

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**YONGA LEVHA TESİSİNDE
ÖRNEK BİR ABSORBSİYON CHİLLER UYGULAMASI**

BÜLENT ORAL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

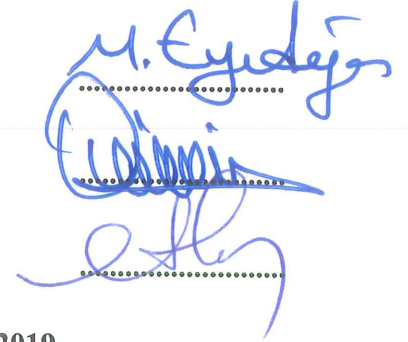
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YONGA LEVHA TESİSİNDE
ÖRNEK BİR ABSORBSİYON CHİLLER UYGULAMASI

BÜLENT ORAL

Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof.Dr. Durmuş KAYA
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Doç.Dr. Ethem TOKLU
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 16.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Günümüzde gelişen teknoloji ile enerji ihtiyacının gittikçe artması ülkeleri yeni enerji kaynaklarını araştırmaya itmiştir. Özellikle önümüzde ki yüzyıllarda fosil kaynakların tükenecek olması insanlığı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının ve de enerji tasarruf sistemlerinin geliştirilmesi için araştırma ve çalışmalar yapmaya mecbur kılmıştır. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki enerji ihtiyacının karşılanmasında yeni enerji yatırımları yapmak kadar, enerji tasarruf çalışmaları yapmak da çok ciddi fırsatlar sunmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi fosil enerji türleri anlamında çok zengin olmayan ve dışa bağımlı olan ülkeler için enerji tasarruf çalışmaları çok daha önem kazanmaktadır. Bunun yanında son yıllarda ülkemizde enerji birim maliyetlerinin gitgide artması da özellikle sanayide faaliyet gösteren şirketleri enerji tasarrufu sağlayacak ve verimliliği arttıracak çalışmaları yapmaya yöneltmiştir.

Bu bağlamda çalışmış olduğum şirkette yapmaya karar verdiğimiz enerji tasarruf çalışmasının tez konum olarak seçilmesinden, metodolojinin oluşturulmasına kadar her aşamada bana yol gösteren, yoğun iş temposunda bile çok değerli vakitlerini bana ayırarak yardım ve desteklerini esirgemeyen, tecrübeleriyle ışık tutan, tez danışmanı saygıdeğer Hocam Dr. Öğr. Üyesi Muharrem EYİDOĞAN 'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca, tezimin hazırlanması sırasında benden manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eşim ve hayat arkadaşım Esra ORAL'a, tezimi okuyup düzenlenmesi sırasında bana yardımcı olan değerli arkadaşım Hanife YAKUPOĞLU'na, çok çok teşekkür ederim.

Eylül - 2019

Bülent ORAL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. YONGA LEVHA.....	3
1.2. Türkiye'de Yonga Levha Üretiminin Tarihi Gelişimi.....	4
1.3. Yonga Levhaların Sınıflandırılması.....	4
1.3.1. Yonga ebatlarına ve geometrisine göre yonga levhalar.....	4
1.3.2. Özgül ağırlıklarına göre yonga levhalar	5
1.3.3. Özel ek işlem görmüş yonga levhalar.....	5
1.4. Yonga Levha Kullanım Alanları.....	6
1.5. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler	6
1.5.1. Odun.....	7
1.5.2. Hidrofobik maddeler.....	7
1.5.3. Sentetik yapıştırıcılar	8
1.5.4. Sertleştirici maddeler	8
1.5.5. Koruyucu maddeler.....	8
1.6. Yonga Levha Üretim Teknolojileri.....	9
1.6.1. Hammadde odunun depolanması.....	9
1.6.2. Yongalama	9
1.6.3. Kaba yonga depolama.....	10
1.6.4. İnce yonga hazırlama.....	10
1.6.5. Yongaların kurutulması	11
1.6.6. Yongaların sınıflandırılması (Eleme)	12
1.6.7. Tutkallama	13
1.6.8. Serme	14
1.6.9. Presleme.....	14
1.7. Yonga Levha Tesisi Enerji dağılımı ve Atık Isıdan Faydalanma	17
1.7.1. Elektrik.....	17
1.7.2. Doğalgaz	17
1.7.3. Katı yakıtlar (Ağaç tozu ve kabuğu).....	18
1.7.4. Dizel yakıtlar.....	18
1.8. Tesis Birim Enerji Tüketimleri	18
1.8. Yonga Levha Atık Enerji ve Faydalanma	22
2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ.....	23
2.1. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma (Mekanik Chillerler).....	24
2.1.1. Komprasör	25
2.1.2. Kondenser	25

2.1.3. Genleşme valfi	26
2.1.4. Evaporatör	26
2.2. Absorbsiyonlu Soğutma Sistemleri.....	26
2.2.1. Absorbsiyonlu soğutma sistemine ait temel elemanlar ve fonksiyonları	29
2.2.2. Absorpsiyonlu sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanlar.....	30
2.2.3. Tek etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi.....	31
2.2.4. Çift kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi	32
2.2.5. Absorbsiyonlu soğutma sisteminin avantajları	34
3. ATIK ISIDAN FAYDALANARAK TESİS SOĞUTMA İHTİYACININ KARŞILANMASI ÖRNEK PROJE	36
3.1. Amaç, Kapsam ve Hedef.....	36
3.2. Ölçümler.....	39
3.3. Hesaplar.....	42
3.3.1. Gaz türbini by-pass hattı atık ısı hesabı	42
3.3.2. Yaz ve kış aylarında (ortalama) kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi	43
3.3.3. Yaz ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi	44
3.3.4. Kış ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi	45
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
KAYNAKLAR	58
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	61
ÖZGEÇMİŞ	62

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Farklı kalınlıklarda yonga levha panelleri	3
Şekil 1.2.	Yonga levha üretim aşamaları	9
Şekil 1.3.	Yongalama makinası (Chipper)	10
Şekil 1.4.	Değirmenler (Fleker)	11
Şekil 1.5.	Kurutucu	11
Şekil 1.6.	Mekanik elekler	12
Şekil 1.7.	Tutkallama	13
Şekil 1.8.	Serme	14
Şekil 1.9.	Soğuk presleme	15
Şekil 1.10.	Sıcak pres (Continue Pres).....	16
Şekil 1.11.	Yonga levha birincil enerji kaynakları akış şeması	20
Şekil 1.12.	Yonga levha birincil enerji kullanım oranları	21
Şekil 2.1.	Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi şeması	24
Şekil 2.2.	Sıcaklık ve basınç diyagramları	24
Şekil 2.3.	Absorpsiyonlu soğutma sisteminin şematik gösterimi	28
Şekil 2.4.	Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi	32
Şekil 2.5.	Çift etkili absorpsiyonlu soğutma ünitesinin dış görünüşü (Shuangliang Air-Conditioning)	33
Şekil 2.6.	Çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi (Shuangliang Air- Conditioning)	34
Şekil 3.1.	Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı.....	37
Şekil 3.2.	Buhar jeneratörü scada ekranı.....	38
Şekil 3.3.	Gaz türbini, kızgın yağ kazanı ve by-pass hattı	41
Şekil 3.4.	Buhar jeneratörü.....	41
Şekil 3.5.	Cips kurutma klape açıklık oranı- egzoz gazı debisi fonksiyon grafığı.....	42

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1.	Tesis üretim kapasitesi.....	36
Tablo 3.2.	Yıllara göre cips kurutma klape açıklık oranı.....	37
Tablo 3.3.	Balıkesir tesislerinde kullanılan mekanik chillerler ve soğutma güçleri	39
Tablo 3.4.	Yıllara göre gaz türbini elektrik üretim miktarları.....	40
Tablo 3.5.	Yıllara göre gaz türbini doğalgaz tüketim miktarları.....	40
Tablo 3.6.	Yaz ve kış ayları için her bir chillerin güçleri	40
Tablo 3.7.	Chiller soğutma giriş ve çıkış sıcaklıkları, soğutma suyu debisi.....	40
Tablo 3.8.	Mevcut mekanik chillerlerin soğutma yükleri (ölçülen değerler).....	53
Tablo 3.9.	Gaz türbini egzoz gazı bypass hattı atık ısısından elde edilecek soğutma potansiyeli ve soğutma yapılacak noktalarda gerekli olan soğutma yükü.....	53
Tablo 4.1.	Uygulama sonrası alınan ölçüm sonuçları	54
Tablo 4.2.	Uygulama sonrası soğutma yükü hesapları	54
Tablo 4.3.	Uygulama sonrası enerji tasarruf hesapları.....	56

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C : Santigrat Derece
% : Yüzde

Kısaltmalar

A.Ş. : Anonim Şirketi
cm : Santimetre
FF : Fenol Formaldehit
m³/yıl : Metre küp yıl
kWh : Kilowattsaat
LiBr : Lityum Bromür
LiBR-H₂O : Lityum Bromür Su Çözeltisi
MDF : Medium Density Fiberboard (Orta Yoğunluklu Lif Levha)
MF : Melamin Formaldehit
MÜF : Melamin-Üre Formaldehit
Mwh : Megawatt Saat
OSB : Oriented Structural Board
ÜF : Üre Formaldehit

YONGA LEVHA TESİSİNDE ABSORBSİYON CHİLLER UYGULAMASI

ÖZET

Günümüzde gelişen teknoloji ile enerjiye bağımlılık ve enerji ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Bu ihtiyacı karşılama genellikle yeni enerji kaynaklarına ulaşma şeklinde olmaktadır. Fakat özellikle fosil yakıtların önümüzdeki birkaç yüzyılda tükenmesi insanlığı alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarını araştırmaya ve de enerji tasarruf sistemlerini geliştirmeye itmektedir. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki enerji ihtiyacının karşılanmasında yeni enerji yatırımları yapmak kadar, enerji tasarruf çalışmaları yapmak da çok ciddi fırsatlar sunmaktadır. Özellikle ülkemiz gibi fosil enerji türleri anlamında çok zengin olmayan ve dışa bağımlı olan ülkeler için enerji tasarruf çalışmaları çok daha önem kazanmaktadır. Bunun yanında son yıllarda ülkemizde enerji birim maliyetlerinin gitgide artması da özellikle sanayide faaliyet gösteren şirketleri enerji tasarrufu sağlayacak ve verimliliği arttıracak çalışmaları yapmaya yöneltmiştir. Yapılan bu çalışma ile orman ürünleri alanında faaliyet gösteren bir Yonga Levha tesisinde, tesis soğutma suyu ihtiyacını karşılayan mekanik chillerlerin harcadığı 1.893.773 kWh/yıl elektrik enerjisi tüketimi absorpsiyonlu chiller kullanılarak ortadan kaldırılmış ve gaz türbini egzoz gazı atık ısı kullanılarak prosesin ihtiyacı olan soğutma absorpsiyonlu chiller ile sağlanmıştır. Gaz türbini egzoz gazı atık ısı geri kazanımı ile soğutma suyu elde edilmiş ve absorpsiyon chiller'in soğutma kapasitesinin 900 kW'ı yaz aylarında gaz türbini giriş havası sıcaklığının 15 °C'ye düşürülmesi için kullanılmıştır. Bu yolla yaz aylarında gaz türbini elektriksel verimi %2-3 oranında artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Absorpsiyonlu Soğutma, Gaz Türbini, Giriş Havası Soğutma, Yonga Levha.

A SAMPLE ABSORPTION CHILLER APPLICATION AT PARTICAL BOARD PLANT

ABSTRACT

Today, with the developing technology, energy dependency and energy needs are increasing. This need is usually satisfied by reaching new energy sources. However, the fact that fossil fuels will be depleted in the next few centuries is pushing humanity to research alternative renewable energy sources and to develop energy saving systems. Research shows that as much as making new energy investments to meet the energy needs, energy saving studies also provide golden opportunities. Energy saving efforts are becoming more important for countries that are not very rich in terms of fossil energy types, such as our country and are dependent on foreign countries. In addition, the increasing cost of energy unit in our country in recent years has led the companies operating in industry to do studies for saving energy and increasing the efficiency. With this study, in a Particle Board Plant operating in the field of forest products, 1.893.773 kWh / year of electricity consumption consumed by mechanical chillers, which meet the need for plant cooling water, has been eliminated by using absorption chiller and the cooling which the process needed is supplied with absorption chiller by using the gas turbine exhaust gas waste heat. Cooling water is obtained by gas turbine exhaust gas waste heat recovery and 900 kW of cooling capacity of the absorption chiller is used to reduce the gas turbine inlet air temperature to 15 ° C in Summer. In this way, gas turbine electrical efficiency increases by 2-3% in the summer months.

Keywords: Absorption Cooling, Gas Türbine Inlet Air Cooling, Particle Board.

GİRİŞ

Orman Ürünleri sektöründe gelişen en önemli sanayi dallarından biride MDF ve Yonga levha endüstrisidir. Her türlü lifli lignoselülozik hammaddeler yonga levha üretiminde kullanılabildiğinden dolayı odun hammaddesi dışında hızar talaşı, kereste parçaları ağaç paletleri gibi atıklarda değerlendirilebilmektedir. Bu avantajda; MDF ye oranla daha ekonomik olmasını sağlamaktadır. Yaygın bir kullanım alanı olmakla birlikte çoğunlukla mobilya ve inşaat sektörlerinde kullanılmaktadır.

Yonga levha; genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga ve küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç altında geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan bir malzemedir (Alıcı, 2004).

Yonga levhalar, yonga ebatlarına ve geometrisine, presleme yöntemlerine, özgül ağırlıklarına, kat sayılarına, kullanılan yapıştırıcılara, özel işleme tabi tutulup tutulmadıklarına göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır (TS EN 309, 1999). Ülkemizde yaygın olarak Ebatlarına, Özgül ağırlığına ve de özel işleme tabi tutulup tutulmadığına göre sınıflandırılmaktadırlar.

Çalışmanın yapıldığı bu Yonga levha tesisi üretim kapasitesi; yaklaşık olarak yıllık 630.000 m³/yıl dır. Bünyesinde 7,5 Mwh lik kapasiteye sahip bir doğal gaz türbini mevcuttur. Bu doğal gaz türbin atık ısısı ise hem kızgın yağ üretiminde hem de proste yonga kurutma için kullanılmaktadır.

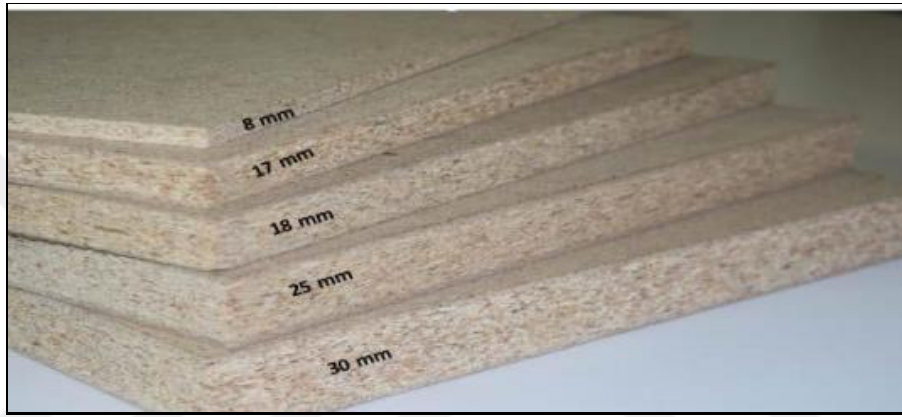
Yonga levha tesisinde proses gereği ciddi bir ısı enerji ihtiyacı oluşmaktadır. Tesisin toplam enerji ihtiyacı değişen şartlar ve üretime göre 38 Mwh ila 50 Mwh arasında değişmektedir. Bu enerjinin 27 Mwh ila 38 Mwh faydalanılabilir enerji geri kalan 11-12 Mwh'lik kısmı ise atılan enerjidir. Faydalanılamayan bu enerjinin yaklaşık olarak 4Mwh'lik kısmı ise türbin bacasından atılan enerjidir. Bu enerji türbinden üretilen elektrik neticesinde oluşan 14 Mwh'lik egsoz gazının proste yonga kurutmak ve kızgın yağ üretmek amacıyla kullanılan enerjiden arta kalan kısımdır.

Ayrıca tesisin çeşitli ünitelerinde soğutma suyu ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuş olan lokal gazlı mekanik chillerler bulunmaktadır. Bu mekanik chillerler ise ciddi bir elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Bir taraftan tesiste yukarıda ki paragrafta da açıklanmak istendiği üzere 4Mwh lik bir gaz türbini egzoz gazı atılmak da ama diğer taraftan da soğutma ihtiyacı için mekanik gazlı chillerler kullanılmaktadır. Buradan hareket ile tesisin soğutma ihtiyacının karşılanması için gazlı mekanik chillerlerin yerine atıl ısı ile çalışan Absorbsion chiller kurulması düşünülmüştür. Bununla hem atık ısıdan faydalanılmak istenmiş hem de mekanik gazlı chillerlerin tüketmiş olduğu elektrik enerjisinden tasarruf edilmek amaçlanmıştır.



