

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÜNEŞ ENERJİLİ HİBRİT KOLEKTÖR TASARIMI
VE KATAMARAN UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Gökhan TAŞTAN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

**Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE
İMALAT**

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Yavuz SOYDAN

Eylül 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÜNEŞ ENERJİLİ HİBRİT KOLLEKTÖR TASARIMI
VE KATAMARAN UYGULAMASI


YÜKSEK LİSANS TEZİ

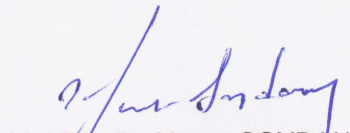
Mak.Müh. Gökhan TAŞTAN

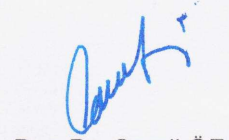
Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : MAKİNA TASARIM VE
İMALAT

Bu tez 14/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Doç.Dr. Sakıp KÖKSAL
Jüri Başkanı


Yrd.Doç.Dr. Yavuz SOYDAN
Üye


Doç.Dr. Cemil ÖZ
Üye

ÖNSÖZ

Günümüzde kullanılmakta olan fosil yakıtların rezervlerinin azalması ve çevre konusunda endişeler mühendisleri daha çevreci araçların tasarımına yönlendirmiştir. Yeşil tasarımlar diyebileceğimiz bu çalışmalar emisyon ve verimlilik açısından gelecek vaat etmekte ve geleceğin araçları olması konusunda emin adımlarla ilerlektedirler. Çalışmamı bu gelişmelerin neticesinde güneş enerjisi ile temiz elektrik üretilebilmesi ve bu enerjinin sıfır emisyonuya sahip katamarana uygulanabilmesi ve soğutma için gerekli olan ısı pompası sistemini besleyebilmesi üzerinde gerçekleştirdim. Yapılan çalışma; katamaranı çalıştıracak yakıt pilinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için gerekli soğutma işleminin yapılmasının yanı sıra, bu soğutmanın ısı pompası ile yapılabilmesini ve gerekli enerjinin foto-voltaik panellerden karşılanabilmesini kapsamaktadır. Bu noktada ısı pompalarının çalışma prensiplerini, çeşitlerini ve sistem için gerekli enerjinin nelere göre değişebileceği ifade edilmiştir.

Bu çalışmayı yapmama olanak sağlayan, tecrübe ve bilgilerinden yararlanmama izin veren sayın danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Yavuz SOYDAN'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca çalışmalarım esnasında her zaman destekçi olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLOLAR LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY.....	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
ISI POMPALARI.....	3
2.1. Isı Pompası Çevrimleri.....	3
2.1.1. Ters carnot çevrimi.....	4
2.1.2. İdeal buhar sıkıştırırmalı buhar çevrimi.....	5
2.1.3. Gerçek buhar sıkıştırırmalı buhar çevrimi.....	7
2.1.4. Çok kademeli sıkıştırma yapılan soğutma çevrimi.....	8
2.2. Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması.....	9
2.2.1. Hava kaynaklı ısı pompaları.....	9
2.2.2. Su kaynaklı ısı pompaları.....	10
2.2.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları.....	11
2.2.4. Güneş kaynaklı ısı pompaları.....	12
BÖLÜM 3.	
GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ.....	13

3.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri.....	13
3.1.1. Düzlemsel güneş kolektörleri.....	13
3.1.2. Vakumlu güneş kolektörleri.....	15
3.2. Yüksek Sıcaklık Sistemleri.....	15
3.2.1. Parabolik oluk kolektörleri.....	15
3.2.2. Parabolik çanak sistemler.....	15
3.2.3. Merkezi alıcı sistemler.....	16
3.5.3. Yeniden sıkışma indisi.....	16
3.3. Fotovoltaik Sistemler.....	16

BÖLÜM 4.

UYGULAMA.....	24
4.1. Sistemin Tanıtılması.....	24
4.2. Isıl Kazanç Hesaplamaları.....	27
4.2.1. Ortalama taşınım katsayısının hesaplanması ($h_{dış}$).....	27
4.2.2. Katamaranın iç mahalının ısı kazancının hesaplanması.....	29
4.2.3. Fotovoltaik panele gelen ısı miktarının belirlenmesi.....	32
4.3. Toplam Soğutma Yükünün Belirlenmesi.....	36
4.4. Gerekli Hesaplamalar.....	36
4.4.1. Soğutucu akışkanın çalışma değerleri.....	36
4.4.2. Soğutucu akışkanın kütleli debisinin hesaplanması.....	37
4.4.3. Kompresör gücünün hesaplanması.....	37
4.4.4. Kondenser gücünün hesaplanması.....	37
4.4.5. Isı pompasının etkinlik katsayısının hesaplanması (COP).....	38
4.4.6. Soğutma suyunun toplam debisinin ve giriş çıkış sıcaklıklarının belirlenmesi.....	38
4.4.7. Sirkülasyon pompalarının belirlenmesi.....	41
4.4.8. Sistemin ihtiyacı olan tüm elektrik gücünün belirlenmesi.....	41
4.4.9. Gerekli fotovoltaik panel adedinin (alanının) belirlenmesi.....	42
4.4.10. Bulunan sonucun değerlendirilmesi.....	42
4.4.11. Alternatif soğutma sistemi tasarımı.....	43

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR.....	53
EKLER.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	63

SİMGELER LİSTESİ

A	: Alan (m^2)
AC	: Alternatif akım
COP	: Etkinlik katsayısı
COP _{IP}	: Isı pompası etkinlik katsayısı
COP _{SM}	: Soğutma makinası etkinlik katsayısı
C _{su}	: Sabit basınçta suyun özgül ısısı ($\frac{kJ}{kgK}$)
°C	: Santigrad (derece)
DC	: Doğru akım
FRP	: Fiber reinforced polyester
h	: Entalpi ($\frac{kJ}{kgK}$)
h _ç	: Sistemden çıkan soğutucu akışkanın entalpi değeri ($\frac{kJ}{kg}$)
h _{dış}	: Belirtilen şartlarda dış ortam için ortalama taşınım katsayısı ($\frac{W}{m^2K}$)
h _g	: Sisteme giren soğutucu akışkanın entalpi değeri ($\frac{kJ}{kg}$)
h _{iç}	: İç ortam için ortalama taşınım katsayısı ($\frac{W}{m^2K}$)
h ₁	: Doymuş buhar entalpisi ($\frac{kJ}{kg}$)
h ₂	: Kızgın buharın entalpisi ($\frac{kJ}{kg}$)
h ₃	: Doymuş sıvının entalpisi ($\frac{kJ}{kg}$)
h ₄	: Sıvı buhar karışımının entalpisi ($\frac{kJ}{kg}$)
g	: Yerçekimi ivmesi (m/s^2)
K	: Kelvin (K)
k	: Isı iletim katsayısı ($\frac{W}{mK}$)
k _{FRP}	: FRP malzemesinin ısı iletim katsayısı ($\frac{W}{mK}$)
KW	: Kilowatt

L	: Uzunluk (m)
L_{FRP}	: FRP malzemesinin kalınlığı (m)
m	: metre
\dot{m}_r	: Soğutucu akışkanın kütlelel debisi (kg/s)
$\dot{m}_{fan-coil}$: Fan-coilin içinde dolaşan soğutma suyunun debisi (kg/s)
$\dot{m}_{p-v \text{ panel}}$: P-V paneli içinde dolaşan soğutma suyunun debisi (kg/s)
$\dot{m}_{yakıt-pili}$: Yakıt pili soğutma devresinden geçen soğutma suyunun debisi (kg/s)
Nu	: Nusselt sayısı
P	: Basınç (pa)
Pr	: Prandtl sayısı
P-V	: Fotovoltaik
R	: Isıl direnç ($\frac{m^2K}{W}$)
Re	: Reynold sayısı
T_f	: Film sıcaklığı (K)
$T_{karışım1}$: P-V ve fan-coil devresinden çıkıp karışan soğutma suyunun sıcaklığı ($^{\circ}C$)
$T_{karışım2}$: Fan-coil, P-V panel ve yakıt pili soğutma sularının karışım sıcaklığı ($^{\circ}C$)
T_s	: Yüzey sıcaklığı (K)
T_{∞}	: Hareketli akışkan (havanın) sıcaklığı (K)
$T_{çıkış-panel}$: Soğutma suyunun panellerden çıkış sıcaklığı ($^{\circ}C$)
U	: Ortalama ısı transfer katsayısı ($\frac{W}{m^2K}$)
U_{∞}	: Akışkan akış hızı (m/s)
$\dot{Q}_{evap.}$: Evaporatör gücü (W)
\dot{Q}_h	: Aktarılan ısı gücü (W)
$\dot{Q}_{kazanç}$: Isıl kazanç (W)
$\dot{Q}_{katamaran}$: Katamaranın ısı kazancı
$\dot{Q}_{kond.}$: Kondenser gücü (W)
\dot{Q}_1	: Çekilen ısı gücü
$\dot{Q}_{p-v \text{ panel}}$: Panellerden çekilmesi gereken ısı gücü (W)
$\dot{Q}_{soğutma \text{ suyu}}$: Hacimsel debi (m^3/s)
$\dot{Q}_{yakıt-pili}$: Yakıt pili ısı gücü (W)
$\dot{W}_{fan-coil}$: Fan-coilin çalışması için gerekli güç (W)
$\dot{W}_{komp.}$: Kompresör gücü (W)

\dot{W}_{net}	: Kompresörün harcadığı güç (W)
\dot{W}_{pompa1}	: Pompa 1' in gücü (W)
\dot{W}_{pompa2}	: Pompa 2' in gücü (W)
\dot{W}_{pompa3}	: Pompa 3' ün gücü (W)
\dot{W}_{pompa4}	: Pompa 4' ün gücü (W)
\dot{W}_{toplam}	: Toplam gerekli güç (W)
ν	: Viskozite (m^2/s)
ΔT	: Sıcaklık farkı
μ_m	: Işığın dalga boyu (μ_m)
η_m	: Mekanik verim

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Isı pompası sisteminin elemanları.....	3
Şekil 2.2.	Ters carnot çevriminin T-S diyagramı.....	4
Şekil 2.3.	İdeal buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi.....	6
Şekil 2.4.	Gerçek buhar sıkıştırmalı soğutma çevrimi.....	7
Şekil 2.5.	Çok kademeli sıkıştırma yapılan soğutma çevrimi.....	9
Şekil 3.1.	Fotovoltaik sistem şeması.....	17
Şekil 3.2.	Akülü p-v sisteminin gösterimi.....	21
Şekil 3.3.	P-V panel sistemi ve elemanlarının gösterimi.....	23
Şekil 4.1.	Yakıt pili ile çalışacak ve p-v panel destekli katamaran	25
Şekil 4.2.	Katamaranın toplam yüzey alanı	30
Şekil 4.3.	Tüm elemanların ısı pompası ile soğutulduğunun düşünüldüğü sistemin tesisat şeması.....	35
Şekil 4.4.	Alternatif soğutma sisteminin tesisat şeması.....	44
Şekil 4.5.	Temsili olarak çalışan eşanjör sistemi.....	48

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1.	Katamaran ait teknik veriler.....	24
Tablo 4.2.	Yakıt pilinin soğutma sistemi teknik bilgileri.....	26
Tablo 4.3.	FRP malzemesinin ısı iletim katsayısı.....	27
Tablo 4.4.	Ferrolı marka fan-coillere ait teknik bilgiler.....	31
Tablo 4.5.	Sakarya ili güneş ışı nım değ erleri (kwh/m ²).....	32
Tablo 4.6.	Sakarya ili ortalama sıcaklık değ erleri ve güneş lenme süreleri.....	33
Tablo 4.7.	Hibrit P-V panel teknik bilgileri.....	34
Tablo 4.8.	Seç ilen pompaların kodları ve sarfiyat değ erleri.....	41
Tablo 4.9.	Yakıt piline ait mekanik arayüz diyagramı.....	45
Tablo 4.10.	Seç ilen eş anjörlere ait teknik veriler.....	48
Tablo 4.11.	Seç ilen sirkülasyon pompaları ve harcadığı güç ler.....	49

ÖZET

Anahtar kelimeler: Isı pompası, fotovoltaik panel, güneş.

