
YAĞ SEKTÖRÜ ÜRÜN VEYA ATIKLARININ ALTERNATİF YAKIT OLARAK KULLANILMASININ ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

*Dilek BOLAT**
*Emine CAN-GÜVEN**
*Kadir GEDİK**
*Perihan Binnur KURT-KARAKUŞ***

Alınma: 12.03.2015; düzeltme: 09.09.2015; kabul :02.10.2015

Öz: Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşme süreciyle beraber yağ sektörü ürünlerine duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Yağ sektörü ürünleri, kullanıldığı ortam ve koşullara bağlı olarak fiziksel ve kimyasal yapılarında meydana gelen değişiklikler sebebiyle kullanım amacına uygunluğunu kaybederek atık formuna dönüşmektedir. Kalorifik değeri yüksek olan atık yağların bertarafında sıklıkla kullanılan yöntem yakma işlemidir. Bu çalışmada, yağ sektörü ürün ve atıklarının yakılması sonucunda ortaya çıkabilecek emisyonların çevre ve insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla ülkemiz özelindeki kullanımlar irdelenmiştir. Yanma olayının uygun olmayan şartlarda gerçekleştirilmesiyle atık yağın yapısında bulunan maddeler ve/veya eksik yanma ürünleri atmosfere salınmaktadır. Yakıtın içeriğine bağlı olarak, partikül madde, karbon monoksit, organik kirleticiler ve metal emisyonları çevresel ortamlara ulaştığında, fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak toprak, su ve hava arasında dağılım gösterebilmektedir. Çevresel ortamlarda oluşturdukları sorunların yanı sıra insan sağlığı üzerinde başta kanserojen ve mutajen etkiler olmak üzere bağışıklık, üreme ve dolaşım sistemi rahatsızlıkları, zehirlenmeler ve ruhsal bozukluklar gibi sorunlara neden olabilmektedir. Ülkemizde, yasal olmamasına rağmen 10 numara yağ adı altında satılan standart dışı dizel muadili yakıtın kullanılması sonucu ortaya çıkan, insan sağlığı ve çevreyi tehdit eden unsurların ortadan kaldırılması için gerekli kontrol ve yasal düzenlemelerin artırılması yerinde olacaktır. Öte yandan, yağ sektörü ürün ve atıklarının yakılmasına dair sorunun boyutu ve dolaylı sağlık etkilerinin belirlenmesi için daha ayrıntılı bileşen analizlerinin yapılması ve alternatif yakma ürünü kullanan araçlarda eş zamanlı kirletici emisyon örnekleme yapılarak sorunun boyutları ve ortaya çıkaracağı kirleticilerin karakteristikleri ortaya konulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: 10 Numara Yağ, Baz Yağ, Tehlikeli Atık, Partikül Madde, Organik Kirleticiler, Bitkisel/Hayvansal Yağ

* Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 07058, Kampüs, Antalya

** Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Osmangazi Yerleşkesi, Osmangazi, Bursa

İletişim Yazarı: Kadir Gedik (kgedik@akdeniz.edu.tr)

Environmental and Human Health Impacts of Usage of Oil Industry Products and Wastes as Alternative Fuel

Abstract: The need for oil industry products has increased in parallel to the rapid population growth and industrialization. Physical and chemical properties of these products change after usage based on the media and operating conditions. Then, these products lose the eligibility and turn into the form of waste. The most commonly used method for the disposal of waste oils is combustion due to its high calorific value. In this study, the possible effects on the environment and human health of combustion of oil industry products and wastes are evaluated. Poor combustion conditions lead emissions from the process depending on the ingredients of wastes in addition to incomplete combustion products such as particulate matter, carbon monoxide, volatile organic chemicals polyaromatic hydrocarbons, metals etc. that may occur according to the type of waste. These emissions are released into the environment and partition between soil, water and air media related to their physicochemical characteristics. In addition to environmental problems, these emissions are a risk factor for human health in terms of carcinogenicity and mutagenicity. Regulations and control measures should be put into practice in order to get rid of the effects of non-standard diesel like product named number 10 lube on human health and environment. In this context, emission measurements should be done simultaneously to determine the effects of combustion of these wastes and products of oil industry.

Keywords: Number 10 Lube, Base Oil, Hazardous Waste, Particulate Matter, Organic Pollutants, Vegetable/Animal Oil

1. GİRİŞ

Yağ sektörü, geniş uygulama alanına sahip ürünleri içermektedir. Mineral esaslı yağ sektörü ürünleri, yirminci yüzyıl ile birlikte sanayide yaşanan önemli gelişmelerin ardından, makineleşmenin vazgeçilmezi olarak küresel piyasalarda önemli bir yer edinmiştir. Bunun yanı sıra, artan beslenme ve enerji ihtiyacı doğrultusunda bitkisel/hayvansal yağ sektörünün önemi her geçen gün artmaktadır (Top-Taşkaya ve Uçum, 2012). Kullanım amacına uygunluğunu yitiren ve atık olarak nitelendirilen yağ sektörü ürünleri, uygun olmayan geri kazanım/bertaraf faaliyetleri sonucu insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. İçerisinde metal, poliaromatik hidrokarbonlar (PAHlar), poliklorlu bifeniller (PCBler), polar bozunma ürünleri, heterosiklik aminler, halojenler gibi sağlığa zararlı pek çok madde bulunabilen ve ekosistemi olumsuz yönde etkileyebilecek potansiyele sahip olan atık yağların kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi gerekmektedir (ATSDR, 1995). Bu bağlamda hazırlanan yasal düzenlemeler ve yapılan denetimlere rağmen, özellikle, yüksek akaryakıt fiyatları nedeniyle alternatif yakıt olarak piyasada satılan kaçak akaryakıtların bileşiminde baz yağ ve atık yağ karışımları bulunabilmektedir.

Günümüz çevre teknolojileri ve uygulamaları, çeşitli faaliyetler sonucu ortaya çıkan pek çok maddenin atık olmaktan çıkıp, aksine, maddi değeri olan ürünlere dönüştürebileceğini göstermektedir. Mineral, sentetik veya yenebilir yağ sektörü atıkları da hammadde geri kazanım potansiyeli ve kalorifik değeri nedeniyle geri dönüşüme uygun olan en büyük atık gruplarından biri olarak nitelendirilmektedir (Nixon ve Saphores, 2002). Dolayısıyla, bu karakteristiğe sahip atıklar, yapılacak doğru yönlendirme ile çevresel sorun olmaktan çıkarak önemli bir ekonomik değer oluşturacaktır. Yeniden kazanımı mümkün olabilen atık yağlar, yetkilendirilmiş kurum veya kuruluşlar tarafından toplanmakta ve lisanslı tesislerde geri dönüşüm/bertaraf uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Öte yandan, atık yağların kayıt dışı kalan kısmı, kaçak ve kontrolsüz bir şekilde, ısınma veya enerji eldesi amacıyla yağ sobaları, kazanlar vb. ortamlarda ve/veya akaryakıtta karıştırılarak kullanılmaktadır (Çanakçı ve Akıncı, 2007). Geri kazanılarak biyodizel gibi değerli bir ürüne dönüştürülecek, dolayısıyla, çevreye vereceği zarar minimuma

indirgenebilecek olan bu atık grubu, uygun olmayan şartlarda yakılarak, akıbeti net olarak bilinmeyen ve yaygın bir ağa sahip noktasal kirletici kaynağına dönüşebilmektedir.

Bu çalışmada, yağ sektörü ürün ve atıklarının yakılması sonucu ortaya çıkabilecek kirleticilerin çevre ve insan sağlığı üzerinde oluşturabileceği potansiyel etkiler derlenerek tartışılmıştır. Bu etkiler, yağ sektörü ürün ve atıklarının içeriği, kullanım alanı ve ülkemizdeki güncel durum açısından irdelenerek ilgili kurum ve kuruluşların alması gereken önlemlere dair farkındalık sağlanması amaçlanmıştır.

2. YAĞ SEKTÖRÜ ÜRÜN VE ATIKLARI

Birçok alanda olduğu gibi nüfus artışı ve makine endüstrisinin gelişmesine paralel olarak yağ sektörü ürünlerinin üretimi, çeşitliliği ve kullanımı artmıştır. Bu bağlamda, kullanım alanı ve amacına bağlı olarak endüstrileşme ve beslenme gibi ana başlıklar altında geniş bir yelpazede irdelenebilen yağ sektörü ürün ve atıkları Şekil 1’de özetlenmiştir.

2.1. Endüstriyel Yağlar

Çeşitli ürünlerin üretiminde veya hareketli makine parçalarının yağlanmasında kullanılan yağlar “endüstriyel yağlar” olarak nitelendirilebilir. Bu yağlar mineral, madeni, sentetik ve yarı-sentetik olarak gruplandırılabilir. Mineral yağlar, doğadaki rezervlerden çıkarılan ham petrolün işlenmesiyle elde edilen yağ ürünlerinin genel ifadesidir. Mineral yağların özel işlemlerden geçirilmesiyle "mineral baz yağlar" elde edilir. Bu yağlar ilaç, kozmetik ürünleri, sabun ve insektisit gibi maddelerin üretiminde kullanılmasının yanı sıra makine parçalarının yağlanmasında da kullanılmaktadır (Nash ve diğ., 1996).

Hareketli makine parçalarının temas eden yüzeyleri arasında sürtünme ve aşınmayı azaltmak ve makinelerde soğutma için yağlama yapılmaktadır. Bu amaca yönelik kullanılan yağlama ürünü olan madeni yağlar, ham petrolün işlenmesi sürecinde elde edilen mineral baz yağlardan üretilmektedir. Mineral esaslı madeni yağların performansı bazı durumlarda yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, yağlama ürünlerinden beklenen verimi elde etmek amacıyla mineral baz yağların bazı özelliklerini geliştirmek veya yeni özellikler kazandırmak için "katkı maddeleri" olarak tanımlanan kimyasallar eklenmektedir. Bu katkı maddeleri köpük, korozyon önleme ve viskozite düzenleme gibi özelliklerin geliştirilmesini sağlamaktadır (Akkurt, 1982; Durak ve diğ., 2001, Rizvi, 1992). Mineral esaslı madeni yağların özellikleri baz yağların özellikleri ile sınırlı kalmaktadır. Ayrıca, petrol rezervlerinin azalması ve gelişen teknoloji ile daha kararlı özelliklere sahip yağlama ürünlerine ihtiyaç duyulmuş bunun neticesinde ise laboratuvar koşullarında kimyasal sentez yoluyla sentetik yağlar üretilmiştir (Ay-Büyüknisan, 2013). Düşük aşınma, düşük/yüksek sıcaklıklarda kullanım ve yakıt tasarrufu gibi birçok avantajı bulunan sentetik yağların maliyeti, madeni yağlara kıyasla daha yüksektir. Bu nedenle mineral ve sentetik olarak ikiye ayrılan madeni yağlara ilave olarak bileşiminde her ikisini de bulunduran ve yarı sentetik olarak isimlendirilen madeni yağlar da üretilmektedir. Yarı sentetik yağlar, sentetik yağlara oranla daha kısıtlı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip olmasına karşın daha ucuz olması sebebiyle tercih edilmektedir (Mobil, 2014).

