya nervroza eğilimleri arasındaki ilişkinin anlamlı olduğu kanısına varılmıştır. Buna göre YTT-40 puanı azaldıkça ORTO-11 puanı artmaktadır; yani bireyin AN yatkınlığı arttıkça ortoreksiya eğilimi de artmaktadır.

Bundros ve arkadaşları tarafından 2016 yılında üniversite öğrencilerinde ON prevalansını belirlemek amacıyla 448 üniversite öğrencisinin katılımıyla gerçekleştirilen çalışmada yaş, cinsiyet ve bölüm ile ON eğilimi arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Bundros ve ark., 2016).

Çalışmamızda katılımcıların yeme tutumları ile ortoreksiya nervoza arasında orta düzeyde ve negatif yönlü bir ilişki bulunmuştur.

Arslantaş ve arkadaşlarının Hemşirelik bölümünde okuyan öğrencilerin ON eğilimlerini saptamak amacıyla 2017 yılında 181 üniversite öğrencisi ile yaptıkları çalışmada YTT-40 ve ORTO-11 arasında bizim çalışmamızda olduğu gibi negatif yönlü; ancak düşük düzeyde ilişki bulunmuştur (Arslantaş ve ark., 2017). Duran tarafından 2015 yılında Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinde ON riskini saptamak amacıyla 505 öğrenci üzerinde yapılan çalışmada öğrencilerin yeme tutumları bozuldukça ON eğilimlerinin arttığı ortaya koyulmaktadır (Duran, 2016) Pehlivan ve arkadaşlarının 2019 yılında üniversite öğrencilerinde ON eğilimini saptamak amacıyla 1014 öğrenci ile yaptığı kesitsel çalışmada ON prevalansı %12 olarak bulunurken; bu oranın düzenli fiziksel aktivite yapan, doktor veya diyetisyen yardımı alan bireylerde daha yüksek olduğu bulunmuştur (Pehlivan ve ark., 2019). Hamurcu ve Yılmaz tarafından 2019 yılında hemşirelik öğrencilerinde BKİ ile ON puanı arasında istatistik açıdan anlamlı, negatif yönlü ve düşük güçte bir ilişki bulunmuştur (Hamurcu ve Yılmaz, 2019).

BKİ ve ON arasındaki ilişkiye dair literatürdeki araştırmalarda sonuçlar oldukça değişkendir. Fidan ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada kilo ve ON arasında tıpkı Hamurcu ve Yılmazın çalışmasındaki gibi doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Fidan ve ark., 2010). Gezer ve Kabaran tarafından yapılan çalışmada da BKİ ile ORTO-11 puanı arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur (Gezer ve Kabaran, 2013)

Çalışmamızda BKİ ve ON eğilimi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Arusoğlu ve arkadaşları tarafından 2008 yılında; Mcinerney - Ernst tarafından 2011 yılında yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen verilerde de tıpkı bizim çalışmamızda elde ettiğimiz verilerde olduğu gibi BKİ ve ORTO-11 puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanamamıştır (Arusoğlu ve ark., 2008; Mcinerney - Ernst , 2011).

5. Sonuç ve Öneriler

Araştırmamızın sonucunda, çalışmaya katılan öğrencilerin yeme tutumları ile ON arasında orta düzeyde ve negatif yönlü bir ilişki olduğu bulunmuştur. Ergenlik dönemindeki bireyler yeme bozukluklarına sahipse, önlem alınmadığı takdirde zaman içerisinde ruhsal ve fiziksel olarak daha ağır sağlık problemleri ile karşı karşıya kalabilirler. Bu yüzden, bu problemin çözülebilmesi için, doğru beslenmenin ergenlik döneminde olan öğrencilere hem okul hem de ailede öğretilmesi adına iş birliği yapılması önemlidir. Bu amaçla, doğru beslenme üzerine olan eğitimlerin okul öncesi dönemden başlayarak yükseköğretim dönemine kadar devam ettirilmesi önerilebilir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynaklar

- Arslantaş, H., Adana, F., Ögüt, S. ve ark., (2017). Hemşirelik öğrencilerinin yeme davranışları ve ortoreksiya nervosa (sağlıklı beslenme takıntısı) ilişkisi: kesitsel bir çalışma. *Journal of Psychiatric Nursing*, 8, 137-144.
- Arusoğlu, G. (2018). Beslenme ve diyetetik bölümü erkek öğrencilerinde ortoreksiya nervosa eğiliminin belirlenmesi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 86,56-71.
- Aydemir, Ö. ve Köroğlu, E. (2012). Psikiyatride Kullanılan Klinik Ölçekler (6.Baskı) Hekimler Yayın Birliği, Ankara, 479-480 s.
- Bağcı Bosi, A.T., Camur, D. ve Güler, C. (2007). Prevalence of orthorexia nervosa in resident medical doctors in the faculty of medicine (Ankara, Turkey). *Appetite*, 49, 661–666.
- Barrada, J. ve Roncero, M. (2018). Bidimensional structure of the orthorexia: Development and initial validation of a new instrument. *Anales De Psicología*, 34, 283-291.
- Bundros, J., Clifford, Ş., Silliman, K. ve ark., (2016). Prevalence of orthorexia nervosa among college students based on Bratman's test and associated tendencies. *Appetite*, 101, 86-94.
- Büyüköztürk, Ş. (2002). Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı: İstatistik, araştırma deseni, SPSS uygulamaları ve yorum (1. baskı), *Pegem Akademi Yayıncılık*, Ankara, 210 s.
- Donini, L., Marsili, D., Graziani, M. ve ark., (2004). Orthorexia nervosa: a preliminary study with a proposal for diagnosis and an attempt to measure the dimension of the phenomenon. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 9, 151-157.
- Dunn, T.M. ve Bratman S. (2016). On Orthorexia Nervosa: A Review of the Literature and Proposed Diagnostic Criteria. *Eating Behaviors*, 21, 11-17.
- Duran, S. (2016). Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinde ortoreksiya nervosa (sağlıklı beslenme takıntısı) riski ve etkileyen faktörler. *Pamukkale Tıp Dergisi*, 3, 220-226.
- Ergin, G. (2014). Sağlık personeli olan ve olmayan bireylerde ortoreksiya nervosa sıklığı araştırması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Fidan, T., Ertekin, V., Işıkkay, S. ve ark., (2010). Prevalence of Orthorexia Among Medical Students in Erzurum. Turkey. *Comprehensive Psychiatry*, 51 (1), 49-54.
- Gezer, C. ve Kabaran, S. (2013). Beslenme ve diyetetik bölümü kız öğrencileri arasında görülen ortoreksiya nervosa riski. *SDÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 14-22.
- Hamurcu, T. ve Yılmaz, S. (2019). Hemşirelik öğrencilerinde sosyal medya kullanımının ortoreksiya nervosa üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Karakus, B., Hidiroglu, S., Keskin, N. ve ark., (2017). Orthorexia nervosa tendency among students of the department of nutrition and dietetics at a university in Istanbul, *Northern clinics of Istanbul*, 4, 117-123.
- Koven, N. ve Abry, A. (2015). The clinical basis of orthorexia nervosa: emerging perspectives. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 11, 385–394.

- Kratina, K. (2006). Orthorexia nervosa, National Eating Disorders Association (NEDA).1-2.
- Malmborg, J., Bremander, A., Olsson, M. ve ark., (2017). Health status, physical activity, and orthorexia nervosa: A comparison between exercise science students and business students. *Appetite*, 109, 137-143.
- McInerney-Ernst, E. (2011). Orthorexia nervosa: Real construct or newest social trend, Doctor of Philosophy Thesis, Kansas.
- Moroze, R., Dunn, T., Holland, J. ve ark., (2015). Micro-thinking about micronutrients: a case of transition from obsessions about healthy eating to near-fatal “orthorexia nervosa” and proposed diagnostic criteria, *Psychosomatics*, 56: 397-403.
- Özenoğlu, A. ve Ünal, G. (2016). The effect of self-esteem and incidence of orthorexia nervosa among university students of health education. *Journal of International Research in Medical and Pharmaceutical Sciences*, 6, 173-182.
- Pehlivan, E., Mete, B., Fırıncı, B. ve ark., (2019). Üniversite öğrencilerinde ortoreksiya nervoza yaygınlığı ve sağlık okuryazarlığı ile ilişkisi, *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi*, 4, 166-175.
- Sanlier, N., Yassibas, E., Bilici, S. ve ark., (2016). Does the rise in eating disorders lead to increasing risk of orthorexia nervosa Correlations with gender, education, and body mass index. *Ecology of Food and Nutrition*, 55, 266-278.
- Savaşır I. ve Erol N. (1989). Yeme Tutum Testi: Anoreksi Nervoza Belirtileri İndeksi. *Psikoloji Dergisi*, 7(23), 19-25.
- Uzdil, Z., Kayacan, A., Özyıldırım, C. ve ark., (2019). Adölesanlarda ortoreksiya nervoza varlığı ve yeme tutumunun incelenmesi. *Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4, 8-13.
- Varga, M., Dukay-Szabó, S., Túry, F. ve ark., (2013). Evidence and gaps in the literature on orthorexia nervosa. *Eating and Weight Disorders-Studies on Anorexia, Bulimia and Obesity*, 18, 103-111.
- Yeşil, E., Turhan, B., Tatan, D. ve ark., (2018). The effect of gender to orthorexia nervosa tendency in adults. *Ankara Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7(1), 1- 9.



Araştırma Makalesi / Research Paper

Tarımda Karbon Ayak İzi ve İklim Değişikliğine Etkisi

Gülây ÖNCAR ŞENTÜRK¹, Gülden GÖK¹, Hasan KOÇYİĞİT^{1*}

¹Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Aksaray, TÜRKİYE
gulay.oncar@gmail.com, gokgulden@gmail.com, kocyigit Hasan@hotmail.com

Received/Geliş Tarihi: 28.03.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 20.06.2023

Özet: Günümüzde teknolojiyle birlikte gerçekleşen değişim/gelişim her alanda inanılmaz boyutlara ulaşmaktadır. Bu değişim, popülasyon artışıyla birlikte enerji ve gıda arzını arttırmaktadır. Sürdürülebilir gelecek açısından yaşam alanlarımızın antropojenik olarak kirlenmesi hem karbon emisyonunu hem de küresel ısınmayı arttırmaktadır. Karbon salınımlarındaki dengesizlikler (iklim değişikliği, sera gazları vb.) süreci hızlandırmakta ve gelecekte yaşam döngüsünü olumsuz yönde etkileyecektir. İklim değişikliği, sera gazları ve diğer faktörler karbon salınımını etkilediği için karbon ayak izi önem arz etmektedir. Özellikle son yıllarda tüm ülkelerde karbon ayak izinin izlenmesi ve ölçülmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Tarım sektöründeki çalışmalar karbon salınımına doğrudan etki etmektedir. İklim değişikliğinin sebeplerinden biri de olan tarımsal faaliyetler sera gazı emisyonlarına sebep olmaktadır. Bu çalışma kapsamında, ulusal ölçekte tarımsal üretimdeki sera gazı emisyonları ve karbon ayak izi dağılımı araştırılmıştır. Araştırmanın ana hedefleri: (i) tarım alanlarının karbon yutağı işlevini, (ii) karbon emisyonlarına göre, tarımsal su kullanımının potansiyel etkisini, (iii) uygun modelleme çalışmalarının yapılarak tarımsal alanda karbon ayak izi takibini belirlemek.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Karbon Ayak İzi, Tarım, Toprak.

Carbon Footprint in Soil and Its Impact on Climate Change

Abstract: Today, the change/development that takes place with technology reaches incredible dimensions in every field. This change increases the energy and food supply with population growth. In terms of a sustainable future, anthropogenic pollution of our living spaces increases both carbon emissions and global warming. Imbalances in carbon emissions (climate change, greenhouse gases, etc.) accelerate the process and will negatively affect the life cycle in the future. Carbon footprint is important because climate change, greenhouse gases and other factors affect carbon emissions. In recent years, monitoring and measuring carbon footprint in all countries has become an important issue. Studies in the agricultural sector directly affect carbon emissions. Agricultural activities, which are one of the causes of climate change, cause greenhouse gas emissions. Within the scope of this study, greenhouse gas emissions and carbon footprint distribution in agricultural production on a national scale were investigated. The main objectives of the research are: (i) to determine the carbon sink function of agricultural areas, (ii) to determine the potential impact of agricultural water use according to carbon emissions, (iii) to monitor the carbon footprint in the agricultural area by making appropriate modeling studies.

Keywords: Climate Change, Carbon Footprint, Agriculture, Soil.

1. Giriş

Doğadaki en önemli besin elementlerinin dönüştürüldüğü depo-kaynağı olan toprak; hava (atmosfer), su (hidrosfer) kayalar (litosfer) ve canlılar (biyosfer) arasında kalan, insan ve canlılar yaşamsal alanı oluşturan en önemli ekosistemdir (WWF 2021). Toprağın en üst kısmı canlıların yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için önemli bir yere sahiptir (Karaca ve Turgay, 2012). Toprak

dünyanın en büyük karasal karbon kaynağı olup küresel gıda üretiminin yaklaşık olarak %95'ini sağlamaktadır (Anonymous, 2019). Mikroorganizmalar, karbon, azot ve kükürt vd. gibi elementleri ayrıştırarak ekosistemin döngüsü için dönüşümlere katkı sağlamaktadır (Okur ve Kayıkçıoğlu, 2008). Yaşamımızı sürdürülebilirlik için hayat kaynağı olan su gibi bileşikler toprakta tutulur ve atmosfere salınarak sirkülasyon sürecini sağlamaktadır.

İnsanın hayatta devamlılığı ve sürdürülebilir kalkınması için önemli kaynaklardan biri de su kaynağıdır (Eliasson, 2015; Houria vd., 2020; Sepehri ve Sarrafzadeh, 2018; Çadraku, 2021). Bunun beraberinde, iklim değişikliği ve insan faaliyetleri nedeniyle su kıtlığı giderek ön plana çıkmaktadır (Lv vd., 2022; Zou vd., 2020). Gıda üretimi üzerinde de etkili olan CH₄, N₂O ve CO₂ gibi sera gazları (GHG), hızlı küresel iklim değişikliğinin önemli itici güçleri arasında yer almaktadır (Stocker vd., 2013). Tarım faaliyetleri, antropojenik emisyonlar üzerinde %30'a varan oranda bir tutma etkisine katkıda bulunur (Tubiello vd., 2013). Tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonları, karbon ayak izi yöntemi kullanılarak nicel olarak değerlendirilmektedir (Hertwich ve Peters, 2009; Pandey vd., 2011). Karbondioksitin bir eşdeğeri olarak, karbon ayak izi (ISO 14067 2013), son dönemlerde sera gazı emisyonlarının ve tarımsal ürünlerle ilgili azaltımların toplamını ölçmek için kullanılan uluslararası kabul görmüş bir standart olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır (Cheng vd., 2011; Gan vd., 2012; Wang vd., 2016). Daha düşük ayak izine sahip uygun ve yeterli gıda imkanı sağlamak için yakın gelecekte tarım ürünlerinde zorunlu bir "karbon etiketlemesi" olarak bile kullanılacağı düşünülmektedir (Gan vd., 2012; Wang vd., 2016).

Nüfus artışı ve geliştirilmiş yaşam standartları, tarımsal su kaynaklarının kıtlığını daha da ilerletmektedir. Bu nedenle gıda talebindeki artış, gıda güvenliği için büyük bir sıkıntı teşkil etmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının arz ve talebi arasındaki problemi ele almak son derece önemlidir. Ayrıca hızlı sosyal büyüme, karasal ekosistemlerin karbon döngüsünü yok ederek atmosferik CO₂ konsantrasyonunun ve küresel sıcaklığın artmasına sebep olmuştur. İklim değişikliği sebebiyle hissedilen, çölleşme, kuraklık ve arazi tahribatı ve bunlara bağlı ekosistem döngüsünün gerçekleşmemesi, sosyal ve ekonomik sorunlara sebep olarak tarım da zamanla artarak risk meydana getirmektedir (Wu vd., 2021).

Tarım/Toprak arazisi ekosistemi, Dünya'nın karbon döngüsünün en önemli bir parçasıdır ve karbon bütçesi, tarımsal üretimin yapısı ve yönetim tarzından önemli ölçüde etkilenmiştir. Bu nedenle, tarımsal su ve toprak kaynaklarının bilimsel ve makul yönetim stratejilerinin formülize edilmesi, su miktarı ve su kalitesi de dahil olmak üzere su talebi arz çelişkisini gidermek, karbon emisyonlarını düzenlemek ve karbon nötralizasyonunu sağlamak için etkili önlemlerden biridir.

Tarımsal su ve toprak kaynakları yönetimi stratejisinin formülasyonu, çok amaçlı ve çok çatışmalı bir süreçtir. Karar vericiler, tarımın gelişimini garanti altına almak için düzenli olarak sosyal, ekonomik ve ekolojik faktörleri dikkate almalıdır. Optimizasyon modeli bu sorunu çözmek için önemli bir araçtır (Lence vd., 2017).

Bazı bilim adamları, sulama suyu dağıtım ve dikim yapısının optimizasyonu üzerinde çalıştılar. Tarımsal gelişimin ekolojik çevre ile rekabet ettiğine inanmaktadır. Tarımsal ve ekolojik su kullanımı ile tarımsal üretim süreçleri arasındaki karbon emisyonları arasındaki çatışmaya odaklandılar), ancak karbon tutulmasında önemli bir rol oynayabilecek tarım arazisi ekosisteminin karbon yutağı ve iklim değişikliğinin azaltılması gibi ekolojik işlevi görmezden geldiler (Li vd., 2018).

CO₂'nin ekinler gibi arazi bitki örtüsü tarafından emilmesi, kısa karbon tutma periyodu ve büyük birikim özellikleri ile en güvenli ve en etkili karbon tutma yöntemi olarak kabul edilir. Bu arada, diğer ekosistemlerle karşılaştırıldığında, tarım arazisi ekosistemleri en çok insan faaliyetlerinden etkilenir (Baker ve Griffis, 2005).

Bu çalışma kapsamında, ulusal ölçekte tarımsal üretimdeki sera gazı emisyonları ve karbon ayak izi dağılımı araştırılmıştır. Araştırmanın ana hedefleri; tarım alanlarının karbon yutağı işlevini, karbon emisyonlarına göre, tarımsal su kullanımının potansiyel etkisini ve uygun modelleme çalışmalarının yapılarak tarımsal alanda karbon ayak izi takibini belirlemektir.

2. Türkiye’de Tarım/Toprağın Durumu

Ülkemizde yaklaşık 5 milyon hektar arazi de tarıma uygun olmadığı halde tarımsal üretim amaçlı kullanılması sonucu erozyona uğruyor (ÇMUSEP, 2019).

Kayaçların toprak haline dönüşmesi yıllarca ve zorlu bir süreçtir. Bununla birlikte her geçen gün erozyon sebebiyle toprak kaybı olurken; tüketilen kimyasal kaynaklar nedeniyle de topraktaki biyolojik canlılığa zarar vermekteyiz. Sağlıklı toprağın en önemli ölçütü organik madde miktarıdır. Organik madde potansiyelinin ise Ülkemiz topraklarının yaklaşık %88’inde oldukça az olması, topraklarımız için tehlikenin yaklaştığını göstermektedir. Ülkemizde, toprakların yapılarına uygun kullanılmaması nedeniyle meydana gelen ciddi sorunlar arasında tarım arazilerindeki tahribat, kuraklık, çölleşme ve tuzlanma yer almaktadır. İç Anadolu Bölgesi, bitki örtüsünün zarar verildiği, aşırı toprak işleme ve nadaslı buğday tarımının yapıldığı bunun yanı sıra rüzgar erozyonu şiddetinin de en fazla olduğu bölgedir. (WWF, 2021).

Yıllarca giderek artan, yer altı sularının kontrolsüz tüketimi sonucu ortaya çıkan büyük toprak çöküntüleri oluşmaktadır. Özellikle Konya bölgesinde su ve rüzgar erozyonlarının yanı sıra obruklar oluşmaktadır (TMO, 2019).

3. İklim Değişikliği, Karbon Ayak İzi, Karbon Ayak İzinin Türkiye’de Durumu

Artan dünya nüfusu gelişen endüstriyel faaliyetler sonucunda küresel sera gazı emisyonları sanayi devriminden itibaren dramatik bir şekilde artmıştır. Enerji kullanımı, ulaşım, sanayi, tarım, arazi kullanımında, artan fosil yakıt kullanımı en önemli sebeptir (Avcıoğlu ve Ayten 2016). Karşılaştırılabilir zaman dilimlerinde gözlenen doğal iklim değişikliğine yanı sıra, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini bozan insan faaliyetleri sonucunda iklimde oluşan farklar iklim değişikliği olarak tarif edilmektedir (Gündoğan vd., 2015).

Sera gazı emisyonları kısmen insan faaliyetlerinden kaynaklanması nedeniyle son 100 yıl içinde küresel iklim ortalama 0,5⁰C ısınmıştır. Bu konuda yapılan araştırmalara göre; küresel sıcaklığın, gelecek on yıl içinde 0,5⁰-1⁰C artmaya devam edeceğini vurgulamakta ve ayrıca, uygulanan iklim modelleri; bu emisyonların önemli ölçüde azaltılması için önlem alınmadığı takdirde, gelecek yüzyıl da dünyanın 1,4⁰ ila 5,8⁰C daha ısınacağını öngörülmektedir. Bu değişiklikler sonucunda, yerkürede hidrolojik döngüyü olumsuz yönde etkileyecek, yağışlar ve su akışlarında önemli derecede değişikliklere ve aşırı hidrolojik olayların görülmesine neden olacağı tespit edilmiştir. Ayrıca, iklimdeki bu değişimler, ekonomik ve sosyal etkilere neden olmaktadır. Altyapı (binalar, ulaşım, enerji ve su temini) sektörü de bu bağlamda iklim değişikliğinden etkilenmekte ve bu durum yoğun nüfusa sahip yerler için ayrı bir tehdit oluşturmaktadır.

Sera gazları içerisinde önemli bir yere sahip olan karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), nitroksit (N₂O), hidroflorokarbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve sülfürheksaflorit (SF₆) küresel ısınma potansiyeli açısından en tehlikeli gazlar olarak belirlenmiştir. Bu sera gazları içerisinde atmosferdeki oran/etki değerlendirmesinde CO₂ çok yüksek orana sahip olmasına rağmen küresel ısınma potansiyeli en az, SF₆ en az atmosfere salınımı olan endüstriyel bir gaz olmasına rağmen ise en çok küresel ısınmaya sebep olan gazların başında gelmektedir. Farklı sera gazlarının farklı küresel

ısınmaya etkileri de farklılık göstermektedir. Örneğin metan gazının CO₂'e göre 28 kat daha fazla ısı tutma kapasitesine sahip olması sera gazları arasında belirli katsayılar ile gösterilmesini ortaya çıkarmaktadır. Bu katsayıları kullanarak sera gazları salınımlarını karbondioksit eşdeğeri (CO₂ eşd.) ile ifade edilmektedir.

