



T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TM – YL – 2001 – 0001

ZEYTİNYAĞI İŞLETMELERİ İÇİN ATIK SU
DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

HAZIRLAYAN: Taner AKBAŞ

DANIŞMAN: Doç.Dr. M. Bülent COŞKUN

AYDIN – 2001

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TM – YL – 2001 – 0001

ZEYTİNYAĞI İŞLETMELERİ İÇİN ATIK SU
DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

HAZIRLAYAN: Taner AKBAŞ

DANIŞMAN: Doç.Dr. M. Bülent COŞKUN

AYDIN – 2001

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IV
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Zeytinyağı ve Elde Edilmesi.....	1
1.2. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Özellikleri ve Çevreye Etkileri.....	3
1.3. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Kirlilik Yükü.....	5
1.4. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Arıtma Yapılmaksızın Değerlendirilmesi Yöntemleri.....	6
1.5. Zeytinyağı İşletmelerindeki Atık Suyun Arıtılması.....	8
1.6. Çalışmanın Amacı.....	12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.1.1. Atık su değerlendirme tesisinin özellikleri.....	19
3.1.2. İşletme özellikleri.....	21
3.1.3. Atık su özellikleri.....	24
3.2. Yöntem.....	24
3.2.1. Tasarım aşaması.....	25
3.2.1.1. Buharlaştırma ünitesine ilişkin hesaplamalar.....	26
3.2.1.2. Yoğuşurma ünitesine ilişkin hesaplamalar.....	28
3.2.2. İmalat aşaması.....	30

3.2.3. Deneme aşaması.....	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	32
4.1. Damıtık Su Miktarının Zamana Göre Değişim Değerleri.....	32
4.2. Damıtık Suyun Kimyasal Bileşimi.....	41
5. SONUÇ.....	48
ÖZET.....	50
TEŞEKKÜR.....	51
KAYNAKLAR.....	52
EK-I. Deneme Sonuçları.....	VIII
ÖZGEÇMİŞ.....	IX

ÖZ

ZEYTİNYAĞI İŞLETMELERİ İÇİN ATIK SU DEĞERLENDİRME SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Zeytinyağı, olgunluğa ulaşmış zeytin meyvelerinden presle ve santrifüjle elde edilen yemeklik bir yağdır. Zeytinyağının elde edilmesindeki teknolojik gelişmelere paralel olarak, bu ürünle birlikte ortaya çıkan katı ve sıvı atıkların miktarında da artışlar olmaktadır. Özellikle sıvı atıklar arıtılması zor olan önemli çevre kirleticileridirler. Zeytinciliğin yaygın olduğu bölgelerde yoğunlaşan bu kirleticilerin ortadan kaldırılmasına yönelik olarak değişik yöntemler önerilmektedir.

Bu çalışmada termal yöntemler kullanılarak işletme içerisinde atık suların koyulaştırılıp, kütesinin azaltılması esasına dayanan kapalı çevrimli bir sistemin teknik ve ekonomik olarak yapılabilirliğinin ortaya konması amaçlanmıştır. Bu amaçla enerji gereksinimini büyük oranda kendi çıktıları ile sağlayan model bir tesis geliştirilerek, vakum altında atık suyun koyulaştırılmasına ilişkin teknik kriterler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zeytinyağı, atık su, vakum uygulaması, çevre kirliliği

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF THE WASTEWATER-TREATMENT SYSTEM FOR OLIVE OIL MILLS

Olive-oil is an edible oil which is obtained from ripe olive fruits by press and centrifugal. Parallel to the developments in olive-oil technology the amount of liquid and solid wastes have increased. Specially liquid wastes are important environmental polluters. In the regions where olive-dealers are intensive different methods are recommended to do away with this environmental polluter.

In this study it is aimed to put forward the technical and economical feasibility of the system which concentrates wastewater and decreases its mass in a closed cycle with thermal methods in the plant. According to this aim the technical criteria of a model foundation which concentrates wastewater under vacuum and ensures most of its energy requirements.

Keywords: Olive-oil, waste-water, vacuum application, environmental pollution

ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1. Zeytinyağı fabrikalarından çıkan atık suların karakteristik değerleri.....	4
Çizelge 2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerlerine göre sistem verimi	14
Çizelge 3. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) değerlerine göre sistem verimi	14
Çizelge 4. Atık su analiz sonuçları.....	15
Çizelge 5. İşlenen atık su, deneme parametreleri ve verim arasındaki değişimler.....	39
Çizelge 6. Deneme parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	39
Çizelge 7. Denemeye alınan atık suların deneme koşulları ve kimyasal analiz sonuçları.....	42
Çizelge 7. (Devam).....	43
Çizelge 7. (Devam).....	44
Çizelge 8. Deneme parametreleri ve damıtık suyun kimyasal değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	45
Çizelge 9. Sulama suyu kalite kriterleri.....	47
Çizelge 10. Sulama suyu kalite kriterlerine göre denemeden elde edilen damıtık suların sınıflandırılması.....	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1. Zeytinyağı işletmelerindeki işlem adımları ve makina yerleşimi	2
Şekil 2. Winge yöntemi akış şeması.....	11
Şekil 3. Atık su değerlendirme sistemi akış şeması.....	20
Şekil 4. Denemelerde kullanılan tesisin görünüşü.....	21
Şekil 5. Kontinü sistem zeytinyağı fabrikası makina donanımı ve atık su akış şeması.....	22
Şekil 6. Kontinü sistem zeytinyağı fabrikası makina donanımı.....	22
Şekil 7. Atık su değerlendirme sistemine sahip olmayan işletmelerde işlem akışı.....	23
Şekil 8. Atık su değerlendirme sistemine sahip işletmelerde işlem akışı	23
Şekil 9. Vakum ve buharlaşma sıcaklığı değişimi.....	25
Şekil 10. Buharlaştırma ünitesi ısı akım modeli.....	27
Şekil 11. Yoğuşurma ünitesi ısı akım modeli.....	29
Şekil 12. İmalatı yapılan ilk prototip tesisin görünüşü.....	30
Şekil 13. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=1 l/min).....	32
Şekil 14. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min).....	33
Şekil 15. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=2 l/min).....	33
Şekil 16. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=1 l/min).....	34
Şekil 17. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min).....	34

Şekil 18. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=2 l/min).....	35
Şekil 19. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=1 l/min).....	35
Şekil 20. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min)....	36
Şekil 21. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=2 l/min).....	36
Şekil 22. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=1 l/min).....	37
Şekil 23. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min).....	37
Şekil 24. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=2 l/min).....	37

KISALTMALAR ve SİMGELER

<u>SEMBOL</u>	<u>ACIKLAMA</u>	<u>BİRİMİ</u>
A	Isıtma yüzey alanı	(m ²)
A _I	Isı değiştirici yüzey alanı	(m ²)
c	Suyun özgül ısısı	(kcal/kg °C)
c _a	Soğutma suyunun özgül ısısı	(kcal/kg °C)
c _b	Su buharının özgül ısısı	(kcal/kg °C)
d	Yüzey kalınlığı	(m)
d _I	Isı değiştirici boru çapı	(m)
i	Buharlaştırılacak su oranı	(decimal)
k	Toplam ısı geçiş katsayısı	(kcal/ m ² h °C)
L	Isı değiştirici boru boyu	(m)
m _a	Soğutma suyu debisi	(kg/h)
m _b	Atık su buharı debisi	(kg/h)
m _s	Atık su debisi	(kg/h)
Q ₁	Atık suyu kaynatmak için gerekli ısı miktarı	(kcal /h)
Q ₂	Atık suyu buharlaştırmak için gerekli ısı miktarı	(kcal /h)
Q _I	Toplam ısı gereksinimi	(kcal /h)
Q _a	Soğutucu akışkanın aldığı ısı miktarı	(kcal /h)
Q _b	Atık su buharının verdiği ısı miktarı	(kcal /h)
r	Buharlaşma ısısı	(kcal/kg)
t _{ag}	Soğutma suyu giriş sıcaklığı	(°C)
t _{aç}	Soğutma suyu çıkış sıcaklığı	(°C)
t _{bg}	Su buhar giriş sıcaklığı	(°C)
t _{bç}	Su buharı çıkış sıcaklığı	(°C)
t _{ss}	Atık suyun son sıcaklığı	(°C)
t _{si}	Atık suyun ilk sıcaklığı	(°C)
t _{as}	Isıtıcı yüzeyin iç sıcaklığı	(°C)
t _{ıs}	Isıtıcı yüzeyin dış sıcaklığı	(°C)

Δt_m	Ters akımlı ısı değiştiricide logaritmik sıcaklık farkı	(°C)
Δt	Kazan iç ve dış sıcaklığı farkı	(°C)
λ	Isı iletim katsayısı	(kcal/ m h °C)

1.GİRİŞ

1.1. Zeytinyağı ve Elde Edilmesi

Zeytinyağı, zeytin ağacının olgunluğa erişmiş meyvelerinden elde edilen, oda sıcaklığında (20-25°C) sıvı olan bir çeşit yemeklik yağdır. Zeytinyağı, zeytin bitkisinin olgun meyvelerinden elde edilir. Değişik büyüklüğe sahip olan zeytin meyvelerinin yaklaşık % 85'i etli kısımdan, % 15'i çekirdekten oluşur. Etli kısmın % 50-60'ı yağ, % 25'i su, geri kalanı protein, lif ve organik maddedir. Çekirdeğin ise yaklaşık % 10'u yağdır (Aktaş, 1998).

Ülkemiz koşullarında zeytin, Ekim-Kasım aylarında olgunlaşmaya başlar. Zeytinin olgunlaşma zamanı ile birlikte zeytinyağı işleme sezonu başlar ve Şubat-Nisan aylarına kadar işleme sezonu devam eder.

Zeytinyağı, önceleri insanlar tarafından ayak ile ezilen zeytinlerde sıcak su kullanılarak elde edilirken, zamanla bu teknik gelişim göstermiş ve sanayi devrimi ile zeytinyağı sanayii yeni bir döneme girmiştir. Hidrolik presler, diesel motorlar ve elektrik motorlarının devreye girmesiyle presleme yöntemi gelişmiştir. Günümüzde ise bu sistemler daha da gelişerek santrifüj etki ile çalışan sürekli sistemler devreye girmiş ve önemli bir kullanım alanı bulmuştur. Teknolojik alandaki hızlı gelişmeler göz önüne alınacak olursa bir süre sonra bu sistemlerin de değişip yerlerini yeni teknolojilere bırakacakları kolayca tahmin edilebilir.

Presleme yönteminde temizleme işleminden geçen zeytinler taş veya metal değirmenler vasıtasıyla hücrelerinin içerisindeki yağın çıkarılması amacıyla ezilerek zeytin hamur haline getirilmekte ve hamur haline getirilen zeytinler mengenerler, hidrolik presler veya süper presler ile sıkılmaktadır. Ancak gerek elde edilen ürünün kalitesi açısından gerekse işgücü ve zaman gereksinimleri açısından bu sistemler modern sistemlerin gerisinde kalmaktadırlar.

Modern anlamda zeytinyağı elde edilmesinde Şekil 1'deki işlem aşamaları izlenir. Fabrikaya ham olarak gelen zeytin, öncelikle bir temizleme işlemine tabi

tutulur ve içindeki yapraklar, yabancı maddeler ayıklandıktan sonra yıkanır. Temizlenmiş olan zeytin buradan kırıcıya iletilir ve yaklaşık olarak 3000 min^{-1} gibi yüksek bir devirle dönen kırıcıda kırılır. Kırılıp hamur haline gelen zeytin malaksöre (yoğurucu) alınır ve 38° - 40°C sıcaklıkta belli bir süre (40 - 45 dakika) yoğrulur. Yoğrulan hamur, pompalar ile doğrudan santrifüjleme sisteminin kullanıldığı dekantöre (ayırıcı) gelir. 3000 min^{-1} ile dönmekte olan dekantör, birbirine karışmayan sıvılar ile katı maddeleri özgül ağırlıkları arasındaki farktan yararlanarak yağ + karasu ve pirina gibi farklı fazlara ayırır. Ayırıştırma sonucu elde edilen yağlı şıra ise seperatöre gönderilir. 6000 - 7000 min^{-1} hızla dönen plakaların santrifüj etkisi ile yağ, su ve tortu maddeleri birbirinden ayrılarak ham zeytinyağı elde edilir. Elde edilen bu ham zeytinyağı filtre edilerek kullanıma hazır hale getirilir. Ayırıştırma sonucu açığa çıkan atık su ise (karasu + kullanım suyu) işletme dışında atık suları bekletmek için inşa edilmiş olan çöktürme havuzlarına, tarlalara, dere ve göllere, kanalizasyon şebekelerine ya da rasgele çevreye bırakılır.



Şekil 1. Zeytinyağı işletmelerindeki işlem adımları ve makina yerleşimi

Zeytinyağının elde edilmesi sırasında biri katı, diğeri sıvı olmak üzere iki atık madde ortaya çıkar. Çıkan katı atık maddeye pirina adı verilir. Pirina zeytin meyvesinin etli kısmı ile çekirdeğinin posasından oluşur. Bu atık maddeden sabun imalinde kullanılmak üzere ekstraksiyon işlemi ile yağ elde edilir. Pirina yaklaşık 2500-3500 kcal/kg ısı değerine sahiptir (Işıklı, 1986; Jose, 1983). Bu özelliğinden dolayı zeytinyağı işletmelerinde gereksinim duyulan sıcak suyun sağlanması amacıyla ve diğer ısıtma amaçlı uygulamalarda yakacak olarak kullanılmaktadır.

Zeytinyağı fabrikalarından çıkan atık sular, değerlendirilmemiş ürün artıkları, kaçak yağlar, zeytin özsuyu ve kullanma suyu içerdiğinden son derece kirlidir. Özellikle çalışmaların yoğun olduğu dönemlerde bu tesislerin sebep olduğu çevre kirliliği önemli boyutlara ulaşmaktadır.

1.2. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Özellikleri ve Çevreye Etkileri

Konutlar, sanayi ve endüstri kuruluşları, enerji santralleri, tarım ve hayvancılık uygulamaları sonucu açığa çıkan ve içinde sağlığa zararlı biyolojik ve kimyasal maddeleri barındıran sular atık su olarak adlandırılmaktadır. Atık sular yer altı suları, akarsu, göl ve denizlerde kirlenmeye yol açan en önemli etmenler olup içerisinde bulunan radyoaktif atıklar, ağır metal bileşikleri (antimon, arsenik, bor, bakır, baryum, çinko, kurşun, nikel, krom, kalay, kobalt, gümüş, magnezyum, molibden, talyum vb.), siyanür, organik solventler, poliklorobifenil, polibromobifenil, aromatik ve alifatik hidrokarbonlar, asbest, rafinerizasyon ve distilasyon işlemleri sırasında oluşan maddeler ve parçalanmaya dirençli deterjanlar kirliliğe neden olmaktadır (Liman, 1998).

Zeytinyağı fabrikalarında zeytinin işlenmesi sonucu önemli miktarda atık su ortaya çıkmaktadır. Karasu olarak da adlandırılan bu atık su; koyu kırmızı renkli, organik ve mineral madde bakımından zengin, asidik nitelikte bir sıvıdır (Işıklı, 1992).

Zeytin atık suyu genellikle içerdği renkli maddeler nedeniyle morumsu kahverengi hatta siyaha yakın bir renktedir. Bu nedenle halk arasında “karasu” diye anılmaktadır. İspanya’da ise bu atık suya “Alpechin” denmektedir. Literatürlerde ise “Olive Mill Wastewater” (OMW) veya “Vegetation Water” (VW) ifadeleri kullanılmaktadır. Zeytinyağı fabrikalarından çıkan atık sulara ait bazı karakteristik değerler Çizelge 1’de verilmiştir (Aktaş, 1998).

Atık su içermiş olduğu organik asitler ve fenolik maddeler nedeniyle zayıf asit reaksiyonu göstermekte ayrıca süspansiyon veya koloidal maddeler bakımından zengin olduğu için bulanık görünmektedir. Atık sudaki başlıca organik maddeler; karbohidratlar, organik asitler, fenolik maddeler, yağ asitleri, flavonlar, lipidler ile proteinlerdir.

Bunun yanında anorganik maddeler olarak potasyum, sodyum, kalsiyum, magnezyum ve demir iyonları ile klorür, nitrat, sülfat iyonları ve eser miktarda çinko, bakır, mangan iyonları bulunmaktadır.

Çizelge 1. Zeytinyağı fabrikalarından çıkan atık suların karakteristik değerleri

Parametre	Değeri	Birimi
PH	5.01	-
Kimyasal Oksijen Gereksinimi (COD)	141600	mgO ₂ /l
Biyolojik Oksijen Gereksinimi (BOD)	63750	mgO ₂ /l
Askıda Katı Madde	44.25	mg/l
Amonyum Azotu	16	mg/l
Sülfür	24	mg/l
Yağ	111.5	mg/l
Fenol	1674	mg/l
Karbohidratlar	5-37	g/l
Fenolik maddeler	3-18	mg/l
Organik asitler	1-15	g/l
Yağ	4-23	g/l
Azotlu bileşenler	125-700	mg/l
Fosfor	150-250	mg/l
Anorganik maddeler	5-15	g/l

Türkiye ile birlikte bir çok Akdeniz ülkesinde zeytinyağı elde edilmesi sırasında binlerce ton atık suyun toprak ve su kirliliğine sebep olduğu ve ekolojik dengenin bozulduğu bir çok araştırmacı tarafından ortaya konmaktadır (Stelios, 1989; Tomati, 1995).

Zeytinyağı işletmelerindeki atık sular, kullanılan işleme yöntemine göre farklı yollardan çevreye bırakılırlar. Presleme yönteminin kullanıldığı işletmelerde, üretim sırasında oluşan atık su doğrudan kanalizasyon, akarsu veya toprağa atılır. Bu yolla deniz ve yeraltı sularına kadar kirliliğin ulaşması söz konusu olabilmektedir.

Santrifüj etkiyle çalışan kontinü sisteme sahip modern tesislerde atık su, ya işletme çevresinde inşa edilen özel havuzlarda toplanmakta ya da doğrudan deşarj yapılmaktadır. Havuza bırakılan atık sular üretim sezonunu takip eden yaz mevsimi süresince doğal olarak buharlaşmakta, geriye kalan atık madde ise havuzların yanında toprağa atılmaktadır. Herhangi bir şekilde kullanılmadığı için her yıl üzerine ilave gelmektedir. Hacimsel yönden büyük alanları kapsaması sebebiyle kolayca ortadan kaldırılamamakta, bu durum toprak, su ve havada biyolojik ve kimyasal kirlenmeye yol açmaktadır. Bunun dışında görüntü kirliliği de ortaya çıkmaktadır.