2.2. Yenebilir Yağ Ürünleri

Bitkilerden ve hayvanların yağı kısımlarından elde edilen ve insanlar tarafından tüketilebilir nitelikte olan yağlar "yenebilir yağlar" olarak tanımlanmaktadır. Bu yağların üretiminde 17 temel hammadde (bitkisel yağ; soya fasulyesi, pamuk tohumu, yer fıstığı, ayçiçeği, kolza tohumu, susam, mısır, zeytin, palmiye, palmiye çekirdeği, hindistan cevizi, keten tohumu, keneotu bitkileri, hayvansal yağ; tereyağı, kuyruk yağı, iç yağı ve balık yağı) kullanılmaktadır (Lam ve diğ., 2010). Bu bağlamda, en fazla üretilen bitkisel yağ endüstrisi ürünleri bitkisel ham yağlar, sıvı rafine yağlar ve margarinlerdir (Yaşar, 2004). Bitkilerden ham

Potansiyel Etkileri

olarak elde edilen yağlar daha sonra natürel, rafine veya sertleştirme (hidrojenerasyon) işlemine tabi tutularak katı (margarin) veya sıvı olarak satışa sunulmaktadır (Yaşar, 2002). Öte yandan, balık, tavuk, domuz gibi hayvanların çeşitli bölgeleri (kas, kemik, kanat vb. gibi) ile koyun, sığır gibi büyükbaş hayvanların yağlarının işlenmesiyle elde edilen iç yağlar "hayvansal yağ" olarak ifade edilmektedir. Hayvansal yağlar; gıda, yemekçilik ve hayvan yemi endüstrilerinde beslenme amacıyla, sabun ve mum gibi ürünlerin üretiminde kayganlaştırıcı olarak, biyodizel ve diğer yağ kimyasallarının (oleokimyasal) üretiminde ise hammadde olarak kullanılabilir (Altun ve Öner, 2010; Çengelci ve diğ., 2011). Bunun yanı sıra, lehimleme sıvısı olarak yüzey pürüzlülüğü sebebiyle yapılan yağlama işlemlerinde ve haddeleme (metalin levha haline getirilmesi) endüstrisi uygulamalarında sentetik yağlama ürünleri yerine hayvansal yağların kullanılmasına yönelik eğilim vardır (Çengelci ve diğ., 2011).

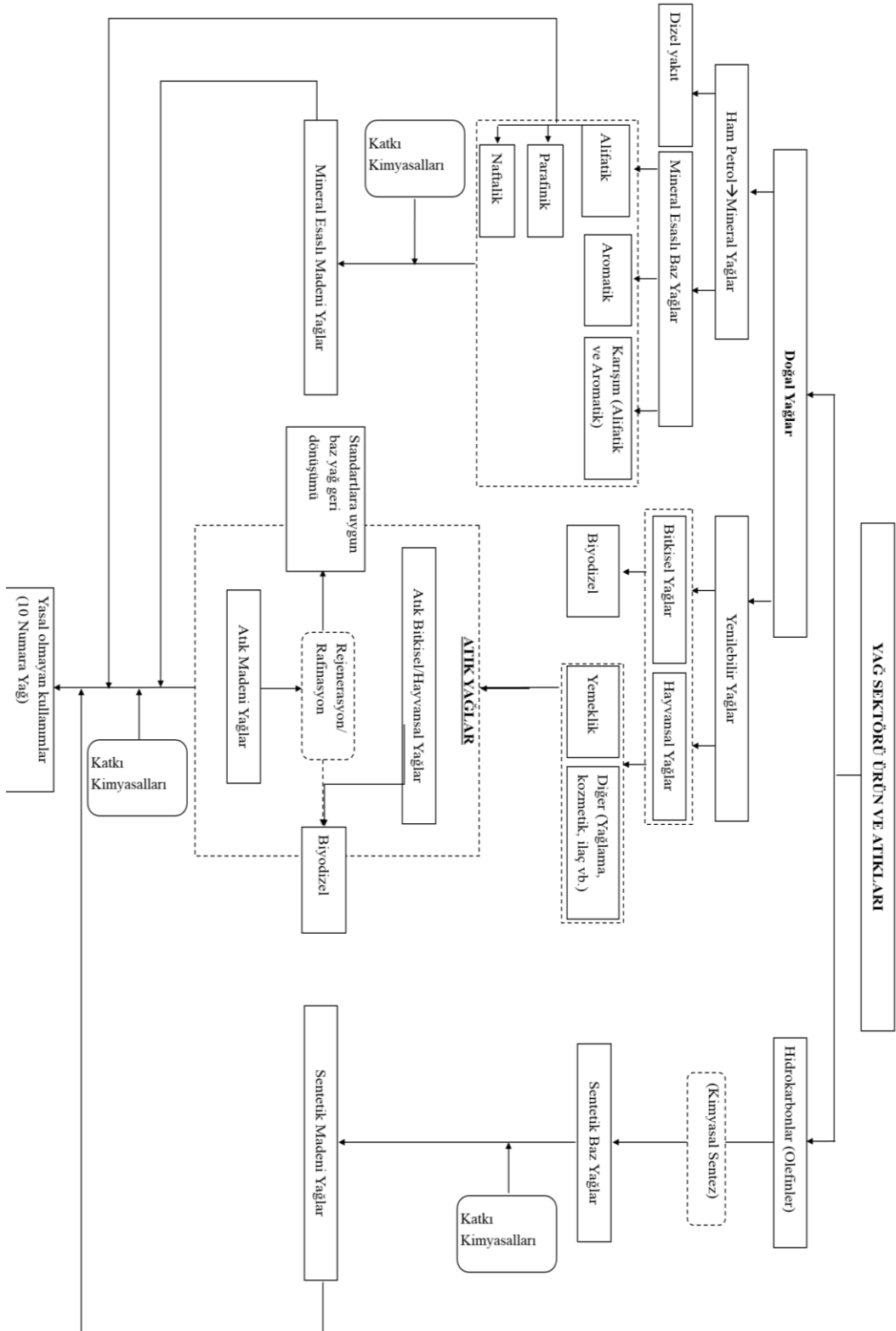
2.3. Akaryakıt Ürünleri

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için petrole alternatif olabilecek kaynaklar aranmaktadır. 1900'deki Dünya Fuarı'nda Rudolf Diesel tarafından tasarlanan (1892) motorun yer fıstığı yağı kullanılarak çalıştırılması, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılabilmesinin ilk örneğini oluşturmuştur (Diesel, 1895). Ham petrolün damıtılması esnasında 200-300°C kaynama aralığında alınan ürün olan motorin, dizel motorlarda yakıt olarak kullanılmaktadır. Dizel motorlarda motorinin yanı sıra bitkisel/hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel yakıtlar da kullanılabilir. Alternatif bir dizel yakıt olan biyodizel, bitki ve hayvan gibi biyolojik kaynaklardan elde edilen yağ ürünleridir (Krawczyk, 1996; Ma ve Hanna, 1999).

Ham petrol fiyatlarındaki artış, ulaşım/taşıma/nakliyat sektöründe çalışan şoförlerin, dizel motorlarda alternatif olarak kullanmak üzere daha ucuz bir yakıt arayışı içine girmesine neden olmuştur. Bu amaçla, ülkemizde yaygın olarak kullanılan ve esasen baz yağ ve atık yağları içeren 10 Numara Yağ (10NY), ekonomik cazibeye sahip standart dışı bir ürün veya karışım olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde yer alan 10 numara motor yağı SN100, SN150, SN500 gibi baz yağlardan imal edilen katıksız ürünlerdir (Akkapılı, 2012). Ancak, 10NY terimi, ülkemize özgü ve uluslararası ölçekte karşılığının olmadığı düşünülen bir olgudur. Özellikle 2008 yılı ve sonrasında, atık motor yağı, yanık yağ, işlenmemiş ham yağ, kaçak mazot, bitkisel yağ, solvent, trafo yağı ve arıtılmış atık yağların baz yağ içerisine eklenerek ticarileştirilmesiyle yaygınlaşmıştır (MAPESAD, 2008; PETDER, 2008).

2.4. Atık Yağlar

"Kullanılmış yağ" ve "atık yağ" kavramlarının her ikisi de farklı alanlarda kullanımları neticesinde fiziksel ve/veya kimyasal özelliklerinde meydana gelen birtakım değişiklikler sonucu esas kullanım amacına uygunluğunu kaybeden yağları ifade etmektedir. Bu iki terim, geri dönüşüm ve bertaraf noktasında birbirinden ayrılmaktadır. Tehlikeli atık karakterizasyonu yapıldıktan sonra, lisanslı enerji geri kazanım tesislerinde, geri dönüşümü gerçekleştirilebilir nitelikteki yağlar "kullanılmış yağ", çevre ve insan sağlığı açısından geri dönüştürülmesi uygun olmayan ve kontrollü şekilde bertaraf edilmesi gereken yağlar "atık yağ" olarak tanımlanmaktadır (EPA, 2014-a; MIDWEST, 2014). Bu derleme kapsamında, son kullanıcı tarafından herhangi bir işleme tabi tutulmadan akıbeti bilinmeyen bir şekilde bertaraf edilen yağ sektörü atıklarının tamamı "atık yağ" olarak nitelendirilmiştir. Atık yağ türüne (madeni, bitkisel, hayvansal) göre farklılık gösterdiği durumlarda ilgili ayırım belirtilmiştir.



Şekil 1: Yağ sektörü ürün ve atıkları

Potansiyel Etkileri

Atık yağlar, kimyasal bileşiminde bulunabilen bir takım maddeler sebebiyle ulusal/uluslararası kurumlarca tehlikeli atık sınıfına dahil edilmektedir (Andrews, 2008). Ülkemizde, konuya dair yasal düzenlemeler kapsamında petrol türevli atık yağlara ilişkin yürürlükte olan ancak güncellenme sürecinde bulunan "Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (AYKY)" ve bitkisel kökenli atık yağların yönetimine ilişkin "Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği (BAYKY)" hazırlanmıştır. Her iki yönetmeliğin hükümleri de atık yağlarla ilişkili olmakla birlikte kapsamları atık yağın kullanım yerine (makine, kızartmalık vb.) göre değişmektedir. Böylece, madeni yağ ürünleri AYKY'ndeki hükümlere bağlıyken yenibilir yağlar BAYKY kapsamında düzenlenmiştir.

