

## PROJENİN AMACI ve KAPSAMI

TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından yürütülen “Zeytin Sektörü Atıklarının Yönetimi” Projesi, 29 Ağustos 2014 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile imzalanan sözleşme ile başlamıştır ve 24 Ağustos 2015 tarihinde tamamlanacaktır.



Projenin hedefi; Ülkemizde faaliyet gösteren zeytinyağı sektöründen kaynaklanan atıksu problemlerine yönelik olarak; mevcut durumun belirlenmesi, arıtma teknolojilerinin incelenmesi, ülkemiz koşullarında üretim proseslerinin iyileştirilmesi ve/veya yenilenmesinin değerlendirilmesi, yeni teknolojilere geçiş için ekonomik fizibilitenin ortaya konması ve sonuçlar doğrultusunda çözüme yönelik Yönetim Planının oluşturulmasıdır.

Proje kapsamında, sektörden kaynaklanan atıksu kirliliğinin önlenmesine yönelik alternatifler, gerek zeytinyağı işletmelerine getireceği maliyet, gerekse de çevresel etki, uygulanabilirlik, sürdürülebilirlik gibi kriterler açısından karşılaştırılmıştır. Üretim prosesi değişikliği alternatifinde, oluşacak pirina miktarı ve nem içeriğinin değişecek olması sebebiyle, pirina tesislerinin yeterliliği, yeni tesis ihtiyacı gibi konular da değerlendirilmiş ve maliyet analizleri yapılmıştır. Proje kapsamında gerçekleştirilen çalışmaların ana başlıkları şunlardır:

- Ülkemizdeki zeytinyağı işletmeleri ve pirina işleme tesislerinin mevcut durumunun değerlendirilmesi,
- Ülkemizdeki zeytinyağı üretim proseslerinin ve zeytinyağı üretim atıkları ve kirlilik özelliklerinin incelenmesi,
- Zeytinyağı üretimi yapan diğer ülkelerdeki uygulamaların ve zeytinyağı üretim atıklarının bertaraf yöntemlerinin incelenmesi,
- Zeytinyağı işletmelerine yönelik olarak, 3 fazlı ve 2 fazlı üretimde oluşan atıksu miktarı, yağ miktarı, pirina miktarı gibi parametrelerin karşılaştırılabilmesi için, kütle dengesinin çıkarılması ve hesapların web tabanlı “3 Faz ve 2 Faz Üretim Hesaplama Aracı” adı altında bir programa dönüştürülmesi,

- Zeytinyağı işletmelerinden kaynaklanan atıksu kirliliğinin önlenmesine yönelik alternatiflerin maliyet analizlerinin yapılması, alternatiflerin, teknik, çevresel ve yönetsel kriterler açısından karşılaştırılması,
- Zeytinyağı işletmelerinin 2 faza dönüşümü durumunda, pirina tesislerinin yeterliliğinin ve yeni pirina tesislerine ihtiyacın analiz edilmesi,
- Ülkemizde faaliyet gösteren tüm zeytinyağı işletmelerinin ve pirina tesislerinin, 2 faza dönüşümünün değerlendirilerek, dönüşüm maliyetlerinin hesaplanması,
- Kısa, orta ve uzun vadede yapılması gereken eylem planını içeren Yönetim Planının hazırlanması.

## TANIMLAR

**3 fazlı zeytinyağı işletmeleri atıksuyu:** Yıkama atıksuyu, dekantör atıksuyu ve separatör atıksularının tamamı,

**2 fazlı zeytinyağı işletmeleri atıksuyu:** yıkama atıksuyu ve separatör atıksuyu (separatör atıksuyunun pirina ile birlikte değerlendirilmesi durumunda sadece yıkama atıksuyu),

**Karasu:** 3 fazlı zeytinyağı işletmelerinde dekantör atıksuyu (dekantöre giren su zeytinin özsuğu) ve separatör atıksuyu,

