

SÜRDÜRÜLEBİLİR

Çevre araştırmaları üzerine 6 ayda bir yayınlanmaktadır.
Published every 6 months on environmental research.



ÇEVRE



JOURNAL OF SUSTAINABLE ENVIRONMENT

Cilt:2 Sayı:1 Yıl: 2022

Vol: 2 Issue:1 Year: 2022

DERGİSİ



ISSN: 2791 - 7444

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/cevder>



Editör

Prof. Dr. Eyüp DEBİK
debik@yildiz.edu.tr
Yıldız Teknik Üniversitesi

Editör Yardımcıları

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU
koyuncu@itu.edu.tr
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ali ATA
aliata@gtu.edu.tr
Gebze Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bekir KAYACAN
bekirkayacan@istanbul.edu.tr
İstanbul Üniversitesi

Prof. Dr. Bahadır TUNABOYLU
bahadir.tunaboynu@marmara.edu.tr
Marmara Üniversitesi

Doç. Dr. Haldun KARAN
haldun.karan@tubitak.gov.tr
Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Başkanlığı

Doç. Dr. Süleyman KAYA
suleymankaya@ibu.edu.tr
Bolu Abant Baysal Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali UĞUR
mehmetali.ugur@yaloa.edu.tr
Yalova Üniversitesi

Sekreter

İsmail KARA
ismail.kara@cevrevakfi.org.tr
Çevre Vakfı

Sürdürülebilir Çevre Dergisi
Dergi Sayfası: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/cevder>

ISSN :2791 - 7444



İçindekiler

Süt Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Prosesler ile Arıtımı <i>Treatment of Dairy Industry Wastewater by Anaerobic Processes</i> (Esra ÇELİK ve Aslıcan İHTİYAROĞLU)	1-8
Yabancı ot-Kültür Bitkisi Etkileşimi: Rekabet <i>Weed-Crop Interaction: Competition</i> (Fulya BAŞARAN)	9-18
Mikrofabrika Yöntemiyle Yeni Nesil Elektrikli Araç Üretimi <i>Microfactory Model for Manufacturing New Generation Electric Vehicles</i> (Büşra ALPTEKİN, Bahadır TUNABOYLU ve Pietro PERLO)	19-37
Sürdürülebilirlik Perspektifinden Lojistik Eğitimi ve Mesleki Uyum <i>Logistics Education and Professional Compliance from the Sustainability Perspective</i> (Elif Nur KARASOY)	38-48

Süt Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Prosesler ile Arıtımı

¹Esra ÇELİK*
celikesra.784@gmail.com

¹Aslıcan İHTİYAROĞLU
ihtiyarogluasli@gmail.com

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Günümüzde sanayileşmenin gelişmesi ve hızlı nüfus artışıyla birlikte doğal kaynaklar hızla tükenmekte olup üretilen atıkların çevreye ve insan sağlığına olan olumsuz etkileri gözler önündedir. Sürekli büyüyen gıda sektöründeki süt endüstrisi de birim üretim başına atıksu miktarı en yüksek olan sektörlerin başında yer almaktadır. Süt endüstrisinde oluşan atıksular peynir, tereyağı, dondurma, yoğurt ve kuru süt tozu gibi diğer yan ürünlerden kaynaklanmakta olup bunun yanında ısıtma ve soğutma sistemlerinden gelen temiz sular, tesis ve makinaların yıkanmasından gelen atıksuları da içermektedir. İçerdiği yüksek miktardaki kirlilik seviyesi sebebiyle atıksu tekrar kullanılamamakta olup uygun şekilde arıtılmadığında çevre için tehdit oluşturmaktadır. Süt endüstrisinin dünya çapındaki geniş dağılımı ve oluşan atıksuyun karakterizasyonu sebebiyle bu alanda birçok çalışma yapılmış olup farklı arıtma teknolojileri uygulanmaktadır. Atıksu arıtımı genel olarak fizikokimyasal ve biyolojik prosesler olmak üzere birbirinden farklı birçok arıtma teknolojisini içermektedir. Anaerobik arıtma aerobik arıtmaya kıyasla daha az enerji ve maliyet ihtiyacı ile düşük miktarda çamur oluşumu gibi avantajlarının yanında metan gazı üretimiyle de enerji geri kazanımı sağlamaktadır. Süt endüstrisi atıksuyu arıtımında, içerdikleri yüksek organik madde ve diğer kirleticilerle birlikte anaerobik arıtma teknolojileri başarıyla uygulanmaktadır. Süt endüstrisi atıksularının arıtımında karşılaşılan sınırlayıcı bir faktör olarak uzun zincirli yağ asitlerinin metanojenik aktiviteyi engellemesidir. Anaerobik proseslerin başarılı bir şekilde işletilebilmesi için optimum işletme parametrelerinin sağlanması gerekmektedir. Süt endüstrisi atıksularında farklı işletme koşullarında birçok anaerobik biyoreaktörler uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı koşullarda (reaktör tipi, sıcaklık, pH, hidrolik bekletme süresi, organik yük) işletmeye alınan reaktörler incelenmiş olup süt endüstrisi atıksuyunun giderim verimleri ortaya konmuştur. Bu değerlendirme makalesinde kirlilik düzeyi yüksek olan süt endüstrisi atıksularında uygulanan anaerobik prosesler incelenmiş olup arıtma performansı, operasyonel yaklaşımlar, organik madde giderimi ve metan üretim verimi gibi hususlar hakkında bilgilere yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Anaerobik arıtım, anaerobik prosesler, süt endüstrisi atıksuyu

Treatment of Dairy Industry Wastewater by Anaerobic Processes

¹Esra ÇELİK*
celikesra.784@gmail.com

¹Aslıcan İHTİYAROĞLU
ihtiyarogluasli@gmail.com

¹Yildiz Technical University, Civil Faculty, Environmental Engineering Department, İstanbul, Türkiye

Abstract

Recently, with the development of industrialization and rapid population growth, natural resources are rapidly depleting and the negative effects of the wastes produced on the environment and human health are in sight. The dairy industry in the constantly growing food sector is also one of the sectors with the highest amount of wastewater per unit production. It originates from other by-products such as cheese, butter, ice cream, yoghurt and dry milk powder, as well as clean water from heating and cooling systems, and wastewater from washing plants and machinery.

Wastewater is not reused due to the amount of pollution in the high concentrate it contains, and it poses a threat to the environment if not treated properly. Poses a threat to due to the worldwide distribution of the dairy industry and the characterization of the wastewater generated, many studies have been carried out in this area and different technologies are applied. Many different treatment technologies are applied in the wastewater treatment, generally physicochemical and biological processes. Anaerobic treatment provides energy recovery with methane gas production, besides its advantages such as less energy and cost requirement and low amount of sludge formation compared to the aerobic treatment. Anaerobic treatment technologies with high organic matter and other pollutants are successfully applied in dairy industry wastewater treatment. Long chain fatty acids, which are limiting factors encountered in the treatment of dairy industry wastewater, prevent methanogenic activity. Optimum operating parameters must be provided for the successful operation of anaerobic processes. In the dairy industry wastewater, many anaerobic bioreactors are applied in different operating conditions. In the studies, the reactors that were put into operation under different conditions (reactor type, temperature, pH, hydraulic retention time, organic loading rate) were examined and the efficiency on the dairy industry wastewater was revealed. In this evaluation article, anaerobic processes applied in dairy industry wastewaters with high pollution levels are examined and information about issues such as treatment performance, operational approaches, organic matter removal and methane production efficiency are given.

Keywords: Anaerobic processes, anaerobic treatment, dairy industry wastewater

1. Giriş

Son yüzyılda dünya nüfusunun ve endüstrileşmenin her geçen gün hızla artmasıyla doğal kaynaklar tükenirken çevreye bilinçsizce bırakılan atıklar çevre ve insan sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Mevcut su kaynaklarının azalması ile sürdürülebilirlik kapsamında atıksuların yeniden kullanılabilir bir kaynak olarak geri kazanılması üzerine yapılan çalışmalar, son yıllarda giderek artmaktadır. Üretim sektörlerinin başında gelen gıda sektöründe, birim üretim başına kullanılan su miktarı ve atıksu oluşumunun süt endüstrisinde oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Süt endüstrisi atıksuları, uygun teknolojiler ile arıtılmadığı takdirde çevre ve insan sağlığı açısından yüksek potansiyelde tehlike oluşturan ciddi miktarlarda atıksuyun alıcı ortamlara verilmesine neden olur. Dolayısıyla ekosistem kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Bilir-Ormancı, 2009). Bu senaryo dikkate alındığında, son yıllarda süt üretiminin çevresel etkilerini bir yaşam döngüsü yaklaşımı içinde değerlendirmek ve analiz etmek için birçok çalışma yapılmıştır (Elginöz vd., 2020; Kumar vd., 2021). Süt endüstrisinde, su tüketimi başta olmak üzere enerji gibi doğal kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır. Üretim süreci boyunca sistemin girdi ve çıktıları, çevresel etkilerini ortaya koyan karbon ayak

izini oluşturmaktadır. Yaşam döngüsü analizi ile (YDA) ham maddeden nihai ürüne kadar prosese giren ve çıkan tüm kaynakların çevreye etkisi incelenmektedir. YDA ile kaynak zinciri belirlenmekte olup, çevresel sürdürülebilirlik hedeflenmektedir (Sala vd., 2017).

Süt endüstrisinde yaygın olarak süt, peynir, yoğurt, tereyağı, dondurma, süt tozu gibi ürünler, çeşitli üretim prosesleri kullanılarak üretilmektedir. Süt ve süt ürünlerinin işlenmesi sürecinde, ısıtma ve soğutma sistemlerinden, tesis ve makinelerin yıkanmasından, kalite laboratuvar analizlerinden, peyniraltı sularından, üretim proseslerinin yan ürünlerinden atıksular oluşmaktadır (Stasinakis vd., 2022). Süt endüstrisinde, işlenmiş sütün litresi başına yaklaşık olarak 2 – 6 kat arasında büyük miktarlarda atıksu oluşumu meydana gelmektedir (Karadag vd., 2014).

Süt endüstrisinin, birim üretim başına atıksu üretiminin fazla olması sebebiyle arıtımı büyük önem arz etmektedir. Atıksuyun türüne, miktarına ve oluşum yerine göre arıtım prosesleri değişiklik göstermektedir (Karadag vd., 2015; Rahul vd., 2022). Bununla birlikte, arıtılmış atıksuyun geri kazanım yoluyla alternatif su, besin ve enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi için uygun teknolojiler uygulanmalıdır.

Diğer taraftan enerji verimli atıksu arıtma teknolojilerine olan ilginin ve ihtiyacın giderek daha fazla önem kazanması, mevcut kullanılmakta olan konvansiyonel arıtma sistemlerinin yerine alternatif ve ileri düzey arıtma proseslerinin uygulanmasını ön plana çıkarmıştır.

Süt endüstrisi atıksularının arıtımında yaygın olarak uygulanan aerobik arıtma sistemleri, havalandırma dayalı yüksek enerji ihtiyacı ve büyük miktarlarda çamur oluşumu gibi kullanımını sınırlandıran dezavantajlara sahiptir (Prazeres vd., 2012). Enerji tüketimi ve olumsuz çevresel etkileri azaltılmasının yanında biyoenerji kazanımı da sağlayan sürdürülebilir teknolojilerin kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Anaerobik arıtma prosesleri, havalandırma ihtiyacının olmayışı sebebiyle düşük enerji tüketimi, düşük çamur oluşumu ve biyoenerji kazanımı ile konvansiyonel aerobik arıtma proseslerine üstünlük sağlamaktadırlar (Liao vd., 2006; Lei vd., 2018; Shoener vd., 2016). Sürdürülebilir bir yöntem olarak kabul gören anaerobik arıtma prosesleri bu önemli avantajları sebebiyle süt endüstrisi atıksularının arıtımında da araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Süt endüstrisi atıksuları 80 g/L'ye ulaşan KOİ konsantrasyonları ile zengin organik madde içeriğine sahip olup, yüksek biyobozunurluğu sebebiyle anaerobik arıtma teknolojileri ile başarılı bir şekilde arıtılabilmektedir (Karadag vd., 2015). Süt endüstrisi atıksularının sahip olduğu yüksek sıcaklık (35 – 40°C) anaerobik arıtma proseslerinin avantajlarından biri olan ekonomik değeri yüksek metan gazı oluşum potansiyeline katkı sağlamaktadır (Erguder vd., 2001).

Anaerobik arıtma prosesleri, asidojenik ve metanojenik mikroorganizmaların uygun koşullar altında aktivitesi sonucu gerçekleşmektedir. Anaerobik proseslerin performansını pH, sıcaklık, organik yükleme hızı (OLR), reaktör konfigürasyonu gibi çeşitli parametreler etkilemektedir (Amini vd., 2013). Tavsiye edilen pH aralığı 6 – 7,5 olup metan üretim miktarı bu aralık için optimumdur (Sivakumar vd., 2012). Süt endüstrisi atıksuları laktoz, protein ve yağlar gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır (Demirel vd., 2005). Süt endüstrisi atıksularının arıtımında karşılaşılan

sınırlayıcı bir faktör olan uzun zincirli yağ asitlerinin birikimi ile birlikte anaerobik reaktörlerde ani pH düşüşleri olabilmektedir. Bu durum, metanojenik aktivite için sınırlayıcı olup, ani pH düşüşünü tamponlamak için alkalinitenin artırılması gerekmektedir. Dolayısıyla, anaerobik proseslerin başarılı bir şekilde işletilebilmesi için optimum işletme parametrelerinin sağlanması gerekir.

Anaerobik arıtma proseslerinin teknolojik yönü yapılan çalışmalar üzerinden rapor edilmiştir. Bu çalışmalardan birisi Ji vd. (2020) tarafından süt ürünleri için entegre bir biyolojik atıksu arıtma sistemi olarak geliştirilmiştir. Sistem, anaerobik perdeli reaktör (ABR), yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör (UASB) ve oksidasyon havuzu olarak tasarlanmış olup, Çin'de iki farklı süt işletme tesisinde üç yıldan fazla süre ile kullanılmıştır. Entegre sistem ile oksidasyon havuzu için gerekli enerji ihtiyacı düşürülmüştür. Bunun nedeni, UASB aşamasında organik madde miktarının büyük ölçüde giderilmesinden kaynaklanmıştır. Elde edilen KOİ giderimi %98'den yüksek olup, aylık toplam güç tüketimi 1980 kWh olarak kaydedilmiştir. Bununla birlikte aynı sistem, UASB aşaması olmadığında ayda 31000 kWh güç tüketmiştir. Entegre sistemde çamur üretimi ciddi miktarda azalırken, biyogaz verimi büyük ölçüde artmıştır. Sistem ile gerekli enerji etkili bir şekilde düşürülmüş ve yüksek maliyetlerin önüne geçilmiştir. Ek olarak, UASB'nin sisteme entegre edilmesiyle çamur arıtımı için gerekli maliyet de azalmış ve işletme tasarrufu sağlanmıştır. Sonuç olarak anaerobik arıtma proseslerinin kanıtlanmış birçok avantajı dikkate alındığında, yapılan çalışmalar yeni araştırmalara zemin hazırlamaktadır.

Bu çalışmada; süt endüstrisi atıksularının arıtımında uygulanan anaerobik proseslerin performansı, operasyonel yaklaşımları, organik madde giderimi ve metan üretim miktarı gibi hususlar eleştirel bir şekilde incelenmiştir.

2. Süt Endüstrisi Atıksuyu Karakterizasyonu

Süt endüstrisi atıksuları, toksik olmakla birlikte yüksek oranda organik madde içeren

mevsimsel değişikliklere bağlı olarak miktarı değişen kuvvetli karakterde bir özelliğe sahiptir (Demirel vd., 2005).

Süt endüstrisi süt, tereyağı, yoğurt, dondurma, peynir gibi farklı ürünler ürettiğinden, tesis kapasitesi, proses süreçleri ve işletme

yöntemlerine bağlı olarak atıksu oluşum miktarı ve özellikleri değişkenlik göstermektedir (Karadağ vd., 2015; Vidal vd., 2000). Süt endüstrisi atıksularının genel özellikleri için literatürden elde edilen verilerin bir özeti Çizelge 2.1'de yer almaktadır.

Çizelge 2.1 Süt endüstrisi atıksuyu karakterizasyonu (Karadağ vd., 2015)

Atıksu kaynağı	pH	BOİ (g/L)	KOİ (g/L)	Uçucu Katı(g/L)	Toplam Katı(g/L)	Azot (mg/L)	Fosfor (mg/L)	Yağ ve gres (g/L)
Süt atıksuyu	4-7	3-5	5-10	TE	3-7	20-150 (TKN)	50-70	TE
Süt süzüntü atıksuyu	5,55-6,52	TE	55,20-63,48	TE	2,67-3,80(TAKM)	300-400 (TN)	350-450	TE
Dondurma atıksuyu	6,96	TE	4,94	0,99	1,1(TAKM)	TE	TE	TE
Dondurma atıksuyu	5,2	2,45	5,2	2,6	3,9	60 (TKN)	14	TE
Peyniraltı atıksuyu	4,46	40	60	1,5	59	TE	TE	TE
Peyniraltı atıksuyu	4,9	7,71	68,6	TE	1,35	1120 (TKN)	500	9,44
Süt ürünleri atıksuyu	7,12	TE	4,59	2,1	4,35	89 (TKN)	9,9	TE
Süt ürünleri atıksuyu	8-11	1,2-4	2-6	0,33-0,94	0,35-1(TAKM)	50-60 (TKN)	20-50	0,3-0,5
Süt ürünleri atıksuyu	7,1	2,8	5	1,35	3,88	16,5 (TKN)	38,6	TE

TE: Tespit edilemedi, TAKM: Toplam askıda katı madde, TKN: Toplam Kjeldahl Azotu, TN: Toplam Azot

3. Süt Endüstrisi Atıksularının Arıtımında Uygulanan Anaerobik Prosesler

Literatür araştırması kapsamında, süt endüstrisi atıksularının arıtımında anaerobik proseslerin uygulandığı bazı çalışmaların arıtma performansları ile birlikte genel tasarım ve işletme parametrelerine ait değerler Çizelge 3.1'de listelenmiştir. Süt endüstrisi

atıksuyu arıtımına yönelik yapılan çalışmalar dikkate alındığında avantajlarından dolayı anaerobik proseslerin kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda farklı koşullarda (reaktör tipi, sıcaklık, pH, hidrolik bekletme süresi (HBS), OLR) işletmeye alınan proseslerin arıtma verimleri incelenmiş olup bu alanda yapılan çalışmalar sonraki çalışmalara temel oluşturmuştur.

Çizelge 3.1 Süt endüstrisi atıksularının arıtımında kullanılan bazı anaerobik uygulamalar

Reaktör Konfigurasyonu	Sıcaklık (°C)	pH	HBS (saat)	OLR (kg/m ³ .gün)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderimi (%)	Kaynak
UASB	28 – 32	-	3 – 12	2,4 – 13,5	1440	80-96	Ramasamy vd., 2004
UASFF	-	5,1	-	0,28-2,33	8500-14500	70,6-93,60	Sivaprakasam vd., 2021
HABR+MSABP	33	7,35	24	-	2000	99,89	Chang vd., 2020
ABR+UASB	12 – 35	6-9	20 – 48	-	1574	92,7	Ji vd., 2020
ASBR	50	5,1 – 8	5 – 40	1,6-12,8	-	68-95	Göblös vd., 2008
UASB, EGSB, EGSB-AF	15 – 37	7,3-7,6	48 – 8	7,5-9,0	2500	64,2- 82,9	McAteer vd., 2020
EGSB, IFB	37	8	72 – 12	-	4000	75 – 95	Bialek vd., 2011

UASB: Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı reaktör, UASFF: Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı film reaktör, HABR: Hibrit anaerobik perdeli reaktör, MSABP: Yüksek kademeli aktif biyolojik proses, ABR: Anaerobik perdeli reaktör, ASBR: Ardışık kesikli anaerobik reaktör, EGSB: Genişletilmiş granüler çamur yataklı reaktör, EGSB-AF: Genişletilmiş granüler çamur yataklı reaktör-Anaerobik filtre, IFB: Ters akışkan yataklı reaktör

Ramasamy vd. (2004), süt endüstrisi atıksularının arıtılması için iki farklı granül çamurun ve değişen KOİ besleme oranlarının UASB reaktörlerinin performansı üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada her iki granüler çamurda 3 saatlik HBS için %95–96 KOİ giderim verimi elde edilmiş iken bu değer 12 saatlik HBS’de %90-92 oranlarında kaydedilmiştir. Her iki reaktörde de en iyi KOİ giderim verimi 3 saatlik HBS’de ve 10,8 kg/m³.gün OLR için gerçekleşmiştir. 10,8 kg/m³.gün üzerindeki organik yüklerde reaktörlerin performansı %80-83 seviyelerine düşmüştür. Reaktörlerde kullanılan granüler çamurların performansında belirgin bir fark gözlemlenmemiştir. Ji vd. (2020), süt endüstrisi atıksularının arıtımı için farklı mevsim sıcaklıkları altında üç yıldan fazla bir süre boyunca tam ölçekli entegre ABR ve UASB reaktörlerini izlemişlerdir. ABR, UASB’den önce yer almakta olup, UASB aşaması için uygun bir çamur yatağı oluşturmuştur. Böylece UASB’lerde karşılaşılan granüler çamur yapısının bozularak reaktör performansının düşüşü engellenmiştir. Bu sistem ile KOİ konsantrasyonunda ciddi bir düşüş gözlenmiş, giderim verimi %96 seviyelerine ulaşmıştır. Bununla birlikte üretilen yüksek biyogaz miktarı ve düşük enerji tüketimi sistemin önemli çıktıları olarak tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada süt endüstrisi atıksuyunun arıtılabilirliğini araştırmak amacıyla genişletilmiş granüler çamur yataklı (EGSB) ve ters akışkan yataklı reaktörler (IFB)

kullanılmıştır (Bialek vd., 2011). Reaktörler 200 gün boyunca 37°C’de HBS kademeli olarak 72 saatten 12 saate düşürülerek işletilmiştir. EGSB’de 72-12 saat HBS arasında KOİ giderim veriminde belirgin bir fark gözlenmemiş, en kısa HBS’de bile benzer bir arıtma verimliliği seviyesi korunmuştur. IFB’de yüksek uçucu yağ asiti (UYA) konsantrasyonu sebebiyle düşük KOİ giderimi elde edilmiştir. 60 günden sonra UYA konsantrasyonunun düşmesi ile stabil bir performans (%80 KOİ giderim verimi) elde edilmiştir. 160. günden sonra HBS 12 saate düşürüldüğünde IFB reaktöründe UYA konsantrasyonu artışı ile KOİ giderim veriminde azalma kaydedilmiştir. Göblös vd. (2008), çalışmalarında fermente edilmiş peyniraltı suyu ve işlenmemiş peyniraltı suyu olan iki farklı substrat için anaerobik sıralı kesikli reaktörlerin performansını incelemiştir. 5-40 saat HBS’lerinde işletilen reaktörlerin organik yükleri 1,6-12,8 kg/m³.gün arasında değiştirilmiştir. Her iki substrat için de en yüksek KOİ giderim verimi 1,6 kg/m³.gün’de gözlenmiştir. OLR 12,8 kg/m³.gün’e çıkarıldığında fermente edilmiş peyniraltı suyunun arıtım verimi, işlenmemiş olana kıyasla daha yüksek olmuştur. Aynı OLR’de beslenen fermente edilmiş peyniraltı suyu yaklaşık olarak iki katı CH₄ üretim verimine sahiptir. Başka bir çalışmada süt endüstrisi atıksularının arıtımı için 443 gün boyunca ilk olarak 37°C’de UASB, daha sonra 15°C’ye düşürülen işletme koşullarında UASB, EGSB,