Günümüzde artan çevre kirliliği ve fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin kısa kalan ömürleri sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilim artmıştır. Bu çalışmada, gerekli tahrik gücünün yakıt pilinden sağlanacağı katamara için gerekli soğutma yükleri bulunup, bu soğutma yükünün ısı pompası ile göl suyuna atılması planlanmıştır. Ayrıca ısı pompasının ve diğer elamanların çalışması için gerekli elektrik enerjisinin de güneşten foto-voltaik paneller ile üretilmesi hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda teorik hesaplamalar yapılarak gerekli aracı akışkan miktarı, evaporatör, kondenser, kompresör ve sirkülyan pompalarının güçleri belirlenmiştir. Buna bağlı olarak gerekli fotovoltaik panel miktarı belirlenmiş, sistem boyutlandırılmış ve uygulanabilirliği sorgulanmıştır.

The DESIGN OF SOLAR POWERED HYBRID COLLECTOR and THE APPLICATION OF KATAMARAN

SUMMARY

Keywords: Heat pump, photovoltaic panels, sun.

The tendency for the renewable energy sources increases due to the short lives of fuel reserves and the environmental pollution that is growing nowadays. In this study, the cooling charges are found which are designed and are necessary for catamaran in which the required stimulation power will be supplied from fuel battery. In addition, it is planned to drop this cooling charges into the lake water with a heat pump. It is aimed to produce the electric energy that is necessary for the heat pump and the other components from the sun via photovoltaic panels.

In this direction, the theoretic calculations are done and the necessary amount of intermediary fluid, evaporator, condenser, compressor and circulation pumps strengths are defined. In connection with this, the necessary amount of photovoltaic panel is defined, the system is designed and its practicability is questioned.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya üzerinde enerji ihtiyacı, teknolojinin gelişmesine bağlı olarak her geçen gün artmaktadır. Kullanılmakta olan fosil yakıtları ise artan bu talep karşısında gün geçtikçe azalmaktadır. Bu nedenle son yıllarda alternatif enerji kaynaklarından faydalanan sistemler üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Alternatif enerji kaynakları olarak güneş, rüzgar, jeotermal enerji gibi enerjiler ön planda olup bunların içerisinde en yaygın ve bilinen en eski kaynak güneştir. Güneş enerjisi sürekli yenilenen ve masrafsız olması bakımından geniş bir kullanım alanına sahiptir. Sıcak su üretmek başta olmak üzere ortam ısıtma, elektrik üretme gibi pek çok alanda güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Güneş enerjisi sistemleri olarak daha çok su ısıtma sistemleri olan kolektörler kullanılmaktadır. Bu sistemler basit teknolojiye sahiptirler ve güneş enerjisinden direk olarak faydalanırlar. Bununla beraber güneş enerjisinden elektrik üretilebilmesi olanağı teknolojinin de sürekli gelişmesiyle artmaktadır.

Isı pompası, sıcaklığı düşük olan bir kaynaktan aldığı ısıyı kullanarak daha yüksek sıcaklığa sahip ortama aktaran sistemlerdir. Son yıllarda daha sık anılmasına rağmen, ısı pompası sistemleri prensip olarak uzun yıllar öncesinden bilinir [1].

Isı pompası teknolojisi mantık olarak ilk defa 1824'te ortaya çıkmıştır. Carnot, buharlı güç çevriminin ters çalıştırılması ile çevreden alınan ısının başka bir ortama aktarılabilceğini fark etmiştir. Ancak fikir olarak ilk defa Lord Kelvin tarafından 1852 yılında ortaya atılmıştır [2].

Bu sistemler uzun kış sezonu yaşayan Avrupa, Amerika ve İskandinav ülkelerinde sıkça kullanılmaktadır. Isı pompalarının kurulma maliyetleri yüksektir ancak uzun vadede diğer sistemlere oranla daha avantajlı duruma geçmektedir. İlk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen ısı pompası sistemlerinin kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır. Bu sistemlerde ısı kaynağı olarak genellikle su, toprak ve çevre

hava kullanılır. Su kaynaklı sistemler genellikle 5-18 °C sıcaklıklara sahip olan yaklaşık 80m yerin altındaki kuyu sularından faydalanılır. Toprak kaynaklı sistemler ise sıcaklığın sabit kaldığı derinliklerden enerji sağlamak zorundadır. Bunun yanında toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri daha karmaşık bir yapıya sahiptirler.

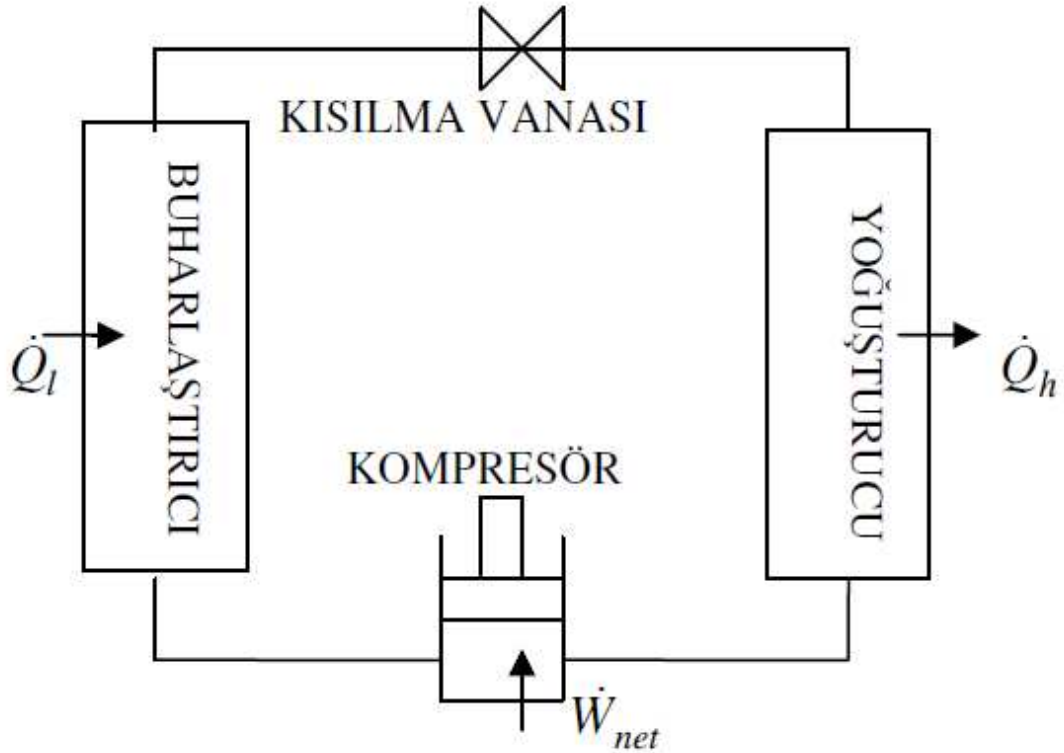
Isı pompası teknolojisi oldukça eski olmasına rağmen ülkemizde kullanımı son yıllarda artış göstermektedir. Bunun yanında ülkemizin güneş kuşağında yer alması güneş enerjisi ve ısı pompaları için yüksek performansla çalışmasını sağlar.

Bu çalışmada hibrit bir katamaran tasarlanması düşünülmüş olup, gerekli enerji ihtiyacını kendi bünyesinde üretebilmesi hedeflenmiştir. Katamaran hareketini sağlamak için gerekli motor tahrik gücünü yakıt pilinden sağlayacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken faktör, yakıt pilinin sürekliliğinin sağlanabilmesi için çalıştığı esnada istenilen değerde soğutulabilmesidir. İşte bu noktada gerekli soğutma işlemi için ve kullanılması düşünülen diğer cihazlar için ihtiyaç duyulan enerji de foto-voltaik panellerden karşılanmak suretiyle, katamaranın tüm enerji ihtiyacını kendi bünyesinde üretebilmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte konfor şartlarının sağlanabilmesi için katamaranın iç mahalininde soğutulması düşünülmüştür. Bu anlamda en az enerji ile istenilen şartların sağlanabilmesi için gerekli yöntemler ve büyüklükler tespit edilmiş olup en optimum tasarımın katamarana uygulanabilirliği sorgulanmıştır. Bu doğrultuda gerekli soğutma işlemi için su kaynaklı bir ısı pompasının teorik analizi yapılmış olup, ısı pompası sisteminin elemanları boyutlandırılmış ve bunun neticesinde gerekli sistemin ihtiyacı olan elektrik enerjisi miktarı tespit edilmiştir. Böylelikle bu enerjiyi üretecek p-v panel sayısı belirlenerek, gerekli p-v alanı bulunmuştur. Ayrıca ısı pompası sisteminde dolaştırılan aracı (soğutucu akışkan) R-134a seçilmiş ve hesaplar bu doğrultuda yapılmıştır.

BÖLÜM 2. ISI POMPALARI

2.1. Isı Pompası Çevrimleri

Isı pompaları prensip olarak soğutma makineleri ile benzer çalışma sistemine sahiptirler. Bu nedenle soğutma makinelerinin çevrimleri ısı pompaları içinde geçerlidir. Soğutma makinelerinin çalıştığı çevrimler ise buhar sıkıştırmalı çevrim olarak bilinen Ters Carnot Çevrimi'dir.



Sekil 2.1. Isı pompası sisteminin elemanları [2]

2.1.1. Ters carnot çevrimi

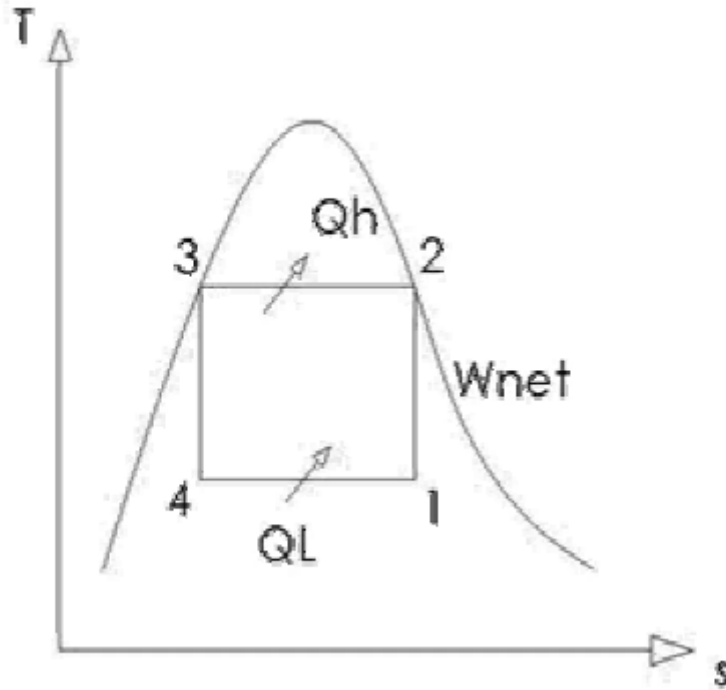
Isıl verim açısından en yüksek verime sahip çevrimdir. Ters Carnot Çevrimi, Carnot çevrimindeki hal değişimlerinin ters yönde gerçekleşmesi ile meydana gelir. Bu çevrime göre çalışan bir makineye Carnot makinesi denir. Ters Carnot çevriminin T-S diyagramındaki hal değişimleri şekildeki gibidir:

4-1 arası: Tersinir sabit basınçta ısı çekme işlemi

1-2 arası: Tersinir adyabatik sıkıştırma işlemi

2-3 arası: Sabit basınçta çevreye ısı geçişi

3-4 arası: Sabit entalpide kısılma (basınç düşmesi) işlemi



Sekil 2.2. Ters Carnot çevriminin T-S diyagramı [2]

Isı pompalarının termodinamik çevrime göre verimlilikleri COP (etkinlik katsayısı) ile belirtilir. Sekil 2.1.2. deki çevrime göre bir ısı pompasının etkinlik katsayısı ÇENGEL ve BOLES (1996)' a göre:

$$COP_{sm} = \frac{\dot{Q}_l}{\dot{W}_{net}} \quad (2.1)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{Q}_h - \dot{Q}_l \text{ (kW) olduğunda,} \quad (2.2)$$

$$COP_{sm} = \frac{\dot{Q}_l}{\dot{Q}_h - \dot{Q}_l} = \frac{1}{\frac{\dot{Q}_l}{\dot{Q}_h} - 1} \quad (2.3)$$

$$COP_{ip} = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{W}_{net}} \quad (2.4)$$

$$\dot{W}_{net} = \dot{Q}_h - \dot{Q}_l \text{ (kW)} \quad (2.5)$$

$$COP_{ip} = \frac{\dot{Q}_h}{\dot{Q}_h - \dot{Q}_l} = \frac{1}{1 - \frac{\dot{Q}_l}{\dot{Q}_h}} \quad (2.6)$$

$$COP_{ip} = COP_{sm} + 1 \text{ olarak bağıntı bulunur.} \quad (2.7)$$

Gerçek uygulamalarda Q_h ' nin bir bölümü havaya geçer ve durumda sıcaklığın çok düşük olması COP' un 1' in altına düşmesine neden olabilir. Günümüzde kullanılan ısı pompalarının ortalama COP değerleri 2-3 arasındadır. [1] . Soğutma makineleri ve ısı pompaları için ters Carnot çevrimi uygulanabilir olarak incelenebilmekte fakat uygulamaya aktarılması mümkün olmamaktadır. Isı geçişinin az olduğu iki izantropik hal değişimi uygulamada mümkün olabilir, nedeni doyma bölgesinde basıncın sabit kalması, sıcaklığında doyma sıcaklığında sabit kalmasını sağlar. Bu nedenle 4-1 ve 2-3 hal değişimleri buharlaştırıcı ve yoğunlaştırıcıdaki gerçek duruma yakındır ancak 1-2 ve 3-4 hal değişimlerinin uygulamada gerçekleştirilmesi zordur. Çünkü 1-2 hal değişimi bir sıvı buhar karışımının sıkıştırılmasına yani iki fazlı akışkanla çalışan bir kompresörü gerektirir. 3-4 hal değişimi ise sıvı oranı yüksek bir karışımın genişlemesidir. Bu nedenle ters Carnot çevrimi uygulamada gerçekleştirilemez.

2.1.2. İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

Ters Carnot çevriminin uygulanmasındaki engeller buharın sıkıştırılmasından önce tamamen buharlaştırılması ve 3-4 arasındaki hal değişiminde genişleme, kısılma vanası veya kılcal borulardan akışkanın geçirilmesi ile ortadan kaldırılabilir. Bu yöntemle yapılan çevrime “ideal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi” denir.

Çevrimi oluşturan hal değişimleri :

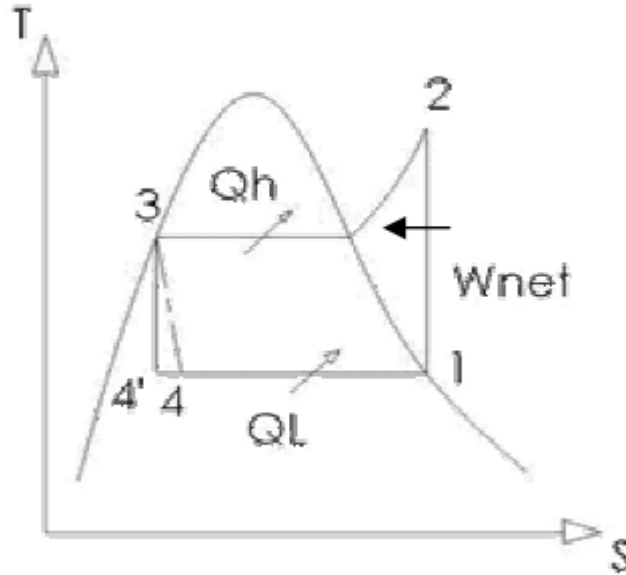
1-2: Kompresörde izantropik sıkıştırma

2-3: Sabit basınçta yoğuşturucudan çevreye ısı geçişi

3-4: Genişleme ve basınç düşmesi

4-1: Sabit basınçta buharlaştırıcıdan akışkana ısı geçişi

Soğutucu akışkan kompresöre doymuş buhar olarak girer (1) ve yoğuşturucu basıncına sıkıştırılır, bu sırada akışkanın sıcaklığı artar ve kızgın buhar olarak (2) yoğuşturucuya girerek doymuş sıvı halinde (3) yoğuşturucudan çıkar. Yoğuşma sırasında çevreye ısı geçişi olur.



Sekil 2.3. ideal buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimi [2]

Doymuş sıvı halindeki akışkan daha sonra kısılma vanası ya da kılcal borulardan geçerek buharlaştırıcı basıncına kısılır ve akışkanın sıcaklığı ortam sıcaklığının altına düşer. Soğutucu akışkan buharlaştırıcıya kuruluk derecesi düşük, doymuş bir sıvı – buhar karışımı (4) olarak girer ve soğutulan ortamdaki ısı olarak tamamen buharlaşır, daha sonra buharlaştırıcıdan doymuş buhar olarak çıkar ve çevrimi tamamlamak üzere kompresöre girer. Buhar sıkıştırırmalı soğutma çevriminde, ısı pompalarının etkinliği sürekli akışlı açık sistemin enerji korunumu denkleminde yola çıkılarak bulunabilir. [1] Akışkanın birim kütlesi için kinetik ve potansiyel enerjisi ihmal edilebilir olduğundan;

$$q-w=h_g-h_f \quad (\text{kJ/kg}) \quad (2.8)$$

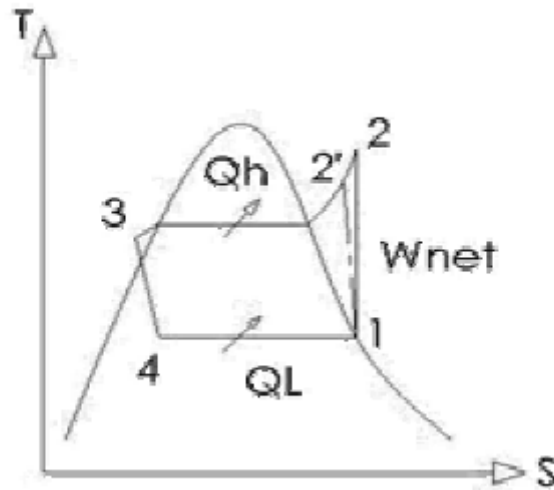
Kompresör adyabatik kabul edilir ve yoğuşturucu – buharlaştırıcı da iş etkileşimi olmadığından;

$$COP = \frac{q_h}{w_{net}} \quad (2.9)$$

$$COP_{\text{gerçek}} = \frac{q_h}{w_{net}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \quad (2.10)$$

2.1.3. Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi

İdeal buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi teorik olarak mümkün kabul edilebilir fakat uygulamada, sistemi meydana getiren elemanlarda ortaya çıkan tersinmezlikler nedeniyle gerçek çevrimler söz konusu olmaktadır. Aşağıdaki T-S diyagramında gerçek buhar sıkıştırımlı çevrim görülmektedir.



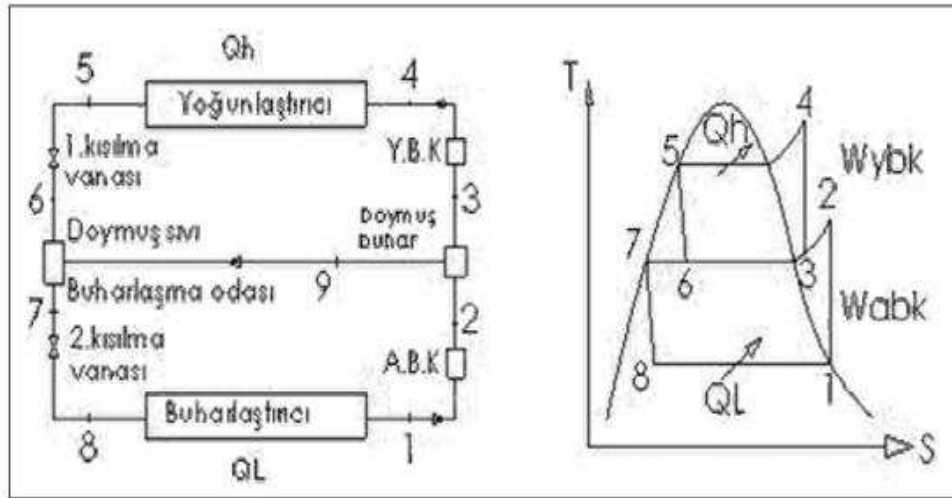
Sekil 2.4. Gerçek buhar sıkıştırımlı soğutma çevrimi [2]

İdeal çevrimde, akışkan kompresöre doymuş buhar olarak girmekte fakat uygulamada bu imkansız olduğundan sistem, akışkanın kompresör girişinde kızgın

buhar olmasını sağlayacak biçimde tasarlanır, böylece akışkan tümüyle buhar hale gelir. Ayrıca buharlaştırıcıyla kompresör arasındaki bağlantı uzundur. Böylece akışkana ısı geçişi ve sürtünmeden dolayı basınç düşmesi önem kazanır. Bunlara bağlı olarak akışkanın özgül hacminin ve dolayısıyla kompresör işinin artması söz konusudur. İdeal çevrimde sıkıştırma işlemi izantropiktir (içten tersinir ve adyabatik). Gerçek sıkıştırma işleminde entropiyi etkileyen sürtünme ve ısı geçişi vardır. Sürtünme entropiyi artırırken ısı geçişi yöne bağlı olarak entropiyi artırır veya azaltır. Bu etkilere bağlı olarak soğutucu akışkanın entropisi sıkıştırma işlemi esnasında artabilir veya azalabilir (1-2 hal değişimi). Kompresör işinin 1-2 hal değişiminde daha az olması sıkıştırmanın izantropik olmasına tercih edilir ideal çevrimde, yoğuşturucudan çıkan soğutucu akışkan kompresör çıkış basıncında doymuş sıvıdır. Gerçek çevrimde ise yoğuşturucu çıkışında kompresör çıkışındaki basınçta doymuş sıvı halinde olması zor olduğundan akışkanın yoğuşturucu çıkışında sıkıştırılmış sıvı bölgesindedir. Akışkan burada aşırı soğutularak buharlaştırıcıya düşük bir entalpide girer ve bu sayede ortamdaki daha çok ısı çekilir. Buharlaştırıcı ile kısılma vanası arasındaki basınç düşmesi ise çok azdır [1].

2.1.4. Çok kademeli sıkıştırma yapılan soğutma çevrimi

Bu sistemde sıvı, soğutucu akışkan 1. kısılma vanasında buharlaştırma odası basıncına genişler. Bu basınç iki sıkıştırma kademesi arasındaki basınca eşittir. Ani genişlemeden dolayı sıvının bir kısmı buharlaşır. Buharlaşma odasındaki doymuş buhar, (alçak basınç kompresöründen çıkan kızgın buharla karıştırıldıktan sonra) yüksek basınç kompresörüne girer. Buharlaştırma odasının altında biriken doymuş sıvı, ikinci kısılma vanasından geçerek buharlaştırıcıya girer ve ortamdaki ısı çekilerek soğutma gerçekleşir [1].