1992 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansında (Rio Dünya Zirvesi), United Nations Framework Convention on Climate Change (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi-BMİDÇS) 3-14 Haziran tarihleri arasında imzaya açılmıştır (IPCC, 2006). Bu sözleşmenin amacı; iklim üzerindeki antropojenik etkisine engel olmak adına atmosferde serbest haldeki sera gazı birikimlerini olabildiğince azaltmak ve önlemektir. Bununla birlikte ekosistemin iklim değişikliğine doğal bir şekilde uyum sağlaması, tarım üretiminin zarar görmemesi ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir şekilde devam etmesi de göz önünde bulundurulmuştur (DSİ, 2016).

Paris Anlaşması, 2015 yılında Paris'te COP21'in gerçekleştiği sırada üzerinde anlaşmaya varılan uluslararası bir iklim antlaşması. Kyoto Protokolü'nden sonra iklim konusundaki en önemli antlaşma olarak kabul ediliyor. Bu antlaşma ile iklim değişikliğiyle mücadeleye yardımcı olacak hedefler belirlendi. En önemli hedefler şunlar: Üretilen zararlı sera gazlarının miktarını azaltmak, Rüzgar ve güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kullanımını artırmak ve Küresel sıcaklık artışını 2⁰C'nin altında tutmaktır.

2021 yılı Temmuz ayında Yeşil Mutabakat Eylem Planı yayımlanmıştır. Eylem planında iklim değişikliği ile mücadele, yeşil finansman, AB sınırda karbon düzenlemesi, yeşil ve döngüsel bir ekonomi, temiz, ekonomik ve güvenli enerji arzı, sürdürülebilir tarım, sürdürülebilir akıllı ulaşım ve diplomasi başlıklarında olmak üzere çok geniş bir alanda atılacak adımlar yer almaktadır. Planda, 2021 yılında çevre etiketi ve atık yönetimi konularında başta Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ) olmak üzere firmaların bilgilendirilmesi, yemek artığı ve atıklarının geri dönüşümünün sağlanmasına yönelik farkındalık yaratma ve tüketicinin bilinçlendirilmesi çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)'nin en üst düzey karar alma organı olan COP, 1995 yılından itibaren ise uluslararası düzeyde iklim değişikliğiyle mücadele yollarının tartışıldığı bir platform olarak düzenleniyor. BMİDÇS'ne taraf olan ülkelerin katıldığı COP'da, Türkiye dâhil 197 taraf (196 ülke ve Avrupa Birliği) bulunuyor. COP27 , Kasım 2022'de yapılmıştır.

İklim Şûrası, 2022 yılında gerçekleştirilmiştir. Ülkemizin 2053 net sıfır emisyon ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda tüm paydaşların aktif katılımıyla kısa, orta ve uzun vadeli stratejik hedefleri belirleyecek, iklim konusunda geliştirilecek mevzuata katkı sağlayacak, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve iklim değişikliğine uyum bağlamında temel politikalarla öncelikli eylemleri içeren bir yol haritası oluşturacaktır (İklim Şûrası, 2022).

Avrupa Yeşil Mutabakatı, 11 Aralık 2019 tarihinde yayımlanmıştır . Günümüze kadar da yeni yasa teklifleri ve güncellemeler yer almaktadır. İklim değişikliği ve çevresel bozulma Avrupa ve dünya için var oluştural bir tehdittir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için Avrupa Yeşil Mutabakatı, AB'yi modern, kaynakları verimli kullanan ve rekabetçi bir ekonomiye dönüştürecektir. Bunun için aşağıdaki temel hedeflere ulaşılması amaçlanmaktadır: (1) 2050'ye kadar net sıfır sera gazı emisyonunun sağlanması, (2) ekonomik büyümenin kaynak kullanımından ayrıştırılması (URL-1).

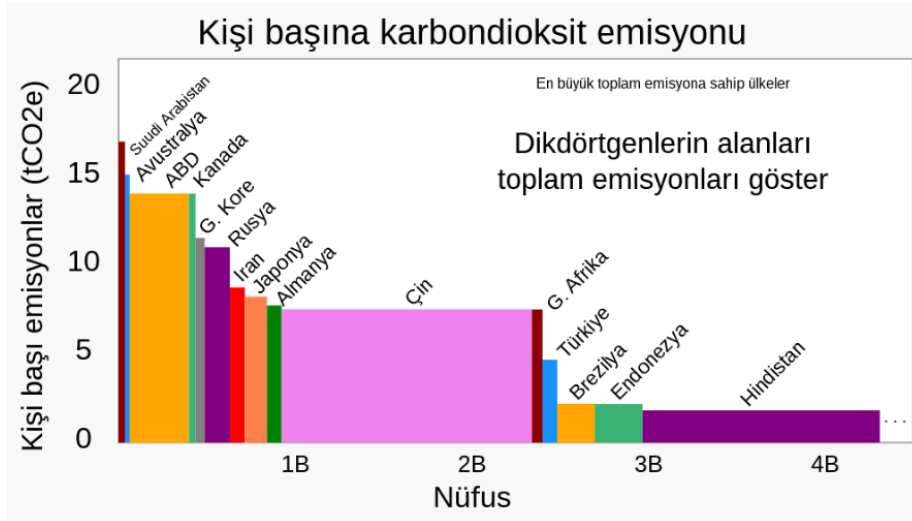
Küresel ısınmayı azaltabilmek için bugüne kadar yapılmış olan sözleşmelerin temelinde atmosferik sera gazlarının azaltımına yönelik faaliyetler yer almıştır. Prensip açısından azaltım, adaptasyon, veri değerlendirmesi, teknoloji transferi emisyon azaltımına yönelik ana başlıklar karşımıza çıkmaktadır. Azaltım çalışmaları içerisinde yer alan düşük karbon ekonomisine geçiş sürecinde, karbon yönetimi

temel bir yaklaşım olarak benimsenmiştir. Bir ürün veya hizmetin ham maddeden bertarafına kadar olan bütün süreçleri kapsayan döngü boyunca oluşan CO₂'nin miktarının belirlenmesine karbon ayak izi olarak ifade edilmektedir.

Karbon ayak izi, birim CO₂ olarak hesaplanan veya ölçülen, üretilen sera gazı miktarı açısından bireysel, bölgesel insan etkinliklerinin çevreye etki ettiği kötü sonuçların tespiti. Basit olarak karbon ayak izi yıllık olarak şu şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Karbon ayak izi (CO}_2 \text{ salınımı, ton)} = \text{Antropojenik Aktiviteler (sektörel ve bireysel uygulamalar)} \times \text{Emisyon Faktörü} \quad (1)$$

Formül ile hesaplanan CO₂ salınımı temelde insan odaklı faaliyetlerin birer sonucudur. Bu sonuç iklim değişikliği ve küresel ısınmanın ana faktörü olarak karşımıza çıkmaktadır. Salımlar, yeryüzünün fazla ısınmasına, biyolojik kapasite verimliliğini yitirmesine ve doğal hayatı tehlikeye sokması gibi sorunlara neden olabilir. Son zamanlarda karbon ayak izi araştırmaları önemli derecede artmış ve sektörlerin, şehirlerin ve ülkelerin hesapları yapılabilmektedir. Bu hesaplara bakarak dünya haritasında ekonomik ve sosyolojik çıkarımlar yapılabilir. Bütünün bir parçasını temsil eden C salınımı tüm dünyada en yüksek konsantrasyonu ifade etmektedir. Son yıllarda enerji sektöründeki gelişmeler fosil yakıtların olumsuzluklarını ön plana çıkarmaktadır. Hem ekonomik bağımlılık hem de çevre kirliliği açısından bu tür yakıtların kullanımının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının uygulanabilirliği avantaj sağlayacaktır. Türkiye ise bu kaynakları da üretmek için potansiyeli yüksek ülkeler arasında yer almaktadır (Şekil 1). Mevcut sorununun (karbon ayak izi, CO₂) tümevarım mantığı çerçevesinde incelenip çözümler üretilmesi sera gazı salınımlarını düşürecektir.



Şekil 1. En yüksek emisyon salınımı olan ülkeler için "kişi başına" sera gazı emisyonları (URL-2)

Türkiye de yapılan bir çalışmaya göre 2018 yılında kişi başına düşen ekolojik ayak izi 2.55 kha, biyolojik kapasitesi 1.31 kha'dır. Bu verilere göre Türkiye de üretimin ekolojik ayak izi 2 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Başka bir ifadeyle, İnsan faaliyetleri sonucunda tüketilen 1 yıllık doğal kaynakların yeniden üretimi ve atmosfere saldıkları CO₂'nin tutulması için en az 2 yıl geçmesi gerekmektedir. Bu durum, mevcut üretim ve tüketimde Türkiye'nin sürdürülebilir olmadığını göstermektedir. Türkiye'nin toplam ekolojik ayak izinde en büyük payı %46 gibi yüksek bir oranla karbon ayak izi almaktadır (WWF 2012).

2019 yılı sera gazı emisyon miktarı 50.9 MtCO_{2e} ve kişi başına düşen karbon ayak izi 3.3 tCO_{2e} olarak hesaplanmıştır. İstanbul'un 2019 Yılı Sera Gazı Envanteri, GPC Basic düzeydeki standartlara göre C40 tarafından onaylanmıştır. %63'lük kısmın sabit enerjiye, %28'lik kısmın ulaşım ve %9'lük kısmın atık sektörüne ait olduğu görülmüş ve bu nedenle İBB ulaşım, atık, bina-enerji ve su-atıksu sektörlerine odaklanmıştır. (İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı, 2021).

Küresel sıcaklık artışının 2⁰C'ye ulaşması halinde, Türkiye'nin de içinde yer aldığı Akdeniz Havzası'nda beklenenler, iklim değişikliğinin etkilerine karşı alınması gereken önlemlerin ne ölçüde programlı olması gerektiğini göstermektedir. IPCC Dördüncü Değerlendirme Raporu'nda, Akdeniz Havzası'nda genel sıcaklık artışının 1⁰-2⁰C'ye ulaşacağı, kuraklığın geniş bölgelerde hissedileceği ve özellikle iç kesimlerde sıcak hava dalgalarının ve aşırı sıcak günlerin sayısının artacağı ifade edilmektedir. Türkiye'de ise yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2.5⁰-4⁰C artacağı, Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4⁰C'yi, iç bölgelerinde ise bu artışın 5⁰C'yi bulacağı tahmin edilmektedir. Gerek IPCC raporu, gerekse yürütülen bir dizi ulusal ve uluslararası bilimsel model çalışmaları, Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak, daha kurak ve yağışlar açısından daha belirsiz bir iklim yapısına sahip olacağını ortaya koymuştur. 2007 yılında hazırlanan Türkiye'nin İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi'nde; iklim değişikliğinin Türkiye'deki etkilerinin; artan yaz sıcaklıkları, batı illerinde azalan kış yağışları, yüzey sularının kaybı, artan sıklıkta kuraklık, toprak bozulması, kıyı erozyonu ve sel şeklinde olacağı belirtilmektedir (İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, 2011-2023).

Türkiye'nin Paris İklim Anlaşmasına taraf olarak taahhütleri vardır. Doğal çevrenin korunması hem küresel hem de ulusal ölçekte gelecek kuşaklara karşı bir sorumluluk olarak görülmektedir. Bu sorumluluğun gereği olarak Türkiye, emisyon artışını 2030 yılı itibarıyla yüzde 21 oranında azaltma taahhüdünde bulunmuştur. COP 27'de %27 olan Ulusal Katı Atık beyanımız %41 olarak güncellenmiştir. Bu taahhüdün gereği olarak Türkiye, gerçekleştirdiği faaliyetleri ve kat ettiği mesafeyi her beş yılda bir hazırlanacak "Ulusal Katı Atık Beyanlarında" açıklayacağını bildirmiştir. Türkiye'nin çevrenin korunması ve yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması konusunda somut adımlar atması bekleniyordu. 11 Ekim 2021 tarihinde yapmış olduğu açıklamada T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığının adının T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olarak değiştirileceğini ifade etti. Bu değişiklik Türkiye, ekolojik sorunlar karşısında kurumsal anlamda bir adım atmış oldu. Paris İklim Anlaşması enerjiden ulaşım, kentleşmeden sanayiye tüm sektörleri ilgilendiriyor ve iş yapma biçimlerini değiştiriyor. Türkiye, Paris İklim Anlaşması'nı imzalayarak öncelikli olarak çevresel bozulmanın önüne geçecek bir ekonomik sistemi tasarlama imkânına sahip olmuştur. Bu doğrultuda fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının tercih edilmesi, enerji bağımlısı bir ülke olan Türkiye'nin cari açığının azalması anlamına geliyordu. Böylece yenilenebilir enerji, atık yönetimi ve akıllı şehirler gibi alanlarda bütünsel kamu politikalarının hayata geçirilmesi mümkün olacaktır. Hayata geçirilen kamu politikaları sayesinde geleceğin yaşam alanları oluşturulacaktır.

2022 yılında Ulusal Döngüsel Ekonomi Eylem Planı hazırlanması öngörülmektedir. Bu kapsamda geri kazanılmış ikincil ürün ve malzeme kullanımı için teknik kriterlerin belirlenmesi hedeflenmektedir. Yeşil OSB ve Yeşil Endüstri Bölgesi Sertifikasyon sisteminin uygulamaya alınmasına yönelik olarak teknik ve idari çalışmaların tamamlanmasının da aynı zaman diliminde gerçekleştirilmesi öngörülmektedir. Çevre etiketi sisteminin 2023 yılında yaygınlaştırılması, tarımsal üretimde atık ve artıkların tekrar değerlendirilmesi konusunda AR-GE çalışmalarının 2024 yılında tamamlanması planlanmaktadır. 2022-2027 yılları arasında ise IPA fonları ve uluslararası finansman kaynakları kullanılarak sanayinin yeşil ve döngüsel ekonomiye geçişine ve emisyon azaltımına katkı sağlanması ele alınacaktır. İklim değişikliğinin azaltılması için 2016 yılında yürürlüğe giren Paris Anlaşması, 2021 yılı Ekim ayında ülkemizde de onaylanmıştır. İnsan kaynaklı sera gazı salımlarının sonucu olan küresel sıcaklık artışının sanayi öncesi döneme kıyasla 2⁰C'nin altında tutulması anlaşmanın başlıca hedefi olmakla birlikte, sıcaklık artışının 1.5⁰C'nin altında tutulmasına odaklanılması hususu da vurgulanmaktadır. Paris Anlaşması'nda ayrıca iklim değişikliğine karşı

uyum sağlama yeteneğinin arttırılması, gıda üretimini olumsuz etkilemeyecek şekilde düşük sera gazı emisyonlarının teşvik edilmesi, düşük sera gazı emisyonu ve iklim değişikliğine dayanıklı kalkınma doğrultusunda finans akışlarının oluşturulması hedeflenmektedir (United Nations, 2015).

4. Tarımda Karbon Ayak İzi

İklim değişikliğinin kara ve deniz sıcaklıklarını artırması, yağış miktarı ve biçimlerini değiştirmesi sonucunda, küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesi ve kıyılardaki erozyon riskleri de artmakta, hava ile bağlantılı doğal afetlerin şiddetinde artışlara şahit olunmaktadır. Değişen su seviyeleri, sıcaklığı ve debisi; gıda arzı, tarım, sağlık, sanayi, turizm ve ulaşım gibi birçok sektörün yanı sıra, ekosistem bütünlüğünü de etkilemektedir. Bugün dünyanın bazı bölgelerinde toplumlar iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ile daha fazla ve daha sık karşılaşmaya başlamışlardır (İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı, 2011–2023).

Sera gazlarının en büyük payından biri de tarım sektörüdür. (GHG'ler) toprak organik maddelerinin doğrudan kayıplarıyla ilgili emisyonlar küresel olarak CH₄, CO₂ ve N₂O formlarında karbon salımına sebep olmaktadır. Uygun olmayan çiftçilik operasyonları önemli miktarda sera gazı salacak ve böylece nihayetinde iklim değişikliğine yol açan karbon ayak izini arttıracaktır (Seed vd., 2022).

Tohumlar, gübreleme, toprak işleme, ekim, sulama, hasat ve depolama vb. dahil olmak üzere çiftlik girdileri gibi tüm tarımsal uygulamalar, sera gazı emisyonları üzerinde çarpıcı etkiler yaratabilir. N₂O emisyonlarının %60'ından fazlasının, büyük bir kısmı organik ve inorganik gübrelerin kullanımına atfedilen tarımsal faaliyetlerden geldiği tahmin edilmektedir

Dünya nüfusunun %18'ine sahip olan Çin, 2000'den 2015'e kadar mahsul veriminde %46.3'lük bir artışla dünyanın en büyük tarım pazarına sahip ve küresel mahsul veriminin %19.9'unu oluşturuyor (Zhang vd., 2021).

Dünya Bankası'na (2015) göre, 2000–2013 döneminde Çin'de sera gazı emisyonları sürekli arttı ve ileri teknolojilerin uyarlanması, çevrenin incelenmesi ve optimize edilmesi yoluyla tarımdaki sera gazı emisyonlarının büyüklüğünü azaltmak için büyük önemden yaklaşık %16'lık bir artış tahmin edildi (Zhang vd., 2021).

Yine de, azotlu gübrelerin miktarını azaltarak ve büyük çiftlikleri etkin bir şekilde yöneterek başlıca tahıl ürünlerinden (pirinç, buğday ve mısır) kaynaklanan büyük sera gazı emisyonlarının yoğunluğunu azaltmak için büyük bir potansiyel vardır. Ancak bu, uzun vadede dengeye bağlı olacaktır. Yoğun olarak gübrelenen ve sulanan gıda ürünleri ana ürünlerdir. N₂O emisyon kaynakları ve farklı tarımsal ekosistemler kapsamlı bir şekilde teyit edilmiştir. Bu nedenle, bu gıda ürünlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının karmaşık dinamiklerini anlamak, tarım için iklime dayanıklı stratejilerin formüle edilmesine yardımcı olabilir. Sentetik gübrelerin, organik takviyelerin ve diğer çiftçilik işlemlerinin uzun süreli uygulanması, N birikiminde farklılıklara neden olabilir ve bazı durumlarda, N'nin zamanla GHG formlarında net kayıplarına yol açabilir. Her ne kadar bazı stratejiler bol miktarda topraklarda organik karbon ve N ve böylece sera gazlarının ortadan kaldırılmasına yardımcı olur (Sun vd., 2019).

Bununla birlikte, bu faydalı etkilerin büyük olasılıkla SOC'nin doyma seviyelerine yaklaştığı durumlarda artan N₂O emisyonları ile dengelenmesi muhtemeldir.

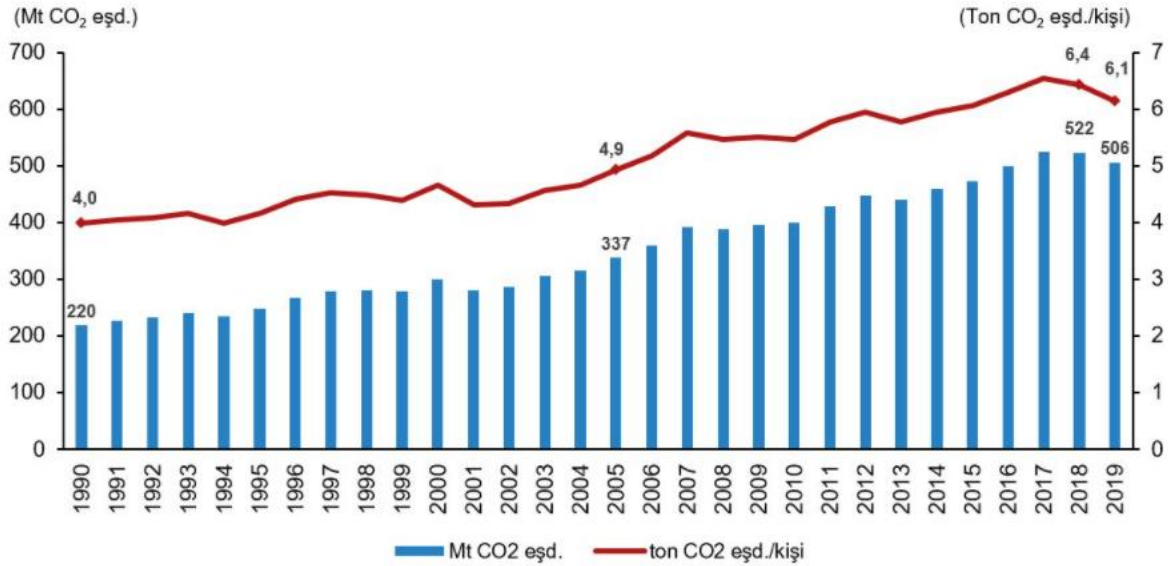
Bu nedenle, uzun vadede tarımsal üretimi sürdürmek için belirli bir yönetim stratejisinin değerlendirilmesi için SOC sekestrasyonu, potansiyel N₂O emisyonları ve ürün verimliliğindeki dinamik değişiklikleri kapsamlı bir şekilde değerlendirmek zorunlu hale geliyor. Bununla birlikte,

özellikle iklim değişikliği geri bildirim bağlamında iklim, toprak özellikleri ve inorganik N mevcudiyeti gibi eşzamanlı olarak hareket eden değişkenler kümesi nedeniyle, tarla koşullarında bu tür uzun vadeli değişiklikleri pratikte gözlemlemek genellikle zordur (Sun vd., 2019).

Karbon ayak izi, ölçülebilir bir çevresel göstergedir. Daha temiz ve iklime dayanıklı teknolojileri belirlemek için kullanılabilir ve böylece yönetim stratejilerinin veya ürün yetiştirme sistemlerinin azaltma potansiyellerini ölçmeyi kolaylaştırır. Uzun vadeli tarla deneyleri, mahsuller, yönetim stratejileri, artan girdiler ve iklim dalgalanmaları arasındaki karmaşık dinamikleri anlamada hayati bir rol oynar. Sera gazlarının emisyonlarındaki farklılıklar ve yağmurla beslenen ve sulanan mahsul şemaları altındaki ayak izleri geçmişte Çin'de ihmal edildi.

Bildiğimiz kadarıyla, sulu (kış buğdayı-yaz mısır) ve yağmurla beslenen (kış buğdayı-yaz nadası) mahsul sistemlerinde büyük mahsul üretiminin CF üzerindeki uzun vadeli gübrelemenin etkilerini değerlendiren hiçbir çalışma yoktur (Sun vd., 2019).

1990-2019 yılları arası CO₂ eşdeğeri toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu Şekil 2'de görülmektedir (TUİK, 2019).



Şekil 2. CO₂ eşdeğeri toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu

Şekil 2'de 2019 yılında toplam sera gazı emisyonu 506.1 milyon ton (Mt) CO₂ eşdeğeri (eşd.) olarak görülmektedir. 2018 yılında bu değer 522 Mt CO₂ eşd. ölçülürken 2019 yılında %3.1 azalma gözlenmiştir. Kişi başı sera gazı emisyonuna baktığımızda 1990 yılında 4, 2018 yılında 6.4 ve 2019 yılında ise 6.1 ton CO₂ eşd. olarak tespit edilmiştir.

Sektörlere göre sera gazı emisyonları, 1990-2019 yılları arasında ölçülen değerler ve değişimler Tablo 1' de verilmiştir (TUİK 2019).