EGSB-AF ve son olarak 37°C'de EGSB reaktörlerinin performansı beş farklı aşamada incelenmiştir. Sonuçlar reaktör konfigürasyonunun arıtma performansı üzerine önemini vurgulamış olup UASB reaktörlerde EGSB'ye kıyasla daha iyi KOİ giderim verimi elde edildiğini göstermiştir. Anaerobik arıtma esnasında düşük sıcaklıklarda biyolojik bozulma sınırlayıcı bir etken olmakla beraber, bu çalışmada 15°C'de sırasıyla %65,3, %64,2 ve %77,3 KOİ giderim verimleri kaydedilmiştir. Sonuçlar düşük sıcaklıklar altında da süt endüstrisi atıksularının arıtımının mümkün olabileceğini göstermiştir. Yapılan bir başka çalışmada süt endüstrisi atıksuyu arıtımında hibrit anaerobik perdeli reaktör (HABR) ile yüksek kademeli aktif biyolojik prosesin (MSABP) birlikte uygulandığı konfigürasyonun verimi araştırılmıştır (Chang vd., 2020). Sıcaklık ve HBS'lerin de arıtma verimindeki etkisi değerlendirilmiş olup çalışmanın sonunda; 33°C sıcaklık, 24 saat HBS, 7,35 pH değerlerinde uygulanan konfigürasyon ile %99,89 KOİ giderim verimine ulaşıldığı ve sistemin başarılı olduğu gözlenmiştir. Yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı film reaktör (UASFF) prosesinin uygulandığı süt endüstrisi atıksuyu çalışmasında ise farklı organik yüklerde KOİ giderim verimi incelenmiştir (Sivaprakasam vd., 2021). Çalışmada 0,28-2,33 kg/m³.gün arasında değişen organik yüklerde %70,60-%93 arasında arıtma verimi gözlenmiştir. Omil vd.(2003), süt endüstrisi atıksuyunun arıtımı, anaerobik filtre ve sıralı kesikli biyoreaktör entegre sistemi ile iki sene boyunca incelemiştir. Anaerobik filtre ve sıralı kesikli biyoreaktör sistemiyle arıtılan atıksuyun, organik yüklenme hızı 5-6 kg/m³.gün olup, KOİ giderim verimi %90'ın üzerinde elde edilmiştir. Başka bir çalışmada, anaerobik membran biyoreaktör prosesi (AnMBR), süt endüstrisi atıksuyunun arıtımında farklı besleme oranlarının (4 saatte bir 15 dk. ve sürekli) etkisi incelenmiştir. İki AnMBR prosesi, 37°C'de 1 – 5 g/L-gün organik yüklenme hızlarında ve 40 günlük çamur bekleme süresinde çalıştırılmıştır. Biyogaz üretimi ve organik madde giderimi açısından iki farklı besleme rejiminde reaktör performansına bakıldığında fark gözlenmemiştir. Her iki rejimde de %98'lik KOİ giderimi elde edilmiş olup, başarılı bir arıtım gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, biyogaz üretimi sürekli beslemede kesikli besle-

meye kıyasla daha yüksek ölçülmüştür (Lea vd., 2021). Najafpour vd. (2009), peyniraltı suyunun ortam sıcaklığında bir pilot ölçekli yukarı akışlı anaerobik sabit yataklı biyoreaktörde (UFPB) arıtımını incelemiştir. Reaktörde yüksek OLR ve kısa HBS'lerde (6 – 24 saat) etkili KOİ giderme verimi ve yüksek metan üretimi elde edilmiştir. En yüksek KOİ ve laktöz giderimleri 16 saatlik HBS'de gözlenmiştir. Benzer şekilde en yüksek metan üretimi 16 saatlik HBS'de sağlanmıştır. Patil vd. (2012), peyniraltı suyunun arıtımı için iki aşamalı bir anaerobik filtre (AF)'nin fizibilitesini araştırmıştır. Etkili bir arıtım gerçekleşmiş olup, 9 günlük HBS'de KOİ giderim verimi %94 iken, 12 günlük HBS'de %96'ya yükselmiştir. Başka bir çalışmada süt endüstrisi atıksularının arıtımı 3 aylık bir süre boyunca pilot ölçekli yukarı akışlı anaerobik filtre (UFAF) ile incelenmiştir (Ince, 1998). Reaktörde %85 üzerinde KOİ ve %90 BOİ₅ giderimi sağlanmıştır. Bununla birlikte, reaktörde günlük yaklaşık olarak 770 L CH₄ üretimi olmuştur. Böylece araştırmacılar CH₄ üretiminin anaerobik arıtma için gerekli enerji ihtiyacının yaklaşık olarak en az %40'inin karşılanacağını öne sürmüş, önemini vurgulamıştır. Wang vd. (2009), peynir yapım sürecinde elde edilen atıksuyun, mezofilik sıcaklık koşulu altında anaerobik hareketli biyofilm reaktöründe arıtımını araştırmıştır. KOİ giderme verimi, 2 – 20 g/L-gün organik yüklenme hızlarında %73,2 ve %86,3 arasında gözlenmiştir. Giderilen organik maddenin %88,8 CH₄'e dönüştürülmüş olup, bununla birlikte kısa HBS'lerde uçucu yağ asitlerinin oluşumu reaktörde birikime sebep olmuş, bu durum ani pH düşüşü ile sonuçlanmıştır. Damasceno vd. (2007), seyreltilmiş peyniraltı suyunun arıtımı için farklı besleme süreleri ve farklı OLR, anaerobik sıralı kesikli biyofilm reaktörünün performansını incelemiştir. Uygulanan organik yükler 2, 4, 8 ve 12 g/L-gün olup, daha yüksek organik madde giderimi 2 ve 4 g/L-gün yüklerinde sağlanmıştır. Çalışmada yüksek OLR'lerde (8 ve 12 g/L-gün), reaktör performansını artırmak için besleme süresinin yükseltilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 3.1'de belirtilen süt endüstrisi atıksularının arıtımına yönelik yapılan çalışmalar dikkate alındığında; anaerobik proseslerin işletilmesini optimize edebilmek için reaktör kon-

figürasyonu, sıcaklık, HBS, OLR gibi çeşitli parametrelerin seçimi oldukça önemlidir. Anaerobik arıtım teknolojisinin kanıtlanmış birçok avantajı dikkate alındığında, anaerobik prosesler süt endüstrisi atıksularının arıtımında uygulanmakta ve etkili bir performans göstermektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında değerlendirilen literatür araştırmalarından anaerobik proseslerin kanıtlanmış birçok avantajı olduğu, süt endüstrisi atıksularının arıtımında yaygın bir şekilde uygulandığı ve etkili bir arıtım performansı gösterdiği görülmüştür. Bu proseslerde optimum işletme parametreleri altında, yüksek organik madde giderimi ve yüksek metan üretimi sağlanmaktadır. Bu çalışmada süt endüstrisi atıksularının arıtımında uygulanan çeşitli reaktör konfigürasyonları ve işletme performansları ortaya konmuştur. Bu anlamda anaerobik reaktör performansını büyük ölçüde etkileyen çeşitli işletme parametreleri (pH, sıcaklık, HBS ve OLR) arasındaki farklara yapılan çalışmalar üzerinden dikkat çekilmiştir. Bununla birlikte, düşük sıcaklık (<15°C) koşulları altında yapılan çalışmalarda arıtım veriminin düşük olduğu ve süt endüstrisi atıksularının düşük sıcaklıklarda arıtılmasına ilişkin sınırlı sayıda araştırma olduğundan, bu konuda fizibilite çalışmalarına ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, farklı reaktör konfigürasyonlarının entegre edilmesi ile hibrit biyoreaktör konfigürasyonları genişletilebilir ve böylece anaerobik arıtım teknolojisi geliştirilebilir.

Kaynaklar

- Amini M., Younesi H., Lorestani AAZ., Najafpour G.D., Najafpour. G.D. (2013). Determination of optimum conditions for dairy wastewater treatment in UAASB reactor for removal of nutrients, *Bioresource Technology*, 145:71–9.
- Bialek K., Kim J., Lee C., Collins G., Mahony T., O'Flaherty V. (2011). Quantitative and qualitative analyses of methanogenic community development in high-rate anaerobic bioreactors, *Water Research*, 45, 1298–1308.
- Bilir-Ormancı F.S. (2009). Detection of the important pollution parameters in dairy plants Wastewater, *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 56, 137-139
- Chang M., Wang Y., Zhong R., Zhang K., Pan Y., Lyu L., Zhu T. (2020). Performance of HABR + MSABP system for the treatment of dairy wastewater and analyses of microbial community structure and low excess sludge production, *Bioresource Technology*, 311, 123576.
- Damasceno LHS., Rodrigues, A.D., Ratusznei, S.M., Zaiat, M., Foresti, E. (2007). Effects of feeding time and organic loading in an anaerobic sequencing batch biofilm reactor (ASBBR) treating diluted whey, *Journal of Environmental Management*, 85:927–35.
- Demirel B., Yenigün O., Onay. T.T. (2005). Süt endüstrisi atıksularının havasız arıtımı, *İtü Dergisi Su Kirlenme Kontrolü*, 15:1-3, 3-16.
- Elginöz N., Atasoy M., Finnveden G., Cetecioglu Z. (2020). Ex-ante life cycle assessment of volatile fatty acid production from dairy wastewater, *Journal of Cleaner Production*, 269, 122267.
- Erguder TH., Tezel U., Guven E., Demirel GN. (2001). Anaerobic biotransformation and methane generation potential of cheese whey in batch and UASB reactors, *Waste Management*, 21:643–50.
- Göblös SZ., Portörö P., Bordas D., Kalman M., Kiss I. (2008). Comparison of the effectivities of two-phase and single-phase anaerobic sequencing batch reactors during dairy wastewater treatment, *Renewable Energy*, 33, 960–965.
- Ince O. (1998). Potential energy production from anaerobic digestion of dairy wastewater, *Journal of Environmental Science Health, Part A*, 33:1219–28.
- Ji S., Ma W., Wei Q., Zhang W., Jiang F., Chen J., (2020). Integrated ABR and UASB system for dairy wastewater treatment: Engineering design and practice, *Science of the Total Environment*, 749, 142267.
- Karadağ A., Köroğlu OE., Ozkaya B., Cakmakci M. (2015). A review on anaerobic biofilm reactors for the treatment of dairy industry wastewater, *Process Biochemistry*, 50, 262–271.
- Karadağ D., Köroğlu O E., Ozkaya B., Cakmakci M., Heaven S., Banks, C. (2014). A review on fermentative hydrogen production from dairy industry wastewater, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 89(11), 1627-1636.
- Kumar M., Choubey VK., Deepak A., Gedam VV., Raut RD. (2021). Life cycle assessment (LCA) of dairy processing industry: A case study of North India, *Journal of Cleaner Production*, 326, 129331.

- Lei Z., Yang S., Li Y., Wen W., Wang X.C., Chen R. (2018). Application of anaerobic membrane bioreactors to municipal wastewater treatment at ambient temperature : A review of achievements, challenges, and perspectives, *Bioresource Technology*, 267, 756–768.
- Lei Z., Yang S., Li Y., Wen W., Wang X.C., Chen R. (2018). Application of anaerobic membrane bioreactors to municipal wastewater treatment at ambient temperature : A review of achievements, challenges, and perspectives, *Bioresource Technology*, 267, 756–768.
- Liao B-Q., Kraemer J.T., Bagley D.M. (2006). Anaerobic membrane bioreactors: applications and research directions, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 36:6, 489-530.
- McAteer P.G., Trego A.C., Thorn C., Mahony T., Abram F., O’Flaherty, V. (2020). Reactor configuration influences microbial community structure during highrate, low-temperature anaerobic treatment of dairy wastewater, *Bioresource Technology*, 307, 123221.
- Najafpour G.D., Tajallipour M., Komeili M., Mohammadi M. (2009) Kinetic model for an upflow anaerobic packed bed bioreactor: dairy wastewater treatment, *African Journal of Biotechnology*, 8:3590–6.
- Omil F., Garrido J.M., Arrojo B., Mendez R. (2003). Anaerobic filter reactor performance for the treatment of complex dairy wastewater at industrial scale, *Water Research*, 37 (17), 4099-4108.
- Patil S.S., Ghasghse N.V., Nashte A.P., Kanase S.S., Pawar R.H. (2012). Anaerobic digestion treatment of cheese whey for production of methane in a two stage upflow packed bed reactor, *International Journal of Advanced Science and Technology*, 1:1–7.
- Prazeres A.R., Carvalho F., Rivas J. (2012). Cheese whey management: a review, *Journal of Environmental Management*, 110:48–68.
- Rahul K.B., S B., Femin M., Maneesha M.M., Elsint J., Anjali M. (2022). Different treatment methodologies and reactors employed for dairy effluent treatment - A review, *Journal of Water Process Engineering*, 46, 102622.
- Ramasamy E.V., Gajalakshmi S., Sanjeevi R., Jithesh M.N., Abbasi S.A. (2004). Feasibility studies on the treatment of dairy wastewaters with upflow anaerobic sludge blanket reactors, *Bioresource Technology*, 93, 209–212.
- Sala S., Anton A., McLaren S.J., Notarnicola B., Saouter E., Sonesson U. (2017). In quest of reducing the environmental impacts of food production and consumption, *Journal of Cleaner Production*, 140, 387–398.
- Shoener B.D., Zhong C., Greiner A.D., Khunjar W.O., Hong P-Y., Guest, J.S. (2016). Design of anaerobic membrane bioreactors for the valorization of dilute organic carbon waste streams, *Energy & Environmental Science*, 9, 1102-1112.
- Sivakumar P., Bhagiyalakshmi M., Anbarasu K. (2012). Anaerobic treatment of spoiled milk from milk processing industry for energy re-covery – a laboratory to pilot scale study, *Fuel*, 96:482–6.
- Sivaprakasam S., Balaji K., (2021). Biodegradation performance of UASFF reactor in treating Dairy wastewater under various organic Loading rate, *Materials Today*, 43, 1167–1172.
- Stakinakis A.S., Charalambous P., Vyrides I. (2022). Dairy wastewater management in EU: Produced amounts, existing legislation, applied treatment processes and future challenges, *Journal of Environmental Management*, 303, 114152.
- Tan L.C., Peschard R., Deng Z., Ferreira A.L.M., Lens P.N.L., Pacheco-Ruiz. S. (2021). Anaerobic digestion of dairy wastewater by side-stream membrane reactors: Comparison of feeding regime and its impact on sludge filterability, *Environmental Technology & Innovation*, 22, 101482.
- Vidal G., Carvalho A., Mendez R., Lema J.M. (2000). Influence of the content in fats and proteins on the anaerobic biodegradability of dairy wastewaters, *Bioresource Technology*, 74:231–9.
- Wang S., Rao N.C., Qiu R., Molett R. (2009). Performance and kinetic evaluation of anaerobic moving bed biofilm reactor for treating milk permeate from dairy industry, *Bioresource Technology*, 100:5641–7.

Yabancı ot-Kültür Bitkisi Etkileşimi: Rekabet

¹Fulya BAŞARAN

¹Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Bitki Sağlığı Bölümü, Yalova, Türkiye

Özet

Rekabet, hayatta kalmak için mücadele ve var oluşa devam etmek olarak ifade edilir. Bitkiler arasındaki rekabet ise, bitki türlerinin eşzamanlı olarak sınırlı kaynakları aşan taleplerde buldukları, her iki bitkinin de hayatta kalma mücadelesi verirken, birinin daha az mücadele ettiği olumsuz bir etkileşimdir. Benzer şekilde kültür bitkisi-yabancı ot rekabeti, büyüme için gereken kaynak arzının toplam talebinin altına düştüğü iki veya daha fazla tür arasındaki ilişkidir. Büyüme için gereken kaynak bol olduğu zaman rekabet gerçekleşmez. Bununla birlikte, büyüme faktörlerinin arzı yetersiz kaldığında rekabet hemen başlar. Kültür bitkisi yabancı ot rekabeti iki durumdan ortaya çıkar. Bunlardan birincisi besin maddesi, nem, ışık ve yer için yapılan doğrudan rekabet iken diğeri ise dolaylı rekabet olarak ifade edilen ve allelopatik kimyasalların ekzudasyonu ve /veya üretimi yoluyla gerçekleşmektedir. Yabancı ot kültür bitkisi etkileşiminde ortaya çıkan rekabet sonucu tarımsal üretim alanlarında ciddi verim kayıpları ortaya çıkmaktadır. Yabancı ot mücadelesinde kritik periyodun bilinmesi ise bu rekabetten kaynaklı kayıpları önlemede önem arz eder. Bu derlemede doğrudan rekabet için gereken kaynaklar ve rekabetin sonuçları ile kritik periyot konularına değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kritik periyot, yabancı ot mücadelesi, verim kaybı

Weed-Crop Interaction: Competition

¹Fulya BAŞARAN

¹Atatürk Horticultural Central Research Institute, Department of Plant Health, Yalova, Türkiye

Abstract

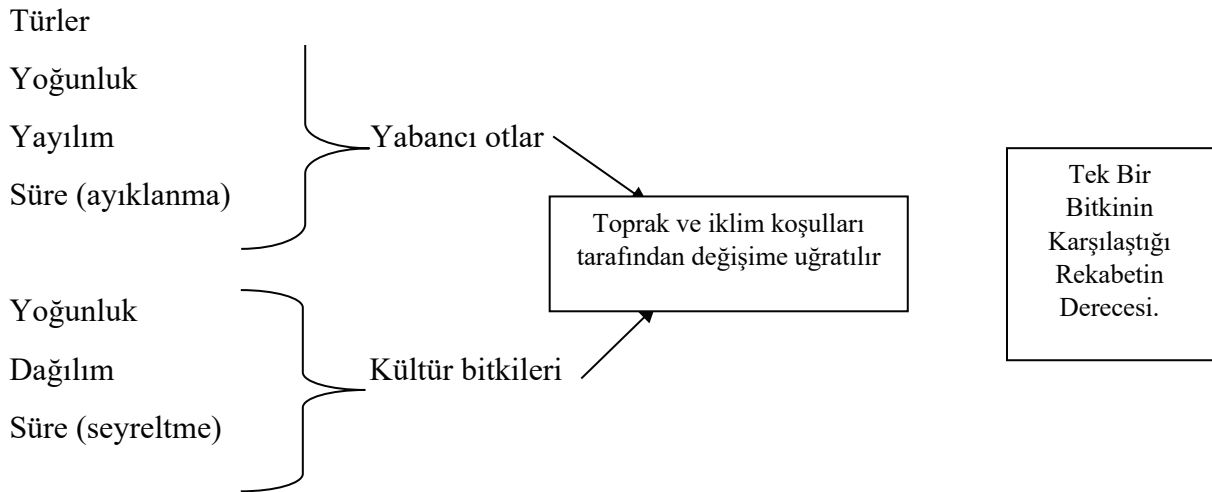
Competition is expressed as the struggle for survival and the continuation of existence. Competition within the plant community is a negative interaction in which plant species simultaneously make demands that exceed limited resources, while both plants struggle to survive while one struggles less. Similarly, crop-weed competition is the relationship between two or more species in which the supply of resources required for growth falls below the total demand. Competition does not take place when the resources required for growth are abundant. However, it starts immediately when the supply of growth factors becomes insufficient. Crop-weed competition arises from two situations. While the first of these is direct competition for nutrients, moisture, light and space, the other is through the exudation and / or production of allelopathic chemicals, which are expressed as indirect competition. Serious yield losses occur in agricultural production areas as a result of competition emerging in weed crop interaction. Knowing the critical period in weed control is important in preventing losses caused by this competition. In this review, resources required for direct competition and the results of competition, critical period issues are discussed.

Keywords: Critical period, weed control, yield loss

1.Giriş

Yabancı ot terimi, Almanca orjinli bir kelime olup, ilk olarak Britanya’da tarım devriminin başlamasında öncü olan İngiliz çiftçi Jethro Tull tarafından kullanılmıştır. Amerika Yabancı ot Bilim Derneği (WSSA)’nin tanımına göre “yabancı ot, istenmediği yerde büyüyen bitkidir” (Buchholtz, 1967). Bir başka deyişle yabancı otlar; “sakıncalı olan veya insanın faaliyetlerine veya refahına müdahale eden herhangi bir bitki” olarak tanımlanmıştır (Humburg, 1989). Dünyada tahıl üretim alanları, ormanlık alanlar, meyve bahçeleri, göletler, havaalanları ve kamu alanlarında tanımlanmış yaklaşık 30.000 adet yabancı ot türü mevcuttur (Gupta, 2004). Genel olarak yabancı otlar, kültür bitkilerine göre agroekosisteme daha fazla adapte olma özelliğindedir. Yabancı otlar ve kültür bitkileri; kök sistemi, gelişim ve büyümesi, çevrelerindeki kaynakları kullanma gibi özellikler bakımından birbirlerine çok benzerler. Hem yabancı otlar hem de kültür bitkileri büyüme ve gelişimleri için gereken atmosferdeki CO₂ ve N(azot), topraktaki su ve mineraller ile güneş ışığı için rekabete girerler. Yabancı ot ile kültür bitkisi arasındaki rekabet süresinin

artması ilk etapta, kültür bitkisinin çimlenmesini ve gelişimini azaltır. Sonraki aşamalarda ise kültür bitkisinin boyu, kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi, net asimilasyon oranı (NAR), bitki büyüme oranı (CGR), nispi büyüme hızı (RGR), klorofil indeksi ve yaprak kalınlığı gibi fizyolojik parametrelerde düşüş gözlenir. Sonuçta, kültür bitkisinin gelişimi olumsuz etkilenir ve verim önemli oranda azalmaya başlar (Reddy, 2018). Yabancı otlar, kültür bitkilerinin tüm yaşam döngüsü boyunca rekabete girerler ancak bu rekabetin tüm aşamalarda etkisi aynı değildir. Yabancı otların özellikle kültür bitkisinin büyüme döneminde etkileyerek, verim üzerinde olumsuz etkilere neden olurlar. Başlangıçta kültür bitkisinin yavaş büyümesi nedeniyle yabancı otlar, daha fazla kaynak kullanarak kendilerine avantaj sağlamaktadırlar. Yabancı otların kültür bitkilerinin verimi üzerine en yüksek azalmaya neden olduğu bu süre, kültür bitkisinin yaşam döngüsünde kısa bir periyottur, ancak verimi üzerinde ciddi düzeyde olumsuz etkiye sahiptir. Tek bir bitkinin karşılaştığı rekabeti gösteren şematik diyagram Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Bir bitkinin karşılaşılabileceği rekabetin derecesi (Zimdahl, 2004)

2. Yabancı Ot-Kültür Bitkisi Rekabeti Etkileyen Faktörler

Yabancı ot kültür bitkisi rekabeti birbiriyle ilişkili 6 faktöre bağlıdır. Bunlar;

yabancı ot çıkış zamanı, gelişme şekli ve hızı, yabancı ot yoğunluğu, yabancı otların gelişme süreleri, yabancı otun ve kültür bitkisinin türüdür (Hasanuzzaman, 2015).

2.1. Yabancı ot çıkış zamanı

Bir alanda su, besin maddesi ve güneş ışığını etkili bir şekilde alan ve o bölgede ilk olarak ortaya çıkan bitkiler daha sonra gelişen bitkilere göre belirgin rekabet avantajlarına sahiptir. Böyle bir rekabet, kültür bitkisinin erken fenolojik dönemine rastlayacağından, kültür bitkisi daha çok etkilenecektir (Grundy, 2003).

2.2. Gelişme şekli ve hızı

Kök gelişim alanı, bitki boyu, yaprak alanı, dallanma miktarı olarak gelişme şekli ve bir diğeri üzerinde çok hızlı bir şekilde gelişerek sonradan gelişen bitki topluluklarına göre gölgeleme avantajına sahip olması bakımından gelişme hızı, rekabette önemlidir (Jordan, 1989).

2.3. Yabancı ot yoğunluğu

Yabancı otların sayıca üstün olması, kültür bitkileri için su, besin maddeleri ve ışığın mevcudiyetini büyük ölçüde azaltır ve rekabette başarı sağlar. Yabancı ot kuru maddesindeki 1 kilogramlık artış, kültür bitkisinin kuru maddesindeki 1 kilogramlık kayba eşittir. Bununla birlikte işlenmiş veya tarımsal üretim yapılan topraklarda yabancı ot yoğunluğu genellikle işlenmemiş topraklara göre daha yüksektir (Rejmánek vd., 1989).

2.4. Yabancı otların gelişme süreleri

Yabancı otların uzun süre büyümesine izin verilirse, kültür bitkisinin verimi büyük ölçüde düşebilir. Çıkış tarihinden itibaren iki ila üç hafta içinde kontrol edilmeyen yabancı otlar genellikle ürün verimini etkiler. Çoğu üründe ilk üç ila sekiz hafta boyunca yabancı ot istilası çok kritiktir ve yabancı ot istilasının kritik periyodu olarak adlandırılır. Bu dönemde tarımsal üretim alanları yabancı otlardan arındırılmalıdır (Van Heemst, 1985).