**3 fazlı pirina:** 3 fazlı çalışan zeytinyağı işletmelerinde zeytinlerin sıkılmasından sonra arta kalan yağlı zeytin küspesi,

**2 fazlı pirina:** 2 fazlı çalışan zeytinyağı işletmelerinde zeytinlerin sıkılmasından sonra arta kalan sulu ve yağlı zeytin küspesi,

**Entegre zeytinyağı tesisi pirinası:** 2 fazlı pirinanın zeytinyağı tesisinde (oluşturduğu yerde) çekirdeğinin alınması ve 2. sıkım yapılması sonrasında arta kalan zeytin küspesi,

**Yağı alınmış pirina:** pirina işletmelerinde fiziksel ve kimyasal yöntemlerle yağı alınmış (yağ içeriği <%1,5) ve kurutulmuş zeytin küspesi.

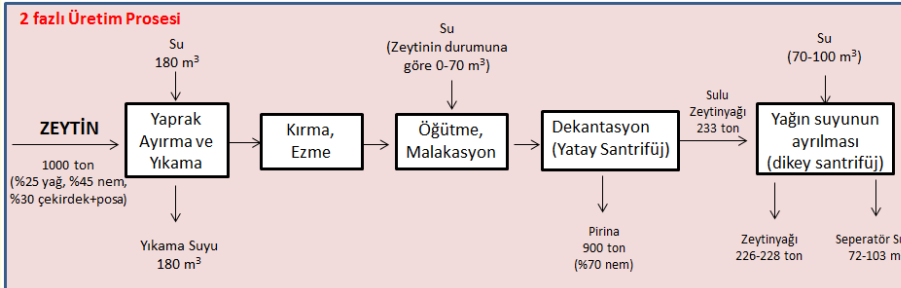
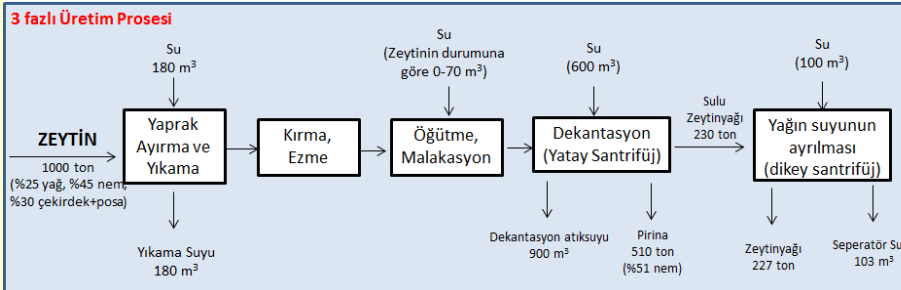
## ZEYTİNYAĞI ÜRETİMİ AŞAMALARI

Zeytinyağı işletmelerinde üretim genel olarak dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

- Zeytinin temizlenmesi (yaprakların ayrılması ve yıkama)
- Zeytinin hamur hale getirilmesi (kırama ve öğürme)
- Katı ve sıvı fazların ayrılması (dekantasyon)
- Zeytinyağındaki kalıntıların giderilmesi (su ve posa kalıntılarının uzaklaştırılması- separasyon),



Dekantörün özelliğine göre üretim prosesleri 3 fazlı veya 2 fazlı proses olarak isimlendirilmektedir. 3 fazlı sistemlerde, dekantasyon atıksuyu, pirina ve yağ olmak üzere 3 ayrı faz oluşurken; 2 fazlı sistemlerde sulu pirina ve yağ olmak üzere 2 ayrı faz oluşmaktadır. 3 fazlı üretimde, dekantöre su ilave edilir ve bu su zeytin özsuğunun bir kısmını da alarak sistemi karasu olarak terk eder. 2 fazlı üretimde ise dekantöre su ilavesi yoktur ve zeytin özsuğu pirina içinde kalır. Üretim prosesleri şematik olarak aşağıdaki şekil üstünde gösterilmiştir.