Tablo 1. Sektörlere göre sera gazı emisyonu(Mt CO₂ eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990- 2019 değişim (%)	2018- 2019 değişim (%)
Toplam Emisyon	219.6	299.0	399.1	473.3	498.9	525.0	522.5	506.1	130.5	-3.1
Enerji	139.6	216.1	287.0	340.9	359.7	379.9	373.1	364.4	161.0	-2.3
Endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı	22.8	26.2	48.1	57.2	61.4	64.0	65.9	56.4	147.1	-14.3
Tarım	46.1	42.3	44.4	56.1	58.9	63.3	65.3	68.0	47.7	4.1
Atık	11.1	14.3	19.5	19.0	19.0	17.8	18.1	17.2	55.7	-5.0

Tablodaki rakamlar, yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

Sera gazı salınımlarına göre CO₂ eşd. Konsantrasyonlarında göz görülebilir artış 1990-2019 yılları arasında enerji sektöründe gerçekleşmiştir. Tarım sektöründe ise 2018-2019 yılları arasında %4.1'lik değişim gözlenmiştir. Sektörel bazda enerji ve tarım sektörleri sera gazı salınımlarında ve iklim değişikliğinde aktif rol oynamaktadırlar. Ayrıca CO₂, CH₄, N₂O ve F-gazlarına göre oluşan sera gazı emisyonları Tablo 2' de verilmiştir (TUİK 2019).

Tablo 2. Gazlara göre sera gazı emisyonu(Mt CO₂ eşd.)

	1990	2000	2010	2015	2016	2017	2018	2019	1990- 2019 değişim (%)	2018- 2019 değişim (%)
Toplam Emisyon	219.6	299.0	399.1	473.3	498.9	525.0	522.5	506.1	130.5	-3.1
CO ₂	151.5	229.8	314.4	381.3	401.2	425.3	419.4	399.3	163.6	-4.8
CH ₄	42.5	43.7	51.4	51.6	54.5	54.8	58.1	60.3	41.8	3.8
N ₂ O	25.0	24.8	29.8	35.4	37.7	39.1	39.3	40.2	61.2	2.4
F-gazlar	0.6	0.7	3.6	5.0	5.5	5.7	5.7	6.2	898.2	10.1

CH₄ emisyon oluşumunun sektörlere göre dağılımı, tarım %62.4, enerji %19.5, atık %18.1 ve endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı %0.03'dir. N₂O emisyonlarının ise %72.5'i tarım, %15.7'si atık, %8.8'i enerji ve %3'ü de endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı sektöründen kaynaklandığı görülmektedir. CO₂ salınımları 1990-2019 yılları arasındaki değişim % 163.6 iken 2018-2019 yılları arasındaki değişim miktarı -4.8'dir.

İklim değişikliği ile ilgili Türkiye’ de Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığınca yapılan ve yapılacak eylem planları da konunun önemini ele almaktadır (İklim Değişikliği Eylem Planı. 2011 – 2023). 3 Mayıs 2010 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu tarafından onaylanarak yürürlüğe giren Türkiye’nin “Ulusal İklim Değişikliği Strateji Belgesi”nde Ulusal Vizyon aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

“Türkiye’nin iklim değişikliği kapsamındaki ulusal vizyonu, iklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş; enerji verimliliğini yaygınlaştırmış; temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmış; iklim değişikliğiyle mücadeleye özel şartları çerçevesinde aktif katılım sağlayan ve yüksek yaşam kalitesiyle refahı tüm vatandaşlarına düşük karbon yoğunluğu ile sunabilen bir ülke olmaktadır”.

İklim değişikliğinin, gezegen dönüşüm süreci üzerinde, beklenen doğal etkilerin ötesinde bir sonuç yaratacak olması, karşımıza çıkan olumsuz sonuçların hafifletilmesi için bir an önce önlem alınmasını gerekli kılmaktadır. Küresel ölçekte bir çevre sorununun ötesinde bir mesele olan iklim değişikliği, uzun dönemde dünyayı etkilemeye devam edecektir. Gelecek birkaç on yıl içinde gezegenin sıcaklıkta artış ve yağış biçimlerinde değişikliklerle karşı karşıya kalacağı bugün bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır.

Ulusal İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011-2023, Türkiye’de iklim değişikliğinden etkilenebilirlik alanlarını, teknik ve bilimsel çalışmaların desteklediği ve katılımcı süreçler ile kabul edilen beş önemli alana odaklanmıştır. Bunlar: (1) Su Kaynakları Yönetimi, (2) Tarım ve Gıda Güvencesi, (3) Ekosistem Hizmetleri, Biyolojik Çeşitlilik ve Ormancılık, (4) Doğal Afet Risk Yönetimi ve (5) İnsan Sağlığıdır.

Ayrıca 2018 yılında, İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından İklim Değişikliği Eylem Planı için, kapsamlı bir iklim değişikliği tehlikeleri risk değerlendirmesi hazırlanmıştır. Bu değerlendirmede mevcut iklim değişikliği riskleri, 2100’e kadar olan potansiyel iklim değişikliği ve etkileri ele alınmıştır (İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı, 2021).

5. Sonuç ve Öneriler

İklim değişikliği gezegenimizin sürdürülebilirliği açısından önlem alınması gereken konular arasında yer almaktadır. Ekosistemin antropojenik faaliyetler (sera gazı emisyonları ve iklim değişikliği ilişkisi) sonucu olumsuz yönde etkilenmesi son yıllarda yoğun bir şekilde artmaktadır.

CO₂, CH₄, N₂O ve F grubu gazların salınımı hayvan ve gıda üretimi sektörlerinde yüksek seviyelerde ortaya çıkmakta olup, bu durum diğer sektörlerle kıyasla göz ardı edilemeyecek noktaya ulaşmıştır. Sektör bazlı salımları minimize etmek için farklı süreçler olmakla birlikte, hayvancılık ve tarımsal üretim odaklı alanlar bu konuda başrol oynamaktadır. Bu kapsamda;

1. Küresel arenada enerji ve enerji kaynaklı çevresel olumsuzlukların ön planda olduğu bir süreç günümüzde bulunmaktadır. Her ülke ve Türkiye’de enerji dönüşümü ekonomik değer açısından (dış piyasaya bağımlılık) karbon minimizasyonu ile hedeflenmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de farklı ayak izlerinin (karbon ayak izi-su ayak izi vb.) etkili ve sürdürülebilir kullanımlarla dengeleneceği öngörülmektedir.
2. Ülkemizde, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretimi %30 dan fazla hedeflenmelidir. Ayrıca fosil yakıtların kullanımını en aza indirmelidir.
3. Sıfır karbon üretimli enerji kullanımı için farklı alternatifler önerilmeli ve yetki dahilinde yasal uygulamalar planlanmalıdır.

4. Ülkemizde doğal enerji uygulamaları halihazırda bölgesel olarak gerçekleştirilmektedir. Ancak, uygulama bazlı ekonomik desteklerin artırılması sağlanmalı ve bölge bazlı dağılımın daha hassas yapılması gerekmektedir.

Tarım arazisi, bitki örtüsünün karbon yutağı işlevini ve üretim malzemelerinin girdisinden üretilen karbon emisyonlarını göz önünde bulundurulmalıdır. Tarımsal su kullanımının, ekoloji üzerindeki potansiyel etkisi olan su kıtlığı ve karbon ayak izi endeksleriyle birlikte ele alınmalıdır. Bu konu hakkında uygun modelleme çalışmalarının yapılması da tarımsal alanda karbon ayak izi takibini kolaylaştıracaktır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

Anonymous. (2019). Sürdürülebilir Toprak Yönetimi Gönüllü Kılavuz İlkeleri. Food and Agriculture Organization. <http://www.fao.org/3/i6874tr/I6874TR.pdf>, (Erişim tarihi:28.11.2022).

Avcioğlu O., ve Ayten Ş.G. (2016). Tarımsal Üretimde Sera Gazları ve Karbon Ayak İzi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal Of Agricultural Machinery Science)*, 12(3), 157-162157.

Baker J.M., and Griffis T.J. (2005). Examining strategies to improve the carbon balance of corn/soybean agriculture using eddy covariance and mass balance techniques. *Agricultural and Forest Meteorology*, 128 (3), 163–177.

Cheng K., Pan G., Smith P., Luo T., Li L., Zheng J., and Yan M. (2011). Carbon footprint of China's crop production—an estimation using agro-statistics data over 1993–2007. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 142 (3-4), 231–237.

Çadraku H.S. (2021). Groundwater quality assessment for irrigation: case study in the Blinaja River Basin, Kosovo. *Civil Engineering Journal*, 7 (9), 1515–1528.

ÇMUSEP (2019). Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030. *Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları*, Ankara.

DSİ (2016). Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, İklim Değişikliği Birimi İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. *Kyoto Protokolü ve Türkiye*.

Eliasson J. (2015). The rising pressure of global water shortages. *Nature*, 517 (7532), 6.

Gan Y.T., Liang C., Huang G.B., Malhi S.S., Brandt S.A. and Katempa-Mupondwa F. (2012). Carbon footprint of canola and mustard is a function of the rate of N fertilizer. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17, 58–68.

Gündoğan A.C., Baş D., ve Sayman R.Ü. (2015). A'dan Z'ye İklim Değişikliği Başucu Rehberi. *Bölgesel Çevre Merkezi - REC Türkiye*. ISBN: 978-975-6180-43-3.

- Hertwich E.G., and Peters G.P. (2009). Carbon footprint of nations: a global, trade-linked analysis, *Environmental. Science Technology*, 43 (16), 6414–6420.
- Houria B., Mahdi K., and Zohra T.F. (2020). Hydrochemical characterisation of groundwater quality: Merdja plain (Tebessa town,Algeria). *Civil Engineering Journal*, 6 (2), 318–325.
- IPCC (2006). IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories
- İklim Değişikliği Eylem Planı 2011 – 2023. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara – 2012. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>.
- İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı 2011–2023. https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/uyum_stratejisi_eylem_plani_TR.pdf
- İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı. (2021). İstanbul Büyükşehir belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, İstanbul. https://cevre.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2022/01/ist_iklim_degisikligi_eylem_plani.pdf
- İklim Şurası, (2022). <https://iklimsurasi.gov.tr/sayfa/hakkimizda/iklim-degisikligine-uyum-komisyonu>
- Karaca A., and Turgay O.C. (2012). Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1(1), 13-19.
- Lence B., Moosavian N., and Daliri H. (2017). Fuzzy programming approach for multiobjective optimization of water distribution systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE 143 (7), 04017020.
- Li C., Cai Y., and Qian J., (2018). A multi-stage fuzzy stochastic programming method for water resources management with the consideration of ecological water demand. *Ecological Indicators*, 95, 930–938.
- Lv A., Qi S., and Wang G. (2022). Multi-model driven by diverse precipitation datasets increases confidence in identifying dominant factors for runoff change in a subbasin of the Qaidam Basin of China. *Science Total Environment*, 802, 149831. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149831>.
- Okur N., and Kayıkçıoğlu H.H. (2008). Toprak Mikroorganizmaları Tarafından Üretilen Küresel Gazlar. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45 (1), 49-55, ISSN 1018 – 8851.
- Pandey D., Agrawal M., and Pandey J.S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring Assessment*, 178 (1-4), 135–160.
- Seed Q., Zhang A., Mustafa A., Sun B., Zhang S and Yang X. (2022), Effect of Long-Term Fertilization On Greenhouse Gas Emissions and Carbon Footprints İn Northwest China: A Field Scale Investigation Using Wheat-Maize-Fallow Rotation Cycles, *Journal Of Cleaner Production*. 332: 130075.
- Sepahri A., and Sarrafzadeh M.H. (2018). Effect of nitrifiers community on foulingmitigation and nitrification efficiency in a membrane bioreactor. *Chemical Engineering and Processing*, 128, 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2018.04.006>.

Stocker T.F.D., Qin G.K., Plattner M., Tignor S.K., Allen J., Boschung A., et al. (2013). IPCC, 2013: Climate Change: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Sun M., Zhan M., Zhao M., Tang I.I., Qin M.G., Cao C.G., Cai M.L., Jiang Y. and Liu Z.H. (2019). Maize and Rice Double Cropping Benefits Carbon Footprint and Soil Carbon Budget İn Paddy Field. *Field Crops Research*, 243, 107620.

Tubiello F.N., Salvatore M., Rossi S., Ferrara A., Fitton N., and Smith P. (2013). The FAOSTAT database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environmental Research Letters*, 8 (1), 015009.

TMO (2019). Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Hububat Sektör Raporu, <https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2019.pdf>

TUİK (2019). Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-Gas-Emissions-Statistics-1990-2019-37196>.

United Nations (2015). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamındaki Paris İklim Anlaşması.

Wang Z.B., Zhang H.L., Lu X.H., Wang M., Chu Q.Q., Wen X.Y., and Chen F. (2016). Lowering carbon footprint of winter wheat by improving management practices in north china plain. *Journal of Cleaner Production*, 112, 149–157.

Wu H., Guo S., Guo P., Shan B. and Zhank Y. (2021). Agricultural Water and Land Resources Allocation Considering Carbon Sink/ Source and Water Scarcity/Degradation Footprint. *Science of the Total Environment*, 819,152058.

WWF (2021). Türkiye’de Tarım Topraklarının Dünü, Bugünü ve Geleceği. *WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı)*, İstanbul, Türkiye, 2021.

WWF (2012). Türkiye’nin Ekolojik Ayak İzi Raporu. https://www.footprintnetwork.org/content/images/article_uploads/Turkey_Ecological_Footprint_Report_Turkish.pdf

Zhang F., Cai Y., Tan Q., Engel B.A. and Wang X. (2021). An Optimal Modeling Approach For Reducing Carbon Footprint İn Agricultural Water-Energy-Food Nexus System. *Journal Of Cleaner Production*. 316, 128325.

Zou M., Kang S., Niu J., and Lu H. (2020). Untangling the effects of future climate change and human activity on evapotranspiration in the Heihe agricultural region, Northwest China. *Journal of Hydrology*, 585, 124323.

URL-1, Avrupa Yeşil Mutabakatı EEAS European Union. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, Erişim Tarihi: 22.05.2023.

URL-2, Sera gazı emisyonları. https://tr.wikipedia.org/wiki/Sera_gazı_emisyonları, Erişim Tarihi: 17.05.2023.



Araştırma Makalesi / Research Paper

On Particle Swarm Optimization Variants for Solution of Some Objective Functions

Hasan BAŞAK^{*1}, Kadri DOĞAN²

¹Artvin Coruh University, Faculty of Engineering, Dept. of Electrical-Electronics Eng. Artvin/TURKEY

²Artvin Coruh University, Faculty of Engineering, Dept. of Basic Sciences, Artvin/ TURKEY

hasanbasak@artvin.edu.tr, dogankadri@artvin.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 02.05.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 15.06.2023

Abstract: Particle Swarm Optimization (PSO) is a widely used metaheuristic algorithm in the field of optimization. Over the years, several variants of PSO have been proposed to improve its performance and overcome its limitations. This study focuses on the comparison of the performance of different PSO variants by solving benchmark functions. We have selected five PSO variants, including constant inertia weight PSO, random inertia weight PSO, time-varying inertia weight PSO, inertia weight-free PSO, nonlinear inertia weight PSO and adaptive inertia weight PSO. These variants have been implemented in MATLAB and tested on some benchmark functions. The results of the experiments show that the performance of the PSO variants changes significantly depending on the benchmark function. However, overall, the adaptive inertia weight PSO variant has shown superior performance compared to the other variants. This variant is capable of finding the global optimum solution with higher accuracy and in a shorter time compared to the other variants.

Keywords: Optimization, PSO, Variants, Benchmark Functions

Bazı Amaç Fonksiyonların Çözümü için Parçacık Sürü Optimizasyon Varyantları Üzerine bir Çalışma

Özet: Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), optimizasyon alanında yaygın olarak kullanılan metasezgisel bir algoritmadır. Yıllar boyunca, performansını iyileştirmek ve sınırlamalarının üstesinden gelmek için çeşitli PSO varyantları önerilmiştir. Bu çalışma, kıyaslama fonksiyonlarını çözerek farklı PSO varyasyonlarının performansını karşılaştırılmasına odaklanmaktadır. Sabit atalet ağırlıklı PSO, rastgele atalet ağırlıklı PSO, zamanla değişen atalet ağırlıklı PSO, atalet ağırlıksız PSO, doğrusal olmayan atalet ağırlıklı PSO ve uyarlanabilir atalet ağırlıklı PSO dâhil olmak üzere PSO varyantları seçilmiştir. Bu varyasyonlar MATLAB'da gerçekleştirilmiş ve kıyaslama fonksiyonlarında test edilmiştir. Deneylerin sonuçları, PSO varyantlarının performansının kıyaslama fonksiyonuna bağlı olarak önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Bununla birlikte, genel olarak, uyarlanabilir atalet ağırlıklı PSO varyantı, diğer varyantlara kıyasla üstün performans göstermiştir. Bu varyant, global optimum çözümü diğer varyantlara göre daha yüksek doğrulukta ve daha kısa sürede bulabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, PSO, Varyasyonlar, Kıyaslama Fonksiyonları

1. Introduction

Optimization is the process of finding the best solution for a given problem within a certain set of constraints. In recent years, optimization algorithms have gained significant attention, especially in the fields of engineering, computer science, finance, and machine learning (Gogna and Tayal 2013). Many realistic optimization issues demand costly computation-based assessments in order to find the optimal solution. The optimization method should be carried out speedily and it should not be overly

complicated due to various limits in research such as time requirements and computer resource constraints (Tanweer et al. 2015). A lot of common optimization techniques need a lot of function evaluations. These algorithms often provide acceptable results by utilizing their unique information transmission methods in conjunction with a variety of first-candidate solutions in various fitness evaluations. These procedures often consume significant computational resources and require a substantial amount of time to execute since they evaluate each potential solution. The study and creation of effective optimization algorithms for assessing a small number of functions is therefore a new and expanding research topic. Several novel ideas have been proposed and published recently. These techniques with constrained function evaluations have produced some satisfying results (Rueda and Erlich 2015).

Wilson (2000) first put out the swarm idea in 1975. Each member of a swarm can use the discoveries and experiences of the others to escape from predators and can find food. Each bird in a swarm can identify where it is within the swarm. Every individual will observe neighbouring individuals' flight motions to modify its own flight trajectory, giving the impression that a single entity is in charge of the whole swarm (Zhang 2015; Reynolds 1987) Particle swarm optimization (PSO) is an optimization algorithm that was first proposed by Kennedy and Eberhart (1995). PSO is inspired by the social behaviour of bird flocking or fish schooling. In PSO, a population of particles is used to search for the best solution of a problem. Each particle represents a potential solution and moves through the search space based on its own experience and the experience of the swarm. The position and velocity of each particle are updated based on its own best solution and the best solution found by the swarm PSO has several advantages, such as its simplicity, fast convergence speed, and ability to handle nonlinear and high-dimensional problems. However, PSO has some limitations, such as its sensitivity to parameter tuning, premature convergence, and the lack of a global search strategy (Imran et al. 2013). PSO blends evolutionary calculations with social psychology concepts from socio-cognition agents. It uses a swarm of particles to represent the potential solutions to the objective issue when applied to optimization processes. Each particle will move in the direction of the problem's probable solution after a search has started, based on its own and the partner particles' investigations. The PSO's ease of implementation and the limited number of adjustable parameters are its two main benefits. The inertia weight (w), one of the parameters in Particle Swarm Optimization, plays a crucial role in achieving a balance between exploration and exploitation. In recent years, several variants of PSO have been proposed to enhance its performance and overcome its limitations such as premature convergence and slow convergence speed. This paper investigates some variants of PSO with inertial weights such as constant, random, linear time-varying, nonlinear and adaptive. We compare the performances of PSO variants using different types of benchmark functions.

3. Particle Swarm Optimization

The standard PSO contains the following four items:

1. Determine the objective function.
2. Set parameters.

The basic parameters of the PSO include:

- (i) Space dimension
- (ii) Particle swarm size
- (iii) Location constraint

- (iv) Velocity constraint
- (v) Number of iterations
- (vi) Inertia weight
- (vii) Learning factor: The ranges of the independent variables should be considered while determining the learning factor. Particle and particle swarm learning factors are the two different categories of learning factors. Typically, a value between 0 to 5 can be used.

3. Initialize particle swarm

4. Update velocity and location

Updating velocity and position is the essence of the standard PSO. The function velocity and position, which is called the PSO algorithm, is as follows:

$$v^{k+1}(m, n) = wv^k(m, n) + r_1c_1(xp^k(m, n) - x^k(m, n)) + r_2c_2(xg^k(n) - x^k(m, n)) \quad (1)$$

$$x^{k+1}(m, n) = x^k(m, n) + v^{k+1}(m, n) \quad (2)$$

Where $v^k(m, n)$ is the velocity of the m^{th} particle for the n^{th} dimension at the k^{th} iteration, $x^k(m, n)$ is the current position of the m^{th} particle for the n^{th} dimension at the k^{th} iteration. $xp(m, n)$ represents the position of the best solution that the m^{th} particle has achieved so far, for the n^{th} dimension of the problem. $xg(n)$ is the current global best obtained so far by the particle swarm optimization for the n^{th} dimension of the problem. w , c_1 , c_2 and r_1 , r_2 are defined as inertia weight, single particle's learning factor, particle swarm's learning factor and random values in $[0,1]$, respectively (Zhang 2022).

The hybrid optimization algorithm is an effective combination of a metaheuristic optimization algorithm with another optimization algorithm that can exhibit more stable behaviour and greater flexibility against complicated and difficult problems. Local search algorithms use a well-specified neighbourhood mechanism to recursively explore the search space for a better answer than an already existing one. Metaheuristics are made up of iterative processes that successfully integrate many sub-heuristics to find a search space. To locate global optimal areas, certain learning algorithms are employed. Natural approaches known as population-based metaheuristics investigate the search space by manipulating the population, and the outcomes heavily depend on these particular manipulative techniques. Compared to other trajectory approaches, which are easily impacted by local optima, population-based metaheuristics methods are better at characterizing local optima. Because of this, metaheuristic hybrids that effectively combine the advantages of population-based and trajectory approaches are typically quite effective and successful (Blum et al. 2008; Osman and Laporte 1996). During the early search phase, the standard PSO technique often converges quickly before slowing down. It frequently has slow convergence and becomes locked in local minima. Moreover, the inertia weights, w , c_1 and c_2 are important variables affecting the standard PSO convergence. Various inertia weighting strategies in the velocity update equation (1) are reported in Table 1. Where $wmax$ and $wmin$ are maximum and minimum values, $iter_{max}$ is the maximum number of iterations, $iter$ is the current iteration, $PS = \frac{\sum_{i=1}^M SC_i}{M}$ where M is the number of particles and SC_i is the successful particle (particle to near solution).

Table 1. Inertia weights.