2.5. Yabancı ot türü

Yabancı ot türleriyle kültür bitkileri rekabet etme yetenekleri bakımından farklılık gösterir. Bu, öncelikle büyüme farklılıklardan ve komşu kültür bitkilerinin çimlenmesi ve büyümesi üzerinde gösterebilecekleri allelopatik etkiden kaynaklanmaktadır. Kuru alanlarda, köygöçüren (*Cirsium arvense* (L.) Scop.) ve tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) gibi çok yıllık yabancı otlar, derin kökleri ve yoğun sürgün büyümesi

nedeniyle tek yıllık yabancı ot türlerinden daha rekabetçi bulunmuştur (İnderjit, 2004).

2.6. Kültür bitkisinin türü

Kültür bitkilerinin tür ve çeşitleri yabancı otlarla rekabet kabiliyetleri bakımından farklılık gösterir. Örneğin; yabancı otlar ile rekabet kabiliyeti bakımından üstün olan tahıllar sırasıyla arpa, çavdar, buğday ve yulaf gelmektedir. Arpanın yabancı otlarla rekabetteki başarısının nedeni, ilk üç haftalık büyüme döneminde diğer tahıllara göre daha geniş kökler geliştirme özelliğindedir (Spitters ve Aerts, 1983).

3. Kültür Bitkisi- Yabancı Ot Rekabeti

Kültür bitkisi yabancı ot rekabeti, doğal ekosistemde var olmak ve üstünlük sağlamak amacıyla kaynaklar için mücadele etmektir. Bu mücadele iki farklı yönden gerçekleşebilmektedir. Bunlar; besin maddesi, su, ışık ve yer gibi kaynaklar için gerçekleşen doğrudan rekabet ve allelopatik kimyasalların ekzudasyonu veya üretimi yoluyla gerçekleşen dolaylı yoldan rekabettir (Hasanuzzaman, 2015). Esas olarak kültür bitkisi ve yabancı otlar büyüme ve gelişme için gerekli olan kaynaklardan ışık, CO₂, toprak nemi, besin maddeleri, yer vb. konularda rekabet ederler. Tür içi ve türler arası rekabet, büyüme ve gelişmenin fizyolojik özelliklerini büyük ölçüde değiştirebilmektedir. Örneğin yaprak mezofilinde CO₂ mevcudiyeti, ışık ve su başta olmak üzere çevresel kaynakların kullanımında farklılıklara yol açarak fotosentetik verimi düşürebilmektedir. Bu da büyüme ve gelişmede sıkıntılara yol açmaktadır (Zimdahl, 2004). Kültür bitkisi ile yabancı ot rekabetinin şiddeti her iki bitkinin de çıkış zamanı ve hızına bağlıdır (Üremiş, 1993). Bu rekabette hangi bitki erken çıkış yapar ise avantajlı duruma gelmektedir. Bir ürünlerdeki yabancı ottan kaynaklanan rekabet seviyesini belirleyen üç ana süreç Radosevich ve Roush (1990) tarafından tanımlanmıştır ve çoğu araştırmacı tarafından da kabul edilmiştir. Kültür bitkisinin ve yabancı otların ortaya çıkış zamanı genellikle müdahalenin sonucunu belirler. Kültür bitkisi yabancı otlardan önce ortaya çıktığında, genellikle rekabet savaşını kazanır; bunun tam tersi de doğrudur. İkinci bir faktör, büyüme yeteneği ve çevredir. Bunlar birbiriyle ilişkilidir, çünkü büyüme kesinlikle çevreden etkilenir, ancak bazı türlerinin (*Setaria viridis* (L.)

P.Beauv. ve *Convolvulus arvensis L.*) gelişmesi, birlikte büyüdüklerinde çevreden bağımsız olarak gelişme gösterirler. Basit bir ifadeyle, rekabet üzerinde bitki büyüme hızının güçlü bir etkisi vardır (Zimdahl, 2004).

3.1. Işık için rekabet

Işık, çeşitli kültür bitkileriyle rekabet eden yabancı otlar arasındaki etkileşimde sınırlayıcı bir bileşen olarak tanımlanmıştır. Süresine, yoğunluğuna ve kalitesine bağlı olarak ışık, bitkilerin gelişim ve büyümesi için gerekli birçok aşamayı düzenler. Yabancı otlar, doğrudan ışığı gölgeleme yoluyla keserek kültür bitkisi için ışık kaynağını azaltabilirler. Yapraklar, ışık için rekabet yeridir. Bir yaprak diğerini gölgelediğinde, ışık için rekabet başlar. Işık rekabeti, verimliliğin yüksek olduğu ve yeterli nem bulunduğu durumlarda artar. Çünkü yabancı otlar bu dönemde kuvvetli bir şekilde büyür ve daha geniş yaprak alanlarına ulaşırlar. Geniş yaprak alanına sahip bitkiler, dar yaprak alanına sahip olanlara nispeten rekabette daha avantajlıdır. Hem ışığın kalitesi hem de miktarı rekabetin gerçekleşmesinde önemlidir. Bitki boyu da ışık için rekabette etkilidir. Bitki boyunun uzunluğu, geniş yaprak alanına sahip olması, sürgün yan dallarının daha fazla olması ve yaprağın yönü gibi özellikleri ışık tüketiminde önemlidir (Zimdahl, 2004).

Kalın bitki örtüsü; ışık, su veya besinlerin depolanmasını engeller. Yabancı otlar, alt yaprakların gölgelendirilmesiyle fotosentez için gereken ışığı tüketir. Soya fasulyesi yetiştirilen alanda yabancı otların % 44-56 gölgelemesinin bitkinin verimini % 19-25 oranında azalttığı kaydedilmiştir (Stoller ve Woolley, 1985). Bununla birlikte yabancı otların rekabetçi etkisi, kültür bitkisinden daha fazla büyümesi ve bitki boyunun uzun olmasından dolayı yapraklara gölgelik oluşturarak ışık rekabetine yol açabilmektedir.

Çeltik bitki boyunun yabancı ot rekabet süresi uzadıkça etkilendiği bildirilmiş olup, yabancı otların bulunduğu uygulamada 45 günden sonra bile etkinin tersine dönmediği gözlemlenmiştir. Özellikle çeltikte yabancı otların bulunduğu sürenin artmasının rekabeti arttırmasıyla bitki boyunu azalttığına dair çalışmalar mevcuttur. *Echinochloa colona (L.) Link.* ile rekabette çeltiğin bitki boyunun önemli derecede azaldığı

ve bu azalmanın da yabancı otun yoğunluğu arttıkça arttığı bildirilmiştir (Chauhan ve Johnson, 2010).

3.2. Besin maddeleri için rekabet

Bitkilerin kök yoğunluğu, kök yanal uzantıların çokluğu, kök tüycüklerinin yoğunluğu gibi özelliklerinin fazla olması, su ve bitki besin elementlerinin (N, P, K) alımında avantaj sağlamaktadır. Elbette bu durum erken çimlenme, daha fazla tohum oluşturma, fotosentezin artması gibi faydalar sağlamaktadır. Bitkiler daha çok azot (N), fosfor (P) ve potasyum (K) gibi bitki besin elementleri için rekabet ederler. Yabancı otlar, birçok kültür bitkisine göre bitki besin elementlerini daha hızlı tüketir ve büyük miktarlarda dokularında biriktirebilir. *Amaranthus* türleri, çoğu kez kuru maddesinde % 3'ün üzerinde N biriktirir. *Chenopodium* ve *Portulaca spp.* aynı şekilde potasyum seven yabancı otlardır ve kuru maddesinde % 1.3'ün üzerinde potasyum biriktirebilir. Yabancı otlar sadece yüksek besin elementinin alınımı ve biriktirme kapasitesine sahip olmakla kalmazlar, aynı zamanda yüksek miktarlarda kuru madde miktarına da sahip olurlar. Besin maddelerinden özellikle azot için rekabet en önemli sorunlardan biridir. Çünkü azot mevcudiyeti, özellikle düşük miktarlarda azot bulunan topraklarda bir başka deyişle azot ihtiyacına gereksinim duyan bütün bitkilerde, bitki büyümesini sınırlayıcı bir faktördür. Besin maddeleri için rekabet edildiğinde, özellikle yabancı otların bulunduğu süre uzadıkça yabancı otların biyokütle miktarı artmakta ve kültür bitkilerinin verimi olumsuz etkilenmektedir (Zimdahl, 2004). Erken dönemde mısır ve yabancı otun besin maddesi için rekabetini ve yabancı otların kaldırdığı besin maddelerinin miktarını belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada; 92 dekar arazide 7 örnekleme alanından yabancı otlar ve mısır örnekleri, mısır ekildikten 1 ay sonra toplanmıştır. Parsellerdeki yabancı ot türleri ve toplam sayıları belirlenmiştir. Araziden toplanan yabancı ot türleri ve mısırın yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Örnekler, N, P, K ve Ca (Kalsiyum) açısından analiz edilmiştir. Yabancı ot bulunan ve yabancı ot bulunmayan arazilerden alınan mısır bitkilerinin besin madde içerikleri ile ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada 12 yabancı ot türü tespit edilmiştir. Yabancı otlar içinde en baskın türler sırasıyla,

Datura stramonium L., *Cannabis sativa L.*, *Amaranthus chlorostachis Willd.*, *Chenopodium album L.*, *Chenopodium hybridum L.* olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, yabancı otların, popülasyonu yoğun olan alanlarda orta yoğunlukta popülasyonu olan alanlara göre besin maddelerini daha yüksek oranda kaldırdığı belirlenmiştir. Ayrıca yabancı otlar ve mısır arasındaki rekabetin mısırın erken dönem vejetasyon dönemindeki periyotta daha fazla meydana geldiği rapor edilmiştir. Çalışma sonucunda, yabancı otların birim alandan daha fazla besin maddesi kullandığı kaydedilmiştir (Lehoczky ve Reisinger, 2003).

3.3. Su için rekabet

Su için rekabet, bitkilerin toprak altı organlarında kökler arasında meydana gelir. Su alım kabiliyeti köklerin hacmine bağlıdır. Ancak köklerin sadece köklenme bölgelerinin boyutları değil, aynı zamanda absorbe edebilme kabiliyetleri de önemlidir. Genellikle yabancı otlar kültür bitkilerine göre daha fazla suyu transpirasyonla kaybederler (Zimdahl, 2004). Yabancı otlu arazide toprak nemi, kültür bitkisinin en çok ihtiyacı olduğu dönem olan meyve tutum aşamasına geldiği zaman azalmış olur. Suyun kullanımı, köklerin ne kadar derine gittiği ile ilgilidir. Kökleri daha derinde olan yabancı otlar topraktan daha fazla su tüketir. Bununla birlikte yabancı ot türlerinin çoğu C4 bitkisi olup, çoğunluğu C3 tipi olan kültür bitkilerine göre daha fazla su kullanma kapasitesine sahiptir. C4 bitkilerinde mezofil hücrelerde sentezlenen 4 karbonlu bileşikler demet kını hücrelerindeki CO₂ kaynağıdır. Bu nedenle C4 bitkilerinin düşük CO₂ koşullarında bile fotosentez hızı yüksektir. CO₂ miktarının arttığı koşullarda C4 bitkilerinin C3 bitkilerine oranla suyu ve azotu daha etkin kullandığı belirlenmiştir (Leakey vd., 2009).

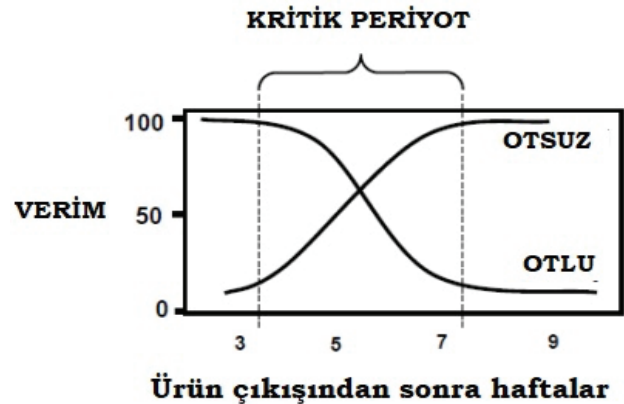
4. Yabancı Ot Mücadelesinde Kritik Periyot

Yabancı ot ve bitkiler arasındaki rekabetin ön plana çıktığı ve bitki gelişimi esnasındaki bir zaman dilimi olarak tanımlanan kritik periyot kavramı; tarımda ilk defa 1960'lı yılların sonuna doğru geliştirilmiştir. Tarım alanlarında yoğun oldukları belirlenen yabancı otların kültür bitkisinde verim ve kalite yönünden meydana getire-

ceği zararın tespit edilmesi, bu alanda yabancı otlarla kültür bitkisi arasındaki rekabetin incelenerek bu rekabetin kültür bitkisi ve yabancı otun hangi dönemlerinde önemli olduğunun belirlenmesi kritik periyodun amacını oluşturmaktadır (Tursun vd., 2016). Yabancı ot mücadelesinde herbisit kullanımını kritik periyoda göre yapmak ise entegre mücadelesinin bir parçası olarak görülmektedir (Knezevic vd., 2002). Yabancı ot mücadelesi için kritik periyot (CPWC), yabancı ot müdahalesi nedeniyle oluşan verim kaybını önlemek için kültür bitkisinin yabancı otsuz tutulması gereken gelişme dönemi olarak ifade edilmektedir (Van Acker vd., 1993).

Yabancı ot rekabeti için kritik dönem iki faktöre göre belirlenmektedir. Bu faktörler; kültür bitkisinin yetiştirilme döneminde eşik değer olan %5 lik verim kaybını önlemek için gereken yabancı otsuz dönem (CWFP) ve kültür bitkisinin verim kaybına ulaşmadan önce yabancı otla rekabette kalabileceği maksimum süre yani yabancı otların öldürülmesi gereken zaman (CTWR)'dir. Bu iki dönem kritik periyodun başlangıcını ve sonunu tanımlar (Reddy, 2018).

Kısaca, bir kültür bitkisinin gelişme dönemi içerisinde, yabancı ot mücadelesi sonucu verim artışının maksimuma yaklaştığı nokta ile yabancı ot mücadelesi yapılmaması halinde verim kaybının başladığı nokta arasındaki süreye "Kritik Periyot" denilmektedir (Işık vd., 2006). Kritik periyot ile ilgili grafik, Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Yabancı ot-kültür bitkisi rekabetinde kritik periyot

Bazı bitkisel ürünlerde yabancı ot mücadelesine yönelik olarak kritik periyodların belirlenmesi amacıyla çok çeşitli çalışmalar yürütülmüştür.

Kanada'nın güneyinde mısır alanlarında yabancı ot kontrolünün kritik periyodunu ve yabancı ot varlığının mısır yaprağı alanı üzerindeki etkisini belirlemek için saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kritik dönemin başlangıcı ve sonu, mısır gelişiminin 3 ila 14 yapraklı evreleri arasında değişiklik göstermiştir. Yabancı otların, mısır bitkisinin her bir yaprağının yaprak alanını azaltarak ve alt yaprakların yaşlanmasını hızlandırarak zarar oluşturduğu bildirilmiştir (Hall vd., 1992).

Soya (*Glycine max (L.) Merr*)'da yabancı ot mücadelesinde kritik periyodu belirleme amacıyla iki yıllık arazi çalışması gerçekleştirilmiş ve bu periyot içerisinde hem kritik yabancı otsuz periyot hem de kritik yabancı ot öldürme zamanı olarak iki farklı periyot incelenmiştir. Yabancı otsuz kritik periyot, süre olarak nispeten kısa bulunmuş olup hem lokasyon hem de yıllar içinde benzer olduğu kaydedilmiştir. Çıkıştan yaklaşık 30 gün sonra dördüncü nod (V4) büyüme aşamasına kadar yabancı ot mücadelesinin yapılması, %2,5'ten fazla verim kaybını önlemek için yeterli bulunmuştur. Yabancı otları öldürmek için gereken kritik zaman ise, lokasyonlara, yıllara ve araziye göre değişkenlik göstermiştir. Kültür bitkisinin çıkışından yaklaşık 9. ila 38. gün arasında gerçekleşen ikinci düğüm büyüme aşamasından (V2) başlangıç kapsül büyüme aşamasına kadar olan sürede yapılan yabancı otların öldürülmesi ile verim kaybı %2,5 seviyesinde olmuştur. Yabancı ot müdahalesine bağlı olarak en hızlı verim kaybının yaşandığı fenolojik dönemin; çiçeklenme başlangıcından tohum başlangıcına kadar olan sürede meydana geldiği belirlenmiştir (Van Acker vd., 1993). Aydın ilinde pamuk üretim alanlarında yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada en yüksek verimin Nazilli ve Söke'de 12 hafta süresince yabancı otsuz bırakılan parsellerden alındığı ve kritik periyodun 1. hafta ile 6. haftalar arasında olduğu rapor edilmiştir (Kaya ve Nemli, 2003). Nohut ekim alanlarında kritik periyodu belirlemek amacı ile farklı zamanlarda yapılan yabancı ot mücadelesinin uy-

gulandığı bir çalışmada, yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun, çıkıştan itibaren 8. ve 9. haftalara kadar olduğu rapor edilmiştir. Dolayısıyla nohudun çıkışından itibaren, bu süreler dışında yapılan mücadelenin verim artışı açısından önemli bir etkisinin olmayacağı belirlenmiştir (Eroğlu, 2006). Kahramanmaraş ilinde üç mısır varyetesinde (patlak mısır, at dişi mısır ve şeker mısır) yabancı ot mücadelesi için kritik periyodun belirlenmesi amacıyla iki yıllık bir çalışma yürütülmüştür. Sonuçta, yabancı otlu ve yabancı otsuz sürenin oransal mısır verimine olan etkisi hesaplanmış yabancı otlu süre arttıkça her iki yılda da mısır verimlerinde düşüş kaydedilmiştir. Patlak mısırdaki yabancı otsuz kalması gereken süre kabul edilebilir %10 verim kaybında ilk yıl 145-530 GDD (Toplam gün sıcaklık), V1-V8 yapraklı dönem olurken, ikinci yılda 156-550 GDD, V1-V8 yapraklı dönem olarak hesaplanmıştır. At dişi mısırdaki ilk yıl 228-640 GDD, V2-V10 yapraklı dönem olarak belirlenirken, ikinci yılda ise 200-521 GDD, V2-V8 yapraklı dönem olarak saptanmıştır. Şeker mısırdaki ise bu süreler ilk yılda 258-520 GDD, V3-V8 yapraklı dönemde olup ikinci yılda ise 217-512 GDD, V2-V8 yapraklı dönem olarak belirlenmiştir. Kısaca %10 verim kaybında mısır varyetelerine göre değerlendirme yapılmaksızın mısırın V2 yapraklı dönemden itibaren başlamak üzere V10 yapraklı döneme kadar yabancı otlarla mücadele edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (Tursun vd., 2015). Kahramanmaraş'ta pamuk alanlarında farklı sıra arası mesafelerin %5 kabul edilebilir verim kaybında kritik periyoda etkisinin araştırıldığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna göre, 50 cm sıra arası mesafe uygulandığında kritik periyot 124-508 GDD olurken, 70 cm sıra arası mesafede 144-616 GDD ve 90 cm sıra arası mesafede ise 83-755 GDD arasında bulunmuştur (Tursun vd., 2016). Hatay'da yerfıstığı üretim alanlarında yabancı ot mücadelesine esas alınan kritik dönemin araştırıldığı bir çalışmada, % 2.5 kabul edilebilir verim kaybı esas alındığında kritik dönem 0-2335 GGD (Günlük Gelişme Derecesi), 0-154 gün, % 5 esas alındığında kritik dönem 0-1981 GGD, 0-135 gün ve % 10 esas alındığında kritik dönem 0-1620 GGD, 0-109 gün olarak belirlenmiştir. Buna göre yer fıstığı ekimiyle beraber yabancı ot mücadelesinin başlaması gerektiği sonucuna varılmıştır (Üremiş ve Abacı, 2016). Şeker pancarında yabancı

otlarla mücadelede kritik dönem şeker pancarı gelişiminin yavaş seyrettiği 10-12 haftalık periyottur ve bu dönemde uygulanacak mücadele yöntemleri yabancı ot yoğunluğunu önemli oranda azaltabilmektedir (Işık ve Akça,2018). Tokat ilinde yağlık ayçiçeğinde yabancı otlarla en uygun mücadele döneminin (kritik periyot) belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada; ayçiçeğinde yabancı otlarla mücadelede en uygun dönemin 4. hafta ile 6. hafta arası olduğu kanaatine varılmıştır (Kaya vd.,2020).

Börülcenin kritik periyodu ve yabancı otların verim ve kalitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; börülce ile rekabete giren yabancı otların, geniş yapraklı *Trianthema monogyana L.*, *Commelina benghalensis L.* ve *Digera arvensis Forssk.* ile dar yapraklı *Cyperus rotundus L.*, *Echinochloa colona L.* olduğu tespit edilmiştir. Verim, ekimden 20 gün sonra yabancı otlarla börülce arasındaki rekabetinin artmasıyla önemli derecede azalmıştır. Yabancı otsuz koşullarda ise ekimden sonraki 60 gün boyunca verim önemli derecede artış göstermiştir. Kritik periyodun ekimden sonraki 25.-57. günler arasında olduğu rapor edilmiştir. Yüksek verim ve faydanın sağlandığı oranın, ekimden sonra 60 gün boyunca otsuz bırakılması durumunda olduğu kaydedilmiştir (Yadav vd., 2018).

Bazı sebze üretim alanlarında yabancı otlarla mücadelede birçok kritik periyot belirlenme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Erzurum ili patates ekim alanlarında yabancı ot mücadelesi için kritik periyodun belirlenmesi amacı ile 1999-2000 yıllarında yapılan bir çalışmada, yabancı ot mücadelesi ilk 90 güne kadar yapılan parseller ile yabancı ot mücadelesi yapılmayan parseller arasında % 80 oranında verim kaybı farkı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada patates üretim alanlarında 25. gün ile 70. gün arasındaki süreyi yabancı otlarla mücadelede kritik periyot olarak belirlenmiştir (Tozlu vd., 2005). Erzurum ili fasulye ekim alanlarında kritik periyodu belirlemek amacı ile yürütülen bir çalışmada, ilk yıl m² de ortalama 119,2 adet yabancı ot bulunan denemede yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun; çıkıştan sonraki 3-7. haftalar arası, olduğu belirlenmiştir. Sonraki yılda m²'de 42 adet yabancı ot bulunan denemede ise kritik periyodun 7- 8. haftalar arasında olduğu kaydedilmiştir

(Saltabaş ve Zengin, 2001). Erzurum ili marul yetiştiriciliği yapılan alanlarda kabul edilebilir oranda marul verimini sağlamak için marulun fide dikiminden itibaren ilk 13 gün yabancı otsuz tutulması gerektiği belirlenmiştir (Kaymak, 2007). Mersin ili pırasa üretim alanlarında yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun ise dikim sonrası 30-57 gün arasında olduğu kaydedilmiştir (Karacan, 2005). Tokat ili ıspanak alanlarında Ağustos ayında kurulan denemede kritik periyodun çıkıştan sonra birinci ile dördüncü haftalar arası, Ekim ayında kurulan denemede ise 2. ve 4. haftalar arası olduğu belirlenmiştir (Özaslan vd., 2009). Pakistan'da brokoli (*Brassica oleraceae L. var. italica*) üretim alanlarında yabancı ot rekabeti için kritik dönemi belirlemek üzere iki yıllık bir tarla denemesi gerçekleştirilmiştir. Çeşitli yabancı ot mücadele uygulamalarının etkisi ile ilgili olarak en iyi uygulamaların fide dikiminden sonra 15. gün ve ardından 30. gün de yapılan çapalama uygulamasıyla sağlandığı kaydedilmiştir (Latif vd., 2021). Kahramanmaraş ilinde kırmızıbiber (*Capsicum annum L.*) ekim alanlarında sorun olan yabancı otların mücadelesi için gereken kritik periyot süresinin belirlenmesi için kurulan denemelerde; iklim koşulları, yabancı ot yoğunluğu ve çeşitlerinin etkileri göz önünde bulundurulmuştur. Sonuçta %10 verim kaybı için kültür bitkisi çimlenmesini takiben 1-2 haftadan başlayıp 49. güne (7. haftaya) kadar arazide yapılacak yabancı ot mücadelesinin kırmızıbiberin veriminde olumlu yönde bir etki yaptığı belirlenmiştir (Pamukoğlu, 2011).