Zeytinyağı atık suyu verilen karakteristiklerinden de anlaşılacağı gibi kirliticilik değeri yüksek bir atıktır. Bir fikir vermesi açısından 1 l atık suyu deniz veya dereye deşarj edebilmek için 5000 l su ile karıştırılıp seyreltilmesi gerekmektedir (Acunaz, 1987). Gerek organik madde içeriğinin çok yüksek, gerekse katı ve çözülmüş haldeki katı madde miktarları ile yağ miktarının deşarj limitlerinin çok üstünde yüksek değerler taşımasından dolayı deniz, dere ve kanalizasyon gibi alıcı ortamlara deşarjı sorun olan bir atıktır.

1.3. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Kirlilik Yükü

Aeorobik şartlarda bakterilerin organik maddeyi ayrıştırabilmeleri için gereken oksijen miktarı biyolojik oksijen gereksinimi (BOD = Biological Oxygen Demand) olarak tanımlanır. Bu değer evsel ve endüstriyel atıkların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir ölçüdür ve mgO₂/l olarak ifade edilir. Evsel

ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan bir diğer önemli parametre de kimyasal oksijen ihtiyacıdır (COD = Chemical Oxygen Demand). Organik maddenin kimyasal olarak ayrışması için gerekli olan oksijen miktarı kimyasal oksijen ihtiyacı olarak tanımlanır ve mgO_2/l olarak ifade edilir.

Yukarıda açıklandığı üzere atık suların kirletici etkileri biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri ile ortaya konmaktadır. Türkiye’de zeytin işletmelerinden çıkan atık su miktarları dikkate alındığında bu kirleticinin boyutlarının büyük olduğu görülür. 1 ton zeytinin işlenmesi sırasında presleme yönteminde $0.8-1 \text{ m}^3$, santrifüj yöntemde ise $1.1-1.7 \text{ m}^3$ atık su ortaya çıkmaktadır. Diğer taraftan istatistiklere göre Türkiye’de uzun yıllık zeytin üretim değerlerinin 700-800 bin ton/yıl olduğu ve bunun 600-650 bin tonunun zeytinyağı üretiminde kullanıldığı bilinmektedir (Işıklı, 1986; Anonymous, 1995b). 1 ton zeytinyağı atık suyunun biyolojik oksijen gereksiniminin 45-63 kg olduğu ve bir insan atığının yılda biyolojik oksijen gereksiniminin 25 kg olduğu göz önüne alınırsa (Aktaş, 1998) Türkiye’deki zeytinyağı işletmelerinden çıkan atık suyun biyolojik oksijen gereksiniminin 27 000 - 41 000 ton olduğu ve bunun da iyimser bir yaklaşımla 1-2 milyon kişinin bir yıllık atığına eşit olduğu söylenebilir. Kimyasal oksijen gereksiniminin daha yüksek olduğu göz önünde bulundurulursa kirliliğin boyutlarının küçümsenemeyeceği görülür.

Zeytinyağı atık suyunun bütün bu olumsuz yanlarına karşın, zeytincilikte ileri ülkelerde bu suyun çevreyi kirletici özelliklerini gidermeye ve değerlendirmeye yönelik çalışmalar da yapılmaktadır.

1.4. Zeytinyağı Endüstrisi Atık Sularının Arıtma Yapılmaksızın Değerlendirilmesi Yöntemleri

Zeytinyağı endüstrisi atık sularının arıtma yapılmaksızın sulama suyu, gübre, yakıt ve yem olarak değerlendirilmesine yönelik farklı boyutlarda çalışmalar sürdürülmektedir.

Özellikle içerdiği mineral maddeler bakımından (K % 0.5 – 1.1 ve P % 0.5– 1.1) atık suların toprağa verildiğinde besin maddesi olarak yarar sağlaması sebebiyle gübre olarak kullanılabilmesi, ayrıca içindeki polifenollerin yabancı otlara karşı herbisit görevi yapacağı, bu nedenle atık suların ıslah edici madde olarak da kullanımının söz konusu olabileceği ileri sürülmektedir. Bunun dışında atık sudan katı gübre elde etmek yönünde çalışmalar da yapılmaktadır. Bu çerçevede biriktirme havuzlarında atık suyun buharlaştırılabileceği, gerektiğinde içerisine bitkisel artıklar da katılarak gübre elde edilebileceği ve tarımsal ve orman alanlarında kullanılabilmesi ileri sürülmektedir (Kasırğa, 1988; Şengül, 1991; Işıklı, 1992).

Bunun dışında atık sularda bulunan organik maddenin aerobik-anaerobik olarak bozulması sonucu kompost adı verilen madde de elde edilebilmektedir. Zeytinyağı endüstrisi atık suları ile elde edilen kompostun yurtdışında ticari değeri büyüktür ve seracılıkta geniş kullanım alanı bulmaktadır.

Zeytinyağı endüstrisi atık suyu, içermiş olduğu % 5-15 eriyebilir organik madde bakımından mikroorganizmaların metabolik işlemlerinde onların hızlı çoğalmalarını teşvik eder. Bu da pelet veya biriket şeklinde yakıt imalinde son derece önemlidir. Endüstriyel açıdan gelişmiş ülkelerde elde edilen bu yakıtlar daha çok tuğla ve seramik imalatında kullanılmaktadır. Atık sudan (pirina ile birlikte) yakıt elde edildiğinde 2000-3000 kcal enerji elde edilmesine karşın bitki artıkları ilave edildiğinde bu enerji değeri 3000-4000 kcal seviyelerine çıkmaktadır (Kasırğa, 1988; Şengül, 1991).

Atık sudan enerji elde edilen başka bir yöntem de biyogaz üretimidir. Atık suyun 36° C sıcaklıkta anaerobik ayrıştırılması sonucunda %60-70'i metan, %0.1'i kükürtlü hidrojen ve kalanı karbondioksit olan bir biyogaz elde edilir. İspanya'da bazı pilot ölçekli işletmelerde bu sistem uygulanmaktadır. 1 m³ karasudan 25-30 m³ (%65-70) metan elde edilmekte olup günlük işleme kapasitesi 35 ton zeytin olan bir işletmeden 1400 m³/gün dolaylarında biyogaz elde edilebilmektedir. Elde edilen gazın enerji değeri 134 400 kcal/m³ olup 11.2 kg gazyağının enerjisine eşdeğerdir. Elde edilen biyogazı jeneratörle elektriğe

dönüştürerek 85 kWh enerji elde edilebileceği de yapılan araştırmalar sonucu ortaya konmuştur. Ayrıca biyogaz eldesinden arta kalan karasu kekini de gübre olarak kullanabilme olanağı olayın farklı bir boyutudur (Şengül, 1991; Işıklı, 1992).

Zeytinyağı endüstrisi atık suları tek hücreli protein *Candida Utilis* mayasının gelişmesinde de kullanılırlar. Bu proteinler bünyelerindeki yüksek B vitamini ve aminoasitler nedeniyle hayvan yemi olarak kullanılabilir niteliktedir (Seferoğlu, 1997; Kasırğa, 1988).

Bu açıklanan değerlendirme yöntemlerinin uygulanmasında bazı sorunlarla karşılaşmaktadır. Atık sudan katı gübre elde etmek için büyük havuzlara gereksinim duyulması hem geniş alanların işgal edilmesine sebep olur hem de büyük yatırımların yapılmasını gerektirir. Suyun araziye verilmesi durumunda ise yeraltı sularının kirlenme riski vardır. Ayrıca çevreye kötü bir kokunun yayılması da söz konusudur. Kompost üretiminde ise çok sayıda büyük kapasiteli havuza gereksinim duyulması ve işgücü gereksiniminin fazla olması sorun olarak görülmektedir.

Bu yöntemler henüz uygulamaya aktarılabilecek durumda olmayıp üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

1.5. Zeytinyağı İşletmelerindeki Atık Suyun Arıtılması

Atık suyun arıtılması amacıyla fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler kullanılabilir. Fakat kısa yağ işleme sezonunda büyük miktarlarda ortaya çıkan atık suyun zararsız hale getirilmesi için etkili, ekonomik ve kolay uygulanabilir bir yöntem tam anlamıyla ortaya konamamıştır. Literatürlerde atık suyun büyük hacimde olması ve içerdiği maddeler nedeniyle basit fiziksel arıtma yöntemlerinin etkin olmadığından söz edilmektedir (Tomati, 1995). Kimyasal arıtma konusunda ise değişik çalışmalar vardır. Ancak bu konudaki bazı çalışmalardan kısıtlı ölçüde başarı elde edilmiştir (Camurati, 1984).

Atık suyun içerdiği fenolik maddelerin antibakteriyel etki göstermesi sebebiyle, zeytinyağı atık sularının biyolojik arıtma için uygun olmadığı bazı

araştırcılar tarafından ileri sürölmekte, bazı araştırcılar ise kısıtlı ölçüde çözüme ulaşabildiğinden söz etmektedirler (Hamdi, 1991; Sayadı ve Ellouz, 1993).

Birçoğıu deneme aşamasında olan bu yöntemlerden bazıları zeytincilikte söz sahibi olan ve bu yöndeki teknolojileri gelişmiş olan İspanya ve İtalya gibi ölkelerde kullanılmaktadır. Gerek ileri teknoloji gerektirmeleri, gerekse yatırım ve işletme masraflarının yüksekliğı nedeniyle zeytinyağı üretiminde dünya sıralamasında beşinci sırada olmasına karşın ölkemizde bu teknolojilerin kullanımı söz konusu değildir (Tunalıoğılu, 1998).

Fiziksel arıtma yöntemlerinden olan flotasyon yönteminde, süspansede haldeki katıların artıklarından uzaklaştırılması ve konsantre edilmesi için atık su 40-60 psi basınca kadar sıkıştırıldıktan sonra atmosferik basınca getirilir. Bu işlem sırasında oluşan hava kabarcıkları çözeltiden çıkmaya başlar. Çamur flokları ve süspansede katılar kendilerine bağlanan ve flok partiküllerini saran hava damlacıkları vasıtası ile yüzeye doğru yüzdürölürler. Köpük sıyırma mekanizması yardımı ile oluşan köpükler toplanır ve uzaklaştırılır. Saflaştırılmış sıvı, flotasyon ünitesinin dibinde kalır ve buradan alınır. Flotasyon yöntemi çökeltmeye kıyasla uzaklaştırılacak partiküllerin hafif olması durumunda oldukça etkili bir işlemdir. Böyle bir durumda partiküller çökeltme kuvvetinin 5 katı fazla bir itme kuvveti ile yukarı doğru itilirler.

Bir diğere fiziksel arıtım yöntemi ise çözünmüş emülsiyede ve çok ince dağılmış yağ damlacıklarının arıtımında kullanılan membran filtrasyonu yöntemidir. Sıvının üzerinden basınç uygulanarak sıvının membrandan geçirilmesi ilkesine dayanan bu yöntemde yağ, membran filtre üzerinde tutulur ve buradan tahliye edilir. Bu arıtım işlemi özellikle yağ içermeyen atık su üretmek üzere kullanılır. Ancak bu tip arıtım sistemleri çok fazla yatırım maliyeti ve yüksek işletme masrafı gerektirdikleri için pek fazla yaygın değildirler.

Kimyasal yöntemler, az miktardaki yağı arıtmak için uygun olan yöntemler olup arıtım işlemi sonucunda kalan atıkların da çevre kirletici nitelikte olmasından ve büyük yatırımlar gerektirmesinden dolayı uygulamada pek fazla yer bulamayan yöntemlerdir. Bu yöntemlerden olan karbon adsorpsiyonu yönteminde karbonun

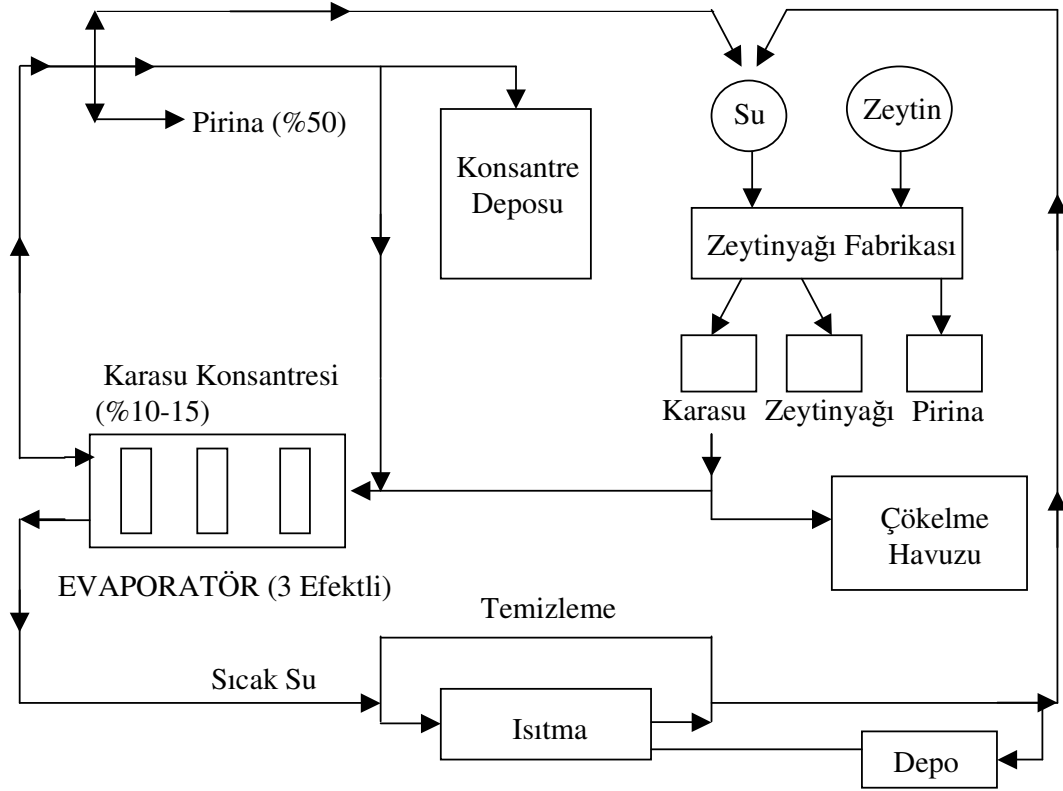
rejenerasyonu sonucu arıtma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Karbonun rejenerasyonu için organik çözücüler, buhar, sıcak su ve piroliz kullanılmaktadır. Bu işlemler için ilave bir rejenerasyon sistemine ihtiyaç olması ve bunun da ek bir yatırım gerektirmesi bu sistemin diğer bir olumsuz yanıdır.

Biyolojik arıtma, yağlı maddelere uyum sağlamış aşı organizmalarının bulunduğu ortamlarda yapılan bir arıtım şeklidir. Bu tip bir ayrıştırma yöntemi, uygun bir ön arıtma ve yüksek seyreltme yapılmışsa etkili olur. Çünkü, biyolojik sistemlerde çok fazla yağ içeriği mikroorganizmaların bunları ayrıştırmalarında sorunlar çıkarabilir. Zeytinyağı üretim teknolojisi ve atık suyun kirlilik yüküne bağlı olarak farklı biyolojik arıtma prosesleri seçilebilir. Yukarı doğru akımlı anaerobik reaktör ve anaerobik filtre seyreltilmiş atık sular ($\leq 15 \text{ kg COD/m}^3$) için daha uygun olup anaerobik aktif çamur prosesi konsantre atık sulara ($30-80 \text{ kg COD/m}^3$) tavsiye edilmektedir. Optimum biyolojik arıtma prosesinin seçimi önemli bir sorun olup, atığın biyolojik ayrışabilirliğini ve ayrışma hızını belirlemek için pilot tesis çalışmaları son derece önemlidir.

Fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemler zeytinyağı endüstrisi atık sularının arıtılması için etkin bir çözüm getiremediğinden arıtma konusunda alternatif arayışlar devam etmektedir. Bu kapsamda termal ve vakum esaslı yöntemler konusunda da çalışmalar yapılmıştır.

Zeytincilikte ileri ülkelerde (İtalya, İspanya) uygulanan ve Winge adı verilen yöntemde, işletmeden çıkan atık su (karasu+yağ+kullanım suyu) Şekil 2’de akım şeması verilen arıtma tesisine girmektedir (Acunaz, 1987; Kasırğa, 1988).

Arıtma tesisinde öncelikle evaporatöre (buharlaştırıcı) girerek buharlaştırma işlemine tabi tutulan atık su (karasu+yağ+kullanım suyu) içerisinde bulunan sıvı kısım, sıcaklığın etkisiyle buharlaşmakta ve geriye konsantre halde karasu kalmaktadır. Konsantre karasu pirina ile karıştırılarak marmelat tabir edilen karışım elde edilmektedir. Daha sonra bu karışım preslerde veya dekantörde işleme tabi tutularak içeriğindeki yağ alınmaktadır. Evaporatörden çıkan su ise iki farklı şekilde



Şekil 2. Winge yöntemi akış şeması

değerlendirilmektedir. Bunlardan birincisinde su (evaporatörden çıkan su) içerisinde bulunan organik asitler elimine edilerek içme suyu elde edilmekte, ikincisinde ise hiçbir işleme tabi tutulmadan işletmeye verilen soğuk suyla karıştırılarak kullanılmaktadır.

Bu arıtma işlemi esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus, işleme alınacak karasuyun mutlaka seperatörden geçirilmesi ve fermente olmaması için hiç bekletilmeden arıtma tesisine alınmasıdır.

Karasu konusunda mevcut arıtma sistemlerinin içerisinde en iyilerinden birisi olmasına karşın bu arıtma sonucunda çıkan karasular 2000 COD değerinin altına düşürülememektedir. Bu uygulama ile 1 ton karasuyun arıtma tesisinde arıtılması 8\$'a mal olmaktadır (Acunaz, 1987).

Atık suyun vakum altında arıtılması yönteminde ise sisteme alınan atık su öncelikle filitrelenmekte ve bir kazanda dinlendirilmektedir. Daha sonra dengeleme kolonuna aktarılan atık su vakum pompasının çalıştırılmasıyla buharlaştırma tankına çekilmektedir. Buharlaştırma tankına alınan atık suyun buharlaştırılması için bir miktar ısı verilmekte ve vakum altında atık suyun daha düşük sıcaklıkta buharlaşması sağlanmaktadır. Buharlaşan atık su yoğunlaştırma tankına transfer edilerek bir kondensör (yoğuşturucu) vasıtasıyla yoğunlaştırılmakta, yoğunlaşan buhar sistemden alınarak dengeleme kolonuna aktarılmaktadır. Buharlaştırma sonucu geride kalan katı atık ise buharlaştırma tankında kalmakta olup daha sonra buradan uzaklaştırılmaktadır.