Label	Inertia Weight Strategy	Adaptation Mechanism/ Reference
W1	$w = c$	Constant (Shi and Eberhart 1998),
W2	$w = 0.5 + \frac{r_1}{2}$	Random (Eberhart and Shi (2001)
W3	$w(iter) = wmin + \frac{iter_{max} - iter}{iter_{max}} * (wmax - wmin)$	Linear time-varying (Shi and Eberhart 1999),
W5	$w(iter) = \left(\frac{2}{iter}\right)^{0.3}$	Nonlinear (Fan and Chiu 2007)
W6	$w(i) = PS * (wmax - wmin) + wmin$	Adaptive (Das et al. 2018; David Reddipogu and Elumalai 2020)

The inertia weight-free PSO has a different particle update strategy from the standard PSO algorithm. The following equations show the calculation of particle positions and velocity in the inertia weight-free PSO algorithm (Jaberipour et al. 2011):

$$v^{k+1}(m, n) = (2r_1 - 0.5)v^k(m, n) + (2r_2 - 0.5)(xp^k(m, n) - x^k(m, n)) + (2r_3 - 0.5)(xg^k(n) - x^k(m, n)) \quad (3)$$

$$u^{k+1}(m, n) = (2r_4 - 0.5)(xg^k(n) - xp^k(m, n)) + (2r_5 - 0.5)(xg^k(n) - x^k(m, n)) \quad (4)$$

$$x^{k+1}(m, n) = xp^k(m, n) + (2r_6 - 0.5)v^{k+1}(m, n) + (2r_7 - 0.5)u^{k+1}(m, n) \quad (5)$$

where $r_1, r_2, r_3, r_4, r_5, r_6$ and r_7 are defined as random values in $[0,1]$.

Table 2. Benchmark objective functions.

	Objective Function	n	Search Space	$f(x^*)$
F1	$f_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	30	$[-100,100]^n$	0
F2	$f_2(x) = \sum_{i=1}^n x_i + \prod_{i=1}^n x_i $	30	$[-10,10]^n$	0
F3	$f_3(x) = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^i x_j \right)^2$	30	$[-100,100]^n$	0
F4	$f_4(x) = \max_i \{ x_i : 1 \leq i \leq n\}$	30	$[-100,100]^n$	0
F5	$f_4(x) = \sum_1^{11} \left[a_i - \frac{x_1(b_i^2 + b_i x_2)}{b_i^2 + b_i x_3 + x_4} \right]^2$	4	$[-5,5]^n$	0.00030
F6	$f_6(x) = \frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin(\pi y_i) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i - 1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1}) + (y_{n-1})^2] \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 10, 100, 4)$ $y_i = 1 + \frac{x_i + 1}{4}$ $u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i - a)^m & x_i > a \\ 0 & -a < x_i < a \\ k(-x_i - a)^m & x_i < -a \end{cases}$	30	$[-50,50]^n$	0

4. Results and Discussion

This section gives results of PSO variants to evaluate their performance. We conducted experiments with six different benchmark functions given in Table 2. Figure 1 shows a comparison of PSO variants on objective function $F1$. The inertia weight-free PSO (WFPSO) obtained the worst performance amongst variants. The random inertia weight PSO (RPSO) converged faster than other variants do but the adaptive inertia weight PSO obtained the lowest value of the objective function with 400 iterations (see Table 3). Convergence curves of PSO variants for the objective function $F2$ are illustrated in Figure 2. It can be seen from Table 4 that the adaptive inertia weight PSO achieved the lowest values with less iteration. For this objective function, the second-best algorithm is the linear time-varying inertia weight PSO (LTVPSO). Convergence curves for the objective function $F3$ is displayed in Figure 3. The constant inertia weight PSO is the fastest algorithm. However, the adaptive inertia weight PSO obtained the lowest value of the objective function with 500 iteration (Table 5). Similarly, Figures 4, 5 and 6 compare the convergence curves of PSO variants for objective functions 4 , $F5$ and $F6$ respectively. For objective function $F4$, WFPSO has the worst performance and the adaptive inertia weight PSO achieved the lowest values with 500 iterations (Table 6). For objective function $F5$, the adaptive inertia weight PSO converged faster than other do and this algorithm obtained the lowest value with 86 iterations (Table 7). For objective function $F6$, the LTVPSO is the fastest algorithm and the adaptive inertia weight PSO achieved the lowest values with 355 iterations (Table 8). Overall, the results of the experiments show that the performance of the PSO variants changes significantly depending on the benchmark function. However, the adaptive inertia weight PSO variant has shown superior performance compared to the other variants. The adaptive inertia weight PSO has achieved the lowest value in lesser iterations (at the 86th iteration) on objective function $F5$, see Table 7.

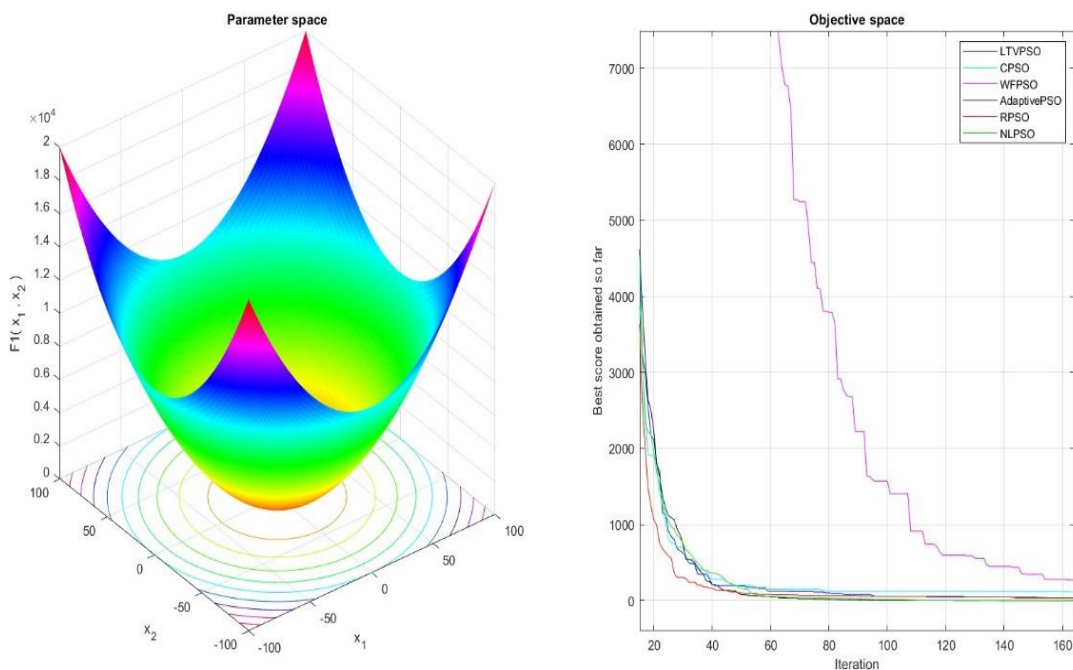


Figure 1. Convergence curves of PSO variants for the objective function $F1$

Table 3. Numerical values of the F1 objective function for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	70753,24575	58381,53455	68284,75105	68688,64554	73463,14213	64866,17248
2	63241,43504	58381,53455	68284,75105	66756,80839	67189,94540	58239,03450
3	55221,17496	51186,05980	68284,75105	57577,59383	57276,69296	51991,24550
4	46823,61096	45558,77072	68284,75105	49802,07221	49165,34710	44714,78627
5	40636,88841	40906,27674	68284,75105	42953,55001	42166,04481	40232,61805
6	34737,96513	33712,08192	68284,75105	36505,65862	34505,68711	37717,18519
7	28698,19385	27608,88016	68284,75105	30087,28495	28751,51068	32293,82142
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	52,81903	119,34873	1353,88381	8,38954	39,40401	5,82270
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	13,05715	98,33623	198,10067	0,05547	16,85187	0,20752
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
300	0,58885	98,33623	129,17871	0,00088	12,21267	0,06621
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
400	0,01587	89,58545	98,69304	0,00001	8,14288	0,06607
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
427	0,00326	89,58545	98,68388	0,00001	7,75599	0,06607
428	0,00271	89,58545	98,68388	0,00000	7,40413	0,06607
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	0,00007	84,59766	79,05413	0,00000	3,86110	0,06606

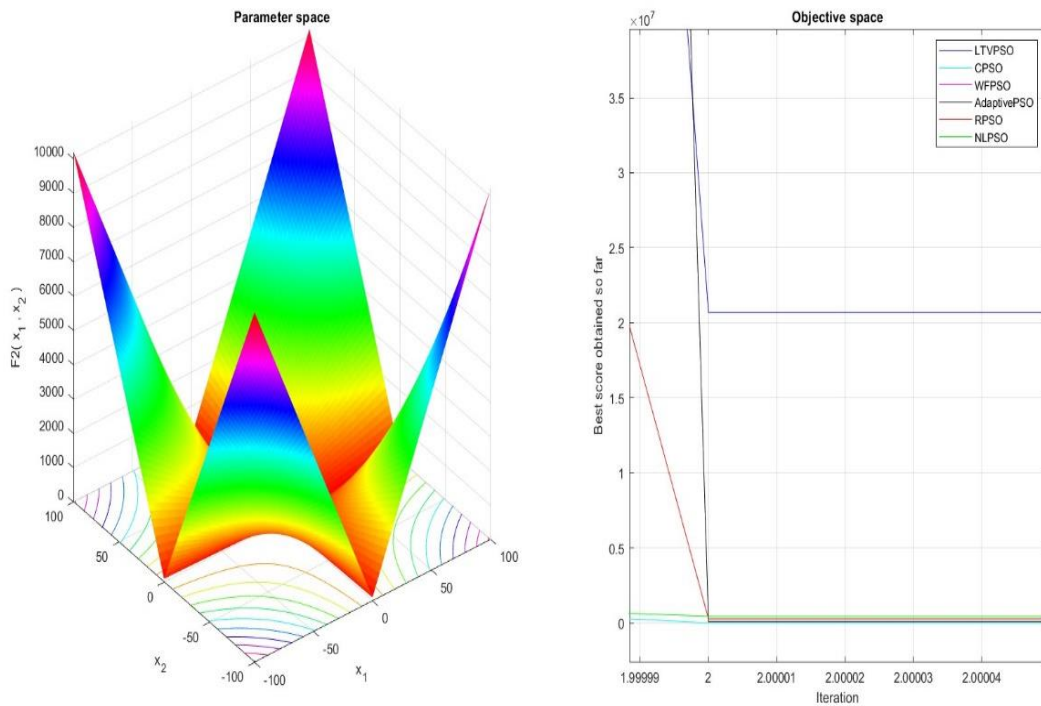


Figure 2. Convergence curves of PSO variants for the objective function F2

Table 4. Numerical values of the objective function F2 for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	6114142570308,11000	24077928152,86930	345140455978902,00000	15087874576319,00000	1687597775385,29000	16691266620,15370
2	20701549,85748	3643,40407	5777329824441,69000	98788,09879	280523,60820	450262,39038
3	20701549,85748	1438,80043	5777329824441,69000	98788,09879	280523,60820	450262,39038
4	1100,63636	1438,80043	5777329824441,69000	98788,09879	222576,24714	83,32132
5	216,30597	1438,80043	5777329824441,69000	61,18740	115174,39282	83,32132
6	216,30597	1438,80043	5777329824441,69000	50,35392	60453,66763	72,27122
7	216,30597	536,75706	5777329824441,69000	50,35392	1096,75327	72,27122
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	52,81903	119,34873	1353,88381	8,38954	39,40401	5,82270
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	18,05983	61,18577	38,66453	0,15826	17,66575	1,17102
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
300	2,94593	50,51487	27,40757	0,01574	13,24167	1,12418
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
400	0,34005	50,29958	20,08569	0,00155	9,87452	1,12275
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
449	0,05582	44,70033	15,32458	0,00037	9,61013	1,12182
450	0,05582	44,70033	15,32458	0,00037	9,61013	1,12182
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	0,01127	44,07517	12,43246	0,00009	9,61011	1,12177

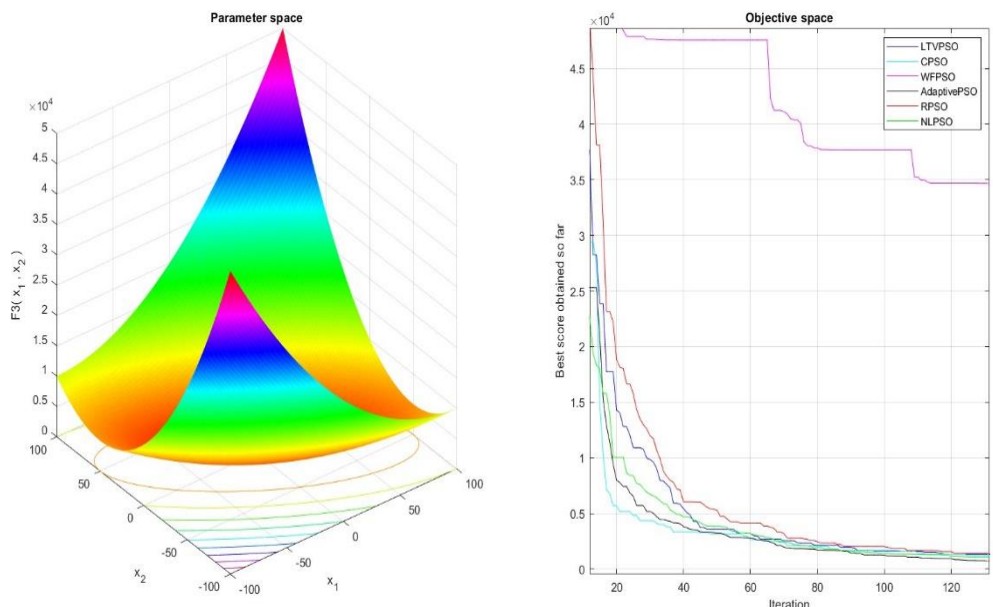


Figure 3. Convergence curves of PSO variants for the objective function F3

Table 5. Numerical values of the objective function F3 for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	132431,04 615	103155,12 236	205177,0741 4	140856,4285 2	168100,318 15	169605,82 654
2	132431,04 615	103155,12 236	205177,0741 4	140856,4285 2	168100,318 15	148418,25 054
3	117347,49 849	103155,12 236	205177,0741 4	115689,0629 9	155330,425 32	100300,24 614
4	106767,22 437	103155,12 236	205177,0741 4	104667,3388 2	140212,608 40	71192,713 28
5	87786,952 37	82566,030 81	205177,0741 4	103055,3243 2	116894,812 35	61030,662 30
6	67057,041 90	67765,608 21	205177,0741 4	103055,3243 2	92009,8086 2	61030,662 30
7	59882,865 25	57682,773 43	205177,0741 4	73501,97259	81931,5746 3	38268,036 17
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	1621,2365 5	1679,5713 3	37694,26228	1255,42439	2027,85038	1411,6408 7
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	606,04816	957,45778	24744,42578	387,22512	726,09273	693,43846
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
300	240,21947	629,51391	16664,27750	136,12930	358,03036	322,77719
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
400	116,34421	468,89252	9648,90913	86,31726	306,22395	138,95211
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
449	87,32016	404,88214	7358,56321	69,47749	299,00054	91,67042
450	87,30548	404,88214	7358,56160	69,37368	299,00054	91,64130
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	64,00206	362,68300	7358,55971	56,55063	248,45027	78,06764

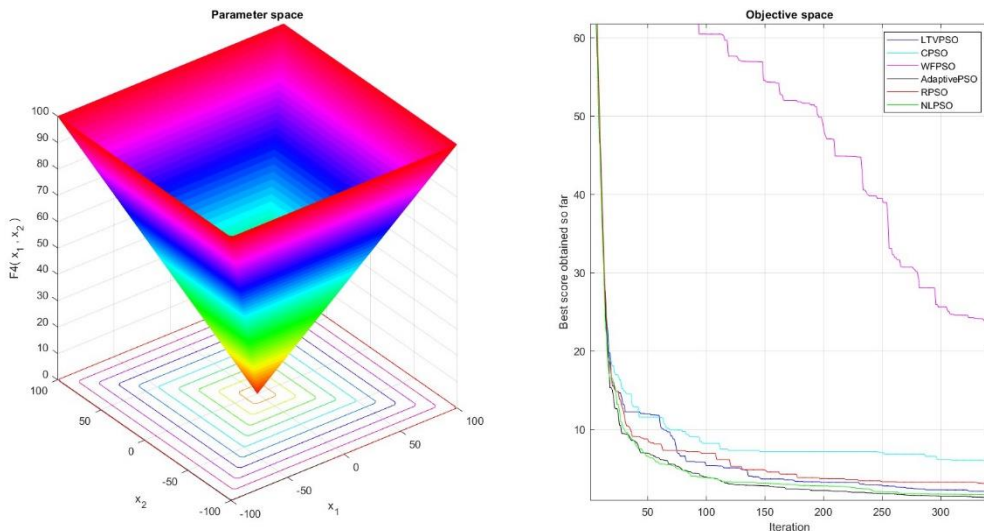


Figure 4. Convergence curves of PSO variants for the objective function F4

Table 6. Numerical values of the objective function F4 for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	90,03536	86,00834	88,63982	85,42587	88,07936	84,86917
2	84,88253	81,95579	88,63982	85,42587	84,74989	84,86917
3	79,49933	76,55579	88,63982	80,34211	79,80800	81,69993
4	75,06061	71,69579	88,63982	74,98719	73,84699	76,15643
5	69,69421	67,56274	88,63982	69,08211	68,41303	70,34712
6	64,36105	64,83869	88,63982	63,58719	66,09263	64,72991
7	58,93818	60,13253	88,63982	57,98470	61,92738	59,12873
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	5,39234	8,21923	60,43726	3,96811	6,94893	3,87494
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	3,25462	7,17209	48,63156	2,21779	3,73279	2,79471
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
300	2,29957	6,19587	25,65499	1,46666	3,28332	1,74300
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
400	1,74849	4,30861	20,88016	1,11508	3,11876	1,38595
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
449	1,64871	4,29268	16,29901	1,00978	2,59656	1,31850
450	1,64871	4,29268	16,29901	1,00900	2,59656	1,31850
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	1,58286	4,29268	16,08736	0,93030	2,37249	1,07871

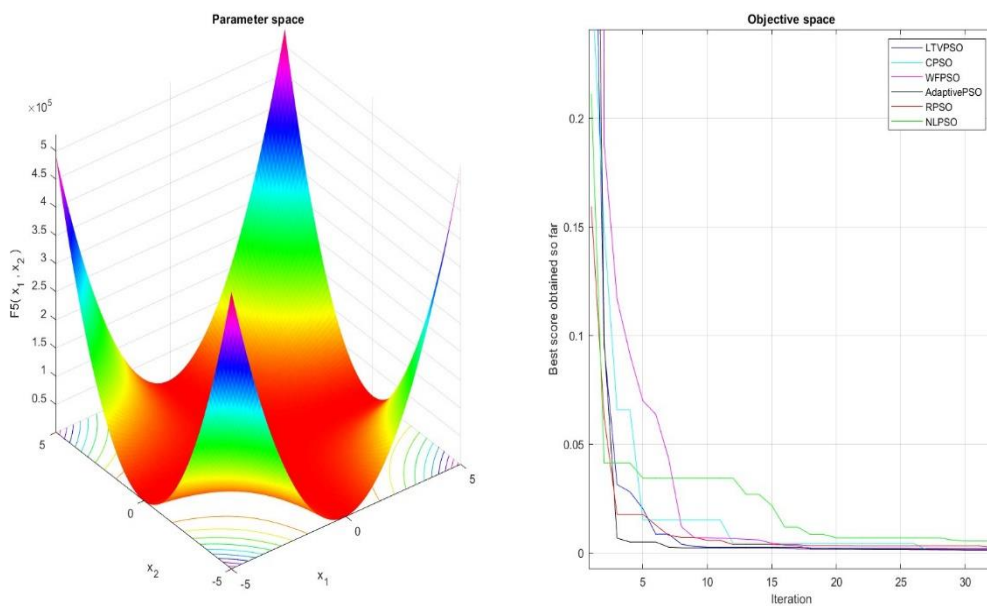


Figure 5. Convergence curves of PSO variants for the objective function F5

Table 7. Numerical values of the objective function F5 for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	0,39890	0,26904	3,94286	0,55688	127,40654	0,21123
2	0,09505	0,14839	0,18773	0,09659	127,29710	0,04129
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
85	0,00109	0,00123	0,00101	0,00100	78,80092	0,00115
86	0,00109	0,00123	0,00101	0,00099	78,80092	0,00115
87	0,00109	0,00123	0,00101	0,00099	78,80092	0,00115
88	0,00109	0,00123	0,00101	0,00099	78,56626	0,00115
89	0,00109	0,00123	0,00100	0,00099	78,56626	0,00115
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
137	0,00101	0,00123	0,00100	0,00099	62,87574	0,00114
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
223	0,00101	0,00119	0,00100	0,00099	62,59744	0,00114
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
368	0,00101	0,00119	0,00100	0,00099	49,28112	0,00113
369	0,00101	0,00119	0,00100	0,00099	49,28112	0,00112
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	0,00101	0,00119	0,00100	0,00099	49,16171	0,00112

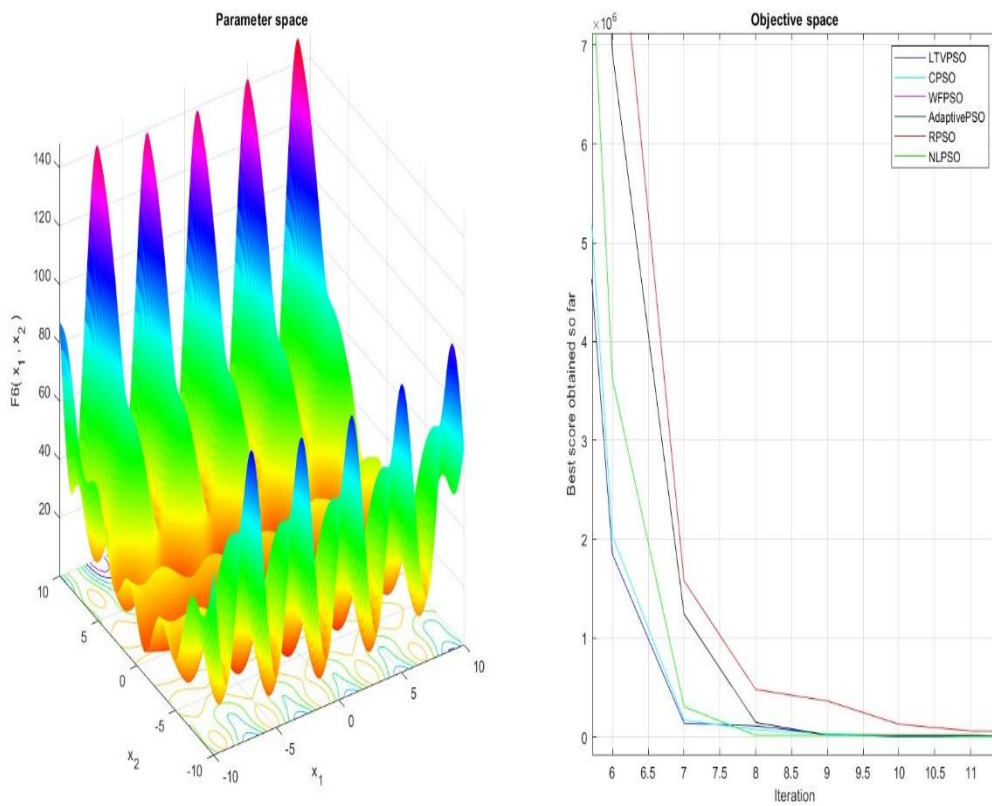


Figure 6. Convergence curves of PSO variants for the objective function F5

Table 8. Numerical values of the objective function F6 for comparison of PSO variants

n	LTVPSO Values	CPSO Values	WFPSO Values	Adaptive PSO Values	RPSO Values	NLPSO Values
1	621556339,3 2325	605104612,1 0366	357100802,5844 0	625337349,143 62	470844775,35 994	644618709,9 2784
2	307493621,1 9206	283922035,8 7197	357100802,5844 0	357856111,582 70	285115044,76 162	349985483,0 7990
3	144908759,1 8344	116122173,1 4187	300082305,5347 3	160396871,779 53	172466488,18 754	163606962,5 3006
4	48531788,27 206	53690059,40 528	203023493,5228 7	61077600,6713 9	63422212,054 66	69686924,30 443
5	11459122,28 788	12930495,29 380	169810855,2525 7	22262808,0035 4	28563612,762 97	18499988,06 406
6	1848221,771 27	2034938,950 68	169810855,2525 7	6920130,46147	9021143,2509 0	3622395,034 69
7	139348,0145 2	167980,9151 7	169810855,2525 7	1243310,89341	1576424,0842 4	305055,4571 3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100	4,36980	16,89716	168650,29260	1,99718	3,61039	1,86408
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
200	0,54814	9,41636	642,09455	0,00882	0,69373	0,03194
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
300	0,00649	3,86060	21,95242	0,00007	0,26127	0,01676
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
354	0,00073	3,86060	13,92241	0,00001	0,15315	0,01676
355	0,00073	3,86060	13,92191	0,00000	0,15315	0,01676
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
458	0,00001	3,02443	13,00949	0,00000	0,12027	0,01667
459	0,00000	3,02443	13,00949	0,00000	0,12027	0,01667
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
500	0,00000	3,02443	9,01510	0,00000	0,12027	0,01667

5. Conclusions

PSO and its variants have been successful in solving various optimization problems. Adaptive inertia weight PSO, in particular, has shown better results than the standard PSO and other variants in the objective function. The adaptive inertia weight PSO adjusts the inertia weight of the algorithm during the search process, based on the performance of the algorithm in previous iterations. This helps to balance the exploration and exploitation of the search space and avoids getting stuck in a local-optima. This adaptation enables the algorithm to explore the search space efficiently and effectively, which results in better optimization results. With its dynamic adjustment strategy, it can adapt to different optimization problems and provide better optimization results compared to other variants. The adaptive inertia weight PSO has achieved the lowest value at the 86th iteration on objective function F5. This study highlights the importance of selecting the appropriate variant of PSO for a specific optimization problem. The results of this study can be used to guide the selection of the most appropriate PSO variant for solving different optimization problems.