## ZEYTİNYAĞI ÜRETİM PROSESLERİNİN SU KULLANIMI VE ATIKSU OLUŞUMUNA ETKİSİ

Zeytinyağı önemli ve kıymetli bir besin kaynağıdır. Zeytinyağı üretimi esnasında, zeytinyağı ile birlikte atıksu ve pirina oluşmaktadır. Pirina çeşitli yollarla ekonomiye geri döndürülebilirken, atıksu değerlendirilememekte ve deşarj edildiği alıcı ortamda önemli çevre kirliliğine sebep olmaktadır.

Zeytinyağı üretiminde kullanılan su miktarı, oluşan atıksuların miktarı ve karakterizasyonu üretim prosesine göre değişiklik göstermektedir. Buna göre;

1000 ton zeytinin işlenmesi için **3 fazlı üretimde ortalama;**

- Toplam su kullanımı yaklaşık 880-950 m<sup>3</sup>,
- Atıksu miktarı yaklaşık 1200 m<sup>3</sup> (yıkama+dekantör +seperatör atıksuyu).

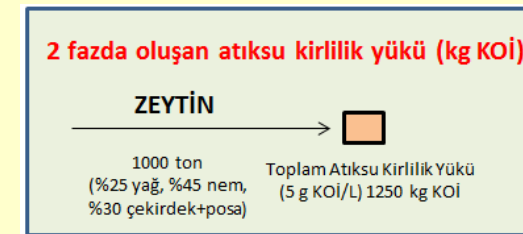
1000 ton zeytinin işlenmesi için **2 fazlı üretimde ortalama;**

- Toplam su kullanımı yaklaşık 250-350m<sup>3</sup>,
- Atıksu miktarı yaklaşık 250-280 m<sup>3</sup> (yıkama+seperatör atıksuyu).

1000 ton zeytinin işlenmesi durumunda, 3 fazlı ve 2 fazlı üretim proseslerinde oluşan atıksulardaki kirlilik yükünün karşılaştırılması aşağıda şematik olarak gösterilmiştir.



1000 ton zeytinin işlenmesi sonucunda, 3 fazlı üretimde oluşan atıksuyun kirlilik yükü 96.000 kg iken, 2 fazlı sistemdeki atıksu kirlilik yükü sadece 1.250 kg KOİ'dir. İki üretim prosesi arasında kirlilik yükleri açısından yaklaşık olarak 70-80 kat fark olduğu görülmektedir.



2 fazlı üretim sistemi, sadece atıksu miktarı açısından değil, aynı zamanda atıksu kirlilik yükü açısından da çok daha çevreci bir üretim şeklidir.

## ZEYTİN SEKTÖRÜ ATIKLARININ YÖNETİMİ PROJESİ

**Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Proje Ekibi**

**ÇEVRE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**  
**Muhammet ECEL (Genel Müdür)**  
**Recep AKDENİZ (Genel Müdür Yrd.)**

**Su ve Toprak Yönetimi Dairesi Başkanlığı**  
**Ercan GÜLAY (Daire Başkanı)**  
**Makbule Şükran ARCAN (Şube Müdürü)**  
**Ali Hakan BALMAN (Uzman)**

**TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü**  
**Proje Ekibi**

**Dr. Selda MURAT HOCAOĞLU (Proje Yürütücüsü)**  
**Dr. B. Hande GÜRİSOY HAKSEVENLER (Proje Yür. Yrd.)**

**Dr. Cihangir AYDÖNER**  
**İrfan BAŞTÜRK**  
**Pamir TALAZAN**  
**Doç. Dr. Ahmet GÜNAY**  
**Dr. Şeyma KARAHAN**  
**Emrah ŞIK**  
**Tuba BUDAK**