1.6. Çalışmanın Amacı

Bugüne kadar zeytinyağı işletmelerinden çıkan atık suyun değerlendirilmesine yönelik olarak değişik çalışmalar yapılmış olmasına karşın yapılan bu çalışmalar daha çok atık suyun işletme dışına çıktıktan sonra değerlendirilmesine yönelik olmuştur (gübre, yakıt, vb.). Ancak bu türden bir değerlendirmenin çevreye yönelik olumlu etkileri hakkında net bir bilgiye rastlanamamıştır.

Büyük boyutlardaki zeytinyağı endüstrisi atık sularının işletme dışında kısa sürede değerlendirilerek, çevreye olan olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması pek olanaklı görülmemektedir. Bu nedenle işletme bünyesinde bir değerlendirme ünitesi ile bu atık suyun çevresel etkileri ortadan kaldırılabilir. Yapılan ön araştırmalar bu atık suyun değişik termal tesislerde koyulaştırılarak küçük bir kütleye indirilebileceğini göstermiştir (Coşkun ve Akbaş, 2001).

Bu atık suyun termal yöntemler kullanılarak, işletme bünyesinde koyulaştırılıp, kütlesinin azaltılması için uygulamaya aktarılacak bir atık su değerlendirme sisteminin geliştirilmesi (tasarım, imalat ve uygulama) bu çalışmanın amacını oluşturmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Önder (1983), yapmış olduğu çalışmada Aydın yöresinde bulunan ve bölgemiz açısından önem taşıyan zeytinyağı tesislerinden alınan atık suları incelemiş ve bunların fiziksel ve kimyasal olarak arıtılması için laboratuvar çalışmaları yapmıştır. Çalışmaları sonucunda fazla miktarda kirlilik içeren atık suların kimyasal arıtmadan sonra biyolojik arıtma kademesine de gereksinim duyduklarını tespit etmiş ve istenen çıkış suyu standartlarını sağlayıp, kirlilik yükünü azaltmak için % 97,7 BOD giderme verimi sağlayan uzun havalandırma aktif çamur tesisini önermiştir.

Acunaz (1987), yapmış olduğu çalışmada zeytinyağı atık suyunun fiziksel, kimyasal, analitik özelliklerini laboratuvar analizleri ile ortaya koyarak, bu atığın sebep olduğu çevre kirliliğini doğuran kirleticiler için en uygun arıtma modelini ve bu atığı en verimli şekilde kullanılacak hale getirecek olan en uygun ve ekonomik değerlendirme yolunu belirlemeye çalışmıştır. Çalışma sonucunda bu atığın arıtımı için en uygun yolun buharlaştırma havuzları olduğunu saptamıştır. Bu kapsamda yapmış olduğu denemelerde 2.5 x 2.5 m ebatlarında 0.5-1 ve 2 m derinlikte üç havuz inşaa edip atık su ile doldurmuş ve buharlaşma hızları ile BOD değerlerini gözlemlemiştir. İlk 40 gün içerisinde 0.5 m derinlikteki havuzda % 56'lık, 1 m derinlikteki havuzda % 75'lik, 2 m derinlikteki havuzda ise % 60'lık bir BOD azalması görünmesine karşın 0.5 m derinlikteki havuz Mayıs ayı sonunda, 1 m'lik havuz Temmuz ayında tamamen kurumuş, 2 m'lik havuz ise Temmuz sonunda da bir miktar nemlilik göstermiştir. Bu sonuçlara göre Akdeniz iklim şartları için ideal buharlaştırma havuzu derinliğini 1 m olarak belirtmiştir.

Atık suyun sulama suyu veya gübre olarak kullanılabilmesi hususunda ise bu değerlendirmenin yapılacağı bölgelerdeki ekolojik şartlar ile toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin göz önünde tutularak tarla bazında denemeler yapılmasını önermiştir.

Kasırğa (1988), yapmış olduğu çalışmada atık sudan biyogaz eldesi ve anaerobik biyolojik proses dizaynında büyük önem taşıyan kinetik katsayıların belirlenmesi konularını araştırmıştır. Araştırmasında laboratuvar ölçekli olarak

kurulan sekiz adet anaerobik reaktörde ısıtılmalı ve karışımli koşullar altında pH, alkalinite, uçucu yağ asitleri, kimyasal oksijen ihtiyacı ve kümülatif biyogaz oluşumunu zamana bağlı olarak 3 ay süre ile incelemiştir.

Şener (1991), yapmış olduğu çalışmada laboratuarda kurulan model sistem üzerinde yağ fabrikası atık sularının arıtımı konusunda bir yöntemi araştırmıştır.

Uyguladığı yöntem sonucunda giriş COD değeri 50 000-105 000 mg/l arasında değişen atık su çıkışta 100-200 mg/l değerlerine düştüğünü ve maksimum %99.89 verim elde ettiğini belirtmiştir. Uygulanan yöntem sonucunda elde edilen COD değerleri Çizelge 2’de, BOD değerleri ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 2. Kimyasal oksijen ihtiyacı (COD) değerlerine göre sistem verimi

Giriş (mg/l)	Flotasyon çıkışı (mg/l)	Koagülasyon çıkışı (mg/l)	Arıtma yüzdesi (%)
99 200	-	179	99.81
98 000	-	146	99.85
105 000	5704	175	99.83
81 796	-	149	99.81
50 000	3040	187.5	99.62
34 693	-	200	99.42
96 000	4800	163	99.83
84 200	-	150	99.82
96 500	-	159	99.83
97 000	-	100	99.89

Çizelge 3. Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD) değerlerine göre sistem verimi

Giriş (mg/l)	Çıkış (mg/l)	Arıtma yüzdesi (%)
42 240	65	99.84
36 720	68	99.81
42 000	70	99.83
38 000	75	99.80
48 500	75	99.84
25 160	163	99.35
42 160	100	99.76
38 080	75	99.80
45 420	80	99.82
42 240	40	99.90

Işıklı (1992), yapmış olduğu çalışmada Ege Bölgesi'nde değişik teknoloji uygulayan (sulu, kuru ve sürekli sistem) ve beş farklı ilçede kurulmuş olan zeytinyağı fabrikalarından üç değişik zamanda (kampanya başı, ortası, sonu) alınan 45 farklı karasu örneği üzerinde pH değeri, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, asidite, kalsiyum, magnezyum, potasyum, sodyum, çözünen oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam katı madde, toplam sabit katı madde, toplam uçucu maddeler, toplam süspanse katı madde, çökebilir madde, fosfor, azot, yağ, mangan, çinko, bakır, bor, demir, şeker analizleri değerlerinin analitik karakterlerini belirlemiştir. İncelemeye aldığı atık suların analiz sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Işıklı çalışmasında şu değerlendirmeleri yapmıştır:

- Farklı teknolojiler uygulanan zeytinyağı işletmelerinden (sulu sistem, kuru sistem ve sürekli sistem) alınan karasu örnekleri sonucunda sulu sistemden çıkan karasuyun diğer sistemlere göre daha fazla olduğu ve bunu sürekli ve kuru sistemlerin takip ettiğini,

Çizelge 4. Atık su analiz sonuçları

Karakteristik	Değer	Birimi
Sıcaklık	25	°C
Elektriksel İletkenlik	3543	micromhos/cm
PH	5.1	-
Asidite	3087	mg/l CaCO ₃
Ca	110	ppm
Mg	55	ppm
K	1150	ppm
Na	45	ppm
BOD	33 200	mgO ₂ /l
COD	52 900	mgO ₂ /l
Toplam Katı Madde	37 720	mg /l
Toplam Uçucu Madde	22 030	mg /l
P	99	ppm
N	412	ppm
Şeker	4.29	%
Fe	2.87	ppm
Mn	1.26	ppm
Zn	0.63	ppm
Cu	0.26	ppm
Bor	2.73	ppm

- Kontinü sistemden çıkan karasuların çevreyi daha az etkilediği, buna karşın sulu sistemden çıkan karasuların bitki besin elementleri açısından daha zengin olduğunu,

- Laboratuvar koşullarında zeytini sıkarak suretiyle elde edilen zeytin meyve suyunun analitik karakterlerinin fabrikalardan çıkan karasulara göre daha iyi durumda olduğunu,

- İtalya ve İspanya gibi zeytincilikte ileri ülkelerin karasularının fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında farklılıklar olduğunu görmüştür.

Midilli (1996), yapmış olduğu çalışmada vakum altındaki atık sulardan damıtık su elde etmek için yeni bir yöntem incelemiş, buna yönelik olarak vakum altında tutulan atık su kolonlarında damıtık su elde etmek için bir deney tesisi tasarlamış ve kurmuştur.

Önce teorik modellemesi gerçekleştirilen ve teorik performansı incelenen sistemin daha sonra deneysel çalışması yapılmış ve deneysel sonuçların teoriye uygunluğu araştırılmıştır. Vakum altındaki kirli ve atık sulardan damıtık su elde etmesini etkileyen atık su sıcaklığı, ortam basıncı, atık suyun bileşim parametrelerini belirlemiştir. Ayrıca sistemin enerji sarfiyatı ile damıtık su miktarının karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmalar sırasında deney düzeneğinin kontrolü bilgisayar yardımı ile yapılmıştır. 5 farklı atık su sıcaklığında (20, 25, 30, 35, 40°C) ve sabit vakum (15.13 kPa) değerinde yapılan denemelerde sistemde kullanılan sirkülasyon fanının etkisini görebilmek için fan devre dışı iken doğal taşınım yoluyla elde edilen damıtık su miktarı ve fan çalıştırıldığı zaman zorlanmış taşınım yoluyla elde edilen damıtık su miktarlarını belirlemiştir. Ayrıca bir saatlik süre içerisinde her on dakikada bir ölçülen değerleri dikkate alarak harcanan enerji miktarının üretilen buhar ve elde edilen damıtık su miktarına göre değişimlerini grafik olarak vermiştir.

Aktaş (1998), yapmış olduğu çalışmada Ayvalık yöresindeki bazı zeytinyağı fabrikalarından alınan atık su örneklerinin fenolik madde içeriklerini incelemiş ve kireçle yapılan çöktürme işlemlerinin atık suyun bileşimini ne şekilde etkilediğini

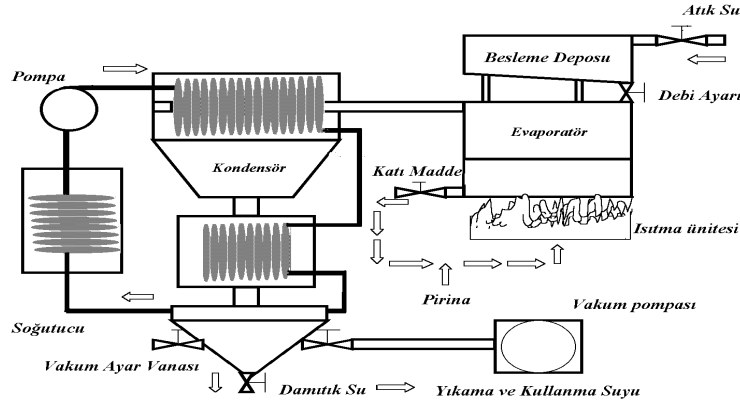
saptamaya çalışmıştır. Çalışmada ayrıca atık suyun buharlaştırılması işleminden sonra ele geçen kuru kalıntının değerlendirilmesi olanakları da incelenmiştir.

Bu çalışma kapsamında ilk olarak standart yöntemlere göre çalışarak atık sulardaki toplam katı, uçucu katı, sabit katı, sabit süspande katı, uçucu süspande katı, polifenol, uçucu fenol, organik azot, indirgen şeker, fosfor ve yağ miktarını tayin etmiştir. Daha sonra atık suyun kirlilik yükünü azaltmak için atık suya artan miktarlarda kireç katıldıktan sonra kirecin etkisini araştırmak için sıvı ve katı kısımda bazı analizler yapmıştır. Kireçli süzöntü üzerinde yapmış olduğu HPLC analizlerinde kirecin, fenolik maddeleri kısmen ya da tamamen uzaklaştırdığını veya etkili olmadığını gözlemiştir. Bu çalışmada ayrıca atık suyun artıklarından aktif kömür elde etmek amacıyla yararlanılıp yararlanılamayacağını da incelenmiş, atık suyun buharlaştırılması ile elde edilen kalıntıyı 550 °C'de piroliz ettikten sonra seyreltik asit çözeltisi ile yıkamıştır. Aynı işlemi kireç ile muamele işleminden sonra elde edilen kısma da uygulanmış ve elde edilen karbonize materyallerin iyod ve fenol adsorblama gücünü piyasa aktif kömürü ile kıyaslamıştır. Bu işlemler sonucunda buharlaştırılmış zeytinyağı atık suyu artığından elde edilen aktif kömürün absorblama gücünün piyasa örneğinkine yakın hatta daha iyi olduğunu belirtmiştir.

Çalışma sonucunda, zeytinyağı endüstrisi atık suyunun çevreyi kirletme etkisinin azaltılması için güneş enerjisi ile buharlaştırma veya distilasyonda kirecin işlemlere dahil edilerek pH'nın 12'ye yükseltilmesi halinde işleminin gerek ekonomik açıdan gerekse istenmeyen maddelerin (yağ, katı maddeler, fenolik maddeler, vb.) uzaklaştırılabilmesi yönünden uygun olduğu ve atık suyun artıklarından aktif kömür eldesi için yapılan çalışmaların ümit verici olduğu belirtilmiştir.

Paredes et al (1998), yapmış oldukları çalışmada on farklı işletmeden alınan sıvı atık su ile on farklı buharlaştırma havuzundan alınan karasu keklerini incelemişler ve bunlar arasındaki ilişkileri belirlemeye çalışmışlardır. Diğer organik atıklarla kıyaslandığında atık su örneklerinin yüksek potasyum ve kayda değer miktarda azot, fosfor, kalsiyum, magnezyum, demir içeriğine sahip olduğunu

belirtmişlerdir. En yüksek potasyum konsantrasyonlarının ise sıvı atık suda özellikle demir ve diğer besin elementlerinin ise atık su kekinde daha yüksek olduğunu gözlemişlerdir.



Şekil 3. Atık su değerlendirme sistemi akış şeması

boru ile bağlanmış olan bu ünite etkinliğini arttırmak amacı ile 3 kademeli olarak imal edilmiştir. İlk kademede helezonik olarak sarılmış olan bakır boru içerisinde soğutma suyu geçmekte olup, buharlaştırıcıdan gelen kızgın buhar bu helezonik bakır boru demetinin içerisine püskürtülmekte ve burada yoğunlaşması sağlanmaktadır. Bunun altında ise kaçan buharın yakalanması amacı ile ikinci bir bakır boru demeti bulunmaktadır. Bunun birinciden farkı daha küçük olması ve cidarlarında da soğutma suyu bulunmasıdır. Böylelikle fazla miktarda buhar gelmesi durumunda burada ikinci bir yoğunlaşma işlemi gerçekleştirilmekte olup, sistemin etkinliğinin artırılması sağlanmaktadır. Üçüncü kısım ise sadece dış cidarlarında soğutma suyu dolaşan boş bir yapı olup sisteme vakum uygulanması ve elde edilen damıtık suyun dışarı alınması için boşaltma vanasının bulunduğu kısımdır. Bu üniteye bağlı bulunan 16 m³/h debi kapasiteli, 4.37 kW gücünde tahrikli ve maksimum -0.8 bar vakum üretebilen bir vakum pompası aracılığı ile sisteme vakum uygulanmaktadır. Aynı zamanda vakum ayarı da bu kısım üzerinde bulunan bir vakum ayar vanası aracılığı ile yapılmaktadır. Yoğuşturucu ünite üzerinde sistemdeki basıncı ölçmek amacıyla bir adet basınç göstergesi ve sistemdeki vakumu ölçmek için bir adet vakum göstergesi bulunmaktadır. Damıtık suyun sıcaklığı çıkış ünitesine bağlı elektronik bir termometre aracılığı ile ölçülmektedir.

Yoğuşturucu sistemde kullanılan soğutma suyunun işletme düzeyindeki tesislerde bir devridaim pompası ile sirküle ettirilmesi ve bu suyun soğutulması için bir radyatörün kullanılması öngörülmektedir. Ancak araştırmanın yapıldığı model

tesiste soğutma suyu olarak şebeke suyu kullanılmıştır. Soğutma suyu sıcaklığı ise şebekeye bağlanan bir elektronik termometre aracılığı ile ölçülmektedir.

Çalışmanın temel materyalini oluşturan ve “3.2. Metod” bölümünde imalat aşamaları açıklanacak olan model tesisin görünüşü Şekil 4’te verilmiştir.

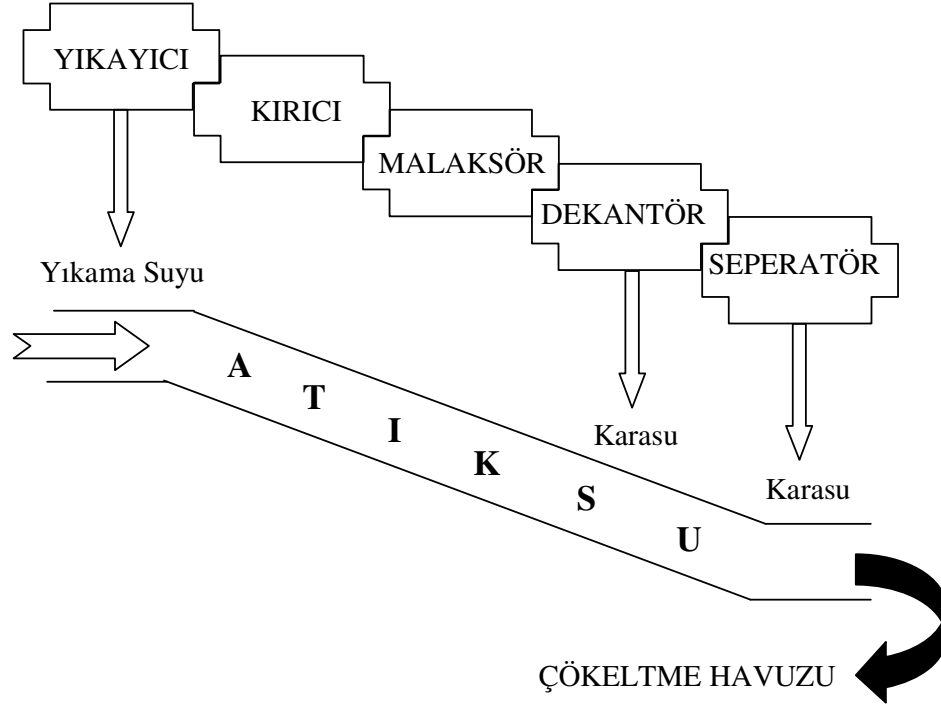
3.1.2. İşletme özellikleri

Model tesisin uygulamasının öngörüldüğü işletmeler, kontinü sistem olarak çalışan, makine başına kapasitesi yaklaşık 1 ton/h zeytin olan ve en az bir adet buharlaştırma havuzu bulunan zeytinyağı fabrikalarıdır. Şekil 5’deki işlem sırası ve atık su çıkış noktalarına sahip olan böyle bir zeytinyağı fabrikasında bulunan makina donanımları yıkayıcı, kırıcı, malaksör, dekantör ve seperatörden oluşmaktadır (Şekil 6).