Conflict of Interest Statement

There is no conflict of interest between the authors.

References

- Blum, C., Roli, A., and Sampels, M. (Eds.). (2008). *Hybrid metaheuristics: an emerging approach to optimization* (Vol. 114). Springer.
- Das, R. R., Elumalai, V. K., Subramanian, R. G., and Kumar, K. V. A. (2018). Adaptive predator-prey optimization for tuning of infinite horizon LQR applied to vehicle suspension system. *Applied Soft Computing*, 72, 518-526.
- David Reddipogu, J. S., and Elumalai, V. K. (2020). Hardware in the loop testing of adaptive inertia weight PSO-tuned LQR applied to vehicle suspension control. *Journal of Control Science and Engineering*, 2020, 1-16.
- Eberhart, R. C., and Shi, Y. (2001, May). Tracking and optimizing dynamic systems with particle swarms. In *Proceedings of the 2001 congress on evolutionary computation (IEEE Cat. No. 01TH8546)* (Vol. 1, pp. 94-100). IEEE.
- Fan, S. K. S., and Chiu, Y. Y. (2007). A decreasing inertia weight particle swarm optimizer. *Engineering Optimization*, 39(2), 203-228.
- Gogna, A., and Tayal, A. (2013). Metaheuristics: review and application. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 25(4), 503-526.
- Imran, M., Hashim, R., and Abd Khalid, N. E. (2013). An overview of particle swarm optimization variants. *Procedia Engineering*, 53, 491-496.
- Jaberipour, M., Khorram, E., and Karimi, B. (2011). Particle swarm algorithm for solving systems of nonlinear equations. *Computers & Mathematics with Applications*, 62(2), 566-576.
- Kennedy, J., and Eberhart, R. (1995, November). Particle swarm optimization. In *Proceedings of ICNN'95-international conference on neural networks* (Vol. 4, pp. 1942-1948). IEEE.
- Osman, I. H., and Laporte, G. (1996). Metaheuristics: A bibliography. *Annals of Operations research*, 63, 511-623.
- Reynolds, C. W. (1987, August). Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. In *Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques* (pp. 25-34).
- Rueda, J. L., and Erlich, I. (2015, May). MVMO for bound constrained single-objective computationally expensive numerical optimization. In *2015 IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC)* (pp. 1011-1017). IEEE.
- Shi, Y., and Eberhart, R. C. (1998). Parameter selection in particle swarm optimization. In *Evolutionary Programming VII: 7th International Conference, EP98 San Diego, California, USA, March 25-27, 1998 Proceedings 7* (pp. 591-600). Springer Berlin Heidelberg.
- Shi, Y., and Eberhart, R. C. (1999, July). Empirical study of particle swarm optimization. In *Proceedings of the 1999 congress on evolutionary computation-CEC99 (Cat. No. 99TH8406)* (Vol. 3, pp. 1945-1950). IEEE.

Tanweer, M. R., Suresh, S., and Sundararajan, N. (2015, May). Improved SRPSO algorithm for solving CEC 2015 computationally expensive numerical optimization problems. In *2015 IEEE congress on evolutionary computation (CEC)* (pp. 1943-1949). IEEE.

Wilson, E. O. (2000). *Sociobiology: The new synthesis*. Harvard University Press.

Zhang, W. (2015). *Selforganizology: The Science of Self-Organization*. World Scientific.

Zhang, W. (2022). Particle swarm optimization: A Matlab algorithm. *Selforganizology*, 9(3-4), 35-41.



Araştırma Makalesi / Research Paper

Deprem Sonrası Oluşan İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Değerlendirilmesi: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri

Gamze DOĞDU^{1*}, **Seda Nur ALKAN²**

¹Bolu İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bolu/TÜRKİYE

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

gamzedogdu@ibu.edu.tr, alkan.sedanur@gmail.com

Received/Geliş Tarihi: 12.05.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 20.06.2023

Özet: Dünya çapında artan doğal afetler; çevreyi ve halk sağlığını tehdit eden afet sonrası oluşan milyonlarca ton inşaat ve yıkıntı atığının (İYA) yönetimini, afetle mücadelenin çok önemli bir bileşeni haline getirmiştir. 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremlerle 100 milyon ton İYA oluşumu beklendiği dikkate alındığında, İYA yönetiminin kritik bir rol üstlendiği görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, deprem sonrası oluşması beklenen yüksek miktardaki atıkların yönetiminin etkin bir şekilde planlanması halinde sosyal, ekonomik ve çevresel faydalar elde edilebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, Kahramanmaraş depremlerinde oluşan İYA'ların kütleli miktarları hesaplanmış ve dünya üzerinde meydana gelen diğer depremlerde oluşan atık miktarlarıyla kıyaslanmıştır. İYA kütleli dağılımı hesaplanarak acil müdahale gerektiren, geri kazanılabilen ve yeniden inşa kullanılabilen atık dağılımları da belirlenmiştir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalara göre, 13 milyon insanın etkilendiği Kahramanmaraş depremleri sonucunda yaklaşık 350 ila 580 milyon ton İYA oluşacağı ve bunun 1.453.015,25 ton tehlikeli atık, 16.273.770,74 ton toprak ve taş karışımı, 21.698.360,99 ton bitümlü karışımlar ve ahşap atıklar, 57.151.932,97 ton mineral fraksiyon atığı, 37.747.073,20 ton betonarme atık ve 935.317 ton hurda demir atığı olduğu ortaya koyulmuştur. Buna göre geri dönüştürülebilir atık miktarının yüksek olduğu, bu atıkların geri dönüştürüldüğü takdirde ekonomiye katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Ayrıca, tehlikeli atık miktarı da azımsanmayacak boyutta olup hassasiyetle bertaraf edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kahramanmaraş depremleri, İnşaat ve yıkıntı atıkları, Asbest, Deprem sonrası atık yönetimi, Çevresel etkiler

Management of Post-earthquake Construction and Demolition Waste: 6 February, 2023 Kahramanmaraş Earthquake Disasters

Abstract: Since natural disasters have increased all around the world, management of post-earthquake Construction and Demolition Waste (CDW) following earthquake has been a significant issue in terms of the management of millions of tons of construction and demolition waste generated after the disaster that threatens the environment and public health. Considering that 100 million tons of CDW production is expected, it is seen that CDW management plays a critical role. In the studies, it is predicted that social, economic and environmental benefits can be obtained if the management of the high amount of waste expected to be generated after the earthquake is planned effectively. In this study, the mass amounts of CDWs formed in Kahramanmaraş earthquakes were calculated and compared with the amount of waste generated in other earthquakes in the world. By calculating the mass distribution of the CDW, the waste distributions that require urgent intervention, which can be recovered and used in reconstruction, are also determined. According to the calculations made in this study, as a result of the Kahramanmaraş earthquakes, which affected 13 million people, approximately 350 to 580 million tons of CDW will be formed and this will be 1.453.015.25 tons of hazardous waste, 16.273.770.74 tons of soil and stone mixture, 21.698.360.99 tons of bituminous waste mixtures and wood waste, 57.151.932.97 tons of mineral fraction waste, 37.747.073.20 tons of reinforced concrete waste and 935.317 tons of scrap iron waste. Accordingly, it is predicted that the amount of recyclable waste is high and if these wastes are recycled, they will contribute to the economy. In addition, the amount of hazardous waste is substantial and must be disposed of with precision.

Keywords: Kahramanmaraş earthquake disasters, Construction and demolition waste, Asbestos, Post-earthquake waste management, Environmental effects

1. Giriş

Depremler jeolojik kökenli doğal afetler olup, yeryüzünün, yer kabuğundaki bir kaynaktan çıkan dalgalar halinde yayılan titreşimlerle sarsılması sonucu oluşur (Yiğiter, 2008). Türkiye’de meydana gelen en büyük deprem 1939 Erzincan’da 7.9 büyüklüğünde gerçekleşmiş; 116.720 konut ağır hasar almış, 32.962 kişi hayatı kaybetmiştir (Taş, 2003). İstanbul, Yalova, İzmit, Düzce, Adapazarı, Bursa, Karabük, Zonguldak ve Eskişehir gibi birçok ili etkileyen 1999 Marmara Depremlerinde 352 bin konut ve işyerinin zarar gördüğü, 224 bin konut ve işyerinin yıkılıp, ağır ve orta hasar gördüğü, 1 milyon 500 bin civarında insanın ise yıkım ve hasardan etkilendiği ifade edilmiştir (Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 2000). Türkiye’de 6 Şubat 2023 tarihinde, Kahramanmaraş’ın Pazarcık ve Elbistan ilçelerinde sırasıyla 7.7 ve 7.6 büyüklüğünde depremler meydana gelmiş olup, binlerce artçı deprem kaydedilmiştir (AA, 2023). Gerçekleşen bu büyük depremler neticesinde, afetlerin halk sağlığı ve çevre üzerinde önemli riskler oluşturduğu açıkça görülmüştür. Bunlardan güncel olarak kamuoyunda en geniş yer tutanı, deprem sonucu oluşan büyük miktarda inşaat ve yıkıntı atıklarının (İYA) yönetmeliklere uygun bir şekilde yönetilmesidir.

Herhangi bir afet gibi, depremler de halk sağlığını tehdit eden, yeniden yapılanmayı engelleyen ve çevreyi etkileyen büyük miktarlarda atık üretebilir (Domingo ve Luo, 2017; Khanal ve ark., 2021). Yıkılan yapılar nedeniyle asbest kirliliği, insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi riskler oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda, deprem gibi afetler sonrasında oluşan atık hacminin yıllık üretilen atık hacmine kıyasla 5-15 kat daha fazla olduğu açıklanmıştır (Reinhart ve McCreanor,1999). 2020 yılında Türkiye’de toplam 104.8 milyon ton atık oluştuğu belirtilmiştir (TÜİK, 2021). Deprem felaketi sonucu bir anda ve yüksek miktarda oluşan, operasyonel engellere neden olan atık türü İYA’lar olup depremin meydana geldiği yerlerde kişi başına 8-16 ton İYA oluştuğu öngörülmektedir. İYA’lar ile yıkılan binalardan kaynaklanan tehlikesiz ve tehlikeli atıkların entegre yönetimi, çevresel kirlilik yükünü azaltmak ve sürdürülebilir ekonomik stratejilerle afet yönetimini sağlamak için kritik rol oynar (Küçükler ve Kaplangı, 2023). Yanı sıra, yapılan bazı araştırmalarda afet bölgelerinde atık yönetimi çalışmalarının afetzedelerin psikolojileri üzerinde etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur. Örneğin, 12 Mayıs 2008’de Çin’in Wenchuan ilçesini vuran yıkıcı depremden sonra Çinli yetkililer, atıkların ve enkazın kaldırılması için yetersiz ve uzun süren bir afet atık yönetiminin, yaşayanların stres seviyesini arttırdığını kanıtlamışlardır (Hu ve Sheu, 2013).

1.1. Metot

Yıkılan binalar ve ağır hasarlı binaların yıkımından kaynaklanan molozlar, yıkım atıklarının başlıca kaynakları olarak tanımlanır. Bu çalışma, 6 Şubat 2023 tarihinde Türkiye’de 11 ili etkileyen büyük depremler sonucu yıkılan veya hasar gören yapıların ürettiği İYA’ların kütleli miktarlarını analiz etmiş ve dünya üzerinde meydana gelen diğer büyük depremlerde oluşan atık miktarlarını kıyaslamıştır. Ayrıca, atık kompozisyonu da hesaplanarak tehlikeli, geri dönüştürülebilir atıklar, hurda ve mineral miktarları da belirlenmiştir.

Bunlara ek olarak; İYA’ların yapısı, özellikleri, çevresel ve halk sağlığına olan etkileri ile bu atıkların yönetim aşamalarının neler olabileceği tartışılmıştır. Bilhassa, asbest içerikli olabilecek bu atıkların sağlık riskleri, çevresel tespiti ve bertaraf edilmesiyle alakalı literatürde yer alan önemli çalışmalar sunularak Türkiye’deki bu büyük depremler sonucu oluşan asbest içerikli İYA’ların tespitine ışık tutacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu çalışmada dünyada farklı ülkelerde meydana gelen depremler

sonrası oluşan İYA'ların başarılı yönetimini gerçekleştiren ülkelerden örneklere yer verilerek Kahramanmaraş merkezli depremler sonucu oluşan İYA'ların yönetimi için öneriler sunulmaktadır.

2. Deprem Sonrası Oluşan İYA'ların Tanımı ve İçerikleri

Deprem sonrası oluşan İYA'ların yönetimi, afet öncesi ve sonrasında dikkatle planlanması ve yürütülmesi gereken ciddi bir konudur. Bu süreç doğru işlediğinde, geri kazanım ve yeniden inşa için enkaz atıkları değer kazanmakta ve üç şekilde değerlendirilmektedir: 1. Acil müdahale gerektiren atıklar, 2. Geri kazanılabilen atıklar, 3. Yeniden inşa etmede kullanılabilen atıklar (URL-1). Deprem sonrasında oluşan atıklar; bitkisel atıklar, toprak ve kaya atıkları, araç enkazları, hasarlı bina (evsel tehlikeli atıklar, mobilya, elektronik eşyalar, beyaz eşya gibi ev eşyaları, cam, plastik, metal, beton, demir, kiremit, tuğla, ahşap vb.) ve altyapı yıkıntıları (yollar, boru şebekeleri vb.), endüstriyel ve toksik kimyasallar, insan bedeni ve hayvan ölüsü olabilir.

İYA'lar, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde inşaat atıkları ve yıkıntı atıklar şeklinde adlandırılmıştır. İnşaat atıkları yönetmeliğe göre; “konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıklar”, yıkıntı atıklar ise “konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamirâtı, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıklar” olarak tanımlanmaktadır (HİYAKY, 2004). İYA'lar başta beton olmak üzere moloz, asfalt, çakıl, kum, tuğla, tahta, seramik, doğal kayaçlar, çatı malzemeleri, hurda/hasarlı araçlar, elektrik elektronik atıkları, metaller, cam, flüoresan lamba, plastik, yalıtım malzemeleri, halı parçaları ve asbest, kurşun gibi insan sağlığına zararlı maddeleri içerir (Demir, 2009). Yıkılan binaların oluşturduğu İYA'lar, kontamine evsel atıklar, tıbbi atıklar, insan ve evcil hayvan cesetleri içermekte, asbest ve benzeri kimyasallar da içerebileceğinden tehlikeli atık olarak adlandırılmakta olup deprem bölgelerinde yönetilmesi gereken en ciddi atık türünü oluşturur.

2.1. Deprem Sonrası Oluşan İYA'larda Asbest Tehlikesi

“Sihirli mineral” olarak da bilinen lifsi yapıya sahip asbest, ticari ismiyle amyant, magnezyum silikat, kalsiyum-magnezyum silikat, demir-magnezyum silikat bileşiminde olan minerallerin ismidir. Asbest; gemi ve uçak yapımı, tekstil, çimento üretimi, otomobil yapımı, filtreler, izolasyon ürünleri, su boruları yapımı, petrokimya endüstrisi, gaz maskelerinin yapımı, kağıt endüstrisi, yer karoları ve kaplama levhaları gibi pek çok farklı kullanım alanı olan bir malzemedir. Asbestin zararlı etkileri, 20. yüzyıl başlarında görülmeye başlanmış ve Dünya Sağlık Örgütü ve Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi asbesti, kanserojen madde olarak açıklamıştır. Araştırmalarda asbestin akciğer kanseri başta olmak üzere mezotelyoma (akciğer zarı kanseri), larenks (gırtlak) ve yumurtalık kanseri, asbestozis gibi ölümcül hastalıklara neden olduğu tespit edilmiştir (Demir ve ark., 2018).

Türkiye'de 2010 yılına kadar yaklaşık 500.000 ton asbest kullanılmıştır (TÜRKİYE Asbest Kontrolü Stratejik Planı, 2012). Asbestin ülkemizde kullanımına dair veriler kısıtlı olsa da hem yapı hem de endüstriyel alanda yaygın kullanıldığı bilinmekte, bu nedenle yapıların tadilat ya da yıkımı ile ilgili bir süreç söz konusu olduğunda öncelikle asbest bulunup bulunmadığına dair gerekli incelemelerin yapılması asbest maruziyeti önlemede önemlidir (URL-2). İnşaat sektöründe genellikle asbest içeren yapılarda yapılan yıkım veya sökümler, asbest içeren moloz ve atıkların temizliği, asbest veya katkısı bulunan malzemelerin taşınımı, depolanması, kontrolü ve toplanması sebebiyle asbeste maruz kalınmaktadır (Akboğa Kale ve ark., 2017).

Yalıtım, tavan döşeme, kazan daireleri, yapı elemanları gibi binalarda kullanılan birçok malzemede yüksek miktarda kanserojen etki gösteren asbest kullanılmakta olup asbest liflerinin havayla birlikte solunması oldukça tehlikelidir. Deprem sonrası oluşan İYA'lardaki asbest tehlikesini değerlendirirken hem yıkıntılarda bulunan asbesti hem de havaya karışan asbesti dikkatli inceleyip bertaraf etmek gereklidir. Binaların Yıkılması Hakkında Yönetmelik hükümlerinde; asbest ile ilgili yapılardaki, asbest ve benzeri tehlikeli kimyasal içeren imalatlar sökölüp uzaklaştırılmadan ve Hafriyat Toprağı,

İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun seçici yıkım yapılmadan ana yıkıma geçilemeyeceği, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak seçici yıkım aşamasında asbest içerikli malzemelerin ayrıştırılması gerektiği belirtilerek, yıkım çalışmalarından önce asbestli malzemenin var olup olmadığı, varsa asbest içeren malzemeler için asbestin türünü, miktarını ve yerini belirlemeye yönelik envanter çalışmasının zorunlu olduğu; bu çalışma sırasında katı numune alma ve analiz işlemlerinin Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından katı numunede asbest tür tayini parametresinden yetkilendirilmiş bir laboratuvar tarafından yapılacağı, asbest ve diğer tehlikeli maddeleri içeren malzemeler, yıkım faaliyetinden önce belirlenerek sökülmesi, ayrı olarak toplanması ve Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik kapsamında bertaraf edilmesi gerektiği açıklanarak asbest söküm işlemlerinin TS 13895 Asbest İçeren Malzemelerin Sökümü ve Asbest Bertaraf Yöntemleri Kılavuzuna uygun olarak yapılması, yıkım ve söküm işlemleri sırasında, Asbestle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmeliğe uyulması gerektiği yer almaktadır (BYHY, 2021).

Japonya'daki iki büyük depremden (Hanshin-Awaji Depremi, 1995 ve Büyük Doğu Japonya Depremi, 2011) sonra karşılaşılan asbest riski açıklanarak Ritsumeikan Asbest Araştırma Projesi'nde asbestin etkilerinden korunma önerileri; asbest sorunlarının önemi ve alınacak önlemler arasında vatandaşlar, ulusal hükümet, yerel hükümet, işletmeler tarafından tanınması, gerekli ölçümlerin deprem öncesi, sonrası ve gelecekte yapılması olarak açıklanmıştır (Kazuhiko, 2012). Yapılan bir çalışmada, deprem sonrası oluşan asbest içerikli malzeme, hiperspektral görüntüleme (Hyperspectralimaging-HSI) ve Mikro-X-ışını Floresan (Micro-X-ray Fluorescence-micro-XRF) yöntemleri ile karşılaştırmalı olarak incelenmiş; HSI tekniğinin daha kolay ve hızlı bir yöntem olduğu ve insan müdahalesi olmadan tehlikelerin tespit edilmesi için faydalı olabileceği belirtilmiştir (Trotta ve ark., 2022). Drone teknolojisi kullanılarak yapılan bir çalışmada, geniş bir alanda kısa sürede çatılardaki asbestin tespit edilmesi için drone kullanımı uygun bir yöntem olarak açıklanmıştır (Seo ve ark., 2022).