5. Yabancı Ot-Kültür Bitkisi Rekabetinin Verime Etkisi

Kültür bitkisinin yabancı otlarla rekabet yeteneği, bitkinin yaşam döngüsü boyunca değişir. Yabancı otları farklı zamanlarda mücadelenin etkisi bu nedenle büyük önem arz eder. Bu amaçla iki uygulama yapılmaktadır. Bunlar; (i) Kültür bitkisi, büyüme döngüsünün başlangıcından itibaren farklı dönemlerde yabancı otlardan arındırılır ve ardından yabancı otların serbestçe gelişmesine izin verilir. (ii) Yabancı otların ilk başta kesintisiz büyümesine izin verilir, ancak kültür bitkisinin gelişiminin çeşitli aşamalarında uzaklaştırılır ve büyüme döngüsünün sonuna kadar sürekli olarak uzaklaştırılır (Zimdahl, 2004).

Yabancı ot florasının ve yoğunluğunun fazla olması kültür bitkilerinde gelişim başlangıcından itibaren başlayarak etkiler ve rekabet süresi arttıkça nihayetinde kültür bitkisinin kalitesi ni ve verimini azaltır. Bu anlamda yabancı ot mücadelesini kritik periyoda göre yapmak hem kimyasalların maliyetini düşürmek hem de zaman tasarrufu sağlamak açısından ekonomiktir.

Yabancı otlar, ekonomik önemi bilinmeyen, istenmeyen bitkiler olup, kültür bitkilerinin olduğu alanlarda ekonomik olarak zararlı olabilecek bitkilerdir. Tarımsal üretim söz konusu olduğunda yabancı otların ciddi bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır (Badhai vd., 2021). Yabancı otlar yerden yere ve mevsimden mevsime değişiklik gösterdiğinden, bu verim kayıpları esas olarak bir üretim alanında büyüyen yabancı otların türüne ve yoğunluğuna bağlıdır (Reddy, 2018). Dünyada belli başlı kültür bitkilerinde (buğday, mısır, çeltik, pamuk ve soya) zarara neden olan hastalık, zararlı ve yabancı otların neden olduğu ürün kaybı yaklaşık % 67,15 olup, bunun % 31,62'si ise yabancı otlardan kaynaklanmaktadır (Oerke ve Dehne, 2004). Bununla birlikte yabancı otların neden olduğu kayıplar, yer, kültür bitkisi ve toprak tipine göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarla, yabancı otların soyada %50-76, yarfıstığında %45-71, çeltikte %15-66 ve mısırdaki %18-65 oranında verim kayıplarına

neden olduğu bildirilmiştir (Badhai vd., 2021).

6. Sonuç ve Tartışma

Yabancı otlar, genel olarak kültür bitkileriyle çeşitli kaynaklar için rekabete girerler. Yabancı otlar rekabette üstün özellikleri ile kültür bitkilerinin veriminde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Yabancı otlarla doğru zamanda yapılacak her türlü mücadele yönteminde ilk koşul kritik periyodun belirlenmesidir. Bu sayede yapılacak mücadele kısa sürede ve daha az maliyetle istenen sonuca ulaşılabilecektir. Kısaca, kültür bitkileriyle birbirine çok benzeyen biyolojilere sahip olsalar da tarımsal üretim alanlarında yabancı otlu olan dönemin süresinin kısa tutulması ve rekabet gerektiren eşiğe gelmeden yabancı otlarla mücadeleye başlanması önemlidir. Yabancı otlar, kültür bitkilerinin gelişimini ve verimi üzerinde birçok zararlı organizmadan daha fazla etkilerler ve mücadele edilmediğinde de yine daha fazla verim kaybına yol açarlar. Bu anlamda, tarımsal üretimde verimliliği ve sürdürülebilirliği sağlamak için yabancı ot mücadelesi şarttır. Ancak yapılacak her türlü mücadele uygulamasının, yabancı otların biyoçeşitlilik üzerindeki etkileri de dikkate alınarak gereksiz iş gücü ve herbisit kullanımını azaltmayı sağlayan belirlenmiş kritik periyotlara göre yapılması önemlidir.

Kaynaklar

- Badhai S., Gupta AK., Maurya SP., Balram K. (2021). Ecological/cultural measures of weed management for sustainable agriculture. *Journal of Wastes and Biomass Management (JWBM)*, 3(2), 36-38.
- Buchholtz KP. (1967). Report of the terminology committee of the weed science society of America. *Weeds*, 15, Pp. 388-389.
- Bukun B. (2004). Critical periods for weed control in cotton in Turkey. *Weed Research*, 44(5), 404-412.
- Chauhan BS., Johnson DE. (2010). relative importance of shoot and root competition in dry-seeded rice growing with junglerice (*Echinochloa Colona*) and ludwigia (*Ludwigia Hyssopifolia*). *Weed Science*, 58(3), 295-299.
- Eroğlu N. (2006). Karaman'da nohutlarda sorun oluşturan yabancı otlar ve kritik periyodun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Gupta, OP. (2004). Modern weed management 2nd Ed. Agrobios Jodhpur, India5, 18-23.
- Grundy AC. (2003). Predicting weed emergence: a review of approaches and future challenges. *Weed research*, 43(1), 1-11.
- Hall MR., Swanton CJ., Anderson GW. (1992). The critical period of weed control in grain corn (*Zea mays*). *Weed science*, 40(3), 441-447.
- Hasanuzzaman M. (2015). Crop-Weed Competition, https://Hasanuzzaman.Weebly.Com/Uploads/9/3/4/0/934025/Crop-Weed_Competition.Pdf. (Erişim tarihi: 08.05.2021).
- Işık D., Mennan H., Bukun B., Oz A., Ngouajio M. (2006). The Critical period for weed control in corn in Turkey. *Weed Technology* 20: 867-872.
- Işık D., Akça A. (2018). Assessment of weed competition critical period in sugar beet. *Journal of Agricultural Sciences*, 24(1), 82-89.
- Inderjit (Ed.). (2004). *Weed Biology and Management*. Springer Science & Business Media.
- Jordan N. (1989). Path Analysis of Growth Differences Between Weed and Nonweed Populations of Poorjoe (*Diodia teres*) in Competition by Soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, 37(1), 129-136.
- Karacan SC. (2005). Mersin ilinde pırasa (*Allium porrum L.*) yetiştirilen alanlarda sorun olan yabancı otlar ve farklı dönemlerde yabancı otlarla mücadelede kritik periyodun belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Kaya İ., Nemli Y. (2003). Aydın ve İzmir pamuk alanlarındaki yabancı ot yoğunluklarının, kritik periyodun ve önemli türlerin bazı biyolojik özelliklerinin belirlenmesi, Doktora tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Kaya Y., Başaran B., Kadoğlu İ., Kılıç D., Altıntaş A., Özer E., Gökalp S. (2020). Tokat ilinde yağlık ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) yetiştiriciliğinde yabancı ot kontrolü için kritik periyodun belirlenmesi. *Turkish Journal of Weed Science*. 23(2), 81-87.
- Kaymak N. (2007). Marul (*Lactuca sativa L.*)'da yabancı ot kontrolü için kritik periyodun belirlenmesi. Yüksek lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 49s.
- Knezevic, SZ., Evans, SP., Blankenship, EE., Van Acker, RC., Lindquist, J. L. (2002). Critical period for weed control: the concept and data analysis. *Weed science*, 50(6), 773-786.
- Latif A., Jilani MS., Baloch MS., Hashim MM., Khakwani AA., Khan QU., Mamoon-ur-Rashid M. (2021). Evaluation of critical period for weed crop competition in growing broccoli crop. *Scientia Horticulturae*, 287, 110270.
- Leakey AD., Ainsworth EA., Bernacchi CJ., Rogers A., Long SP., Ort DR. (2009). Elevated CO2 effects on plant carbon, nitrogen, and water relations: six important lessons from FACE. *Journal of experimental botany*, 60(10), 2859-2876.
- Lehoczy E., Reisinger P. (2003). Study on the weed-crop competition for nutrients in maize. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 68 (4; PART A), 373-380.
- Martin SG., Van Acker RC., Friesen LF. (2001). Critical period of weed control in spring canola. *Weed Science*, 49(3), 326-333.
- Oerke EC., Dehne HW. (2004). Safeguarding production-losses in major crops and the role of crop protection. *Crop protection*, 23(4), 275-285.
- Özaslan C., Önen H., Özer Z. (2009). Sonbaharda yetiştirilen ıspanağın (*Spinacia oleracea L.*) verim ve kalitesi üzerine yabancı otların etkileri. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi, 15-18 Temmuz 2009, Van, 281s.
- Pamukoğlu Z. (2011). Kahramanmaraş kırmızı biber alanlarında sorun olan yabancı otlar ve bunlarla mücadelede kritik periyodun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş
- Reddy C. (2018). A Study on crop weed competition in field crops. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 3235-3240.
- Radosevich SR., Roush ML. (1990). The role of competition in agriculture. In *Perspectives on plant competition*, ed. J. B. Grace and D. Tilman, 341-363. San Diego, CA: Academic Press.
- Rejmánek M., Robinson GR., Rejmankova E. (1989). Weed-crop competition: experimental designs and models for data analysis. *Weed Science*, 37(2), 276-284.
- Saltabaş A., Zengin H. (2001). Erzincan ili fasulye ekim alanlarında sorun olan yabancı otların tespiti ve mücadelede kritik periyotun belirlenmesi. *Türkiye Herboloji Derg.*, 4(2), 1-10.
- Spitters CJT., Aerts R. (1983). Simulation of competition for light and water in crop-weed associations. *Aspects of Applied Biology*, 4, 467-483.
- Stoller EW., Woolley JT. (1985). Competition for light by broadleaf weeds in soybeans (*Glycine max*). *Weed Science*, 33(2), 199-202.

- Tursun, N., Sakınmaz, MS., Kantarcı, Z. (2015). Mısır varyetelerinde yabancı ot kontrolü için kritik periyotların belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel Sayı-1), 58-63.
- Tursun N., Budak S., Kantarcı Z. (2016). Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.)'da yabancı ot kontrolü için kritik periyodun belirlenmesinde sıra arası mesafesi etkilerinin araştırılması. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel Sayı-2), 100-105.
- Tozlu E., Ruşen M., Zengin H., Olgun M. (2005). Erzurum yöresinde patatestede yabancı ot mücadelesi için kritik periyodun belirlenmesi. Türkiye Herboloji Derg., 8(1-2), 1-9.
- Üremiş İ. (1993). Adana'da mısır ekilişlerinde uçakla herbisit uygulamaları üzerine bir araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 91s.
- Üremiş İ., Abacı O. (2016). Yerfıstığı (*Arachys hypogaea* L.) yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesinde esas alınacak kritik dönemin belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(1).
- Van Acker RC., Swanton CJ., Weise SF. (1993). The critical period of weed control in soybean [*Glycine max* (L.) Merr.]. Weed Science, 41(2), 194-200.
- Van Heemst HDJ. (1985). The influence of weed competition on crop yield. Agricultural Systems, 18(2), 81-93.
- Yadav T., Chopra NK., Chopra NK., Kumar R., Soni PG. (2018). Assessment of critical period of crop-weed competition in forage cowpea (*Vigna unguiculata*) and its effect on seed yield and quality. Indian Journal Of Agronomy, 63(1), 124-127.
- Zimdahl RL. (2004). Weed-crop competition: a review. Second Edition, Blackwell Publishing, Pp. 27-106.

Microfactory Model for Manufacturing New Generation Electric Vehicles

¹Büşra ALPTEKİN*
bsralptek@gmail.com

²Bahadır TUNABOYLU
bahadir.tunaboynu@marmara.edu.tr

³Pietro PERLO
pietro.perlo@ifevs.com

¹ Department of Industrial Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, Türkiye

² Department of Metallurgical and Materials Engineering, Marmara University, Istanbul, Türkiye

³ Interactive Fully Electrical Vehicles (I-FEVS), Strada Carignano 50/1, La Loggia, Torino, Italy

Abstract

The electromobility presents a potential opportunity for nations to develop and produce their domestic cars especially for emerging markets. This paper proposes a new concept, called microfactory, for manufacturing Electric Vehicles (EV). It is a big challenge for newcomers to enter the automotive market as this industry remains heavily under the control of large OEMs (Original Equipment Manufacturer). There are three main de facto monopolies in the automotive industry; the first two of them are the required technology and knowledge to manufacture the Internal Combustion Engine (ICE) and the chassis, and the third one is the difficulty of reaching government funding. The microfactory represents an alternative solution to overcome the existing monopolies with the electric motor, a tubular chassis, and a novel business model respectively. A detailed analysis of the difference between conventional techniques and new production paradigm is presented in this work. The principles of the microfactory from the layout to the supply chain management including the sharing economy are presented. This study indicates that the microfactory is a sustainable production model for manufacturing of safe, secure, customized and efficient urban electric vehicles using smart manufacturing tools in small-scale production with low investment. The aim of this paper is to propose a new disruptive manufacturing method that allows a quicker entry for new players to the automotive industry especially for EVs.

Keywords: Automotive industry, electric vehicles, flexible manufacturing, microfactory, smart manufacturing, sustainable production.

Mikrofabrika Yöntemiyle Yeni Nesil Elektrikli Araç Üretimi

¹Büşra ALPTEKİN*
bsralptek@gmail.com

²Bahadır TUNABOYLU
bahadir.tunaboynu@marmara.edu.tr

³Pietro PERLO
pietro.perlo@ifevs.com

^{1*} Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

² Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

³ Etkileşimli Tam Elektrikli Araç (I-FEVS), Strada Carignano 50/1, La Loggia, Torino, İtalya

Özet

Bu çalışmanın öncelikli amacı, sayıları az büyük otomotiv üreticilerinin tekelinde olan sektöre yeni bir üreticinin girmesine olanak sağlayan yeni bir üretim konsepti sunmaktır. Mikrofabrika konsepti ile içten yanmalı konvansiyonel araç üreticilerinin domine ettiği sektörde yeni nesil elektrikli konsept araçların üretimi için kobilere ve yerli otomobilini üretmek isteyen ülkelere rekabet edilebilir bir alternatif sağlanmaktadır. Geleneksel otomotiv üretimi, içten yanmalı motor ve şasiyi üretmek için gerekli teknoloji ve bilgi birikimi, ve devlet teşviklerine ulaşmanın zorluğu nedeniyle birkaç büyük OEM (Orijinal Ekipman Üreticisi)'in kontrolü altındadır. Mikrofabrika konsepti bu zorluklara karşı sırasıyla elektrik motor, tubuler şasi yapısı ve paylaşım ekonomisine dayanan iş modeli sunarak yeni üreticilere pazarda bir fırsat yaratmaktadır. Makalede mikrofabrika teriminin literatürdeki karşılıkları analiz edilmiş, ve bu çalışma kapsamında sunulan konseptle literatürden farklı olarak elektrikli araç üretimi için özgün bir mikrofabrika yöntemi tarif edilmiştir. Konvansiyonel teknikler ile yeni üretim

paradigması arasındaki farkın ayrıntılı bir analizi yapılmıştır. Mikrofabrika konsepti için, yerleşim planı, operasyon aşamaları, paylaşım ekonomisine dayanan tedarik zinciri yapısı ve iş modeli detaylarıyla sunulmuştur. Önerilen yöntem sürdürülebilirlik açısından da incelenmiştir. Bu çalışma, mikrofabrikanın, akıllı imalat araçlarını kullanarak, düşük ölçekli yatırımla küçük ölçekli üretimde güvenli, kişiselleşmeye uygun ve verimli şehir tipi elektrikli araçların üretimi için sürdürülebilir bir üretim modeli sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Akıllı üretim, elektrikli araçlar, esnek üretim sistemleri, mikrofabrika yöntemi, otomotiv endüstrisi, sürdürülebilir üretim,

1. Introduction

Recent advances in batteries, electric motors and power electronics technologies and environmental considerations bring the electric vehicles (EV) on the forefront of transportation. Technology advances such as developments in battery chemistry and expansion of production capacity in manufacturing plants provide significant cost reduction. It has been recently highlighted in Global EV Outlook that new solutions in EV manufacturing take advantage of the modular vehicle manufacturing platforms with simple and innovative design architecture including battery systems, coupled with big data infrastructure (2019). The EVs are superior to conventional fossil fuel vehicles in terms of sustainability, efficiency, convenience, and fuel economy and its worldwide adaptation is growing. Research is continuing to overcome some limitations such as long charging times, limited availability of charging infrastructure and the cost of batteries. Although electric vehicles appear to be the best for the environment with almost zero emissions in traffic, environmental and investment issues related to their manufacturing processes are still a concern (Hackwill, 2016). Therefore, new manufacturing methods to produce environmentally friendly, reliable and affordable EVs are needed. There is also electromobility trend which requires high cybersecurity capabilities for autonomous vehicles. The transformation process is moving remarkably fast from Internal Combustion Engine (ICE) to EVs with electric motors to reduce world's CO₂ emissions. Global stock of electric passenger cars reached 5.1 million units in 2018 (Global EV Outlook, 2019) and global plug-in vehicle sales reached 2.2 million units for 2019. This was 2.1 million for 2018 which is 64 % higher than in 2017, and %57 higher than 2016, these sales rate shows there is an increasing trend in EV sales year by year (Irle,

2019). Moreover, China led the growth with 1.2 million EV sales, 56% of all EV sales in 2018. Plug-in vehicle sales - reached 408 000 units in 2018 in Europe. EV sales increased by 79 % led by Tesla Model-3 in the US. (Irle, 2019; Global EV Outlook, 2019).

Although many improvements in EV technology in terms of performance, the efficiency, the styling, availability and the demand are increasing daily, EV remains more expensive to manufacture. Thus, manufacturers are looking for new production methods. A recent study by Kim et al claimed that, the future factories should be smarter in order to quickly respond to customer requirements, maintenance services for unseen failures, and allow quick retrofits. They propose a modular factory testbed which has rapid workstation, self-layout recognition, robot reprogramming, interlayer information sharing and a configurable software for shop floor examination (2019). Today, the demand is more on customization, and the manufacturers need rapid manufacturing technologies, which are the main considerations of distributed manufacturing and its sub-focus areas.

In this paper, a microfactory is introduced to address smart and innovative manufacturing model to produce an EV as an alternative manufacturing method that enables sustainable production. First, a variety of related definitions of microfactory as discussed in the literature is reviewed and a new definition for microfactory concept for EVs is proposed. Then, the conventional approach to car manufacturing and its drawbacks are described. Subsequently, Microfactory concept is proposed to overcome the monopolies of existing car manufacturing industry as a disruptive manufacturing model. The microfactory model is compared with the

conventional manufacturing in detail in terms of technological knowledge, the business opportunity, and sustainability dimensions. Thereafter, the microfactory plant is presented from the layout to manufacturing operations to produce an EV. In the final section, the blockchain technology is discussed to develop a microfactory supply chain management for this industry.

2. Methodology

The difference between current conventional manufacturing and microfactory concept for electric vehicles is reviewed in this section. A production layout designed for microfactory is presented. The proposed microfactory concept will allow lean manufacturing flow mainly because it is a process that eliminates the use of dies and moulds, which makes up the main cost items for manufacturing investments.

2.1 Review of factory concepts

The vagueness in defining distributed manufacturing is discussed previously (Fox & Alptekin, 2018). Similarly, the variety of definition in the term ‘microfactory’ exists in literature. According to taxonomy of distributed manufacturing, modular manufacturing system, flexible manufacturing, smart factories, the factory of the future, mini-factories, and eco-factories, digital manufacturing, Industry 4.0 era, are the most commonly used keywords in literature related to distributed manufacturing. Since the high integration of automation in production operations, these factories are classified as ‘unlit/dark manufacturing’ under the industrial distributed manufacturing (Fox & Alptekin, 2018).

The Factories of Future (FoF) is desired to be able to meet the increasing demand for greener, more personalized, and higher quality products through the Industry 4.0 revolution. Thus, FoF creates a flexible, digitalized, and demand-driven industry while decreasing energy consumption and waste generation. (EFFRA, 2021) Over the past decade, with the implementation of recent emerging technologies such as Cyber Physical Systems (CPS), and Internet of Things (IoT), Industry 4.0 shapes the future manufacturing in terms of factory, business, products and

customers (Qin et al, 2016). Smart factories, which enable a quick response to customer demands with high flexibility even in small lot sizes while satisfying human-machine integration in manufacturing operations, are the result of this revolution. Germany, the USA, Japan, and Korea are the leading countries that have established national research programs on smart manufacturing (Thoben et al, 2017).

A ‘Mini-Factory’ is defined by Zanetti et al as a small-scale production unit able to make customized products with low cost and short delivery time (2015). These factories are designed to be scalable and modular allowing quick changes according to customized based goods (Matt et al., 2015). This feature provides adaptable production systems, but the factory is designed as fixed and small according to Giga factories (Rauch et al., 2016). The proximity to customer is another feature of mini-factory to quickly respond to his/her specifications, thus it has the capability of producing customized products and provide customer service including repair and maintenance (Reichwald et al., 2005). Furthermore, a specific classification for microfactory systems was offered as a manufacturing method by desktop factories through the use of small robots to produce small products (Kawahara, et al., 1997). In general, the mini, micro, and desktop factories are sustainable production systems suitable for micro assembly, because it saves energy and factory floor space. In particular, TUT microfactory module which has the dimension of 300x200x220 mm, defined by Tampere University of Technology (TUT) as a modular construction kit-type concept with an easy and rapid re-configurability for different manufacturing process of small products (Järvenpää et al., 2013).

Microfactory retailing is proposed as a system-level change in the automotive industry to enable the economic viability of small-scale localized manufacturing sites in for vehicle production. It allows the adoption of a full-scale product service system (PSS) at local levels with the advantages of the merging of the commerce and manufacturing function, and the proximity of manufacturing and servicing sites to users (Williams, 2006). The maker movement

platforms also use the Microfactory concept as the place where the product is engineered for innovation and collaboration. Through the access of the latest technology, it gives the opportunity to creative minds to reach all the tools to design, prototype, or put the final touches on their inventions. Using advanced manufacturing techniques with rapid prototyping tools helps move products quickly from the concept to the creation and to the showroom floor (FirstBuild, 2019).

Much of the current literature on Microfactory pays particular attention to describe the small desktop manufacturing systems. The term Micro Factory Retailing (MFR) has been used for last two decades for low volume manufacturers and it is proposed as an alternative, more sustainable business model for automotive manufacturers (Nieuwenhuis,2018). Throughout this paper, the term microfactory is defined here for high volume manufacturing of electric vehicles. This approach is previously described as an application of smart manufacturing in automotive manufacturing, eliminates the major cost items in production line such as the press and dies in car manufacturing, reducing plant investment dramatically (Alptekin et al, 2020). The key features of a microfactory are lean, flexible production, feasibility of Industry 4.0 and economically scalable manufacturing plants. The recent study by Stavropoulos et al presented a decision support system for this proposed microfactory case. They estimated the cost of integration laser welding in automotive manufacturing according to microfactory' and OEM's perspectives and concluded that the major impact of digitization and sustainability leads microfactory to become profitable even if there exists a large amount of uncertainty (Stavropoulos et al, 2021). The aim of this study is to expand this new concept of manufacturing through microfactories that will allow flexible and customized production of electric vehicles, minimizing both environmental footprint and the needed total investment.

2.2 The conventional approach to car manufacturing

The current car factory assembly line has been designed by European assembly line builder

is described with its technical characteristics in detail by Michalos et al (2015a). Since the first mass-produced car Ford Model-T, the manufacturing has evolved tremendously in terms of both materials and processes with more and more advanced automation and robotization. A huge investment is needed to produce the body in white (BIW) which is made today by stamping of metal sheets (either advanced steels or aluminum), followed by robotized welding assembly. Michalos et al. (2010) point out that existing assembly plants are not flexible enough to meet the increasing demand for more customized vehicles. The current systems are lacking the capability to provide the product variability at a low cost and shortest time possible. The main stages of automotive manufacturing are stamping, body shop or body in white (BIW), painting, pre-assembly and final assembly (Nieuwenhuis,2018) and high-level automation is required in BIW while more human-machine integration (HMI) is needed in final assembly. Fixtures are used in conventional car manufacturing to meet high production volumes at low cost, however, they are not sufficient when the product variety increases. But still, fixtureless assembly is not viable due to cost reasons (Michalos et al.,2010). To reach the high reconfigurability and autonomous line, mobile robotic units, modular and flexible end effectors, high automation, are desired elements for future assembly plants (Michalos at al,2015b).