3. YAĞ SEKTÖRÜ ÜRÜN VE ATIKLARININ YAKILMASI

Yanma, yakıt olarak adlandırılan maddelerin oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelen ekzotermik bir tepkimedir (Graboski ve McCormick, 1998). İdeal yanmanın gerçekleşebilmesi için sağlanması gereken temel unsur yakıt/hava oranının ayarlanmasıdır (MMO, 2005). Tepkime esnasında dışarıya verilen ısı gücü, ısınma/ısıtma amacıyla konut ve diğer binalarda kullanılabilir. Enerji üretim maliyetinin düşük olması nedeniyle yanma işleminde, yakıt olarak çoğunlukla fosil yakıtlar gibi ısı kapasitesi yüksek maddeler tercih edilmektedir. Artan enerji ihtiyacına bağlı olarak fosil yakıtların bu talebi karşılayamaması ve kaynakların hızla tükenmesi bilim insanları ve yetkili kurum/kuruluşları alternatif yakıt arayışına yöneltmektedir. Bu durum, yenilenebilir enerji kaynaklarını ve atıklardan enerji eldesini cazip kılmaktadır (Kaplan ve diğ., 2011).

Atık yağlar, yüksek kalorifik değeri nedeniyle enerji geri kazanımı için uygun olan en büyük sektörlerden biri olarak nitelendirilmektedir (Nixon ve Saphores, 2002). Ancak, atık yağların yakma veya beraber yakma işlemlerine tabi tutulmadan önce tehlikeli atık olup olmadığı belirlenmeli ve uygun yanma koşulları sağlanmalıdır (Resmi Gazete Sayısı: 27721, 2010). Yeniden üretim (rejenerasyon) ve arıtım (rafinasyon) gibi işlemlere (proseslere) tabi tutulan atık yağlardan kullanım amacına uygun orijinal yağ, baz yağ veya petrol ürünleri üretilmesi mümkündür (Resmi Gazete Sayısı: 26952, 2008). Ayrıca, asıl kullanım amacından uzaklaşan, kalorifik değeri yüksek atık yağlar, beraber yakma tesislerinde (ısı gücünün %40'ına kadarını atıktan sağlayan çimento fabrikaları, termik santraller, kireç üretim fırınları, demir çelik endüstrisi vb.) veya yakma tesislerinde (ısı gücünün %40'ından fazlasını atıktan sağlayan) ilave yakıt olarak kullanılabilir (Resmi Gazete Sayısı: 27721, 2010). Öte yandan, bitkisel atık yağların, biyodizel gibi değerli bir ürüne dönüştürülerek araçlarda alternatif yakıt olarak kullanılması, hem atığın bertarafını hem de fosil yakıtlardan kaynaklanan sera gazı emisyonlarının azaltılmasını sağlaması nedeniyle küresel ölçekte fayda sağlamaktadır. Ancak, atık yağlardan enerji geri kazanımında yakma faaliyetinin uygun koşullarda ve kontrollü bir şekilde yapılması gerekmektedir. Aksi halde insan ve çevre sağlığını tehdit eden tehlikeli madde emisyonlarının oluşması muhtemeldir (Mahaney, 1994).

"Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği" (Resmi Gazete Sayısı: 29036, 2014) kapsamında atıkların alternatif hammadde olarak kullanılması, atıktan türetilmiş yakıtın hazırlanması ve bu hazırlama tesislerinde bulunması gereken asgari şartlara yönelik uygulamalara yer verilmiştir. Yakma amaçlı kullanımlara yönelik usul ve esaslar ise yine aynı tebliğ ile düzenlenmiştir. Yönetmelikte belirtilen atıkların beraber yakma tesislerinde ilave yakıt olarak kullanılabilmesi için halojen miktarı %1'den az olan atık yağların yanma bölgesinde en az 2 saniye süreyle $\geq 850^{\circ}\text{C}$ sıcaklığın sağlanması istenilirken %1'den fazla halojen içeren atık yağlarda yanma bölgesindeki bekleme sıcaklığının $\geq 1100^{\circ}\text{C}$ 'ye yükseltilmesi zorunlu kılınmıştır (Resmi Gazete Sayısı: 27721, 2010).

3.1. Soba ve Kazanlarda Isıtma Amaçlı Kullanımı

Atık yağların yakılması için gerekli sıcaklık, basınç ve malzeme gibi koşullara uygun şekilde tasarlanan ve çeşitli endüstrilerde ısı ve elektrik üretimde kullanılan kazan ve brülörler mevcuttur (MMO, 2005). Bunun yanı sıra, özellikle organize sanayi siteleri dışında kalan nispeten küçük ve genellikle araç bakım-onarım faaliyetlerinin gerçekleştirildiği küçük sanayi sitelerindeki işletmelerin faaliyetleri sonucu oluşan atık madeni yağlar, ortam ısıtma amacıyla "yağ sobaları" kullanılarak yakılmaktadır. Genellikle sac malzeme ve atıklardan (kullanılmayan egzoz parçaları gibi) emaye kaplanarak üretilen ve uygun yanma koşullarının sağlanmadığı bu sobalarda, atık yağların yakılmasından kaynaklanabilen karbon monoksit (CO), metan (CH₄), dioksin/furan (PCDD/F) ve partikül madde (PM) emisyonları çevre ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır (OEHHA, 2007). Özellikle soğuk iklimin görüldüğü yerlerdeki oto tamirhaneleri, kaportacılar, marangozhane ve kaynak atölyeleri ile nispeten daha kalabalık işletmeler olan kiraathanelerde, madeni atık yağların kış aylarında ısınma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin, oldukça soğuk bir iklime sahip Sivas kentinde özellikle araç bakım-onarım servislerinde kullanım süresi dolan madeni atık yağların biriktirilerek basit yağ sobalarında yakıldığı belirtilmektedir (Sivas İÇD, 2010). Ulusal medya haberlerinde sıklıkla yer bulan yanık yağ sobalarının kullanımı hem bertaraf hem ısı kazanımı sağlayan bir araç olarak vurgulanırken söz konusu durumun çevre ve insan sağlığı açısından tehdit oluşturduğu göz ardı edilmektedir. Atık yağların çeşitli yağ yakıcı sistemlerde kullanılması sonucu oluşabilecek hava kirliliğine yönelik EPA (2001) tarafından hazırlanan rehber dokümanda bazı kirleticilere yönelik emisyon faktörleri verilmiştir. Söz konusu dokümanda yer alan tablolardan faydalanılarak yağ yakıcı sistemlerin emisyon envanteri "emisyon faktörü tahmini" yaklaşımı kullanılarak belirlenebilir.

3.2. Akaryakıt Olarak Kullanımı

Her geçen gün tükenen petrol, doğal gaz, kömür gibi fosil yakıtlar dünyadaki artan enerji talebinin karşılanması için kullanılabilecek alternatif yakıtlara yönelik çalışmalara hız kazandırmaktadır. Öte yandan, basit bir filtreleme işleminden geçirilen atık motor yağlarının, belirli standartlar dahilinde, iş makinelerinde kullanılabileceği belirtilmektedir (Caterpillar, 1996). Örneğin, Avustralya'da ağır vasıtalarda yer alan bilgisayarlı motor durumu izleme sistemi, eskiyen karter yağını belirli oranlarda (%7) dizele ekledikten sonra yenisiyle değiştirmektedir (Beer ve diğ., 2000). Ülkemizde, yüksek akaryakıt fiyatlarına ikame olarak kullanılan baz yağ karışımlarına inceltici bir takım kimyasalların ilavesiyle merdiven altı diye tabir edilen ortamlarda yapılan akaryakıt "10 numara yağ (10NY)" ismiyle satılmaktadır (PETDER, 2012-a). Alternatif yakıt olarak kullanılan standart dışı bu ürün, kısa vadede ekonomik fayda sağlamış gibi gözükse de uzun vadede motor performansını düşürerek egzozdan çıkan duman, is, koku ve kirletici emisyonlarını arttırmaktadır (PETDER, 2012-a; Uyaroğlu ve diğ., 2010).

Uyaroğlu ve diğ. (2010) tarafından dizel motorlarda standart dışı yakıt kullanımından kaynaklanabilecek piston arızalarının araştırıldığı çalışmada 10NY kullanımı nedeniyle arızalandığı bilinen iki farklı motor incelenmiştir. Arızalar, 10NY'ların sahip olduğu yüksek tutuşma sıcaklığına (116-194°C) bağlı olarak tutuşma süresinin gecikmesi ve artan dizel vuruntusunun neden olabileceği piston aşınması şeklinde yorumlanmıştır. Ayrıca, 10NY'ların içerik ve fiziksel özellikleri (viskozite, karbon kalıntısı vb.) sebebiyle geciken tutuşma süresi ve yanma odasında devam eden enjeksiyona bağlı olarak yakıtın birikmesi nedeniyle ani yanma safhasında meydana gelen basınç artış oranının, normalin üzerine çıkarak dizel vuruntusunun artmasına ve enjektörden damlayan yakıtın piston çukurunda birikip yanması sonucu pistonun ve yanma odasının hasar görmesine sebep olacağı ve bu durumun malzeme dayanımını olumsuz yönde etkileyeceği belirtilmiştir. Öte yandan, Eryılmaz ve diğ. (2010) tarafından standart dışı dizel yakıtların performanslarına ve kullanılması sonucu oluşabilecek emisyonlara (CO, CO₂,

Potansiyel Etkileri

HC, NO_x, SO₂) dair yapılan çalışmada dizel yakıt, atık bitkisel yağ ve 10NY örnekleri kullanılmıştır. Denemelerde kullanılan atık bitkisel yağ ve 10NY örneklerinin viskozitesinin dizel yakıtı göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu örneklerin dizel motorda yakılması sonucu oluşan emisyonlar incelendiğinde, 10NY ve dizel kullanıldığında CO ve SO₂ emisyonu bitkisel atık yağa göre daha yüksek bulunmuştur. CO ve NO_x emisyonunun bitkisel atık yağ kullanımında diğer yakıtlara göre daha yüksek olduğu, HC emisyonunun ise 10NY kullanımında yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, standart dışı ürünlerin motor performansını düşürmesinin yanı sıra egzoz emisyonları nedeniyle çevresel sorunlara da yol açacağı gösterilmiştir. Gedik ve Yurdakul (2014) tarafından alternatif yakıt olarak kullanılan baz yağ karışımlarının (10NY) kimyasal içeriğinin incelendiği çalışmada, Türkiye genelinden toplanan 10NY numunelerindeki Σ₁₉ metal (Ag, As, Ba, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Se, Sr, Tl, V, Zn) ve Σhalojen (Cl) dağılımının, sırasıyla, 0,04-189 µg/g ve <200-825 µg/g aralığında değiştiği belirtilmiştir. Ölçüm verileri ve ülkemizdeki yıllık ortalama baz yağ satış rakamları kullanılarak yapılan tahmini metal emisyon değerlerinin, farklı ülkelerdeki dizel araçlardan veya endüstriyel kaynaklardan ortaya çıkan toplam metal emisyonları ile kıyaslanabilir veya daha yüksek düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

3.3. İlave Yakıt Olarak Kullanımı

Atık yağların hem yakılarak enerji geri kazanımı hem de kontrollü bir şekilde bertarafının sağlanması için başta çimento fabrikaları, kireç üretim fırınları, termik santraller, demir-çelik endüstrileri olmak üzere bazı tesislerde ek yakıt olarak kullanılmasına müsaade edilmiştir (Resmi Gazete Sayısı: 29036, 2014). Çimento üretim tesislerinde alternatif yakıt veya ilave yakıt olarak atık yağlar kullanılabilir (Thomanetz, 2012). Avrupa çimento sektöründe alternatif yakıtların kullanım oranı yaklaşık %20 iken ülkemizin çeşitli bölgelerinde faaliyet gösteren 66 adet çimento fabrikasındaki alternatif yakıt kullanım oranı %1'den az düzeydedir (TÇMB, 2014). Derlemeyi hazırlayan yazarların mevcut bilgisine göre ülkemizde atık yağların diğer sektörlerde ilave yakıt olarak kullanıma ilişkin herhangi bir veri mevcut değildir.