1. YONGA LEVHA

Yonga levha genellikle odun hammaddesinden elde edilen yonga ve küçük parçacıkların sentetik bir reçine ya da uygun bir yapıştırıcı yardımı ile uygun basınç ve ısı altında geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan bir malzemedir (Alicı, 2004).



Şekil 1.1. Farklı kalınlıklarda yonga levha panelleri (Çelik, 2017)

TS 312'ye göre üretilen yonga levha ebatları; 170 x 210, 210 x 280 ve 183 x 366 cm genişlikte, 3 – 32 mm arasında değişen kalınlıklarda olduğu bildirilmektedir.

Ülkemizde yapılan Yonga levha üretimleri genellikle 8-40 mm arasında değişmektedir. İç piyasada 8mm, 16 ve 18 mm kalınlıklarında daha çok talep görmektedir.

Yonga levhaların birçok kullanım yeri için gerekli fiziksel ve mekaniksel özellikleri taşıyacak şekilde imal edilirler, düzgün yüzeylidir, istenilen kalınlıklarda üretilebilir. Homojen bir yapıya sahiptir, çivi, vida tutkal ve diğer malzemelerle birleştirilebilirler. Büyük ebatlarda üretilmiş olmaları işçilikten tasarruf sağlar, üst yüzey işlemleri uygulanabilir. Yongaların koruyucu yanması geciktiren ve hidrofobik maddelerle muamele edilmesiyle çeşitli özellikler kazandırılabilir. İşlenmesi kolaydır. Masif ağaç malzeme de görülen budak, çürüklük ve lif kıvrıklığı gibi

kusurlar bulunmaz ve nispeten ucuzdur. Bütün bu özelliklere sahip olmasından dolayı oldukça talep görmektedir (Nemli, Kalaycıoğlu ve Alp, 2001).

Yonga levha üretimi yapan tesisler, niteliği yakacak olan odunları, orman bakımları sırasında aralama kesimleri ile elde edilen dal parçalarını ve kereste, palet gibi orman ürünü üreten fabrikalarının atıkları olan kabuklu odun parçaları, çıta, palet atıklarını kullanmaktadırlar. Yonga levha sektörü ağaç ve benzeri malzemeleri termo-setting reçineler ekleyerek ısı ve basınç altında şekillendirip yapıştırarak çeşitli üstün özelliklere sahip geniş levhalar üreten ve hızlı bir büyüme gösteren bir sektördür (Yüce, 2017).

1.2. Türkiye'de Yonga Levha Üretiminin Tarihi Gelişimi

Ülkemizde ilk yonga levha üretimi İstanbul Kartal'da 1955 yılında kurulmuş olan Sunta Tahta Sanayi A.Ş. tarafından yapılmıştır. Üretilen ürün suni ve tahta gibi düz bir yüzeye sahip olmasından dolayı sunta olarak halk arasında yerleşik bir isim almıştır. 1967'de 2. yonga levha fabrikası İstanbul Halkalı'da kurulmuştur. Daha sonra 1971 yılında Bursa İnegöl'de İstaş şimdiki adıyla Starwood Orman Ürünleri San. A.Ş., ve ardından da Kastamonu Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Fabrikaları kurulmuştur. Bunu 1975 yılında Gebze'de Tever takip etmiştir. Türkiye'de yonga levha üretimi ilk yıllarda çok küçük kapasitelerde iken son yıllarda talebin artması ve gelişen teknoloji ile kapasite ve sayıları hızla artmıştır (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.3. Yonga Levhaların Sınıflandırılması

Yonga levhalar, yonga geometrisi ve ebatlarına, nasıl preslendiğine , kat sayılarına, özgül ağırlıklarına, yapıştırıcı türüne ve özel işleme tabi tutulup tutulmadıklarına göre farklı biçimlerde sınıflandırılmaktadır (TS EN 309, 1999). Ülkemizde yaygın olarak ebatlarına, özgül ağırlığına ve de özel işleme tabi tutulup tutulmadığına göre sınıflandırılmaktadırlar.

1.3.1. Yonga ebatlarına ve geometrisine göre yonga levhalar

Yonga levha üretiminde kullanılan yongalar özelliklerine göre farklı şekillerde ve ebatlarda kullanılabilir (Aydın, 2005).

1. Normal yonga levha: 0,25 – 0,40 mm kalınlığında, 2 – 6 mm genişliğinde ve 10 – 25 mm uzunluğunda yongalardan üretilen yonga levha.
2. Etiket yongalı levha (Wafer board): 0,5 - 0,7 mm. kalınlığında 25 – 40 mm. genişliğinde ve 35 – 75 mm. uzunluğunda yongalardan üretilen yonga levha. Etiket yonga levha; çatı kaplaması, iç ve dış duvar kaplaması, döşeme ve döşeme altı olarak kullanılmaktadır.
3. Şerit yongalı levha: Bu tipte fark sadece genişliktedir. Genişlikleri 9 – 10 mm. civarındadır.
4. Yönlendirilmiş Yonga levha (Oriented Structural Board: OSB): Bu tip levhalarda genel olarak yonga kalınlıkları 0.4 – 0.8 mm., genişlikleri 6 – 25 mm. ve uzunlukları 38 - 63 mm. kadardır.

1.3.2 Özgül ağırlıklarına göre yonga levhalar

1. Düşük özgül ağırlıktaki yonga levhalar; özgül ağırlığı 0.590 g/cm^3 'e kadar olan yonga levhalar,
2. Orta özgül ağırlıktaki yonga levhalar; özgül ağırlığı $590 - 800 \text{ kg/m}^3$ 'e kadar olan yonga levhalar
3. Yüksek özgül ağırlıktaki yonga levhalar; ağırlığı 800 kg/m^3 'ten fazla olan yonga levhalar (Bozkurt ve Göker, 1990).

1.3.3. Özel ek işlem görmüş yonga levhalar

Yapımı sırasında veya sonradan özelliklerini geliştirmek ve görünümünü güzelleştirmek amacıyla özel ve ek işlemler uygulanmış levhalar bulunmaktadır (Bozkurt ve Göker, 1990).

1. Yanmaya dayanıklı levha: Ateşte tutuşmaya ve/veya ateş etkisiyle yanmayı önlemek veya geciktirmek için, yüzeyleri alev ve/veya ateşe dayanıklı maddelerle kaplanmış veya yapım sırasında yahut sonradan bu türden maddelerle emprenye edilmiş levhalar.
2. Mantarlara dayanıklı levha: Mantarlara karşı dayanıklılığı artırılmış levha.
3. Rutubete dayanıklı levha: Levha yapımında parafin, mum emülsiyonu vb. rutubete dayanıklılığı artırıcı madde kullanılmış levha.

4. Zımparalanmış yonga levha: Bir veya iki yüzüne pürüzlülüğü gidermek amacıyla zımparalama işlemi uygulanmış yonga levhadır.
5. Delikli levha: Akustik veya bezeme amacıyla üzerinde aynı veya değişik boyutta delikler açılmış levhadır.
6. Bezemeli levha: Gerek yapım sırasında gerekse sonradan üzerine bezeyici desen kaplanmış, işlenmiş veya boya sürülmüş levhadır.
7. Kaplanmış levha: Metal, plastik, ahşap plaka vb. başka maddelerle bir veya iki yüzü kaplanmış levhadır.
8. Emprenye edilmiş levha: Yapım sırasında veya sonradan bazı kimyasal maddeler emdirilerek yanmaya karşı dayanıklı kılınmış ve/veya böcek ve mantar zararlılarına karşı korunmuş olan levhadır.
9. Isı işlemi görmüş levha: Mekanik özelliklerini geliştirmek, rutubete karşı dayanıklılığını arttırmak amacıyla preslemeden sonra ısı işlemi görmüş levhadır.
10. Yapılan işlemlere göre kalıplanmış yonga levhalar: Yongalara yapılan müdahaleye göre yönlendirilmiş yonga levhalar ve içine konulan malzemelere göre çimentolu yonga levha şeklinde de sınıflandırılmaktadır.

1.4. Yonga Levha Kullanım Alanları

Yonga levha; iç ve dış zemin uygulamalarında, duvarlarda, tavan panellerinde, ofis bölmelerinde, dolap ve mobilya yapımında, tezgâh ve masa üzerinde kullanılan en popüler malzemeler arasındadır (Wang ve Sung, 2002).

Yonga levhaların yoğunluklarının düşük çarpmaya karşı dayanıklı ve yüzeylerinin düzgün olması kapı iskeleti imalatında yüzey kaplaması olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Sevinçli, 2014).

1.5. Yonga Levha Üretiminde Kullanılan Hammaddeler

Yonga levhaların hazırlanmasında kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Ayrıca yonga levha üretiminde yıllık bitkilerin odunsu kısımları ve saman, saz, şeker kamışı, keten sapı, kenevir sapı, ayçiçeği, fındık, yerbıstığı kabukları ile pamuk tohumu kabukları da kullanılabilir. Yonga levha üretimi için en iyi hammadde öncelikli olarak iğne yapraklı ağaçlardır, bunun yanı sıra yapraklı ağaçlarda kullanılabilir. Yonga levha üretiminde hammadde olarak

levha ağırlığının yaklaşık % 90'ından fazlasını odun oluşturmakta, yapıştırıcı olarak ise sentetik reçineler kullanılmaktadır (Güler, 2001).

1.5.1. Odun

TS 1351'e göre lif yonga odunu iğne yapraklı ve sert yapraklı olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Ayrıca yuvarlak ve yarma halde olanları da bulunmaktadır. Yarma şeklinde olanların uzunluk 100-200 cm, yuvarlak olanların ise uzunlukları 50-100-150-200 cm, ince uç çapları ise 4-20 cm'dir.

Yonga levha üretiminde odun hammaddesinin kabuk içermemesi istenir. Fakat yongalar genellikle kabuğu soyulmamış odunlardan elde edilmektedir. Kabuk miktarları ağacın türü, yaşı ve yetiştirme ortamına bağlı olarak yaklaşık olarak %5-25 arasında değişmektedir. Yuvarlak ince odunların kabuklarının soyulması zor ve pahalı bir işlemdir (Yeniocak, 2008).

Yonga levha üretiminde kullanılan hammaddelerin başında odun gelmektedir. Ancak keten, kenevir, pamuk sapları, şeker kamışı, bambu, saz, yer fıstığı kabuğu, saman, ayçiçeği çekirdeği kabuğu ve lifi gibi bitkisel madde veya artıklardan da yonga levha üretimi mümkün olduğu belirtilmektedir. Toplama, nakliye, depolama ve hazırlanması kolay, maliyeti düşük ve malzemenin mantarlar tarafından herhangi bir bozulmaya maruz kalmamış olması gerekmektedir. Materyalin homojen olmayışı, yıllık bitkilerin kullanılmasındaki en büyük sorun olarak dikkat çekmektedir (Özen, 1980).

1.5.2. Hidrofobik maddeler

Yonga levhalarda boyut stabilizasyonu sağlamak amacıyla hidrofobik maddeler kullanılmaktadır. Hidrofobik madde olarak silikon ve metol sabunları gibi maddeler kullanılabilirse de parafin mumu en önemli hidrofobik maddedir. Hidrofobik maddeler levhanın su almasını yalnızca geçici olarak yavaşlatır. Sürekli etkiye sahip değildirler (Akbulut, 1991).

1.5.3. Sentetik yapıştırıcılar

Çeşitli sentetik reçineler odun esaslı panel üretiminde bağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Yapısında formaldehit bulunduran yapıştırıcılar bunlardan en yaygın kullanılanlarıdır. Üre, melamin, fenol, resorsinol veya bunların kombinasyonu sonucu oluşan kimyasalların formaldehit ile reaksiyona girmesi sonucu sentetik reçineler elde edilir. Sertleşme ve jelleşme esnasında üç boyutlu çapraz bağlanma oluşturdıklarından dolayı erimez ve çözülmezler (Dunky, 2003). Bu reçineler ısıtılarak önce yumuşamakta, daha fazla ısıtıldığında ise sertleşerek malzemeyle bütün hale gelip eski haline dönmemektedir (Kalaycıoğlu, 1991).

1.5.4. Sertleştirici maddeler

Yonga levha üretimi için hazırlanan tutkalın sıcak presleme öncesinde sertleşmemesi, sıcak pres altında hızla sertleşmesi istenir. Bu çelişkili durumu düzeltmek için tutkal içine sertleştirici ve engelleyici maddeler karıştırmak gerekir (Kalaycıoğlu ve Özen, 2012).

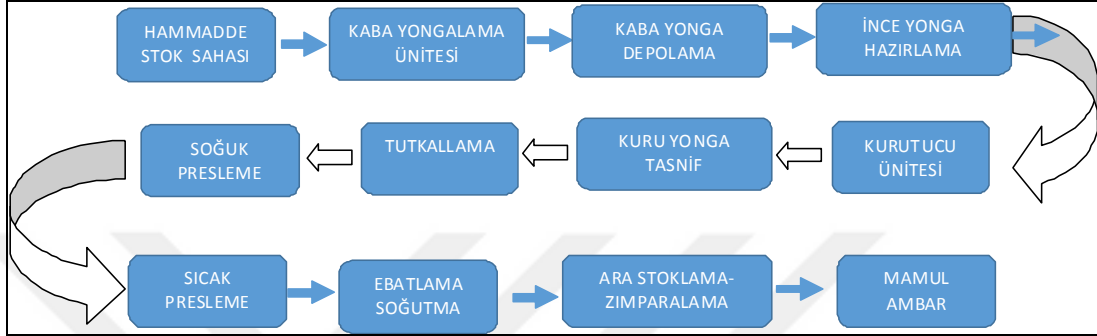
Yonga Levha ya da MDF levha üretiminde kullanılan üre formaldehit reçinesinin sıcaklık altında sertleşebilmesi için, mutlaka bir katalizör maddeye ihtiyaç vardır. Sertleştirici madde olarak genellikle amonyum klorür veya amonyum sülfat'ın sulu çözeltileri kullanılır.

1.5.5. Koruyucu maddeler

Mobilya üretiminde ve iç kısımlarda kullanılacak yonga levhalar için koruyucu maddelerle muamele etmek önemli olmakla birlikte, özellikle açık hava şartlarına maruz kalan yerlerde kullanılan levhaların, mantar ve böcek zararlılarına karşı korunması gerekmektedir. Çürümeye karşı dayanıklılık daha fazla üre formaldehit (ÜF) tutkalı kullanılarak artırılabilir. ÜF tutkalının % 4'ten % 8'e çıkarılmasıyla, çürümeye karşı dayanıklılık yaklaşık 2 kat artmaktadır. Koruyucu madde olarak % 1 oranında (tropik mintikalarda % 2) penta klorfenol, % 0,4-1 bakır-penta klorfenol ve % 0,5 oranında sodyum florür veya sodyum sliksilikat kullanılmaktadır. Ayrıca Kromlu Bakır Arsenat C ile Amonyaklı Arsenit bu maksatla kullanılır (Akkılıç, 1998).

1.6. Yonga Levha Üretim Teknolojileri

Yonga levha üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar, yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi ve kalıplanmış yonga levha üretimidir. Bütün üretim metotlarında temel olarak işlemler aynıdır. Yonga levhaların genel üretim süreci şekil 1.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Yonga levha üretim aşamaları (Nemli ve Kalaycıoğlu, 2001)

1.6.1. Hammadde odunun depolanması

Yonga levha tesisleri ihtiyaç duydukları odun hammaddesinin büyük bir kısmını Orman Bakanlığının bakım ve geliştirme nedeniyle kesmiş olduğu ormanlarda ki ağaçlar ve şahıslarından karşılamaktadır. Diğer kısmını ise ağaç üzerine çalışan çeşitli kuruluşların kereste, hızar talaşı v.b atıklarından karşılamaktadır. Türkiye’de hava şartlarından dolayı yılın belli aylarda odun üretimi olmaktadır, fabrikalar yıllık hammadde ihtiyacını depolama yöntemiyle karşılamaktadırlar. Fabrikalar yıllık hammadde gereksinimine denk gelecek şekilde depolama yapmaktadırlar.

1.6.2. Yongalama

Gelen odun hammaddesinin bir makina vasıtasıyla ile parçalandığı ve kaba yonga (cips) denilen genellikle 32-40*10-15 mm ebatlarında ufak parçalara ayrıldığı bir kısımdır. Bu kısımda istenilen ebatlara getirilen yongalar konveyörler vasıtasıyla odun türlerine göre farklı cips silolarına alınır.