The brief description of the conventional car manufacturing process is as follows; large moulds are used to stamp metal sheets by a servo transfer press that reach 1000-5000 ton force. These servo transfer presses are highly integrated with advanced automation, and human activity consists of setting up the moulds and the parameters of the presses. For instance, Nissan presented 5200-ton servo transfer press which requires extra-large press area to use in Sunderland plant (Nissannews, 2017). A vision of the robotized welding islands to assemble the stamped metal sheets and the final lower part of the chassis are other examples to illustrate the complexity of operations in current car manufacturing plants. Thus, the conventional system requires very high investments for tooling,

the press, special paint and surface treatment technology (Nieuwenhuis and Katsifou, 2015), which is affordable only to established OEMs, addressing the large production volumes necessary to assure the return of the investment (ROI). Because of this complexity and cost, this method of manufacturing lacks reconfigurability and flexibility, which limits the customization.

Similarly, to the chassis, the manufacturing of innovative ICE requires huge investments and knowledge representing another big obstacle to anyone addressing the development of plug-in hybrids and/or ICE based range extended electrified vehicles.

Today, the established car makers, because of the above mentioned large investment, the knowledge required and complexity of the business, control the market and the relations with the governments. In fact, the automotive industry is a major source of employment and technology development of a nation. It is very hard to compete with the established OEMs in their fields. A new manufacturer to be successful needs to introduce breakthrough technologies. That is, it has to overcome the existing monopoly on motorization, manufacturing and marketing/selling. Tesla, which recently entered into the pickup market with an extraordinary designed product, named Cybertruck can be given as an example of newcomer's strategy. The design of Cybertruck has an exoskeleton (body and frame are one piece) instead of the traditional body-on-frame (the body is assembled on a frame). This new frame structure provides significant advantage for space especially for the battery packs. The simple plate-like design provides cost savings (Nanduri, 2019). The main advantages of this frame design are to minimize manufacturing

and assembly operations, and eliminate painting, where these cost reductions become important especially when the producer is a new player in the existing market. This can make the process more sustainable in terms of the cost and the environment. Cybertruck is just one example, if there is a new comer in the already mature sector, it must differentiate itself by innovation in design, technology as well as cost reductions. With this perspective, the microfactory suggests a breakthrough-manufacturing model to produce new generation EVs.

2.3 Microfactory concept for car manufacturing

The conventional automotive industry has three main de facto monopoly; Internal Combustion Engine (ICE) includes full of complexity, chassis require high initial investment cost, and government funding is difficult to reach.

To overcome these monopolies, there is a need for simpler and cheaper manufacturing concepts implementing environmentally friendly processes while addressing vehicle's performance on efficiency, safety, and security at the highest levels. Tesla provides an interesting example that has challenged the conventional automotive industry on powertrain development and marketing approaches. However, the manufacture of Tesla chassis (BIW) remains largely conventional. Huge investments are still necessary to produce the chassis and consequently, the return on investment (ROI) can be achieved only when large volumes are made. In fact, none of the electric vehicles currently in the market has led the OEMs to reach the necessary ROI. Table 2.1 summarizes the main disadvantages of conventional manufacturing

Table 2.1 The monopolies of conventional car manufacturing and microfactory option

Conventional car industry	Disadvantages	Solutions by Microfactory
ICE	1billion instruction/sec +15 actuators +15 sensors	Fully Electric powertrains set new boundaries
BIW	Using moulds to produce BIW costs tenths of millions Production line costs >100M€	New manufacturing technics; Tubular chassis architecture and SHSS eliminates moulds
Public Funding	Governments will continue to invest on large OEMs to keep jobs	If the new comers are supported by government incentives, it leads to generate national technologies.

and solutions offered by the microfactory concept. Microfactory model described in this study simplifies these items in automotive manufacturing.

The electric powertrain challenges the first monopoly. Here, the monopoly refers to the difficulty of entry for newcomers. Focusing the attention on the powertrain, the question for a new manufacturer is to secure the supply chain. The important point here is to define the right designs and selecting the right suppliers to be independent from critical components/systems. The conventional automotive manufacturing relies on alternative suppliers even for the simplest components. To emphasize the concept, within the automotive manufacturing, it is usual to state that a supply chain is properly secured when each screw could be purchased from three different suppliers. For instance, consider the power electronics: there are only two large semiconductor companies in Europe (such as Infineon and Cypress) that could provide high power semiconductor chips and few manufacturers of power electronic modules. When a new company designs its Powertrain, it should consider the related constraints. Motors/ Inverters operating at 240V and 360V or above are usually produced by difficult to approach large suppliers, strictly connected with existing OEMs. Motors and inverters operating at 100V (MOSFET technology) are usually produced by easy to approach manufacturers. At this voltage, the efficiency of the powertrain can be made extremely high satisfying the needs of all emerging markets in urban mobility. When addressing the freedom of operation, the choice of voltage is then straightforward.

Aiming at decreasing the fuel consumption the automotive industry has been able to replace the steel with the aluminum, sometimes reducing the total weight up to 20-30% (Miller & Ramsey, 2014) (Djukanovic, 2016.) With the advent of Super High Strength Steel (SHSS), it has been demonstrated that for the same structural characteristics, a chassis based on SHSS can be made lighter than alternative solutions based on aluminum. This is also affecting manufacturing processes including cost and recyclability.

For mid and low volume productions tubular-based chassis had been introduced since the very beginning of the automotive industry. Based on crashworthiness analysis, the tubular chassis showed that it has high performance and excellent rigidity/weight ratio value, therefore reduce fatalities in case of road accident (Boria et al., 2015). Hitherto, tubular-based chassis have found limited applications in large-scale productions for instance for racing cars. In fact, starting from a tubular chassis the integration of body panels requires complex steps difficult to justify both economically as well as from a robustness point of view. Meeting both cost and robustness is a difficult problem when trying to match the geometry of the chassis with the closing panels in fact to find cost-effective engineering solutions remains a big issue of the automotive industry. Many organizations that started working with tubular chassis when moving to large-scale productions have returned to the usual approach based on the metal sheet stamping.

The major novelty of this study is the simpler coupled of the body panels due to innovative tubular-based chassis. The tubular chassis structure with a SHSS enables manufacturing without moulds, enables high strength and variety of sizes. This enables low investments in crash test cycles (full frontal, off-axis and side) for the industry, to meet the most severe EuroNCAP requirements.

The production line required is greatly simplified with this model where the proposed design could have different architectures. Figure 2.1 indicates a flexible manufacturing assembly line: small changes to the chassis used to manufacture a pickup car, food delivery and restaurant car allow the switch to passenger cars and taxi models. New investment is not necessary in the microfactory to manufacture six different platform architectures up to 120 different aesthetic body panels.

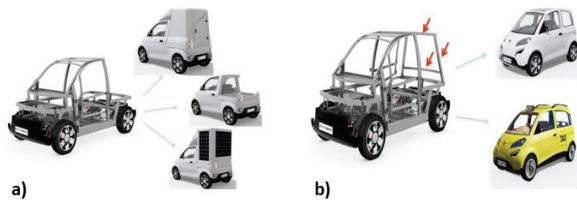


Figure 2.1 The same chassis for pickup, food delivery and restaurant cars (a); same chassis for passenger and taxi cars (b)

In literature, although the main principles appear to be similar, the term of microfactory has to

be related to a specific product and field. The microfactory concept is a remarkably different than conventional methods since it enables low investment for a lean, safe, low footprint, secure and electric vehicles with highly digitized systems. The production is highly flexible where an e-bike, 3-wheel to 4-wheel vehicles can be manufactured with small modifications. A 10,000 msq plant is assumed in this study, demand met using 3-shifts. Higher demands will require introducing parallel manufacturing concepts. Figure 2.2 summarizes graphically conventional and microfactory car manufacturing concepts.

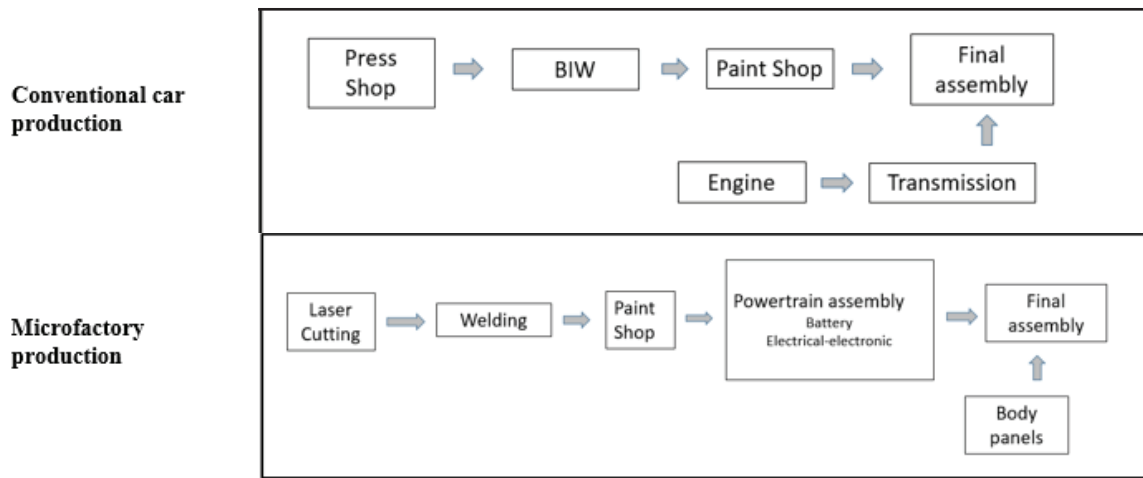


Figure 2.2 Conventional vs microfactory car production concepts

Since major investment and knowledge are required for current conventional car manufacturing, the alternative manufacturing strategy microfactory concept can radically decrease the cost with dieless manufacturing and a tubular chassis structure.

3. Opportunities in EV/Car Industry

The automotive industry produces all kinds of motor vehicles needed by the tourism infrastructure, transport, and agriculture. Therefore, any changes in this industry directly affect the economy. This sector is fundamental to the working of the global economy and is a powerful contributor to the prosperity of the societies. The automotive production chain has a strategic role in most industrialized countries contributing to the national production, industrial development and employment (Cinicioglu et al., 2012)

Since there is a de facto monopoly of the conventional ICE motorization, it is difficult to enter the car making industry. Electromobility represents an opportunity for emerging markets to produce their own cars with national technologies. Large potential markets for Microfactories exist in Turkey, Russia, Poland and all other regions in the world having strong manufacturing capability in automotive and strong motivations to establish their own national brands.

Other potential markets for microfactories are among mobility as a service provider “MaaS” (ride-hailing and ride-sharing companies, (Zenner, 2015)) which need mostly small vehicles. These companies usually have high capitalization and large cash but do not have the capability to produce their own vehicles.

Consequently, they use what has been offered to them by the large OEMs. A microfactory offers quickly to implement solutions to their ever-increasing needs.

Microfactories can be designed adopting most advanced Industry 4.0 technologies without existing constraints. In this context, Industry 4.0 methodologies and technologies are proposed. Utilizing automation capability enablers, automotive assembly line manufacturers would potentially provide strong market entry for microfactory concept in the car production.

3.1. Sharing economy applied to the production of EVs

A microfactory can be made profitable within reasonable period in most regional-national contests due to the low investment needed. A further aspect to be considered is that the microfactory concept can be easily replicated in many regions. Because of that, a new perspective is opened: collaborative R&D&I (Research, Development and Innovation) on manufacturing.

The microfactory concept opens new routes in both manufacturing and business strategies. The product is conceived and assembled inside the factory. The supply chain for the critical components such as the motor/inverter, the tubular SHSS, the electronic board lights, the seats, the battery cells, etc. must be well established to be successful.

For newcomers, it may be difficult to penetrate suppliers for the large Tier1 OEMs. Multiple microfactory collaboration and negotiations with suppliers may transform their weakness into strength. Their collaboration again will help influence regulations on national-international standardization.

The possibility of replicating microfactories in different regions is also motivating large automation companies to contribute to optimize the manufacturing processes and to introduce advanced industry 4.0 technologies.

In summary the microfactory in different locations can be replicated with ease. Cooperative R&D&I among different

microfactories minimizes the engineering cost while enhancing social sustainability in terms of local employment opportunities it can provide (Figure 3.1).

Every microfactory is to create its own brand customized to local demand. The collaboration with other microfactories will make these local brands stronger. In summary, this model of supply chain for the microfactory concept with cooperation of companies makes them stronger while they keep their entities economically independent.

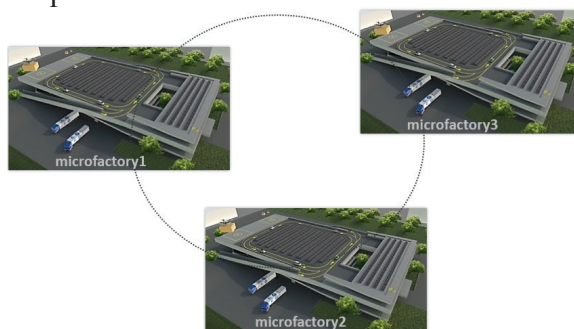


Figure 3.1 Cooperative R&D&I among different microfactories

3.2 Sustainability through Microfactories

Long-term success in the manufacturing sector requires achievement of four dimensions of sustainability, where three of them are known as Triple Bottom Line (TBL); economic, ecological and social aspects and the fourth one is political-institutional (Westkämper, 2008). Factories of Futures are aimed to meet TBL by combining high performance and quality, eliminating consumption and waste, integrating human skills and technology respectively. (EFFRA, 2021) Building a microfactory concept satisfies those dimensions in different degrees. The summary of sustainability dimensions is given at the end of this section (Table3.4)

1.Economic sustainability is fulfilled by the cost comparison such as the investment cost, the operation cost, the labor cost and the life cycle cost. The proximity to customer provides more customer satisfaction with more flexibility for customized products, which leads to more product value. Company may add special features according to region specifics or reduce features as necessary. The initial investment of

constructing a microfactory and operating costs are significantly lower than Giga Factories, leading to a lower ROI. Depending on the battery technology, manufacturing of EVs is expected to become a cost-competitive alternative to ICE vehicles in the mid-2020s (Tsai & Champagne, 2016). Proposed microfactory model to produce EV economically feasible from investment to operation. For instance, in the current automotive industry, about 6000 components are used to produce a conventional ICE car. On the other hand, microfactory provides an alternative EV platform that simplify the assembly operations and could reduce the unit cost of vehicle up to ten times. In general, prototypes produced with pre-production by conventional technologies will cost above 100 M€, within the microfactory, the total cost of first prototype in early stage would be proximately 10 M€. Similarly, the breakeven point for conventional car manufacturing is 100000 units produced annually (Nieuwenhuis and Katsifou, 2015), while it is 10000 units for Microfactory to reach the breakeven point. A car was designed and produced in this study utilizing the proposed new manufacturing concept. The manufacturing of the model car by the microfactory method was studied in detail. Predicted key cost items are shown in Table 3.1 and the total production cost of one unit is estimated to be 10800 €.

Table 3.1 Cost estimation to produce an EV at the microfactory

Key components	Price, Euro (x1000)
Chassis (including cataphoresis)	0.4
Fully motorized axle (two axles)	2.6
Non motorized axle	0
Body panels	0.6
Rotomoulded Components	0.3
Glazing	0.25
Lighting systems	0.5
14kWh Battery system 2018	3.5
Steering system	0.35
Full Dashboard	0.6
Interiors	0.6
Others	1.1
Total Production Cost/prototype	10.8

2. Ecologic sustainability is satisfied by environmental sustainability indicators such as CO₂ emissions, the air pollution, the

energy consumption and the land use due to manufacturing and driving of vehicles. EVs reduce the transportation emissions by its design, while gasoline cars are heavily dependent on limited oil reserves. However, even though EVs have zero tailpipe emissions, on a well-to-wheel basis they are not GHG emissions-free. Nonetheless, increasing debate on electrification leads to some interesting future scenarios for 2030. It is clear from reports that the electromobility helps in massive reductions of green gas emissions and reduce the oil use in transportation (European Commission, 2009; European Roadmap, 2012; Tsai & Champagne, 2016; Cembalest & Morgan, 2018; Global EV Outlook, 2019). For instance, on a well-to-wheel basis, an EV produces 67% lower GHG emissions than an ICE car (Mackenzie, 2018). The technology and economies of scale for EV will offer better infrastructure and production techniques with recycling options due to simpler designs. EVs allow significantly lower GHG emissions through more renewable energy distribution and decarbonization of the electricity grid (Ellsmoor, 2019).

On a well-to-wheel basis, EV GHG projected emissions expected to be lower than gasoline powered cars. An average EV emit less GHGs (518 grams of CO₂ equivalent per kilowatt-hour [g CO₂-eq/kWh]) than an average ICE vehicle over their life cycle. However, it is important to note that CO₂ emissions savings are much higher for electric cars when the power generation is dominated by renewable sources such as wind, water, photovoltaic, geothermal energy, biomass or animal waste. When the power generation mix is led by coal, then hybrid vehicles exhibit lower emissions than EVs (Global EV Outlook, 2019). Overall, EVs have lower emissions over their lifetime. The differences between ICE based conventional mobility and BEV in terms of CO₂ emissions are summarized in Table 3.2

Table 3.2 Energy cuts comparison between conventional gasoline car and mid size BEV (Source: Perlo et al, 2009;European Roadmap,2012)

Conventional Mid size ICE Car		Total CO _{2eq} emissions
Well to Tank	Tank to Wheels	
35gCO ₂ /km	140gCO ₂ /km	175gCO ₂ /km
Mid size BEV (150Wh/km)		Total CO _{2eq} emissions
*electricity produced by a modern plant of coal		127gCO ₂ /km
*electricity mix 23%nuclear, 42%reneweable,35%fossils (EU-27 mix 2020)		41gCO ₂ /km
*electricity mix 50% photovoltaic, 50%wind		<6gCO ₂ /km

Moreover, EVs had more than 30% primary energy consume than ICE 20 years ago. However, recent years with the advance of technological developments, even if all electricity would be produced by fossils only, EVs can save >20% of primary energy used in the road transportation. Considering 38% of electricity produced by

renewables the saving of fossil fuels in road mobility would in the range of 35% - 38%. The comparison between ICE and EV for use of oil in years is shown in Table 3.3. EVs offer a potential for primary energy savings by 30-40% and GHG reduction up to 67%.

Table 3.3 The primary energy consumption of EV and comparison to conventional powertrain (Meyer et al,2017).

Year	Power Plant Efficiency	Grid Effic.	Charger AC/DC Effic.	Battery Effic.	Inverter DC-AC Effic.	Motor Effic.	Energy consumption ideal mid-size car Wh/km	Total consumption of primary Energy Wh/km
EV 2000	0.39	0.88	0.85	0.70	0.88	0.80	120	954
EV 2017	0.48	0.94	0.95	0.94	0.95	0.90	120	348
ICE 2000	Powertrain efficiency of a conventional ICE car 0.20 (including transmission)						120	600
ICE 2017	Powertrain efficiency of a conventional ICE car 0.25 (including transmission)						120	480

In addition, the plants for the microfactory can be designed to be energy independent by the use of solar panels integrated with batteries for continuous clean power that result in a cleaner production.

3. Social sustainability is fulfilled with the truth that the work steps by human operators are simpler, even if microfactories are highly integrated with digitalization. Industry 4.0 supports local manufacturing since it also shifts the production from the offshore country to the homeland, as low labor costs are no longer an advantage. Although conventional automotive industry has higher social benefits in terms of employment rate, tax and compensation, microfactories have potential to compete with it with smart manufacturing advantages. The local manufacturing creates new job opportunities as smart manufacturing differentiates itself from other initiatives with the specific emphasis on human integration into this data-driven, connected system (Thoben et al, 2017). Human operators are more flexible to respond quick changes in the product and market (Michalos et al, 2010), therefore they are still more convenient in specific areas (e.g microfactories), and on the other hand, robots for instance are used to perform dangerous and difficult tasks instead of human, with high level of accuracy, speed and repeatability thanks to the Industry 4.0 infrastructure (Villani et al,2018). Therefore, both robotized manufacturing (Pham, 2020) and e-mobility favor the human health and safety risks in high degree compared to ICE vehicles (Onat et al, 2019). Therefore, a smart process design with human-machine integration is key to future success.

4. International environmental policies push governments towards sustainable manufacturing to decrease pollution due to manufacturing processes and operation of vehicles. For instance, EU plans to reduce GHG emissions by 80-95% by 2050 by increasing the use of EVs powered by renewable energy sources (EEA, 2016). Therefore, most countries are planning to become fossil fuel-free on the road by 2050 (Petroff, 2017). The French government propose up to 2,500 euros incentive to switch to a less polluting vehicle (Reuters, 2017). Costa Rica

plans to become fully decarbonized by 2050 and zero emission public transportation by 2035 with removing gasoline and diesel from road (Hickman, 2019). The Asian countries are aiming to completely phase out petrol and diesel cars in favor of EVs (Dugdale, 2019). The effective policy mechanism is investigated for Nordic region (Kester et al.,2018), concluded that price incentives combined with local flexibility to implement secondary benefits such as tax allowance, charging infrastructure support and awareness campaigns are needed to encourage the adoption of EVs. Norway is one of the leading countries in BEV adoption, many tax and other incentives exist such as the exemption from roadway tolls with charging infrastructure and right to use of bus lanes in traffic (Mersky et al., 2016).

The importance of industrial policies is analyzed for the case of Turkey and South Korea (Yülek et al, 2019). Authors reported that the difference in the industrial policy framework and ecosystem leads, Korean auto sector has outperformed its Turkish counterparts by a large margin although they have similar conditions at the beginning. If incentives by governments increase for EV production as well as EV sales, the current monopoly could be broken by the use of microfactories. Microfactory with the government incentives is feasible to satisfy institutional sustainability.

Microfactory also fulfills sustainable manufacturing on the basis of lean manufacturing and Industry 4.0 infrastructure. As first introduced by Ohno (1988), seven traditional wastes (Muda in Japanese) commonly occur in manufacturing systems are over-production, the transportation, the motion, waiting, the inventory, unnecessary processing, and defective parts. It has been reported by Satoglu et al, the common focus of both lean manufacturing and industry 4.0 are decentralized structures and small, easy to integrate modules with a low level of complexity. The term lean automation, applying Industry 4.0 technologies into Lean Production, suggests making automated the repeating and value-adding tasks. They propose the Industry 4.0 technologies to achieve lean production. For instance, using 3D printing and IoT, reduce the

lead time of products and decrease the waste of waiting, the inventory, unnecessary processing, overproduction, and defective parts. (2018). As an important feature of smart factories, adaptive robotics eliminate or minimize the waste such as the transportation, the motion, waiting, processing, and defectives.

The proposed microfactory concept is a lean production method which eliminates most of waste and redundancies in the production

process. For instance, overproduction occurs in mass production due to the push systems, while production in microfactory starts with a customer order. Waste of waiting due to the tooling is also prevented in the microfactory concept since it eliminates die and moulds in production. In addition, a highly distributed, localized production system integrated with smart technologies proposed by microfactory eliminates the transportation waste, too.

Table 3.4 Comparison of manufacturing methods according to sustainability advantages

Manufacturing Methods in Automotive Industry	Sustainability Advantages	Disadvantages
<p>Conventional car manufacturing</p> <p>key elements:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ICE ➤ BIW 	<p>Social: Few sustainability advantages in terms of creating jobs, because car-manufacturing companies have already employed huge amount of workers.</p> <p>Institutional: Government funding currently support existing OEMs.</p>	<p>Ecological: Mass production and complex operations consume higher energy and create higher GHG emissions.</p> <p>Economic: Higher capital investment and high technology & knowledge required.</p> <p>Social: Employee profile includes mostly high-skilled people.</p>
<p>Microfactory</p> <p>key elements:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Powertrain ➤ Tubular chassis 	<p>Ecological: While EVs reduce emissions on the road, lean manufacturing minimizes operations, reduce waste and save energy.</p> <p>Social: Opportunity for emerging country to have a domestic brand,</p> <p>Opportunity for new entries to automotive industry.</p> <p>Use of human operators is still profitable,</p> <p>More localized employment. Major favor in human health.</p> <p>Economic: Traditional cost barriers broken down.</p> <p>Much more flexible system compatible with dynamic market demand.</p> <p>Lower cost of entry and exit.</p> <p>Suitable for low volume innovative product.</p> <p>Institutional: Traditional access barriers can be broken down with government incentives.</p>	<p>Economic: initially may not be competitive with global manufacturer.</p> <p>Difficult to reach Tier 1 suppliers as a new comer. A specific supply-chain model should be applied.</p>

4. Results

4.1 The Microfactory Concept: preliminary analysis

Because of the approach adopted in this study, the welding robots are not needed. The automation and control of all processes are made with affordable and easy to use digital technologies. Automated guided vehicles (AGV) is used to move the parts from one working island to another. The each microfactory manufacturing flow is designed to produce 50 vehicles in 2 shifts per day (Perlo and Tebaldi,2019) under the hypothesis of 10 automated islands and two testing areas, and all the production processes explained in section 4.1.1 are performed inside this factory. Manufacturing line of microfactory to produce electric vehicles is illustrated in Figure 4.1.