3.4. Tehlikeli Atık Olarak Bertarafı

AYKY'de yer alan sınıflandırmaya göre arıtıma uygun olmayan ve ek yakıt olarak kullanılması çevre ve insan sağlığı açısından risk yaratan III. kategori atık yağların "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında lisanslı atık yakma tesislerinde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Ülkemizde İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme Anonim Şirketi (İZAYDAŞ), İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (İSTAÇ) ve Petrokimya Holding Anonim Şirketi (Petkim) bünyesinde olmak üzere üç adet lisanslı atık yakma tesisi bulunmaktadır. Ancak, İSTAÇ'taki yakma fırını sadece tıbbi atıkların yakılmasında kullanılmaktadır. İZAYDAŞ'ta bulunan atık yakma ve enerji üretimi ünitesinde tıbbi atıkların yanı sıra diğer tehlikeli atıkların bertarafı da gerçekleştirilmektedir. Petkim'de yer alan yakma tesisinde ise işletme bünyesinde oluşan atıkların yanı sıra dışarıdan gelen atıkların da bertarafı gerçekleştirilmektedir. 2013 yılı verilerine göre yaklaşık 560 ton atık madeni yağ tehlikeli atık olarak bertaraf edilmiştir (PETDER, 2014).

4. YAĞ SEKTÖRÜ ÜRÜN VE ATIKLARININ YAKILMASININ ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE POTANSİYEL ETKİLERİ

Kömür (2500-7300 kcal/kg), mazot (10100-10900 kcal/kg), doğalgaz (8200-9155 kcal/m³) gibi fosil yakıtlar kadar yüksek ısı kapasiteye sahip yağ sektörü atıkları (9500-10000 kcal/kg) (ETKB, 2014; PETDER, 2012-b) gerek yağ yakıcı sistemlerde gerekse de motorine eşdeğer hale getirilerek çeşitli ortamlarda (soba, kazan, çimento fabrikaları gibi) yakıt veya ek yakıt

olarak kullanılabilir. Atık madeni yağlar kullanıldığı yerlere göre metal (Ar, Ba, Be, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn vb.), PCB, S, N ve halojen gibi kimyasalları içerebilmektedir (ATSDR, 1997; EPA, 1996). Bitkisel atık yağlar ise hammadde veya kullanım sürecinden kaynaklanan metal ve klorlu bileşikler gibi kirleticileri barındırabilmektedir (Cheung ve diğ., 2010; Roszko ve diğ., 2012).

Yakma işlemlerinde uygun koşulların sağlanmadığı durumlarda “tam yanma” gerçekleşmemektedir. Bu durumda, yakıtın içeriğine bağlı olarak PM, CO, CH₄, uçucu organik bileşikler (UOB), PAHlar, PCBler, PCDD/Fler, benzen, Pb, Hg gibi emisyonlar meydana gelebilmektedir (Lemieux ve diğ., 2004). Oluşan bu emisyonlar, maruziyete bağlı olarak çevre ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (ATSDR, 1995; Domeno ve Nerin, 2003; Kampa ve Castanas, 2008). Yanma faaliyeti sonucu havaya salınan emisyonlar havadaki partiküllere veya sıvı damlacıklara tutunarak yeryüzüne (toprak, bitki yüzeyleri, su birikintileri vs.) ulaşabilmekte ya da hava hareketleriyle farklı bölgelere taşınarak kirliliğe neden olabilmektedir (Kampa ve Castanas, 2008). Yağ sektörü ürün ve atıklarının yakılması ile oluşan kirletici emisyonları çevresel ortamlara ulaştığında, karışım halinde hareket etmek yerine fizikokimyasal özelliklerine bağlı olarak toprak, su ve hava arasında dağılım gösterebilmektedir. Doğal kaynaklara ulaşan zararlı madde emisyonları, insanlarda kardiyovasküler, sinir, üriner ve sindirim sistemlerini etkileyebilmektedir (Kampa ve Castanas, 2008).

Atık yağların gerek yağ yakıcı sistemlerde ve gerekse de motorine eşdeğer hale getirilerek araçlarda kullanılması sonucu havaya salınan zararlı madde emisyonları, atık yağın içerik ve kullanım alanına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, aşağıda özetlenmiştir:

4.1. Metal ve Partikül Madde Emisyonu

Yağ sektörü atıklarındaki kül ve iz element miktarı ham petrol veya madeni yağlara kıyasla oldukça yüksektir (Hall ve diğ., 1983). Atık yağlar yakıldığında, gerekli tedbirler alınmadığı takdirde, yüksek oranda partikül madde ve iz element (1398 µg/g Pb, <10 µg/g Cr, 23 µg/g Cu, 292 µg/g Br) salımı ortaya çıkmaktadır (EPA, 2014-b; Gulyurtlu ve diğ., 1996; Hall ve diğ., 1983). Atık yağların yakılması sırasında oluşan kirletici emisyonları, yağ yakıcı sistem ve yakıt olarak kullanılan atığın tipine bağlı olmakla birlikte partikül formdaki metal emisyonları, bütün yağ yakma sistemleri için ortak bir özelliktir (Vazquezduhalt, 1989). Partikül maddeler, organik veya inorganik kirleticileri bünyesinde barındırması veya kirleticilerin partikül maddelere tutunarak taşınması açısından büyük önem taşımaktadır (Nerin ve diğ., 2000). Kullanılmış yağların içerisinde bulunan metaller, performans sağlayıcı antioksidan veya deterjan katkılarından kaynaklanabileceği gibi yağın kullanım yerine bağlı (aşınma sonucu yağa karışma) olarak da oluşabilmektedir. Nerin ve diğ. (1996) tarafından atık motor yağlarının yakılması sonucu oluşan emisyonlarda partikül boyutu-metal ilişkisinin araştırıldığı bir çalışmada Pb, Fe, Cu, Ni ve Cr gibi metallerin 10 µm'den daha küçük partiküllerde, Cd ve V metallerinin ise 40 µm çaplı partiküllerde konsantrasyonu olduğu belirtilmiştir. Dizel motorlarda, yakıttaki katkı maddelerinin egzoz emisyonlarındaki parçacık boyutu dağılımına etkisinin incelendiği bir çalışmada ise baz yağ katkısının motorine kıyasla %0,5-1,5 arasında değişen oranlarda, egzoz gazındaki parçacık oluşumunu, dağılımını ve nanopartikül emisyonlarını arttırdığı belirlenmiştir (Dong ve diğ., 2012).

Atık yağların yakılması sonucu oluşabilecek metal emisyonları insanlar üzerinde akut ve/veya kronik birtakım sağlık etkilerine neden olabilmekte, uygun olmayan yanma koşulları sebebiyle açığa çıkan metallerin vücuttaki birikimi insan sağlığı için tehlike oluşturabilmektedir (Kampa ve Castanas, 2008). Atmosfere salınan metallerin, çapı 1µm'den daha küçük olan partiküller üzerinde birikmesi, solunum yoluyla akciğerlere ulaşmasını kolaylaştırmaktadır (Nerin ve diğ., 2000). Atık yağların yakılmasından kaynaklanabilecek metal emisyonlarının hava ortamına ulaşması, solumayla doğrudan veya ekolojik döngüler vasıtasıyla dolaylı olarak insanlara ulaşarak sağlık açısından tehdit oluşturabilmektedir (Nwachukwu ve diğ., 2011).

4.2. Organik Kirletici Emisyonları

Atık yağların yakılmasıyla oluşan emisyonlar klorlu solventlerin yanı sıra çeşitli organik bileşikler içerebilmektedir. Benzen, toluen, PCB ve PCDD/F gibi tehlikeli organik bileşikler atık yağların bileşiminde bulunabileceği gibi eksik yanma ürünü olarak da oluşabilmektedir (EPA, 2014-b). Ayrıca, madeni yağ katkıları içerisinde değişik miktarlarda Cl bulunmakla birlikte (Hewstone, 1994), atık motor yağları içerisinde 273-1084 µg/g aralığında ve endüstriyel/makine yağlarında ise ortalama 5000 µg/g seviyesindedir (Domeno ve Nerin, 2003). Bu elemente dair sorun, atık yağların mekan/oda ısıtıcısı gibi yağ yakma sistemlerinde (300-400°C) yakıt olarak kullanılması sonucu PAH, PCB, PCDD/F gibi endokrin bozucu kimyasalların ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır (ATSDR, 1997; Delistraty ve Stone, 2007).