Şekil 1.3. Yongalama makinası (Chipper)

1.6.3. Kaba yonga depolama

Yongalama Makinasından (chipper) gelen yongaların odun türlerine göre depolandığı büyük silolardır. Bu depolama işi hidrolik ile hareket eden taşıyıcı kızaklar üzerine yapılır. Taşıyıcı kızakların hareket etmesi ile çips dozajlama helezonlarına iletilir. Bu helezonlar sayesinde farklı silolardan farklı türdeki çam, kayın, kavak gibi odun çipsleri istenilen oranlarda dozajlanarak yonga levha için çips karışımı elde edilir. Burada dozajlanan çips karışımı ince yonga hazırlama öncesi silolara konveyörler vasıtasıyla gönderilir.

1.6.4. İnce yonga hazırlama

Bu bölümde çipsler değirmenler (Fleker) vasıtasıyla bir miktar daha inceltilerek kalınlıkları 1mm civarına indirgenir. Bu noktadan sonra çipsler yonga olarak adlandırılır. Değirmenlerden çıkan yongaların geometrisi ve kalınlıkları çok önemlidir. Kaliteye çok önemli etkileri vardır.



Şekil 1.4. Değirmenler (Fleker)

1.6.5. Yongaların kurutulması

Değirmenlerden çıkan yongalar silolarda stoklanır ve buradan bir konveyör üzerine dozajlanarak kurutucuya verilir. Kurutucuda ki amaç yonga içerisine ki suyun buharlaştırılmasıdır. Kurutma işlemi esnasında yonga içerisinde ki suyun 1 kg'ını buharlaştırmak için harcanan enerji yaklaşık olarak 700-900 kcal/kg civarındadır. Bu enerji genellikle yanma hücresinde doğal gaz ve/veya yonga levha üretiminde kullanılmayan 0,2mm altında ki ağaç tozlarının bir brülörde yakılması suretiyle karşılanmaktadır. Yada tesis atık bir ısı kaynağına sahip ise bundan da faydalanılabilir. Bu atık ısı kaynağı bazen bir gaz türbininin yada bir kazanın atık ısısı olabilir.



Şekil 1.5. Kurutucu

1.6.6. Yongaların sınıflandırılması (Eleme)

Yonga levhanın fiziksel ve mekanik dirençlerinin yüksek olması için üst, orta ve alt olmak üzere üç katmandan oluşması gerekmektedir. Ayrıca Yonga levha içerisinde olması gerekenden büyük yongalar yada çok küçük toz halinde parçalar istenmez. Çünkü bunlar yonga levha kalitesini olumsuz yönde etkiler. Hem üretim teknolojisi gereği katmanların ayrılması hem de istenmeyen malzemelerin sistemden uzaklaştırılması için yongaların sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulur. Kuru yonga tasnif bölümünde bu sınıflandırmayı yapmak için mekanik elekler kullanılır. Bu mekanik elekler yongayı 4 sınıfa ayırır;

- Orta tabaka talaşı (yonga levhanın ortasında bulunan ve yonga ebatları en büyük olan tabakadır.)
- Üst ve alt tabaka talaşı (Yonga levhanın alt ve üst katmanlarını oluşturur ve orta tabaka talaşına göre daha ince bir talaştır. Bununla iyi bir yüzey kalitesinin elde edilmesi amaçlanır)
- Standart dışı talaşlar (Yonga levha üretiminde kullanılmayacak büyüklükte olan yongalardır ki bunlar ayrıldıktan sonra tekrar kullanılmak üzere kuru sahada ki değirmene yollanarak tekrar eleklere verilir.)
- Talaş tozu (bu tozlar 0,2 mm altında bir kalınlığa sahip olduklarından kaliteyi olumsuz şekilde etkilerler. Bu yüzden direk olarak yakma üzere kazana toz silosuna gönderilirler)



Şekil 1.6. Mekanik elekler

1.6.7. Tutkallama

Tutkallama bölümünde, presleme işlemi sırasında talaşların birbirine bağlanıp katı bir yapı oluşturmasını sağlayan tutkal ve çeşitli kimyasallar eklenerek homojen bir şekilde karışması sağlanır.

Üst ve alt tabaka talaşları beraber, orta tabaka talaşları ise ayrı tutkallanmaktadır. Normal olarak alt ve üst tabakalarında daha fazla tutkal kullanılır. Çünkü, alt ve üst tabakalarında kullanılan talaşlar incedir ve bundan dolayı spesifik yüzey alanları daha fazladır. Tutkalın mümkün olduğu kadar üniform boyutta küçük taneciklere ayrılması ve böylece bütün yonga yüzeylerinin tutkalla kaplanması levhanın direnç özelliklerinin iyileştirilmesi bakımından gereklidir. Kullanılan tutkal miktarı tam kuru yonga ağırlığına oranla % 4-12 arasında değişir. Katkı maddelerinden sertleştirici ve parafin tutkala karıştırılırlar. Üretilecek yonga levhanın özelliğine göre yanmayı geciktiren maddeler ile koruyucu maddeler ise tutkal-yonga karıştırıcısında veya üretim hattının başka bir yerinde ilave edilebilir (Masraf, 2005).

Tutkal ve diğer katkı maddeleri, tutkallama makinası üzerinde bulunan ve karışımı çok küçük parçacıklara ayırabilen, havalı veya havasız püskürtme başlıkları, ya da döner santrifüjlü enjektörler vasıtasıyla yongalar üzerine püskürtülerek karıştırılır. Maksat bütün yonga yüzeylerini ince tutkal filmi halinde kaplamaktır. Bu nedenle tutkallama makinaları içinde yongalara çeşitli hareketler verilerek iyi bir tutkallamanın elde edilmesi sağlanmalıdır. Çeşitli tiplerde tutkallama makinaları kullanılmaktadır. En çok kullanılanı Blender denilen mekanik karıştırıcılı tutkallama makinalarıdır (Akbulut, 2000).



Şekil 1.7. Tutkallama

1.6.8. Serme

Tutkallama makinesinden çıkan yonga levhaların homojen bir şekilde ebatlarına göre hazırlandığı seme bölümüdür. Serme işlemi üç farklı şekilde yapılmaktadır. Bunlar; dökme, rüzgarlama ve savurma yöntemleridir. Bazı hareketli seme yöntemleri de mevcuttur.

Ağırlıklı olarak yonga levha proseslerinde seme işlemi üç aşamada yapılmaktadır. Hareketli bir bant üzerine öncelikle alt tabaka rüzgarlama yöntemi ile serilir. Sonra bu hareketli bant orta tabakanın serildiği bölüme ulaştığında orta tabaka mekanik dökme yöntemi ile serilir. Son aşamada ise üst tabaka yine rüzgarlama yöntemiyle serilerek seme işlemi tamamlanır.

Üretilecek yonga levha genişliği ve kalınlığı seme ünitesinde ayarlanır. Bu aşamadan sonra serilen bu yığın sıcak preslemeye kadar ‘‘mat’’ adını alır.



Şekil 1.8. Seme

1.6.9. Presleme

Yongalar seme yapılan çeşitli işlemlerle , mat adı verilen üç tabakalı çok gevşek ve kalın bir tabaka oluşturulur. Bu mat kalınlığı levha yoğunluğuna göre levha kalınlığının 20 katı kadar çıkabilmektedir. Bu gevşek haldeki ‘‘mat’’ in dağılmadan

sıcak prese iletilmesi için ezilmesi gerekmektedir. Soğuk ve sıcak olmak üzere iki tip presleme tekniği uygulanmaktadır. Soğuk pres aynı zamanda ön pres olarak nitelendirilmektedir.

1.6.9.1. Soğuk presleme

İki amaçla soğuk presleme yapılmaktadır. Birincisi yukarıda da açıklandığı gibi mat bantlı sistemler vasıtasıyla sıcak prese kadar aktarılmaktadır. Bu aktarma işlemi sırasında mat gevşek bir yapıya sahip olduğundan yüzeyinde çeşitli bozulmalar meydana gelebilir. Bu bozulmaların engellenmesi için bir miktar ezilmesi gerekmektedir. Diğer bir sebep ise mat prese girmeden önce yüksekliği çok fazladır ve 20 kata kadar ezilmesi gerekmektedir. Buda çok büyük bir orandır. Bu oranı azaltmak için ön bir presleme uygulanır. Buda soğuk preslemede yapılır. Mat soğuk preslemede yaklaşık 140-160 bar basınca tabi tutularak sıcak prese girmeden önce kalınlığı %30-35 oranında düşürülür.



Şekil 1.9. Soğuk presleme

1.6.9.2. Sıcak presleme

Yonga levhanın oluşturulduğu bölümdür. Yonga levhanın oluşması için tutkallamada verilen tutkal ve kimyasalların sıcak ve basınç altında talaşla reaksiyona girmesi gerekmektedir. Dolayısıyla reaksiyonun başlaması için gerekli olan basınç ve sıcaklık presleme bölümünde verilmektedir. Eskiden bu presleme işi katlı preslerde yapılırken artık günümüzde continue sistemler ile yapılmaktadır. Bu continue sistemlerle hem kesintisiz üretim yapmak hemde daha büyük kapasitelere çıkmak

mümkündür. Genellikle mata ısı kızgın yağ sistemleri ile verilir. Kızgın yağ sıcaklığı 250 °C ile 180 °C arasında değişmektedir. Uygulanan basınç da pres boyunca değişmektedir. Pres girişinde 300-350 kg/cm² iken pres çıkışına doğru düşerek 100 kg/cm²'ye kadar inmektedir. Sıcak preslemede presleme süresi ise levha yoğunluğuna ve kalınlığına göre değişmektedir.



Şekil 1.10. Sıcak pres (Continue Pres)

1.6.9.3. Ebatlama soğutma

Sıcak presleme sonrası artık levha oluşmuştur. Continue preslerde levha prestensonsuz bir şekilde çıkmaktadır ve istenilen ölçülere göre ebatlanması gerekmektedir. Bu ebatla işlemi hem kenarlardan hemde levha boyundan yapılmaktadır. Levha boyunda yapılan ebatlama levha hareketli bir şekildeyken yapılmaktadır. İstenen ölçülere göre ebatlanan levhalar otomatik kalite kontrol sistemlerinden geçerek patlak kontrolleri yapılır. Kalite açısından uygun olanlar yıldız denilen hareketli kolların bulunduğu soğutma bölümüne alınarak istiflenmeden önce sıcaklıklarının düşürülmesi amaçlanır.

1.6.9.4. Ara stoklama-zımparalama

Soğutulan levhalar zımparalanmak için ara stoklama bölümüne alınır. Burada bir miktar daha doğal olarak soğuduktan sonra yüzey pürüzlülüklerinin alınması için zımparalanırlar. Zımparalama işlemi önce kalın zımparalama ile başlar. Kaba zımparalama ile yüzeyde ki kalınlık farkları kalibre edilerek çukur ve tepeler aynı

seviyeye getirilir. Daha sonra ince zımparalama ile yüzey pürüzlülüğü azaltılır. Zımparalama işlemi ile her iki yüzeyden max 0,8 mm kalınlığında bir kısım zımparalanmış olur. Zımparalama işleminden sonra levhalar satılmak üzere yada üzerlerine melaminli kağıt kaplanmak üzere stok ambarına alınır.

1.7. Yonga Levha Tesisi Enerji dağılımı ve Atık Isıdan Faydalanma

Bu bölüm Türkiye’de faaliyet gösteren bir yonga levha tesisinin değerleri baz alınarak yapılmıştır. Bu şirket yaklaşık olarak yıllık 630.000 m³/yıl Yonga levha üretimi yapan bir şirkettir. Bünyesinde 7,5 Mwh lik kapasiteye sahip bir doğal gaz türbini mevcuttur. Bu doğal gaz türbin atık ısısı ise hem kızgın yağ üretiminde hem de proseste yonga kurutma için kullanılmaktadır. Bu yonga levha tesisi prosesinde kullanılan enerji türleri incelendiğinde, birincil enerji kaynakları şu şekildedir.

1.7.1. Elektrik

- Makine ve Ekipmanların çalıştırılması
- Basınçlı hava elde edilmesi
- Soğutma ihtiyacının karşılanması
- Çevre aydınlatma

Tesisin yaklaşık saatlik elektrik ihtiyacı 7,5 Mwh civarındadır. Tesis bu ihtiyacının 6,7 Mwh tesisinde kurulu olan gaz türbininden karşılamakta geri kalan 0,8 Mwh lik kısmını ise dışarıdan almaktadır.

1.7.2. Doğalgaz

- Elektrik enerjisi elde etmek için gaz türbininde
- Tesis talaş kurutma ihtiyacının karşılanması için Kurutma tesisinde

Tesis doğalgaz tüketiminin hemen hemen hepsini doğalgaz türbininde elektrik üretmek için kullanmaktadır. Bu da yaklaşık olarak 1.800 Sm³/h civarındadır.

Bir miktar tüketimde yonga kurutma sırasında kullanılmaktadır ki bu miktar genellikle yonga rutubetine göre değişiklik göstermektedir. Ama genellikle

Kurutucunun ilk ateşlemesi sırasında bir miktar tüketilmektedir. Bu da ortalama 20 Sm³/h civarındadır.

1.7.3. Katı yakıtlar (Ağaç tozu ve kabuğu)

- Tesis Kızgın yağ ve buhar ihtiyacının karşılanması için Hareketli ızgaralı katı yakıt kazalarında

Tesiste iki adet 7.000.000 Kcal/h kapasiteye sahip kızgın yağ kazanı bulunmaktadır. Bu kazanlarda ağaç kabuğu ve toz yakılabilmektedir. Tesisin yaz ve kış ısı ihtiyaçları çok geniş bir yelpazede değişiklik göstermekle birlikte ortalama kızgın yağ ihtiyacı 7.500.000 Kcal/h mertebesindedir. Kazanların ortalama toplam yakıt tüketimi 4800 kg/h civarındadır. Bu miktar tesis ısı ihtiyacına ve kabuk rutubetine bağlı olarak değişebilmektedir.

1.7.4. Dizel yakıtlar

-İş makinaların yakıt ihtiyaçlarının karşılanması: Tesisde odun ham maddesini istiflemek makinalara beslemek için kullanılan 8 adet iş makinası mevcuttur ve bu makinalarda dizel yakıt ile çalışmaktadır. Ortalama yakıt tüketimi 40 L/h civarındadır.

1.8. Tesis Birim Enerji Tüketimleri

Bu enerji kaynakları üretim prosesi gereği üretimin çeşitli aşamalarında kullanılmaktadır. Bu Yonga levha tesisinin de kapasitesine bağlı olarak 1 m³ yonga levha başına tüketilen birincil birim enerji miktarları aşağıda ki gibidir;

Elektrik	90-100 kwh/m ³ (eğer elektrik tamamen dışarıdan alınıyorsa)
	9-12 kwh/m ³ (Türbinde üretilen elektrik enerjisi dışında dışarıdan alınan kısmın 1 m ³ yonga levha başına düşün kısmı)
Doğalgaz	20-30 Sm ³ /m ³
Katı Yakıtlar	50-70 kg/ m ³

Dizel 0,3-0,7 Lt/ m³

Bu yonga levha tesisinde kullanılan birincil enerjinin türlerine göre kullanım oranları ise yaklaşık olarak aşağıda ki gibidir. Gerçi bu oranlar mevsimsel şatlara, üretimin türüne, yonga, ve kabuk rutubetlerine göre değişmekle birlikte bir fikir vermesi açısından paylaşılmıştır.

Elektrik % 1,5 (Eğer türbin çalıştığı durumda sadece dışarıdan alınan elektriği içerir.)