3. Deprem Sonrası Oluşan İYA'ların Yönetimi

AB Atık Çerçeve Direktifi (2008/98/EC) 11. Maddesinde, 2020 yılına kadar İYA'ların %70 oranında geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması hedef olarak belirtilmiştir. Türkiye'de Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'nde "atıkların kaynağında en aza indirilmesi, hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının geri kazanılması ve özellikle altyapı malzemesi olarak yeniden değerlendirilmesi esastır" şeklinde ifade edilmektedir (ÇŞİB, 2017). Türkiye'de afet atıklarının yönetimi için yapılan yasal düzenlemeler; 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu, 2004 yılında yayınlanan Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği ve 2015 yılında yayınlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği olarak sıralanabilir (Buzkan ve Erman, 2020).

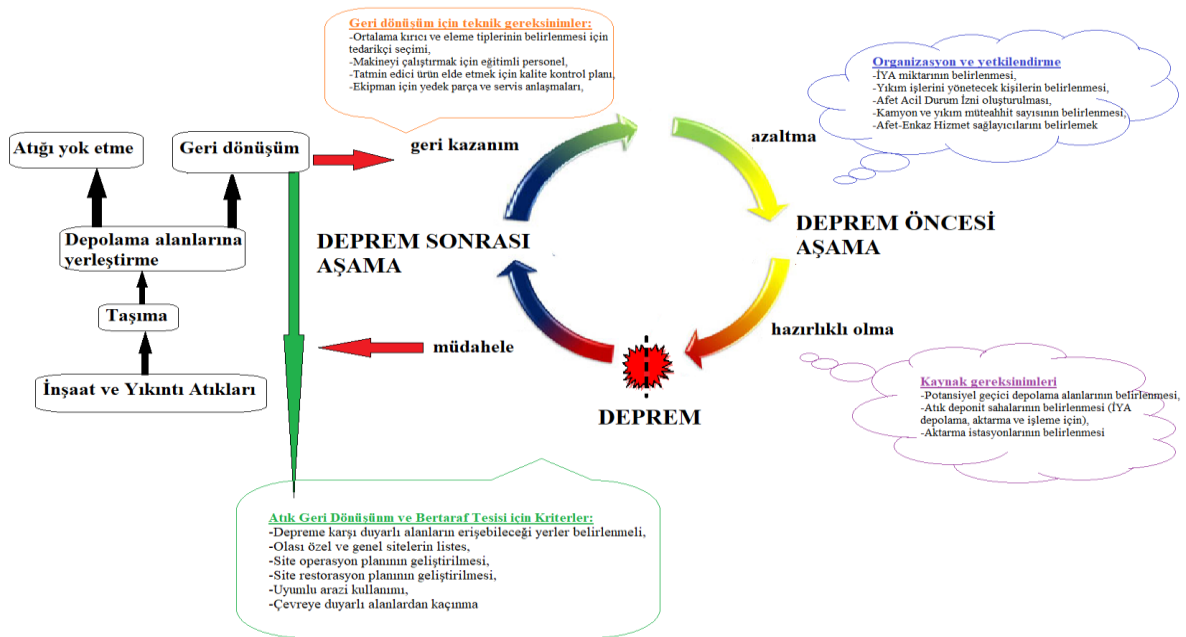
Deprem gibi afet yönetim planlarının en önemli bileşeni afet atıklarının yönetimidir. Lorca (2015) etkili atık yönetiminin afet öncesi ve afet sonrası olmak üzere iki aşamada başlatılması gerektiğini belirtmiştir. Afet öncesi aşamada, tehlikelerin neden olduğu riskleri azaltmak ve afet sonrasında hızlı bir iyileşme sağlamak için zorunlu bir çözüm sunarak koruyucu afet atık yönetimi stratejileri tanıtılmalıdır. Afet sonrası enkaz yönetimi çoğunlukla sorumluluk atama ve idari prosedürleri listeleme gibi konulara odaklanır. Atık bertarafı için acil müdahale zinciri, yerel makamlardan düzenli depolama sahası planlarına kadar çeşitli paydaşları içerir. Kumamoto depremlerinden hemen sonra, Kumamoto valiliği ve belediye hükümetleri, yerel makamlara, hasarlı bölgelerden çıkarılan atık ve molozları almak için en çok etkilenen bölgelerin yakınında geçici atık depolama tesisleri kurma konusunda yardım etmiştir. Buna ek olarak, Japonya Öz Savunma Kuvvetleri, Japon Hükümeti tarafından afet atıklarını taşımakla görevlendirilmiş ve bu sayede Kumamoto, afet bölgelerindeki atıkların atılma hızı arttırılabildiği (Takashima, 2016).

Deprem sonrası oluşacak İYA'ların yönetimi, temel olarak katı atıkların yönetimiyle benzer özellikler göstermektedir. Acil bir durumda üretilen atığın özellikleri, ülkeden ülkeye önemli ölçüde değişebilir. Ayrıca, atık işleme ve bertaraf koşulları ve dağılımı tesisler, teknik ve ekonomik kaynakların yanı sıra her yerde benzersizdir (Asari ve ark., 2013). Bu faktörler, afet atık yönetimi için geniş bir seçenek yelpazesi bırakmaktadır. Deprem öncesinde hazırlanması gereken deprem yönetim planında depremde oluşabilecek atık miktarı, türleri ve nihai depolama alanları belirlenmelidir. Geçici depolama alanlarının belirlenmesi ilk aşamadır. Bu alanlar, finansal, lojistik ve çevresel durumları etkileyen bertarafı iyileştirmek için planlama (önleme) sırasında belirlenebilir. Depolama sırasında, öğütme ve eleme yoluyla hacmi azaltarak atığı ön işleme tabi tutmak mümkündür (Berger ve ark., 2011). Ön seçim aşaması, farklı atık türlerini ayırmak, geri kazanımı optimize etmek ve çevresel etkiyi azaltmak için çok önemlidir (Hu ve Sheu, 2013). Ayrıca, koku, gürültü ve potansiyel kontaminasyon gibi bazı sorunları önlemek için geçici İYA depolama ve indirgeme sahasına taşınan moloz ve atığın kökenini ve özelliklerini bilmek çok önemlidir (Berger ve ark., 2011). Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA) (2007) ayrıca, geçici İYA depolama ve indirgeme sahasının önemine işaret etmektedir: afet atıkları genellikle birincil atık stokları olarak getirilir ve bu aşamada kabaca ayrılır; daha sonra atık, ikincil atık stokları olarak ele alınır ve ayrıca bireysel kategorilere ayrılır. Afet olduktan sonra ise yapılacaklar, atıkların geçici depolama alanlarına götürülmesi, burada türlerine göre ayrıştırılarak ağırlıklı olarak yeniden kullanım, geri dönüşüm/geri kazanımının yapılması, geri kalan atıkların ve riskli atıkların tekniğine uygun şekilde bertarafının yapılmasıdır (İTÜ, 2023).

İYA'ların yönetiminde bir diğer önemli husus ise bu atıkların depolanmasının herhangi bir canlı yaşamını riske atacak ve herhangi bir çevre sorunu oluşturmayacak şekilde yapılabilmesidir. Bu amaçla, afet bölgesinde toplanan İYA'ların tarım ve orman bölgelerinde taşınması ve dökülmesi sırasında oluşacak toz emisyonlarından etkilenmemesi için bu noktalardan uzak yerlerden seçilmesi ve atığın depolanması sonucu toprak yapısının bozunmasıyla tarım arazilerinin zarar görmemesi gerekmektedir. Yine, İYA'ların sucül ekosistemi olumsuz yönde etkilememesi amacıyla su kaynaklarına yakın yerlerde depolanmaması veya yüzey/yer altı sularına doğrudan deşarjının yapılmaması gerekmektedir. İYA'ların depolanması için alan seçiminde göz önünde bulundurulması gereken öncelikli faktör rüzgâr yönü, yağış, çığ veya sel taşkınları gibi meteorolojik etkenlerdir. İkinci olarak, geçici veya kalıcı depolama amacıyla kullanılacak bu alanların zemin özellikleri de oldukça önemli olup sızdırmaz zeminler tercih edilmelidir. Bu nedenle 26.03.2010 tarih ve 27533 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'te İYA depolama alanı zemininin inşa edilmesi gerekmektedir. Beton, tuğla, kiremit, seramik karışımları, cam elyaf, taş, kaya, cam ve toprak grupları, Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik Ek-2'de, III. sınıf depolama tesisine teste tabi tutulmaksızın kabul edilebilecek atıklar olarak belirlenmiştir. Aynı yönetmeliğe göre, toplanan İYA'ların kaynağının tek olması ve tek bir atık türü içermesi, bu atıkların teste tabi tutulmadan düzenli depolama tesisine kabul edilmesi için gerekmektedir. Ayrıca, bu atıkların başka depolama tesislerinde bertarafının gerektiği düzeyde kontamine olduğu veya metal, asbest, plastik ve kimyasallar gibi olmaması gereken maddeler içerdiğinin tespiti durumunda, bu atıkların III. sınıf depolama alanına kabul edilemeyeceği şartı açıklanmıştır. Buna istinaden, ilgili İYA'ların depolanması için en az II. Sınıf atık depolama tesisi özelliği olan depolama alanlarına ihtiyaç vardır. Ayrıca, geçici depolama alanlarında yangın riskinden dolayı atıklar belirli bir yüksekliğin üzerinde istiflenmemelidir (İTÜ, 2023).

Oluşan İYA'ların uygun geçici depolama alanlarına taşınırken atık miktarının azaltılması ve düzenli depolama saha ihtiyacının azaltılması ve afet bölgelerinde kentlerin yeniden inşa edilmesi sürecinde doğal kaynakların aşırı tüketiminin önlenmesi ve sürdürülebilir ekonomi için İYA'ların geri dönüşümünün yapılması gereklidir. Avrupa mevzuatı, Avrupa Direktifi 2008/98/EC ile İYA'ların ve diğer tehlikesiz toplu atıkların yeniden kullanımını ve geri dönüşümünü öngörmektedir. Yıkıntılardan oluşan molozlar inşaatlarda dolgu malzemesi olarak, kaldırım yapımında veya yolların taban

malzemesi olarak kullanılabilir. Örneğin, Emilia depremi sonucunda yaklaşık 611.000 ton moloz üretilmiş ve bu atıklar çoğunlukla geri kazanılarak düzenli depolama sahalarının iç yolları olarak geri dönüştürülmüştür (Cannarito ve Villani, 2013). Beton agregalar, dolgu malzemesi, zemin malzemesi, toprak dolgu malzemesi, yol kaplamalarının altında ya da yol alt temel malzemesi olarak ve yeni asfalt içinde kullanılabilir (Demir, 2009). Nepal depremi sonunda 0.44 milyon ton atık geri dönüştürülerek İYA'ların yeni inşaatlarda veya arazi geliştirmede dolgu malzemeleri olarak yeniden kullanımı/geri dönüşümü gerçekleştirilmiştir (Poudel ve ark., 2019). Aynı zamanda, ekonomik katma değeri yüksek demir, bakır gibi değerli metallere de İYA içerisinde uzaklaştırılması ve geri kazanımı gerekmektedir. Son yıllardaki yapılan çalışmalarda, çevresel etki değerlendirmelere göre, deprem gibi afetlerden sonra oluşan İYA'ların yerinde arıtılmasının en iyi seçenek olduğu ortaya konulmuştur (Amato ve ark., 2019). Ekonomik boyutta yapılan incelemeler ise, ön parçalama/öğütme olmaksızın tüm atık akışının depolama ve bertaraf alanına taşınmasının en sürdürülebilir seçenek olduğunu öne çıkarmıştır. İYA atıklarının geri kazanımı genellikle acil erişim yolları temizlendikten sonra yapılmakta olup deprem sonrası oluşan atık miktarı ve hacminin tahmini için uydu görüntüsü, hava fotoğrafı ve GPS verilerine de başvurulmaktadır (Karunasena ve ark., 2009; FEMA, 2007). Hanshin-Awaji depremi sonrası, önemli miktarda atık ayırma çalışması yapılarak deprem atıklarının kıyı arazilerinin ıslahında kullanılmak üzere enkazın yeterince temiz olması sağlanmıştır (Lauritzen, 1998). Kahramanmaraş depremleri ve ileride olması muhtemel depremler için önerdiğimiz acil durum planlaması Şekil 1'deki gibidir. Şekil 1'de gösterildiği gibi, deprem yönetim döngüsünün önleme ve risk azaltma aşamasında, deprem sırasında ve sonrasında oluşacak atıkları kontrol etmeyi hedefleyen yönetmelikler ve koruyucu tedbirler uygulamaya konulmalıdır. Deprem sonrası oluşacak atıkların yönetimi; atıkların toplanması, taşınması, yeniden kullanımı, geri dönüştürülmesi ya da bertaraf edilmesi afet yönetim döngüsünün müdahale/kurtarma/ilkyardım ve yeniden inşa/iyileştirme basamaklarından oluşmaktadır. (Karunasena ve ark., 2009).



Şekil 1. Deprem yönetimi ve deprem sonrası oluşacak İYA'ların yönetimi ile acil durum planlaması için önlemler (Baycan (2004) ve Cutter (2003)'den uyarlanmıştır).

4.Vaka Çalışması: 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş Depremleri

Türkiye'de 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen depremler sonrasında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB) tarafından toplam 13 ilde yürütülen hasar tespit çalışmaları kapsamında 16 Şubat 2023 itibariyle 1 milyon 40 bin bina incelenmiş olup, 130 bin binada 430 bağımsız bölümün (dükkan, daire, konut, garaj vb.) yıkık, acil yıkılacak ve ağır hasarlı olduğu tespit

edilmiştir. Toplam deprem atıkları miktarının ise, yaklaşık 50 milyon ton ile 110 milyon ton aralığında olacağı öngörülmektedir (İTÜ, 2023). 11 il için İYA'ların miktarlarının bağımsız konut başına hesaplanması 6 Mart 2023 tarihli Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2023 Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu'nda (2023) yer alan sayısal bilgilerden faydalanılarak hesaplanmıştır. Kahramanmaraş depremleri sonucu Türkiye'nin 85 milyon vatandaşının 13 milyonu etkilenmiş olup Türkiye'de kişi başına düşen ortalama konut alanı 34 m² olduğu (TUIK, 2019) ve yaklaşık 442 milyon m² yapının yıkıldığı veya hasar gördüğü bildirilmiştir (ReliefWeb, 2023; Xiao ve ark., 2023). Yıkım Atıkları Arıtımı için Teknik Standartları'ndaki (CJJ/T134-2019), yıkım atığı üretimi için hesaplama standartlarına göre, yıkım projeleri tarafından üretilen yıkım atığı miktarı 8.000 t/10⁴ m² ile 13.000 t/ 10⁴ m² arasında olduğu belirtilmiştir (Industry Standards of the People's Republic of China, 2009). Buna göre;

$$W = w \times N \times A \quad (1)$$

burada W, depremden sonra üretilen toplam İYA miktarını; N, 13 milyon olarak hesaplanan depremden etkilenen insan sayısını; A, 34 m² olarak hesaplanan, kişi başına düşen ortalama konut alanını; w, birim konut alanı başına üretilen İYA miktarını, 8.000 t/10⁴ m² ile 13.000 t/10⁴ m² ifade etmektedir (Xiao ve ark., 2023). Buna dayanarak, Kahramanmaraş depremleri sonucunda, 350 ila 580 milyon ton arasında yıkım atığının üretildiği hesaplanmıştır. Dünya genelinde daha önce meydana gelmiş depremlerden etkilenen insan sayısı ve oluşan atık sayısı Tablo 1'de gösterilmiştir. Tablo 1'de Kahramanmaraş depremleri sonucu oluşan ortalama atık miktarı Denklem 1'e göre hesaplanmış olup diğer depremler sonucu oluşan atık miktarları literatürde açıklanan verileri göstermektedir (Brown ve ark., 2011; Hernández-Padilla ve Angles, 2021; Öztürk, 2023).

Tablo 1. Dünyada meydana gelen depremlerden etkilenen insan sayısı ve oluşan ortalama atık miktarı (ton)

Deprem Adı/Yılı	Etkilenen insan sayısı (milyon)	Deprem sonucu oluşan ortalama atık miktarı (ton)
Mexico City (2017)	8	237.261,50
İtalya-L' Aguilu (2009)	0.25	2.000.000
ABD-Los Angeles, CA: The Northridge (1994)	0.30	2.000.000
Türkiye-Marmara (1999)	16	13.000.000
Japonya-Kobe, Büyük HansinAwaji (1995)	25	15.000.000
Haiti (2010)	20	52.000.000
Çin-Siçuan (2008)	45	375.000.000
Türkiye-Kahramanmaraş (2023)	13	465.000.000

Tablo 1'e göre, 6 Şubat 2023 yılında meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinden etkilenen insan sayısı dikkate alındığında oluşan atık miktarının oldukça fazla olduğu görülmektedir. Deprem sonrasında oluşan atıklardaki kimyasal ve tehlikeli maddeler insan ve çevre sağlığı açısından büyük risk oluşturabilmektedir. Bunlar arasında inşaat atıkları içerisinde asbestin bulunup bulunmadığı özenle değerlendirilmelidir. Asbestin bulunma durumu söz konusu olduğunda sürecin yasal olarak belirlenen düzenlemeler doğrultusunda çok dikkatli yürütülmesi gerekmektedir. Ülkemizde 2010 yılından sonra asbest kullanımının yasaklandığı düşünülürse, bu depremler sonrasında oluşan İYA'larda asbest bulunma riskinin oldukça fazla olduğu öngörülmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalar dikkate alındığında, drone gibi teknolojinin sunduğu olanaklardan faydalanılarak en hızlı

biçimde asbest tespitinin yapılmasında insan temasını azaltması ve yönetmeliklerle belirlenen şekilde bertaraf edilmesi sürecin hızlandırılması açısından uygulanabilir çözümler olarak değerlendirilebilir. 11 il için Temelli vd. (2023) tarafından yapılmış olan yaklaşık kütleli atık miktarına istinaden Ramos ve Marthino (2023)'un çalışmalarında belirlemiş olduğu yüzde dağılımına göre %1.5 tehlikeli madde (kontamine toprak ve taş yada asbestli inşaat içeriği), %16.8 toprak ve taş, %22.4 bitümlü karışımlar ve ahşap atığı, ve geriye kalan %59'luk kısmının geri dönüştürülebilir beton, tuğla, kiremit, seramik gibi karışımlardan oluştuğu ifadesine dayanarak yapılan hesaplamalar Tablo 2'de verilmiştir.

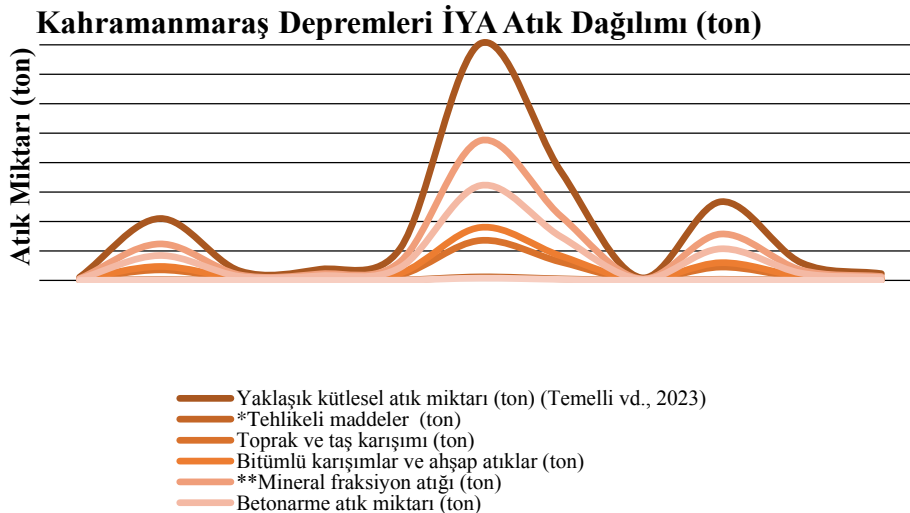
Tablo 2. 11 il için ortalama kütleli İYA dağılımı

	Yaklaşık kütleli atık miktarı (ton) (Temelli vd., 2023)	*Tehlikeli maddeler (ton)	Toprak ve taş karışımı (ton)	Bitümlü karışımlar ve ahşap atıklar (ton)	**Mineral fraksiyon atığı (ton)	Betonarme atık miktarı (ton)	Hurda demir atığı miktarı (ton) (Temelli vd., 2023)
Adana	552.024,00	8.280,36	92.740,03	123.653,38	325.694,16	220.809,60	5.330,00
Adıyaman	10.519.872,00	157.798,08	1.767.338,50	2.356.451,33	6.206.724,48	4.207.948,80	101.576,00
Diyarbakır	1.608.574,00	24.128,61	270.240,43	360.320,58	949.058,66	643.429,60	15.532,00
Elazığ	1.899.172,00	28.487,58	319.060,90	425.414,53	1.120.511,48	759.668,80	18.338,00
Gaziantep	5.451.985,00	81.779,78	915.933,48	1.221.244,64	3.216.671,15	2.180.794,00	52.642,00
Hatay	40.252.685,00	603.790,28	6.762.451,08	9.016.601,44	23.749.084,15	16.101.074,00	388.664,00
Kahramanmaraş	18.573.962,00	278.609,43	3.120.425,62	4.160.567,49	10.958.637,58	7.429.584,80	179.343,00
Kilis	470.118,00	7.051,77	78.979,82	105.306,43	277.369,62	188.047,20	4.539,00
Malatya	13.374.053,00	200.610,80	2.246.840,90	2.995.787,87	7.890.691,27	5.349.621,20	129.135,00
Osmaniye	3.012.757,00	45.191,36	506.143,18	674.857,57	1.777.526,63	1.205.102,80	29.090,00
Şanlıurfa	1.152.481,00	17.287,22	193.616,81	258.155,74	679.963,79	460.992,40	11.128,00
Toplam	96.867.683,00	1.453.015,25	16.273.770,74	21.698.360,99	57.151.932,97	38.747.073,20	935.317,00

*Kontamine olmuş toprak ve taşlar veya asbestli inşaat malzemelerinin bir karışımı

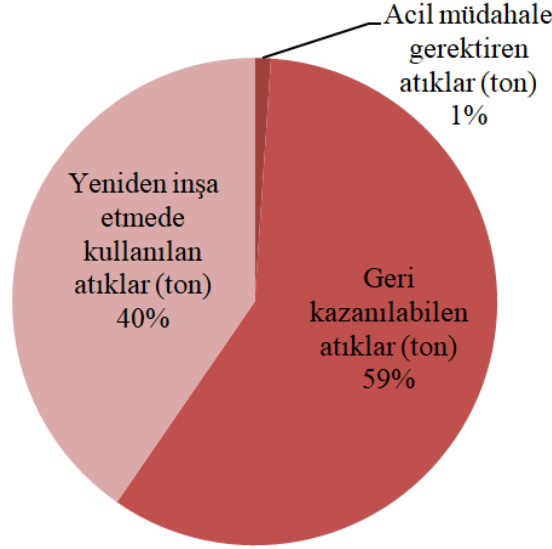
**Geri dönüşüm için yüksek bir potansiyele sahip beton, tuğla, kiremit ve seramik karışımları

Tablo 2'ye göre en yüksek kütleli atık miktarı sırasıyla Hatay ve Kahramanmaraş illerinde oluştuğu görülmüş olup en az kütleli atık Kilis'te meydana gelmiştir. Bu dağılıma göre atık yönetim sürecinin işletilmesi ve planlanması gerekliliği ortaya koyulmuştur. Şekil 2'de de görüldüğu gibi, en yüksek kütleli atık miktarını geri dönüştürülebilir beton, tuğla, kiremit ve seramik karışımları gibi mineral içerikli atıklar oluşturmakta olup bu atıkların geri dönüştürüldüğu takdirde ülke ekonomisine katkısının yüksek olacağı öngörülmektedir. Buna karşın, tehlikeli madde miktarı kütleli olarak az olmakla birlikte insan sağlığı ve çevreye zararının fazla olduğu göz önünde bulundurularak bertaraf işlemlerinin hassasiyetle gerçekleştirilmesi gerektiği açıktır.