PAHlar sadece C ve H atomlarından oluşan, çeşitli sayılarda (2-8) kaynaşık aromatik halka içeren bileşiklerdir. Kullanılmamış yağda tayin sınırına yakın veya tayin sınırı altında bulunan PAHlar, atık yağda kullanılmamış yağa oranla 34 ile 190 kat daha fazla bulunabilmektedir (Dominguez-Rosado ve Pichtel, 2003; Grimmer ve diğ., 1984). Atık motor yağı içerisindeki PAH bileşiklerinin sayı ve derişimi, araçlardaki kullanım sürelerine bağlı olarak artmaktadır (Wong ve Wang, 2001). Özellikle 2-3 halkalı bileşiklerin kilometreye bağlı olarak artış gösterdiği atık motor yağlarındaki PAHlar (Wong ve Wang, 2001), atmosferde gaz fazında veya partiküllere adsorbe olmuş bir şekilde bulunmaktadır (Chetwittayachan ve diğ., 2002). Dizel motorlar benzinlilere kıyasla daha yüksek seviyede küçük parçacık (<1,0 µm) salımı gerçekleştirmektedir. Bu parçacıkların yüzey alanları oldukça büyük olduğundan dizel motorlu taşıtların egzozundan çıkan gaz fazındaki kirleticiler bu parçacıklara tutunurlar. Atmosferdeki beş ve daha yüksek sayıda halkaya sahip olan PAH bileşikleri dizel motor emisyonlarından kaynaklanmaktadır (Teixeira ve diğ., 2011). Atık yağlardaki başlıca PAH bileşikleri benzopiren, benzoantrasen ve krisen gibi 3-7 halkalı olanlardır (Rauckyte ve diğ., 2006). Bunların kanserojen etkisi nedeniyle, kullanılmış yağların bilinçsiz ve/veya kontrolsüz bir biçimde bertaraf edilmesiyle oluşabilecek emisyonlar kansere neden olarak halk sağlığını tehdit etmektedir (Gulyurtlu ve diğ., 1996; Rauckyte ve diğ., 2006). PAHlar, insan vücudunda yağ içeren bütün dokulara girebilmekte, başta karaciğer ve böbrekler olmak üzere yumurtalıklar, dalak ve adrenalin bezlerinde depolanma eğilimi göstermektedir (ATSDR, 1995). Yapılan araştırmalarda yağ, katran, is, duman gibi kimyasalların özellikle benzo(a)piren içeren zengin PAH kaynağı olduğu belirtilmektedir (Douben, 2003).

Yağ sektörü ürün ve atıklarında bulunabilen bir diğer organik kirletici grubu PCBlerdir. PCBler iki aromatik halkaya (bifenil) çeşitli sayılarda (1-10) klorun bağlanmasıyla teorik olarak 209 bileşiğin (konjener) oluşabildiği sentetik organik bileşiklerdir (Erickson, 1997). Kullanımı uzun yıllar önce yasaklanan PCBlerin, özellikle elektrik endüstrisi ekipmanlarıyla günümüze ulaşan hacimlerinin tehlikeli atık olarak bertaraf edilmek yerine madeni, sentetik veya bitkisel atık yağlarla seyreltilerek (Devoogt, 1991) uzaklaştırılması önemli bir sorun oluşturmaktadır. İmmersiyon, kesme, yağlama yağları vb. gibi atık yağ numunelerinde farklı tip ve konsantrasyonlarda PCB bulunabilmektedir (Lulek, 1998; Nerin ve diğ., 1996; Roszko ve diğ., 2012). PCB içeren atık yağların kontrolsüz sirkülasyonu veya yönetmeliklerdeki yükümlülüklerden kaynaklanan sorumluluğu aşabilmek için atık yağlara karıştırılması sonucunda, atık motor yağında 2,88-53,4 µg/g (Lulek, 1998) ve endüstriyel yağlarda 5,03-21,3 µg/g (Nerin ve diğ., 1996) arasında değişen seviyelerde PCBlere rastlanmıştır. Oanh ve diğ. (2010) tarafından pilot ölçekli bir yakma ünitesinde (700-1100°C) dizel yağı ve bu yağla belirli oranlarda seyreltilen PCB ile kirlenmiş yağların yakıldığı bir çalışmada, baca (12 m yükseklik ve 0,4 m çap) çıkışında yapılan izokinetik örneklemeden elde edilen analiz sonuçları, sadece dizel yağının yakılmasıyla dahi PCBlerin oluşabildiğini ve seyrelme faktörüne bağlı olarak artış gösterdiği belirtilmiştir. Σ₁₂PCB bileşiğinin ölçüldüğü çalışmada PCB-105, -118 ve -126 bileşiklerinin baskın çıktığı baca emisyon profilleri (<1 toksik eşdeğer (TEQ) ng/m³), PCBlerin

çoğunlukla gaz fazında olduğunu ancak partikül fazında da azımsanmayacak miktarda (1/3 oranında) bulduklarını göstermiştir.

Kirletici içeren atık yağların, korsan faaliyetlerle, kirletici madde içermeyen yağlara karıştırılmak suretiyle piyasada çeşitli amaçlara yönelik kullanılması çevre ve insan sağlığı açısından önem arz etmektedir. Bu tür atıkların, uygun olmayan koşullarda yakılmasıyla, insan ve çevre sağlığı için toksik kimyasallar (PCB ve dioksin gibi) ortaya çıkmaktadır (ATSDR, 1997). Bu durum, İrlanda Tarım, Balıkçılık ve Gıda Bakanlığı'nın ulusal kalıntı izleme çalışmaları kapsamında 2008 yılında gerçekleştirdiği rutin hayvansal ürün tarama analizlerinde, bir domuz yağı numunesinde yüksek miktarda PCB kalıntısına rastlaması ile örneklendirilebilir. Söz konusu domuz ürününün üretildiği çiftlikteki çeşitli girdilerden numuneler alındıktan sonra hayvan yemi içerisinde 2000 pg/g civarında PCB kalıntısı tespit edilmiş ve söz konusu PCB kirliliğinin, üretilen hayvan yemlerinden geldiği tespit edilmiştir. Detaylı bir şekilde yürütülen ve analizleri Amerikan Çevre Ajansı tarafından yapılan araştırma sonucunda, söz konusu PCB kirliliğinin, üretilen hayvan yemlerinin kurutulması için gereken enerjinin eldesinde kullanılan "yağ yakıcı" sistemden kaynaklanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan analizler, PCB içeren trafo yağlarının yakıt olarak kullanıldığı sistemden elde edilen PCB/dioksin profilinin, domuz yağı ve hayvan yemi numunelerinden elde edilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiğini, dolayısıyla, domuz ürünündeki kirliliğin atık yağın yakılması sonucu oluştuğunu ortaya çıkarmıştır (Kennedy ve diğ., 2009; Wall ve diğ., 2009).

PCDD/Fler çeşitli sayılarda (1-8) klor içeren iki benzen halkasının bir veya iki oksijen köprüsüyle birbirine bağlandığı aromatik bileşiklerdir. Basit yakma işleminden termal endüstriyel işlemlere kadar, 800-1000°C ve altındaki sıcaklıklarda yapılan yakma işlemlerinde, işleme tabi maddelerin yapısındaki Cl ile C arasındaki etkileşim sonucunda PCDD/F oluşabilmektedir (Hartenstein, 2003). Bu kimyasallar, orman yangınları, volkanik patlamalar gibi doğal olayların yanı sıra atık yakma, kimya endüstrisi ve motorlu taşıtlar gibi antropojenik kaynaklara kadar pek çok alanda yan ürün olarak da ortaya çıkmaktadır (Güneş ve Ertürk, 2009). Hagenmaier ve Brunner'in (1987) kullanılmış (10000 km sonrası) ve geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş motor yağında PCDD/F içeriği üzerine yaptıkları çalışma, tehlikeli atık sınıfındaki yağların kontrolsüz bir şekilde yakılması sonucu çevre ve insan sağlığının maruz kaldığı durumu ortaya koymaktadır. Yeni ve kullanılmış motor yağında 0,05 µg/kg tayin sınırında herhangi bir PCDD/F bileşiğine rastlanmazken, geri dönüşüm yoluyla elde edilmiş yağ örneğinde yüksek klorlu PCDD (C₁₆-C₁₈) ve PCDF (C₁₇-C₁₈) bileşikler tespit edilmiştir. Bu kirleticinin kaynağı olarak Avrupa'da mineral yağ endüstrisinde kullanılan pentaklorofenol (PCP) kimyasalı ve sodyum tuzu (NaCl) saptanmıştır. Broker ve Gliwa (1986) tarafından atık yağ geri dönüşüm tesisi baca gazı çıkışında yapılan ölçüm sonucunda önemli ölçüde PCB ve PCDD/F seviyelerine rastlanmıştır. PCB içeriği 1,5-62 µg/g aralığında değişen atık yağların lisanslı geri dönüşüm tesislerinde yakılması sonucunda baca gazında 33,9-1651 ng/m³ arasında değişen miktarlarda PCDD/F konsantrasyonları ölçülmüştür (Broker ve Gliwa, 1986). Kullanılmış lastik, resin, atık yağ gibi çeşitli atıkların yakıldığı bir tesisin iç yapı malzemesinden alınan örneklerde yapılan analizlerde, duvar yüzeyinin 10 mm derininden alınan beton numunesinde en yüksek (ΣPCDD: 8100 ng/kg ve ΣPCDF: 2200 ng/kg) PCDD/F ölçülmüştür (Fiedler, 1996). Oanh ve diğ. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise dizel yağının 1/10 ve 1/100 oranlarında PCB ile kirlenmiş yağ ile seyreltilerek yakılması sonucunda 2-3 TEQ ng/m³ toplam dioksin miktarı ve özellikle gaz fazında 2,3,7,8 TCDF ve 2,3,4,7,8 PeCDF bileşiklerine rastlanmıştır. Öte yandan, 1968'de Batı Japonya'da gerçekleşen ve Japonca'daki kelime anlamı "yağ hastalığı" olan "Yusho" kazasında, PCB içeren ısı transfer yağı termal olarak bozunmuş ve üretim işlemi sırasında pirinç yağına sızmıştır (Kunita ve diğ., 1984). Üretilen pirinç yağını tüketenlerde çok şiddetli ve kalıcı sivilceler (klorakne), kol ve bacaklarda şişme, halsizlik ve bazı bireylerde karaciğer bozukluklarına rastlanmıştır (Aoki, 2001). 1990 yılına kadar Yusho kazasından 1860 kişinin etkilendiği ve 149 kişinin hayatını kaybettiği kaydedilmiştir (Masuda, 1996; Onozuka ve diğ., 2009). Yusho kazasında, pirinç yağı üretim

Potansiyel Etkileri

işleminde termal olarak bozulan ısı transfer yağından kaynaklanan hastalıklara PCDFlerin neden olduğu düşünülmektedir (Erickson ve Kaley, 2011). Karaciğerde hücre hasarına neden olan dioksinler (Kimbrough ve diğ., 1977), kandaki enzim seviyelerinde artışa, mide-bağırsak ve karaciğer kanserlerine sebebiyet vermektedir (Mandal, 2005).