Doğalgaz % 38

Katı Yakıtlar % 60

Toz %42

Kabuk %18

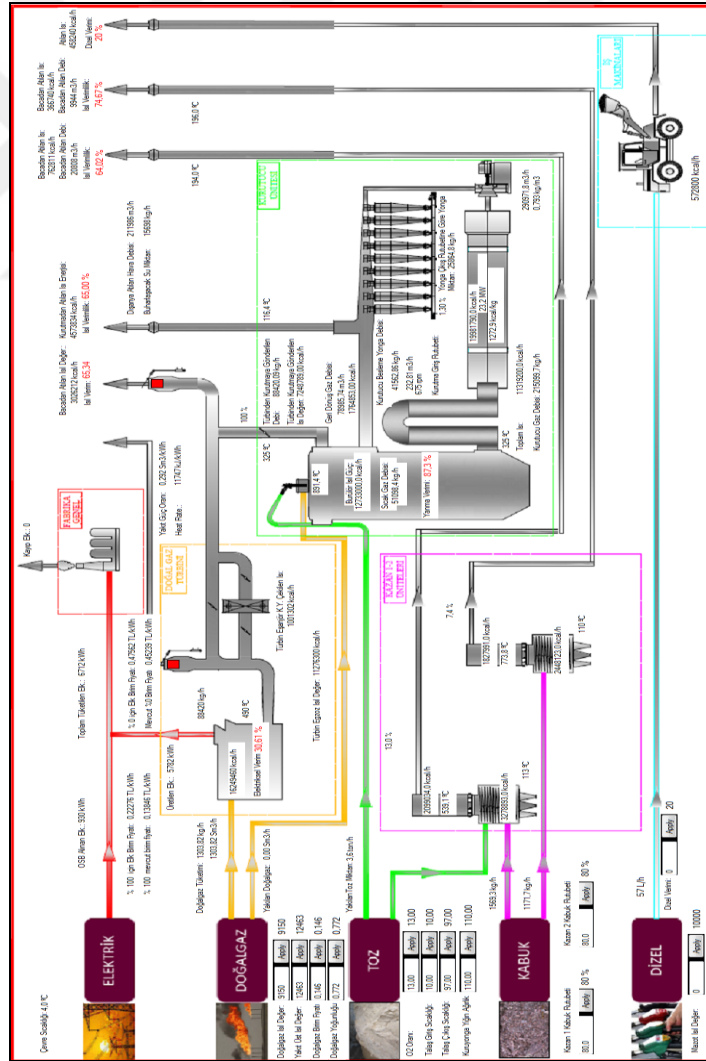
Dizel % 0,5

Görüleceği üzere tesisin ihtiyaç duymuş olduğu enerjinin büyük bir kısmı yaklaşık % 63 lük kısmı tesisin kendi atıklarından sağlanmaktadır. Bunlar üretim açısında kullanılması uygun olmayacak kadar küçük ağaç tozu parçalarıyla (0,2 mm den küçük parçacıklar), ağaç çevresinde bulunan yine üretimde kullanılması çeşitli kalite problemlerine yol açan ağaç kabuklarıdır. Yine yukarıdaki oranlardan da anlaşılacağı üzere kullanılan enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisinin karşılanması içindir.

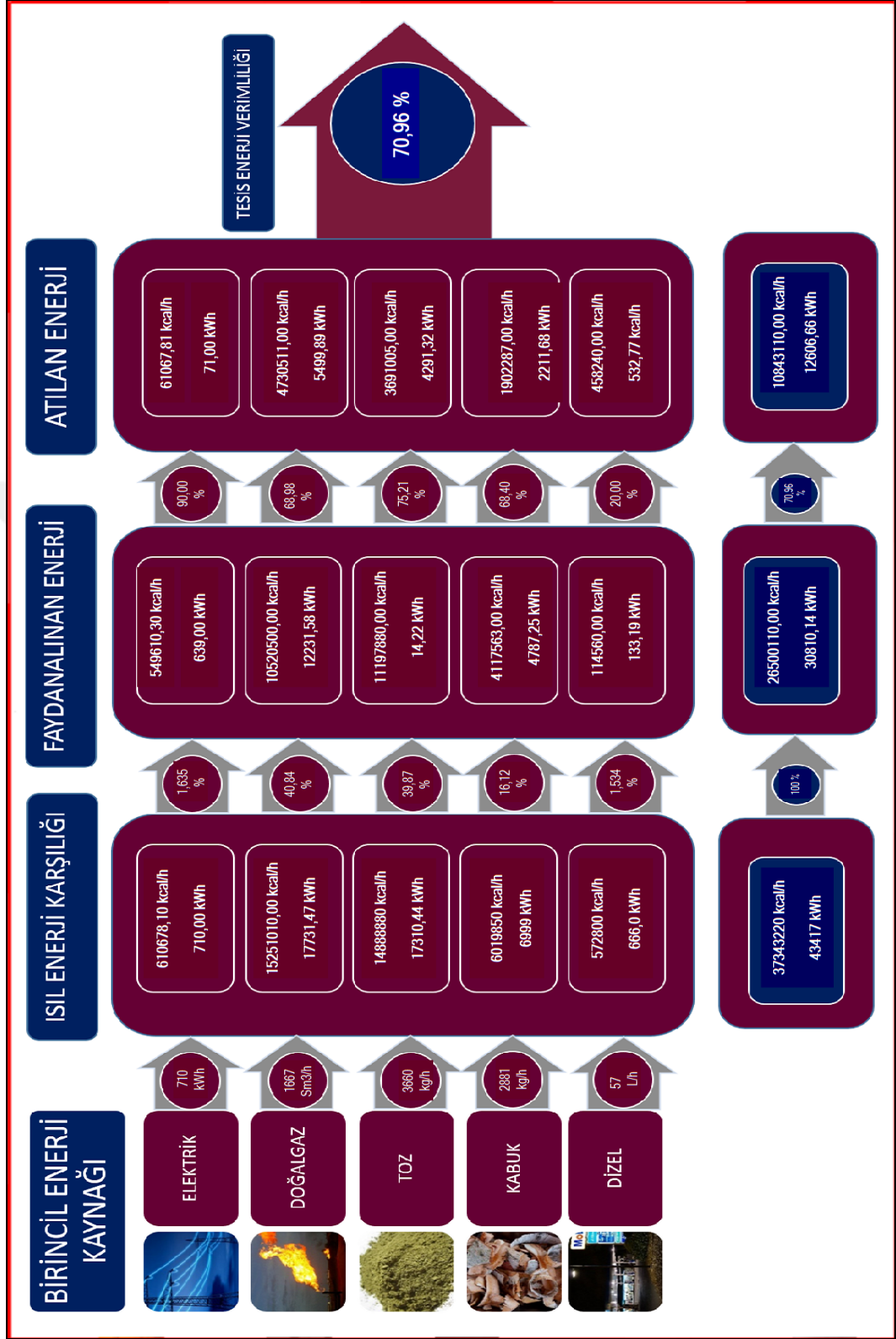
Tesisin birincil enerji kaynaklarının kullanımını sırasında ister proses gereği olsun isterse kayıp kaçaklardan kaynaklansın enerjinin hepsi kullanılamamaktadır. Buradan hareketle tesiste kullanılan tüm birincil enerji kaynakları takip edilmekte ve online olarak izlenmektedir. Yapılan bir yazılımla online olarak ölçülen sıcaklık, debi, basınç gibi değerler hesaplamalarda kullanılarak tesisin anlık olarak enerji verimliliği takip edilebilmektedir. Tüm bu birincil enerji türlerinin tesis genelinde ki verimliliklerine baktığımızda karşımıza çıkan tablo şu şekildedir;

Elektrik	% 90
Doğalgaz	% 74
Toz	% 76
Kabuk	% 74
Dizel	% 20
Tesisin toplam enerji verimliliği ise	% 74 civarındadır

Tesiste kullanılan enerjinin % 26 ise kayıptır. Bu kayıp olan enerjinin %99'u ısı enerjisidir.



Şekil 1.11. Yonga levha birincil enerji kaynakları akış şeması



Şekil 1.12. Yonga levha birincil enerji kullanım oranları

1.8. Yonga Levha Atık Enerji ve Faydalanma

Görüleceği üzere bu Yonga levha tesisinde proses gereği ciddi bir ısı enerji ihtiyacı oluşmaktadır. Tesisin toplam enerji ihtiyacı değişen şartlar ve üretime göre 38 Mwh ila 50 Mwh arasında değişmektedir. Bu enerjinin 27 Mwh İla 38 Mwh faydalanılabilir enerji geri kalan 11-12 Mwh lik kısmı ise atılan enerjidir. Faydalanılamayan bu enerjinin yaklaşık olarak 4Mwh lik kısmı ise türbin bacasından atılan enerjidir. Bu enerji türbinden üretilen elektrik neticesinde oluşan 14 Mwh lik egsoz gazının proseste yonga kurutmak ve kızgın yağ üretmek amacıyla kullanılan enerjiden arta kalan kısımdır.

Ayrıca tesisin çeşitli ünitelerinde soğutma suyu ihtiyacını karşılamak üzere kurulmuş olan lokal gazlı mekanik chillerler bulunmaktadır. Bu mekanik chillerler ise ciddi bir elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Bir taraftan tesiste yukarıda ki paragrafta da açıklanmak istendiği üzere 4Mwh lik bir gaz türbini egsoz gazı atılmak da ama diğer taraftan da soğutma ihtiyacı için mekanik gazlı chillerler kullanılmaktadır. Buradan hareket ile tesisin soğutma ihtiyacının karşılanması için gazlı mekanik chillerlerin yerine atıl ısı ile çalışan Absorbsion chiller kurulması düşünülmüştür. Bununla hem atık ısıdan faydalanılmak istenmiş hem de mekanik gazlı chillerlerin tüketmiş olduğu elektrik enerjisinden tasarruf edilmek amaçlanmıştır.

Bundan sonra ki bölümlerde öncelik ile mekanik chiller ve Absorbsion chillerler hakkında genel bir bilgi verilip sonrasında da bu yonga levha tesisinde atık ısıdan faydalanılarak yapılan örnek proje aktarılmaya çalışılacaktır.

2. SOĞUTMA SİSTEMLERİ

Soğutma ihtiyacı sanayide gıdaların soğutulmasından tutunda ortam ve makine soğutmalarına kadar proses ihtiyaçlarına bağlı olarak birçok aşamada gerekmektedir. Bu bazen bir makine ya da ekipmanın soğutulması yada prosesin kendi ihtiyacı şeklinde karşımıza çıkabilir. Soğutma ihtiyacı üretim türüne ve ihtiyaca göre değiştiğinden karşımıza birçok soğutma türü çıkmaktadır.

Soğutma sistemlerini soğutma yöntemlerine göre şu şekilde sıralayabiliriz;

- 1) Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma
- 2) Absorbsiyonlu Soğutma
- 3) Adsorbsiyonlu Soğutma
- 4) Termoelektrik Soğutma Sistemi
- 5) Manyetik Soğutma
- 6) Paramanyetik Soğutma
- 7) Vortex Tıpuyle Soğutma
- 8) Nemlendirmeli (Evaporatif, Buharlaştırılmalı) Soğutma
- 9) Eriyik Teşkiliyle Soğutma
- 10) Gazların Genişlemesi ile Soğutma
- 11) Vakumla Soğutma
- 12) Buhar Jet (ejektorlu) Soğutma
- 13) Sterling Soğutma Sistemi
- 14) Akustik (Sesle) Soğutma

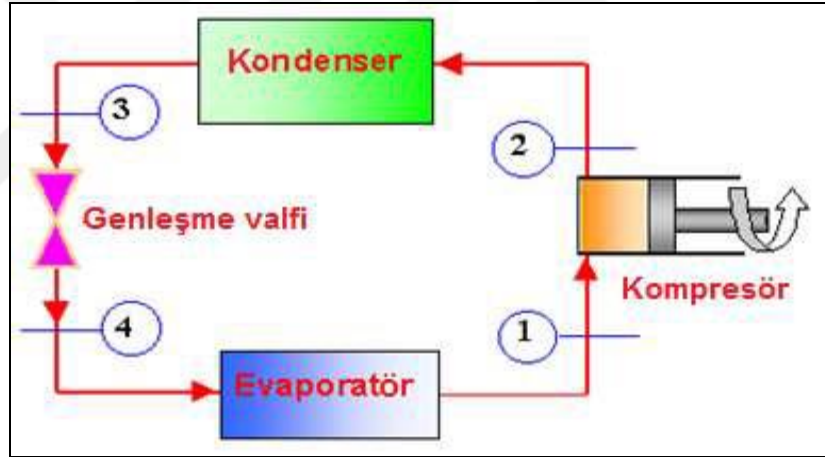
Görüleceği üzere birçok soğutma sistemi vardır. Biz bu çalışmada Yonga levha tesislerinde yaygın bir şekilde kullanılan ve sonraki bölümlerde bir örnek proje çalışmasına konu olan Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik soğutma(Mekanik chillerler) ile Absorbsiyonlu soğutma sistemlerini kısaca inceleyip birbirine göre avantaj ve dezavantajlarını aktarmaya çalışacağız.

2.1. Buhar Sıkıştırılmalı Mekanik Soğutma (Mekanik Chillerler)

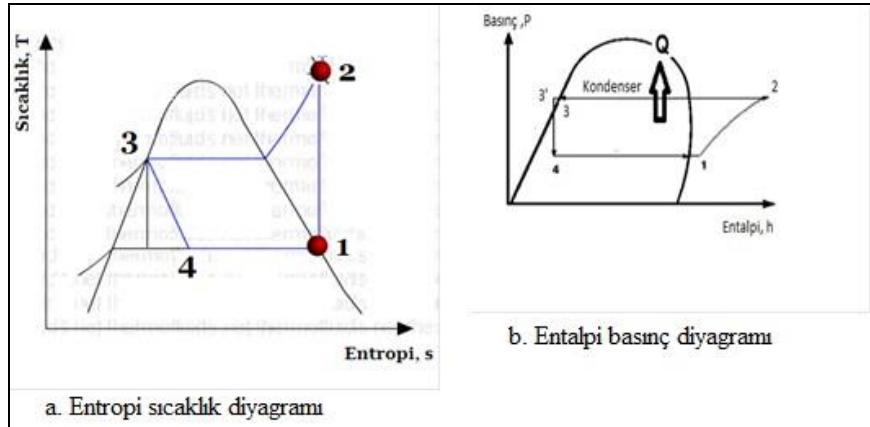
Bu sistem soğutmada en çok karşılaşılan ve tercih edilen bir sistemdir. Bu soğutma çevrimi;

- 1- Komprasör
- 2- Kondenser,
- 3- Genleştirici(valf veya kılcal boru)
- 4- Evaporatörden oluşmaktadır.

Bu elemanlar birbiri ardına bakır borular ile bağlanarak kapalı bir çevrim oluştururlar. Sistem dışarıdan komprasöre verilen iş sayesinde soğutucu akışkanın komprasörde mekanik olarak sıkıştırılması prensibiyle çalışır.



Şekil 2.1. Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi şeması



Şekil 2.2. Sıcaklık ve basınç diyagramları

Bu sistemde kompresöre doymuş buhar (1) olarak giren soğutucu akışkan kompresörde basınçlandırılarak kondensere kızgın buhar (2) olarak girer. Kondenserde sabit basınç altında çevreye ısı vererek yoğuşan soğutucu akışkan kızgın buhar fazından doymuş sıvı fazına getirilerek (3) kısılma valfinde alçak basınçta düşürülerek ıslak buhar halinde (4) evaporatöre girer. Burası asıl soğutma işinin yapıldığı yerdir. Bulunduğu ortamdan daha düşük sıcaklığa sahip soğutucu akışkan ortamdan ısı çekerek ortamı soğuturken kendisinde doymuş buhar haline gelerek kompresör tarafından emilir. Bu çevrimde ki döngü bu şekilde devam ederek soğutma işlemi sürekli hale getirilir.

2.1.1. Kompresör

Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimleriminin en önemli ekipmanlardan biri olan kompresör soğutma sisteminin kalbi olarak nitelendirilebilir. Görevi evaporatör çıkışında düşük basınçta olan gaz halinde ki soğutucu akışkanı basınçlandırarak kondenser basıncına ulaştıran bir gaz pompasıdır.

Mekanik sıkıştırımlı soğutma çevrimlerinde kullanılan kompresörleri yapılarına göre 5 ana grupta toplamak mümkündür;

- 1- Pistonlu Kompresörler
- 2- Rotatif (donel, rotorlu, rotary) Kompresörler
- 3- Hermetik Kompresörler
- 4- Vidalı (helisel) Kompresörler
- 5- Turbo (santrifuj) Kompresörler

2.1.2. Kondenser

Kompresörde yüksek basınçta sıkıştırılmış sıcak gazın soğutularak yoğuşturulması kondenserde gerçekleşmektedir. Kondenser vasıtasıyla bir soğutma sisteminde kompresör de sıkıştırma işlemi neticesinde oluşan ısıyla evaporatörde ortamdan çekilen ısı dışarı atılmış olur.

Kondenserleri yapısına göre 3 grup altında toplamak mümkündür;

- 1- Hava soğutmalı Kondenserler
- 2- Su soğutmalı Kondenserler
- 3- Evaporatif soğutmalı Kondenserler

2.1.3. Genleşme valfi

Kondenserden çıkan yüksek basınçlı soğutucu akışkanı evaporatör basıncına, diğer bir deyişle buharlaşma basıncına getiren elemanlardır. Hemen hemen sabit entalpide gerçekleşen bu basınç düşüm işiyle soğutucu akışkan düşük sıcaklıklara kadar erişir.

Genleşme valfi aslında bir kısma valfidir. Daha küçük sistemlerde genleşme valfi yerini kılcal borular alır. Soğutma sisteminin büyüklüğüne ve yapısına göre bu kısma işlemini yapan elemanlar 4 grup altında toplanabilir;

- 1- Kılcal borular
- 2- Otomatik genleşme valfi
- 3- Termostatik genleşme valfi
- 4- Manuel genleşme valfi

2.1.4. Evaporatör

Soğutma işinin yapıldığı yerdir. Soğutulacak ortama yerleştirilir. Soğutucu akışkanın ortamdaki ısı çekerek buharlaşmasıyla ortamı soğutulmasında kullanılır. Evaporatör öncesinde doymuş sıvı-gaz karışımında olan soğutucu akışkan evaporatör sonrasında ortamdaki ısı ile buharlaşır.