Şekil 2.5. Çok Kademeli Sıkıştırma Yapılan Soğutma Çevrimleri [2]

2.2. Kullanıldıkları Kaynaklara Göre Isı Pompalarının Sınıflandırılması

Isı pompaları kullanımında hava, su, toprak ve güneş enerjisi olmak üzere dört kaynaktan yararlanır. Bu kaynaklardan ilk üçü tek başlarına kullanılabilirle beraber, güneş enerjisi bugüne kadar genellikle yardımcı kaynak olarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırmada enerjinin absorbe edildiği ve serbest bırakıldığı ortama göre ısı pompaları isimlendirilir. Isının çekildiği ve atıldığı kaynakların aynı sıcaklıkta olmaları halinde, ısı pompası maksimum verimde çalışır.

2.2.1. Hava kaynaklı ısı pompaları

Hava ısı pompası için universal, ucuz, bol bir ısı kaynağıdır. En büyük avantajları, sürekli bulunması, geniş uygulama alanı bulunması, kullanılan ekipmanların makul boyutlarda olması ve nispeten düşük işletme ve tesis maliyetleri gerektirmesidir. Tasarımı için çok geniş ve ayrıntılı bilgi kaynakları mevcuttur. Hava kaynaklı ısı pompalarının dezavantajları; hava sıcaklığının çok değişken olması, buzlanma problemi, olarak sayılabilir. Isı ihtiyacının yüksek olduğu durumlarda kaynak sıcaklığı da düşüktür. Bu ise ısı pompasının kapasitesinin düşmesine neden olur. Bu durumlarda ek bir ısıtma kaynağına ihtiyaç duyulur. Isı kaynağının çok değişken olması projelendirmeyi ve ekipman seçimini zorlaştırır. Hava kaynaklı ısı

pompalarında, buharlaştırıcıda ısı geçişini sağlamak amacıyla, kaynak sıcaklığı ile soğutucu akışkan sıcaklığı arasında genellikle 10 °C civarında bir fark olur. Buharlaştırıcı yüzey sıcaklığı 0 °C ve altına düştüğünde, hava içerisindeki su buharı buharlaştırıcı yüzeyi üzerinde yoğunlaşarak buzlanmaya sebep olur. Buzun buharlaştırıcı üzerinde uzun süre kalması ısı geçişini engelleyecektir. Bu durum ısı pompası tesir katsayısı ve kapasitesi düşecektir. Yapılan araştırmalar, buz birikiminin, 9.8-14.6kg/m² değerine kadar ısı geçişini artırıcı yönde rol oynadığını göstermektedir. Daha fazla birikmeyi engellemek için buzun periyodik olarak buharlaştırıcı yüzeyinden çözülmesi gerekmektedir. Hava kaynaklı ısı pompalarının bir diğer problemi ise buharlaştırıcıda ısı geçişinin düşük olmasıdır. Bu sebepten ötürü ısı geçişini arttırmak amacıyla genellikle genişletilmiş yüzeylerden ve fanlardan faydalanılır. Hava/hava ısı pompalarının buharlaştırıcı yüzeyleri yoğunlaştırıcı yüzeylerinden daha büyük olmakta ve evaporatör yüzeyinden geçen hava debisi yoğunlaştırıcı yüzeylerinden geçen hava debisine oranla %50-%100 oranlarında daha fazla olmaktadır.

2.2.2. Su kaynaklı ısı pompaları

Kuyulardan, göllerden nehirlerden Şehir Şebekelerinden ve üretim işlerinden elde edilen su, ısı kaynağı olarak kullanılabilir. Kuyu suyu 45-150 metre derinlikten ve kuzey ülkelerinde, yaklaşık 10 °C, güney ülkelerinde ise 16 °C sıcaklıklarda elde edilebilir. Yıl boyunca su sıcaklığının fazla değişmemesi büyük bir avantajdır. Göl, nehir ve benzeri yerüstü sularında ise, sıcaklık yıl boyunca kuyu sularına göre daha fazla değişmekle beraber, sıcaklık değişimi havada olduğu kadar olmamaktadır. Ülkemizdeki su kaynaklarının 0 °C nin üzerinde olması bir avantajdır. Kuyu suyundan yararlanıldığında, buharlaştırıcıyı terk eden düşük sıcaklıktaki suyun kaynak sıcaklığını düşürmemesi için, genellikle bir daha kullanılmak üzere, bir başka yere atılması ve bu nedenle kaynağın bol miktarda su içermesi gerekmektedir. Dolayısıyla suyun bir defa kullanılması ve büyük miktarlarda gerekmesi, kuyu suyundan yararlanma olanaklarını azaltmaktadır. Kuyu suyunun maliyeti (sondaj, bakım) küçük tesisler için uygun olmamaktadır. Kaynak olarak su kullanıldığında diğer önemli bir husus da suyun kalitesi olmaktadır. Su kalite testi kesinlikle

yapılmalı ve içerdiği mineraller korozyon probleminden ötürü incelenmelidir. Su kaynaklı ısı pompalarının en büyük avantajı ısı değiştiricilerinde, ısı geçişinin daha yüksek olmasıdır.

2.2.3. Toprak kaynaklı ısı pompaları

Isı kaynağı olarak toprağın kullanılması diğer sistemlere göre daha pahalıdır. Toprak altına gömülen borulardan doğrudan soğutucu akışkan veya daha ucuz olması bakımından genellikle, salamura geçirilir. Toprak ısı değiştiricileri, yatay ve dikey olmak üzere iki şekilde döşenebilirler. Toprağın bileşimi, yoğunluğu, içerdiği nem miktarı ve gömme derinliği, toprak ısı değiştiricisinin seçimini ve boyutlandırılmasını etkiler. Toprak özelliklerinin zamana bağlı olarak değişmesi projelendirmede güçlük yaratan sebeplerden birisidir. Aynı biçimde ısı pompası da çalıştırıldığı andan itibaren toprağın özelliklerini etkiler. Örneğin ısı pompası ile ısıtma yapıldığında ısı değiştiricisine yakın bölgelerde toprak sıcaklığı düşer. Dolayısıyla bu bölgede nem miktarı ve toprak özellikleri değişir. Salamuranın buharlaştırıcıya giriş sıcaklığı da aynı sebeple düşer (değişir), bu ise ısı pompası kapasitesi ve ısıtma tesir katsayısını doğrudan etkiler. Soğuk bölgelerde ısıtma yapıldığı süre içinde toprağa yeteri miktarda ısı girişi olmazsa kış aylarında topraktan sürekli çekilen ısı nedeniyle, toprağın donma tehlikesi mevcuttur. Toprak sıcaklığının havaya göre genellikle daha uygun sıcaklıklarda ve sıcaklık değişiminde bulunması ayrıca salamura-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerinin, hava-soğutucu akışkan ısı değiştiricilerine göre daha küçük bir sıcaklık farkında çalışabilmeleri, toprak kaynaklı ısı pompalarını hava kaynaklı ısı pompalarına göre daha avantajlı bir konuma getirmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompaları, buharlaştırıcısında topraktan çekilen ısıyı kullanan ısı pompalarıdır. Toprakla olan ısı alışverişi, toprağa yatay veya dikey olarak gömülmüş toprak ısı değiştiricileriyle gerçekleştirilir. Su veya salamura, toprak ısı değiştiricisini oluşturan borulardan geçirilerek elde edilen ısı enerjisi, ısı pompasındaki buharlaştırıcıda soğutucu akışkana aktarılır. Toprak kaynaklı ısı pompalarında ısı kaynağı toprak ise de, ısı topraktan sıvı akışkan vasıtası ile çekildiğinden kullanılan ısı pompaları su (salamura)/hava, su(salamura)/su ısı pompalarıdır.

2.2.4. Güneş kaynaklı ısı pompaları

Isı kaynağı olarak Güneş enerjisinden yararlanmanın en büyük avantajı, ısı pompası buharlaştırıcı sıcaklığının yüksek seçilebilmesine imkân vermesidir. Bu suretle ısıtma tesir katsayısı yükselmiş olur. Güneş enerjisinden yararlanan ısı pompası sistemleri, daha düşük toplayıcı sıcaklığında çalıştılarından, toplayıcı verimi diğer güneş enerjisi sistemlerinde olduğundan yüksektir. Kaynak olarak güneş enerjisinden yararlanıldığında iki temel sistem söz konusudur. Bunlar direkt ve indirekt sistemlerdir. Direkt sistemlerde toplayıcılar buharlaştırıcı görevi görür. Endirekt sistemlerde ise toplayıcıdan su veya su buharı geçirilerek kaynak olarak bu akışkanlardan yararlanır. Ancak, hava kaynağında olduğu gibi, ısı ihtiyacının yüksek olduğu günlerde güneş enerjisi de az olduğundan; ek bir ısıtma tesisatına veya ısının depolanmasına gerek duyulabilir. Buda pahalı olan sistemin maliyetini daha da arttırmaktadır [3].

BÖLÜM 3. GÜNEŞ KOLLEKTÖRLERİ

Elektromagnetik radyasyon yoluyla dünyaya ulaşan güneş ışınlarının ısıtma ve soğutma proseslerinde kullanılabilmesi için enerjinin ısıya dönüştürülmesi gerekir. Güneş enerjili sistemlerde en önemli eleman güneş radyasyonunu faydalı enerjiye dönüştüren güneş kolektörleridir.

3.1. Düşük Sıcaklık Sistemleri

3.1.1. Düzlemsel güneş kolektörleri

Güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran çeşitli tür ve biçimlerdeki aygıtlardır. Ulaştıkları sıcaklık basit kolektörlerde maksimum 120 °C civarındadır. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşım ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Bu sistemler evlerin yanında, yüzme havuzları ve sanayi tesisleri için sıcak su sağlanmasında kullanılır. Düzlemsel Güneş kolektörleri, üstten alta doğru, camdan yapılan üst örtü, cam ile absorban tabaka arasında yeterince boşluk, metal veya plastik absorban plaka, arka ve yan yalıtım ve bu bölümleri içine alan bir kasadan oluşur. Absorban plakanın yüzeyi genellikle koyu renkte olup bazen seçiciliği arttıran bir madde ile kaplanır. Kolektörler yörenin enlemine bağlı olarak güneşi maksimum alacak şekilde, sabit bir açı ile yerleştirilirler. Güneş kolektörleri Güneş ışınımını emici plaka ile yutarlar radyasyonu absorbe eden emici plakanın sıcaklığı yükselir ve ısı, sıvı ya da gaz akışkanlar ile ısıya ihtiyaç duyulan ortama taşınır. Kolektör plakası sıcaklığı çevre sıcaklığından yüksek olduğundan kolektörlerden çevreye ısı kaybı olur ve bundan dolayı kolektörlerden yüzde yüz verim elde edilemez. Güneş kolektörlerinin dizaynı düz yüzeyli ve yoğunlaştırılmalı olmak üzere iki grupta yapılmaktadır. Düz yüzeyli kolektörler her üç radyasyondan yararlanabilirler. Yoğunlaştırılmalı kolektörler ise belirli bir yüzeye düşen direkt