Çevresel ortamda uzun süre kalan, hava ve su aracılığıyla uzun mesafelere taşınan organik kirleticiler, çevre için toksik olduğu kadar insan sağlığını da tehdit etmektedir. Söz konusu kirleticilerin en önemli özelliği, fotokimyasal ve biyolojik bozunmaya karşı dirençli olmaları, canlıların yağ dokularında birikerek besin zincirinde yüksek konsantrasyona ulaşmaları, dolayısıyla, uzun yıllar boyunca toksik etkilerini sürdürmeleridir (ATSDR, 1997; EPA, 2014-b; Seaton ve diğ., 1995). Bu sebeple, yağ atıklarının bileşiminde bulunan veya uygun olmayan koşullarda yakılmasıyla oluşan organik kirletici emisyonları, çevre kirliliğine neden olmanın yanı sıra insanlarda özellikle yağ dokuda birikerek başta kanserojen ve mutajen etkiler olmak üzere bağışıklık ve üreme sistemleri ile hormonal bozukluklar gibi birçok sağlık problemine neden olabilmektedir (Birnbaum, 1994; Dalton ve diğ., 2001; Kimbrough ve diğ., 1977).

5. ÜLKEMİZDEKİ GÜNCEL DURUM

Ülkemizde, yağ sektörü ürün ve atıkları yağlama, yakıt ve beslenme gibi hem herkes tarafından bilinen hem de kaçak akaryakıt gibi kendine özgü faaliyetlerde kullanılmaktadır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun (EPDK) 2012 yılında yayınladığı verilere göre ülkemizde faaliyet gösteren 301 adet madeni yağ lisansına sahip firmanın yaklaşık 5,2 ton üretim kapasitesi bulunmaktadır (PETDER, 2012-b). Tam kapasite işletilmemesine rağmen sektör hacmine katkısı bulunan bu tesislerde yapılan baz/madeni yağ üretiminin yanı sıra ithal edilen yağlar da piyasaya arz edilmektedir. Ancak, yıllık tüketimin yaklaşık 550.000 ton olduğu baz/madeni yağ piyasasına sunulan miktar, piyasadaki talebin üzerinde kalmaktadır. 2012 yılında ülkemizde madeni yağ tüketiminin %53'ünü taşıt yağları, %36'sını endüstriyel yağlar, %6'sını deniz yağları, %5'ini ise gresler oluşturmaktadır (PETDER, 2012-b). Kullanım ömrünü tamamlayarak atık niteliği kazanan (kullanım yeri, kayıplar ve koşullara bağlı olarak) motor yağlarının %65'i, endüstriyel yağların ise ortalama %70'i atık olmaktadır (Concawe, 1996; Özbey ve Metin, 2010). Türkiye genelinde otomotiv, metal, imalat ve kimya gibi pek çok endüstriden kaynaklanan madeni veya sentetik atık yağın yanı sıra lokanta, restoran, otel ve hazır yemek sektöründe oluşan bitkisel/hayvansal atık yağların çok az bir miktarı kayıt altına alınabilmektedir.

Madeni, sentetik veya bitkisel/hayvansal atık yağların kalorifik değeri (9500-10000 kcal/kg) ve hammadde geri kazanım potansiyeli sektör hacmi ve ticari rant dikkate alındığında korsan faaliyetlere neden olmaktadır (Uzun ve Gedik, 2012). Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan "Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği" ile madeni atık yağların kayıt altına alınması, geri kazanımı ve bertarafının sağlanması için önemli çalışmalar başlatılmıştır. Bu kapsamda, PETDER tarafından kurulan sistem ülke çapında devam eden yatırım ve faaliyetlerine rağmen madeni atık yağların %80-85'i kayıt dışı olarak toplanmakta ve/veya çevre ve insan sağlığını tehdit edecek alanlarda yaygın olarak kullanımı devam etmektedir (PETDER, 2009). Yapılan araştırmalar, faydalı kullanım ömrünü tamamlayan ve atık haline dönüşen madeni yağ miktarının kullanım yeri ve koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte en az %50'sinin kullanım sonrası atığa dönüştüğünü göstermektedir (Özbey ve Metin, 2010). Ülkemizde yılda yaklaşık 500 bin ton madeni yağ tüketilmesinden hareketle atık madeni yağ miktarının 250 bin ton olduğu tahmin edilmektedir. 2009 yılında toplanan 30708 ton atık madeni yağın 14373 tonu arıtım/yeniden üretim tesislerinde, 13677 tonu çimento, kireç, demir-çelik gibi tesislerde ürün veya enerji olarak geri kazanılmış, 2668 tonu ise ürün veya enerji geri kazanımı için uygun olmadığından bertaraf edilmiştir (PETDER, 2009). AB ülkelerinde kayıt içi atık madeni yağ toplama oranı %74'tür. Ülkemizde ise kayıt altına alınan toplam atık madeni yağ miktarı (30708 ton) oluşması beklenen miktarın (250 bin ton) yalnızca %12'si kadardır.

Kayıt dışı kalan miktarın önemli bir kısmı yasadışı yollardan ısınma veya enerji amacıyla yakılmakta (Çanakçı ve Akıncı, 2007) veya merdiven altı olarak tabir edilen işletmelerde basit işlemlerden geçirilerek doğrudan akaryakıtı karıştırılmaktadır.

Ülkemizde yemeklik, biyodizel üretimi, kozmetik endüstrisi gibi farklı alanlarda yağları kullanılan ayçiçeği, pamuk, mısır, soya, zeytin, kolza, yer fıstığı, haşhaş, kenevir ve aspir bitkileri ve fındık, ceviz, badem gibi önemli oranda yağ bulunduran sert kabuklu meyvelerin üretimi yapılmaktadır (Satana, 2002). Dünyadaki bitkisel ve hayvansal yağ üretimi yaklaşık 154 milyon tondur. Ülkemizde ise hayvansal yağ üretimine dair veri bulunmamakla birlikte 2014 yılında üretilen yağlı tohum miktarı yaklaşık 3,4 milyon tondur (BSYD, 2014; Lam ve diğ., 2010; TÜİK, 2015). Ülkemizde bitkisel yağ tüketimi (17,5 kg/kişi-yıl), dünya ortalamasının (14,8 kg/kişi-yıl) üzerinde iken, arz-talep açısından bitkisel yağ üretimi, ihtiyacı karşılayabilen düzeye ulaşamamıştır (BSYD, 2014). Beslenme alışkanlıklarında son yıllarda gözlemlenen değişiklik, ülkemizde oluşan kullanılmış bitkisel yağ atığı miktarına da etki etmiştir. Ülkemizde her yıl tüketilen yaklaşık 1,5 milyon ton bitkisel yağın, evsel ve endüstriyel kullanımları sonucu yaklaşık 350 bin tonunun atık bitkisel yağa dönüştüğü tahmin edilmektedir. Ancak, atık yağ toplama konusunda faaliyet gösteren az sayıdaki firmanın topladığı atık bitkisel yağ miktarı yaklaşık 3000 ton ile sınırlı kalmaktadır (Keskinler, 2008). Ulusal medyada yer alan haberlerde, temel olarak beslenme amacıyla kullanılmasına rağmen bitkisel/hayvansal yağ ürün ve/veya atıklarının doğrudan veya başka katkılarla karıştırılarak motorlu araçlarda yakıt olarak da kullanıldığına yönelik iddialar bulunmaktadır.

Karayolu taşımacılığı ülkemizdeki en yaygın ulaşım şeklidir (UDH Bakanlığı, 2011). 10NY sorununa yönelik hazırlanan PETDER raporu (2012-a) minibüs, otobüs ve kamyon gibi ticari araçların büyük bir bölümünün, sayısal verilerle ifade edilenden daha fazla miktarda 10NY kullandığını ortaya çıkarmıştır (PETDER, 2012-a). Bireysel nakliyecilerin neredeyse %90'ının araçlarında kullandığı 10NY'lar (PETDER, 2012-a) aynı zamanda şehir içi toplu ulaşım araçlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır (Uzun ve Gedik, 2012). Yapılan yasal düzenleme ve uygulamalara rağmen 10NY ticaretinin günümüzde devam ettiği bilinmektedir. Medyada sıklıkla yer bulan 10NY ile ilgili haberlerde, farklı illerde yapılan denetimlerde ele geçirilen karışımli akaryakıtlar, bu durumu kanıtlar niteliktedir. Ayrıca, bitkisel/hayvansal atık yağların yasal/yasal olmayan şekillerde doğrudan veya başka katkılarla karıştırılarak motorlu araçlarda yakıt olarak kullanıldığı haberleri de yer almaktadır. Kaçak akaryakıt olarak değerlendirilen alternatif yakma ürünlerinin bileşiminde kullanılan baz yağı ve solventi yurt dışından ithal eden şirketlere lisans zorunluluğu getirilmesinin ardından bitkisel kaynaklı yağların kaçak olarak akaryakıt sektörüne girdiği çeşitli platformlardan duyurulmuştur. Toplu taşıma ve yük taşımacılığı yapan araçlarda sıklıkla kullanıldığı bilinen, yanıcı ve inceltici madde katkısı içeren söz konusu karışım akaryakıtların olası küçük bir kazada dahi araçta aniden yangın çıkmasına sebebiyet verebileceği ispatlanmıştır (Gedik ve Uzun, 2015).

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, alternatif yakıt olarak kullanılan yağ sektörü atıklarının çevre ve insan sağlığı üzerindeki olası etkileri değerlendirilmiştir. Kullanım sonrası özelliğini yitirerek atık vasfı kazanan yağ sektörü ürünleri, yüksek kalorifik değeri nedeniyle çoğunlukla yakılarak bertaraf edilmektedir. Bu ürünlerin içeriğine ve kullanıldığı yere bağlı olmakla birlikte yakma işlemi ile PM, CO, CH₄, UOB, PAH, PCDD/F, benzen, kurşun ve civa gibi emisyonlar oluşabilmektedir. Bu emisyonlar, doğrudan ulaştığı çevresel ortamlarda sorun oluşturabileceği gibi, doğrudan veya dolaylı olarak insan sağlığı için de tehdit oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, söz konusu atıkların yetkin olmayan kişiler tarafından kontrolsüz bir şekilde ısınma amaçlı veya akaryakıt olarak kullanımı, yakılmasından doğabilecek riskleri arttırmaktadır. Bu nedenle, yağ sektörü atıkları karakterizasyonu yapıldıktan sonra yasal düzenlemelerde yer alan sınıflandırmalar dikkate alınarak kontrollü bir şekilde bertaraf edilmelidir. Öte yandan, ülkemizde yasal