**İLETİŞİM**  
TÜBİTAK Gebze Yerleşkesi  
Marmara Araştırma Merkezi  
Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü  
41470 Gebze / KOCAELİ  
Tel:(262) 677 29 00  
Fax: (262) 641 23 09  
Web: <http://ctue.mam.tubitak.gov.tr/tr>



## ZEYTİNYAĞI ÜRETİM PROSELERİNİN ÜRÜN KALİTESİNE ETKİSİ

Zeytin, meyvesinde yüksek miktarda fenolik bileşikler bulunan mucize bir meyvedir. Bu bileşikler, meyveden yağ eldesinde %2-3 oranında bulunan minör bileşikler grubunda yer alırlar ve güçlü antioksidanlar olarak adlandırılırlar. Bu nedenle zeytinyağı, insan sağlığı açısından kuvvetle önerilen ve doğal olarak da insan beslenmesinde tüketilmesi istenilen bir yağdır.

Zeytinyağının kalitesini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır ;

- İklim,
- Toprak yapısı,
- Zeytin çeşidi,
- Zeytin yetiştirme yöntemi (sulama, pestisit kullanımı vb.)
- Zeytin toplama dönemi,
- Zeytinin toplanma şekli (hasat),
- Zeytinin taşınması,
- Üretim prosesi (pres, 2 faz, 3 faz),
- Zeytinyağının depolanma süresi ve yöntemi,
- Zeytinyağının ambalajı,
- Zeytinyağının son kullanıcıdaki muhafaza şekli,

Bunun yanı sıra, zeytinyağı kalitesini, yağın içindeki kimyasal bileşiklerin varlığı ve miktarı da etkilemektedir. Bu kimyasal bileşiklerin başında aşağıdakiler yer almaktadır;

- Serbest yağ asidi,
- Peroksit değeri,
- Antioksidan içeriği (polifenoller ve tokoferol içeriği),
- Triasilgliserollerin yağ asit profili,
- Pigment içeriği (klorofiller ve karotenoidler),
- Aroma bileşikler (alkoller, aldehidler, ketonlar, esterler, fenol, terpenler),
- Mono- ve diasilgliserol içeriği (kısmen oluşmuş triasilgliseroller),

Üç fazlı üretim sisteminde dekantöre su ilave edildiği için fenolik bileşiklerin çoğu dekantör atıksuyuna geçmekte, zeytinyağında ise sadece %1 oranında kalmaktadır. Ancak 2 fazlı üretim sisteminde dışarıdan su girişi olmadığından fenolik bileşiklerin çoğu zeytinyağında kalmaktadır. Her iki üretim prosesi ürün kalitesi açısından karşılaştırıldığında, 2 fazlı sistemde üretilen zeytinyağının polifenoller açısından daha zengin olduğu bir çok çalışmada gösterilmiştir.