Evaporatörler aslında ısı değıştirgeçleridir ve neyi soğutacaklarına göre sınıflandırılır;

- 1- Hava Soğutulmasında kullanılan evaporatörler
- 2- Sıvıların Soğutulmasında kullanılan evaporatörler

2.2. Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri

1950'li yıllara kadar yoğun bir şekilde kullanılan absorpsiyonlu soğutma sistemi ilk olarak 1860 yılında Ferdinand Carre tarafından icat edilmiştir. 1950'li yıllardan sonra

gelişen kompresör teknolojisiyle çalışan buhar sıkıştırırmalı sistemler bu soğutma makinalarının yerini almaya başlamıştır (Sevinç, 2014).

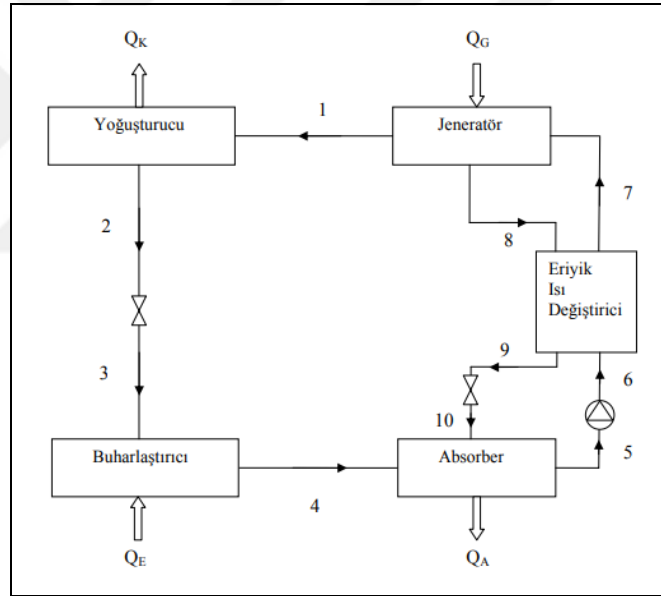
Absorbsiyonlu soğutma sistemi absorbsiyonlu soğutma çevrimini baz alır. Bu çevrimde, soğutucu ve soğurucu (absorbent) olmak üzere farklı iki tür akışkan dolaştırılır. Soğutucu akışkan (soğutkan) evaporatörde (buharlaştırıcı) buharlaşarak, soğutma yükünün ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlarken absorbent ise çevrimin belirli bir bölümünde soğutucu akışkanı taşıma görevini üstlenir (Goralı 2007). Bir başka deyişle çevrim, soğutucu akışkanın absorbent tarafından soğurulması ilkesi üzerine kuruludur.

Absorbsiyonlu sistemde buhar yerine sıvı sıkıştırılmaktadır. Bu sistemlerin çalışması dış kaynaktan sağlanan ısıya dayanır. İş ısıtıcıda sağlanan ısının yüzde biri mertebesinde olup, çevrimin termodinamik çözümlemesinde genellikle ihmal edilir. Absorbsiyonlu sistemlerde çevrimi çalıştıran enerji ısıdır. Absorbsiyonlu soğutma sistemleri, sıcaklığı 100°C ile 200°C arasında olan ucuz bir ısı kaynağı bulunduğu zaman, ekonomik açıdan kazançlı olabilecek bir soğutma yöntemidir. Ucuz ısı kaynakları arasında, jeotermal enerji, güneş enerjisi, buhar santrallerinin atık ısıları sayılabilir (Çengel ve Boles, 1994).

Bu sistem en yaygın olarak kullanılan ısı kaynaklı soğutma tekniğidir. Absorbsiyonlu soğutma düşük sıcaklıklarda diğer sistemlere göre daha yüksek performans sağlar. Mekanik sıkıştırırmalı klasik soğutma sistemlerinde kullanılan kompresör yerine bu sistemin elemanları olan absorber, üreteç ve çözelti ısı değiştiricisinde termokimyasal sıkıştırma kullanılır. Bu sistemde soğutucu (refrigerant), absorbent denilen ve genellikle sıvı fazda bulunan bir maddedir. Bu durumun en büyük avantajlarından birisi kullanılan akışkanın (absorbent-soğutucu çözeltisi) sıvı fazda olması nedeni ile sistem içi dolaşım için gereken mekanik enerjinin çok daha az olmasıdır (Yenigün, 2010).

Absorbsiyonlu soğutma sistemi buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemine çok benzer fakat buradaki kompresörün yerini karmaşık bir soğurma mekanizması aldığı görülür. Soğutma mekanizması absorber ve jeneratörden oluşmaktadır ve sıkıştırma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu mekanizmanın soğutkan basıncını yükseltmek için bir araya getirildiği gözlenmektedir (Çengel ve Boles, 1996).

Absorbsiyonlu soğutma sistemi buhar sıkıştırılmalı sistemden daha yüksek soğutma kapasitesi üretebilir, elektrik yerine diğer enerji kaynakları ile çalıştırılabilir (Adewusi ve Zubair, 2004). Bu sistemde mekanik enerji yerine jeneratörde ısı enerjisi kullanılmaktadır. Absorbsiyonlu sistemde buhar yerine sıvı sıkıştırılmaktadır. Bu sistemlerin çalışması dış kaynaktan sağlanan ısıya dayanır. İş ısıtıcıda sağlanan ısının yüzde biri mertebesinde olup, çevirimin termodinamik çözümlemesinde genellikle ihmal edilir. Absorbsiyonlu sistemlerde çevirimi çalıştıran enerji ısıdır (Çengel ve Boles, 1996). Eriyik eşanjörü, ısıtıcıdan çıkan zengin eriyiğin (lityum bromürlü sistem için) veya fakir eriyiğin (amonyaklı sistem için) ısıl enerjisinden yararlanarak diğer taraftaki eriyiğin ısıtıcıya girmeden önce sıcaklığını artırmak için kullanılmaktadır. Böylece ısıtıcıda eriyiğe verilmesi gerekli ısıl enerji azaltılarak sistemin soğutma etkinliği artırılabilir (Kaynaklı, 2003).



Şekil 2.3. Absorbsiyonlu soğutma sisteminin şematik gösterimi (Babadağlı, 2005)

Şekil 2.3'deki absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışma prensibini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür: LiBr-su eriyiği (5 noktasında) absorberden doymuş sıvı olarak çıkıp bir pompa vasıtası ile (6 noktasında) ısı değiştirgecinden geçerek ısınan (7 noktasında) LiBr bakımından fakir eriyik kaynatıcıya gelir. Burada dışarıdan verilen ısıyla, soğutucu akışkan buharının tamamı buharlaşarak eriyikten ayrılır. (1 noktasında) Buharlaşarak kaynatıcıyı terk eden soğutucu buharı, yoğuşturucuya girer. Kaynatıcıda eriyik içinden soğutucu buharının ayrılmasıyla LiBr bakımından

zenginleşen eriyik (zengin eriyik) (8 noktasında), ısı değiştiricisinden geçer, (9 noktasında) fakir eriyiğe ısı verdikten sonra absorbere geri döner. Kaynaticıdan buharlaşarak yoğuşturmaya giren soğutucu buharı burada yoğuşarak dışarıya ısı atar.

Absorbsiyonlu sistemin önemli bir fark ve üstünlüğü, sistemde klasik soğutma çevrimindeki buhar yerine sıvı sıkıştırılmasıdır. Sıvıyla sıkıştırılması demek özgül hacim işinin mekanik sistemlere göre çok küçük olması demektir. Bu sistemin çalışması da dış kaynaktan alınan ısıdan sağlanır. İş, ısıtıcıda sağlanan ısının yüzde biri mertebesinde olup, çevrimin termodinamik çözümlemesinde ihmal edilebilir. Buhar sıkıştırmalı soğutma çevriminde soğutma işlemini sürekli kılmak için evaperatr, kompresörün emme tarafına bağlanmıştır. Böylece kompresör dışarıdan verilen elektrik işi sayesinde akışkanı basınlandırır ve çevrimi sürekli hale getirir. Absorbsiyonlu sistemde ise evaperatr, içinde soğutucu akışkan buharını soğurma yeteneğine sahip başka bir akışkan madde bulunduran, absorber denilen bir kaba bağlanır. Bu kapta LiBr gibi higroskopik (nem çekme özelliği olan) bir madde su buharını absorbe ederek emme işlemini gerçekleştirir. Soğutucu akışkan buharını absorbe etmede kullanılan çözelti maddesi literatür de carrier = taşıyıcı veya absorbent = soğurucu olarak ifade edilmektedir (Yılmaz, 2018).

Absorbsiyonlu soğutma sistemleri ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılarak hem evre koruması hem de enerji tasarrufu sağlamaktadır. Sistemin yapısı diğer soğutma sistemlerine göre daha karmaşık ve soğutma tesir katsayısı daha küçüktür, fakat atık enerjilerin ve yenilebilir enerjilerin değerlendirilmesinde en uygun sistemlerdir (Akdemir ve Güngör, 2001).

2.2.1. Absorbsiyonlu soğutma sistemine ait temel elemanlar ve fonksiyonları

Absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan temel elemanlar şekilde görülmektedir. Sistemin temel elemanları, yoğuşturucu, generatör, buharlaştırıcı, absorber ve solüsyon pompası olmaktadır (Bars, 2017; zay, 2008; Ulaş, 2010)

Solüsyon Pompası: Emiş tankının dibinde düşük konsantrasyonlu Li-Br solüsyonu bulunur. Buradan, hermetik bir solüsyon pompası, solüsyonu borulu bir ısı değiştirgecine ön-ısıtma amaçlı olarak gönderir. Zayıf Li-Br solüsyonu bu ısı değiştirgecinde st tanktan gelen konsantre solüsyon tarafından ısıtılır.

Generatör: Zayıf Li-Br solüsyonu ısı değiştirgecini terk ettikten sonra üst tanka hareket eder. Zayıf Li-Br solüsyonu, hem buhar hem de sıcak su taşıyan boru demetini çevreler. Boru demetindeki buhar ve sıcak su, zayıf Li-Br solüsyon havuzuna ısı transferi yapar ve zayıf solüsyon kaynamaya başlar. Bu sırada kaynama sonrası meydana gelen buharlaşma sonucu, zayıf Li-Br solüsyonu tankın üst kısmındaki yoğuşturucuya soğutucu buhar gönderir ve tankın dibinde konsantre Li-Br solüsyonu kalır. Konsantre Li-Br solüsyonu, ısı değiştirgecine giderek jeneratöre pompalanan zayıf Li-Br solüsyonuna ön ısıtma yapar.

Kaynatıcı: İç içe konumlandırılmış iki borudan meydana gelmiştir. Borunun iç tarafında bulunan kısmında NH₃-Su karışımı yer alır. Ayrışan su buharı, kondensere gelir ve karışıma ısı geçişi sağlanır. Bu sırada çevreye de ısı geçişi olmaktadır.

Kondenser (Yoğuşturucu): Meydana çıkan soğutucu buharı soğutulmuş yoğuşturulduğu alana kondenser adı verilir. Kaynatıcıda olduğu gibi iç içe dizayn edilmiş iki borudan meydana gelmiştir. Soğuma esnasında açığa çıkan ısı, soğutucu akışkanın yoğuşmasını sağlamaktadır.

Evaporatör (Buharlaştırıcı): Sıvı haldeki soğutucu akışkanın ortam ısını alarak buharlaştığı kısımdır. Evaporatörde ki düşük basınç nedeniyle sıvı haldeki soğutucu, çevresinden ısı alarak gaz haline geçer. Evaporatörde ki basınç bir genişleme valfi ile kontrol altında tutulur.

Absorber: Absorberin suda çözünmesine yardımcı olan üniteye denir. Dış görünümü ile yoğunlaştırıcıya benzemektedir. İç kısmı ise iyi bir karışım sağlayacak bir veya daha fazla sayıda üst üste levhalardan oluşmaktadır. LiBr'ün suda çözünmesini sağlayan ünite dir. Soğutucu akışkan evaporatörden çıktıktan sonra bir ısı değiştiriciden geçerek absorbere girer. Absorberdeki karışım, bir sıvı eriyik pompası ile sürekli püskürtülerek çözünmesinin kolaylaşması sağlanır.

2.2.2. Absorpsiyonlu sistemlerde kullanılan soğutucu akışkanlar

Absorpsiyonlu soğutma çevrimleri iki akışkan çiftiyle çalışan sistemlerdir. Jeneratörde buharlaşarak soğutma işlemini yapan soğutucu akışkan ve absorberde soğurma işlemini yapan absorbentten oluşmaktadır. Soğutucu akışkan ve absorbe edici çiftinden oluşan bir absorpsiyonlu soğutma sistemi için aşağıdaki şartların yerine getirilmesi gerekir (Genceli, 1996, Ulaş, 2010).

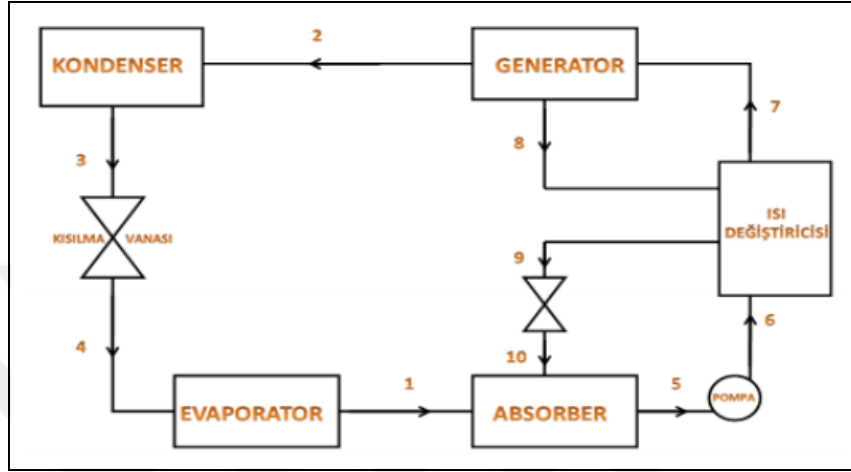
1. Katı fazın olmaması: Göz önüne alınan sıcaklık ve derişiklik aralıklarında hiçbir zaman akışkan çiftinin katı fazda olmaması gerekmektedir. Katılaşıma durumunda akış duracağından buradaki eleman devre dışı kalacaktır.
2. Buharlaşma oranı: Soğutucu akışkan absorbe ediciye göre çok daha kolay buharlaşabilmelidir. Bu şekilde iki akışkan daha kolay ayrılabilir.
3. Birleşme eğilimi: Absorbe edicinin soğutucu akışkanla kuvvetli birleşme eğiliminde olması gerekir.
4. Basınç: Sistemdeki işletme basınçları normal seviyede olmalıdır. Yüksek basınçlarda kalın cidarlı cihazlara gereksinim duyulur ve akışkanın pompalanması için önemli ölçüde elektrik enerjisine ihtiyaç duyulur. Alçak basınçlar ise büyük hacimli cihazları ve özel elemanları gerektirir.
5. Kararlılık: Sistemde kullanılan akışkanların zamanla özelliklerini değiştirmemesi için kararlı olmaları gerekir.
6. Korozyon: Akışkan çiftinin, kullanılan cihaz malzemelerini aşındırarak olumsuz etkiler oluşturmaması gerekir.
7. Emniyet: Kullanılan akışkan çiftinin zehirsiz ve yanmaz olması gerekir.
8. Taşınım özellikleri: Soğutucu akışkan ve absorbent akışkan çiftinin viskozite, yüzey gerilimi, ısı yayılım ve yayılım katsayıları önemli karakteristik özelliklerdir. Örneğin akışkanın düşük viskoziteye sahip olması ısı ve kütle geçişini iyileştirirken, pompalama problemlerini azaltır.
9. Gizli buharlaşma ısısı: Devrede dolaşan akışkan çiftinin miktarının en az değerde olabilmesi için soğutucu akışkanın gizli buharlaşma ısısının büyük olması gerekir.

Burada verilen özelliklerin tümünü sağlayan akışkan çiftini pratikte bulmak mümkün değildir. Bu çerçevede son yıllarda absorpsiyonlu soğutma sistemlerinde kullanılan en yaygın akışkan çiftleri olarak Lityum Bromür (LiBr)-su ve Amonyak-su göze çarpmaktadır. Soğutucunun su olması durumunda soğurucu madde LiBr, soğutucunun amonyak olduğu durumda ise soğurucu madde sudur (Cimşit, 2009).