Şekil 2. Kahramanmaraş depremleri illere göre İYA dağılımı

Oluşan atıklar; acil müdahale gerektiren atıklar, geri kazanılabilen atıklar ve yeniden inşa etmede kullanılabilen atıklar olmak üzere sınıflandırıldığından daha önce bahsedilmişti. Buna göre, yukarıda kütesel atık miktarı hesabı yapılan 11 il için dağılım Şekil 3'te gösterilmektedir. Bu dağılıma göre de, tehlikeli madde içerikli atıklar haricinde İYA'ların büyük bir çoğunluğunun değerlendirilerek yeniden kullanılabilceği anlaşılabilmektedir.



Şekil 3. 11 il için İYA sınıflandırılması

Tüm riskler dikkate alındığında, Kahramanmaraş merkezli depremlerde binaların yıkılması, İYA'ların taşınması ve yönetimi, İYA'ların miktarı ve asbest tehlikesi de değerlendirildiğinde kapsamlı sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması gerekliliği söz konusudur. Ayrıca, İYA'lar için atık sınıflandırma önlemlerinin alınması sürdürülebilirlik açısından önemli katkılar sunacaktır.

5. Sonuç ve Öneriler

Depremler gibi doğal afetler sonrası acil durum senaryosunda, anormal miktarda İYA'nın yönetilmesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda, sıradan atık yönetimi yöntemlerini uygulamak mümkün değildir. Bu nedenle, olası bir deprem durumu değerlendirilerek tüm olası riskler için önlem alınmalıdır. Dünya çapında en ilgili standart yönergeler, ABD'de FEMA (2007), Japonya'da Çevre Bakanlığı (Ministry of the Environment Japan, 2011) ve Birleşmiş Milletler (UNEP/OCHA-MSB, 2011) tarafından üretilmiştir. Deprem sonrası atık yönetimi için bir kılavuzun tanımı, sükunet zamanında en iyi seçimleri planlamak ve acil durum sırasında müdahalede hızlı olmak, her ülke için bir öncelik olmalıdır (Francesco ve ark., 2018). Dünya çapında ülkelerin İYA'ları azaltma ve önlenmesine yönelik yaklaşımlarının odağı, atık oluşumunu azaltarak atık miktarını önlemektir. Hollanda, Avusturya ve Danimarka'da sırasıyla %90, %87 ve %82 oranında İYA dönüşümü gerçekleştirilmektedir (Arslan vd. 2012). Brown ve ark. (2011) ayrıca, Meksika örneğinde olduğu gibi, atık bileşimi ve miktar tahminine yönelik metodolojik bir yaklaşımı analiz etme ve geliştirmenin önündeki ana engelin, afet sonrası atık verilerinin mevcudiyeti ve tutarlılığın olmaması şeklinde açıklamıştır.

Bu çalışmada, 6 Şubat 2023 tarihinde Kahramanmaraş'ta meydana gelen depremler sonucu oluşan İYA'ların literatürde yer alan hesaplamalar çerçevesinde 06 Mart 2023 tarihli T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji Başkanlığı tarafından hazırlanan raporda yer alan verilere göre yapılan hesaplamalarda kütesel olarak acil müdahale gerektiren, geri kazanılabilen ve yeniden inşaada kullanılabilen atık dağılımları belirlenmiştir. Buna göre, 13 milyon insanın etkilendiği Kahramanmaraş depremleri sonucunda yaklaşık 350 ila 580 milyon ton İYA oluşacağı ve bunun 1.453.015,25 ton tehlikeli atık,

16.273.770,74 ton toprak ve taş karışımı, 21.698.360,99 ton bitümlü karışımlar ve ahşap atıklar, 57.151.932,97 ton mineral fraksiyon atığı, 37.747.073,20 ton betonarme atık ve 935.317 ton hurda demir atığı oluştuğu ortaya koyulmuştur. Bu veriler doğrultusunda oluşan İYA'ların büyük bir çoğunluğunun geri dönüştürülebildiği veya yeniden inşa sürecinde kullanılabileceği ve kullanıldığı takdirde sürdürülebilir döngüsel ekonomiye katkı sağlayabileceği ön görölmektedir. Diğer taraftan tehlikeli atık miktarı daha az olmakla birlikte, insan sağlığına ve çevreye olan olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda bertarafının detaylı ve hassas bir şekilde gerçekleştirilmesi elzemdir.

Sonuçta, afet öncesi koşulları eski haline getirmek ve en kısa sürede en büyük atık miktarını yönetmek için kapsamlı bir protokole ihtiyaç vardır. İYA'ların geri dönüştürülmesi, özellikle çevreye ve insan sağlığına olan etkileri, geri dönüştürülebilir malzeme miktarı ve bunun hem ekonomi hem de inşaat maliyetine katkısı değerlendirildiğinde büyük önem taşımaktadır. Deprem sonrası oluşacak İYA'ların özellikle beton atıklarının geri dönüşümü ve yeniden kullanımı için kapsamlı ve teşvik edici önlemler alınmalı; kullanıcıları ve teknik elemanları bilgilendirmeye yönelik toplantı ve konferans gibi etkinlikler düzenlenmelidir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

AA.com.tr 2023. Kahramanmaraş merkezli depremlerde 12 bin 391 kişi hayatını kaybetti. <https://www.aa.com.tr/tr/gundem/kahramanmaras-merkezli-depremlerde-12-bin-391-kisi-hayatini-kaybetti/2810980>[Erişim 09 şubat 2023].

Akboğa Kale, Ö.Gürcanlı, G.E., ve Baradan1,S. (2017).Kentsel dönüşüm sürecinde asbest maruziyeti ve korunma yöntemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(6), 694-706.

Amato, A., Gabrielli, F., Spinozzi, F., Galluzzi, L.M., Balducci, S., and Beolchini, F. (2019). Strategies of disaster waste management after an earthquake: A sustainability assessment. *Resources, Conservation & Recycling*, 146 (2019), 590–597.

Asari, M., Sakai, S., Yoshioka, T., Tojo, Y., Tasaki, T., Takigami, H., and Watanabe, K. (2013). Strategy for separation and treatment of disaster waste: a manual for earthquake and tsunami disaster waste management in Japan. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 15 (3), 290–299.

Berger, D., Deacon, L., Duncan, V., Gourley, B., Feng, Y., Li, S.L., and Xu, N. (2011). Planning for Debris Management in New York City.

Brown, C., Milke, M., and Seville, E. (2011). Disaster waste management: A review article. *Waste Management*, 31, 1085-1098.

Buzkan, C., ve Erman, O. (2020). Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Sorunu ve Türkiye'deki Durumun Mevzuat Bakımından Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 6(1), 76-89.

BYHY, (2021). Binaların Yıkılması Hakkında Yönetmelik. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/10/20211013-1.htm> [Erişim 12Mayıs 2023].

Cannarito, V. ve Villani, B. (2013). La gestione dei rifiuti in Emilia-Romagna, Bologna.

Demir, B.H., Ercan, S., Aktan, H., and Öztaşkın, H. (2018). Türkiye'nin Asbest Profili ve Asbest Güvenliği Sorunu. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 42 (2018), 215-232.

- Demir, İ. (2009). İnşaat Yıkıntı Atıklarının Beton Üretiminde Kullanımı ve Beton Özelliklerine Etkisi. *AKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 2009-02, 105-114.
- Domingo, N., and Luo, H. (2017). Canterbury earthquake construction and demolition waste management: issues and improvement suggestions. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22 (2017), 130–138.
- FEMA, (2007). Public assistance – Debris management guide 260.
- Hernández-Padilla, F.; Angles, M. (2021). Earthquake Waste Management, Is It Possible in Developing Countries? Case Study: 2017 Mexico City Seism. *Sustainability*, 13, 2431.
- HİYAKY, (2004). Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.5401&MevzuatIliski=0&sourceXmISearch=hafriyat> [Erişim 11 Mayıs 2023].
- Hu, Z.H., and Sheu, J.B. (2013). Post-disaster debris reverse logistics management unde psychological cost minimization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 55, 118-141.
- Industry Standards of the People's Republic of China. (2009). Technical standard for construction and demolition waste treatment (CJJ 134-2009). *China Architecture & Building Press*.
- İTÜ (2023). 6 Şubat 2023 04.17 Mw Kahramanmaraş (Pazarcık, Türkoğlu), Hatay (Kırıkhan), ve 13.24 Mw7.7. *Kahramanmaraş (Elbistan/Nurhak-Çardak) Depremleri Ön Tespit Raporu*. https://haberler.itu.edu.tr/docs/default-source/default-document-library/2023_itu_deprem_on_raporu.pdf [Erişim tarihi: 17 Şubat 2023].
- Karunasena G., Amaratunga D., Haigh R., Lill I. (2009), Post disaster waste management strategies in developing countries: Case of Sri Lanka. *International Journal of Strategic Property Management*, 13, 171-190.
- Kazuhiko, I. (2012). Revival from Earthquake Disaster and Asbestos Problems. *Journal of Policy Science*, 6, 113-119.
- Khanal, R., Subedi, P.U., Yadawa, R.K., and Pandey, B. (2021). Post-earthquake reconstruction: Managing debris and construction waste in Gorkha and Sindhupalchok Districts, Nepal. *Progress in Disaster Science*, 9, 100151.
- Küçüker, M.A., ve Kaplangı, B.B. (2023). Afet sonrası atıkların yönetimi hakkında değerlendirme. <https://gcris.iyte.edu.tr/bitstream/11147/13198/1/AFET%20B%20c3%96LGES%20c4%b0%20YIKINTI%20ATI%20c4%9e1%20Y%20c3%96NET%20c4%b0M%20c4%b0%20.pdf> [Erişim tarihi: 28 Nisan 2023].
- Lauritzen, E.K. (1998). Emergency construction waste management. *Saf Sci*, 30, 45-53. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(98\)00032-0](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(98)00032-0).
- Lorca, A., Çelik, M., Ergun, O., Keskinocak, P. (2015). A decisionsupport tool for post-disaster debris operations. *Procedia Engineering* 107, 154 -167.
- Öztürk, M. (2023). Afet sonrası yıkıntı atıkları yönetimi. *Şantiye*, 399, 93-96. <https://edergi.santiye.com.tr/399/#p=100>.

- Poudel, R., Hirai, Y., Asari, M., and Sakai, S. (2019). Field study of disaster waste management and disposal status of debris after Gorkha Earthquake in Kathmandu, Nepal. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(2019), 753-765.
- Ramos, M., and Martinho, G. (2023). An assessment of the illegal dumping of construction and demolition waste. *Cleaner Waste Systems*, 4.
- Reinhart, D.R., and McCreanor, P.T. (1999). Disaster Debris Management-Planning Tools, US Environmental Protection Agency Region IV, Final Report.
- ReliefWeb, T. (2023). The Turkey and Syria Earthquake. [https://reliefweb.int/report/turkiye/turkey-and-syria-earthquake#:~:text=The%20earthquake%20impacted%2013%20million%20of%20Turkey%E2%80%99s%2085,three-month%20state%20of%20emergency%20in%20the%20affected%20area_\[Erişim 19 Haziran 2023\]](https://reliefweb.int/report/turkiye/turkey-and-syria-earthquake#:~:text=The%20earthquake%20impacted%2013%20million%20of%20Turkey%E2%80%99s%2085,three-month%20state%20of%20emergency%20in%20the%20affected%20area_[Erişim 19 Haziran 2023]).
- Seo, D., Woo, H., Kim, M., Hong, W., Kim, I., Baek, S. (2022). Identification of Asbestos Slates in Buildings Based on Faster Region-Based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN) and Drone-Based Aerial Imagery. *Drones*, 6 (194).
- T.C. Bayındırlık ve İşkân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü (2000). 14.02.2000 Tarihli Rapor. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2017). <https://yalova.csb.gov.tr/insaat-ve-yikinti-atiklari-ile-ilgili-mevzuat-ve-uygulamalar-haber-169143>[Erişim tarihi: 20 Haziran 2017].
- Takashima, S. (2016). 2016 Kumamoto Earthquake report on Fukuoka City's disaster relief activities in the areas affected by the disaster. A report prepared by the Mayor of Fukuoka City. http://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/54071/1/report_20160512_en.pdf. [Erişim tarihi: 8 Temmuz 2017].
- Taş, N. (2003). Yerleşim Alanlarında Olası Deprem Zararlarının Azaltılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 8(1) <https://dergipark.org.tr/tr/pub/uumfd/issue/21689/233473>
- Temelli, U.E., Sezgin, N. ve Özdoğan Cumalı, B. (2023). Afet Zamanlarında İnşaat Yıkıntı Atıklarının Belirlenmesi ve Atıkların Değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Depremi Örneği. *Anadolu Çev. ve Hay. Dergisi*, 8(2), 225-232.
- Trotta, O., Bonifazi, G., Capobianco, G., Serranti, S. (2022). Detection of Asbestos Containing Material in Post-Earthquake Building Waste Through Hyperspectral Imaging and Micro-X-Ray Fluorescence. *Multidisciplinary Journal for Waste Resources & Residues*, 21, 27-34.
- TÜİK. (2019). Türkiyede Hanehalkı Ortalaması. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu.
- TÜİK 2021. Atık İstatistikleri, 2020 Sayı: 37198 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198>[Erişim tarihi: 23 Aralık 2021].
- Türkiye Asbest Kontrolü Stratejik Planı (2012). https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanser-db/yayinlar/raporlar/Turkiye_Asbest_Kontrolu_Stratejik_Planı_2012.pdf [Erişim tarihi: 10 Mayıs 2021].
- Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı. (2023). Kahramanmaraş ve Hatay Depremleri Raporu. <https://www.sbb.gov.tr/2023-kahramanmaras-vehatay-depremleri-raporu/> [Erişim tarihi 19.04.2023].

URL-1<https://deprem.saglik.gov.tr/depo/deprem/rehberler/hsgm-deprem-Cevre-sagligi-rehberi.pdf>

URL-2<https://www.csgeb.gov.tr/isgum/contents/asbest/>

Xiao, J., Deng, Q., Hou, M., Shen, J. and Gencel, O. (2023). Where are demolition wastes going: reflection and analysis of the February 6, 2023 earthquake disaster in Turkey. *Low-carbon Mater. Green Constr.*, 1, 17.

Yiğiter, N.D. (2008). Planlamada Afet Bilgi Sistemi ve Yönetiminin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Modellenmesi: Adana Örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.



Derleme Makale / Review Paper

Evaluation of Asbestos in Terms of Occupational Safety in Urban Renewal

Öykü BAĞCI¹, Serpil ÖZMIHÇI^{2*}

¹Dokuz Eylül University, The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Occupational Health and Safety Department, İzmir/TÜRKİYE

²Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, İzmir/TÜRKİYE
bagciyku@gmail.com , serpil.ozmihci@deu.edu.tr

Received/Geliş Tarihi: 20.04.2023

Accepted/Kabul Tarihi: 19.06.2023

Abstract: Today, urbanization needs to go beyond the need for shelter and meet the necessity for a livable environment. Urban transformation initiates with high disaster risk, environmental risk factors that should be examined in details. Urban transformation is a multi-faceted construction and demolition process. During this demolition period, organic and inorganic dusts emerge, and some chemicals in the debris and excavations react in the environment and cause toxic gases. Electricity, floor and ceiling coverings, water pipes, etc. used in old buildings are destroyed during urban transformation. The presence of asbestos puts employee and public health at risk. These risks are explained in extended amounts of studies in recent years. It has been declared by the World Health Organization that asbestos is a carcinogenic substance and it has been proven that it causes many lung deformations, cancer and other diseases when it enters the body. In this review, the particle size of dusts, what urban transformation means, what kind of construction and demolition process is, how to enter the structure of asbestos from here, handling and disposal of asbestos, which is exposed as a result of demolition in the urban transformation process, from all sides are examined.

Keywords: Asbestos, Urban Renewal, Occupational Health and Safety, Precaution in Asbestos Removal Operations.

Kentsel Dönüşümde Asbestin İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi

Özet: Günümüzde kentleşmenin barınma ihtiyacının ötesine geçerek yaşanabilir bir çevre ihtiyacını karşılaması gerekmektedir. Kentsel dönüşüm, afet riski yüksek, çevresel risk faktörleri detaylıca incelenmesi gereken unsurları barındırmaktadır. Kentsel dönüşüm çok yönlü bir yapım ve yıkım sürecidir. Bu yıkım sürecinde organik ve inorganik tozlar ortaya çıkmakta, moloz ve hafriyat içerisindeki bazı kimyasallar çevrede reaksiyona girerek zehirli gazlara neden olmaktadır. Eski binalarda kullanılan elektrik, taban ve tavan kaplamaları, su boruları vb. kentsel dönüşüm sırasında yıkılmaktadır. Asbestin varlığı çalışan ve halk sağlığını riske atmaktadır. Bu riskler son yıllarda geniş çaplı çalışmalarda açıklanmaktadır. Asbestin kanserojen bir madde olduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından ilan edilmiş ve vücuda girdiğinde birçok akciğer deformasyonuna, kansere ve diğer hastalıklara neden olduğu kanıtlanmıştır. Bu derlemede, tozların partikül büyüklüğü, kentsel dönüşümün ne anlama geldiği, nasıl bir inşaat ve yıkım süreci olduğu, asbestin buradan yapıya nasıl gireceği, yıkım sonucu açığa çıkan asbestin taşınması ve bertarafı konularına değinilmiştir. Kentsel dönüşüm süreci, her yönüyle irdelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Asbest, Kentsel Dönüşüm, İş Sağlığı ve Güvenliği, Asbest Söküm İşlemlerinde Önlemler.

1. Introduction

Industrialization gradually gained speed in the world after industrial revolution. A wave of migration from rural settlements to the city began, and therefore the concept of unplanned urbanization

emerged. Especially in Türkiye, after the 1990's, the unplanned urbanization that endangered the public health caused urban transformation. The acceleration of the industrialization and urban transformation process in recent years has necessitated the investigation of a large-scale dust problem within the framework of public and worker health. The spread of toxic dusts that harm the human body into the environment endanger human health in the long and short term and must be prevented. A serious legislative study has been carried out to eliminate the exposure of asbestos, which is one of the most important toxic dusts, in the world and in our country. Protection of industry and related worker health and safety is the top priority.

The use of asbestos has been banned in Türkiye since 2011. However, this could not prevent the existing asbestos hazard. In particular, the structural properties and cheap cost of asbestos have made its industrial use increasingly widespread. That's why asbestos, which is used in almost every field, especially in buildings, insulation, water pipes, electricity, roofing, etc. should be carefully managed. It is also used extensively in areas that endanger the health of workers and the environment during demolition.

The increase in urban transformation projects in recent years escalated the contact with asbestos. In this sense, the enacted legislation should be followed, asbestos exposure should be minimized and necessary studies should be carried out for the health of both employers, workers and civilians.

The aim of this study is to discuss how asbestos exposure caused by urban transformation can be prevented in terms of worker and public health. For this purpose, a review is presented where the concept of urban transformation has been explained, the chemical structure of asbestos has been examined, and where it is used in buildings. It has been specified in detail, and the precautions to be followed by the workers in terms of occupational safety in asbestos removal works have been stated. Furthermore, the legislation in Türkiye has been mentioned in this sense.

1.1. Urban Transformation Concept

The concept of urban transformation was first used in the early 20th century. After the industrial revolution, the idea of transformation was put forward in order to improve the inhumane environments in which the worker population in the cities had to live, and to make the existing one more livable (Şahin ve Bingöl, 2022).

The concept of urban transformation, has more than one definition in the literature. These are the policies put forward by the government in order to solve the disturbing urban difficulties of developed cities in the USA and England. Today, it is a concept that has been mentioned a lot, especially in terms of its application in Türkiye. Urban transformation is an action plan that tries to solve the economic, physical, infrastructural, social and environmental problems of the city (WHO and PAHO, 1997). In other words, it is the revival of the deteriorated economy in cities, the functioning of social functions that do not work, renewal in areas with social exclusion, and finally re-establishing this balance in areas where environmental pollution has increased (Roberts, 2000).

The Gölcük earthquake in 1999 and the Van earthquake in 2011 caused the urban transformation laws to be reconsidered. The existing laws were revised and it was decided to issue a new basic law. The purpose of Urban Transformation, is to increase the common spaces and social reinforcement areas in order to eliminate the housing and public deficiencies in the cities with the migration and population growth of the cities (Yasin, 2005). Enhancing the safety of old buildings and revitalizing their aesthetics is crucial. In addition, urban transformation projects aim to redevelop the infrastructural, environmental, economic and social needs of cities (Aydın and Turan, 2012; Ataöv et al., 2007). Due to these reasons, the Law No. 6306 on the Transformation of Areas Under Catastrophe Risk was enacted in 2012 (Üzmezoğlu and Ocaktan, 2017; Akkar, 2006).

Urban transformation projects gained momentum and demolition and conversion of approximately 7 million independent units covering a 20-year period was projected after the publication of the law (Demir, 2016). As part of urban transformation efforts, simultaneous demolition began in Türkiye on 3,169 buildings, 6,404 residential flats, and 34 service buildings, encompassing both public and private properties. Starting on October 5, 2012, the blasting method was extensively used in multiple cities across 35 provinces where simultaneous demolition was initiated (Demir, 2016).

During the destruction caused by the urban transformation projects, it was predicted that a large amount of waste would occur. The predicted waste would might come from rubble as 2.5 million tons and additionally a large amount of unpredicted excavation wastes could form. Many organic and inorganic dusts and fumes such as crystal glass fiber, wood dust, liquid petroleum products, lead, mold, fungus, which come out with the demolition processes, might appear. Among these pollutants, asbestos holds significant importance due to its association with diseases that have high mortality rates, morbidity, and disease burden (Üzmezoğlu and Ocaktan, 2017).

1.2. Asbestos

Dust according to the International Standards Organization (ISO4225-ISO1994) is being defined as, matter consisted of small solid particles smaller than 75 microns, which can hang in the air or precipitate under their own weight (World Health Organization (WHO), 1997). According to the risk of inhalation, particulate matter (PM10 and PM2.5) is one of the most dangerous types of pollutants. Due to all the negative effects, particulate matter pollution in the atmosphere must be constantly monitored. Particles less than 3 µm in diameter, greater than 5 µm in length and at least three times the width of the particles are classified as fibrous dust. Asbestos and similar minerals are also referred to as "fibrous minerals" due to these fibrous structural properties. (Zeydan, 2021).