## ZEYTİNYAĞI ÜRETİM PROSELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

2 fazlı üretimde, dekantasyon işleminde su kullanılmadığı için doğal kaynaklar korunmakta, oluşan atıksu miktarı azalmakta ve kirlilik yükü önemli oranda düşmektedir. 2 fazlı üretimde oluşan zeytinyağı polifenoller açısından daha zengindir. Ancak 2 fazlı üretimde oluşan pirina zeytin öz suyunu da içerdiği için nem içeriği daha yüksektir. 2 faz ve 3 faz üretimin karşılaştırılması, aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Üretim Prosesi	Avantajları	Dezavantajları
3 fazlı	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Dekantörde su kullanıldığı için işletilmesi daha kolaydır.</li><li>✓ Oluşan pirinanın depolama, taşıma ve kurutma maliyeti düşüktür.</li><li>✓ Pirinanın kurutulması daha kolaydır.</li><li>✓ Pirinanın, solvent ekstraksiyon tesislerine satış fiyatı daha yüksektir.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Daha fazla atıksu oluşur.</li><li>✓ Oluşan atıksuyun kirlilik yükü çok yüksektir .</li><li>✓ Atıksu kirliliğe sebep olabilir, kontrol edilebilirliği zordur (yeterli buharlaşma sağlanamamakta ve alıcı ortama deşarjlar olabilmektedir).</li><li>✓ Pirinanın nem içeriği daha düşük olduğu için çekirdek ayrımı için su ilavesi gerekir.</li></ul>
2 fazlı	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Daha az atıksu oluşur.</li><li>✓ Oluşan atıksuyun kirlilik yükü düşüktür .</li><li>✓ Su tasarrufu sağlar.</li><li>✓ Doğal antioksidan olan ve suda çözünen polifenollerin çoğu yağın içinde kaldığı için daha dayanıklı zeytinyağı oluşur.</li><li>✓ Pirina sulu olduğu için çekirdek kolay ayrılır (teknoloji mevcut).</li><li>✓ Oluşan pirinanın, hayvan yemi maddesi olarak değerlendirilme potansiyeli daha yüksektir.</li><li>✓ Atıksu bertarafı açısından kontrol edilebilirliği daha kolaydır.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Pirina miktarı 3 fazlı üretime göre daha fazladır ve pirina daha nemlidir,</li><li>✓ Pirinanın, solvent ekstraksiyon tesislerine birim satış fiyatı daha düşüktür.</li><li>✓ Zeytinyağı işletmelerinde üretimin aksamaması için pirinanın toplanması iyi organize edilmelidir.</li><li>✓ Dekantörde su kullanılmadığı için, işletilmesi 3 fazlı dekantöre göre bir miktar daha fazla uzmanlık gerektirir.</li></ul>

## ZEYTİNYAĞI TESİSLERİNDE KULLANILAN MAKİNA VE EKİPMANLARIN DÖNÜŞÜME UYGUNLUĞU

Zeytinyağı üretim tesislerinde, dekantasyon işlemi dışında, 2 fazlı ve 3 fazlı üretim prosesleri benzerdir. Proje kapsamında, tesislerde kullanılan dekantörler, 2 faza dönüşüm uygunluğuna göre, üç gruba ayrılmıştır. Bunlar; i) herhangi bir verim kaybı olmadan, yerinde dönüşebilen dekantörler “dönüşebilir”, ii) bir miktar verim ya da kapasite kaybı ön görülen ve dönüşüm için dekantörün makine üreticisine gönderilmesi gereken dekantörler “kısmen dönüşebilir” ve iii) dönüşümü mümkün olmayan dekantörler “dönüşemez” olarak nitelendirilmiştir. Dekantör üreticilerinden alınan bilgiler doğrultusunda, dekantörlerin iki faza dönüşüme uygunluğu aşağıda gösterilmiştir.

Dekantör tipi	2 faza dönüşebilirliği
1990 sonrası tüm yabancı dekantör modelleri	Dönüşebilir
2002 sonrası tüm yerli dekantör modelleri	Dönüşebilir
1998-2002 arası yerli dekantör modeller (HAUS ve Polat Makine)	Kısmen Dönüşebilir
1998 öncesi yerli dekantör modelleri (HAUS ve Polat Makine)	Dönüşemez
2002 öncesi diğer yerli dekantör modelleri	Dönüşemez
1990 öncesi tüm yabancı dekantör modelleri	Dönüşemez

Zeytinyağı tesisinin 2 faza dönüşmesi sırasında tadilat ve değişim gerektiren makine ve ekipmanlar aşağıda sıralanmaktadır.

Kullanılan makine ve ekipmanlar	2 faza dönüşüm durumunda ihtiyaçlar
Zeytin Yıkama Makinesi ve Kırıcı	3 faz ve 2 fazda aynı
Malaksör, hamur pompası, yağ pompası	3 faz ve 2 fazda aynı
Dekantör	Tadilat gerekli
Pirina Taşıma Helezonu*	Tadilat gerekli
Pirina Depolama Tankı/silosu	İnşa edilmeli
Pirina yükleme helezonu ve/veya pompası	Temin edilmeli
Separatör	3 faz ve 2 fazda aynı

\* Helezonun boyuna bağlı olarak, bazı durumlarda gerekli olmayabilir.