2.2.3. Tek etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi

Tek etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi tek jeneratörlü anlamına gelmektedir. Bu sistemlerde düşük ekserjili ısı kullanıldığından bu içsel ayrıştırma ve sıkıştırma işi tek bir jeneratörle gerçekleştirilmektedir. Nispeten daha düşük sıcaklıklarda enerji

kullandığından bu sistemlerin performans katsayısı da düşüktür (0,8 civarı). Son otuz yıldır absorpsiyonlu sistemler üzerine hem teorik hem de deneysel pek çok araştırma sürdürülmekte ve bunların büyük kısmı tek etkili LiBr kullanan sistemler üzerinedir (Grossman, 2002; Çelik, 2007). Şekil 2.4’de LiBr-H₂O akışkan çifti ile çalışan tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 2.4. Tek kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi (Erden, 2011)

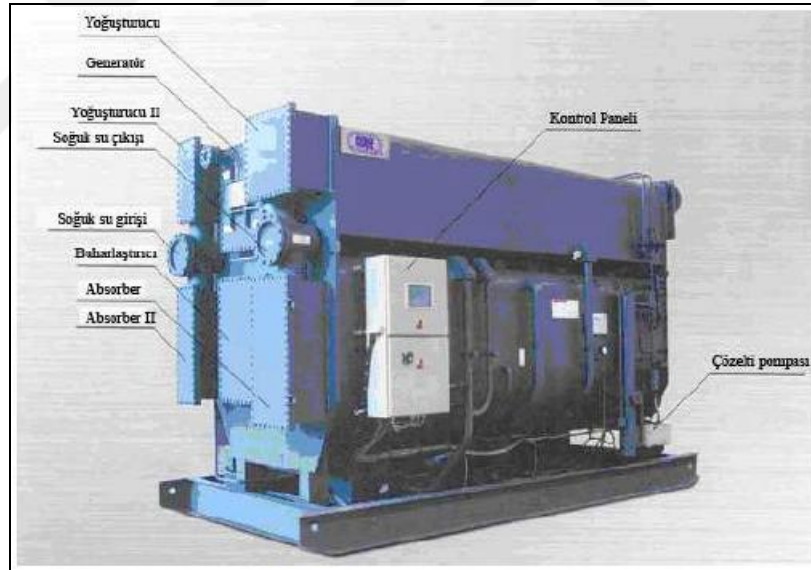
Sistemde LiBr-H₂O karışımı generatörde verilen ısıyla su buharı ve zengin LiBrH₂O eriyiği olarak ayrışır. Soğutucu akışkan (Su buharı), generatörden kondensere girer (2) ve burada ısı vererek yoğuşur. Sıvı fazda ve yüksek basınçta kondenserden çıkan sıvı akışkan (3) kısılma vanasından geçerek (4) basıncı düşürülür ve sıvı fazda ve düşük evaporatöre girer. Evaporatörde ısı alarak buharlaşır ve absorbere girer (1). Generatörden zengin karışım olarak dönen LiBr-H₂O eriyiği (8) ısı değiştiriciye girer ve biraz soğuyarak kısılma vanasına girer (9). Basıncı düşürülen zengin karışım absorbere girer (10) ve evaporatörden gelen su buharı ile karışır. Bu sırada açığa çıkan ısı absorpsiyon işleminin daha iyi olması için dışarı atılır. Absorberden çıkan fakir LiBr-H₂O karışımı (5), pompa ile basınçlandırılarak ısı değiştiriciye girer (6) ve oradan generatöre girer (7) (Hilali, Bulut ve Karadağ, 2005).

2.2.4. Çift kademeli absorpsiyonlu soğutma sistemi

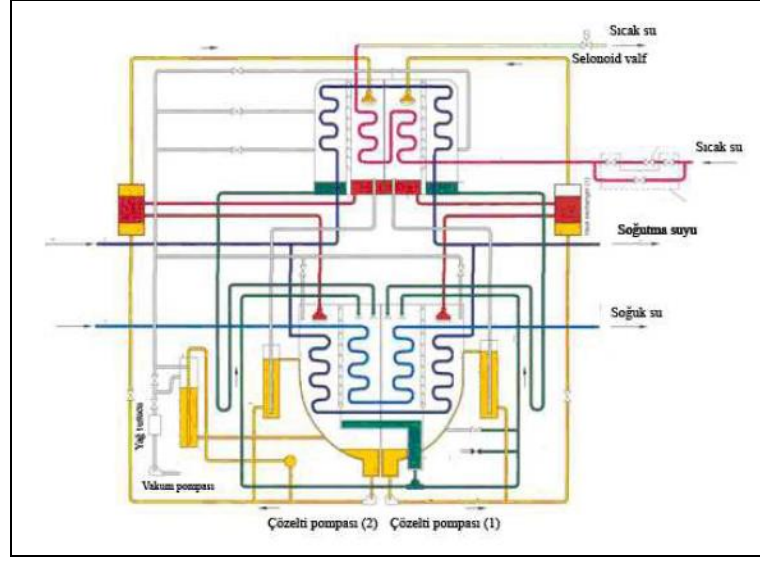
Çift kademeli ASS’inde, tek kademeliye kıyasla jeneratörde çok daha yüksek ekserjili buhar veya akışkan kullanılır. Bu ekserjinin tek jeneratörde işlenmesi

mümkün olmadığından iki jeneratör kullanımı gerekmektedir. Bu nedenle iki jeneratörlü ASS'ne çift kademeli denir (Yılmazoğlu, 2006).

Çoğunlukla 50-1700 ton (176-6000kW) kapasite aralığında indirekt ateşlemeli makinalardır. Ağırlıklı olarak gıda, kimya, ağır, ilaç, elektrik ve elektronik sanayinde, hastanelerde, rafinerilerde, alüminyum fabrikalarında, otellerde, is ve alışveriş merkezlerinde kullanılmaktadır. Fabrika uygulamalarında atık ısının sıcaklığına bağlı olarak genellikle çift ya da çok etkili sistemler tercih edilir. Çift etkili bir absorpsiyonlu soğutma cihazının çalımsa prensibi Şekil 2.5 ve sistemi oluşturan komponentleri Şekil 2.6'da görülmektedir. Generatörleri direk yakmalı olabildikleri gibi, su buharı beslemeli olarak çalışanları da mevcuttur. Buhar kazanından ya da proses atık ısısı olarak gelen kızgın buhar ile çalışan çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemlerinin soğutma etkinlik katsayısı (COP) 1.0-1.2 arasında değişmektedir (Onan, 2007).



Şekil 2.5. Çift etkili absorpsiyonlu soğutma ünitesinin dış görünüşü (Shuangliang Air-Conditioning) (Onan, 2007)



Şekil 2.6. Çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemi (Shuangliang Air-Conditioning) (Onan, 2007)

Çift etkili absorpsiyonlu soğutma sistemleri iki kademeli generatöre sahiptir. İlk generatör soğutucu akışkanı zayıf absorbandan ayırıp ısıyı alır. Bu sıcak soğutucu akışkan buharı ikinci generatöre gider. Burada ilk generatörden gelen konsantrasyonu orta seviyede olan ve bir ısı değiştiriciden geçmiş olan absorbandan, daha fazla soğutucu akışkan buharlaşmasını sağlar. Generatörden başka, tek etkili lityum bromür/su ünitesinin tüm bileşenleri çift etkili ünite ile aynıdır. Çift etkili ünite buhar hızlarının tek kademeli makinadaki üçte ikisi kadar olmasından dolayı yüksek performanslıdır (Emanet, 2000). Isı kaynağı sıcaklığı tek etkili ünitelerde istenenin 50 °C kadar üstündedir.

2.2.5. Absorbsiyonlu soğutma sisteminin avantajları

Egzozdan atılan ısı ile yapılan soğutmada kullanılan amonyak-su sıvı fazında olduğu için kompresör yerine küçük sıvı pompası kullanılabilir. Bu önemli ölçüde arızaların azalmasına yardımcı olur. Motorlu araçlarda yokuş çıkarken veya hız yapıldığında motor gücünün yeterli gelmemesi sebebiyle klima kapatılmakta yada çekişin düşmemesi için yüksek güçte motor seçilmektedir. Önerilen absorpsiyonlu soğutma sistemi kullanıldığında motorlu taşıtlarda daha küçük güçler yeterli olacağından dolayı daha az yakıt harcanacak, ekonomik yönden maliyet artacak ve çevre daha az kirletilmiş olacaktır. Motorlu taşıtlarda yolcu konforunu sağlamak için yapılan

soğutmada kullanılan klimanın gücü, motor gücünün yaklaşık %5-15 arasında olduğundan önemli bir geri kazanım olduğu kabul edilebilir (Bars, 2017).



3. ATIK ISIDAN FAYDALANARAK TESİS SOĞUTMA İHTİYACININ KARŞILANMASI ÖRNEK PROJE

3.1. Amaç, Kapsam ve Hedef

Uygulama projesi yapılan firma, orman ve ağaç ürünleri sektöründe faaliyet gösteren ve mobilya, dekorasyon ve inşaat sektörünün ihtiyaç duyduğu, yonga levha, yongalam, MDF, melamin, laminat parke, kapı paneli ve bunlarla ilgili muhtelif katma değerli ürün üreten bir firmadır. Türkiye’de ve yurt dışında birçok lokasyonda tesisleri bulunmaktadır. Uygulama projesinin yapıldığı tesis 420.000 m² açık, 75.000 m² kapalı alana kurulmuş ham ve melamin kaplı yonga levha, boyalı levha ve tutkal üretimi yapmaktadır. Tesis kapasitesi Tablo 3.1’de verilmiştir.

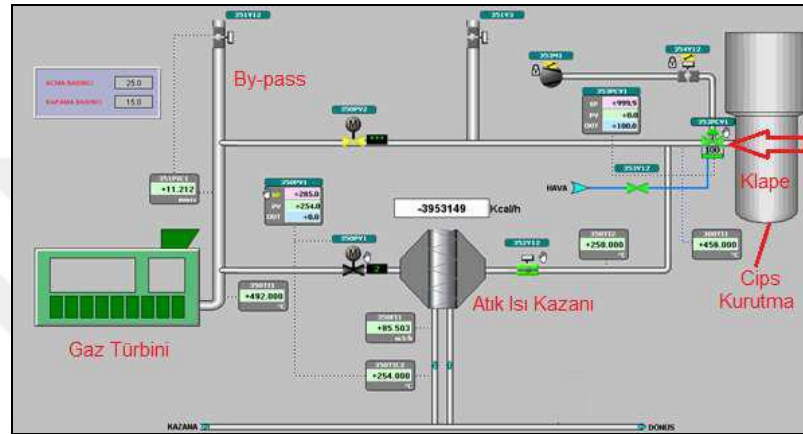
Tablo 3.1. Tesis üretim kapasitesi

Ürün	Kapasite	Birim
Yonga levha	550.000	m ³ /yıl
Melamin basma	12.000	plaka/gün
Boya ve print hattı	140.000	m ² /gün
Tutkal	50.000	ton/yıl

Tesiste bulunan 7,5 MW’lık gaz türbininden 490~500 °C sıcaklıkta egzoz gazı oluşmaktadır. Gaz türbininden çıkan egzoz gazları Şekil 1’de görüldüğü gibi iki ayrı hattan geçerek cips kurutmaya gitmektedir. Hatlardan biri üzerinde kızgın yağ serpantinini bulunmaktadır. Kızgın yağ serpantinine 490~500 °C’de giren egzoz gazları, kızgın yağın 240~250 °C’den 270~280 °C’ye ulaşmasını sağlamaktadır. Kızgın yağ kazanından çıkan 270~280 °C’deki kızgın yağ kollektörde toplanarak prosese veya buhar jeneratörüne gönderilmektedir. Buhar jeneratöründe kızgın yağın ısısı kullanılarak buhar elde edilmektedir.

Kızgın yağ serpantininden 350~500 °C’lerde ayrılan egzoz gazı cips kurutma ünitesine ihtiyaç oranında beslenmektedir. Egzoz gazını taşıyan iki hattan birisi doğrudan kurutucu ünitesine diğeri de kızgın yağ serpantinini üzerinden kurutma ünitesine beslenmektedir. Kurutma ünitesi girişinde bulunan bir klape vasıtası ile

kurutma ihtiyacına bağlı olarak üniteyi beslenecek egzoz gazı miktarı ayarlanmaktadır. Gaz türbinin çıkışında bulunan by-pass hattı doğrudan bacaya açılmaktadır. Kurutma ünitesi girişinde bulunan klape kapanmaya başladığında bypass hattında basınç oluşturmakta ve bu basınca bağlı olarak egzoz gazı atmosfere atık ısı olarak salınmaktadır. Aşağıda verilen Tablo 3.2’de yıllara göre klape açıklık oranları ortalaması sunulmuştur. Klape açıklık oranında egzoz gazları cips kurutmak için kullanılmakta, arta kalan egzoz gazı atmosfere atılmaktadır.



Şekil 3.1. Gaz türbini ve atık ısı kazanı scada ekranı

Tablo 3.2. Yıllara göre cips kurutma klape açıklık oranı

Aylar	2012	2011	2010	Aylık Ortalama
Ocak	47,05	94,48	68,16	69,90
Şubat	77,67	96,86	94,40	89,64
Mart	78,10	83,51	90,10	83,90
Nisan	84,52	80,56	87,55	84,21
Mayıs	80,56	77,75	54,70	71,00
Haziran	76,79	68,22	64,05	69,69
Temmuz	77,40	35,60	20,69	44,56
Ağustos	42,84	18,33	19,56	26,91
Eylül	52,68	15,24	36,46	34,79
Ekim	49,72	22,57	56,04	42,78
Kasım	59,75	45,38	66,86	57,33
Aralık	69,36	54,30	82,18	68,61
Yıllık Ortalama	66,37	57,73	61,73	61,94

Proje kapsamında by-pass hattından atmosfere salınan sıcak baca gazı miktarı minimize edilerek, kızgın yağ kazanında maksimum düzeyde kızgın yağ elde edilecektir. Mevcut durumda kızgın yağ kazanı kapasitesinin yüksek olmasına rağmen, kızgın yağ ihtiyacı düşük olduğu için gaz türbini egzoz gazlarının belli bir

Tablo 3.3. Balıkesir tesislerinde kullanılan mekanik chillerler ve soğutma güçleri

Chiller Adı	Soğutma Gücü (kW)
Yonga Levha Chiller	428,6
Melamin Pres 1 Chiller	90,0
Melamin Pres 2 Chiller	90,0
Melamin Pres 3 Chiller	79,6
Emprenye Chiller	113,9
Printpan Chiller	163,2
Toplam	965,3

Uygulanan bu proje ile proses soğutma ihtiyacı için kullanılan mekanik chiller yerine gaz türbini egzoz gazı atık ısıdan üretilecek kızgın yağ ile elde edilecek buhar ile çalışan absorpsiyon chiller tesis edildi. Böylelikle mekanik chillerin kullandığı elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmış oldu.

Proje ile erişilmesi düşünülen hedefler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Mevcut mekanik chillerin harcadığı 1.893.773 kWh/yıl elektrik enerji tüketimini absorpsiyonlu chiller kullanılarak ortadan kaldırılması,
- Gaz türbini egzoz gazı atık ısısı kullanılarak prosesin ihtiyacı olan soğutmanın absorpsiyonlu chiller ile sağlanması ve bu sayede atık ısı geri kazanımı.

3.2. Ölçümler

Uygulama Öncesi Ölçümler: Gaz türbini çıkışından atmosfere salınan atık ısı (sıcak egzoz gazları) miktarını belirlemek için cips kurutma klapesi açıklık oranı bilgisi (son 3 yıllık verileri) gaz türbini otomasyonundan alınmıştır. Ayrıca, gaz türbinin ürettiği elektrik enerjisi bilgileri (son 3 yıllık verileri) gaz türbini otomasyonundan alınmıştır. Gaz türbini giriş ve çıkış sıcaklıkları gaz türbini üzerinde bulunan thermocupllar ile ölçülmüştür.