güneş radyasyonunu daha küçük emici alanına yoğunlaştırarak verirler. Yoğunlaştırılmalı kollektörler sadece direkt radyasyonu kullanabildikleri için güneşi sürekli izlemeleri sağlanmalıdır. Kollektörler, ısı taşıyıcı akışkan cinsine göre de sıvılı ve gazlı kollektörler olarak ikiye ayrılırlar. Sıvılı kollektörlerde daha çok su gazlı kollektörlerde de hava dolaşmaktadır. Sıvılı kollektörlerin verimi havalı kollektörlere göre daha yüksek, yapımı daha kolay ve ucuzdur. Toplanan enerjinin depolanması için daha düşük hacimli depo yeterli olur. Basit bir düz yüzeyli kolektör beş ana kısımdan meydana gelir bunlar; güneş radyasyonunu geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen bir veya daha çok saydam örtü, enerji toplayan emici plaka, ısı taşıyıcı akışkanın dolaştığı borular, ısı yalıtım malzemesi ve bu kısımları bir arada tutan kasadır. Güneş kollektörlerinden en verimli şekilde faydalanmak için, kollektörden çevreye olan ısı kayıplarının minimuma çekilmesi, emici plaka yutuculuğunun artırılması, plakadan akışkana ısı transferinin artırılması gerekir. Bu amaçla yüzeye güneş ışınımını geçiren ve taşınımı olan ısı kaybını minimuma indiren saydam bir örtü konulur. Işınımından faydalanamayan alt ve yan yüzeyler ısı geçişine karşı yalıtılır. Düz toplayıcılarda, saydam örtü olarak genellikle camlar kullanılır. Camlar dalga boyu 0.3 μm ile 3 μm arasında olan güneş ışınımının büyük kısmını geçirirken emici plaka tarafından yansıtılan uzun dalga boylu ışınımı geçirmezler. Camların toplam geçirme oranı bileşimindeki demir-oksit miktarı arttıkça azaldığından demir-oksit miktarı %0.05 den düşük olan camlar kullanılır. Emici plakanın, güneş ışınımı yutma oranı büyük, uzun dalga boylu ışın yansıtıcılığı düşük olmalıdır. Işınımı yutarak ısınan emici plaka bu ısıyı temas halinde olduğu boruların içerisindeki akışkana iyi bir şekilde iletilebilmesi için ısı iletim katsayısının yüksek ve ısı geçişinin hızlı olabilmesi için de plakanın ince olması gerekir. Emici plaka malzemesi olarak bakır, alüminyum, çelik ve paslanmaz çelik gibi materyaller kullanılır. Kollektörlerin güneş görmeyen alt ve yan yüzeylerinden olan ısı kaybının azaltılması için poliüretan köpük veya cam yünü gibi yalıtım malzemeleri kullanılır. Düzlemsel güneş kollektörleri ile ilgili araştırma-geliştirme çalışmaları sürmekle birlikte bu sistemler tamamen ticari ortama girmiş durumdadır. Dünya genelinde kurulu bulunan güneş kollektörü alanı 30 milyon m^2 nin üzerindedir. En fazla güneş kollektörü bulunan ülkeler arasında ABD, Japonya, Avustralya, İsrail ve Yunanistan yer almaktadır [4].

3.1.2. Vakumlu güneş kolektörleri

Bu sistemlerde vakumlu cam borular ve gerekirse absorban yüzeyine gelen enerjiyi arttırmak için metal ya da cam yansıtıcılar kullanılır. Bunların çıkışları maksimum 230 °C civarında sıcaklıkta olduğu için düzlemsel kolektörlerin kullanıldığı yerlerde ve ayrıca yiyecek dondurma, bina soğutma gibi daha geniş bir yelpazede kullanılabilirler [4].

3.2. Yüksek Sıcaklık Sistemleri

3.2.1. Parabolik oluk kolektörleri

Doğrusal yoğunlaştırıcı termal sistemlerin en yaygınıdır. Kolektörler, kesiti parabolik olan yoğunlaştırıcı dizilerden oluşurlar. Kolektörün iç kısmındaki yansıtıcı yüzeyler, güneş enerjisini kolektörün odağında yer alan ve boydan boya uzanan siyah bir absorban boruya yöneltirler. Kolektörler genellikle, güneşin doğudan batıya hareketini izleyen tek eksenli bir izleme sistemi üzerine yerleştirilirler. Enerjiyi toplamak için absorban boruda bir sıvı dolaştırılır. Toplanan ısı, elektrik üretimi için enerji santraline gönderilir. Bu sistemler yoğunlaştırma yaptıkları için daha yüksek sıcaklığa (350-400°C) ulaşabilirler [4].

3.2.2. Parabolik çanak sistemler

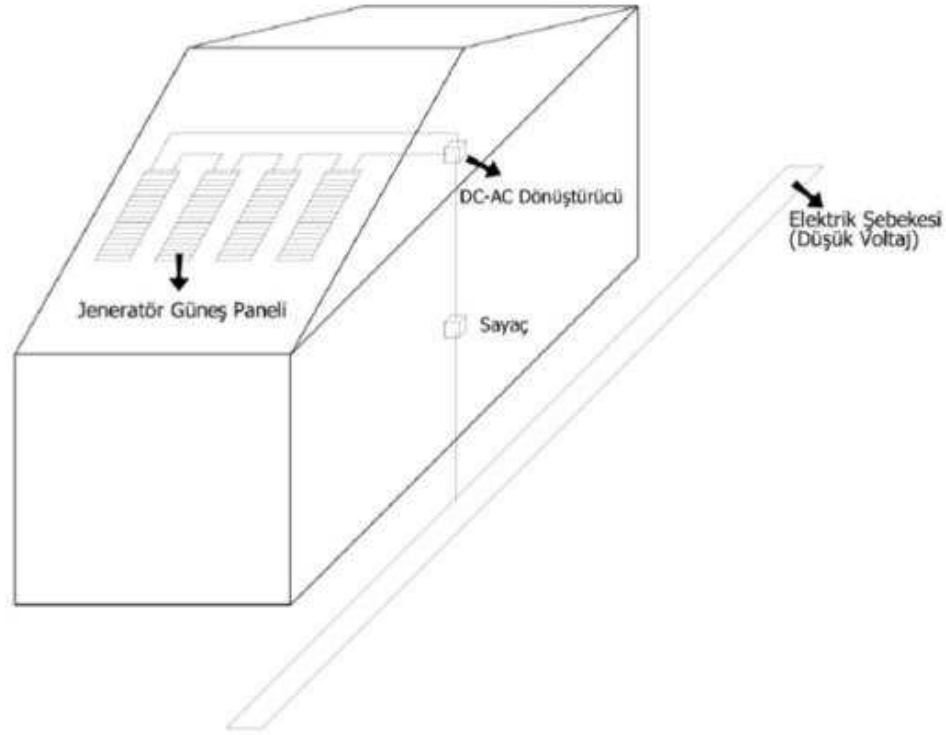
İki eksenle güneşi takip ederek, sürekli olarak güneşi odaklama bölgesine yoğunlaştırırlar. Termal enerji, odaklama bölgesinden uygun bir çalışma bölgesinden uygun bir çalışma sıvısı ile alınarak, termodinamik bir dolaşıma gönderilebilir veya odak bölgesine monte edilen bir stirling makinesi yardımı ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Çanak-stirling birleşimi ile güneş enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinde %30 civarında verim elde edilmiştir [4].

3.2.3. Merkezi alıcı sistemler

Tek tek odaklama yapan ve heliostat adı verilen aynalardan oluşan bir alan, güneş enerjisini, alıcı denenen bir kule üzerine monte edilmiş ısı eşanjörüne yansıtır ve yoğunlaştırır. Alıcıda bulunan ve içinden akışkan geçen boru yumağı güneş enerjisini üç boyutta hacimsel olarak absorbe eder. Bu sıvı rankine çevrimine göre çalışan bir makineye pompalanarak elektrik üretilir. Bu sistemlerde ısı aktarım akışkanı olarak hava da kullanılabilir. Bu durumda sıcaklık 800°C ye çıkarılabilir. Heliostatlar bilgisayar tarafından sürekli kontrol edilerek alıcının sürekli güneş alması sağlanır. Bu sistemlerin kapasiteleri ve sıcaklıkları, sanayide kullanılabilecek düzeyde olup Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir [4].

3.3. Fotovoltaik Sistemler

Güneş pilleri (fotovoltaik piller), yüzeylerine gelen güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken maddelerdir. Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş pillerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları ise 0.2 – 0.4 mm arasındadır. Güneş pilleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Pilin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş pilinin yapısına bağlı olarak %5 ile %20 arasında bir verim ile elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını arttırmak amacı ile çok sayıda güneş pili birbirine paralel veya seri olarak bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilebilir, bu yapıya güneş pili modülü ya da fotovoltaik modül adı verilir. Şekil 3.1' de bir fotovoltaik sistem şeması görülmektedir. Güç talebine bağlı olarak modüller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak birkaç watt' tan megawatt' lara kadar ulaşan sistem oluşturulur [4].



Şekil 3.1. Fotovoltaik Sistem şeması [4]

Güneş Paneli üzerinde güneş enerjisini soğurmaya yarayan güneş hücreleri bulunduran bir sistemdir. Standart bir evin tüm elektrik ihtiyacı 8-24 panellik bir sistemle karşılanabilmektedir [5]. Endüstri uygulamaları veya elektrik santralleri gibi daha büyük ölçekli uygulamalar için binlerce güneş panelinin kullanıldığı büyük sistemler kurulmaktadır [5]. Bir güneş hücresinin verimini belirleyen en önemli parametre, hücrenin güneşten aldığı enerjinin yüzde kaçını kullanılabilir elektrik enerjisine dönüştürdüğü ile ölçülür. Sadece belli dalga boylarındaki ışık elektriğe dönüştürülebilir, geri kalan büyük miktar hücreyi oluşturan madde tarafından ya emilmekte ya da yansıtılmaktadır.

Kullanılan panellerden her mevsim azami verim alınabilmesi için, panellerin mevsimsel olarak farklı açılarla güneşe doğru yönlendirilmesi yapılabilmektedir. Türkiye için genelde geçerli olan 60° kış eğimi sayesinde ve panel camlarının özelliği nedeni ile buzlanma veya kar birikmesi engellenmektedir [5]. Güneş panellerinin çıkışına takılan özel güneş regülatörleri ile 12 ay boyunca en optimal koşullarda akü

şarjı yapılmaktadır. Akülerde depolanan enerji yüksek verimli tam sinüs DC-AC çeviriciler ile 220V AC akıma çevrilebilmektedir.

Bu çağ güneş enerjisi çağıdır. Güneş ışığının solar fotovoltaik (P-V) hücrelerle elektriğe dönüştürülmesi, çevre sorumluluğuna sahip evler, işyerleri veya kamusal kuruluşlar için ideal bir güç kaynağı teşkil etmektedir. Güneş enerjisinin büyüklüğüne yönelik bir perspektif çizmek amacıyla; Sahra Çölü'nün yalnızca %1'ini kaplayan bir solar hücre güç üretim tesisinin, gezegenimizde tüketilen tüm elektriği karşılayabileceğini söylenebilir.[5] Amerika Birleşik Devletleri'ne, 40 dakikada düşen güneş enerjisi, fosil yakıtlardan 1 yılda elde ettikleri enerjiden daha fazladır [5]. Fotovoltaik hücre bilimini, 1838 yılında kimyasal reaksiyonlar vasıtasıyla elektrik üretimi üzerinde çalışan iki Fransız fizikçi başlamıştır. Bu fizikçiler, aparatın güneş ışığına maruz bırakılması esnasında güneş ışığının elektrik enerjisi çıkışını arttırdığını tespit etmişlerdir. 1954 yılında Bell Laboratuvarları, fotovoltaiklerin laboratuvar dışındaki günlük pratik uygulama alanına taşınmasına olanak veren, tek kristal silikon hücrenin geliştirilmesini ilan etti [5].