The word asbestos means "indestructible, incorruptible, very durable". The most important asbestos mineral deposits in the world are located in China, Russia, Kazakhstan, Canada, Brazil and Zimbabwe. In Türkiye, Eskişehir, Kütahya, Bilecik, Yozgat, Sivas and Diyarbakır are the provinces where contact with asbestos is most intense. The total country reserve is around 1.5-2 million tons (Akboğa et al., 2017). Asbestos mineralogically is divided into two groups as serpentine and amphibole. The amphibole group is a harmful type of asbestos and has a hard, needle-like structure. Serpentine group asbestos is less dangerous than asbestos in the amphibole group. Chrysotile (white asbestos), crocidolite (blue asbestos), amosite (brown asbestos) are the most used asbestos types (Akboğa, et al., 2017). Asbestos is a fibrous, soft, mineral material that does not change in fire, has poor thermal and electrical conductivity, and resistance to microorganisms. The structure of asbestos in a construction material is illustrated in Figure 1. The structure of different types of asbestos as mineral and fiber is shown in Figure 2. These natural properties of asbestos make it an ideal insulating material. In addition, it is highly resistant to heat, abrasion and corrosion, its melting point is above 1200°C. It is resistant to acids and bases. It has the feature of mixing with cement and similar materials. Different asbestos types were used in construction materials to enhance resistance to tensile compression, alkalinity, heat, chemical effects, bending, and electricity in the past. They had high performance against corrosion, abrasion or burning. They had high fluidity, low thermal conductivity, high flexibility. In the past, its favorable attributes included easy application procedures and low cost. In the industry; it started to be used towards the end of the 19th century, and especially at the beginning of the 20th century (1930-1970), the use of asbestos spread all over the world with the production of asbestos cement by mixing asbestos fibers into the cement (Demir, et al., 2018). It has been used in up to 3000 commercial products, especially in the industrial sense, from construction to ships, automobiles, and the textile sector (Yeşilyurt, 2016). Asbestos use in buildings, ceilings, exteriors, floors, pipes, sewer lines, walls, floors, beams, columns and other building elements, in

short, asbestos has been used in almost every part of industrial materials. (Akbel and Özdemir, 2020). The usage areas of asbestos are demonstrated in Figure 3.



Figure 1. Asbestos in a Construction Material (Çember, 2022).

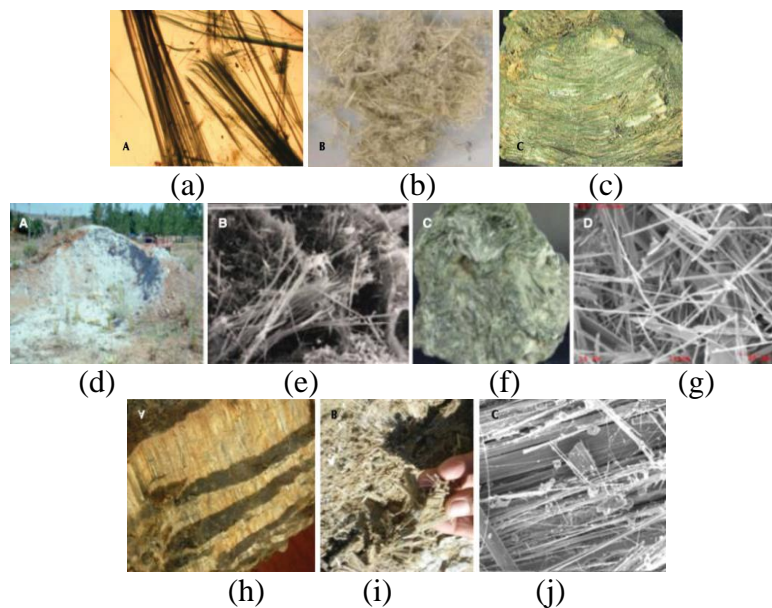


Figure 2. Different perspectives of asbestos types (a) Crocidolite mineral*, (b) Amosite mineral fibers microscopic view*, (c) Anthophyllite mineral rock appearance*, (d) Tremolite asbestos pile**, (e) Tremolite fibers SEM image**, (f) Actinolite mineral appearance**, (g) Actinolite fibers SEM image**, (h) Banded view of chrysotile asbestos fibers (white parts)**, (i) Fibers**, (j) Scanning electron microscope (SEM) image of chrysotile asbestos fibers** (*Atabey, 2009,**Atabey, 2015)

After the first quarter of the 20th century, it was declared as a “Group 1A” carcinogen in the "Carcinogenic Substances" list by the World Health Organization (WHO) and the International Cancer Research Center (Akboğa et al., 2017). Asbestos enters the human body through respiration, digestion or skin contact, creating a carcinogenic effect and causing various diseases. Ingestion of asbestos fibers is relatively less dangerous than inhalation. While asbestos fibers taken by digestion can be removed from the human body, when inhaled, they remain in the lungs due to the chemical effects and resistance of asbestos to microorganisms, causing incurable diseases (Arseven et al., 2005). Asbestos entering the body through respiration causes fluid accumulation between the lung membranes, calcification, thickening of the lung membrane and diseases that form connective tissue in the lung tissue (Akboğa and Baradan, 2011).

According to the WHO, approximately 125 million people in the world are exposed to asbestos in the workplace. According to the calculations of WHO, 107,000 people die of lung cancer every year as

a result of mesothelioma disease due to asbestos use. According to these calculations, it is estimated that about half of occupational cancer-related deaths are caused by asbestos. It is also estimated that thousands of deaths from cancer each year are attributed to exposure to asbestos in the home (WHO, 2018).

The global data on asbestos has provided insights into the harmful effects of asbestos on humans, including its impact on mortality and morbidity rates. Occupational asbestos exposure is unknown in our country because adequate records are not kept. Since respiratory failure or other respiratory diseases are recorded in death records in Türkiye, it can be said that there is almost no data on asbestos exposure (Üzülmezoglu et al., 2017).

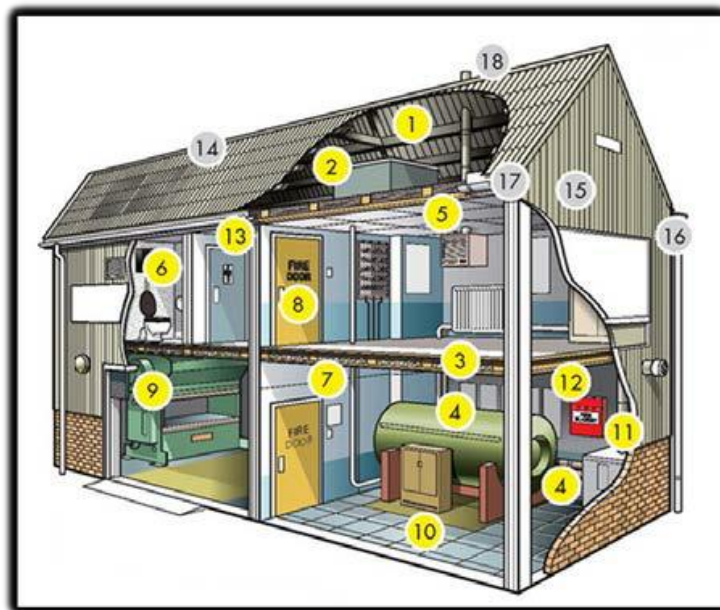


Figure 3. The usage areas of asbestos in Buildings (Ministry of Labor and Social Security, 2022; 1) Spraying asbestos on ceilings, walls, beams and columns, 2) Asbestos Cement Water Tank, 3) Loose Fill Insulation, 4) Coating in Boilers and Pipes, 5) Ceiling Covering, 6) Toilet bowl, 7) Partition Wall, 8) Fire Door, 9) Asbestos Ropes and Gaskets, 10) Marleys, 11) Asbestos Panels Around the Boiler, 12) Fire Blanket, 13) Decorative Coatings on Walls and Ceilings, 14)Eternite, 15) Asbestos Cement Panels, 16) Asbestos Cement Chutes and Pipes, 17) Upper Threshold, 18) Asbestos Cement Chimney, 19) Others: In Fuse box, Ventilation System)

The asbestos types that come out in the demolition of the building are mostly chrysotile. The reason is that the structure of the materials used in the buildings is usually chrysotile. Chrysotile asbestos extracted from buildings are classified in 7 different groups according to fiber length and fiber length is grouped between 0.1 and 1.9 cm. Especially, 4th and 5th group chrysotile asbestos with fiber lengths of 0.6 - 0.4 and 0.4 - 0.2 are used in pressure resistant asbestos cement pipes and in the production of cement boards. This type of asbestos, which is quite fine for the particle size, causes serious health problems in case of long-term exposure (Atabey, 2009). In demolition sites, especially roof covering (Figure 4a), floor covering (Figure 4b) and pipes (Figure 4c) are the main asbestos sources. Examples of them are demonstrated in Figure 4.



Figure 4. (a) Asbestos roofing, (b) Asbestos floor covering, (c) Asbestos pipe (Şahin ve Bingöl, 2022; Tezcan, 2007, T.C. Ministry of Labor and Social Security, 2023)

The level of asbestos fibers in the ambient air was between 0.0004 and 0.0005 fibers/cm³ while asbestos was used (Ontario Ministry of Government Services Publications Service Branch. 1984). Asbestos fibers also may occur naturally in water, and therefore in foodstuffs. 0.2 to 2 million asbestos fibers per liter up to several hundred million asbestos fibers per liter were measured in natural waters (Commins, 1987).

The main risk to human with asbestos lie on exposure time. The earthquake that affected 10 provinces centered in Kahramanmaraş at 2023 reminded the asbestos exposure risks of demolition sites. Thousands of buildings destroyed by the earthquake raised the inhaling risk of asbestos causing serious health problems. Figure 5 gives an example of the earthquake-affected area having high asbestos exposure risk. During this period, various occupational groups made statements that countermeasures against asbestos exposure should be taken urgently. These groups suggested short term precautions as, spreading water on the earthquake debris, using dust masks and goggles at the earthquake debris site, avoided not to meet nutritional needs within this area, using protective disposable overalls and boots to prevent asbestos contact with the body and skin. They also warned workers to change and wash their protective equipment and clothes after use. Furthermore, they warned workers to work with shift working hours to lessen the exposure time to asbestos (Palabıyık-Anatolia Agency, 2023). Precautions that needs to be taken under the regulations are explained in occupational safety section.



Figure 5. Destroyed area affected by the Kahramanmaraş-centered earthquake at 2023 (Palabıyık-Anatolia Agency, 2023)

2. Occupational Safety

According to Demir (2016), in Türkiye it is predicted that at least 6,500,000 independent units will be demolished in the next 20 years with the urban transformation. As a result of these demolitions, it is expected that 500,000,000 tons of demolition waste will be generated. In case of conversion of 6,500,000 independent units in 20 years, approximately 50,000 buildings are demolished per year on average.

In our country, in the “Regulation on Health and Safety Precautions in Working with Asbestos” (Official Gazette, January 25, 2013, number:28539) for all asbestos types, the eight-hour time-weighted average value (ZAOD-TWA) of the asbestos concentration in the air that workers are exposed should not exceed 0.1 fiber/cm³. This 1 liter of air corresponds to 100 fibers (Yeşilyurt, 2016). In the aforementioned regulation, the precautions to be taken before working with asbestos, while working with asbestos, in case of exceeding the limit value and the general precautions to be taken in terms of occupational health and safety are explained in detail.

The Employer, taking into account the type and physical properties of asbestos and the degree of exposure of the workers in the works where there is a risk of exposure to asbestos dust before working with asbestos is obliged to make a risk assessment. In the work plan, the measures to be taken at the workplace included in the risk assessment should be determined. These measures include; the type and estimated duration of the work, the place where the work will be carried out, the method to be used to remove asbestos and asbestos-containing materials, the characteristics of the equipment to be used in asbestos removal, the protection of those who perform the work, the protection of other people in or near the environment during the process, and before starting the destruction of asbestos materials.

If the employer suspects that there is asbestos or asbestos-containing material in any building or environment where the employer works, the employer ensures that the dismantling, demolition, repair, maintenance and removal of materials that may contain asbestos are carried out by experts or employees authorized by the Ministry of Labor and Social Security. In cases where the amount of asbestos may exceed the exposure limit, despite the implementation of technical precautions, it is the employer's responsibility to ensure the use of personal protective equipment by determining appropriate working hours for workers, including respiratory system protection and other necessary gear. Furthermore, it is crucial to place adequate warning signs in areas where the limit value is likely to be surpassed. Measures should be taken to prevent the dispersion of asbestos or asbestos-containing materials' dust into the environment. These precautions encompass limiting the number of workers handling asbestos to the minimum possible, preventing dust release from asbestos, implementing effective and continuous cleaning and maintenance procedures in areas and equipment at risk of asbestos exposure, appropriately labeling water-containing materials in sealed packages for transportation and storage, and disposing of them in compliance with legislation. Figure 5 illustrates the coverage of workers in asbestos-contaminated construction zones.

If the limit value is exceeded, appropriate actions are implemented to reduce the asbestos level below the limit, and employees are prohibited from working in the asbestos area until necessary precautions are taken. Subsequent asbestos measurements are conducted to assess the effectiveness of the implemented measures. In work environments where it is not feasible to reduce exposure and meet the limit value solely through the use of respiratory system protection, it is unreasonable to expect employees to continuously rely on respiratory protection. The duration of work for employees is predetermined, and this maximum period must not be exceeded.



Figure 5. Examples of asbestos removal operations at the construction site (Keleş, 2022; TekMerkez OSGB 2022; EMC, 2022)

In workplaces working with asbestos; Employees are provided with appropriate personal protective equipment such as protective clothing and respirators. Personal protective equipment cannot be taken out of the workplace. Protective clothing is cleaned in the workplace or where cleaning work is carried out and is only removed from the workplace in closed containers. After each use, protective equipment is checked, cleaned, repaired and maintained. Although the measures to be taken by the employer and the worker are determined. The most important method of protection is to inform and train the employees. Asbestos materials removed after demolition are transported in suitable sealed packages and should be stored separately from other materials. In addition, asbestos wastes are labeled in a way to show that there is asbestos in them using the markings in the relevant legislation of the Ministry, and removed from the workplace as soon as possible in sealed packages and should be destroyed in accordance with the relevant legislation. On the packages of asbestos and asbestos-containing products, appropriate danger signs and symbols should be prepared as a clean, legible and indelible label in accordance with the regulation, affixed, printed or tied on the package. In addition, any packaging material that has come into contact with asbestos cannot be used for any other purpose. These packaging materials should be collected and disposed of in accordance with the rules regarding the disposal of asbestos waste (T.C. Ministry of Labor and Social Security Labor Inspection Board, 2005).

Asbestos fibers are stored separately from other dangerous chemicals and materials by taking precautions to prevent dust and fiber scattering in the environment where asbestos fibers are stored. (of the "Dangerous Chemicals Regulation" (Guideline 40, Official Gazette No. 21634). According to the "Regulation on Landfilling of Wastes" (Official Gazette, No. 27533), wastes containing asbestos can be stored in II class storage facilities without being tested. In storage facilities that will accept asbestos-containing construction wastes and other asbestos wastes; asbestos waste is stored in a separate cell from other wastes and these cells are kept under control. If the waste is not packaged, it should be wetted regularly. In order to prevent the spread of asbestos fibers in the facility, the top of the storage facility should be covered with the last top cover. No drilling or similar work should be carried out in the storage facility that will cause asbestos fibers to spread around.

Since it is not possible to incinerate or recycle asbestos wastes, it should be ensured that disposal is made by means of a separately isolated and covered cellular storage disposal method in the sanitary landfill described in the "Waste Management Regulation". It is ensured that the wastes are buried in the soil in appropriate areas, unused containers, bags, etc. are buried in protective materials as soon as they are reused. After removing the wastes from the environment, it should be ensured whether there is asbestos dust (less than 0.01 fiber/cm³;) in the work area and its surroundings, and inspection are carried out. Stored materials should not prevent passages without narrowing the movement areas, It should not prevent the use and operation of fire extinguishing equipment and should not be overturned. After the asbestos warehouses are closed, a plan including the coordinates showing the exact location of the storage facility and the cell where the asbestos fibers are stored should be

prepared and necessary measures should be taken to prevent the contact of asbestos with people in the possible use of the land after the storage facility is closed.

3. Results and Conclusions

It has been observed that the dust generated in industrial areas has increased gradually, and if precautions are not taken, serious damage to human health is observed. When we go more specifically, it has been determined that asbestos dust, which is especially toxic, is one of the most dangerous dust types for the society in terms of mortality and morbidity. With the housing policies of Türkiye, the problem of urbanization has emerged in many cities today. It is a fact that people no longer only have the right to shelter, but to live in a healthy, beautiful, livable environment, as well as in social and physical environments with developed infrastructure and transportation networks. In order to achieve this, the concept of urban transformation becomes important that includes a multi-faceted construction and demolition process. Asbestos, which was used in buildings and many areas in the past, comes out in these demolition works. People working in maintenance, repair and demolition works to be carried out during any kind of transformation, their families and residents are in serious danger without even realizing it. The damage caused by asbestos puts human life at significant risk, causes cancer in the long run, and causes lung diseases.

In this sense, in order to prevent possible dangers, awareness of employers, workers and society should be raised, asbestos removal specialists should enter the buildings with asbestos and necessary evacuations should be made with the training provided by the government. In addition, if there is any suspicion of asbestos, an application should be made to the necessary institutions and help should be sought by experts in this regard. In recent years in our country, it should be aimed to raise awareness, although to some extent, for occupational safety and awareness raising activities should be aimed.

Author(s) Contributions

The contribution of the authors to the article is equal and is around fifty percent.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

References

- Akbel, E. and Özdemir, K. (2020). Investigation of Dust Factor in terms of Occupational Health and Safety in Construction Sector, *Uşak University Journal of Science and Natural Sciences*, 4(2), 139 – 150
- Akboğa, Ö. and Baradan, S. (2011). The Place of Asbestos in the Construction Industry and Prevention of Exposure, *Journal of TMH*, 420
- Akboğa Kale, Ö., Gürcanlı, G. and Baradan, S. (2017). Asbestos Exposure and Protection Methods in the Urban Transformation Process, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(6), 694-706

Akkar M. (2006). Concepts, Definitions, Processes and Türkiye in the West on Urban Transformation. *Planning* 36: 29-38.

Arseven, F., Yavuzarslan, G.Z., Kocabeyoğlu, M., Üzel, Z., Çetinceli, S. and İnam, H.M. (2005). Occupational Health and Safety Project Audit in Workplaces where Asbestos and Asbestos Materials are produced. *Labor Inspection Board*, 1, 12-39.

Atabey, E. (2009). Asbestos, Erionite, Quartz and Other Mineral Dusts and Their Effects in Turkey. *MTA Geosciences and Culture Series*.

Atabey, E. (2015). Türkiye asbestos map (Environmental asbestos exposure lung cancer-mesothelioma). *Tuberk Toraks-2014*, 63(3), 199-219.

Ataöv, A. and Sevin O. (2007). A Methodical Approach to Urban Transformation in Türkiye. *Middle East Technical University Journal of the Faculty of the Architecture*, 2, 57-82.

Aydın, H.İ. and Turan, H., (2012). Urban Transformation in Türkiye in a Theoretical and Legal Framework. *Selcuk University Journal of Social Sciences Institute*, 28.

Commins Bt. (1987). Estimations of Risk to Environmental Asbestos in Perspective”. Paper presented at WHO/ IARCH Lyon Symposium on Mineral Fibres in the Non-Occupational Environment.

Çember (2022). Asbestos: Is it a long-term Cancer risk?, <http://www.cember-online.com/anasayfa/asbest.html> (13.10.2022).

EMC Group (2022). Asbestos Removal and Demolition, <https://www.emccevre.com.tr/teknik-sokum-ve-yikim/> (13.10.2022).

Demir, B. M. (2016). Sustainable Urban Transformation and Asbestos Safety” TMOBB Journal, 1. Eskişehir Osmangazi University. Lung and Pleural Cancers Research Center Regulation Eskişehir Demir, B., Ercan, S., Aktan, M., Öztaşkın H. (2018). “Türkiye's Asbestos Profile and Asbestos Safety Problem. *Journal of Geological Engineering*, 42, 215-232.

Keleş Çevre, (2022). Asbestos Removal, <https://www.kelescevre.com.tr/asbest-sokumu/>, (13.10.2022)

Palabıyık D. Ç. (2023). <https://www.aa.com.tr/tr/yesilhat/kirlilik/deprem-bolgesinde-asbest-riski-olusmaması-icin-sulama-hayati-onem-tasiyor/1819703>, 2023

Regulation on Health and Safety Precautions in Working with Asbestos (2013). Official newspaper. Release Date: 25.01.2013. Number: 28539

Regulation on Landfilling of Wastes (2010). Official newspaper. Release Date: 26.03.2010. Number:27533

Report of the Royal Comission on Matters of Health and Safety Arising from the Use of Asbestos in Ontario. Ontario Ministry of Government Services Publications Service Branch. 1984

Roberts, P. (2000). The evolution, definition and purpose of urban regeneration.

Roberts P. and Sykes, H. (Ed.), Urban regeneration a handbook .London: SAGE Publications.

Pan American Health Organisation (PAHO) (1997). Determination of airborne fibre number concentrations: a recommended methods, by phase-contrast optical microscopy (membrane filter method).

Şahin, O., Bingöl, N. (2022). Cement Based Roofing Containing Asbestos Risk Evaluation in Removal of Boards. *Karaelmas Occupational Health and Journal of Security*. 6(3), 181-191.

TekMerkez OSGB (Tek Merkez Ortak Sadık Güvenlik Birimi) (2022). Asbestos Removal Report, <http://www.tekmerkezosgb.com/asbest-sokum-raporu/>, (13.10.2022).

Tezcan, E., (2007). What is Asbestos?. *Engineer and Machinery*, 48(567), 9-12.

T.C. Ministry of Labor and Social Security, Occupational Health and Safety Research and Development Institute (2022). Asbestos. <https://www.csgb.gov.tr/isgum/contents/asbest/#>, (13.10.2022)

T.C. Ministry of Labor and Social Security Labor Inspection Board (2005). Asbestos Project Inspection Final Report. https://www.csgb.gov.tr/medias/5974/2005_01.pdf

Hazardous Chemicals Regulation (1993). Official newspaper. Publication Date: 11.07.1993. Number: 21634.

Üzmezoğlu, B., ve Ocaktan, M.E., (2017). Urban Transformation Process and Asbestos Exposure in Construction Demolition Workers. *Journal of Turkish Clinics*, 37(2):90-7.

World Health Organization (WHO), <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/asbestos-elimination-of-asbestos-related-diseases>, (15.02.2018).

Yasin, M. (2005). Legal Dimension of Urban Transformation Practices. *Union of Turkish Bar Associations*, 60, 105-137.

Yeşilyurt, D. (2016). Evaluation of Asbestos Removal Works in Buildings in Terms of Occupational. *Health and Safety Master's Thesis*. Ministry of Labor and Social Security General Directorate of Occupational Health and Safety.

Zeydan, Ö. (2021). Evaluation of Particulate Matter (PM10) Pollution in Türkiye in 2019. *Journal of Iğdır University Institute of Science and Technology*, 11(1), 106-118.