Her bir chillerin tükettiği enerji miktarını belirlemek için yaz ve kış şartlarında chillerin güç panosundan “Fluke 435” enerji analizörü ile elektriksel ölçümler yapılmıştır. Ayrıca chiller soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları, soğutma suyu debisi ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri “testo 435” ile yapılmıştır. Debi ölçümleri ise “GE PT878” ultrasonik debimetre ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.4. Yıllara göre gaz türbini elektrik üretim miktarları

Yıl	Türbin elektrik gücü (kW, yıllık ortalama)	Yıllık çalışma süresi (saat)	Elektrik üretim miktarı (kWh)
2010	6.643,5	8.365	55.573.075
2011	6.434,7	7.880	50.705.739
2012	6.583,5	8.245	54.281.220
Ortalama	6.556,1	8.163	55.520.011

Tablo 3.5. Yıllara göre gaz türbini doğalgaz tüketim miktarları

Aylar	2010	2011	2012
Ocak	1.120.102	1.587.030	1.519.447
Şubat	1.315.873	1.035.601	1.401.745
Mart	1.380.698	312.549	1.442.823
Nisan	1.458.434	1.528.051	1.472.741
Mayıs	1.412.177	1.485.140	1.391.682
Haziran	1.478.604	1.495.572	1.350.197
Temmuz	1.512.565	1.501.328	1.471.585
Ağustos	1.424.203	1.523.533	1.516.480
Eylül	1.492.488	1.396.232	965.784
Ekim	1.566.244	1.580.408	1.523.754
Kasım	1.241.555	1.556.890	1.499.203
Aralık	1.609.684	1.138.526	1.585.429
Yıllık Ortalama	17.012.627	16.140.860	17.140.870

Tablo 3.6. Yaz ve kış ayları için her bir chillerin güçleri

Chiller Adı	Yazın Çekilen Güç (kW)	Kışın Çekilen Güç (kW)	Ortalama (kW)
Melamin Pres 1	32,26	17,64	24,95
Melamin Pres 2	32,61	17,55	25,08
Melamin Pres 3	25,52	12,33	18,92
Yonga Levha	131,47	74,53	103,00
Boya Hattı	60,33	29,94	45,13
Emprenye	30,00	30,00	30,00

Tablo 3.7. Chiller soğutma giriş ve çıkış sıcaklıkları, soğutma suyu debisi

	Chiller soğutma suyu giriş sıcaklığı (°C)	Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı (°C)	Soğutma suyu debisi (m ³ /h)
Boya Hattı Chiller (kış)	16,2	11,7	12,9
Boya Hattı Chiller (yaz)	17,5	13,1	26,5
Emprenye Chiller (kış)	19,6	13,4	9,6
Emprenye Chiller (yaz)	18,2	12,9	11,94
Melamin Pres 1 (kış)	19,2	14,5	6,85
Melamin Pres 1 (yaz)	21,3	16,7	13,99
Melamin Pres 2 (kış)	19,2	13,8	6,6
Melamin Pres 2 (yaz)	20,9	14,6	10,6
Melamin Pres 3 (kış)	17,3	12,6	4,97
Melamin Pres 3 (yaz)	18,9	13,8	9,36
Yonga Levha Chiller (kış)	18,2	12,9	29,16
Yonga Levha Chiller (yaz)	20,6	14,3	43,09



Şekil 3.3. Gaz türbini, kızgın yağ kazanı ve by-pass hattı

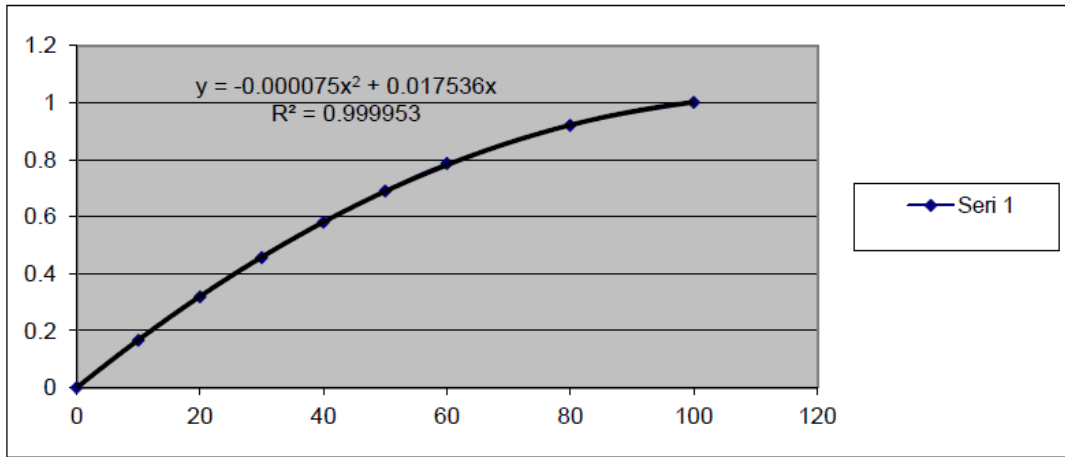


Şekil 3.4. Buhar jeneratörü

3.3. Hesaplar

3.3.1. Gaz türbini by-pass hattı atık ısı hesabı

Cips kurutma klapesi açıklık oranının cips kurutma ünitesine giren egzoz gazı debisine etkisi, daha önce yaptığımız testlerle bir fonksiyon grafiği olarak elde edilmiştir. Cips kurutma klape açıklık oranı-egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği oluşturulurken, farklı klape açıklık oranları seçilerek her bu oranlara karşı gelen egzoz gazı debisi deneysel olarak elde edilmiştir (klape açıklık oranı-egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği cips kurutma ünitesi kurulduktan sonra, ünitenin performans testi yapılırken fabrikamız mühendisleri tarafından deneysel çalışma yapılarak elde edilmiştir). Bu çalışmada, daha önce elde edilen “klape açıklık oranı egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği” kullanılarak by-pass hattından atmosfere salınan ısı hesabı yapılmıştır.



Şekil 3.5. Cips kurutma klape açıklık oranı- egzoz gazı debisi fonksiyon grafiği

Türbinin ürettiği elektriksel güç (kW): 6.556,1 (üç yıllık ortalama)

Ortam sıcaklığı (°C): 28

Türbin giriş sıcaklığı (°C): 695

Türbin çıkış sıcaklığı (°C): 476,3

Türbin giriş özgül ısısı Cp (kcal/kg°C): 0,2707

Türbin çıkış özgül ısısı Cp (kcal/kg°C): 0,2596

Egzoz gazı debi =

$$\frac{\text{Türbinin ürettiği güç} \times 860,11}{(\text{Türbin girişi } C_p \times (\text{türbin giriş sıcaklığı} - \text{ortam sıcaklığı}) - \text{Türbin çıkış } C_p \times \text{türbin çıkış sic.}} \quad (3.1)$$

Egzoz gazı debi=

$$\frac{6556,1 \times 860,11}{(0,2707 \times (695 - 28) - 0,25956 \times 476,3)} = 99,053,55 \text{ kg / h} \quad (3.2)$$

Türbin ısı kapasitesi =

$$\text{Egzoz gazı küt. Debi} \times \text{türbin giriş } C_p \times (\text{türbin giriş sic.} - \text{ortam sic.}) \quad (3.3)$$

$$\text{Türbin ısı kapasitesi} = 99,053,55 \times 0,2707 \times (695 - 28) = 17,884,02 \text{ kcal/h} \quad (3.4)$$

Türbin egzozundan çıkan ısı =

$$\text{Türbin ısı kapasitesi} - (\text{Türbinin ürettiği elektriksel güç} \times 860,11) \quad (3.5)$$

$$\text{Türbin egzozundan çıkan ısı} = 17,884,802 - (6,556,1 \times 860,11) = 12,245,835 \text{ kcal/h} \quad (3.6)$$

3.3.2. Yaz ve kış aylarında (ortalama) kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi

Kurutmada kullanılan ısı

$$= \text{Türbin egzozundan çıkan ısı} \times (-0,000075 \times \text{klape açıklığı} \times \text{klape açıklığı} +$$

$$+ 0,017536 \times \text{klape açıklığı} \quad (3.7)$$

$$\text{Kurutmada kullanılan ısı} = 12,245,835 \times (-0,000075 \times 61,94 \times 61,94 + 0,017536 \times 61,94) = 9,777,534 \text{ kcal/h}$$

Bypass hattından atılan ısı=

$$\text{Türbin egzozundan çıkan ısı} - \text{kurutmada kullanılan ısı} \quad (3.8)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12,245,835 - 9,777,534 = 2,468,300 \text{ kcal/h} \quad (3.9)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi

$$= \text{Bypass hattından atılan ısı} \times \text{kızgın yağ kaz. verimi} \times \text{buhar jen. verimi} \quad (3.10)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi

$$= 2,468,300 \times 0,9 \times 0,85 = 1,838,249,5 \text{ kcal/h} \quad (3.11)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon ehillerden elde edilecek soğutma yükü

$$\text{potansiyeli} = \text{COP} \times \text{atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi} \quad (3.12)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon chillerden elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli=

$$\frac{1,41 \times 1888249}{860,11} = 3,095 \text{ kW} \quad (3.13)$$

3.3.3. Yaz ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi

Yaz aylarında klape açıklık oranı (Mayıs - Ekim)

$$\frac{71,00 + 69,69 + 44,56 + 26,91 + 34,79 + 42,78}{6} = 48,29 \quad (3.14)$$

$$\text{Kurutmada kullanılan ısı} = 12,245,835 \times (-0,00'0075 \times 48,29 \times 48,29 + 0,017536 \times 48,29) = 8,228,210 \text{ kcal/h} \quad (3.15)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12,245,835 - 8,228,210 = 4,017,624 \text{ kcal/h} \quad (3.16)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi

$$= 4,017,624 \times 0,9 \times 0,85 = 3,073,482,4 \text{ kcal/h} \quad (3.17)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon çillilerden elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli

$$\frac{1,41 \times 3073482,4}{860,11} = 5,038 \text{ kW} \quad (3.18)$$

3.3.4. Kış ayları kurutmada kullanılan ve bypass hattından atılan ısı enerjisi

Yaz aylarında klape açıklık oranı (Mayıs - Ekim)

$$\frac{69,90 + 89,64 + 83,90 + 84,21 + 57,33 + 68,61}{6} = 75,60 \quad (3.19)$$

$$\text{Kurutmada kullanılan ısı} = 12.245.835 \times (-0,000075 \times 75,60 \times 75,60 + 0,017536 \times 75,60) = 10,985,366 \text{ kcal/h} \quad (3.20)$$

$$\text{Bypass hattından atılan ısı} = 12,245,835 - 10,985,366 = 1,260,469 \text{ kcal/h} \quad (3.21)$$

Atık ısıdan üretilecek buharın enerjisi

$$= 1,260,469 \times 0,9 \times 0,95 = 964,258,8 \text{ kcal/h} \quad (3.22)$$

Buharın enerjisi kullanılarak absorpsiyon ehillerden elde edilebilecek soğutma yükü potansiyeli

Boya Hattı Chiller (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (\text{Yıldız bağlantıda}) \quad (3.23)$$

$$\sqrt{3 \times 229,01} = \sqrt{396,65} \text{ V} \quad (3.24)$$

$$I = 51,50 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,85$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{cos } \phi}{1000} \quad (3.25)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 396,65 \times 51,50 \times 0,85}{1000} = 29,94 \text{ kW} \quad (3.26)$$

$$U = \text{Gerilim (V)} \quad \text{Cos } \phi = \text{Güç Faktörü}$$

$$I = \text{Akün (A)} \quad P = \text{Aktif Güç (W)}$$

Chiller soğutma suyu siliş sıcaklığı: 16,2°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 11,7°C

Soğutma suyu debisi; 12,9 m³ /h

Boya Hattı Chiller (yaz)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.27)$$

$$= \sqrt{3} \times 229 = 396,63 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.28)$$

$$I = 103,93 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,85$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi}{1000} \quad (3.29)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 396,65 \times 103,93 \times 0,85}{1000} = 60,33 \text{ kW} \quad (3.30)$$

U = Gerilim (V)

Cos ϕ = Güç Faktörü

I = Akım (A)

P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 17.5°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 11,7°C

Cihler soğutcu suyu çıkış sıcaklığı: 13.1°C

Soğutma suyu debisi; 26,5 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{26500 \times 1 \times (17,5 - 13,1)}{860,11} = 135,56 \text{ kW} \quad (3.31)$$

Emprenye Chiller (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.32)$$

$$= \sqrt{3} \times 223,45 = 387,02 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.33)$$

$$I = 56,20 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,80$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi}{1000} \quad (3.34)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 387,02 \times 56,203 \times 0,80}{1000} = 30 \text{ kW} \quad (3.35)$$

U = Gerilim (V) Cos ϕ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 19,6°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 13,4°C

Cihler soğutcu suyu çıkış sıcaklığı: 13,1°C

Soğutma suyu debisi; 9,6 m³/h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{9600 \times 1 \times (19,6 - 13,4)}{860,11} = 69,20 \text{ kW} \quad (3.36)$$

Emprenye Chiller (yaz)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.37)$$

$$= \sqrt{3} \times 223,45 = 387,02 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.38)$$

I = 56,20 A Cos ϕ = 0,80

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi}{1000} \quad (3.39)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 387,02 \times 56,203 \times 0,80}{1000} = 30 \text{ kW} \quad (3.40)$$

U = Gerilim (V) Cos ϕ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 18,2°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 12,9°C

Soğutma suyu debisi; 11,94 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{11940 \times 1 \times (18,2 - 12,9)}{860,11} = 73,57 \text{ kW} \quad (3.41)$$

Melamin Pres 1 (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.42)$$

$$= \sqrt{3} \times 226,75 = 392,74 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.43)$$

$$I = 32,37 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,80$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{cos } \phi}{1000} \quad (3.44)$$

$$= \frac{\sqrt{3} \times 392,74 \times 32,37 \times 0,80}{1000} = 17,64 \text{ kW} \quad (3.45)$$

U = Gerilim (V) Cosφ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 19,2°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 14,5°C

Soğutma suyu debisi; 6,85 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{6850 \times 1 \times (18,2 - 14,5)}{860,11} = 37,43 \text{ kW} \quad (3.46)$$

Melamin Pres 1 (yaz)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.47)$$

$$= \sqrt{3} \times 224,27 = 388,44 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.48)$$

$$I = 57,81 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,83$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 388,44 \times 57,81 \times 0,83}{1000} = 32,26 \text{ kW} \quad (3.49)$$

$$U = \text{Gerilim (V)} \quad \text{Cos } \phi = \text{Güç Faktörü}$$

$$I = \text{Akım (A)} \quad P = \text{Aktif Güç (W)}$$

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 21,3°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 16,7°C

Soğutma suyu debisi; 13,99 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{1399 \times 1 \times (21,3 - 16,7)}{860,11} = 74,82 \text{ kW} \quad (3.50)$$

Melamin Pres 2 (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.51)$$

$$= \sqrt{3} \times 226,45 = 392,22 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.52)$$

$$I = 32,21 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,80$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 392,22 \times 32,2 \times 0,80}{1000} = 17,55 \text{ kW} \quad (3.53)$$

$$U = \text{Gerilim (V)} \quad \text{Cos } \phi = \text{Güç Faktörü}$$

$$I = \text{Akım (A)} \quad P = \text{Aktif Güç (W)}$$

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 19,2 °C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 13,8 °C

Soğutma suyu debisi; 6,6 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{6600 \times 1 \times (19,2 - 13,8)}{860,11} = 41,44 \text{ kW} \quad (3.54)$$

Melamin Pres 2 (yaz)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.55)$$

$$= \sqrt{3} \times 224,42 = 388,70 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.56)$$

$$I = 58,93 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,82$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 388,70 \times 58,93 \times 0,82}{1000} = 32,61 \text{ kW} \quad (3.57)$$

U = Gerilim (V) Cos ϕ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 20,9°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 14,6°C

Soğutma suyu debisi; 10,6 m³/h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{10600 \times 1 \times (20,9 - 14,6)}{860,11} = 77,64 \text{ kW} \quad (3.58)$$

Melamin Pres 3 (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.59)$$

$$= \sqrt{3} \times 225,14 = 389,95 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.60)$$

$$I = 24,08 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,76$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 389,95 \times 24,08 \times 0,76}{1000} = 12,13 \text{ kW} \quad (3.61)$$

U = Gerilim (V) Cos ϕ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 17,3 °C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 12,6 °C

Soğutma suyu debisi; 4,97 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{4970 \times 1 \times (17,3 - 12,6)}{860,11} = 27,16 \text{ kW} \quad (3.62)$$

Melamin Pres 3 (yaz)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.63)$$

$$= \sqrt{3} \times 224,73 = 389,95 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.64)$$

I = 47,38 A Cos φ = 0,80

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 389,24 \times 47,38 \times 0,80}{1000} = 25,52 \text{ kW} \quad (3.65)$$

U = Gerilim (V) Cosφ = Güç Faktörü

I = Akım (A) P=Aktif Güç (W)

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 18,9°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 13,8°C

Soğutma suyu debisi; 9,36 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{9360 \times 1 \times (18,9 - 13,8)}{860,11} = 55,50 \text{ kW} \quad (3.66)$$

Yonga Levha Chiller (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.67)$$

$$= \sqrt{3} \times 225,77 = 391,04 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.68)$$

$$I = 148,02 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,74$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 391,04 \times 148,02 \times 0,74}{1000} = 74,53 \text{ kW} \quad (3.69)$$

$$U = \text{Gerilim (V)} \quad \text{Cos } \phi = \text{Güç Faktörü}$$

$$I = \text{Akım (A)} \quad P = \text{Aktif Güç (W)}$$

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 18,2 °C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 12,9 °C