Fotovoltaik (veya P-V) modülleri ışığı elektriğe dönüştürür. “Photo” sözcüğü Latince ışık anlamına gelen “phos” sözcüğünden türemektedir. “Volt” sözcüğü de elektrik araştırmalarının öncülerinden biri olan Alessandro Volta (1745-1827) adından alınmıştır. Dolayısıyla “Foto-Voltaikler”, kelime anlamı ile “ışık-elektrik” anlamına gelmektedir. Yaygın biçimde “solar hücreler” olarak bilinen P-V sistemleri çoktan yaşamımızın önemli bir parçası olmuştur. En basit uygulama ile günlük olarak kullandığımız küçük hesap makineleri ile kol saatleri enerjilerini bu hücrelerle sağlarlar. Daha karmaşık sistemler; su pompalanması, iletişim ekipmanlarına güç sağlanması, evlerimizin aydınlatılması ve cihazlarımızın çalıştırılması amacıyla elektrik üretmektedirler. Şaşılabilecek derecede çok durumda, P-V güç, söz konusu ihtiyaçlar için en ucuz elektrik üretme biçimidir.

Bu bölümde, çeşitli materyallere güneş ışığından elektrik üretme olanağı sağlayan P-V etkisi tarif edilecek; P-V hücreleri, modülleri ve dizilerinin nasıl yapıldıkları gösterilecek, P-V'nin neden çok farklı durumlarda en mantıklı güç üretme seçeneği

olduğu açıklanacak ve bu bilimin tüm dünyadaki insanların yaşam kalitesini nasıl yükselttiğine yönelik gerçek örnekler verilecektir.

Uygulamalar günümüzde, güneşten elde edilen elektrik, büyük şehirlerin yanı sıra yeryüzünün en ücra bölgelerinde yaşayan insanlara hizmet etmektedir. İlk başta uzay programlarında kullanılmış olan P-V sistemleri günümüzde su pompalama, gece aydınlatması, akü şarjı, elektrik şebekelerinin beslenmesi gibi pek çok uygulama için elektrik üretmektedir. İster bir ev sahibi, çiftçi, planlamacı, mimar veya isterse sadece elektrik faturası ödeyen herhangi bir şahıs olunsun, P-V ürünleri bir biçimde insan hayatına girebilir. PV uygulamaları aşağıdaki kategorilerde gruplandırılır:

- Basit veya “Bağımsız” P-V sistemleri
- Akülü P-V
- Yerel şebekeye bağlı P-V
- Şebeke ölçeğinde güç üretimi
- Hibrid güç sistemleri
- Basit P-V sistemleri

Bitkileri kurutan, hayvanları susatan, bina ve araçları ısıtan güneşli günler, fotovoltaiklerle birlikte elektrik üretimi için güzel günler haline gelmiştir. Bu elektrik; sulama ve içme suyu amaçlı kuyu sularının pompalanması ve soğutma amaçlı havalandırma fanları için güç sağlanmasında kullanılabilir. Bu yüzden en basit PV sistemleri su pompaları veya fanlar için doğrudan üretilen dc elektrik akımını kullanmaktadırlar. Bu temel P-V sistemleri, gerçekleştirdikleri işler için çeşitli avantajlara sahiptir. Enerji gerektiği yer ve zamanda üretilmekte ve dolayısıyla da karmaşık kablolama, depolama ve kontrol sistemlerine gereksinim duyulmamaktadır. 500 watt (W) güç değerinin altındaki küçük sistemlerin, düşük ağırlıkları ile, kurulum ve nakliyesi oldukça kolaydır. Bu tür kurulumların çoğunun montajı sadece bir kaç saat alır. Ayrıca pompa ve fanlar düzenli bakım gerektirmesine rağmen, P-V modülleri için arada bir gerçekleştirilecek kontrol ve temizleme yeterli olmaktadır.

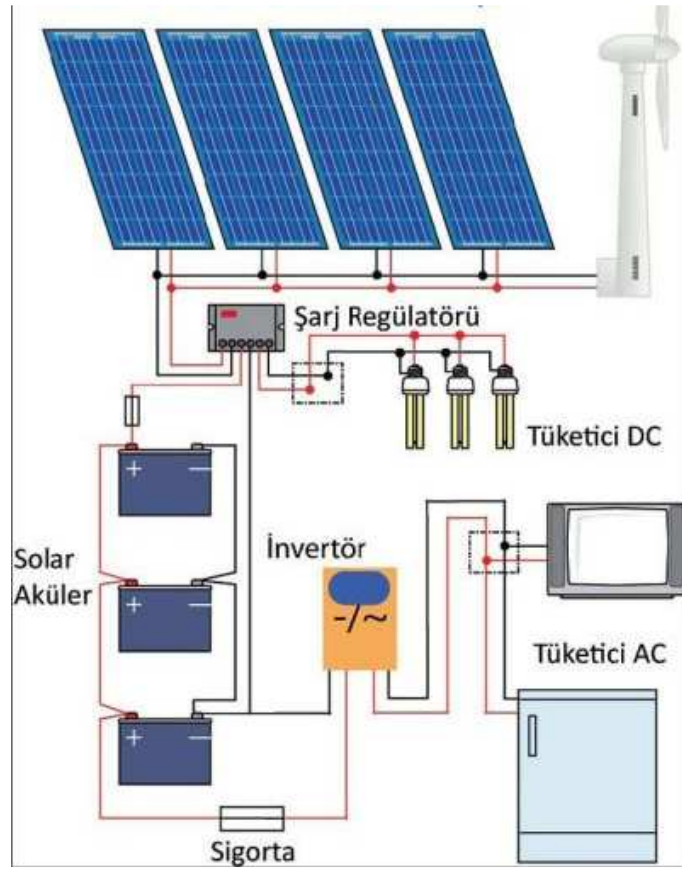
Akülü P-V Elektrik enerjisinin depolanabilmesi, P-V sistemlerini gece - gündüz, yağmurlu veya güneşli tüm zamanlar için güvenilir bir elektrik güç kaynağı kılmaktadır. Pil depolamalı P-V sistemleri, halen tüm dünyada lambalar, sensörler, kayıt ekipmanları, anahtarlar, cihazlar, telefonlar, televizyonlar ve tüm güç aletlerine enerji sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. En basit P-V / akü sistemleri yol ışıklarıdır. P-V paneli gündüz boyunca elektrik üretmekte ve akşam kullanmak üzere bu elektriği aküde depolamaktadır. Akülü P-V sistemleri, DC veya AC akımla çalışan ekipmanlara güç sağlamak üzere tasarlanabilirler. Geleneksel AC akımlı ekipmanları çalıştırmak isteyenler, pil ve yük arasına “invertör” olarak adlandırılan bir güç çevirici cihazı eklemektedirler. DC akımının AC akımına dönüştürülmesi esnasında küçük miktarda bir enerji kaybı olmasına rağmen, bir invertör P-V tarafından üretilen elektriği günlük AC cihazları, lambalar ve hatta bilgisayarların çalıştırılmasını sağlayacak bir güce dönüştürmektedir.

Akülü P-V sistemleri, P-V modüllerinin pillere ve pillerin de yüke bağlanmasıyla çalışırlar. Gündüz saatlerinde P-V modülleri pili şarj etmekte; pil de gereksinim duyulduğu anda yük için güç sağlamaktadır. Şarj kontrolörü olarak adlandırılan bir elektrik cihazı, pillerin düzgün bir biçimde şarj edilmelerini sağlayarak bunların aşırı yüklenmesini veya tamamen boşalmalarını engelleyerek pillerin kullanım ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır.

Aküler, P-V sistemleri bir çok açıdan yararlı kılmakta ancak biraz bakım da gerektirmektedirler. P-V sistemlerinde kullanılan aküler çoğunlukla araç akülerine benzerlik göstermekle beraber, bu özel aküler depolamış oldukları enerjinin büyük bir kısmını günlük olarak kullanılabilmesine olanak sağlayacak bir biçimde üretilmektedirler [5]. (Bunlara golf arabalarında kullanılan akülerde olduğu gibi ” deep cycling ” denilmektedir)

P-V projeleri için tasarlanmış aküler, otomotiv aküleriyle aynı riskleri taşımakta ve taşımalarıyla depolanmaları için aynı özenin gösterilmesi gerekmektedir. Açık akülerdeki akışkanın periyodik olarak kontrol edilmesi ve akülerin çok soğuk hava koşullarından korunması zorunludur.

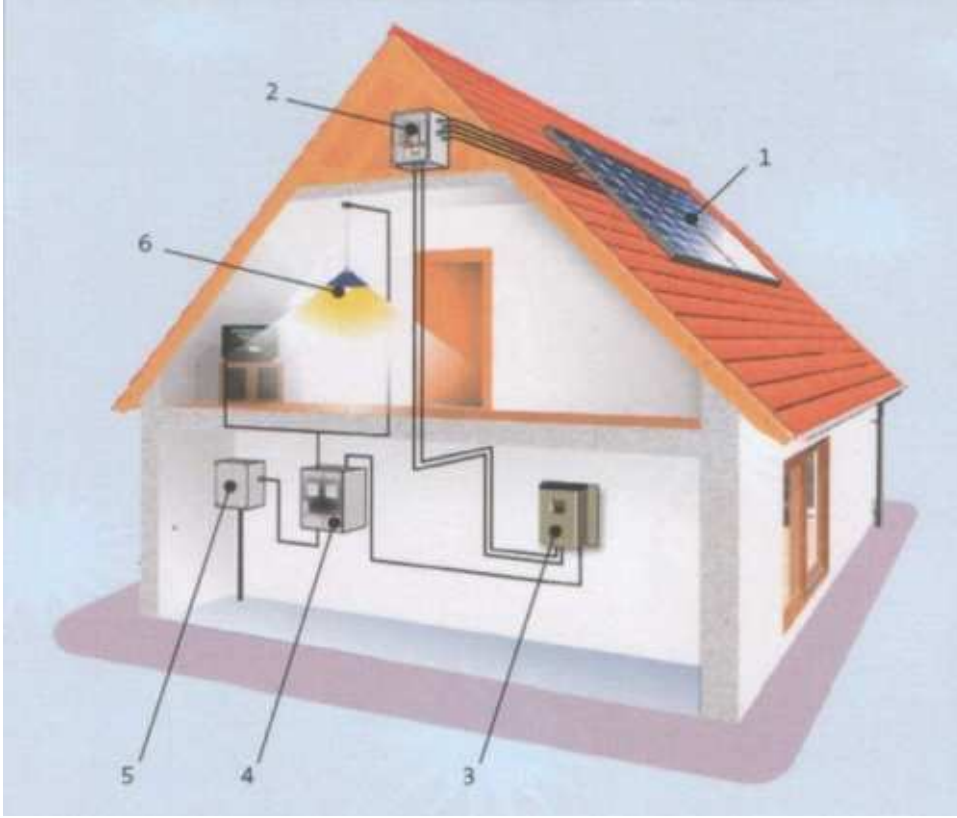
Akülü solar üretim sistemi, gereksinim duyulduğu anda elektrik sağlamaktadır. Güneşin batmasından sonra veya bulutlu günlerde ne kadar elektrik kullanılabileceği, P-V modüllerinin kapasitesi ve akünün yapısına bağlıdır. Modül ve akü sayısının artırılması sistem maliyetini yükselteceğinden, optimum sistem boyutunun belirlenmesi için enerji kullanımı dikkatli bir biçimde incelenir. İyi tasarlanmış bir sistem, maliyet ve kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilme arasında dengeyi kurar ve söz konusu gereksinimlerin değişmesi halinde de genişletilebilir.



Şekil 3.2. Akülü P-V sistemin gösterimi [6]

Şebeke Bağlantılı P-V, elektrik şebekesinin bulunduğu yerlerde, şebeke bağlantılı bir P-V sistemi, gereken enerjinin bir kısmını tedarik edip, akü yerine mevcut şebekeden yararlanabilir. Enerji alanının öncüleri sayılabilecek bazı ev sahipleri, şebekeye bağlı P-V sistemleri kullanmaktadırlar. Sistemin her ay şebekeden aldıkları elektrik miktarını azaltmasını istedikleri, ayrıca P-V sistemler yakıt tüketmediği ve herhangi bir çevresel kirlilik yaratmadığı için bu yatırımı yapmaktadırlar.