Potansiyel Etkileri

olmamasına rağmen herhangi bir denetim yapılmadan 10 numara yağ adı altında satılan standart dışı ürün çok sayıda otobüs ve kamyon şoförü tarafından dizele ek veya alternatif olarak kullanılmaktadır. Son dönemde medya haberleri ile gündeme gelen ve insan sağlığını tehdit eden bu jenerik yakıtı yönelik düzenlemeler, önlemler ve kontrollerin artırılması gerekmektedir. Yağ sektörü ürün veya atıklarının yakılmasından kaynaklanabilecek etkilerin tam olarak ortaya çıkarılması ve oluşabilecek risklerin değerlendirilebilmesi için daha ayrıntılı bileşen analizlerinin yapılması ve bu yakıtı kullanan araçlarda eş zamanlı kirletici emisyon ölçümlerinin yapılması, söz konusu sektörel atıkların yakıt olarak kullanılmasından kaynaklanabilecek kirliliğin boyutunun ortaya konulabilmesi için gereklidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 2014.01.0102.006 kodlu ve TÜBİTAK 112Y175 no.lu projeler kapsamında üretilmiştir. Katkılarından dolayı Makine Yüksek Mühendisi Fatih GÜVEN'e (Akdeniz Üniversitesi) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Akkapılı, Y. (2012) *Madeni Yağ Ansiklopedisi*, Solver Kimya, Adana.
2. Akkurt, M. (1982) *Makina Elemanları*, Birsen Yayınları, İstanbul.
3. Altun, Ş. and Öner, C. (2010) Hayvansal Yağların Dizel Motor Yakıtı Olarak Değerlendirilmesi, *Electronic Journal of Vehicle Technologies (EJVT)*, 2 (3), 1-11.
4. Andrews, L. (2008) Compendium of Recycling and Destruction Technologies for Waste Oils, *United Nations Environment Programme*.
5. Aoki, Y. (2001) Polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins, and polychlorinated dibenzofurans as endocrine disrupters - What we have learned from Yusho disease, *Environmental Research*, 86 (1), 2-11. doi: 10.1006/enrs.2001.4244
6. ATSDR (1995) *Toxicological profile for polycyclic aromatic hydrocarbons*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Georgia.
7. ATSDR (1997) *Toxicological profile for used mineral-based crankcase oil*, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Georgia.
8. Ay-Büyüknisan, P. (2013). Analysis of The Effects of Different Additives on Base Oils, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
9. Beer, T., Grant, T., Brown, R., Edwards, J., Nelson, P., Watson, H. and Williams, D. (2000) *Life-cycle Emissions Analysis of Alternative Fuels for Heavy Vehicles: Stage 1*, Australian Greenhouse Office, Melbourne.
10. Birnbaum, L. S. (1994) The mechanism of dioxin toxicity: relationship to risk assessment, *Environmental Health Perspectives*, 102 157-167.
11. Broker, G. and Gliwa, H. (1986) U Dioxin-und Furanemissionen bei der Verbrennung von Altöl, *Staub. Reinhaltung der Luft*, 46 (10), 435-438.
12. BSYD, (2014). Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği Türkiye İstatistikleri. Erişim Adresi: <http://www.bysd.org.tr/Istatistikler.aspx> (Erişim Tarihi: 12.12.2014).
13. Caterpillar, 1996. Blending used Crankcase Oil with Diesel Fuel for use in Caterpillar Heavy Duty Diesel Engines, Engine Data Sheet 62.1, USA.

14. Chetwittayachan, T., Shimazaki, D. and Yamamoto, K. (2002) A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand, *Atmospheric Environment*, 36 (12), 2027-2037. doi: 10.1016/s1352-2310(02)00099-7
15. Cheung, K. L., Ntziachristos, L., Tzankiozis, T., Schauer, J. J., Samaras, Z., Moore, K. F. and Sioutas, C. (2010) Emissions of Particulate Trace Elements, Metals and Organic Species from Gasoline, Diesel, and Biodiesel Passenger Vehicles and Their Relation to Oxidative Potential, *Aerosol Science and Technology*, 44 (7), 500-513. doi: 10.1080/02786821003758294
16. Concawe (1996) *Collection and disposal of used lubricating oil*, Environmental Science for the European Refining Industry, Brüksel.
17. Çanakçı, M. and Akıncı, İ. (2007) Antalya ili seralarında kullanılan havalandırma ve ısıtma sistemleri, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2) 241-252.
18. Çengelci, E., Bayrakçeken, H. and Aksoy, F. (2011) Hayvansal ve Bitkisel Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Dizel Yakıtı ile Karşılaştırılması, *Electronic Journal of Vehicle Technologies (EJVT)*, 3 (1), 41-53.
19. Dalton, T. P., Kerzee, J. K., Wang, B., Miller, M., Dieter, M. Z., Lorenz, J. N., Shertzer, H. G., Nebert, D. W. and Puga, P. A. (2001) Dioxin exposure is an environmental risk factor for ischemic heart disease, *Cardiovascular toxicology*, 1 (4), 285-298.
20. Delistraty, D. and Stone, A. (2007) Dioxins, metals, and fish toxicity in ash residue from space heaters burning used motor oil, *Chemosphere*, 68 (5), 907-914. doi: 10.1016/j.chemosphere.2007.01.070
21. Devoogt, P. (1991) The determination of polychlorinated-biphenyls in waste mineral oils-A Review, *Chemosphere*, 23 (7), 901-914. doi: 10.1016/0045-6535(91)90095-u
22. Diesel, R. (1895). Diesel, Patent numarası: US542846, Erişim adresi: <https://www.google.com/patents/US542846> (Erişim Tarihi: 12.12.2014).
23. Domeno, C. and Nerin, C. (2003) Fate of polyaromatic hydrocarbons in the pyrolysis of industrial waste oils, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 67 (2), 237-246. doi: 10.1016/s0165-2370(02)00064-5
24. Dominguez-Rosado, E. and Pichtel, J. (2003) Chemical characterization of fresh, used and weathered motor oil via GC/MS, NMR and FTIR techniques. *Proceedings of the Indiana Academy of Science*, 112 (2): 109-116.
25. Dong, L., Shu, G., Liang, X., Wang, Y. and Liu, L. (2012) Effect of lubricating oil additives on particle size distribution and total number concentration in diesel engine, *Lubrication Science*, 24 (7), 325-338. doi: 10.1002/lis.1196
26. Douben, P. E. (2003) *PAHs: an ecotoxicological perspective*, John Wiley & Sons, Bedford.
27. Durak, E., Çulcuoğlu, E. and Karaosmanoğlu, F. (2001) Hidrolik Yağların Katkıları, II. *Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi*, İzmir.
28. EPA (1996) *Vermont Used Oil Analysis and Waste Oil Furnace Emissions Study*, Environmental Protection Agency, North Carolina.
29. EPA (2001) *Uncontrolled Emission Factor Listing for Criteria Air Pollutants*, Environmental Protection Agency, North Carolina.
30. EPA (2014-a). Used Oil Management Program. Erişim Adresi: (Erişim Tarihi: 12.12.2014).

31. EPA (2014-b). Waste Oil Combustion. Erişim Adresi: <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s11.pdf> (Erişim Tarihi: 12.12.2014).
32. Erickson, M. D. (1997) *Analytical chemistry of PCBs*, CRC Press, Florida.
33. Erickson, M. D. and Kaley, R. G., II (2011) Applications of polychlorinated biphenyls, *Environmental Science and Pollution Research*, 18 (2), 135-151. doi: 10.1007/s11356-010-0392-1
34. Eryılmaz, T., Hüseyin, Ö., Hidayet, O. and Bacak, S. (2010) Investigation of the Performance and Emission Values of Non-Standard Fuels at Diesel Engines, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6 (1).
35. ETKB (2014) Yakıt Kalorifik Değerleri, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü/Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. Erişim Adresi: http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/en_tasarrufu/uetm/ts13.html (Erişim Tarihi: 12.12.2014) .
36. Fiedler, H. (1996) Sources of PCDD/PCDF and impact on the environment, *Chemosphere*, 32 (1), 55-64. doi: 10.1016/0045-6535(95)00228-6
37. Gedik, K. and Uzun, Y. (2015) Characterization of the properties of diesel-base oil-solvent-waste oil blends used as generic fuel in diesel engines, *Fuel Processing Technology*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2015.07.032>
38. Gedik, K. and Yurdakul, M. (2014) Assessment of chemical content of base oil blends used as alternative diesel fuel for environmental safety, *Transportation Research Part D:Transport and Environment*, 30, 86-94. doi: 10.1016/j.trd.2014.05.010
39. Graboski, M. S. and McCormick, R. L. (1998) Combustion of fat and vegetable oil derived fuels in diesel engines, *Progress in Energy and Combustion Science*, 24 (2), 125-164. doi: 10.1016/s0360-1285(97)00034-8
40. Grimmer, G., Brune, H., Deutschwenzel, R., Dettbarn, G., Misfeld, J., Abel, U. and Timm, J. (1984) The contribution of polycyclic aromatic-hydrocarbons to the carcinogenic impact of emission condensate from coal-fired residential furnaces evaluated by topical application to the skin of mice, *Cancer Letters*, 23 (2), 167-176. doi: 10.1016/0304-3835(84)90150-2
41. Gulyurtlu, I., Lopes, H. and Cabrita, I. (1996) The determination of emissions of pollutants from burning waste oils, *Fuel*, 75 (8), 940-944. doi: 10.1016/0016-2361(96)00051-8
42. Güneş, G. and Ertürk, F. (2009) İZAYDAŞ Tehlikeli Atık Yakma Tesisi ve İSTAÇ Tıbbi Atık Yakma Tesisinde Dioksin/Furan Oluşumunun ve Gideriliminin İncelenmesi, *Ekoloji*, 18 (70), 67-73.
43. Hagenmaier, H. and Brunner, H. (1987) Isomerspecific analysis of pentachlorophenol and sodium pentachlorophenate for 2,3,7,8-substituted PCDD and PCDF at sub-ppb levels, *Chemosphere*, 16 (8-9), 1759-1764. doi: 10.1016/0045-6535(87)90164-0
44. Hall, R. E., Cooke, W. M. and Barbour, R. L. (1983) Comparison of air pollutant emissions from vaporizing and air atomizing waste oil heaters, *Journal of the Air Pollution Control Association*, 33 (7), 683-687.
45. Hartenstein, H. U. (2003) *Dioxin and furan reduction technologies for combustion and industrial thermal process facilities*, Springer, Germany.
46. Hewstone, R. K. (1994) Health, safety and environmental aspects of used crankcase lubricating oils, *Science of the Total Environment*, 156 (3), 255-268. doi: 10.1016/0048-9697(94)90192-9