Soğutma suyu debisi; 29,16 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{29160 \times 1 \times (18,2 - 12,9)}{860,11} = 179,68 \text{ kW} \quad (3.70)$$

Yonga Levha Chiller (kış)

$$U = \sqrt{3} \times U_{\text{faz}} \quad (3.71)$$

$$= \sqrt{3} \times 223,16 = 386,52 \text{ V (Yıldız bağlantıda)} \quad (3.72)$$

$$I = 253,57 \text{ A} \quad \text{Cos } \phi = 0,77$$

$$P = \frac{\sqrt{3} \times U \times I \times \text{Cos } \phi}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 386,52 \times 253,57 \times 0,77}{1000} = 131,47 \text{ kW} \quad (3.73)$$

$$U = \text{Gerilim (V)} \quad \text{Cos } \phi = \text{Güç Faktörü}$$

$$I = \text{Akım (A)} \quad P = \text{Aktif Güç (W)}$$

Chiller soğutma suyu suyu giriş sıcaklığı: 20,6°C

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı: 14,3°C

Soğutma suyu debisi; 43,09 m³ /h

$$\text{Soğutma yükü} = \frac{43090 \times 1 \times (20,6 - 14,3)}{860,11} = 315,62 \text{ kW} \quad (3.74)$$

Tablo 3.8. Mevcut mekanik chillerlerin soğutma yükleri (ölçülen değerler)

Chiller Adı	Kışın Soğutma Yükü (kW)	Yazın Soğutma Yükü (kW)
Melamin Pres 1	37,43	74,82
Melamin Pres 2	41,44	77,64
Melamin Pres 3	27,16	55,50
Yonga Levha	179,68	315,62
Boya Hattı	67,49	135,56
Emprenye	69,20	7357
Toplam	422,40	732,71

Tablo 3.9. Gaz türbini egzoz gazı bypass hattı atık ısısından elde edilecek soğutma potansiyeli ve soğutma yapılacak noktalarda gerekli olan soğutma yükü

Mevsimler	Mekanik Chillerler Soğutma Yükü (kW)	Gaz Türbini Giriş Havaısı Soğutma Yükü (kW)	Atık Isıdan Elde Edilecek Soğutma Potansiyeli (kW)	Absorpsiyonlu Chiller Kapasitesi (kW)
Kış	422,40	-	1,581	2,326
Yaz	732,71	~900	5,038	

Tablo 3.9’da görüldüğü gibi gerek atık ısıdan elde edilecek soğutma potansiyeli, gerekse Absorpsiyon chiller kapasitesi hem yaz hem de kış aylarında mekanik chiller için yeterlidir. Proje kapsamında alınan absorpsiyonlu chillerin kataloğu incelendiğinde 10,2 kW güç tüketimi olduğu görülmektedir. Hesaplarımızda bir miktar emniyet payı bırakmak açısından absorpsiyonlu chillerin güç tüketimi 15 kW olarak alınmıştır.

Yukarıda yapılan tüm hesaplamalar projenin uygulanmadan önce ki hesaplamalarıdır. Proje uygulaması sonrasında ise gerçekleşen değerler aşağıda ki gibidir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uygulama sonrasında, mevcut mekanik chillerler kapatılıp tesis soğuk su ihtiyacı yeni alınan ve mevcut olan absorpsiyon chillerler ile sağlanmaya başlanmıştır. Uygulama sonrasında yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde elde edilen değerler şu şekildedir.

Tablo 4.1. Uygulama sonrası alınan ölçüm sonuçları

Ölçüm Yapılan Alan	Soğutma Suyu Debisi (m ³ /h)	Su Giriş Sıcaklığı (°C)	Su Çıkış Sıcaklığı (°C)
Melamin Pres 1-2-3	16,62	10,70	6,70
Yonga Levha	92,25	11,50	6,90
Boya Hattı	18,23	9,90	6,700
Emprenye	15,62	9,30	6,80

Uygulama sonrası hatlarda debiler, sıcaklıklar ölçülmüş değerler Tablo 4.1’de de gösterilmiştir. Ayrıca sistemde enerji analizörü bağlanarak aşağıda ki elektrik enerji tüketimleri ölçülmüştür.

Absorpsiyonlu chiller iç tüketimi (elektrik) = 4,50 kW

Soğutma kulesi pompa tüketimi (elektrik) = 9,10 kW

Uygulama sonrası gerçekleşen toplam tüketim (elektrik) = 13,6 kW

Tablo 4.2. Uygulama sonrası soğutma yükü hesapları

Ölçüm Yapılan Alan	Soğutma Suyu Debisi (m ³ /h)	Su Giriş Sıcaklığı (°C)	Su Çıkış Sıcaklığı (°C)	Özgül Isı (kJ/kg. °C)	Yoğunluk (kg/m ³)	Soğutma Suyu Debisi (kg/h)	Soğutma Gücü (kW)
Melamin Pres 1-2-3	16,62	10,7	6,7	4,19	999,831	16.617,19	77,36
Yonga Levha	92,25	11,5	6,9	4,19	999,794	92.231,00	493,79
Boya Hattı	18,23	9,9	6,7	4,19	999,858	18.227,41	67,89
Emprenye	15,62	9,3	6,8	4,19	999,873	15.618,02	45,44
TOPLAM							684,48

Uygulama sonrası hesaplanan soğutma yük hesapları tablo 4.2’de gösterilmiştir. Örnek olması için Melamin 1-2-3 de ki hesaplama aşağıda verilmiştir.

Uygulama sonrası için örnek hesap;

-Melamin Pres 1-2-3

Chiller soğutma suyu giriş sıcaklığı : 10,7 °C (T_g)

Chiller soğutma suyu çıkış sıcaklığı : 6,7 °C ($T_ç$)

Soğutma suyu hacimsel debisi : 16,62 m³/h (V)

Özgül Isı : 4,19 kJ/kg.K (cp)

Su Yoğunluğu : 999,831 kg/m³ (d) 19

Soğutma suyu kütleli debisi (m)

$$m=V \times d=16,62 \text{ (m}^3\text{h)} \times 999,831 \text{ (kgm}^3\text{)}=16.617,19 \text{ (kg/h)} \quad (4.1)$$

$$\text{Soğutma Yüğü} = m \times c_p \times (T_g - T_ç) \quad (4.2)$$

$$= 16.617,19 \text{ (kg/h)} \times 4,19 \text{ (kJkg.K)} \times [10,7 \text{ (}^\circ\text{C)} - 6,7 \text{ (}^\circ\text{C)}] \times (1\text{h} \times 3600\text{s)} \quad (4.3)$$

$$\text{Soğutma Yüğü} = 77,36 \text{ (kW)} \quad (4.4)$$

Tablo 4.2’de belirtilen diğér değerlerde bu mantıkla hesaplanan değerlerdir.

Uygulama öncesi chillerlerin ortalama soğutma yüğü

$$=(422,40+732,712)/2=577,56 \text{ kW (Tablo 4.3)} \quad (4.5)$$

Tablo 4.3. Uygulama sonrası enerji tasarruf hesapları

Ekipman Adı	Uygulama Öncesi			Uygulama Sonrası			Enerji Tasarrufu
	Yazın çekilen güç (kW)	Kışın çekilen güç (kW)	Ortalama (kW)	Yazın çekilen güç (kW)	Kışın çekilen güç (kW)	Ortalama (kW)	Ortalama (kW)
Melamin pres-1 Chiller	32,26	17,64	24,95	-	-	-	24,95
Melamin pres-2 Chiller	32,61	17,55	25,08	-	-	-	25,08
Melamin pres-3 Chiller	25,52	12,33	18,92	-	-	-	18,92
Yonga levha Chiller	131,47	74,53	103,00	-	-	-	103,00
Boya hattı Chiller	60,33	29,94	45,13	-	-	-	45,13
Emprenye Chiller	30,00	30,00	30,00	-	-	-	30,00
Absorbsiyonlu Chiller İç Tüketimi	-	-	-	4,50	4,50	4,50	-4,50
Soğutma Kulesi Pompa Tüketimi	-	-	-	9,10	9,10	9,10	-9,10
Toplam			247,08			13,60	233,48

-Melamin Pres-1 Mekanik Chiller için örnek tasarruf hesabı

Birim Enerji Tasarrufu=Birim Enerji Tüketimi uygulama öncesi–Birim Enerji Tüketimi uygulama sonrası

$$\text{Birim Enerji Tasarrufu}=24,95 \text{ (kW)}-0 \text{ (kW)}=24,95 \text{ (kW)} \quad (4.6)$$

Uygulama öncesi ve sonraki gerçekleşen güç tüketimleri tablo 3.12’de görülmektedir. Yapılan ölçüm ve hesaplamalar neticesinde uygulama öncesinde mekanik chillerlerin çekmiş olduğu ortalama saatlik güç 247,08 kW iken aynı soğutma yükünü absorpsiyon chiller sayesinde saatlik ortalama güç 13,6 kW ile gerçekleştirilmiştir. Bu yolla da ortalama saatlik 233,48 Kw enerji tasarrufu yapılmıştır.

Toplam tasarruf hesabı

$$\text{Toplam Birim Enerji Tasarrufu}=\text{Birim Enerji Tüketimi uygulama öncesi}-\text{Birim Enerji Tüketimi uygulama sonrası} \quad (4.7)$$

$$\text{Toplam Birim Enerji Tasarrufu}=247,08 \text{ (kW)}-13,60\text{(kW)}=233,48 \text{ (kW)} \quad (4.8)$$

$$\text{Enerji Tasarrufu}=233,48 \text{ (kW)} \times 8.160 \text{ (h/yıl)}=1.905.196,80 \text{ (kWh/yıl)} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} \text{Mali Tasarruf}&=1.905.196,80 \text{ (kWh/yıl)} \times 0,065625 \text{ (Euro/kWh)} \\ &=125.028 \text{ (Euro/yıl)} \end{aligned} \quad (4.10)$$

$$\text{Proje Yatırım Maliyeti}=312.454 \text{ (Euro)}$$

$$\text{BGÖS}=312.454 \text{ (Euro)}/125.028 \text{ (Euro/yıl)}=2,50 \text{ (yıl)} \quad (4.11)$$

Uygulanan bu proje ile proses soğutma ihtiyacı için kullanılan mekanik chiller yerine gaz türbini egzoz gazı atık ısıdan üretilen kızgın yağ ile buhar elde edilmiş ve ısı kaynağı bu buhar olan absorpsiyon chiller tesis edilerek mekanik chillerin kullandığı elektrik enerjisinden tasarruf sağlanmıştır. Mevcut mekanik chillerin harcadığı 1.893.773 kWh/yıl elektrik enerji tüketimini absorpsiyonlu chiller kullanılarak ortadan kaldırılmıştır. Gaz türbini egzoz gazı atık ısı kullanılarak prosesin ihtiyacı olan soğutmanın absorpsiyonlu chiller ile sağlanması ve bu sayede atık ısı geri kazanımı sağlanmıştır. Gaz Türbini emiş havasının soğutulması ile %2-3 üretilen elektrik başına tüketilen özgül yakıt tüketiminde azalma sağlamıştır. Proje geri ödeme süresi yaklaşık 2,5 yıl olarak gerçekleşmiştir.

Özellikle ülkemiz gibi enerjide dışa bağımlı ülkeler, enerji verimliliği çalışmalarına ağırlık vermelidir. Ülkemiz sanayisinde faaliyet gösteren firmalar enerji tüketimlerini takip etmeli ve işletmelerindeki enerji verimliliği potansiyellerini araştırarak bunlar üzerinde projeler üretmeleri gerekmektedir. Bu alanda devlet teşviklerinden de istifade imkânları araştırılarak projelerin geri ödeme süreleri de düşürülebilir.

KAYNAKLAR

Akbulut T., Orüs Vezirköprü Yonga levha Fabrikasında Üretilen Levhaların Teknolojik Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1991, 17875.

Akkılıç H., Farklı Yüzey Malzemeleriyle Kaplanmış Yonga Levhalarda Teknolojik Özelliklerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998, 77976.

Alıcı Y., Atık ve Çimento Kullanarak Üretilen Levhaların Mekaniksel Özellikleri. Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Endüstri Mühendisliği Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 2004.

Babadağlı A., Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Termoekonomik Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2005, 197833.

Bars E., Egzoz Gazı ile Çalışan Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Frigorifik Kasalı Taşıtlarda Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2017, 474099.

Cimşit C., Absorpsiyonlu Buhar Sıkıştırımlı Kaskad Soğutma Çevrimlerinin Termodinamik ve Termoekonomik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2009, 259416.

Çelik A.T., Absorpsiyonlu Soğutma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, 2007, 211991.

Çelik S., Motorlu Testere Talaşının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2017, 479897.

Çengel A.Y., Boles A.M., Thermodynamics: An engineering Approach, *McGraw-Hill*, New York, 1996.

Dunky M., Urea-Formaldehyde Adhesive for Wood, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 1998, **18**, 95-107.

Genceli O., *ASHRAE Temel El Kitabı (Fundamentals)*, Alaş Ofset, İstanbul, 1996.

Goralı E., Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 185606.

Grossman G., Solar Powered Systems for Cooling Dehumidification and Airconditioning, *Solar Energy*, 2002, **72** (1), 53–62.

Güler C., Pamuk Saplarından Yonga Levha Üretimi Olanaklarının Araştırılması, Doktora Tezi, Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2001, 105782.

Hilali İ., Bulut H., Karadağ R., Güneş Enerjisi ile Çalışan Tek kademeli LiBr/H₂O'lu Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi için Optimum Koolektör Alanının Tespiti, *TMMOB Makine Mühendisleri Odası Güneş Enerjisi Sistemleri Sempozyumu ve Sergisi*, 24-25 Haziran 2005.

Kalaycıoğlu H., Özen R. Yonga levha endüstrisi ders notları, 3. Basım, KTÜ, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Trabzon, 2012.

Masraf Y., Üç Tabakalı Yatık Yongalı Yonga Levha Üretiminde Üretim Şartlarının Değiştirilmesinin Levhaların Mekanik ve Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın, 2005, 198253.

Nemli G., Çolak, S., Laminat Endüstrisinde Üre ve Melamin Formaldehit Tutkalları, *Ağaç Makineleri*, 2002, **4**, 46-48.

Nemli, G., Hızıroğlu, S., Usta, M., Serin, Z., Özdemir, T., Kalaycıoğlu, H., Effect of Residue Type and Tannin Content on Properties of Particleboard Manufactured From Black Locust, *Forest Products Journal*, 2004, **54** (2), 36-40.

Nemli, G., Kalaycıoğlu, H., Alp, T., Suitability of Date Palm (*Phoenix dactylifera*) for Particleboard Production, *Holz als Roh und Werkstoff*, 2001, **59** (6), 411- 412.

Özen, R., *Yonga levha endüstrisi ders notları*, KTÜ Orman Fakültesi Ders Notları Yayın No: 30, Trabzon, 1980.

Sevinç, K., Mikro Ölçekli Bir Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Tasarımı ve Performans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2014, 371332.

Sevinçli Y., Atık Lavanta Bitkisinden Üretilen Yonga levhaların Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2014, 353534.

TS EN 309, *Ahşap yonga levhalar-tarif ve sınıflandırma*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 1999.

Ulaş, Ö., Güneş Enerjili Isıtma ve Absorpsiyonlu Soğutma Sisteminin Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2010, 502681.

Wang, D., Sun X.S., Low Density Particleboard From Wheat Straw And Corn Pit, *Industrial Crops and Products*, 2002, **15**, 43–50

Yenigün Durmuş, E., Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2010, 274869.

Yeniocak, M., Bağ Budama Artıklarının Yonga Levha Üretiminde Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2008, 179521.

Yılmaz, H., Güneş Enerjili Absorpsiyonlu Soğutma Sistemlerinin Farklı Soğutucu Akışkan Çiftleri İçin Termodinamik Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2018, 505926.



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Oral B., Eyidoğan M., Yonga Levha Tesisinde Örnek Bir Absorbsiyon Chiller Uygulaması, *Imascongress*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 26-28 Nisan 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında İnegöl/Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İnegöl'de tamamladı. 1992 yılında girdiği Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden 1997 yılında Makine Mühendisi olarak mezun oldu. 1996-1997 Aska Doğalgaz Proje Mühendisi, Eskişehir 1997-1998 Starwood Orman Ürünleri A.Ş. Kontrplak Bakım Mühendisi, İnegöl 1998-2003 Starwood Orman Ürünleri A.Ş. Yonga levha Bakım Şefi, İnegöl 2003-2004 Kastamonu Bulgaria Bakım Şefi Bulgaristan'da çalıştı. 2004 yılından beri Kastamonu Entegre Ağaç Sanai A.Ş. Balıkesir Tesislerinde çeşitli görevlerde çalıştıktan sonra şu an Mekanik Bakım ve Yrd. İşletmeler Müdürü olarak görev yapmaktadır.