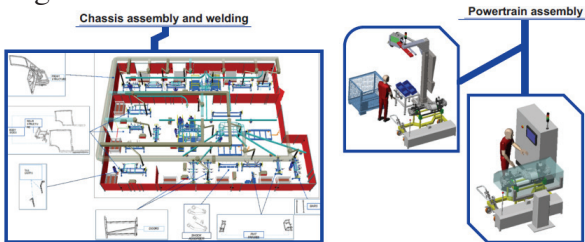


Figure 4.1 Manufacturing line of EV in microfactory designed by I-FEVS ((Perlo and Tebaldi,2019)

When the estimation of the desired production has been taken as input, the line cycle time of producing one unit electrical vehicle at microfactory is calculated at the following Table 4.1:

Table 4.1 The feasibility study shows the manufacturing cycle time at the microfactory.

Jobs per Day (JpD)	50 units
Shift days	2
Shift Length	7,5hours
O.E.E (desired overall equipment effectiveness)	85%
JpShift	$50/2 = 25$
JpH Gross (ideal)	$25/7.5 = 3.34$
JpH Net (O.E.E included)	$3.34/0.85 = 3.93$
Cycle Time	$3600/3.93 = 916$ sec.

The cycle time of one unit of EV is 916 seconds at microfactory, while it is approximately 60 seconds for conventional automotive plants.

4.1.1 Layout

The layout of the microfactory for EV production is shown in Figure 4.2. The main production modules are arranged according to the order of the production process to optimize timing between operations. The center of the production area is the storage of components and materials to provide quick support the assembly modules. The order of operations inside the microfactory is given below in detail.

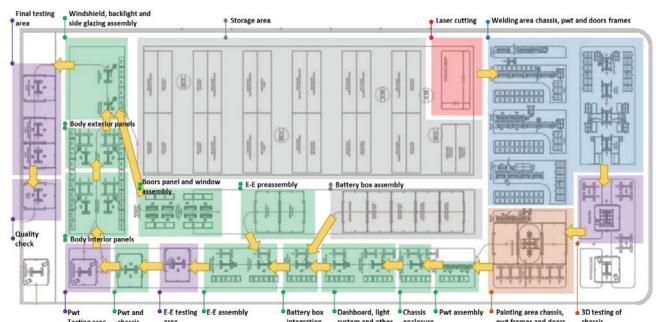


Figure 4.2 The Layout of a Microfactory for EV where the operation starts from laser-cutting stations (in red) and ends with final quality checks (in violet)

Laser cutting, the red zone in Figure 4.2, is the first part of the production process. In this area, the SHSS tubulars are laser-cut with a CNC automated machine as shown in Figure 4.3.

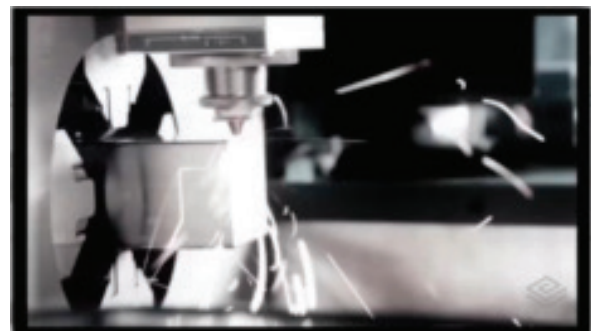


Figure 4.3 CNC automated Laser-cutting of chassis tubulars

The next part in the microfactory is welding area for chassis, powertrain and door frames. This area receives the laser-cut SHSS tubulars and output the complete chassis, the two powertrain axles and door frames ready for the geometry checks before painting. The floor sub-frame assembly module oversees the production of the central part of the underbody that, once completed, will host the battery pack. The front sub-frame assembly is the module that produces the last part of the underbody of the car. The upper sub-frame assembly is fabricating the upper part of the car frame. The framing geo welding module combines the lower and the upper subassembly frames. The output is a complete welded frame ready for the final 3D measurements and checks before painting.

3D testing of the chassis is a module for an intermediate quality control area. It validates the chassis, measuring its geometry and comparing results with the expected values and tolerances. If the result is positive, the chassis is ready for painting.

The operations continue in painting area, the brown zone in Figure 4.2. The painting area oversees painting and giving the proper protection to the complete chassis the two powertrain frames and the doors structures. This is the last step before starting the final assembly of the car.

The powertrain assembly operations shown in green in Figure 4.2, produces the front and the rear axles. Motor, drive, gearbox, shock absorbers, brakes and wheel hubs are assembled on the painted powertrain frames. There is axle system test module where motor and inverter are paired; several figures of merit, related to the type of electric motor and its integrated position sensor, are setup. Once the mechanical part of the vehicle is ready, the battery box is added, together with the electrical and electronic (E-E) items and connections: all the control boards and the wiring are installed.

The overall performance of the powertrain is tested in Powertrain testing area with a 4WD (4-wheel-drive) Chassis dynamometer. It consists of a rolling test-bench which fulfils

the stringent requirements to test high power heavy vehicles as well. One of the latest phases of the vehicle assembly is the installation of the exterior panels. In this stage, the car takes its final look.

4.1.2 Factory system architecture

A top-down approach is applied to identify the relevant requirements and their relation to the key performance indexes (KPIs).

The platform consists of a Manufacturing Execution System (MES) that contributes to the following tasks:

- Production scheduling
- Traceability of production
- Traceability of used materials
- Control of the production flow
- Visualization of the KPIs.

Human roles are carefully considered, and associated requirements are identified for the MES user interface (UI) and the human machine interface (HMI). Figure 4.4 shows process links with application services that handle the scheduling, traceability, materials tracking, control of the production flow and the KPIs. MES processes orders entered on the web via middleware, and scheduler plans services to optimize the production visible through the internal application specific to the relevant production steps. Apps trace the materials and provide traceability during the work flow. Working islands developed provide feedback from identification sensors and HMI, monitored by the appropriate App. Tests are performed on sub and complete systems, results are fed to the MES to the appropriate App.

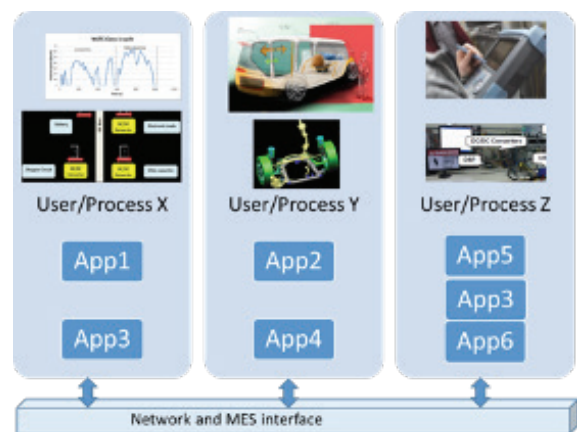


Figure 4.4 A schematic representing the dynamic monitoring process, middleware and MES user interface (UI)

4.1.3 Human interfaces

The possible scenarios in the flexible production systems for human support are

Human-in-the-Mesh and Human-in-the-Loop (Table 4.2).

Table 4.2 Two scenarios for human machine integration Human-in-the-Mesh and Human-in-the-Loop

Human-in-the-Mesh requirements on HMI	Human-in-the-Loop requirements on HMI
Context-aware mobile devices	Context-aware mobile devices
Intuitive representation of alternatives and trade-offs	Visual inspection with sensors
Decision support enhanced by AI	Testing (geometrical, power train, fatigue, etc.)
	Virtual presence: sharing view, screen, info, voice connection or chat
	Multimodal interaction (voice, image, gesture recognition, sounds, lights, etc.)
	IoT -Suitable/wearable device to support field-work
	Asset tracking (tools and spare parts)
	Navigation to retrieve machines, tools, spare parts.

The factory system architecture is shown in Figure 4.5. MES processes orders (submitted manually or on the web), monitors and visualize KPIs, and scheduler plans services to optimize the production. Working islands consist of feature part identification sensors, feedback lights and HMI. Finally, testing area is place where tests are performed on sub and complete systems, results are fed to the MES.

IO-Link is a powerful standard for point-to-point serial communication protocol to use sensors and/or actuators. Well-known PLC standard IEC 61131 enables three types of data exchange; process data, service data, and events. The I/O link Master monitors all the sensor of the working island. Every island has a dedicated HMI. The workflow is shown in Figure 4.6.

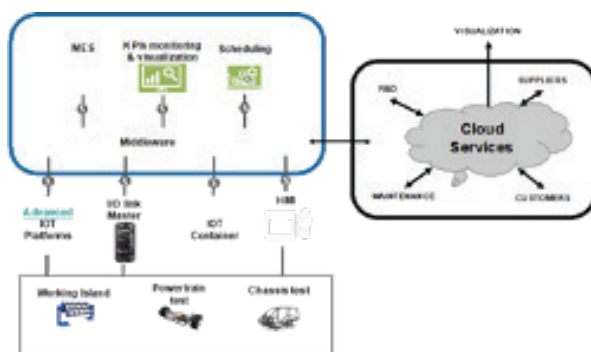


Figure 4.5 Factory system architecture

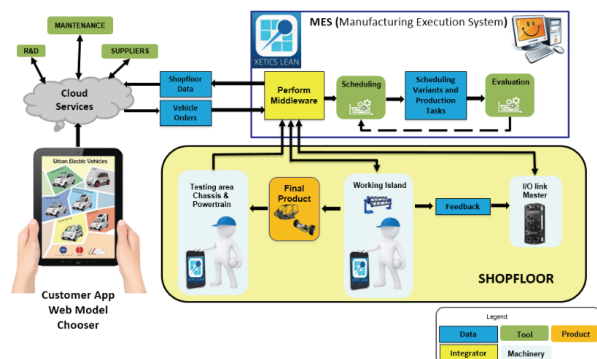


Figure 4.6 Workflow

5. Discussion

In this research, a factory model that conforms to Industry 4.0 model is designed, which saves the automotive sector from die dependency, expensive tools, and investment costs. It can, therefore, be assumed that utilizing automotive assembly line manufacturers will enable market entry for microfactory concept.

A SWOT analysis for the described microfactory concept can be summarized as follows: Strength; this concept provides product variability with minimum cost, platform flexibility for specific local needs, greener production with lean processes, and competitive advantages with low investment.

Weakness; the current supply chain is already under control of a few large OEM's. Since the microfactory produces in small scale compared to giga factories, it is difficult and costly to reach Tier1 suppliers for this relatively small lot sizes. Therefore, a weak supply chain infrastructure can lead to a high distribution cost. To overcome this weakness, microfactories should establish a network, the microfactory concept performs its best when replicated in different locations. Another weakness of this model would be the difficulty of making negotiations among replicated parties at the initial stage.

Opportunities; both the production concept and the final product, have high potential to meet increasing electromobility demand. Although ICE based automotive industry is captured by a few pioneers over a century, EV market have still place to the newcomers. Moreover, micro EVs have also potential to meet urban mobility needs such as provided by MaaS platforms. EV produced in microfactory has also opportunity to satisfy sustainability dimensions in different degrees, as summarized in Table 3.4.

Threats; there is always high rivalry in automotive manufacturing industry. Since the microfactory concept is relatively new, gaining the government support and persuade the investor might be difficult at the beginning. A weak supply chain is a threat which results

in a high distribution cost. Therefore, the establishing a well-defined supply chain is crucial for the components such as the motor/inverter, the tubular SHSS, the electronic board, the lights, the seats, the battery cells, etc. to secure the supply chain. A further study with more focus on blockchain integrated supply chain is therefore suggested.

According to the business model in this study, the replication of microfactories creates a globally distributed network. To succeed in this highly distributed network, today a central authority is required which is not desirable in this network as it is explained by sharing economy. Therefore, the challenge of this model is the safe journey of data among network participants without intermediaries. However, implementing blockchain technology might be a solution to provide trustable transactions peer-to-peer by the effect of collaboration and cryptography without a third party. (Korpela et al., 2017). This yields that all transactions will perform between involved microfactories and engaged suppliers, without the need of a central authority to control and manage the system. The data of all microfactories distributed across a global ledger, using the highest level of cryptography. Thus, the secure model offered by blockchain technology, can also be adaptable to the microfactory network, in our earlier study (Dursun et al, 2020). In the microfactory network, there exist the smart contract between parties which allows to each party programmatically define the rules and steps that should be performed when a certain type of event is recorded in the blockchain or in the magic notebook. As a result, the proposed business model for microfactory networks has parallel with blockchain technology since it is a simple way of passing information in a fully automated and safe manner without the need for intermediaries.

According to sustainability analysis, these results provide further support for the hypothesis that microfactories fit the cleaner production elements as for instance the total amount of components to produce an EV decreased from approximately six-tenthousand

to three thousand. In addition to that, cleaner supply chain is suggested. As microfactories create new job opportunities and favors public health, reduce CO₂ emission, the energy waste and the air pollution from manufacturing process and driving of vehicles, an implication of this is the potential that the microfactory satisfies sustainability dimensions in different degrees.

6. Conclusion

This study proposes a novel design for manufacturing electric vehicles through microfactories, enabling customized production of EVs with minimum ecological footprint and the total investment. The production of BIW and ICE are two main obstacles for newcomers, the operation process includes complicated steps of stamping and components to the assembly, which requires high capital and technical skills. Conventional techniques require large-scale production to reach desired ROI and here proposed microfactories can potentially break this closed-loop monopoly between OEMs-TIERS-governments.

Electric powertrain challenges the ICE, and the tubular chassis challenges the serial

welding assembly line with the stamped metal sheets, the sharing philosophy is recommended among microfactories to overcome the supplier monopoly and to attract government subsidies. The microfactory concept developed here makes several noteworthy contributions to sustainable production in case of manufacturing electric vehicles.

This work is being further discussed with collaborators from the industry and academia in local market and internationally to develop an application specific prototyping of a shuttle for transportation and/or logistics. An autonomous shuttle project from design, software including AI (Artificial Intelligence), AR (Augmented Reality) user-interface inputs and autonomous transportation service routing aspects is currently under study for a smart-city application.

Acknowledgements

This study was supported in part by The Scientific and Technical Research Council of Turkey-BİDEB 2210-D program (Grant number 1649B021800670).

References

- Alptekin B., Tunaboşlu B., Zaim S., Perlo P. (2020). Smart Manufacturing of Electric Vehicles. *In The International Symposium for Production Research* (pp. 767-773). Springer, Cham.
- Boria S., Maccagnani S., Giambò R., Giannoni F. (2015). Crashworthiness and lightweight design of an innovative microcar. *International Journal of Automotive Composites*, 1(4), 31 3-332.
- Cembalest M., Morgan JP. (2018). Eye on the Market. *Annual Energy Paper*, April.
- Cinicioglu EN., Önsel Ş., Ülengin, F. (2012). Competitiveness analysis of automotive industry in Turkey using Bayesian networks. *Expert Systems with Applications*, 39 (12), 10923-10932.
- Djukanovic G. (2016). Aluminium Insider: Steel cannot compete with aluminum in vehicle light weighting. *Jun 14*, Retrieved from <https://aluminiuminsider.com/steel-cannot-compete-with-aluminium-in-vehicle-lightweighting/>
- Dugdale M. (2019). Asian countries banning fossil fuel cars. 7 June 2019. Retrieved from <https://www.roadtraffic-technology.com/features/asian-countries-banning-fossil-fuel-cars/>
- EEA, 2016. Electric vehicles and the energy sector - impacts on Europe's future emissions. 26 September 2016. Retrieved from <https://www.eea.europa.eu/themes/transport/electric-vehicles/electric-vehicles-and-energy>
- Dursun T., Birinci F., Alptekin B., Sertkaya I., Hasekioglu O., Tunaboşlu B., Zaim S. (2020). Blockchain technology for supply chain management. *Global Joint Conference on Industrial Engineering and Its Application Areas (GJCIE)*, "Industrial Engineering in the World of IoT". August 14.
- EFFRA. (2021). Factories of the Future Roadmap. [online] Retrieved from: <https://www.effra.eu/factories-future-roadmap> [Accessed 30 July 2021].
- Ellsmoor, J. (2019). Are electric vehicles really better for the environment? *Forbes*, Retrieved on 20th May from <https://www.forbes.com/sites/jamesellsmoor/2019/05/20/are-electric-vehicles-really-better-for-the-environment/#41012b4876d2>

- European Commission (2009). EU Energy Trends to 2030. doi:10.2833/21664
- European Roadmap (2012). Electrification of Road Transport. ERTRAC, 2nd Edition. 2-12.
- FirstBuild (2019). Retrieved May 15, 2019, from <https://firstbuild.com/microfactory/>
- Fox S., Alptekin B. (2018). A taxonomy of manufacturing distributions and their comparative relations to sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 172, 1823-1834.
- Global EV Outlook (2019). Scaling-up the transition to electric mobility. International Energy Agency, Technology Report, May. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019>
- Hackwill R. (2016, April 11). A greener road ahead? Retrieved from <http://www.euronews.com/2016/04/11/a-greener-road-ahead>
- Hickman, M (2019). Costa Rica poised to become world's first fossil fuel-free country. 27 February 2019. Retrieved from <https://www.mnn.com/green-tech/transportation/blogs/costa-rica-poised-become-worlds-first-fossil-fuel-free-country>
- Irl, R. (2019). EV-volumes.com. Retrieved 07 12, 2019, from <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/>
- Järvenpää E., Heikkilä R., Tuokko R. (2013). TUT-microfactory – a small-size, modular and sustainable production system. *Berlin: 11th Global Conference on Sustainable Manufacturing*, pp.78-83.
- Kawahara N., Suto T., Hirano T., Ishikawa Y., Kitahara T., Ooyama N., Ataka T. (1997). Microfactories; new applications of micromachine technology to the manufacture of small products. *Microsystem Technologies*, 3(2), 37-41.
- Kester J., Noel L., de Rubens GZ., & Sovacool, B. K. (2018). Policy mechanisms to accelerate electric vehicle adoption: a qualitative review from the Nordic region. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 719-731.
- Kim DY., Park JW., Baek S., Park KB., Kim H., JIP., Baek W. (2019). A modular factory testbed for the rapid reconfiguration of manufacturing systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 1-20.
- Korpela K., Hallikas J., & Dahlberg, T. (2017). Digital Supply Chain Transformation toward Blockchain Integration. *Hawaii: 50th Hawaii international conference on system sciences*.
- Mackenzie, (2018). EVs up to 67% less emissions intensive than ICE cars. Retrieved December 23, 2019 from <https://www.woodmac.com/press-releases/evs-up-to-67-less-emissions-intensive-than-ice-cars/>
- Matt D., Rauch E., Dallasega, P. (2015). Trends towards Distributed Manufacturing Systems and modern forms for their design. *9th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, Elsevier*.
- Mersky AC., Sprei F., Samaras C., Qian ZS. (2016). Effectiveness of incentives on electric vehicle adoption in Norway. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, 56-68.
- Meyer G., Zachäus C. (2017). European Roadmap Electrification of Road Transport. *ERTRAC 3rd Edition*, p 43.
- Michalos G., Makris S., Papakostas N., Mourtzis D., Chryssolouris G. (2010). Automotive assembly technologies review: challenges and outlook for a flexible and adaptive approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 2(2), 81-91
- Michalos G., Fysikopoulos A., Makris S., Mourtzis D., Chryssolouris G. (2015a). Multi criteria assembly line design and configuration—An automotive case study. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 9, 69-87.
- Michalos G., Makris S., Chryssolouris G. (2015b). The new assembly system paradigm. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(12), 1252-1261.
- Miller J., Ramsey M. (2014, January 13). "Will All-Aluminum Cars Drive Metals Industry?" *The Wall Street Journal*. Retrieved from <https://www.wsj.com/articles/will-all-aluminum-cars-drive-metals-industry-1389404638>
- Nanduri D. (2019). Why is the Tesla Cybertruck designed the way it is? Published in Medium 25th November. Retrieved December 20 from <https://medium.com/throughdesign/why-is-the-tesla-cybertruck-designed-the-way-it-is-b53a6acc8490>
- Nieuwenhuis P., Katsifou E. (2015). More sustainable automotive production through understanding decoupling points in leagile manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 95, 232-241.
- Nieuwenhuis P. (2018). Micro factory retailing: an alternative, more sustainable automotive business model. *IEEE Engineering Management Review*, 46(1), 39-46.
- Nissannews, (2017). New extra large press starts production as Nissan Sunderland plant passes nine million mark. <https://uk.nissannews.com/en-GB/releases/release-426183196-new-extra-large-press-starts-production-as-nissan-sunderland-plant-passes-nine-million-mark>
- Onat NC., Kucukvar M., Aboushaqrah NN., Jabbar R. (2019). How sustainable is electric mobility? A comprehensive sustainability assessment approach for the case of Qatar. *Applied Energy*, 250, 461-477.
- Perlo P., Ottella M., Corino N., Pitzalis F., Brignone M., Zanello D., Ziggioni A. (2009). Towards Full Electric Mobility: Energy and Power Systems. In P.Barbaro & C. Bianchini [Eds.], *Catalysis for Sustainable Energy Production*, 89-105. Wiley-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim.
- Perlo P & Tebaldi, P. (2019) Auto Futures, Operating an Electric Vehicle Microfactory, MOVE19 Presentation. Retrieved from https://www.ifevs.com/wp-content/uploads/2020/06/IFEVS_Comau_MOVE19_PRESENT.pdf
- Petroff A. (2017) These countries want to ban gas and diesel cars. 11 September 2017. Retrieved from <https://money.cnn.com/2017/09/11/autos/countries-banning-diesel-gas-cars/index.html>

- Pham D. T. (2020, September). Human-robot collaboration in remanufacturing. *Symposium conducted at ISPR International Symposium for Production Research*, Online, Turkey.
- Qin J., Liu Y., Grosvenor R. (2016). A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. *Procedia cirp*, 52, 173-178.
- Rauch E., Dallasega P., Matt D. (2016). Sustainable production in emerging markets through Distributed. *Journal of Cleaner Production*, 135, 127-138.
- Reichwald R., Stotko C., Piller F. (2005). Distributed mini-factory networks as a form of real-time enterprise: concept, flexibility potential and case studies. In *The Practical Real-Time Enterprise* (pp. 403-434). Springer Berlin Heidelberg.
- Reuters 2017. France plans new incentives to phase out polluting vehicles. 18 September 2017 Retrieved from <https://www.reuters.com/article/us-france-autos-tax/france-plans-new-incentives-to-phase-out-polluting-vehicles-idUSKCN1BT0PZ>
- Satoglu S., Ustundag A., Cevikcan E., Durmusoglu MB. (2018). Lean production systems for industry 4.0. In *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (pp. 43-59). Springer, Cham.
- Stavropoulos P., Papacharalamopoulos A., Michail C., Vassilopoulos V., Alexopoulos K., Perlo P. (2021). A two-stage decision support system for manufacturing processes integration in microfactories for electric vehicles. *Procedia Manufacturing*, 54, 106-111.
- Thoben K. D., Wiesner S., Wuest T. (2017). "Industrie 4.0" and smart manufacturing-a review of research issues and application examples. *International journal of automation technology*, 11(1), 4-16.
- Tsai S., Champagne JM., (2016). Climate Change and Financial Risk, The Growth of electric vehicles and their impact on oil. *December. Publisher WWF-Hong Kong*.
- Villani V., Pini F., Leali F., Secchi C. (2018). Survey on human-robot collaboration in industrial settings: Safety, intuitive interfaces and applications. *Mechatronics*, 55, 248-266.
- Westkämper E. (2008). Manufuture and sustainable manufacturing. In M. M, U. K, & K. F (Eds.), *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier* (pp. 11-14). Springer-Verlag London.
- Williams A. (2006). Product-service systems in the automotive industry: the case of micro-factory retailing. *Journal of Cleaner Production*, 12(2), 172-184.
- Yülek MA., Lee KH, Kim J., Park D. (2020) State Capacity and the Role of Industrial Policy in Automobile Industry: a Comparative Analysis of Turkey and South Korea. *Journal of Industry Competition and Trade*. <https://doi.org/10.1007/s10842-019-00327-y>
- Zanetti C., Seregni M., Bianchini M., Taisch M. (2015). A production system model for Mini-Factories and last mile production approach. *Turin: IEEE 1st International Forum on Research and Technologies for Society and Industry Leveraging a better tomorrow (RTSI)*.
- Zenner A. (2015). The AP bans the term "ride-sharing" for Uber & Lyft. Retrieved February 10, 2019, from <https://ggwash.org/view/36979/the-ap-bans-the-term-ride-sharing-for-uber-lyft>