Şebeke bağlantılı bir P-V sistemine sahip olan bir kimse elektrik alımının yanı sıra her ay elektrik satabilme imkanına da sahiptir. Bu imkan P-V sistemiyle üretilen elektriğin hemen yerinde kullanılabilirdiği gibi bir sayaç vasıtasıyla şebekeye de beslenebilmesinden kaynaklanmaktadır. Bir ev veya işyerinin P-V modülleri tarafından üretilen elektrikten daha fazlasına gereksinim duyması halinde (örneğin akşamları), söz konusu gereksinim şebekeden karşılanmaktadır. Söz konusu ev veya işyerinin P-V blokları tarafından üretilen elektrikten daha azına ihtiyaç duyması halinde, ihtiyaç fazlası olan miktar ilgili şebekeye depolanmaktadır (satılmaktadır). Bu şekilde altyapı şebekesi, bağımsız sistemlerde pillerin gördüğü işleve benzer bir biçimde P-V için yedekleme görevi yapmaktadır. Ay sonunda satılmış olan elektrik bedeli, satın alınan elektrik bedelinden kesilmek suretiyle ödenmektedir. Onaylı ve şebekeye uygun bir invertör, P-V modüllerinden gelen DC gücünü şebekedeki elektriğin voltaj ve frekans değerlerine tam manasıyla uyacak bir biçimde AC gücüne dönüştürür ve yine şebekenin emniyet ve güç-kalitesi şartlarına uyum gösterir. İnvörtörde bulunan güvenlik anahtarları, şebeke gücünün kesilmesi halinde hattın P-V sistemini otomatik olarak ayırır. Bu emniyetli ayırma işlemi, şebeke onarım personelinin boş sanabilecekleri P-V sisteminden gelen elektrik akımına çarpılmaktan korur.



Şekil 3.3. P-V panel sistemi ve elemanlarının gösterimi [5]

- i. P-V Panel
- ii. Bağlantı Kutusu
- iii. İnverter (çevirici)
- iv. Çift yönlü enerji sayacı
- v. Şebekeye bağlantı panosu
- vi. Yük

BÖLÜM 4. UYGULAMA

4.1. Sistemin Tanıtılması

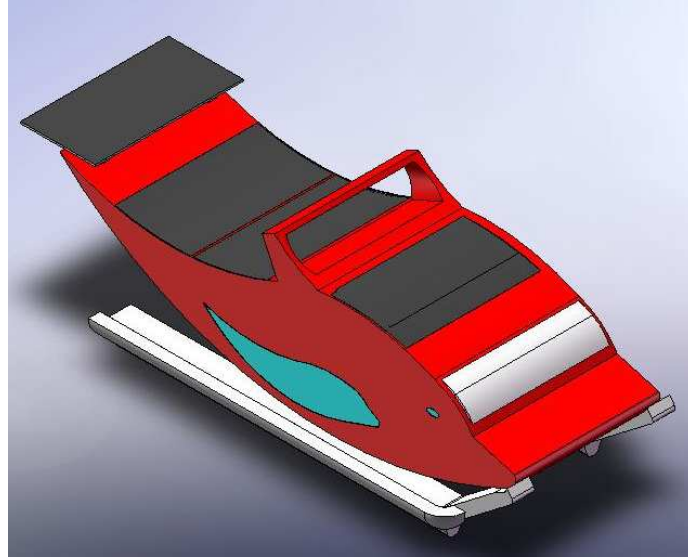
Uygulama olarak aşağıda şekli ve teknik bilgileri verilen katamaranın, tahrikini elektrik motorundan aldığı ve bu motor için gerekli elektrik enerjisinin yakıt pili ile sağlanacağı planlanmıştır. (Bu enerji sadece elektrik motoruna yetmektedir.)

Tablo 4.1. Katamarana ait teknik veriler

TEKNE BOYU (L_{MAX})	=	5 m
TEKNE ENİ (B_{MAX})	=	2,42 m
MOTOR TİPİ	=	Yakıt pili kaynaklı elektrik motoru tahrikli
MAX. MOTOR GÜCÜ	=	8,5 KW

Yakıt pili elektrik enerjisini ürettiği esnada ısı da üretmekte olup, yakıt pilinin çalışabilirliği bakımından bu ısının yakıt pilinden alınması gerekmektedir. Alınması gereken bu ısı gücü kullanılan yakıt pilinin kataloğundan alınmış olup 13 kw değerindedir. Bunun yanında katamaranın iç mahalının de serinletilmesi istenmekte olup, katamaranda 1 adet büro tipi buz dolabı, 1 adet taşınabilir bilgisayar, 1 adet LCD tv ve aydınlatma için 1 adet 20 watt gücünde ampul kullanılacağı düşünülmektedir. İç mahalın serinletilmesi ve yakıt pilinin soğutulması için ısı pompası sistemi tasarlanacak olup, soğutma sisteminin ve diğer muhtelif eşyaların ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisinin ise fotovoltaik panellerden karşılanması düşünülmektedir. Aynı zamanda fotovoltaik panellerin de sıcaklığı artıkça verimlerinin düşmesinden dolayı, verim artışını sağlamak için bu panellerde ısı pompası sistemi ile soğutulacaktır. Tüm bunlar neticesinde gerekli güneş paneli alanı belirlenecek olup katamarana uygulanabilirliği tartışılacaktır. Uygun olmadığı

kanaati oluşması durumunda sistem için optimum bir sistem tasarlanmaya çalışılacaktır.



Şekil 4.1. Yakıt pili ile çalışacak ve p-v panel destekli katamaran

Öncelikle soğutma tasarımı için ısı pompası sisteminden beklenen soğutma kapasitesinin tayin edilmesi gerekmektedir. Bu kapasiteler yakıt pilinin soğutulması için çekilmesi gereken ısı güç, iç mahalın ısı kazancı ve pv panellere güneşten gelen ısı yüklerin toplamıyla belirlenecektir.

Katamaran için daha önceden seçilmiş yakıt pilinin katalog değerinden çekilmesi istenen ısı gücün 13 KW olduğu belirtilmişti. (Tablo 4.2.) Bununla birlikte ilgili tablodan yakıt pilinin soğuması için, içinde dolaşması gereken soğutucu suyun en az 30 l/dk debide olması gerektiği, basıncının maksimum 170 Kpa ve sistemdeki basınç düşümünde en fazla 20 Kpa olacağı belirtilmiştir.

Tablo 4.2. Yakıt pilinin soğutma sistemi teknik bilgileri

Soğutma Sistemi		
Isı Değiştirici	kW	≤ 13
SOĞUTMA SUYU ÇIKIŞ SICAKLIĞI	°C	40–60
Fan Türleri		
De-iyonize Su (DI H₂O)	%	100
Diatomik Alkol / De-iyonize Su	%	40/60
Özgül Direnç	kΩ·cm	≥ 200
Soğutucu Akış Oranı	L/min	≥ 30
Soğutma Sistemindeki Max. Basınç Düşümü	kPa	≤ 20
Max. Soğutucu Giriş Basıncı	kPa	≤170

Katamaranın iç mahalının ısı kazancı hesaplanırken, katamaranın dış yüzeyinden olan hava akışı, levha üzerinden hava akışı gibi düşünülerek ortalama $h_{dış}$ taşınım katsayısı hesaplanacaktır. Daha sonra katamaranın dış yüzeyinin yapıldığı malzeme olan FRP nin (fiber reinforced polyester) ısı iletim katsayısı 0,2 W/mK değeri (Tablo 4.3.) [7] ve iç ortam için standart değer olan $h_{iç}$ taşınım katsayı 8 W/m²K değerleri kullanılarak toplam ısı transfer katsayısı bulunup, dış ortam ve istediğimiz iç ortam sıcaklığı değerleriyle katamaranın ısı kazancı belirlenecektir. Isı kazancı hesaplanırken sürekli rejim kabulü yapılmış olup, ışınlama ve hava sızıntılarıyla olan ısı transferleri ihmal edilecektir.

Tablo 4.3. FRP malzemesinin ısı iletim katsayısı [7]

MALZEME	ÖZGÜL AĞIRLIK	ELASTİSİTE MODÜLÜ	GERİLME MUK.	BASMA MUK.	MAK. ÇALIŞMA SIC.	ISI İLETİM KATSAYISI
	(kg/m ³)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(°C)	(W/ mK)
Alüminyum	2,7	69	417		200	200
Beton	2,4	15-35	3	40		
Çelik	7,8	207	240		400	50
Paslanmaz çelik	7,92	193	241		450	55
FRP	1,5-2,2	7--53	800-900	130-520	170-250	0,2-0,3

Son olarak fotovoltaik panelin verimin artırılabilmesi için yüzeyine gelen ışınım enerjisi belirlenip, panellerden çekilmesi gereken toplam ısıl güç tayin edilecektir. P-V panelin üzerine gelen ışınım miktarı belirlenirken, Sakarya ili için birim m², ye günlük gelen ışınım değeri kullanılıp, günlük güneşlenme süresine bölünerek, fotovoltaik panelin birim saatte birim yüzeyine düşen ve çekilmesi gereken enerji tayin edilecektir.

Bahsedilen ısıl güçler belirlendikten sonra ısı pompası sisteminin bu soğutma işlemini yapabilmesi için gerek duyduğu elektrik enerjisi hesaplanabilir. Bu enerjiye ilave olarak sistemde çalışacak sirkülasyon pompalarının ve muhtelif eşyaların ihtiyaç duydukları elektrik enejileri de eklendikten sonra tüm elektrik ihtiyacı belirlenerek gerekli p-v adedi saptanacaktır.

4.2. Isıl Kazanç Hesaplamaları

4.2.1. Ortalama taşınım katsayısının hesaplanması ($h_{dış}$)

Bunun için öncelikle ortalama film sıcaklığı belirlenmelidir.

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} \quad (4.1)$$

T_f : Film sıcaklığı (K)

T_s : Yüzey sıcaklığı (K) (olmasını istenilen iç ortam sıcaklığı 20 °C ile aynı kabul edilmiştir)

T_∞ : Hareketli hava sıcaklığı (K) (En yüksek dış hava sıcaklığına sahip temmuz ayı değeri olan 44 °C olarak alınacaktır) (Tablo 4.6.)

$$T_f = \frac{20+44}{2} = 32^\circ C = 305K \quad \text{olarak bulunur.}$$

305 K sıcaklığında ve 1 atm basınç altında havanın termofiziksel özellik tablosundan, hava için yaklaşık viskozite, ısı iletim katsayısı ve Pr (Prandtl) sayısı okunur [9].

$$\nu = 15,89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ (kinematik viskozite)}$$

$$k = 26,13 \text{ W}/(\text{mK}) \text{ (ısı iletim katsayısı)}$$

$$\text{Pr} = 0,707$$

Bunun yanında katamaranın tasarımında ulaşabileceği maksimum hız olan 15 km/h yerine hesaplamalarda 20 km/h hava hızı kabul edilcektir. (20 km/h = 5,5 m/s) Bu değerler belirlendikten sonra katamaranın dış yüzeyindeki akışın laminar mi yoksa türbülanslı mı olduğunu belirlemek için gerekli Reynold (Re) sayısı bulunmalıdır.

$$\text{Re} = \frac{U_\infty x L}{\nu} \quad (4.2)$$

U_∞ : Hava akış hızı (m/s)

L : Levha uzunluğu (m) (katamaranın en uzun bölümü olan yan uzunluğu 5m alınacaktır.)

$$\text{Re} = \frac{5,5 \times 5}{15,89 \times 10^{-6}} = 1,746 \times 10^6 \quad \text{olarak bulunur.}$$

$\text{Re} > 10^5$ olduğundan katamaranın dış yüzeyindeki hava hareketinin türbülanslı olacağı görülür [8].