47. Kampa, M. and Castanas, E. (2008) Human health effects of air pollution, *Environmental Pollution*, 151 (2), 362-367. doi: 10.1016/j.envpol.2007.06.012
48. Kaplan, O., Yıldırım, N. C., Yıldırım, N. and Çimen, M. (2011) Toxic Elements in Animal Products and Environmental Health, *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6 (3), 228-232. doi: 10.3923/ajava.2011.228.232
49. Kennedy, J., Delaney, L., Hudson, E. M., Mcgloin, A. and Wall, P. G. (2010) Public perceptions of the dioxin incident in Irish pork, *Journal of Risk Research*, 13 (7), 937-949. doi: 10.1080/13669871003782769
50. Keskinler, B. (2008). Atık bitkisel yağların çevresel etkileri, Erişim adresi: <http://www.albiyobir.org.tr/e08-1501-sempozyum/b-keskinler.pdf> (Erişim tarihi:15.12.2014).
51. Kimbrough, R. D., Carter, C. D., Liddle, J. A., Cline, R. E. and Phillips, P. E. (1977) Epidemiology and pathology of a tetrachlorodibenzodioxin poisoning episode, *Archives of Environmental Health*, 32 (2), 77-86.
52. Köroğlu, H. J. (2011) Atık madeni yağların kontrol ve izleme sisteminin oluşturulması, II. *Ulusal Atık Madeni Yağ Çalıştayı*, Ankara.
53. Krawczyk, T. (1996) Biodiesel-alternative fuel makes inroads but hurdles remain, *Inform*, 7 (8), 801-829.
54. Kunita, N., Kashimoto, T., Miyata, H., Fukushima, S., Hori, S. and Obana, H. (1984) Causal agents of Yusho, *American Journal of Industrial Medicine*, 5 (1-2), 45-58.
55. Lam, M. K., Lee, M. T. and Mohamed, A. R. (2010) Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review, *Biotechnology Advances*, 28 (4), 500-518. doi: 10.1016/j.biotechadv.2010.03.002.
56. Lemieux, P. M., Lutes, C. C. and Santoianni, D. A. (2004) Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review, *Progress in Energy and Combustion Science*, 30 (1), 1-32. doi: 10.1016/j.pecs.2003.08.001
57. Lulek, J. (1998) Levels of polychlorinated biphenyls in some waste motor and transformer oils from Poland, *Chemosphere*, 37 (9-12), 2021-2030. doi: 10.1016/s0045-6535(98)00266-5
58. Ma, F. R. and Hanna, M. A. (1999) Biodiesel production: a review, *Bioresource Technology*, 70 (1), 1-15. doi: 10.1016/s0960-8524(99)00025-5
59. Mahaney, P. A. (1994) Effects of fresh-water petroleum contamination on amphibian hatching and metamorphosis, *Environmental Toxicology and Chemistry*, 13 (2), 259-265. doi: 10.1897/1552-8618(1994)13[259:eofpco]2.0.co;2
60. Mandal, P. K. (2005) Dioxin: a review of its environmental effects and its aryl hydrocarbon receptor biology, *Journal of Comparative Physiology B-Biochemical Systemic and Environmental Physiology*, 175 (4), 221-230. doi: 10.1007/s00360-005-0483-3
61. MAPESAD. (2008) *Türkiye'de Madeni Yağ Sektöründe 10 Numara Yağ Sorunu ile İlgili Rapor*, Madeni Yağ ve Petrol Ürünleri Sanayicileri Derneği, İstanbul.
62. Masuda, Y. (1996) Approach to risk assessment of chlorinated dioxins from Yusho PCB poisoning, *Chemosphere*, 32 (3), 583-594. doi: 10.1016/0045-6535(95)00314-2

63. MIDWEST (2014). Difference Between Used Oil & Waste Oil, MIDWEST Environmental Services. Erişim Adresi: <http://www.midwestenvironmentalservices.com/articles/0312.pdf> (Erişim Tarihi: 12.12.2014).
64. MMO (2005). Kazan ve Brülörlerde Optimum Yanma Ayarı Baca Gazı & Yanma Verimliliği Analizörleri, Makine Mühendisleri Odası. Erişim Adresi: <http://www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/12012.pdf> (Erişim Tarihi: 12.12.2014).
65. Mobil1 (2014). Sentetik yağ nedir? Erişim Adresi: <http://www.mobil1.com.tr/sentetik-yag-nedir.aspx> (Erişim Tarihi: 02.01.2015).
66. Nash, J. F., Gettings, S. D., Diembeck, W., Chudowski, M. and Kraus, A. L. (1996) A toxicological review of topical exposure to white mineral oils, *Food and Chemical Toxicology*, 34 (2), 213-225. doi: 10.1016/0278-6915(95)00106-9
67. Nerin, C., Domeno, C., Echari, I. and Tornes, A. R. (1996) Determination of PCBs in some mineral waste oils, *Toxicology and Environmental Chemistry*, 56 1-10.
68. Nerin, C., Domeno, C., Moliner, R., Lazaro, M. J., Suelves, I. and Valderrama, J. (2000) Behaviour of different industrial waste oils in a pyrolysis process: metals distribution and valuable products, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 55 (2), 171-183.
69. Nixon, H. and Saphores, J. D. (2002) Used oil policies to protect the environment: An overview of Canadian experiences, *American Society of Civil Engineers*, doi: 10.1061/40630(255)11
70. Nwachukwu, M. A., Feng, H. and Achilike, K. (2011) Integrated studies for automobile wastes management in developing countries; in the concept of environmentally friendly mechanic village, *Environmental Monitoring and Assessment*, 178 (1-4), 581-593. doi: 10.1007/s10661-010-1714-y.
71. Oanh, N. T. K., Polprasert, C., Kittipongvises, S., Kartensen, K. H., Dan, N. P., Nghiem, L. H. and Chang-Chien, G. P. (2010) Characterization of stack emission from simple incinerator burning PCB contaminated oil. International Conference on Thermal Treatment Technologies and Hazardous Waste Combustors: San Francisco, California, USA.
72. OEHTA. (2007) *A Review of the Potential Human and Environmental Health Impacts of Synthetic Motor Oil*, Environmental Protection Agency/ Office of Environmental Health Hazard Assessment, California.
73. Onozuka, D., Yoshimura, T., Kaneko, S. and Furue, M. (2009) Mortality After Exposure to Polychlorinated Biphenyls and Polychlorinated Dibenzofurans: A 40-Year Follow-up Study of Yusho Patients, *American Journal of Epidemiology*, 169 (1), 86-95. doi: 10.1093/aje/kwn295
74. Özbey, A. and Metin, E. (2010) PETDER Atık Yağların Yönetimi Projesi Sonuçları, *Petrol Sanayi Derneği*.
75. PETDER (2008) *2008 Yılı Sektör Raporu*, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.
76. PETDER (2009) *Sector Report 2009*, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.
77. PETDER (2012-a) *Sektör Raporu 2012*, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.
78. PETDER (2012-b) *10 Numara Yağ Sorununa İlişkin Değerlendirmeler ve Çözüm Önerileri*, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.
79. PETDER (2014) *Atık Yağların Yönetimi 2013 Yılı Faaliyet Raporu*, Petrol Sanayi Derneği, İstanbul.

80. Rauckyte, T., Hargreaves, D. J. and Pawlak, Z. (2006) Determination of heavy metals and volatile aromatic compounds in used engine oils and sludges, *Fuel*, 85 (4), 481-485. doi: 10.1016/j.fuel.2005.08.004
81. Resmi Gazete Sayısı: 26952, (2008) Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
82. Resmi Gazete Sayısı: 27721, (2010) Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
83. Resmi Gazete Sayısı: 29036, (2014) Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği, Ankara.
84. Rizvi, S. (1992) Lubricant additives and their functions, *Materials Park, OH: ASM International, 1992.*, 98-112.
85. Roszko, M., Szerk, A., Szymczyk, K. and Waszkiewicz-Robak, B. (2012) PAHs, PCBs, PBDEs and Pesticides in Cold-Pressed vegetable oils, *Journal of the American Oil Chemists Society*, 89 (3), 389-400. doi: 10.1007/s11746-011-1926-5
86. Satana, A. (2002) Türkiye ve Trakya'da bitkisel yağ üretimi, *Marmara Coğrafya Dergisi*, (5) .
87. Seaton, A., Macnee, W., Donaldson, K. and Godden, D. (1995) Particulate air pollution and acute health effects, *Lancet*, 345 (8943), 176-178. doi: 10.1016/s0140-6736(95)90173-6.
88. Sivas, İÇD. (2010) *Sivas 2010 Çevre Durum Raporu*, Sivas Valiliği, Sivas.
89. TÇMB (2014). Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Fabrika Listeleri. Erişim Adresi: <http://www.tcma.org.tr/index.php?page=icerikgoster&cntID=99> (Erişim Tarihi: 4.11.2014).
90. Teixeira, E. C., Garcia, K. O., Meincke, L. and Leal, K. A. (2011) Study of nitro-polycyclic aromatic hydrocarbons in fine and coarse atmospheric particles, *Atmospheric Research*, 101 (3), 631-639. doi: 10.1016/j.atmosres.2011.04.010
91. Thomanetz, E. (2012) Solid recovered fuels in the cement industry with special respect to hazardous waste, *Waste Management & Research*, 30 (4), 404-412. doi: 10.1177/0734242x12440480.
92. Top-Taşkaya, B. and Uçum, İ. (2012) Türkiye'de Bitkisel Yağ Açığı, *TEPGE BAKIŞ (Tarımsal Ekonomi ve politika Geliştirme Enstitüsü)*, 14(2)
93. TÜİK (2015). Bitkisel üretim istatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Erişim Adresi: <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul> (Erişim Tarihi: 16.02.2015).
94. UDH Bakanlığı (2011) Transportation in Turkey, Country Report, Erişim Adresi: <http://www.comcec.org/UserFiles/File/ulastirma/%C3%9CLKE%20RAPORLARI/Turkey.pdf> (Erişim Tarihi: 03.03.2015).
95. Uyaroğlu, A., Yücesu, H. S. and Çıtak, R. (2010) Piston arızalarının analizi, *Teknik-Online Dergisi*, 9(2).
96. Uzun, Y. and Gedik, K. (2012) Akdeniz Bölgesinde oluşan atık yağların çevresel akıbetinin incelenmesi, *Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi (UKAY)*, Antalya, 37. 17-20 Ekim 2012.
97. Vazquezduhant, R. (1989) Environmental impact of used motor oil, *Science of the Total Environment*, 79 (1), 1-23. doi: 10.1016/0048-9697(89)90049-1

- 98.** Wall, P., Reilly, A., Heraghty, M., Dalton, T., Keegan, J., O'brien, K. and Maloney, M. (2009) *Report of The Inter-Agency Review Group on the Dioxin Contamination Incident in Ireland in December 2008*, Department of Agriculture, Food and The Marine, Dublin.
- 99.** Wong, P. K. and Wang, J. (2001) The accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in lubricating oil over time - a comparison of supercritical fluid and liquid-liquid extraction methods, *Environmental Pollution*, 112 (3), 407-415. doi: 10.1016/s0269-7491(00)00142-1
- 100.** Yaşar, O. (2002) *Sanayi coğrafyası açısından bir araştırma: Türkiye'de tarıma dayalı sanayiler*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- 101.** Yaşar, O. (2004) Türk bitkisel yağ sanayii ve sorunları/Turkish manufacture of vegetable and their problems, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 9 (12).