Sürdürülebilirlik Perspektifinden Lojistik Eğitimi ve Mesleki Uyum

Elif Nur KARASOY

enur.karasoy@istanbulticaret.edu.tr

İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Lojistik Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye

Özet

Günümüzde hızla küreselleşen teknoloji ve bilgi çağı aktif olarak kendini yenilemektedir. Yenilenen çağın geri dönüşü ise insanların isteklerinin, ihtiyaçlarının ve çevresel sorunların artmasıdır. Ekonominin küreselleşmesi ile uluslararası şirketlerin farklı ülkelerdeki şirketlerle ortak yatırımları, birleşmeleri, mal ve hizmet dağıtımlarının her geçen gün sayısı artmaktadır. Artan ihtiyaç ve çevresel sorunlara en iyi ve en hızlı hizmeti verebilmek için taşımacılık faaliyetleri yürütülmüş ve geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Hızlı hizmet sağlamak ve çevresel sorunlar ile rekabetin arttığı günümüz dünyasında lojistik yönetim uygulamaları daha önemli hale gelmiştir. Lojistik ve sürdürülebilirlik faaliyetleri son yıllarda önem kazanmış iki önemli konu olarak öne çıkmaktadır. Lojistik faaliyetlerin verimli bir şekilde planlanması ve yürütülmesi son kullanıcılara zaman ve mekân açısından avantajlar sunmakla beraber sürdürülebilir bir çevre sağlanmasına da katkı sağlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirlik alanında başarılı olmak isteyen firmalar, bu kapsamda sadece sürdürülebilirlik faaliyetlerine odaklanırlarsa başarılı olamayacaklardır. Ekolojik olarak sürdürülebilir olmak ise temiz bir bilinç ve lojistik eğitiminin kalitesi ve yaygınlaştırılması ile mümkün olacaktır. Lojistik sektöründe üretim, malzeme planlama, antrepo yönetimi, nakliye, depolama, gümrük, müşteri hizmetleri, yurt içi ve yurt dışı satın alma, ithalat ve ihracat, elektronik ticaret, lojistik faaliyetler, satış, pazarlama, finans, yurt dışı ticaret, talep tahmini konularında nitelikli ve iyi yetişmiş çalışanlara olan ihtiyaç artmıştır. Lojistik alanında tecrübeli çok sayıda çalışan olmasına rağmen, meslek lisesi, meslek yüksekokulu, lisans ve lisansüstü mezunlarının sayısı diğer mesleklere göre düşük seviyededir. Bu çalışmanın temel amacı, sürdürülebilirlik kavramı ile lojistik eğitimi arasındaki ilişkiyi ortaya koymak ve lojistik eğitimi alan öğrencilerin mesleki uyumlarının mevcut durumunu kavramsal araştırma yoluyla belirlemek ve olası çıkarımlarını tartışmaktır. Çalışmanın giriş bölümünün ardından sürdürülebilirlik, lojistik eğitim ve mesleki uyum kavramları tartışılmaktadır. Çalışmanın son bölümünde ise gelecek araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur. Çalışma sürdürülebilirlik ve mesleki uyum standartlarına uyulmamasının nedenlerini ve sonuçlarını göstererek lojistik eğitim konusuna katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Lojistik Eğitimi, Mesleki Uyum.

Logistics Education and Professional Compliance from the Sustainability Perspective

Elif Nur KARASOY

enur.karasoy@istanbulticaret.edu.tr

İstanbul Commerce University Graduate School of Social Sciences, Logistics Management,
İstanbul, Turkey

Abstract

Today, the rapidly globalizing technology and information age actively renews itself. The return of the renewed era is the increase in people's desires, needs and environmental problems. With the globalization of the economy, the number of joint investments of international companies with companies in different countries, mergers, distribution of goods and services is increasing every day. In order to provide the best and fastest service to the growing needs and environmental problems, transportation activities have been carried out and their development is made mandatory. Logistics management

applications have become more important in today's world where there is an increase in competition to provide fast service and environmental problems. Logistics and sustainability activities stand out as two important issues that have become important in recent years. Efficient planning and execution of logistics activities offers advantages to end users in terms of time and space but also contributes to ensuring a sustainable environment. Companies that prefer to be successful in the field of environmental sustainability will not be successful if they focus only on sustainability activities in this context. Being ecologically sustainable will be possible with a clean consciousness and the quality and dissemination of logistics education. In the logistics industry production, material requirement planning, warehouse management, transportation, warehousing, customs, customer service, domestic and international purchases, import and export, e-commerce, logistics, operations, sales, marketing, finance, foreign trade, demand forecasting also qualified and well-trained employees has increased the need for. Although there are many employees with experience in the field of logistics, the number of graduates of vocational high schools, vocational schools, undergraduate and graduate programs is low compared to other professions. The main purpose of this research is to illustrate the relationship between the concept of sustainability and logistics professional logistics education adaptation of education students through research and determine the current status of possible conceptual implications are discussed. After the introductory part of the study, the concepts of sustainability, logistic training and professional adaptation are discussed. In the last part of the study, suggestions were made for future research. The study should contribute to the issue of logistics education by showing the reasons and consequences of non-compliance with sustainability and professional compliance standards.

Keywords: Sustainability, Logistics Education, Professional Compliance

1. GİRİŞ

Küreselleşme ile dünyada ticaret gelişme ve değişmeye başlamıştır. Geçmişte şirketler ürünlerin/hizmetlerin üretilmesi ve satın alma işlemleri arasındaki akışın bilincinde olmadan şirketin finansman, üretim ve pazarlama fonksiyonlarına önem vererek, stratejiler geliştirmiştir. Günümüzde ise firmalar maliyetleri azaltmaya yönelik stratejiler belirlerken lojistik süreçlerini de yeniden organize etme ve geliştirmeye yönelik çalışmalar gerçekleştirmeye başlamışlardır (Babacan, 2003).

Lojistik, insanlığın varlığı ile eş zamanlı olarak görülen tüm faaliyetleri gerçekleştirmek için kullanılan ana faaliyetler arasında, ihtiyacın kurulduğu noktadan ihtiyacın karşılandığı noktaya kadar olan ve geri dönüş aşamaları ile biten eylemlerdir. Toplumda yaşanan ekonomik, sosyal, kültürel, siyasi, askeri ve bilimsel değişimler birbirini etkileyen mevcut lojistik yapıyı oluşturmuştur (Keskin, 2011). Türk Dil Kurumu, lojistik terimini “*Kişilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürünün, hizmetin ve bilgi akışının çıkış*

noktasından varış noktasına kadar taşınmasının etkili ve verimli bir biçimde planlanması ve uygulanması” olarak tanımlamaktadır (TDK, 2021).

Küresel olarak genişleyen endüstriyel faaliyetler, şirketleri lojistik sistemlerini yeniden yapılandırmaya itmektedir. Dünya pazarının her kesiminden gelen gereksinimlere etkin ve kaliteli tepki verebilmek için şirketlerin stratejilerini küresel ağlarda düzenlemeleri gerekmektedir. Tedarik zinciri yönetimi, tüm lojistik zinciri sürecini optimize etmeyi ve ağları verimli ve entegre bir organizasyon haline getirmeyi mümkün kılar (OECD, 2003).

Lojistik yönetimi ve tedarik zinciri yönetimi çok yakın kavramlar olsa da aralarında belirgin fark da mevcuttur. Lojistik, bir şirketi müşterileri ve tedarikçileri ile bağlayan bir beceridir. Fiziksel dağıtımda, üretim desteği ve satın alma gibi dâhili lojistik faaliyetleri gruplamak mümkündür. Şirket içinde ve şirketin müşterileri ve tedarikçileri arasında bilgi ve envanter akışı vardır. İşletmeler, günümüzün rekabet ortamında tam olarak

başarılı olmak için bu entegre yaklaşımı müşterilerin müşterilerini ve tedarikçilerin tedarikçilerini içerecek şekilde genişletmektedir. Bu dış entegrasyon, tedarik zinciri yönetimi olarak isimlendirilmektedir. Bu şekilde, satın alma, üretim desteği ve fiziksel dağıtımın iç koordinasyonunu ve ayrıca envanter akışı ve çıkarlar açısından müşterinin müşterisine ve tedarikçinin tedarikçisine uzanan entegrasyonu gösterir (Altaygil, 2001).

Tedarik zinciri, hammadde elde eden, bunları ara ve bitmiş ürünlere dönüştüren ve bitmiş ürünleri müşterilere dağıtan bir üreticiler ve distribütörler ağıdır (Lee ve Billington, 1992). Lojistik yönetimi malzeme, ürün ile bilgi hareketlerinin planlanması, kontrolü ve yürütülmesi ile ilgilenirken, tedarik zinciri yönetimi müşteriye odaklanmaktadır. Böylece istenen ürünü müşteriye teslim etmek için tedarik zincirinin var olması gerekmektedir (Lasserre, 2004). Tedarik zinciri yönetimi, operasyona daha geniş bir çerçevede bakar. Bu anlamda, hammadde aşamasından, malzeme akışına, müşteriye bilgi akışına kadar birçok faaliyetini bir bütün olarak ele alabilme özelliğine sahiptir. Başarılı bir lojistik yönetimi, tedarik zinciri ile sağlıklı bir yakınlıkla bağlantılıdır (Gümüş, 2009).

Lojistiğin tarihsel gelişimi evrilmiş ve günümüzün faaliyetleri haline gelmiştir. Bu faaliyetler günümüzde geçmişe göre farklılıklar göstermektedir. Geçmişte bu faaliyetler rota seçimi, araç seçimi, güvenlik gibi alanlara dayanmaktaydı. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra lojistik kavramı özel sektörde de kullanılmaya başlanmış ve günümüzde kullanılan modern lojistik uygulamalarının temelleri atılmıştır. Ürünlerin fiziksel dağıtımını, sipariş karşılama, üretim planlaması, depolama ve müşteri hizmetleri, lojistik süreçlerin en önemli yönleridir (Andraski ve Novack, 1996). İnsanlar geliştirdikleri sistem ve uygulamalar sayesinde ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanması kısa vadede faydalı görünse bile, uzun vadede gelecek nesiller için olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bu sonuçlar, insanların ihtiyaçlarını karşılayan kişi ve şirketlerin ortak bir sorunun farkında olmasını gerektirir. Bu farkındalık, sürdürülebilirlik

fikrini doğurur. Sürdürülebilirlik düşüncesiyle firmalar için verimli üretim yapabilmek ve aynı zamanda çevreyi daha az kirletmek önemli hale gelmiştir (Çetin ve Sain, 2018).

Sürdürülebilirlik son yıllarda en çok duyduğumuz kavramlardan biri haline gelmiştir. Sanayileşme ve küreselleşme nüfus artışına paralel olarak artmakta bu durum, doğal kaynakların kontrolsüz ve daha hızlı tüketilmesine neden olmaktadır. Sürdürülebilirlik, bu kaynakların kontrollü olarak tüketilmesini sağlamayı ve çevreye verilen zararı en minimuma indirmeyi hedefleyen bir çevre politikasıdır. Sürdürülebilirlik kavramı, yenilenebilir kaynakların elde edilmesi ve kullanılmasından kaynaklanan çevresel etkilerin ve atıkların, yenilenemeyen kaynakların kıt olduğu göz önüne alındığında, dünyanın kapasitesini aşmamasını sağlamayı savunmaktadır (Pierce ve Larson, 1993).

Lojistik ve sürdürülebilirlik faaliyetleri son yıllarda önem kazanmış iki önemli konu olarak öne çıkmaktadır. Lojistik faaliyetlerinin verimli bir şekilde planlanması ve yürütülmesi son kullanıcılara zaman ve mekân açısından avantajlar sunmakla beraber sürdürülebilir bir çevre sağlanmasına da katkı sağlamaktadır. Günümüzde lojistik kavramı, ulusal ekonominin ve ulusal toplumun tüm aşamalarında mevcuttur. Zaman ve maliyet faktörleri hayatın her aşamasında değer yaratmanın önemli unsurları haline gelmiştir. Ekolojik yön, başlangıçta sosyal çevrede merkezi bir unsur olarak görülmemiştir. Bu nedenle, hızlı teknolojik gelişme ve yeni trafik kavramlarına duyulan ihtiyaç, eşitsiz bir gelişmeye yol açmıştır. Son yıllarda gelişmiş ekonomilerde çevreyle ilgili farkındalık artmış ve tatmin edici seviyelere ulaşmıştır. Öte yandan, az gelişmiş ülkelerde yeşil bilincin hala çok az olduğu veya hiç olmadığı bir gerçektir. Bunun temel nedenleri; modern üretim ve nakliye süreçleri ile nakliye araçlarının kullanımı için ihtiyaç duyulan sınırlı finansal kaynaklardır. Ancak, yeşil lojistik kavramının benimsenmesi ve daha da geliştirilmesi, küresel bir eğilim olarak kaçınılmazdır. “Yeşil” kavramı yakın gelecekte sadece gelişmiş ülkelerde değil, az gelişmiş ülkelerde de

toplumun her düzeyinde, özellikle imalat ve ulaşım sektörlerinde yeşil düşünce ve yeşil teknolojileri benimsemek için bir gereklilik olacaktır. (Beškovnik ve Jakomin, 2010).

2. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik kavramı ilk olarak Dünya Koruma Birliği (IUCN) tarafından kabul edilen Dünya Doğa Şartı'nın 1982 belgesinde yer almıştır. Sonuç olarak, insanların yararlandığı ekosistemler, organizmalar, kara, deniz ve atmosfer kaynakları, optimal sürdürülebilirliğin sağlanabileceği şekilde yönetilir, ancak bu, ekosistemlerin ve türlerin bütünlüğünü tehdit etmeyecek şekilde yapılması gerektiğini belirtmektedir (Yazar, 2006).

Sürdürülebilirlik birçok anlamda algılanabilir ve tanımlanabilir. Temelde çevre bilim ve ekolojik sistemlerin işlevlerini, süreçlerini ve üretkenliklerini gelecekte sürdürme yeteneği olarak anlaşılmaktadır (Chapin, vd. 1996). Latince "Sustinere"den türeyen "sürdürülebilirlik" kelimesi birçok sözlükte kullanılsa da sürdürmek, sağlamak, hizmet etmek, desteklemek, var olmak anlamlarında kullanılır.

Sürdürülebilirlik, çevresel tahribatın bir sorun olarak algılanmasından doğan ve bu sorunları çözmek isteyen bir terimdir. Sürdürülebilirliğin temel koşulu, insan ve doğanın karşıt olmadığı, birbirini tamamladığı fikridir. Bu temel fikri daha önce benimsememiş olan insanlar, sürekli olarak çevreyi kendi çıkarları için kullanmışlardır. Bu durumun bir sonucu olarak çevre ve kaynakları çok hızlı bir tüketim ve kirlilik sürecine girmiştir. Bunun sonucunda çevredeki elemanların işleyişinde bozulmalar gözlemlenmiştir. Ancak çevresel unsurların kirlendiğinin tespit edildiği ve doğal işlevlerinin tehlikeye girdiği günümüz dünyasında, doğal çevre unsurlarının korunmasına ve etkilerine ve çevresel değişimlere ilişkin bilgi birikimine karşı artan bir duyarlılık söz konusudur. Aynı zamanda çevrenin kontrolsüz ve plansız tüketilmesi ve kaynaklarının tahribatı, doğal kaynakların korunmasını ve sürdürülebilir bir şekilde planlanmasını gerektirmektedir. Ancak her geçen gün daha fazla insanın ihtiyacını karşılayan çev-

resel fiziksel unsurların sürdürülebilirliğinin tehdit altında olduğu görülmektedir (Menteşe, 2017).

Üretim ve tüketimde sürdürülebilirlik, doğal kaynakların dikkatli kullanılmasını ve insanların kaynak israfını en aza indirgeyerek ürünlerin ömrünü uzatacak tedbirleri almasını gerektirmektedir. Sürdürülebilir üretim ve tüketimi sağlamak için üst düzey yöneticiler, mevcut kaynakların değerini en üst düzeye çıkaran döngüsel ekonomi stratejilerini uygulamalıdır (Galvão vd. 2020).

3. Lojistik Eğitimi

Dünya'da ve ülkemizde lojistik kavramı ve tedarik zinciri kavramı son 30 yılda hızla gelişmiş ve yaygınlaşmıştır. Kavram birçok çalışmacı ve sektörün öncüleri tarafından farklı tanımlanmaktadır. Bu tanım da temelde benzer özelliklere dayanmakta olup, planlama ve entegrasyonun önemi çerçevesinde şekillenmektedir. Lojistik alanındaki gelişmeler ve çalışmalar göz önüne alındığında lojistik eğitimi büyük bir önem taşımaya başlamıştır.

Lojistiğin tarihsel gelişim sürecinde 21. yüzyılın temel bilimlerinden biri olarak kabul edilen lojistik hizmet, bilgi teknolojileri ve iletişimin gelişimi ve değişiminin bir parçası olarak ortaya çıkan üç temel bilim alanından biridir. Lojistik kavramının uzun bir tarihsel gelişime sahip olduğu unutulmamalıdır. Günümüzde lojistik, endüstriyel bir uygulama ve bir bilim dalı olarak varlığını sürdürmektedir (Yıldıztekin, 2002).

Lojistik eğitiminin temelinde mühendislik modeli ve iş modeli olmak üzere iki grup vardır. Bu iki temel model için benzer ders gruplarının farklı dağılımlarından oluşmaktadır. Mühendislik modelinde, tedarik zinciri yönetimi ve lojistik, mühendislik dersinin ana odak noktası olup, özellikle yönetim için faydalı olan ekonomi dersleri ile desteklenmektedir. İş modelinde, lojistik ve tedarik zinciri yönetimi kursları ve işletme kursları, temel olarak odak, karar verme ve sistem analizine yardımcı olan mühendislik kurslarına dayanmaktadır (Küçüksoğak, 2006).

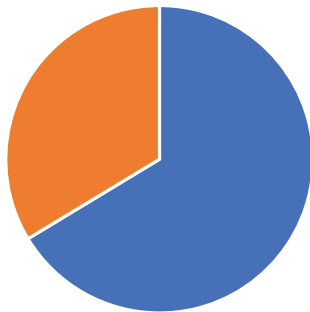
Ülkemizde şu anda 207 üniversitede toplam 1974 fakülte, 378 meslek yüksekokulu, 1030 meslek yüksekokulu, 590 enstitü, 4096 araştırma uygulama merkezi bulunmaktadır.

Ülkemizde 19186 aktif bölüm bulunmaktadır. Çizelge 3.1’de ayrıntılı varlık ve yükümlülükleri gösterilmektedir.

Çizelge 3.1 Birim Türlerine Göre Türkiye Üniversite Dağılımı (YÖK, 2022).

Birim Türü	Devlet		Vakıf		Vakıf MYO		Toplam
	Aktif	Pasif	Aktif	Pasif	Aktif	Pasif	
Üniversite	127	2	73	1	4	0	207
Fakülte	1454	31	466	23	0	0	1974
Yüksekokul	271	11	79	17	0	0	378
Meslek Yüksekokulu	896	20	109	1	4	0	1030
Enstitü	430	3	155	2	0	0	590
Arş. Uyg. Mrkz.	3259	0	832	0	5	0	4096
Bölüm	15640	0	3473	0	73	0	19186
Ön lisans Programı	6189	2397	1505	210	96	14	10411
Lisans Programı	6910	228	1976	11	0	0	9125
Yüksek lisans Programı	12217	241	3076	33	0	0	15567
Doktora Programı	10513	115	642	3	0	0	11273

Çizelge 3.1’de belirtilen bu üniversitelerde lojistik eğitimi veren üniversite sayısı 2021 yılı itibarıyla 78 üniversitede 119 MYO (Ön Lisans Programı), 67 üniversitede 71 lisans programı bulunmaktadır.



■ Toplam Üniversite Sayısı ■ Lojistik Eğitimi Veren Üniversite Sayısı

Şekil 3.1 Lojistik Eğitimi Veren Üniversite Sayısı (YÖK, 2022)

Şekil 3.1’de görüldüğü gibi lojistik eğitimi 207 üniversitenin 105 tanesinde verilmektedir.

Lojistik eğitimi, 78 üniversitede 119 meslek yüksekokulu programında aktif olarak verilmektedir. Bunların 58’i devlet üniversitesi, 20’si vakıf üniversitesidir. 67 üniversitede 71 lisans programında aktif olarak lojistik eğitimi verilmektedir. Bu üniversitelerin 43’ü devlet üniversitesi, 24’ü vakıf üniversitesidir. Lisans programları adlarına göre derecelendirildiklerinde iki kategoriye ayrılmakta olup bunlar “Lojistik Yönetimi Bölümü” ve “Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü” olarak kabul edilmektedir. 43 aktif üniversitede 86 lisansüstü program bulunmaktadır. Bu üniversitelerin 26’sı devlet üniversitesi, 17’si vakıf üniversitesidir. Yüksek lisans program-

larının 43'ü tezli program olup 10'u uzaktan ve 65'i örgün eğitim şeklindedir. Lojistik Doktora eğitimi 11 üniversitede aktif olarak verilmektedir. Bu üniversitelerin 6 tanesi devlet, 5 tanesi vakıf üniversitesidir. Bu bilgiler üniversitelerin web sitelerini inceleyen araştırmacı tarafından oluşturulmuştur.

Lojistik eğitimi veren üniversitelerin artması ile lojistik eğitimi ile ilgili çalışmaların sayısı son yıllarda artmıştır. Türkiye'de yapılan akademik çalışmalara bu bölümde özel olarak yer verilmektedir. Literatürde 2004-2020 yılları arasında yapılan çalışmalar incelendiğinde lojistik eğitimi konusunda daha fazla araştırma ve bilimsel yayın yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Baki, vd.(2004); Bali, vd. (2016); Çıkmak (2016); Erturgut (2016) Gönenç (2019); Karcıoğlu ve Temelli (2014); Küçüksolak (2006); Özoğlu ve Büyükkeklik (2013); Özoğlu, vd. (2020); Polat Dede, vd. (2018), Türkiye'deki lojistik ve tedarik zinciri yönetimi eğitimini gözden geçirerek mevcut durumu çalışmalarında değerlendirmiştir. Çekerol (2020); Hocaoglu, vd. (2015); İnce, vd. (2016) lojistik sektöründeki firmaların lojistik öğrencilerine yönelik beklentilerini incelemiştir.

Üniversitede lojistik eğitimi alan öğrencilerinin lojistik sektörden beklentilerini ise Akandere (2016); Bozyiğit ve Özkan (2020); DüNDAR, vd. (2019); Sayın ve Küçük (2020); Yangınlar (2019) çalışmalarında incelemiştir. Akkoca ve Hazır (2013); Çalışkan ve Öztürkoğlu (2014); Emanet ve Kaynak (2014); Türkiye'de lisans düzeyinde lojistik eğitimi veren üniversitelerdeki programların içerikleri, derslerin ağırlık ve oranlarını içerik açısından analiz etmiştir. Yücekaya, vd. (2016) lojistik öğrencileri için staj yeri seçimi konusu üzerine yaptığı çalışmalarda öğrenciler için en uygun staj yerlerini tespit etmiştir.

4. Mesleki Uyum

Meslek, bireysel inisiyatifdir, bir amacı vardır, deneyimsel ve davranışsaldır, sosyal olarak tanınır ve değerlidir, belirli uyum yeteneklerinden oluşur, düzenlidir, niteliksel

olarak anlamlıdır ve sağlığa etkileri vardır (Yerxa, 1993).

Bir insanın hayatı boyunca vereceği ve bütün hayatını etkileyen en önemli kararlardan biri de meslek seçimidir. Genellikle üniversite yıllarında bireyler bu kararı vermektedir. Zekâ, ilgi alanları, beceriler, kişilik, güven ve değerler gibi içsel faktörlerin yanı sıra dışsal faktörler; ekonomik faktörler, politik faktörler, çevresel baskılar, mesleki itibar gibi hususlar bireyin kariyer fırsatlarını etkileyebilmektedir (Uçkun, vd. 2004).