3 fazlı pirina, yığınlar halinde depolanabilirken, 2 fazlı pirina yığın şeklinde depolanamaz, pirina silosu veya havuzuna ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, pirina taşıma helezonun tadilatına ve pirina yükleme helezonu/pirina yükleme pompasına da ihtiyaç olabilmektedir.

## SONUÇLAR

Proje elde edilen önemli sonuçlar şunlardır:

- Ülkemiz genelinde 1000 -1100 civarında ticari zeytinyağı işletmesi olduğu ve bu tesislerde yaklaşık 1 milyon ton/sezon yağlık zeytin işlendiği tahmin edilmektedir. Ülkemizdeki zeytinyağı tesislerinin, %71'inin 3 fazlı, %27'sinin 2 fazlı ve %2'sinin taş baskı olarak üretimlerini gerçekleştirdiği tahmin edilmektedir.
- Zeytinyağı işletmelerinin kapasitelerinin altında faaliyet gösterdiği, Türkiye'deki kapasite kullanım oranının ortalama olarak %20-25 civarında olduğu tahmin edilmektedir.
- Mevcut durumda Türkiye'deki zeytinyağı tesislerinde, sezonda ortalama toplam 775.000 m<sup>3</sup> su kullanıldığı, buna karşın 923.000 m<sup>3</sup> atıksu oluştuğu ve oluşan atıksuların kirlilik yükünün 70.000 ton KOİ olduğu tahmin edilmektedir. Tüm ticari kontinü tesislerin 2 fazlı üretime geçmesi durumunda, kullanılan toplam su miktarının ortalama %60, atıksu miktarının %80, KOİ yükünün %99 azalacağı öngörülmektedir.
- Ülkemizde kullanılan 3 fazlı dekantörlerin %78'nin dönüşebilir, %20'sinin kısmen dönüşebilir olduğu, %2'sinin ise dönüşümünün mümkün olmadığı ve yeni dekantör yatırımı gerektirdiği belirlenmiştir.
- Sektörden kaynaklanan atıksu kirliliğinin önlenmesine yönelik olarak değerlendirilen alternatiflerden “2 fazlı üretim”, kontrol edilebilirlik, uygulanabilirlik ve sürdürülebilirlik, çevresel etki, su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı ve ürün kalitesine etki açısından, 3 fazlı üretime kıyasla ön plana çıkmaktadır. Zeytinyağı işletmelerinin, giderlerinin değerlendirildiği mali analiz çalışması sonuçlarına göre de, “2 fazlı üretime geçiş” en ekonomik çözüm olarak görülmektedir (10 yıllık toplam gelir ve giderlerin “ Net Bugünkü Değeri ” dikkate alınmıştır).
- Sezonda ortalama 2.000 ton zeytin işleyen bir işletmenin, 2 faza dönüşüm maliyeti ortalama 50.000-90.000 TL civarındadır (dönüşebilir dekantör). Ülkemizdeki ticari ölçekli kontinü tesislerinin, 2 fazlı üretime geçişinin, toplam yatırım maliyetinin 50-70 Milyon TL civarında olacağı tahmin edilmektedir.
- Ülkemizde, 15 pirina tesisi bulunmaktadır. Bu tesislerin 8 tanesi 2 fazlı pirinayı işleyebilmektedir (toplam kapasitenin yaklaşık %73'ü), bununla birlikte 3 pirina tesisinde de altyapı hazırlık çalışmaları devam etmektedir (toplam kapasitenin yaklaşık %12'si).

## ZEYTİN SEKTÖRÜ ATIKLARININ YÖNETİMİ PROJESİ (ZeytinAY)



PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ  
**TÜBİTAK MAM**  
Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü



DESTEKLEYEN  
**T.C. ÇEVRE ve ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI**  
Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü