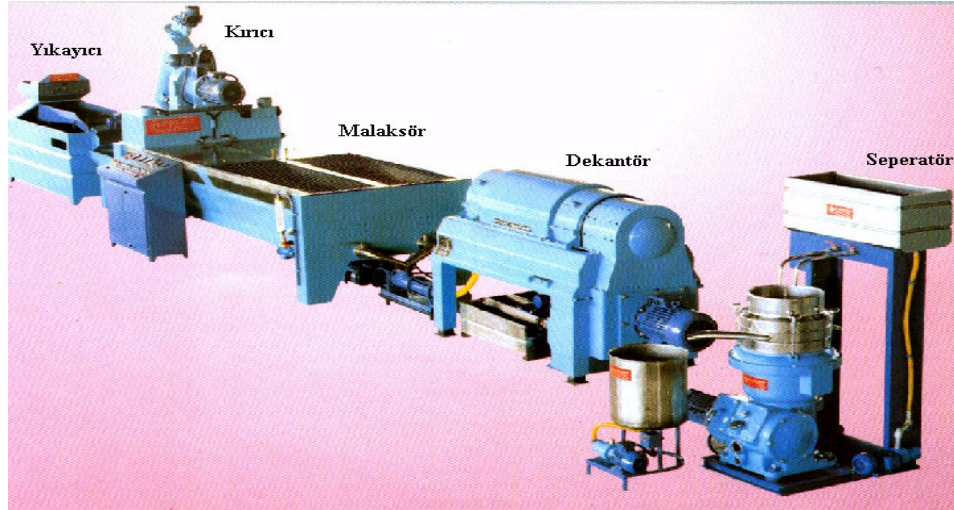
Şekil 7’deki işlem akışına sahip olan bu tür işletmelere atık su değerlendirme sisteminin yerleştirilmesi durumunda işlem akışı Şekil 8’de gösterildiği biçime dönüşecektir.



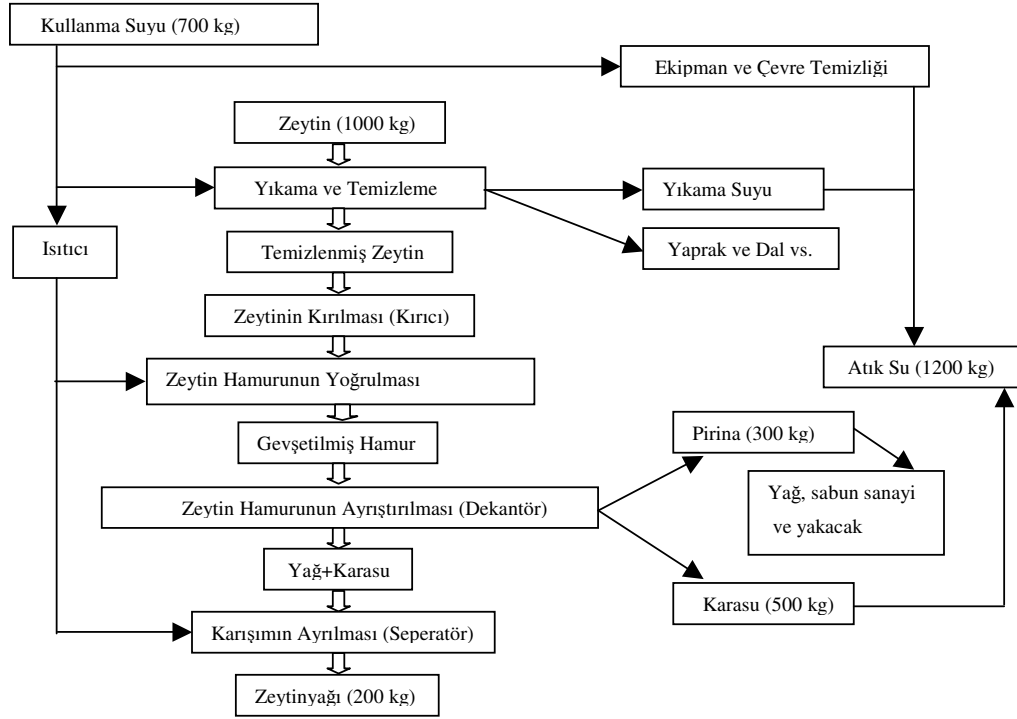
Şekil 4. Denemelerde kullanılan tesisin görünüşü



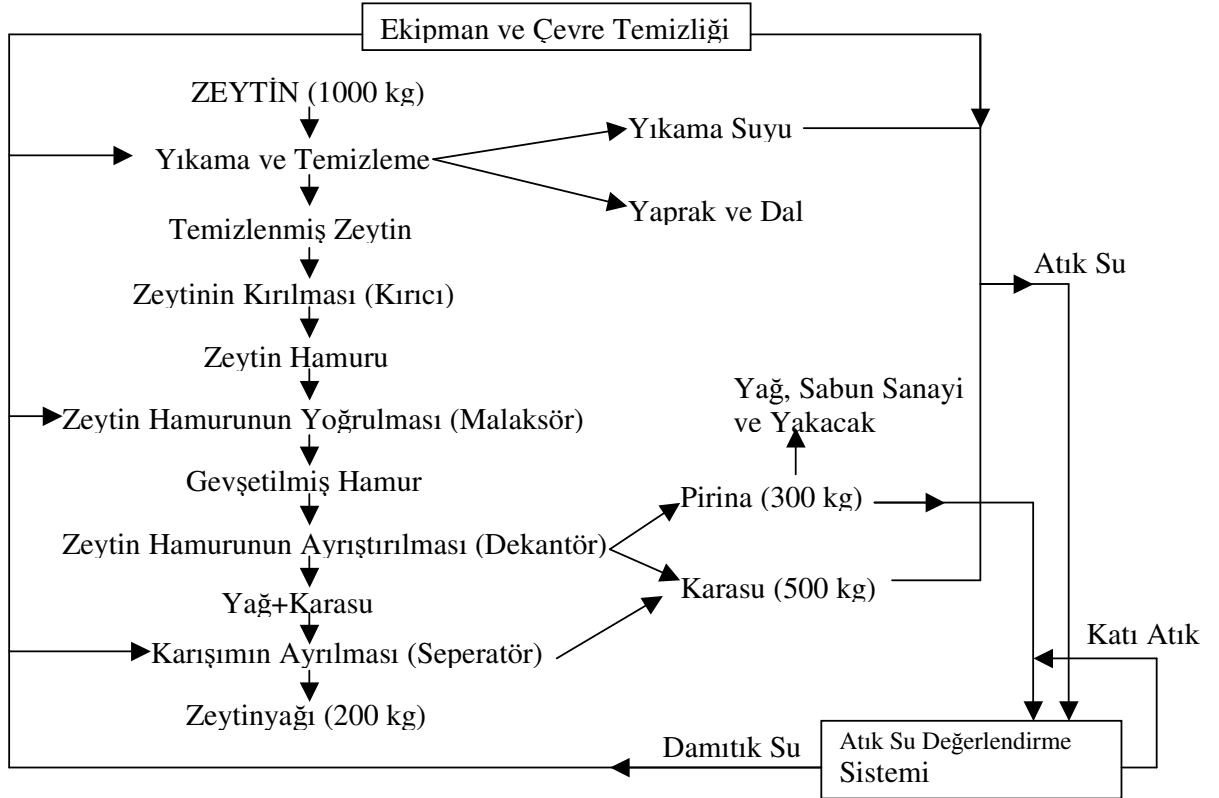
Şekil 5. Kontinü sistem zeytinyağı fabrikası makina donanımı ve atık su akış şeması



Şekil 6. Kontinü sistem zeytinyağı fabrikası makina donanımı



Şekil 7. Atık su değerlendirme sistemine sahip olmayan işletmelerde işlem akışı



Şekil 8. Atık su değerlendirme sistemine sahip işletmelerde işlem akışı

3.1.3. Atık su özellikleri

Denemelerde, yıkama suyu, kullanma suyu ve karasudan oluşan atık su karışımı kullanılmıştır. Bu su, denemelerin gerçekleştirildiği ADÜ Ziraat Fakültesi Kampüsü civarında bulunan zeytinyağı işletmelerinden Aralık 2000 kampanya döneminde temin edilmiştir.

Yıkama suyunun önemli bir çevre kirleticiliği yoktur. Asıl kirleticisi olan karasu, organik ve mineral madde bakımından zengin, koyu kırmızı renkli asidik (pH=5) nitelikli bir sıvı olup 141.600 COD ve 63.750 BOD değerine sahiptir.

Atık su numunelerinin alındığı zeytinyağı işletmesinde işlenen ortalama 1000 kg zeytinden yaklaşık olarak 500 kg karasu ortaya çıkmaktadır. Bu işlem sırasında yıkama ve kullanma suyu olarak da 700 kg civarında su harcanmaktadır. Bunlarla birlikte 1000 kg zeytinin işlenmesi için ortaya çıkan atık su miktarı 1200 kg'ı bulmaktadır. Buna göre atık su değerlendirme sistemi tasarımı yapılırken dikkate alınacak olan dizayn parametresi değeri zeytin işleme kapasitesi 1t/h olan bir makine için yaklaşık olarak 1.2 t/h olarak belirlenmiştir.

3.2. Yöntem

Tasarımı yapılan ve modeli üretilen atık su değerlendirme sistemi, sürekli zeytinyağı işletmelerinin buharlaşma havuzlarında yaz periyodunca oluşan buharlaşmanın hızlandırılması düşüncesinden hareket edilerek ortaya konulmuştur. Bilindiği gibi her sıcaklık derecesinde buharlaşma olanaklıdır. Uygun koşullar sağlandığında düşük sıcaklıklarda buharlaşma gerçekleştirilebilmekte ve böylece ısıtma için daha az enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu koşullar ise ancak düşük basınç (vakum) ortamında sağlanabilmektedir.

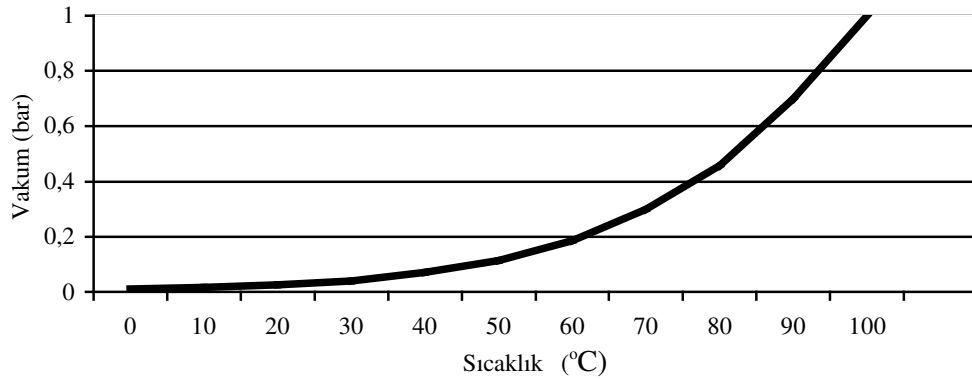
Atmosfer basıncından daha küçük bir basınçta yapılan damıtmaya vakum altında damıtma denmektedir. Bir sıvı için basıncın azaltılması, sıcaklığın da azalmasını sağlayacağından düşük basınçlarda çalışarak bir organik maddeyi bozulma noktasının çok altındaki bir sıcaklıkta damıtma ile saflaştırma imkanı vardır. Basıncı 1 mmHg'ya düşürmek için yağlı vakum pompaları ve bundan daha

düşük basınçlarda çalışmak için yüksek vakum düzenekleri kullanılır. Vakum damıtması sırasında basınç istenilen miktara düştükten sonra sıvı ısıtılmalıdır (Midilli, 1996).

Vakum ve buharlaşma sıcaklığı arasında Şekil 9'daki değişim söz konusudur. Vakumla çalışmada farklı teknikler söz konusudur. Bunlardan kaba vakum tekniğinde 760 mmHgS - 1 mmHgS arasında vakum uygulaması yapılırken, ince vakum tekniğinde bu değerler 1 mmHgS – 10^{-3} mmHgS arasındadır. Yüksek vakum tekniğinde 10^{-3} mmHgS – 10^{-6} mmHgS değerinde olan basınç değerleri, ultra vakum tekniği için 10^{-6} mmHgS ve daha küçük değerlerde olmaktadır. Bu temel ilke doğrultusunda kaba vakum tekniğinin uygulandığı sisteme ilişkin aşağıdaki tasarım aşamaları izlenmiştir (Midilli, 1996).

3.2.1. Tasarım aşaması

Başlıca ısıtma, buharlaştırma, yoğuşurma, soğutma ve vakum üniteleri ile bağlantı ve kontrol elemanlarından oluşan sistemin önemli donanımlarından olan buharlaştırma ve yoğuşurma ünitelerine ilişkin olarak şu hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 9. Vakum ve buharlaşma sıcaklığı değişimi

3.2.1.1. Buharlaştırma ünitesine ilişkin hesaplamalar

İşletme düzeyinde imalatı yapılacak olan tesisin buhar kazanı kapasitesini hesaplamak için ihtiyaç duyulan atık su sıcaklığı ortalama 18 °C alınmıştır. Bu değer 15-20 °C arasında değişmektedir.

Atık suyu kaynatmak için gerekli ısı miktarı ;

$$Q_1 = m_s \cdot c \cdot (t_{ss} - t_{si})$$

bağıntısı ile hesaplanabilir. Burada m_s atık su debisi olup işletme düzeyindeki hesaplamalar için fabrika çıkış değeri olan 1200 kg/h değeri esas alınmıştır. Suyun kaynama sıcaklığı normal koşullarda 100 °C, suyun özgül ısısı 1 kcal/kg °C olduğundan ;

$$Q_1 = 1200 \cdot 1 \cdot (100 - 18) = 98\ 400 \text{ kcal/h}$$

olarak bulunur.

1200 kg/h'lık debiye sahip atık suyun % 90'ını buharlaştırmak için gerekli olan ısı miktarı (Q_2), buharlaşma gizli ısısı 537 kcal/kg alınarak ;

$$Q_2 = m_s \cdot i \cdot r$$

eşitliğinden

$$Q_2 = 1200 \cdot 0.90 \cdot 537 = 579\ 960 \text{ kcal/h}$$

bulunur.

Buna göre 1200 kg/h'lık debiye sahip atık suyu kaynatmak ve buharlaştırmak için gerekli toplam ısı miktarı ;

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

eşitliğinden

$$Q_T = 98\,400 + 579\,960 = 678\,360 \text{ kcal/h}$$

olarak bulunur.

Kazan sacı ısı iletim katsayısı 40 kcal/mh °C (Dağsöz, 1984) ve sac kalınlığı 2 mm, kazan iç ve dış sıcaklığı arasındaki fark 30 °C olduğuna göre kazan ısıtma yüzey alanı ;

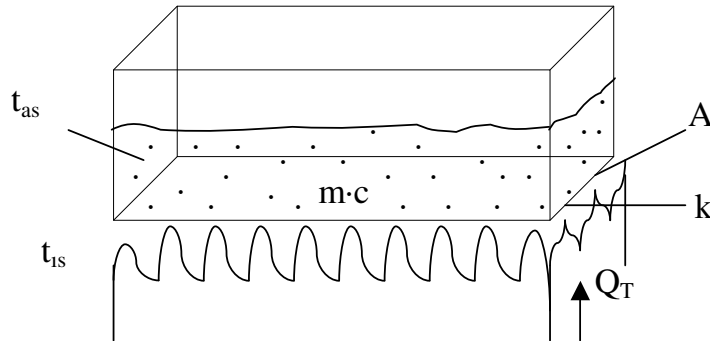
$$A = \frac{Q_T}{\frac{\lambda}{d} \cdot \Delta t}$$

eşitliğinden

$$A = \frac{678360}{\frac{40}{0.002} \cdot 30} = 1.13 \text{ m}^2 = 11\,300 \text{ cm}^2$$

olarak bulunur.

Bu hesaplamalar esas alınarak denemelerde kullanılan model tesis için buharlaştırma kazanı dikdörtgen yapıları kazan için 1:20 ölçeğinde Şekil 10'daki biçimde imal edilmiştir.



Şekil 10. Buharlaştırma ünitesi ısı akım modeli

3.2.1.2. Yoğuşturma ünitesine ilişkin hesaplamalar

Yoğuşturma ünitesine ilişkin hesaplamalarda buharlaştırıcıdan gelen atık su buharının ısı miktarı Q_T esas alınmış olup, bu ısı miktarının bir kısmının soğutma suyu tarafından dışarı atıldığı bir kısmının ise elde edilen damıtık suyla birlikte taşındığı varsayılmıştır. Yoğuşturucuya giren buharın sıcaklığı $t_{bg} = 90 \text{ }^\circ\text{C}$ ve çıkış sıcaklığı $t_{bç} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$, soğutma suyu giriş sıcaklığı $t_{ag} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ ve çıkış sıcaklığı $t_{aç}=20^\circ\text{C}$ olarak alındığında ters akımlı ısı değiştirici için ortalama logaritmik sıcaklık farkı (Ayık, 1995);

$$\Delta t_m = \frac{(t_{bg} - t_{aç}) - (t_{bç} - t_{ag})}{\ln\left(\frac{t_{bg} - t_{aç}}{t_{bç} - t_{ag}}\right)}$$

eşitliğinden

$$\Delta t_m = \frac{(90 - 20) - (25 - 15)}{\ln\left(\frac{90 - 20}{25 - 15}\right)} = 30.83 \text{ }^\circ\text{C}$$

bulunur. Toplam ısı geçiş katsayısı ters akımlı ısı değiştirici için $1000 \text{ kcal/m}^2\text{h }^\circ\text{C}$ alındığında (Dağsöz, 1984)

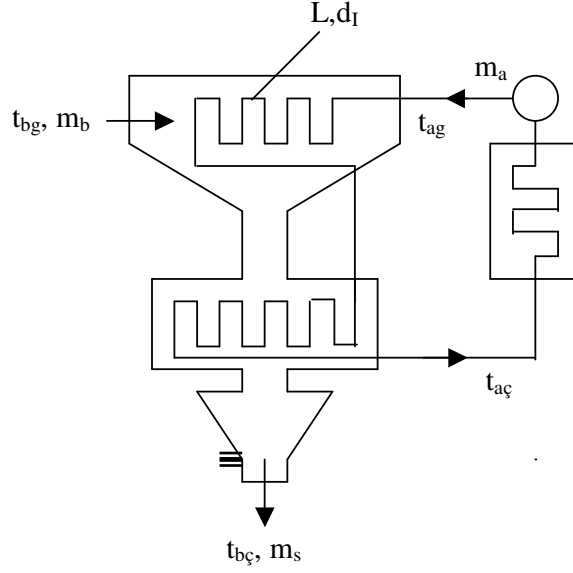
Şekil 11'deki ısı akım modeline göre, ısı değiştirici yüzey alanı ;

$$A_1 = \frac{Q_T}{k \cdot \Delta t_m}$$

eşitliğinden

$$A = \frac{678360}{1000 \cdot 30.83} = 22 \text{ m}^2$$

bulunur.



Şekil 11. Yoğuşturma ünitesi ısı akım modeli

Isı değiştirici boru çapı $d_I = 0.01$ m alındığında, gerekli olan soğutucu boru boyu ;

$$L = \frac{A}{\pi \cdot d_I}$$

eşitliğinden

$$L = \frac{22}{\pi \cdot 0.01} = 700 \text{ m}$$

bulunur. Model tesiste boru boyu 1:20 leği esas alınarak kullanılmıştır.

3.2.2. İmalat aşaması

ADÜ Ziraat Fakültesi'ne ait atölyelerde ilk prototip olarak 1:20 ölçeğinde model bir tesis imal edilmiştir. Üretilen bu ilk prototip basit yapıda olup tek kademeli yoğuşturucu üniteye sahiptir. Şekil 12'de görünüşü verilen bu tesis ön denemeye alınarak sistemin fonksiyonelliği test edilmiştir. Bu denemeler sırasında tesis üzerinde bir takım aksaklıklar ve eksikler gözlenmiştir. Tesiste ilk karşılaşılan sorun buharlaştırıcı kazanın kapak kısmında olmuştur. Kapağın şekilsel olarak sızdırmazlığa ve pratik olarak sökölüp takılmaya uygun olmadığı görülmüş ve farklı bir kapak tasarımı yoluna gidilmiştir. Ayrıca sistemde tek kademeli olarak bulunan yoğuşturucu ünitenin yüksek buhar debilerinde etkin olarak yoğuşturma yapamadığı ve bir kısım buharı dışarı sızdırdığı gözlenmiştir. Bunun üzerine yoğuşturucu ünitenin çok kademeli olarak yapılmasına karar verilmiştir. Bir diğer aksaklık ise vakum uygulama işleminde görülmüştür. Yoğuşturucu ünitenin hemen alt kısmından uygulanan vakumun, buharın bir kısmının vakum pompası tarafından emilmesine neden olduğu görülmüştür. Yağla çalışan vakum pompası için bu olayın oluşturacağı zararı önlemek amacıyla, tesisin alt kısmına boş bir hücre ilave edilmiş ve vakum pompasının buharı bunun üzerinden emmesi sağlanmıştır. Bu eksik noktalar belirlendikten sonra ikinci prototip tesisin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu tesis de 1:20 ölçeğinde imal edilmiştir. İşletmelere önerilecek olan sistemi içeren ve laboratuvar koşullarında denemeleri gerçekleştirilen bu ikinci prototipin genel görünüşü materyal bölümünde Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 12. İmalatı yapılan ilk prototip tesisin görünüşü

3.2.3. Deneme aşaması

İmalatı yapılan prototip tesis ilk önce fonksiyonel yönden denemeye alınmıştır. Fonksiyonel yönden basınç ve vakum uygulamalarına karşı dayanım, sıvı ve gaz akışkanlara karşı sızdırmazlık ve işlevi gerçekleştirme yönünden denenmiş ve tesisin fonksiyonel olarak çalışması sağlanmıştır.

İşletme düzeyinde kurulması öngörülen tesislerin teknik ve dizayn parametrelerini ortaya koymak amacıyla model tesis üzerinde 3 farklı atık su miktarı, 4 farklı vakum değeri ve 3 farklı soğutucu akışkan debisi değerleri için 90 dakikalık çalışma zamanları esas alınarak denemeler gerçekleştirilmiştir. Bu değişkenlerin denenmesi sırasında her 5 dakikada bir buharlaştırma kazanı iç sıcaklığı, soğutucu akışkan çıkış sıcaklığı, elde edilen damıtık su miktarları ve sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Elde edilen 36 adet damıtık su numunesi kimyasal analize tabi tutularak bileşimleri (pH ,EC, NaCl, Ca, Na, K, Mg) belirlenmiştir. Kimyasal analiz işlemleri ADÜ Ziraat Fakültesi Toprak Laboratuvarı olanakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kirlilik oranlarını ortaya koymak amacıyla COD (kimyasal oksijen ihtiyacı) ve BOD (biyolojik oksijen ihtiyacı) miktarları tespit edilmiştir. Bu değerler Aydın Valiliği Çevre Vakfı Laboratuvar olanaklarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar olanakları ve eleman sayısının kısıtlı olması sebebiyle birkaç numunenin analizi yaptırılabilmiştir. Bu aşamada numunelerin beklemiş olması sebebiyle özellikle COD değerleri beklenenin bir miktar üzerinde çıkmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

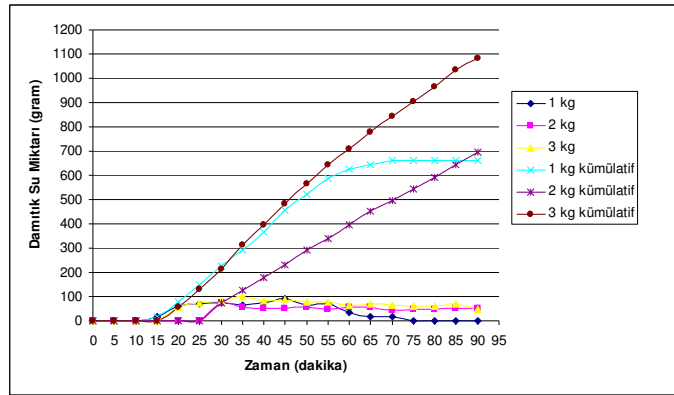
Model tesis 3 farklı atık su miktarı, 4 farklı vakum değeri ve 3 farklı soğutucu akışkan debisi için denenmiştir. Denemelerde 5'er dakikalık aralıklarla kazan sıcaklığı, soğutucu akışkan sıcaklığı, damıtık su miktarı ve sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. 36 farklı kombinasyon için 90 dakikalık çalışma periyodu esas alınarak gerçekleştirilen denemelerden elde edilen sonuçlar EK-I'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1. Damıtık Su Miktarının Zamana Göre Değişim Değerleri

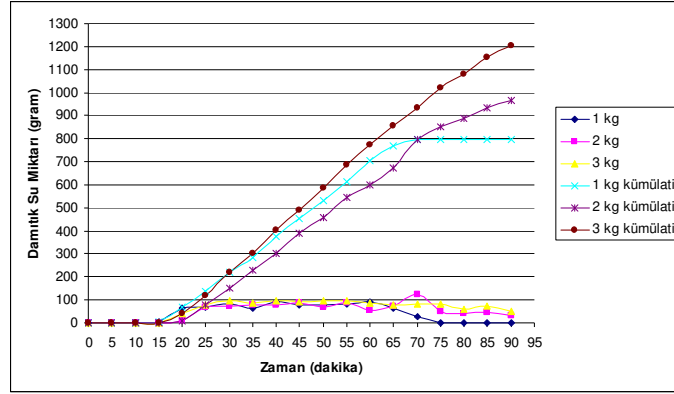
EK-I'deki ham veriler kullanılarak damıtık su çıkışına etkili olan deneme parametreleri arasındaki ilişkiler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Vakum ve soğutucu su debisinin sabit olduğu koşulda atık su miktarına bağlı olarak damıtık su miktarının kümülatif ve anlık değişimleri Şekil 13'ten Şekil 24'e kadar verilmiştir.

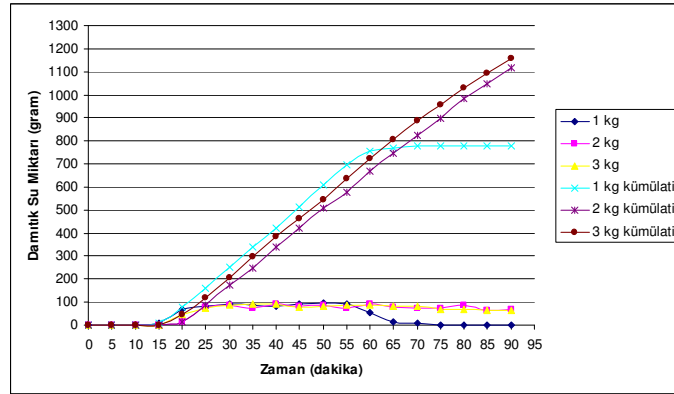
Vakumsuz koşuldaki değişimler Şekil 13'ten 15'e kadar verilmiştir.



Şekil 13. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=1 l/min)



Şekil 14. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min)

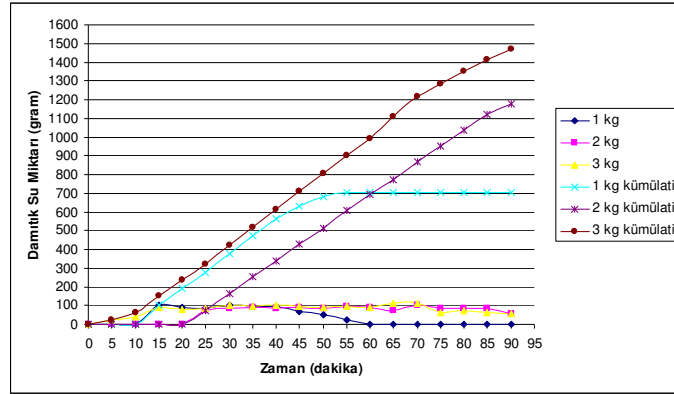


Şekil 15. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=0 bar, Soğutucu debisi=2 l/min)

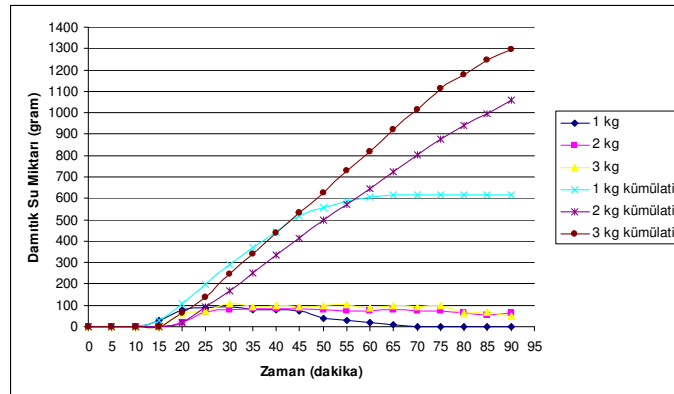
0 (sıfır) bar sabit vakum değerinde ve sabit soğutucu su debisinde farklı atık su miktarları ile yapılan denemelerde 3 kg atık su için elde edilen damıtık su miktarları, 1, 1.5 ve 2 l/min soğutucu su debilerinin her biri için en yüksek değerde elde edilmiştir. Elde edilen damıtık suların miktarı 1100-1200 gram arasında değişmektedir. 1 kg atık su için elde edilen damıtık su miktarı ise 650-800 gram arasında en az olarak elde edilmiştir. 2 kg'lık atık su için ise bu miktarlar 700-1100 gram arasındadır. 90 dakikalık periyot için damıtık su/atık su oranlarına bakıldığında 1 kg atık suda tüm soğutucu su debisi değerlerindeki ortalamalar olarak

0.75/1=0.75'le en yüksek oran elde edilmiştir. 3 kg'lık atık su için bu oran $1.15/3=0.38$, 2 kg'lık atık su için $0.92/2=0.46$ olmuştur.

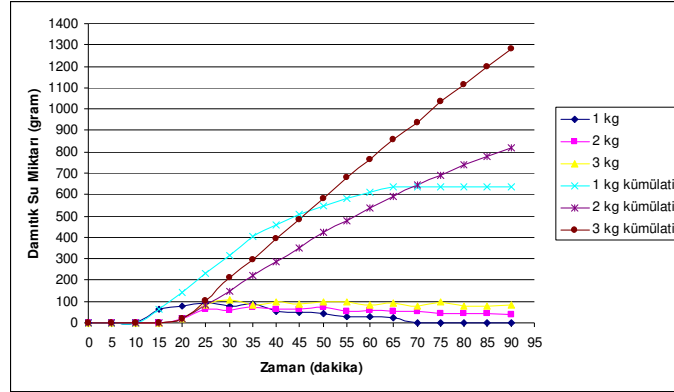
-0.3 bar vakum koşuluna ait değişimler Şekil 16'dan Şekil 18'e kadar verilmiştir.



Şekil 16. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=1 l/min)



Şekil 17. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min)

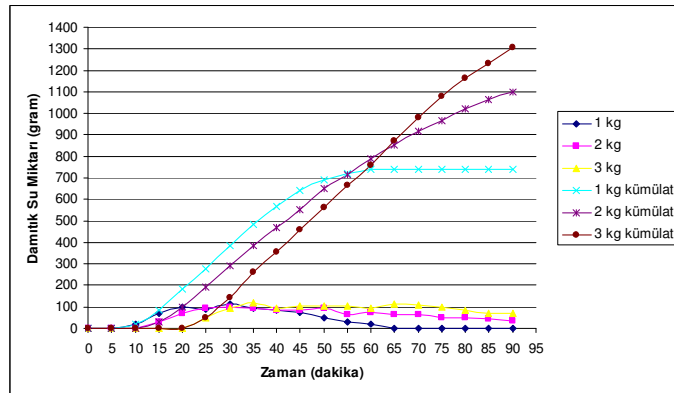


Şekil 18. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.3 bar, Soğutucu debisi=2 l/min)

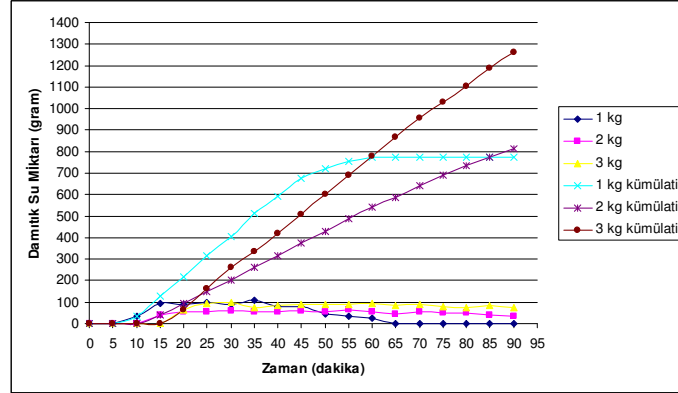
Şekiller incelendiğinde -0.3 bar sabit vakum değeri ve sabit soğutucu su debisinde 3 kg'lık atık su için yapılan denemede 1300-1500 gram damıtık su elde edildiği görülür. Bu değerler tüm soğutucu su debileri için en yüksek değerlerdir.

1 kg'lık atık su için elde edilen damıtık su miktarı 600-700 gram arasında, 2 kg'lık atık su için bu değerler 800-1200 gram arasında değişmektedir. 90 dakikalık periyot için damıtık su/atık su oranlarına (verime) bakıldığında 1 kg'lık atık su da tüm soğutucu su debilerindeki ortalamalar olarak $0.64/1=0.64$ oranı, 2 kg'lık atık su için $1.03/2=0.51$, 3 kg'lık atık su için $1.36/3=0.45$ oranları elde edilmiştir.

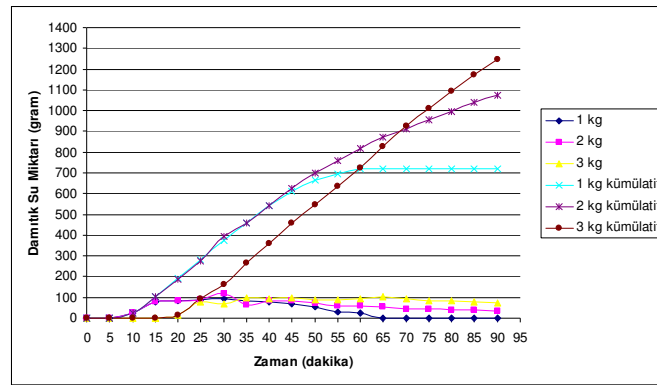
-0.5 bar vakum koşuluna ait değişimler Şekil 19'dan Şekil 21'e kadar verilmiştir.



Şekil 19. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=1 l/min)



Şekil 20. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min)

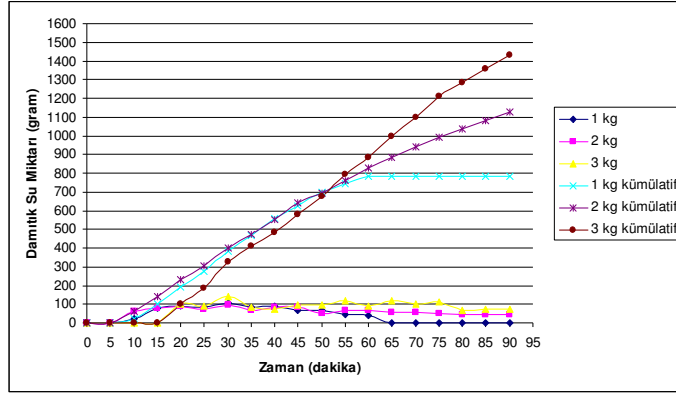


Şekil 21. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.5 bar, Soğutucu debisi=2 l/min)

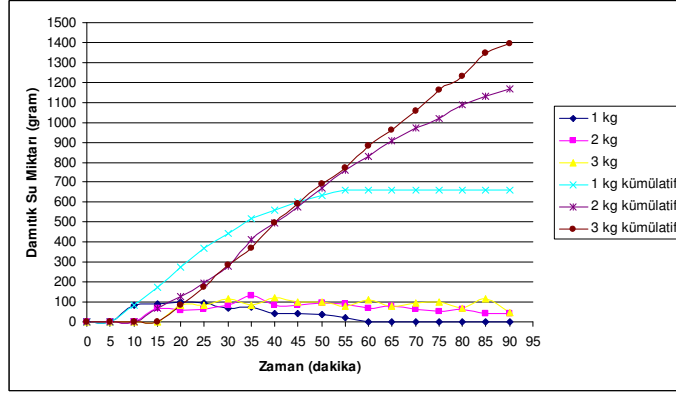
Vakum değerinin -0.5 bar ve soğutucu su debilerinin 1, 1.5 ve 2 l/min olduğu koşulda 3 kg'lık atık su miktarları için elde edilen damıtık su miktarları 1050-1250 gram arasında değişmektedir.

1 kg'lık atık su için elde edilen damıtık su miktarları 710-790 gram arasında, 2 kg'lık atık su için bu değerler 690-1090 gram arasında değişmektedir. 90 dakikalık periyot için damıtık su/atık su oranına bakıldığında 1 kg'lık atık suda tüm soğutucu su değerlerindeki ortalamalar olarak $0.74/1=0.74$, 2 kg'lık atık su için $0.95/2=0.47$, 3 kg'lık atık su için $1.18/3=0.39$ oranları elde edilmiştir.

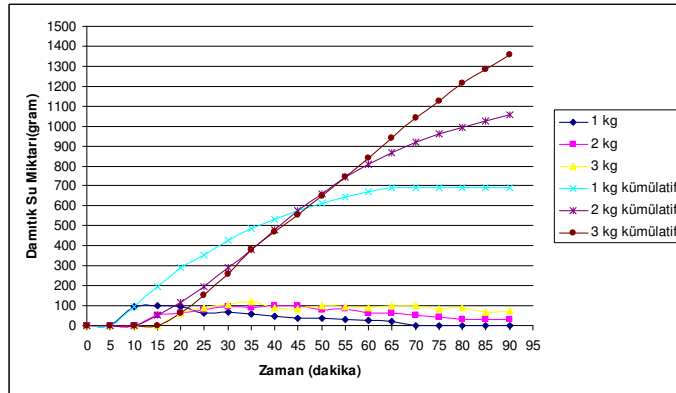
-0.7 bar vakum koşuluna ait değişimler Şekil 22'den Şekil 24'e kadar verilmiştir.



Şekil 22. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=1 l/min)



Şekil 23. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=1.5 l/min)



Şekil 24. İşlenen miktar ile elde edilen damıtık su miktarlarının zamana göre değişimleri (Vakum=-0.7 bar, Soğutucu debisi=2 l/min)

Vakum basıncının -0.7 bar ve soğutucu su debisinin sırasıyla 1, 1.5 ve 2 l/min olduğu koşulda en yüksek damıtık su miktarlarının 3 kg'lık atık suyun işlenmesi sonucu ortaya çıktığını (1370-1440 gram) ve bunu sırasıyla 2 (1070-1180 gram) ve 1 (700-800 gram) kg'lık atık su miktarlarının takip ettiğini, buna karşın 90 dakikalık periyodun sonunda elde edilen damıtık su/atık su miktarı oranlarının ise 1 kg atık su için $0.76/1=0.76$, 2 kg atık su için $1.12/2=0.56$, 3 kg atık su için $1.4/3=0.46$ biçiminde değiştiği görülür.

Şekillerin tümü göz önünde bulundurulduğunda 1 kg atık suyun işlenmesi sırasında işleme başladıktan 5-15 dakika sonra damıtık su elde edilmesine başlanmakta ve 45 ile 70 dakikalar arasında damıtık su elde edilmesi işlemi tamamlanmaktadır. Kümülatif eğriler bu sınırlar arasında bükülme göstermektedir. 2 ve 3 kg'lık atık suların işlenmesi sırasında 15-25 dakikalık sürede damıtma işlemi başlamakta damıtık su elde etme işleminin tamamlanması 90 dakikalık süreden sonra gerçekleşmektedir. 2 ve 3 kg'lık kümülatif eğrilere bakıldığında bükülmenin hemen başlamadığı veya henüz başlamış olduğu görülür. Denemeye alınan numune sayısının fazlalığı nedeniyle denemeler 90 dakikalık periyotla sınırlandırıldığından 1, 2, 3 kg'lık atık suların işlenmesi sırasında ortaya çıkan verim değerlerinin birbiri ile kıyaslanması doğru sonuçlar vermeyeceğinden çalışmada bu kıyaslama yapılmamıştır. Bu nedenle tesisin genel verimi konusunda bir fikir vermek üzere 1 kg'lık atık su için elde edilen değerler baz alınabilir. Çizelge 5'teki 1 kg atık su için tesisin genel veriminin yaklaşık olarak %71.32 olduğu söylenebilir.

Elde edilen damıtık su miktarı ile işlenen atık su miktarı, vakum ve soğutucu su debileri ve diğer parametreler arasındaki istatistiksel ilişkiler TARİST istatistiksel programı kullanılarak belirlenmiş ve Çizelge 6'da verilmiştir (Anonymous,1995a).

Tablodaki rakamlar (r) korelasyon katsayısı değerlerini göstermektedirler. Çizelge 6 incelendiğinde parametreler arasında istatistiksel yönden en kuvvetli ilişkilerin işlenen atık su miktarı ile elde edilen damıtık su miktarı arasında olduğu görülmektedir. Ayrıca kazan sıcaklığı ile vakum arasında ve soğutucu sıcaklığı ile soğutucu su debisi arasında 0.01 önem derecesine sahip ilişkiler olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. İşlenen atık su, deneme parametreleri ve verim arasındaki değişimler

	Soğutucu Su Debisi	1 kg Atık Su		2 kg Atık Su		3 kg Atık Su		Ortalama	
		Damıtık Su (kg)	Verim (%)	Damıtık Su (kg)	Verim (%)	Damıtık Su (kg)	Verim (%)	Damıtık Su (kg)	Verim (%)
Vakumsuz	1 l/min	0,66	66	0,69	34,8	1,08	36,13	0,81	45,64
	1,5 l/min	0,79	79,6	0,96	48,2	1,20	40,20	0,99	56,00
	2 l/min	0,77	77,6	1,11	55,8	1,15	38,53	1,02	57,31
	Ortalama	0,74	74,40	0,93	46,27	1,15	38,29	0,94	52,99
-0.3 bar	1 l/min	0,70	70,6	1,17	58,9	1,46	48,93	1,12	59,48
	1,5 l/min	0,61	61,8	1,06	53	1,29	43,20	0,99	52,67
	2 l/min	0,63	63,6	0,82	41	1,28	42,67	0,91	49,09
	Ortalama	0,65	65,33	1,02	50,97	1,35	44,93	1,01	53,74
-0.5 bar	1 l/min	0,74	74	1,10	55	1,30	43,47	1,05	57,49
	1,5 l/min	0,77	77,6	0,81	40,6	1,26	42,07	0,95	53,42
	2 l/min	0,72	72	1,07	53,7	1,24	41,53	1,01	55,74
	Ortalama	0,75	74,53	1,00	49,77	1,27	42,36	1,00	55,55
-0.7 bar	1 l/min	0,78	78,2	1,12	56,2	1,43	47,67	1,11	60,69
	1,5 l/min	0,65	65,8	1,16	58,4	1,39	46,47	1,07	56,89
	2 l/min	0,69	69	1,05	52,8	1,35	45,27	1,03	55,69
	Ortalama	0,71	71,00	1,12	55,80	1,39	46,47	1,07	57,76
ORTALAMA	0,71	71,32	1,01	50,70	1,29	43,01	1,01	55,01	

Çizelge 6. Deneme parametreleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

	İşlenen Miktar (kg)	Vakum (bar)	Soğutucu Su Debisi (l/min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)
İşlenen Miktar (kg)	1.000	0.000 ns	0.000 ns	-0.099 ns	0.306**	0.903**
Vakum (bar)	0.000 ns	1.000	0.000 ns	-0.960**	0.317**	0.152
Soğutucu Su Debisi (l/min)	0.000 ns	0.000 ns	1.000	-0.014 ns	-0.713	-0.031
Kazan Sıcaklığı (°C)	-0.099 ns	0.960*	-0.014 ns	1.000	-0.295	-0.206 ns
Soğutucu Sıcaklığı (°C)	0.306	0.317*	-0.713**	-0.295*	1.000	0.437
Damıtık Su Miktarı (g)	0.903**	0.152 ns	-0.031 ns	-0.206 ns	-0.437	1.000

** : 0.01 önemli, * :0.05 önemli, ns : önemsiz

Çizelge 6’da görülen parametreler arasındaki ilişkilere ait regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir.

İşlenen atık su ve elde edilen damıtık su arasında:

$$DS = 428.66 + 288.58 \text{ İM} \quad r^2 = 0.81$$

Kazan sıcaklığı ve vakum arasında:

$$KS = 97.70 - 8.02 V \quad r^2 = 0.95$$

Soğutucu sıcaklığı ve soğutucu debisi arasında:

$$SC = 24.64 - 1.50 SD \quad r^2 = 0.48$$

ilişkileri vardır. Parametreler arasında çoklu regresyon analizleri ile elde edilen eşitlikler ise:

$$KS = 100.2 - 1.10 \text{ İM} - 8.02 V \quad r^2 = 0.96$$

$$DS = 357.31 + 288.58 \text{ İM} + 39.88 V \quad r^2 = 0.84$$

$$SC = 22.14 + 0.66 \text{ İM} + 0.46 V - 1.5 SD \quad r^2 = 0.67$$

biçimindedir.

Denklemlerde:

KS : Kazan sıcaklığı (°C)

İM : İşlenen miktar (kg)

V : Vakum (bar)

DS : Damıtık su miktarı (g)

SC : Soğutucu su sıcaklığı (°C)

SD : Soğutucu su debisi (l/min)

Buna göre elde edilen damıtık su miktarına işlenen atık su miktarının etkisinin büyük olduğu, soğutucu su debisinin ise etkisinin hemen hemen hiç olmadığı söylenebilir.

Elde edilen damıtık su miktarını tanımlayan regresyon denklemi esas alınarak işletme düzeyinde kurulacak tesislerden elde edilecek damıtık su miktarlarının değerleri yaklaşık olarak bulunabilir. Bu çalışmada esas alınan tesisteki 1200 kg’lık bir atık suyun -0.7 bar vakum koşulunda % 16’lık bir hata ile işlenmesi sonucu yaklaşık olarak 350 kg damıtık su elde edilebileceği söylenebilir.

4.2. Damıtık Suyun Kimyasal Bileşimi

Deneme sonucu elde edilen ve EK-I'de sonuçları verilen damıtık suların kimyasal yapısını ortaya koyabilmek amacıyla bazı kimyasal analizler yapılmıştır. Bu kapsamda elde edilen suların kullanma suyu olarak kullanılabilirliğini gösteren %Na, Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), pH, elektriksel iletkenlik (EC), NaCl değerleri ile renk özellikleri laboratuvar çalışmaları ile ortaya konulmuştur. Ayrıca damıtık suyun kirlilik oranını belirlemek amacıyla kısıtlı olanaklarda BOD (biyolojik oksijen gereksinimi) ve COD (kimyasal oksijen gereksinimi) değerleri analiz ettirilmiştir. Bu analizler sonucunda elde edilen değerlerin işlenen atık su miktarı, vakum ve soğutucu su debisi değerlerine göre değişim değerleri Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Denemeye alınan atık suların deneme koşulları ve kimyasal analiz sonuçları

Deneme No	İşlenen Miktar (kg)	Vakum (bar)	Soğutucu Debisi (l/min)	Toplam Zaman (min)	Ortalama Kazan Sıcaklığı (°C)	Ortalama Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Toplam Damıtık Su Miktarı (g)	Ortalama Damıtık Su Sıcaklığı (°C)
1	1	0,0	1	70	92,06	20,53	660	17,25
2	1	0,0	1,5	70	89,53	19,33	796	17,41
3	1	0,0	2	70	90,13	19,40	776	17,91
4	1	-0,3	1	55	84,08	23,08	706	16,11
5	1	-0,3	1,5	65	81,50	20,35	618	15,54
6	1	-0,3	2	65	82,35	19,14	636	15,09
7	1	-0,5	1	60	76,15	23,07	740	15,36
8	1	-0,5	1,5	60	77,07	21,15	776	15,00
9	1	-0,5	2	60	76,69	20,61	720	15,18
10	1	-0,7	1	60	65,15	24,38	782	15,54
11	1	-0,7	1,5	55	65,91	21,50	658	14,60
12	1	-0,7	2	65	65,71	20,07	690	14,50
13	2	0,0	1	90	89,15	21,47	696	20,23
14	2	0,0	1,5	90	90,00	20,94	964	19,86
15	2	0,0	2	90	92,10	21,68	1116	20,53
16	2	-0,3	1	90	80,47	25,15	1178	17,92
17	2	-0,3	1,5	90	80,89	22,15	1060	15,80
18	2	-0,3	2	90	78,68	20,10	820	15,66
19	2	-0,5	1	90	74,31	23,21	1100	15,12
20	2	-0,5	1,5	90	68,36	20,89	812	15,81
21	2	-0,5	2	90	76,52	19,05	1074	15,17
22	2	-0,7	1	90	65,94	22,31	1124	13,76
23	2	-0,7	1,5	90	66,78	21,26	1168	14,00
24	2	-0,7	2	90	65,57	19,47	1056	13,81
25	3	0,0	1	90	88,52	21,36	1084	17,80
26	3	0,0	1,5	90	87,15	20,10	1206	18,30
27	3	0,0	2	90	88,63	20,31	1156	18,60
28	3	-0,3	1	90	84,94	25,10	1468	16,27
29	3	-0,3	1,5	90	80,36	22,10	1296	15,73
30	3	-0,3	2	90	78,89	20,89	1280	15,60
31	3	-0,5	1	90	72,15	24,47	1304	16,00
32	3	-0,5	1,5	90	72,94	22,26	1262	15,26
33	3	-0,5	2	90	73,21	21,10	1246	14,86
34	3	-0,7	1	90	63,78	25,89	1430	16,80
35	3	-0,7	1,5	90	64,26	23,00	1394	15,60
36	3	-0,7	2	90	64,89	22,05	1358	15,20

Çizelge 7. (devam)

Deneme No	PH	EC (µs/cm)	NaCl (mg/l)	Renk (B/O/K)	BOD₅ (mgO₂/l)	COD (mgO₂/l)
1	4,74	421	227	Berrak	3 250	60 300
2	4,39	671	260	Berrak	-	-
3	4,53	580	285	Berrak	-	-
4	4,56	298	328	Koyu	3 000	19 000
5	4,74	503	270	Koyu	-	-
6	4,68	564	260	Koyu	-	-
7	4,77	442	152,7	Orta	2 500	35 000
8	4,83	488	193,6	Orta	-	-
9	4,8	546	186,8	Orta	-	-
10	4,91	501	308	Koyu	1 800	34 200
11	4,69	528	233	Koyu	-	-
12	4,73	550	218	Koyu	-	-
13	4,65	201	103,6	Berrak	-	-
14	4,5	182,5	108,7	Berrak	-	-
15	4,4	374	174,9	Berrak	-	-
16	4,37	350	200	Orta	-	-
17	4,46	642	308	Orta	-	-
18	4,45	597	289	Orta	-	-
19	4,46	437	211	Orta	-	-
20	4,52	313	163,7	Orta	-	-
21	4,53	323	85,2	Orta	-	-
22	4,47	178,8	94	Orta	-	-
23	4,58	166,8	83,9	Berrak	800	29 400
24	4,68	495	207	Koyu	-	-
25	4,65	258	73,6	Berrak	1 300	79 400
26	4,53	245	90,1	Berrak	-	-
27	4,48	455	220	Berrak	-	-
28	4,58	231	93,4	Berrak	-	-
29	4,6	170	97	Berrak	-	-
30	4,53	202	96,9	Berrak	-	-
31	4,38	554	214	Berrak	2 500	73 100
32	4,34	619	300	Berrak	-	-
33	4,33	639	360	Berrak	-	-
34	4,54	340	200	Berrak	900	36 000
35	4,5	185	126,4	Berrak	-	-
36	4,65	257	92,6	Berrak	-	-

Çizelge 7. (devam)

Deneme No	Ca (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	Mg (me/l)	%Na	SAR
1	0,37	0,18	0,67	0,03	14,12	0,39
2	0,40	0,10	0,23	0,03	13,00	0,21
3	0,35	0,05	0,15	0,03	8,22	0,11
4	0,51	0,24	0,52	0,04	18,17	0,46
5	0,71	0,16	0,63	0,04	10,13	0,25
6	0,60	0,10	0,38	0,04	8,88	0,18
7	0,55	0,05	0,26	0,03	5,34	0,09
8	0,71	0,03	0,28	0,03	2,92	0,05
9	0,45	0,05	0,27	0,03	5,94	0,10
10	0,49	0,03	0,51	0,04	2,91	0,06
11	0,49	0,05	0,87	0,04	3,29	0,09
12	0,47	0,02	0,65	0,04	1,30	0,03
13	0,19	0,03	0,16	0,02	7,60	0,10
14	0,16	0,02	0,04	0,01	6,48	0,05
15	0,25	0,02	0,03	0,02	4,94	0,04
16	0,40	0,03	0,04	0,02	6,23	0,07
17	0,47	0,03	0,05	0,02	5,33	0,06
18	0,47	0,02	0,09	0,02	2,57	0,03
19	0,67	0,03	0,18	0,02	3,41	0,05
20	0,69	0,02	0,09	0,02	1,86	0,03
21	0,46	0,03	0,26	0,03	3,97	0,06
22	0,42	0,02	0,19	0,02	2,35	0,03
23	0,24	0,60	0,19	0,02	57,26	1,66
24	0,30	0,10	9,73	0,25	0,96	0,19
25	0,22	0,02	0,12	0,02	3,97	0,04
26	0,19	0,02	0,10	0,02	4,71	0,05
27	0,27	0,05	0,13	0,02	9,96	0,12
28	0,30	0,05	0,30	0,03	7,07	0,12
29	0,22	0,03	0,30	0,02	5,39	0,09
30	0,20	0,02	0,15	0,02	3,95	0,05
31	0,44	0,05	0,27	0,02	6,07	0,10
32	0,70	0,03	0,21	0,02	3,21	0,05
33	0,69	0,02	0,08	0,02	1,91	0,03
34	0,39	0,05	0,27	0,03	6,43	0,10
35	0,25	0,02	0,23	0,02	2,91	0,04
36	0,25	0,03	0,16	0,02	6,59	0,08

İşlenen atık su miktarı, vakum ve soğutucu su debileri ile elde edilen damıtık suyun bazı kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler TARİST programı kullanılarak istatistiksel olarak incelenmiştir (Anonymous,1995a). İstatistiksel analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 8’de sunulmuştur.

Çizelge 8. Deneme parametreleri ve damıtık suyun kimyasal değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

	EC	pH	NaCl	Ca	K	Mg	%Na	SAR	Na
İşlenen Miktar (kg)	-0.453 **	-0.561 **	-0.462 **	-0.426 **	-0.195 ns	-0.145 ns	-0.202 ns	-0.189 ns	-0.224 ns
Vakum (bar)	0.046 ns	0.206 ns	0.048 ns	0.392 **	0.300 *	0.250 *	-0.604 **	0.062 ns	0.022 ns
Soğutucu Debisi (l/min)	0.250 *	-0.074 ns	0.103 ns	-0.036 ns	0.119 ns	0.182 ns	-0.226 ns	-0.081 ns	0.031 ns
Kazan Sıcaklığı (°C)	0.013 ns	-0.151 ns	-0.009 ns	-0.266 *	-0.300 *	-0.252 *	0.648 **	-0.028 ns	-0.004 ns
Soğutucu Sıcaklığı (°C)	-0.221 ns	-0.111 ns	-0.028 ns	0.019 ns	-0.207 ns	-0.232 ns	0.054 ns	-0.075 ns	-0.249 *
Damıtık Su Miktarı (g)	-0.418 **	-0.565 **	-0.424 **	-0.392 **	-0.157 ns	-0.097 ns	-0.242 *	-0.101 ns	-0.220 ns
EC (µs/cm)	1.000	0.013 ns	0.849 **	0.655 **	0.190 ns	0.209 ns	0.118 ns	-0.203 ns	0.155 ns
PH	0.013 ns	1.000	-0.075 ns	0.057 ns	0.349 **	0.265 *	-0.007 ns	0.121 ns	0.236 *
NaCl (ppm)	0.849 **	-0.075 ns	1.000	0.652 **	0.163 ns	0.161 ns	0.205 ns	-0.076 ns	0.215 ns
Ca (me/l)	0.655 **	0.057 ns	0.652 **	1.000	0.011 ns	-0.007 ns	-0.062 ns	-0.124 ns	0.010 ns
K (me/l)	0.190 ns	0.349 **	0.163 ns	0.011 ns	1.000	0.974 **	-0.223 ns	0.129 ns	0.886 **
Mg (me/l)	0.209 ns	0.265 *	0.161 ns	-0.007 ns	0.974 **	1.000	-0.242 *	0.084 ns	0.882 **
% Na	0.118 ns	-0.007 ns	0.205 ns	-0.062 ns	-0.223 ns	-0.242 *	1.000	-0.150 ns	0.049 ns
SAR	-0.203 ns	0.121 ns	-0.076 ns	-0.124 ns	0.129 ns	0.084 ns	-0.150 ns	1.000	0.219 ns
Na (me/l)	0.155 ns	0.236 *	0.215 ns	0.010 ns	0.886 **	0.882 **	0.049 ns	0.219 ns	1.000

** : 0.01 önemli, * :0.05 önemli, ns : önemsiz

Çizelge 8 incelendiğinde işlenen atık su miktar ve elde edilen damıtık su miktarının pH üzerine negatif bir etki yaptığı, diğer parametrelere ise herhangi bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Vakum ve soğutucu su debisinin bu parametreler üzerine etkisi incelendiğinde ise çok fazla bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Bu parametreler arasındaki ilişkilere ait regresyon eşitlikleri aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} \%Na &= 15.09-1.33 \text{ İM}-1.90 \text{ V} & R^2 &= 0.44 \\ pH &= 4.71-0.09 \text{ İM}+0.03 \text{ V} & R^2 &= 0.34 \\ Ca &= 0.48-0.08 \text{ İM}+0.04 \text{ V} & R^2 &= 0.25 \\ EC &= 443.36-80.70 \text{ İM}+57.09 \text{ SD} & R^2 &= 0.25 \\ NaCl &= 249.84-39.92 \text{ İM} & R^2 &= 0.17 \end{aligned}$$

eşitliklerde:

İM : İşlenen miktar (kg)

V : Vakum (bar)

SD : Soğutucu su debisi (l/min)

dir. Elde edilen damıtık suya ilişkin bazı kimyasal değerler arasında ise önemli düzeyde ilişkiler olduğu görülmüştür. Örneğin EC ile NaCl arasındaki $r= 0.849$, Na ile K arasında $r= 0.886$, Na ile Mg arasında $r= 0.882$ düzeyinde ilişkiler vardır.

Resmi Gazete’de yayınlan sulama suyu kalite kriterleri değerleri dikkate alındığında (Anonymous,1991), elde edilen damıtık suyun sulama suyu kalitesi yönünden değerlendirmesi yapılabilir (Çizelge 9). Bu değerlendirmeler ışığında denemelerden elde edilen damıtık suların hangi sınıf su kalitesine sahip olduğu Çizelge 10’da verilmiştir.

Çizelge 9. Sulama suyu kalite kriterleri (Anonymous, 1991)

Sulama Suyu Sınıfı Kalite Kriterleri	I. Sınıf (Çok iyi)	II. Sınıf (İyi)	III. Sınıf (Kullanılabilir)	IV. Sınıf (İhtiyatla kullanılmalı)	V. Sınıf (Zararlı)
EC ($\mu\text{s/cm}$)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
% Na	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
SAR	< 10	10-18	18-26	> 26	-
BOD (mgO_2/l)	0-25	25-50	50-100	100-200	> 200
Askıda katı madde (mg/l)	20	30	45	60	> 100
PH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	< 6 veya >9
Sulama suyu sınıfı	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ , C ₂ S ₂ , C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ , C ₂ S ₃ , C ₃ S ₃ , C ₃ S ₂ , C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ , C ₂ S ₄ , C ₃ S ₄ , C ₄ S ₃ , C ₄ S ₂ , C ₄ S ₁	-

Çizelge 10. Sulama suyu kalite kriterlerine göre denemeden elde edilen suların sınıflandırılması (Anonymous, 1991)

Parametre	Deneme No
pH (Ekstrem asit)	2, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 27, 31, 32, 33
pH (Çok kuvvetli asit)	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 34, 35, 36
EC (I. Sınıf, Çok iyi)	13, 14, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 35
EC (II. Sınıf, İyi)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27, 31, 32, 33, 34, 36
%Na (Çok iyi)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36
%Na (Kullanılabilir)	23
SAR (I. Sınıf, Çok iyi)	7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 32, 33, 35, 36
SAR (II. Sınıf, İyi)	3, 9, 13, 27, 28, 31, 34
SAR (III. Sınıf, Kullanılabilir)	2, 5, 6, 24
SAR (IV. Sınıf, İhtiyatla kullanılmalı)	1, 4, 23
NaCl (<700 ppm Kullanılabilir)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36

Çizelge 10 incelendiğinde EK-I'deki deneme numaralarına sahip olan damıtık su numunelerinin genelde iyi ve kullanılabilir durumda sular olduğunu söylemek olanaklıdır.

5. SONUÇ

Ülkemiz pek çok Akdeniz ülkesi gibi zeytinyağı üretiminden dolayı ortaya çıkan ve önemli bir çevre kirliliği oluşturan karasu sorunu ile karşı karşıya olan ülkelerden biridir. Yapılan bilimsel çalışmalar, önlem alma konusunda ülkemizin birçok Akdeniz ülkesinin gerisinde olduğunu göstermektedir. Bu durum gerek politik gerekse ekonomik sebeplerden dolayı bir takım yeniliklerin transfer edilemeyeşinden, gerekse ilgili kurum ve kuruluşların konuya gereken önemi veremeyeşinden kaynaklanmaktadır.

Özellikle bölgesel bir sorun oluşu ve zeytin kampanya döneminin 2 yılda bir gelmesi gibi sebeplerden dolayı bu konu üzerinde çok fazla çalışma yapılmamıştır. Yapılan araştırmaların çoğunda da uygulamaya aktarılabilecek somut sonuçlar elde edilememiştir. Çalışmalar daha çok teorik çalışmalar olup laboratuvar şartlarında yapılmış ve uygulamaya yönelik düzenlemeler yapılmamıştır.

Bu çalışma ise zeytinyağı işletmeleri atık sularının çevreye olan olumsuz etkilerini en aza indirebilmek amacıyla yapılan çalışmalara katkı sağlamak üzere başlanmış olup kısıtlı olanaklarda yürütülmeye çalışılmıştır. Bu nedenle denemeler model bir prototip tesiste gerçekleştirilmiştir. Tesisin model olması sebebiyle alınan sonuçlarda buna paralellik göstermiştir. Örneğin tesiste en fazla 3 kg'a kadar atık su işlemek olanaklı olabilmıştır. Gerçekte ise bu miktarlar 1200 kg ve daha fazlasına ulaşabilmektedir. Deneme parametreleri arasındaki ilişkiler küçük miktardaki atık suyun işlenmesine dayalı olup, buradan elde edilen sonuçlar ancak gerçek tesislerin kurulmasında bir ön bilgi amacıyla kullanılabilir.

Deneme sonuçlarının güvenilirliği konusunda bir değerlendirme yapılacak olursa alternatiflerin deneme sürelerinin 90 dakika ile sınırlandırılmış olması elde edilen damıtık su miktarlarının beklenenden biraz daha düşük çıkmasına sebep olmuştur. Bu sürenin uzatılması daha kesin sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Diğer taraftan elde edilen numune çıktılarının BOD ve COD yönünden analizlerinin

yapılması süreci oldukça uzun olduğundan elde edilen numuneler bekletilmiş, bu nedenle BOD ve COD değerleri de beklenenin üzerinde çıkmıştır. Ancak diğer kimyasal değerlerin analizi anında yapılmıştır. Genel olarak denemelerden elde edilen numunelerin sulama suyu kalitesi yönünden genellikle iyi durumda olduğu söylenebilir.

Deneme parametreleri yönünden bir değerlendirme yapılacak olursa, atık su miktarı değerlendirme dışı bırakıldığında tesis ne kadar yüksek vakumda çalıştırılırsa, o oranda düşük sıcaklıkta damıtık su elde etmek olanaklı olmuştur. Ancak uygulanan vakumun damıtık suyun elde edilmesi süresinin kısılması yönünden bir etkisi olmamıştır. Vakumsuz koşulda yüksek soğutma suyu debilerinde yüksek verimler elde edilirken vakumlu koşulda düşük su debilerinde yüksek verimler elde edildiği görülmüştür. Örneğin vakumsuz koşulda 1 l/min soğutucu su debisinde %45.6, 2 l/min soğutucu su debisinde %57.3 verim elde edilirken -0.3 bar vakumda 1 l/min soğutucu su debisinde %59.5, 2 l/min soğutucu su debisinde %49 verim elde edilmekte -0.5 bar vakumda 1 l/min soğutucu su debisinde %57.5, 2 l/min soğutucu su debisinde %55.7, -0.7 bar vakumda 1 l/min soğutucu su debisinde %60.7, 2 l/min soğutucu su debisinde %55.7 verim elde edilmiştir.

Çevresel açıdan önemli bir sorun olan bu konu hala kanayan bir yara olarak gündemde olup konu üzerinde yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ileriki çalışmalara ışık tutabilecek niteliktedir. Çalışmaya ilave olarak yapılacak bazı iyileştirme ve geliştirmeler ile bu sorunun çözüme kavuşturulabilmesi için önemli adımlar atılmış olacaktır.

ÖZET

Bu çalışma kapsamında 2000 yılı zeytin işleme sezonunda ADÜ Ziraat Fakültesi Güney Kampüsü yakınındaki işletmelerden alınan karasu örnekleri tasarımı ve imalatı ADÜ Ziraat Fakültesi'nde yapılmış olan atık su değerlendirme sisteminde denemeye alınmıştır.

Deneme kapsamında 3 farklı atık su miktarı (1, 2, 3 kg), 4 farklı vakum değeri (0, -0.3, -0.5, -0.7 bar) ve 3 farklı soğutucu akışkan debisi için 60 ve 90 dakikalık periyotlar boyunca denenmiş ve 5'er dakikalık aralıklarla kazan sıcaklığı, soğutucu akışkan sıcaklığı, damıtık su miktarı ve sıcaklığı değerleri tespit edilerek bunlar arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Sonuç olarak;

- Elde edilen damıtık suların elektriksel iletkenlik değerlerinin iyi durumda olduğu ve sulama suyu olarak kullanılabilceği, bunun yanında %Na, SAR ve NaCl değerlerinin de sulama suyu kalitesi açısından iyi oldukları,
- Suların pH değerlerinin düşük çıkmasına rağmen kireç ilave edilerek bunun dengelenebileceği,
- Vakum miktarı yükseldikçe daha düşük sıcaklıkta damıtık su elde edildiği buna karşın ısıtma yükünün düşük olması sebebiyle vakumun damıtık suyun elde edilme süresinin kısalması yönünde etkisinin çok az olduğu,
- Vakumsuz koşulda yüksek soğutma suyu debilerinde yüksek verimler (damıtık su / atık su) elde edilirken, vakumlu koşulda düşük su debilerinde daha yüksek verimlerin elde edildiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum çalışmada bana fikir veren ve her aşamasında yardımcı olan danışman hocam Doç. Dr. M. Bülent COŞKUN'a, istatistiki analizlerde yardımının gördüğüm Araő. Gör. Engin TAN'a, elde edilen numunelerin analizleri sırasında laboratuvar olanaklarını kullanmamı sağlayan ve bizzat analizleri yapan ADÜ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü ile Aydın Valiliği evre Vakfı'na ve bu çalışmanın gerçekleşmesi için maddi olanak sağlayan ADÜ Araştırma Fon Saymanlığına teőekkürü bir borç bilirim.

Taner AKBAŞ
Eylül-2001, Aydın

KAYNAKLAR

1. ACUNAZ, C., 1987. Zeytin ve Zeytinyağı Birliğine Ait Sıkma Tesisleri Artığı Karasuyun Arıtımı ve Değerlendirilmesi (Sonuç Raporu), TARİŞ Ar-Ge 012.
2. AKTAŞ, S, E., 1998. Zeytinyağı Üretimi Atık Sularında Yapılan Bazı İncelemeler, İ.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Analitik Kimya ABD, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
3. ANONYMOUS, 1991. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Sulama Suyu Kalite Kriterleri, 07-01-1991 gün ve 20748 sayılı Resmi Gazete.
4. ANONYMOUS, 1995a. TARİST Bilgisayar Programı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir.
5. ANONYMOUS, 1995b. COI Report on Economic Matters CEIR, 42/DOC, No: 24.
6. AYIK, M., 1995. Ürün İşleme Tekniği, A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ABD, Yayın No: 1409, Ders Kitabı No: 407, Ankara.
7. CAMURATI, F., 1984. Wastewater From Olive Processing in the Production of Olive-Oils; Technologies and Economical Aspects in the Recovery of By Products, La Rivista Italiana Delle Sostanza Grasse, 61(5), 283-292.
8. COŞKUN, B. ve AKBAŞ, T., 2001. Zeytinyağı İşletmelerindeki Atıksuların İşletme İçerisinde Değerlendirilmesine Yönelik Bir Uygulama Örneği, Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mersin Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Mersin.
9. DAĞSÖZ, A., K., 1984. Isı Geçişi Transferi, İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul.
10. HAMDİ, M., 1991. Effects of Agitation and Pretreatment on the Batch Anaerobic Digestion of Olive Mill Wastewater, Bioresource Technology, 36., 173-178.
11. IŞIKLI, T., 1986. Türkiye’de Zeytin Alt Ürünlerinin Üretimi ve Değerlendirme Durumu, Sorunları ve Çözüm Yolları, Uluslararası Zeytinyağı Teknolojisi ve Yan Ürünleri Değerlendirilmesi Semineri, 20-24 Ekim, İzmir.

12. IŞIKLI, T., 1992. Farklı Teknoloji Uygulanan Zeytinyağı Fabrikalarında Elde Edilen Karasuyun Analitik Özelliklerinin Tesbiti Üzerine Bir Araştırma, T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 56, İzmir.
13. JOSE, A, F., 1983. Volarization of Olive By-Products, F.A.O. 500 C, P:130-131, Madrid.
14. KASIRGA, E., 1988. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Biyolojik Stabilizasyon Yöntemi İle Arıtılması ve Kinetik Model Geliştirilmesi, D.E.Ü., Diploma Tezi, İzmir.
15. LİMAN, B., 1998. Atıksulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1988, Kayseri.
16. MİDİLLİ, A., 1996. Vakum Altındaki Atıksulardan Damıtık Su Eldesi İçin Yeni Bir Yöntemin İncelenmesi, K.T.Ü. Makine Mühendisliği ABD, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
17. ÖNDER, M., 1983. Zeytinyağı Üretim Atıklarının Arıtılması İle İlgili Çalışmalar (Kısım I), D.E.Ü. Çevre Mühendisliği ABD, Bitirme Ödevi, İzmir.
18. PAREDES, C., 1998. Characterization of Olive Mill Wastewater (Alpechin) and its Sludge for Agricultural Purposes, Bioresource Technology, v67 i2 p: 111-115, Spain.
19. SAYADI, S. ve ELLOUZ, R., 1993. Screening of White Rot Fungi for Treatment of Olive Mill Wastewaters, J. Chem. Tech.
20. SEFEROĞLU, S., 1997. Zeytin Alt Ürünlerinin (Karasu) Değerlendirilmesi ve Doğal Çevre, Aydın'da Pamuk-Zeytin ve Doğal Çevre Sempozyumu, Aydın.
21. STELIOS, P, T., 1989. Systematic Characterization and Chemical Treatment of Olive-Oil Mill Wastewater, Toxicological and Environmental Chemistry, 20-21, 437-457.
22. ŞENER, F., 1991. Yağ Fabrikası Atık Sularının Arıtılmasında Model Sistem Geliştirilmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
23. ŞENGÜL, F., 1991. Endüstriyel Atıksuların Özellikleri ve Arıtılması, D.E.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, No: 172, 2. Baskı, 1991.

24. TOMATI, V., 1995. Bioremediation of Olive-Mill Wastewaters by Composting, *Waste Management and Research*, 13, 509-518.
25. TUNALIOĞLU, R., 1998. Türkiye Zeytinciliğinin Genel Durumu, Zeytin Yetiştiriciliği Kursu, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın No: 61, Bornova-İzmir.

EK - I . DENEME SONUÇLARI

Deneme No: 1 İşlenen Miktar: 1 kg Vakum: 0 bar Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	50	16	-	-
5	68	16	-	-
10	90	16	-	-
15	97	18	16	16
20	98	21	62	16
25	98	23	70	17
30	98	24	76	17
35	98	24	66	18
40	98	24	76	18
45	98	25	90	18
50	98	24	64	18
55	98	23	68	18
60	98	19	36	17
65	98	18	18	17
70	96	17	18	17
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	92.06	20.53	T: 660	17.25

Deneme No: 2 İşlenen Miktar: 1 kg Vakum: 0 bar Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	16	-	-
5	50	16	-	-
10	78	16	-	-
15	95	16	4	16
20	98	19	64	16
25	98	21	70	17
30	98	21	82	17
35	99	21	64	18
40	99	21	90	18
45	98	21	78	18
50	99	22	78	18
55	99	22	84	18
60	98	21	90	18
65	98	20	64	18
70	96	17	28	17
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	89.53	19.33	T: 796	17.41

Deneme No: 3 İşlenen Miktar: 1 kg Vakum: 0 bar Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	16	-	-
5	54	16	-	-
10	84	16	-	-
15	96	17	10	16
20	98	20	70	17
25	98	21	82	18
30	99	22	90	18
35	99	22	88	18
40	99	22	82	18
45	99	22	90	19
50	99	22	96	19
55	99	21	90	19
60	98	19	56	18
65	96	18	14	18
70	94	17	8	17
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	90.13	19.4	T: 776	17.90

Deneme No: 4 İşlenen Miktar: 1 kg Vakum: -0.3 bar Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	54	17	-	-
5	80	17	-	-
10	86	20	-	-
15	87	25	100	15
20	88	26	92	15
25	88	26	84	16
30	88	26	102	16
35	88	27	94	17
40	88	26	94	17
45	88	26	66	17
50	88	22	52	16
55	86	19	22	16
60	-	-	-	-
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	84.08	23.08	T: 706	16.11

Deneme No: 5				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	50	17	-	-
5	58	17	-	-
10	80	17	-	-
15	86	20	30	15
20	86	23	78	15
25	87	24	88	15
30	88	24	94	16
35	88	24	78	16
40	87	23	78	16
45	87	21	72	16
50	87	20	40	16
55	86	19	28	15
60	86	18	20	16
65	85	18	12	15
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	81.50	20.35	T: 618	15.54

Deneme No: 6				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	54	17	-	-
5	69	17	-	-
10	84	17	-	-
15	86	21	64	16
20	87	21	78	15
25	88	21	92	15
30	88	21	80	15
35	86	21	88	15
40	86	20	56	15
45	85	19	48	15
50	85	19	42	15
55	85	18	32	15
60	85	18	32	15
65	85	18	24	15
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	82.35	19.14	T: 636	15.09

Deneme No: 7				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	54	17	-	-
5	64	17	-	-
10	80	18	18	15
15	80	24	68	14
20	81	26	98	15
25	81	27	90	15
30	77	29	112	16
35	79	28	96	16
40	79	27	84	16
45	79	25	74	16
50	79	22	48	16
55	79	21	32	15
60	78	19	20	15
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	76.15	23.07	T: 740	15.36

Deneme No: 8				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	50	17	-	-
5	74	17	-	-
10	80	20	36	15
15	80	22	92	15
20	80	23	88	15
25	80	24	100	15
30	80	25	88	15
35	80	25	110	15
40	80	23	80	15
45	80	22	80	15
50	80	20	44	15
55	79	19	34	15
60	79	18	24	15
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	77.07	21.15	T: 776	15.00

Deneme No: 9				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	52	17	-	-
5	74	17	-	-
10	79	20	26	14
15	79	21	78	14
20	79	23	86	15
25	78	23	90	15
30	79	23	96	15
35	80	23	84	15
40	80	23	80	16
45	80	21	70	16
50	79	20	56	16
55	79	19	30	15
60	79	18	24	16
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	76.69	20.61	T: 720	15.18

Deneme No: 10				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	45	18	-	-
5	60	17	-	-
10	67	20	20	15
15	67	26	80	15
20	68	27	92	15
25	68	28	84	16
30	66	28	106	16
35	68	27	84	16
40	70	27	90	16
45	69	27	70	16
50	67	26	70	16
55	66	24	46	15
60	66	22	40	15
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	65.15	24.38	T: 782	15.54

Deneme No: 11				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	50	17	-	-
5	65	18	-	-
10	67	23	84	14
15	68	25	90	14
20	68	24	102	15
25	68	25	96	15
30	67	25	70	15
35	69	21	74	15
40	69	21	44	15
45	67	20	40	15
50	66	20	36	14
55	67	19	22	14
60	-	-	-	-
65	-	-	-	-
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	65.91	21.50	T: 658	14.60

Deneme No: 12				
İşlenen Miktar: 1 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	54	18	-	-
5	64	19	-	-
10	66	22	94	15
15	67	23	102	15
20	69	23	94	15
25	68	21	66	15
30	68	21	70	15
35	65	21	60	15
40	66	20	50	14
45	66	19	38	14
50	66	19	38	14
55	67	18	32	14
60	66	19	26	14
65	68	18	20	14
70	-	-	-	-
75	-	-	-	-
80	-	-	-	-
85	-	-	-	-
90	-	-	-	-
Ort.	65.71	20.07	T: 690	14.50

Deneme No: 13				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	32	19	-	-
5	41	19	-	-
10	70	18	-	-
15	80	18	-	-
20	94	18	-	-
25	97	19	-	-
30	97	22	72	16
35	98	23	56	20
40	98	24	52	20
45	98	23	52	20
50	98	23	58	20
55	99	23	50	20
60	99	23	56	21
65	99	23	56	21
70	99	23	42	21
75	99	23	50	21
80	99	22	46	21
85	99	22	52	21
90	98	23	54	21
Ort.	89.15	21.47	T: 696	20.23

Deneme No: 14				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	35	18	-	-
5	47	18	-	-
10	70	18	-	-
15	87	18	-	-
20	96	19	10	17
25	98	23	68	19
30	98	23	72	19
35	98	23	78	19
40	98	21	76	19
45	98	21	86	20
50	98	22	68	20
55	98	21	86	20
60	98	21	56	20
65	98	21	74	20
70	98	22	124	21
75	99	23	52	21
80	98	22	40	21
85	99	22	44	21
90	99	22	30	21
Ort.	90.00	20.94	T: 964	19.86

Deneme No: 15				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	38	19	-	-
5	58	19	-	-
10	88	19	-	-
15	94	19	-	-
20	97	20	12	20
25	98	23	76	19
30	98	23	86	20
35	98	23	72	20
40	98	22	92	20
45	99	22	82	20
50	98	23	86	21
55	98	23	72	21
60	98	23	90	21
65	99	23	80	21
70	98	23	74	21
75	99	22	74	21
80	98	22	86	21
85	98	22	66	21
90	98	22	68	21
Ort.	92.10	21.68	T: 1116	20.53

Deneme No: 16				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	34	19	-	-
5	43	19	-	-
10	64	19	-	-
15	83	19	-	-
20	87	21	-	-
25	87	28	76	17
30	87	28	86	18
35	87	29	92	18
40	87	28	84	18
45	87	28	88	18
50	87	27	86	18
55	87	27	94	18
60	87	27	88	18
65	87	28	76	18
70	87	27	100	18
75	87	27	84	18
80	87	26	82	18
85	87	26	84	18
90	87	25	58	18
Ort.	80.47	25.15	T: 1178	17.92

Deneme No: 17				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	38	18	-	-
5	46	18	-	-
10	62	18	-	-
15	83	18	-	-
20	87	22	22	15
25	88	24	70	15
30	88	24	78	15
35	88	24	82	16
40	87	24	82	16
45	88	24	82	16
50	88	24	80	16
55	88	24	76	16
60	88	24	76	16
65	86	24	78	16
70	86	24	76	16
75	87	23	74	16
80	87	22	64	16
85	86	21	54	16
90	86	21	66	16
Ort.	80.89	22.15	T: 1060	15.80

Deneme No: 18				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	35	18	-	-
5	38	18	-	-
10	55	18	-	-
15	74	18	-	-
20	84	20	20	15
25	85	21	66	15
30	86	22	60	15
35	86	21	74	15
40	86	21	66	15
45	86	21	64	16
50	87	21	76	16
55	88	21	54	16
60	88	21	58	16
65	86	20	54	16
70	86	20	54	16
75	86	21	46	16
80	86	20	46	16
85	87	20	42	16
90	86	20	40	16
Ort.	76.68	20.10	T: 820	15.66

Deneme No: 19				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	18	-	-
5	53	17	-	-
10	67	18	-	-
15	74	23	28	14
20	76	26	70	14
25	78	27	94	15
30	79	28	100	15
35	79	27	92	16
40	79	26	84	16
45	79	27	86	16
50	78	26	96	16
55	80	23	66	15
60	79	24	74	15
65	78	23	64	15
70	78	23	64	15
75	79	22	50	15
80	78	22	50	15
85	79	21	46	15
90	79	20	36	15
Ort.	74.31	23.21	T: 1100	15.12

Deneme No: 20				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	46	19	-	-
5	56	19	-	-
10	65	19	-	-
15	70	20	38	16
20	71	21	54	15
25	72	22	54	15
30	72	22	58	16
35	72	22	56	16
40	72	22	56	16
45	71	22	58	16
50	71	21	54	16
55	70	22	62	16
60	70	22	54	16
65	71	21	44	16
70	70	21	52	16
75	70	21	48	15
80	70	21	48	16
85	70	20	40	16
90	70	20	36	16
Ort.	68.36	20.89	T: 812	15.81

Deneme No: 21				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	44	16	-	-
5	69	16	-	-
10	75	19	24	15
15	77	20	78	15
20	79	21	86	15
25	80	21	90	15
30	80	21	118	15
35	80	21	64	15
40	80	21	84	16
45	80	20	82	16
50	80	19	74	15
55	79	19	58	15
60	80	19	58	16
65	78	19	56	15
70	79	18	42	15
75	78	18	44	15
80	79	18	40	15
85	78	18	40	15
90	79	18	36	15
Ort.	76.52	19.05	T: 1074	15.17

Deneme No: 22				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	16	-	-
5	60	16	-	-
10	66	23	64	14
15	67	27	78	14
20	68	25	90	14
25	70	24	72	14
30	70	25	98	13
35	68	25	70	14
40	68	25	82	14
45	66	25	86	14
50	70	22	52	13
55	70	22	66	13
60	67	24	70	13
65	69	22	54	14
70	66	22	58	14
75	67	20	50	14
80	66	21	46	14
85	67	20	44	14
90	68	20	44	14
Ort.	65.94	22.31	T: 1124	13.76

Deneme No: 23				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	38	16	-	-
5	55	16	-	-
10	70	16	-	-
15	70	21	68	13
20	70	23	60	14
25	71	22	66	16
30	71	23	86	15
35	70	25	130	15
40	70	23	86	14
45	70	23	82	14
50	70	24	94	14
55	69	23	88	14
60	70	22	68	14
65	67	23	80	14
70	69	22	62	14
75	69	21	52	14
80	67	22	66	13
85	66	20	40	13
90	67	19	40	13
Ort.	66.78	21.26	T: 1168	14.00

Deneme No: 24				
İşlenen Miktar: 2 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	16	-	-
5	52	16	-	-
10	68	17	-	-
15	68	20	54	13
20	68	24	62	15
25	69	23	78	16
30	70	21	96	18
35	70	21	92	16
40	68	21	98	15
45	70	21	98	14
50	68	21	80	14
55	66	21	86	13
60	68	19	62	13
65	67	19	62	13
70	66	19	52	13
75	67	18	40	12
80	68	18	34	12
85	67	18	32	12
90	66	17	30	12
Ort.	65.57	19.47	T: 1056	13.81

Deneme No: 25				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	40	16	-	-
5	49	16	-	-
10	64	16	-	-
15	81	16	-	-
20	90	20	56	16
25	94	23	76	17
30	95	24	82	17
35	96	24	100	18
40	97	25	82	18
45	97	24	88	18
50	97	24	80	19
55	97	24	80	18
60	97	23	64	18
65	98	22	70	18
70	98	22	66	18
75	98	22	60	18
80	98	22	62	18
85	98	22	70	18
90	98	21	48	18
Ort.	88.52	21.36	T: 1084	17.80

Deneme No: 26				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	42	16	-	-
5	46	16	-	-
10	57	16	-	-
15	72	16	-	-
20	85	18	42	17
25	90	21	78	17
30	94	22	98	17
35	96	22	86	18
40	96	22	98	18
45	97	22	90	19
50	97	22	96	19
55	98	22	98	19
60	98	22	88	19
65	98	21	80	19
70	98	21	82	19
75	98	21	84	19
80	98	20	60	19
85	98	21	74	18
90	98	21	52	18
Ort.	87.15	20.10	T: 1206	18.30

Deneme No: 27				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: 0 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	39	16	-	-
5	46	16	-	-
10	62	17	-	-
15	81	17	-	-
20	90	20	44	17
25	95	21	74	18
30	96	22	88	18
35	97	22	90	18
40	98	22	90	19
45	98	22	78	19
50	98	22	82	19
55	98	22	88	19
60	98	22	88	19
65	98	22	84	19
70	98	21	82	19
75	98	21	70	19
80	98	21	70	19
85	98	20	64	19
90	98	20	64	19
Ort.	88.63	20.31	T: 1156	18.60

Deneme No: 28				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	45	17	-	-
5	77	17	24	16
10	86	20	40	15
15	87	25	90	15
20	88	26	80	15
25	88	27	86	16
30	89	27	100	16
35	88	28	96	16
40	88	28	100	17
45	88	28	96	17
50	88	28	92	17
55	88	28	98	17
60	87	26	92	17
65	88	27	114	17
70	88	27	110	17
75	88	26	64	17
80	88	25	72	16
85	88	24	60	16
90	87	23	54	16
Ort.	84.94	25.10	T: 1468	16.27

Deneme No: 29				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	38	17	-	-
5	47	17	-	-
10	60	17	-	-
15	81	18	-	-
20	86	22	62	15
25	88	23	74	15
30	86	25	110	15
35	87	24	94	15
40	87	24	98	16
45	86	24	92	16
50	86	24	98	16
55	87	24	102	16
60	86	24	90	16
65	87	24	100	16
70	87	24	96	16
75	88	23	98	16
80	87	23	62	16
85	87	22	70	16
90	86	21	50	16
Ort.	80.36	22.10	T: 1296	15.73

Deneme No: 30				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.3 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	36	17	-	-
5	40	17	-	-
10	49	17	-	-
15	81	17	-	-
20	86	20	22	15
25	87	22	82	15
30	87	22	108	15
35	88	22	82	15
40	87	22	100	15
45	88	22	90	15
50	88	22	98	16
55	87	22	98	16
60	88	23	86	16
65	88	22	92	16
70	87	22	78	16
75	87	22	100	16
80	88	22	80	16
85	88	23	80	16
90	88	21	84	16
Ort.	78.89	20.89	T: 1280	15.60

Deneme No: 31				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	30	17	-	-
5	33	17	-	-
10	41	17	-	-
15	70	17	-	-
20	76	19	-	-
25	80	24	50	14
30	81	27	94	15
35	80	26	116	16
40	81	27	96	16
45	79	27	102	16
50	79	28	104	16
55	80	28	104	16
60	81	27	94	16
65	79	29	114	17
70	80	29	106	17
75	80	28	98	17
80	80	27	86	16
85	80	26	70	16
90	81	25	70	16
Ort.	72.15	24.47	T: 1304	16.00

Deneme No: 32				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	32	17	-	-
5	38	17	-	-
10	51	17	-	-
15	70	17	-	-
20	80	23	66	16
25	80	24	96	15
30	80	24	98	15
35	80	24	76	15
40	81	24	84	15
45	80	24	90	15
50	80	24	90	15
55	80	24	88	15
60	79	24	92	16
65	79	24	86	16
70	79	24	88	16
75	79	24	78	15
80	79	23	74	15
85	80	23	84	15
90	79	22	72	15
Ort.	72.94	22.26	T: 1262	15.26

Deneme No: 33				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.5 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	32	17	-	-
5	36	17	-	-
10	52	17	-	-
15	77	17	-	-
20	80	20	16	15
25	80	22	80	14
30	80	23	68	14
35	81	23	100	15
40	81	23	94	15
45	81	22	100	15
50	80	23	88	15
55	80	23	88	15
60	79	23	92	15
65	78	22	104	15
70	78	22	96	15
75	78	22	84	15
80	79	22	86	15
85	79	22	78	15
90	80	21	72	15
Ort.	73.21	21.10	T: 1246	14.86

Deneme No: 34				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	39	18	-	-
5	42	18	-	-
10	62	18	-	-
15	67	23	-	-
20	66	27	100	15
25	68	29	88	16
30	62	33	140	18
35	65	29	82	17
40	69	26	72	17
45	68	29	96	17
50	69	29	98	17
55	68	26	116	17
60	69	27	92	17
65	65	29	116	18
70	67	27	100	17
75	64	29	114	17
80	68	25	68	17
85	67	26	74	16
90	67	24	74	16
Ort.	63.78	25.89	T: 1430	16.80

Deneme No: 35				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 1.5 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	34	18	-	-
5	38	18	-	-
10	61	18	-	-
15	65	20	-	-
20	70	23	86	14
25	70	25	86	15
30	69	22	114	15
35	71	24	86	15
40	66	26	122	16
45	66	24	98	16
50	66	26	98	16
55	67	25	80	16
60	66	26	112	16
65	69	24	80	16
70	69	24	96	16
75	68	24	102	16
80	69	24	68	16
85	67	24	118	16
90	70	22	48	16
Ort.	64.26	23.00	T: 1394	15.60

Deneme No: 36				
İşlenen Miktar: 3 kg				
Vakum: -0.7 bar				
Soğutucu Debisi: 2 l/min				
Zaman (min)	Kazan Sıcaklığı (°C)	Soğutucu Sıcaklığı (°C)	Damıtık Su Miktarı (g)	Ürün Sıcaklığı (°C)
0	35	18	-	-
5	45	18	-	-
10	65	17	-	-
15	69	20	-	-
20	70	23	64	14
25	69	24	88	15
30	69	24	106	15
35	68	24	120	15
40	69	23	90	15
45	69	24	84	15
50	68	23	98	15
55	68	23	96	15
60	68	23	92	16
65	66	24	102	16
70	66	23	98	16
75	66	23	86	16
80	68	22	90	15
85	67	22	70	15
90	68	21	74	15
Ort.	64.89	22.05	T: 1358	15.20

ÖZGEÇMİŞ

30 Mayıs 1975 yılında Almanya'nın Augsburg kentinde doğdu. İlkokula burada başladıktan sonra Yedi Eylül İlkokulu'nda devam etti. Orta öğrenimini Adnan Menderes Anadolu Lisesi'nde tamamladı. 1994 yılında girdiği Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden 1998 yılında birincilikle mezun oldu. Aynı yıl Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. Aynı bölümde 1999 yılında Fen Bilimleri Enstitüsü'ne bağlı olarak tahsisli kadro ile Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.