Meslek seçimi, bireyin kişiliğine, bireysel özelliklerine ve becerilerine en uygun olduğunu düşündüğü, tatmin edici olacağına inandığı işi birçok iş arasından seçmesidir. İş yerinde başarı, bilinçli ve gönüllü bir meslek seçimine bağlıdır. Kişisel nitelikleriniz ve işe zihinsel ve duygusal hazırlığınız ile ilgilidir. Kendini geliştiren kişinin meslek benliği güçlenirken, kendini geliştirmeyen bir birey için meslek benliğinde ciddi sorunlar oluşmaktadır (Şener, vd. 2011).

Çalışmacılara göre, mesleğini isteyerek seçmiş, işe uyum yeteneği yüksek olan kişilerin işlerine devam etme olasılıklarının daha yüksek olduğu, bireysel işe uyum yeteneği düşük olan kişilerin ise iş değiştirme olasılıklarının daha yüksek olduğu gösterilmiştir (Donohue, 2006). Mesleki uyum, mesleğin icrası için gerekli teknik donanım, bilgi ve becerileri de içermektedir. Bireysel mesleki ve mesleki uyumun mesleki bağlılık üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu ifade edilebilir (Yılmaz ve Tanrıverdi, 2017).

Bireylerin özellikleri, ilgi alanları ve değerleri mesleğinin gerektirdiği özellikler ile uyumlu olduğunda ve sosyal statü algıları yüksek seviyelerde olduğunda mesleki bağlılıklarının arttığı ifade edilebilir. Bu nedenle bireyin kendisiyle uyumlu bir meslek seçmesinin ve mesleğine toplumda yüksek değer verilmesinin meslek yaşamının istikrarı için önemli olduğu unutulmamalıdır (Saltık, vd. 2016).

Çalışmacılar tarafından birey-meslek uyumu genel olarak iki biçimde bahsedilmektedir; Birincisi, bireyin bilgi, beceri ve yeteneklerinin işle uyumluluğu; ikincisi, bir kişinin değer verdiği, ihtiyaç duyduğu veya tercih ettiği şeyler ile işten elde ettikleri arasındaki uyum olarak açıklanmaktadır (Kristof-Brown, vd. 2005).

İnsanlar, çalışma hayatları boyunca işleri, çalıştıkları kurumlar, çalışma arkadaşları arasında çeşitli uyum ararlar. Literatürde çalışmacılar farklı konu başlıkları altında bu hususları incelemiştir.

Donohue (2006); Edwards (1996); Starks (2007) bireyin çevreleri ile uyumu ele almışlardır. Hutcheson (1999); Koç, vd. (2017); Lee ve John (2012); Mazioğlu ve Kanbur (2020); Saltık, vd. (2016); Toksöz ve Çapar (2019); Yılmaz ve Tanrıverdi (2017), çalışmalarında bireyin mesleği ile arasındaki uyumu ele almıştır. Kristof-Brown (2000); Lauver ve Kristof-Brown (2001); O'Reilly, vd. (1991); Schneider (1987) birey ile örgüt arasındaki ilişkileri incelemişlerdir.

5. Lojistik Sektörü ve Sürdürülebilirlik

Lojistik, mal akışının düzenlenmesi ve sürdürülmesi, diğer ülkelerle bütünleşme, ekonomik kaynakların kullanılması, yerleşim yerlerinin kurulması ve geliştirilmesi ve istihdam yaratılması gibi birçok faktörle ekonominin büyümesinde önemli bir rol oynamaktadır. Lojistik faaliyetlerinin iyileştirilmesi, istihdam, yatırımlar, üretim, satış ve dağıtım düzeyi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir (Çekerol ve Nalçakan, 2011).

Türkiye'deki lojistik sektörü Avrupa ile karşılaştırıldığında halen gelişmeye ve büyümeye devam eden bir sektör olduğu görülmektedir. 2010 yılı itibarıyla hızla büyüyen lojistik sektörü, Türkiye'nin mevcut potansiyelini arttırarak 2023 yılında 500 milyar dolarlık ihracat hedefine ulaşmasını sağlayabilecek önemli sektörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Özoğlu, 2020).

Dünyada ve ülkemizde pandemi nedeniyle

le ekonomi ve lojistik sektörü olumsuz olarak etkilenmiştir. Dünya Bankası'nın Türkiye Ekonomi İzleme Raporu'nun son sayısı olan Şubat 2022'ye göre, 2021'de güçlü ve beklenenden daha iyi bir büyüme kaydeden Türkiye ekonomisinin, makroekonomik büyüme ve artan finansman nedeniyle 2022'de çok daha yavaş büyümesi beklenmektedir. Para politikası koşullarındaki sık değişiklikler ve geçtiğimiz Eylül ayından bu yana gerçekleştirilen faiz indirimi dizisi, Türk lirasının rekor düşük seviyelere inmesine ve enflasyonun rekor seviyelere ulaşmasına neden olmuştur (World Bank, 2022).

Ülkemizin içinde bulunduğu olumsuz durum elbette lojistik sektörünü ve eğitimini doğrudan etkilemektedir. Pandemi döneminde lojistik sektörünü ve eğitimi desteklemek için ülkemizde çeşitli projeler başlatılmıştır. 25 Haziran 2020 Güvenli Okul ve Uzaktan Eğitim Projesi, eğitim sisteminin COVID-19 salgını ve gelecekteki krizler sırasında ve sonrasında okul çocuklarına adil e-öğrenme sağlama kapasitesini artırmayı amaçlamıştır. Türkiye için Demiryolu Lojistiği İyileştirme Projesi, seçilen yük ve demiryolu koridorlarında taşıma maliyetlerini azaltmakta, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın demiryolu yük bağlantılarını verimli hale getirmekte ve aktif demiryolu lojistik merkezlerini etkili bir şekilde yönetmek için kurumsal kapasiteyi güçlendirmektedir. Projenin üç bileşeni bulunmakta olup 1. bileşen, ağır öncelikli düğümlerinde şube hatlarının ve çok modlu bağlantıların inşası yoluyla finanse edilecektir. Bir diğer proje, Uzun Vadeli İhracat Finansman Garantisi Projesi olup ana hedefi, İhracata Yönelik Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (İhracata Yönelik Orta Ölçekli İşletmeler) için uzun vadeli finansmana erişimi iyileştirmektir. Projeler ve destekler ile 2021'de ihracatta önemli bir artış olmasına rağmen, bu zorluklar yoksul hanelerin gerçek gelirlerine yansımamıştır. COVID-19 salgını da soruna katkıda bulunmuş ve yoksulluğun azaltılmasını olumsuz etkilemiştir. Türkiye'nin 2019'da yoksulluk oranını %10,2'den %12,2'ye çıkardığı tahmin edilmektedir (World Bank, 2022). Ancak bütün bunlara rağmen, ekonomik olarak yavaş bir büyüme ile lojistik sektörünün gelişmeye

devam ettiğini ifade edebiliriz.

İnsanların çevre sorunlarının farkında olmaları ve olumsuz sonuçlarını birlikte yaşamaları, gelecekte sürdürülebilirlik fikrinin ne kadar önemli olacağını göstermektedir. Hemen hemen tüm sektörlerde uygulanabilen sürdürülebilirlik anlayışı, bu gelişmeler ile birlikte lojistik sektöründe de geniş bir etki alanına sahiptir. Lojistik faaliyetlere bir bütün olarak bakıldığında fosil kaynakların sıklıkla kullanıldığı bir alan olduğu hiç şüphesiz görülmektedir. Fosil kaynakların kullanımı, çevre sorunlarının nedenleri altında ilk adımlardan biri olup ilerleyen zamanlarda önlem alınmaz ise dünyamızda kalıcı hasarlar bırakacaktır.

Sürdürülebilirlik kapsamında yapılacak çalışmalarda toplum tarafından dikkate alınması gereken genel unsurlar sağlık, güvenlik, eşitlik ve erişim olarak görülebilir. Lojistik faaliyetlerin de ise dikkate alınması gereken çevresel alt kalemler hava kalitesi, gürültü, biyo-çeşitlilik, arazi kullanımı ve atık yönetimidir. Sürdürülebilir lojistiğin en temel noktası hiç şüphesiz çevre sorunlarının en aza indirilmesi ve daha yaşanabilir bir çevredir. Bu doğrultuda yapılacak çalışmalar büyük önem arz etmektedir.

6. SONUÇ

Günümüzde hızla küreselleşen teknoloji ve bilgi çağı aktif olarak kendini yenilemektedir. Yenilenen çağın geri dönüşü ise insanların isteklerinin, ihtiyaçlarının ve çevresel sorunların artmasıdır. Artan ihtiyaç ve çevresel sorunlara en iyi ve en hızlı hizmeti verebilmek için taşımacılık faaliyetleri geliştirilmiştir. Hızlı hizmet sağlamak ve çevresel sorunlar ile rekabetin arttığı günümüz dünyasında, lojistik yönetim uygulamaları daha önemli hale gelmiştir. Çevresel sürdürülebilirlik alanında başarılı olmak isteyen firmalar, sadece sürdürülebilirlik faaliyetlerine odaklanmamalıdır. Sürdürülebilir olmak temiz bir bilinç, lojistik eğitiminin kalitesi ve yaygınlaştırılması ile mümkün olacaktır.

Sürdürülebilirlik konularının yüksekkögre-

timde eğitime dâhil edilmesinin önemi araştırmacılar tarafından kabul görmüştür. Öğrencileri sürdürülebilirlik konusunda eğitmek ve çevreyi korumak için bilgilerinin uygulamaya geçirilmesi son derece önemlidir (Glavic vd. 2009). Lojistik eğitimi veren kurumlar, verdikleri eğitimleri dünya da farklı ülkelerde eğitim veren kurumlar ile benzer içeriklerde standartlaşmalı ve evrensel bir eğitim planı oluşturmalıdır. Oluşturulan ders planları düzenli olarak güncellenmeli ve devlet kurumları tarafından kontrol edilmelidir. Lojistik müfredatlarında sadece temel işletme ve mühendislik dersleri dışında ülkemiz için çok eski ama uygulanmayan çevresel sürdürülebilirlik konularına da yer verilmelidir (Cortese, 2003).

Lojistik uygulamaları ve faaliyetleri çevreye son derece zarar vermektedir. Çevresel sürdürülebilirliğin geliştirilmesindeki uygulamalar, Türkiye'deki şirketler tarafından uygulanırsa bile ülkemizde faaliyet gösteren lojistik şirketlerinde bu rakam yetersiz kalmaktadır. Devlet kontrolünde lojistik faaliyetleri incelenmeli ve caydırıcı yaptırımlara tabi olmalıdır. Ayrıca çevreyi daha az kirleten firmalara teşvikler sağlanarak katılım sayısı artırılabilir.

Birey meslek uyumu açıklamalarında araştırmacılar tarafından altı çizilen en temel özellik, mesleğin yükümlülükleri ile bireyin özelliklerinin ve beklentilerinin benzer olmasıdır. Lojistik mesleğini yapabilecek yetkinliğe sahip olmayan kişiler, lojistik sektörünün yerine getirmesini beklediği yükümlülükleri gerçekleştiremez. Lojistik eğitimi sırasında lojistik operasyonunun çeşitli aşamaları öğrencilere teorik anlatımın yanı sıra uygulamalı olarak geziler ile aktarılması, eğitimi alan öğrencinin mesleğin hangi aşamasında yer almasının gerektiğini ve kendisi için daha uygun olan alanı bulmasına katkı sağlayacaktır. Lojistik eğitiminde mesleki uyum duygusunun geliştirilmesine yönelik yapılacak çalışmalar, gelecekte lojistik mesleğini icra edecek bireylerin bağlılığını artıracaktır.

Kaynaklar

- Akandere G. (2016). Lojistik Sektörü Açısından Mesleklerinin Amaçlarını ve Sektöre Yönelik Beklentilerin Değerlendirilmesi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 19 (41. Yıl Özel), 129-141.
- Akkoca C., Hazır K. (2013). Analysis of Logistics Programs in Turkish Universities. *XI. International Logistics & Supply Chain Congress*, 07-09.
- Altaygil İ. (2001). Tedarik Zinciri Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Babacan M. (2003). Lojistik Sektörünün Ülkemizdeki Gelişimi ve Rekabet Vizyonu. *Ege Akademik Bakış*, 3 (1), 8-15.
- Baki B., Tanyaş M., Özkök M. (2004). The Logistics Education in the Universities of Turkey.
- Bali D., Enisoğlu İ., Sezer, F. (2016). Türkiye’de Lisansüstü Lojistik Eğitimin İçerik Analizi ile İncelenmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2 (1), 21-36.
- Bešković B., Jakomin, L. (2010). Challenges of Green Logistics in Southeast Europe. *Promet-Traffic & Transportation*, 22 (2), 147-155.
- Birnbaum D., Somers M. (1989). The Meaning and Measurement of Occupational Image for The Nursing Role. *Work and Occupations*, 16 (2), 200-213.
- Bozyiğit S., Özkan R. (2020). Staj Algısının İşletmeyle İlgili Faktörler Bağlamında İncelenmesi: Lojistik Eğitimi Üzerine Bir Araştırma. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11 (22), 562-596.
- Carless SA. (2005). The Influence of Fit Perceptions, Equal Opportunity Policies, and Social Support Network on Pre-entry Police Officer Career Commitment and Intentions to Remain. *Journal of Criminal Justice*, 33, 341-352.
- Chapin III FS., Torn MS., Tateno M. (1996). Principles of Ecosystem Sustainability. *American Naturalist*, 148 (6), 1016-1037.
- Cortese AD. (2003). The Critical Role of Higher Education in Creating a Sustainable Future. *Planning for Higher Education*, 31(3), 15-22.
- Çalışkan F., Öztürkoğlu Y. (2014). Türkiye’de Lojistik Eğitiminde Temel Eğilimler. *III. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 147-153.
- Çekerol G., Nalçakan M. (2011). Lojistik Sektörü İçerisinde Türkiye Demiryolu Yurtiçi Yük Taşıma Talebinin Ridge Regresyonla Analizi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 31 (2), 321-344.
- Çekerol GS. (2020). Senior Executives Opinions Regarding Educational Competencies of University Graduate Young Labor Force: Logistics Education Case. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 8 (3), 796-813.
- Çetin O., Sain AD. (2018). Lojistik Sektöründe Sürdürülebilirlik Uygulamaları. *IV. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics Congress*. 910-921.
- Çıkmak S. (2016). Türkiye’de Lojistik Eğitiminin Durumu ve Lojistik Eğitiminin Geliştirilmesine Yönelik Öneriler. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2 (3), 1-13.
- Donohue R. (2006). Person-Environment Congruence in Relation to Career Change and Career Persistence. *Journal of Vocational Behavior*, 68, 504-515.
- Dündar A., Üçler Y., Başaran Alagöz S. (2019). Lojistik Öğrencilerinin İş Başı Eğitiminden Tatmin Düzeylerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma: *Necmettin Erbakan Üniversitesi Örneği*. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 22 (2), 675-686.
- Edwards JR. (1996). An Examination of Competing Versions of the Person-Environment Fit Approach to Stress. *Academy of Management Journal*, 39 (2), 292-339.
- Emanet H., Kaynak R. (2014). Üniversitelerin Lojistik Programlarında Verilecek Eğitim Müfredatının Bileşenlerine İlişkin Bir Araştırma. *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 15-17.
- Erturgut R. (2016). Logistics Education in Higher Education in 21st Century: New Trends and Opportunities. *Proceedings of International Technology Education and Development Conference*, 3144-3149.
- Galvão GDA., Homrich AS., Geissdoerfer M., Evans S., Scoleze Ferrer PS., Carvalho MM. (2020). Towards a Value Stream Perspective of Circular Business Models. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105060.
- Glavič P., Lukman R., Lozano R. (2009). Engineering Education: Environmental and Chemical Engineering or Technology Curricula—A European Perspective. *European Journal of Engineering Education*, 34 (1), 47-61.
- Gönenç B. (2019). Lojistik Eğitiminde Karşılaşılan Problemler: Ortaöğretim Ulaştırma Hizmetleri Öğretmenlerine Yönelik Bir Araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*. Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Gümüş Y. (2009). Lojistik Faaliyetlerin Rekabet Stratejileri ve İşletme Karı ile Olan İlişkisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 41, 97-113.
- Hocaoğlu S., Güner S., Coşkun E. (2015). Sektörün Lojistik Eğitimi Veren Üniversitelerden Beklentilerinin Tespit Edilmesine Yönelik Bir Çalışma. *7. Uluslararası Balkanlarda Sosyal Bilimler Kongresi Romanya*, Romanya, 775-785
- Hutcheson JM. (1999). An Examination of Three Levels of Person Environment Fit. *PhD Thesis*. Houston : University of Houston The Faculty of The Department of Psychology.
- İlhan S. (2015). Yeni Kapitalizm ve Meslek Olgusunun Değişen Anlamları Üzerine. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21, 313-328.

- İnce M., Bozyiğit S., Çelenk İ. (2016). Lojistik Sektörünün Üniversitelerdeki Lojistik Eğitimi Değerlendirmesine Üzerine Nitel Bir Çalışma. *International Conference of Strategic Research in Social Science and Education*, 288-306.
- Karasar N. (2016). *Bilimsel Araştırma Yöntemi: Kavramlar, İlkeler, Teknikler*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Karacıoğlu R., Temelli F. (2014). Türkiye’de Ön Lisans, Lisans ve Lisansüstü Düzeyinde Lojistik Eğitimi Veren Üniversiteler Üzerine Bir Değerlendirme (2012-2013 Yılları). *III. Ulusal Lojistik ve Tedarik Zinciri Kongresi*, 15-17.
- Keskin H. (2011). Lojistik El Kitabı. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Koç F., Alınacı Ü., Çetin O. (2017). Halkla İlişkiler Öğrencilerinin Mesleğe Bakışı: Birey-Meslek Uyumu Açısından Bir Değerlendirme. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (3), 1-7.
- Kristof-Brown A. (2000). Perceived Applicant Fit: Distinguishing Between Recruiters’ Perceptions of Person-Job and Person-Organization Fit. *Personnel Psychology*, 53 (3), 643-671.
- Kristof-Brown A., Zimmerman R., Johnson E. (2005). Consequences of Individuals’ Fit at Work: A Meta-Analysis of Person-Job, Person-Organization, Person-Group, and Person-Supervisor Fit. *Personnel Psychology*, 58, 281-342.
- Küçüksoğak BT. (2006). Dünya’da ve Türkiye’de Lojistik Eğitimi. *Doctoral dissertation*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lasserre F. (2004). Logistics and the Internet: Transportation and Location Issues are Crucial in the Logistics Chain. *Journal of Transport Geography*, 12(1), 73-84.
- Lauver KJ., Kristof-Brown A. (2001). Distinguishing Between Employees’ Perceptions of Person-Job and Person-Organization Fit. *Journal of Vocational Behavior*, 59 (3), 454-470.
- Lee HL., Billington C. (1992) Managing Supply Chain Inventory: Pitfalls and Opportunities. *Sloan Management Review* 33 (3) 65-73.
- Lee Y., John A. (2012). When Preference is Not Satisfied but the Individual is: How Power Distance Moderates Person-Job Fit. *Journal of Management*, 20 (10), 1-35.
- Mazıoğlu V., Kanbur E. (2020). Algılanan Örgütsel Desteğin İşe Gömülmüşlük Üzerine Etkisi: Kişi-İş Uyumunun Aracılık Rolü. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12 (2), 1639-1654.
- Menteşe S. (2017). Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Toprak, Su ve Hava Kirliliği: Teorik Bir İnceleme. *Journal of International Social Research*, 10 (53), 381-389.
- OECD. (2003). *Kentsel Lojistik Çalışma Grubu*. Paris: OECD.
- O’Reilly C., Chatman J., Caldwell D. (1991). People and Organizational Culture: A Profile Comparison Approach to Assessing Person-Organization Fit. *Academy of Management Journal*, 34 (3), 487-516.
- Özoğlu B., Senir G., Büyükkökçü A. (2020). Devlet Üniversitelerinde Lojistik Eğitime Yönelik Bir Araştırma. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4 (2), 19-35.
- Özoğlu B., Büyükkökçü A. (2013). The Transportation and Logistics Sector in Turkish Economy: A Review about Growth Potential and Education Infrastructure. *The International Journal of Transport & Logistics*, 13, 1-10.
- Pierce FJ., Larson WE. (1993). Developing Criteria to Evaluate Sustainable Land Management. Kimble, J. M. (Ed.), Proceedings of the Eighth International Soil Management Workshop: Utilization of Soil Survey Information for Sustainable Land Use, Oregon, California and Nevada: USDA, 7-14.
- Polat Dede N., Karasoy EN., Çam B. (2018). Türkiye’deki Lojistik Eğitime Yönelik Bir Araştırma. *The Second In Traders International Conference*. Sakarya: Sakarya University 121-133.
- Saltık I., Avcı U., Kaya U. (2016). Mesleki Bağlılık ve Mesleği Bırakma Niyeti Üzerinde Etken Faktörler Olarak Birey-Meslek Uyumu ve Mesleğin Sosyal Statüsü: Turizm Sektöründe Görgül Bir Araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 8 (3), 42-63.
- Sayın A., Küçük Ü. (2020). Lojistik Bölümünü Tercih Eden Öğrencilerin Lojistik Sektöründen Beklentileri: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Örneği. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 16 (28), 1342-1373.
- Schneider B. (1987). The People Make the Place. *Personnel Psychology*, 40 (3), 437-453.
- Sezen B. (2001). *Dağıtım Kanallarında Lojistik Performans, Adalet Algısı ve Kanal Üyesi Memnuniyeti*. İstanbul: Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Starks GL. (2007). The Effect of Person-Job Fit on the Retention of Top College Graduates in Federal Agencies. *Review of Public Personnel Administration*, 27 (1), 59-70.
- Şener D., Karaca A., Açıkgöz F., Süzer F. (2011). Hemşirelik Eğitimi Mesleki Benlik Saygısını Değiştirir Mi? *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (3), 12-16.
- Taylor K., Betz N. (1983). Applications of Self-Efficacy Theory to the Understanding and Treatment of Career Indecision. *Journal of Vocational Behavior*, 22, 63-81.
- TDK. (2021). Türk Dil Kurumu. 11 6, 2021 tarihinde <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı.
- Toksöz D., Çapar G. (2019). Birey-Meslek Uyumunun Meslek Seçimine Etkisi: Eğitim Gezilerine Katılan Turist Rehberi Adayları Üzerine Bir Araştırma. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 3 (2), 257-278.

- Uçkun G., Latif H., Uçkun S., Pelit E. (2004). Otel Organizasyonundaki İşlerin Yaratıcı ve Tutucu Kişilik Boyutunda Değerlendirilmesine İlişkin Bir Uygulama. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 55-78.
- World Bank (2022) <https://www.worldbank.org/tr/news/press-release/2022/02/25/global-and-domestic-challenges-weigh-on-outlook-for-turkish-economy-in-2022> Erişim: 04.06.2022
- Yangınlar G. (2019). Lojistik Öğrencilerinin Akademik Motivasyonları ile Mesleki Kaygıları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18 (35), 273-293.
- Yazar KH. (2006) Sürdürülebilir Kentsel Gelişme Çerçevesinde Orta Ölçekli Kentlere Dönük Kent Planlama Yöntem Önerisi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yerxa EJ. (1993). Occupational Science: A New Source of Power for Participants in Occupational Therapy. *Journal of Occupational Science*, 1 (1), 3-9.
- Yıldıztekin A. (2002). Lojistik veya Tedarik Zinciri Yönetimi - 1.bölüm. 2021 tarihinde Dünya Gazetesİ: <http://www.atillayildiztekin.com/?p=61> (Erişim tarihi: 11.05.2022).
- Yılmaz A., Tanrıverdi, H. (2017). Aşçıların Meslek Uyumu ve Meslek Algısı Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7 (2), 621-639.
- YÖK (2022). Yükseköğretim Bilgi Yönetim Sistemi. <https://istatistik.yok.gov.tr/> (Erişim tarihi: 11.05.2022).
- Yücekaya P., Gürol P., Kara K. (2016). Lojistik Bölümü Öğrencilerinin Staj Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yardımıyla Tespit Edilmesi. *Journal of Life Economics*, 3 (4), 235-254.