$\text{Re} = 1,746 \times 10^6 \leq 10^8$ ve $0,6 \leq \text{Pr} \leq 60$ olduğundan kullanılacak Nusselt sayısı; (Nu)

$$\text{Nu} = 0,0296 \times \text{Re}^{4/5} \times \text{Pr}^{1/3} \quad (4.3)$$

formülü ile bulunacaktır.

$$Nu=0,0296x(1,746x10^6)^{4/5}x0,707^{1/3}=2579,5 \quad \text{bulunur.}$$

$$h_{dış} = \frac{Nuxk}{L} = \frac{2595,5x26,310^{-3}}{5} = 22,61 \frac{W}{m^2K} \quad (4.4)$$

olarak ortalama $h_{dış}$ taşınım katsayısı bulunur.

4.2.2. Katamaranın iç mahalinin ısı kazancının hesaplanması

$$T_{\infty} = 44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$h_{dış} = 22,61 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$h_{iç} = 8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$$

$$T_{iç} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$L_{FRP} = 2 \text{ cm (0,02m) (malzeme kalınlığı)}$$

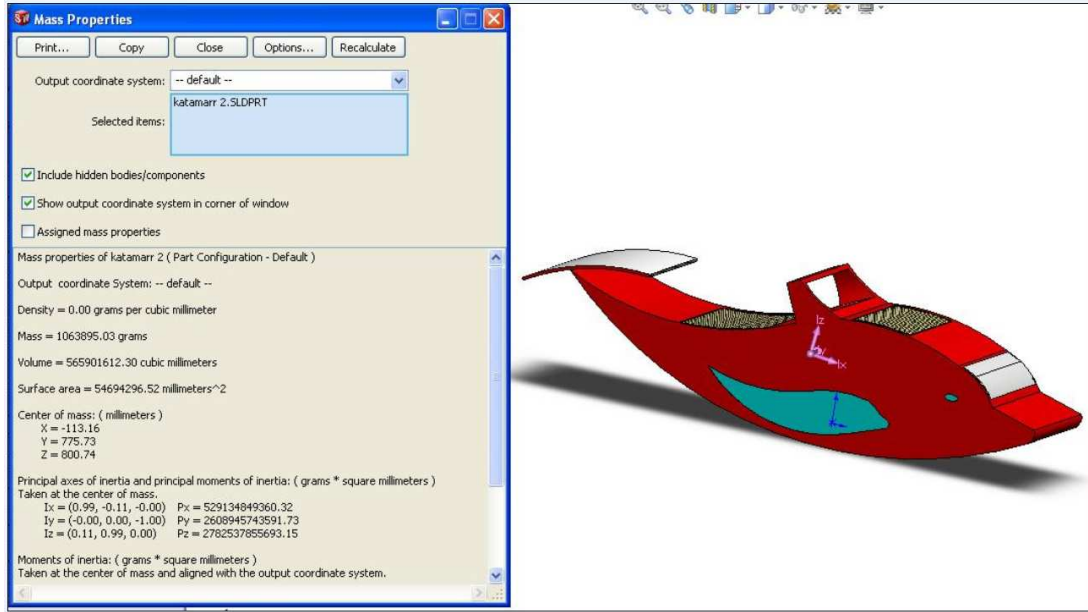
$$k_{FRP} = 0,2 \text{ W/(mK)}$$

değerleri belirlendiğine göre ortalama ısı transfer katsayısı hesaplanabilir.

$$\frac{1}{U} = R = \frac{1}{h_{dış}} + \frac{L_{FRP}}{k_{FRP}} + \frac{1}{h_{iç}} \quad (4.5)$$

$$\frac{1}{U} = R = \frac{1}{22,6 \frac{W}{m^2K}} + \frac{0,02m}{0,2 \frac{W}{mK}} + \frac{1}{8 \frac{W}{mK}} = 0,269 \frac{m^2K}{W} \quad U = 3,7 \text{ W/(m}^2\text{K) bulunur.}$$

Tasarımı yapılan katamaranın, solidworks programından havayla toplam temas eden yüzey alanını yaklaşık olarak 51,5 m² tespit edilmiştir.(Şekil 4.2.) Bu alan toplam cam alanının çıkarılmış halidir. Toplam alan 54 m² olup camlar 2,5 m² alan kaplamaktadır.



Şekil 4.2. Katamaranın toplam yüzey alanı

O halde;

$$Q_{\text{kazanç}} = A \times U \times \Delta T \quad (W) \quad (4.6)$$

A : Yüzey alanı (m^2)

U : Toplam ısı transfer katsayısı ($W/(m^2K)$)

ΔT : Sıcaklık farkı (K)

$$Q_{\text{kazanç}} = 51.5m^2 \times 3,7 \frac{W}{m^2K} \times (44 - 20)K = 4573W \quad \text{olarak bulunur.}$$

Katamaranda bulunan camlar için yüzey alanı yaklaşık olarak $2,5 m^2$ alınır. Camlar için ısı transfer katsayısı çift camlar için standart değer olan $4 W/(m^2K)$ alındığında camlardan olan ısı kazancı;

$$Q_{\text{kazanç,cam}} = 2.5m^2 \times 4 \frac{W}{m^2K} \times (44 - 20)K = 240W \quad \text{olarak bulunur.}$$

$Q_{\text{toplam kazanç}} = 4573W + 240 = 4813 W$ olur. Bu değer en yüksek dış sıcaklık olan $44^\circ C$ ye göre hesaplandığından ortalama olarak $4500W = 4.5 KW$ olarak alınabilir. Katamaranın iç mahalının ısı kazancının ortamdan alınabilmesi için üreticisi Ferroli

olan markanın Top-Fan 80 modeli fan-coil seçilmiştir [10]. Bu fan-coile ait teknik özellikler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.4. Ferrroli marka Fan-coillere ait teknik bilgiler [9]

TOPFAN (FCF) SANTRİFÜJ FANLI FAN COIL ÜNİTELERİ

Model	MU	15	20	30	40	50	60	80	100	120	
Soğutma kapasitesi (1) (E)	Maks.	W	1.100	1.400	2.100	2.800	3.400	4.000	4.900	6.100	6.850
	Orta	W	980	1.200	1.850	2.450	3.010	3.550	4.350	5.500	6.100
	Min.	W	770	950	1.450	1.900	2.390	2.800	3.600	4.400	5.000
Debi		l/h	189	241	361	482	585	688	843	1.049	1.178
Nem alma	Maks.	g/h	230	275	500	650	750	870	930	1.160	1.350
Statik basınç kaybı (E)		kPa	4,4	6,9	14,6	23,0	14,0	18,0	14,9	9,9	12,5
Isıtma kapasitesi (2)	Maks.	W	2.800	3.650	5.500	6.500	7.800	9.400	12.500	14.900	15.800
	Orta	W	2.400	3.150	4.550	5.450	6.600	7.900	10.800	12.500	13.270
	Min.	W	1.800	2.250	3.400	4.000	4.930	5.800	8.300	9.600	10.000
Debi		l/h	241	314	473	559	671	808	1.075	1.281	1.359
Statik basınç kaybı (E)		kPa	5,1	8,6	17,6	24,2	14,0	18,1	17,7	10,8	12,1
Isıtma kapasitesi (3) (E)		W	1.700	2.050	3.200	3.850	4.590	5.100	7.200	8.700	9.300
Statik basınç (E)		kPa	3,6	5,3	11,3	20,1	13,0	14,6	12,1	8,0	10,1
Ek batarya ısıtma kap. (2) (E)	Maks.	W	1.250	1.650	2.550	3.150	3.690	4.100	5.050	6.200	6.950
	Orta	W	1.070	1.420	2.110	2.640	3.150	3.440	4.360	5.200	6.190
	Min.	W	860	1.130	1.750	2.150	2.520	2.820	3.480	4.250	4.800
Debi		l/h	108	142	219	271	317	353	434	533	598
Statik basınç (E)		kPa	1,7	3,0	8,6	13,2	3,0	4,1	6,2	12,8	16,1
Elektrik rezistans kap.		W	800	800	1.500	1.500	2.200	2.200	2.200	2.600	2.600
Hava debisi	Maks.	m ³ /h	215	280	410	515	615	750	1.050	1.200	1.350
	Orta	m ³ /h	170	210	310	400	510	600	850	970	1.070
	Min.	m ³ /h	110	140	220	290	350	410	570	670	720
Fan sayısı	Ad.		1	1	1	2	2	2	2	3	3
Ses gücü (E)	Maks.	dB(A)	45	48	52	54	53	55	61	63	65
	Orta	dB(A)	39	42	45	47	46	50	58	59	60
	Min.	dB(A)	32	35	39	41	37	39	48	51	52
Ses basıncı (4)	Maks.	dB(A)	36	39	43	45	44	46	52	54	56
	Orta	dB(A)	30	33	36	38	37	41	49	50	51
	Min.	dB(A)	23	26	30	32	28	30	39	42	43
Maks. çekilen güç (E)		W	35	38	55	76	75	85	144	163	200
Giriş-çıkış çapı	inch		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Ek batarya giriş-çıkış çapı	inch		1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"	1/2"
Batarya hacimleri	Ana batarya	l	0,82	0,82	1,26	1,26	1,88	1,88	1,88	2,42	2,42
	2. batarya	l	0,22	0,22	0,36	0,36	0,50	0,50	0,50	0,64	0,64
Drenaj bağlantısı	Ø		16	16	16	16	16	16	16	16	16

NOT: Güç birimleri: 230V-50 [HP/Hz]

(1) Soğutma: Ortam sıcaklığı 27 °C K1, 19 °C Y1; su giriş/çıkış sıcaklığı 7 °C / 12 °C

(2) Isıtma: Ortam sıcaklığı 20 °C; Giriş suyu: 70 °C, Δt = 10 °C

(3) Isıtma: Ortam sıcaklığı 20 °C; Giriş suyu: 50 °C, Δt = 5 °C

(4) Ses basıncı 100 m bir alanda 0,5 sn. yansımaya ölçülmüştür. Değerler nominal hava debisine ölçülmüştür.

Orta ve minimum fan hızında; minimum hızda su debisi

(E) EUROVENT standartları

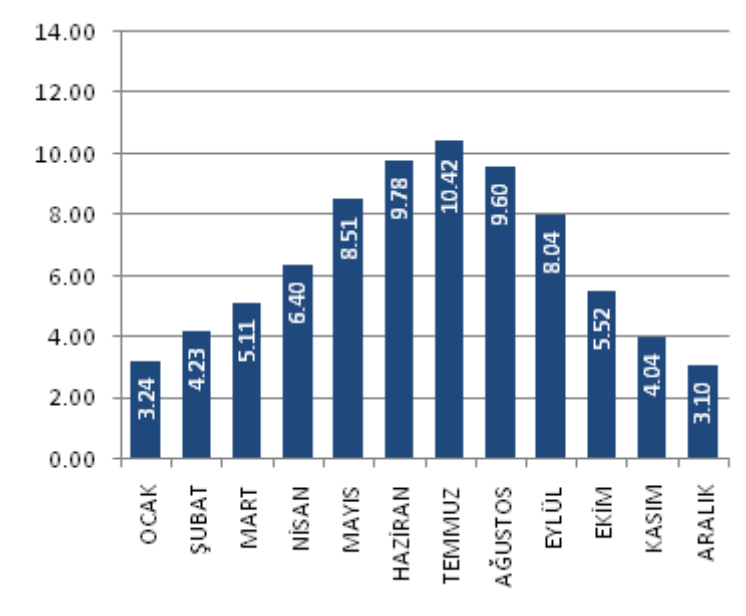


Yine bu tablodan fan-coilin çalışması için gerekli elektrik enerjisinin 144 watt olduğu okunur. Bu değer p-v panel adedi hesaplanırken dikkate alınacaktır.

4.2.3. Fotovoltaik panele gelen ısı miktarının belirlenmesi

Yakıt pilinin ve katamaranın iç mahalının ısı yükleri belirlendikten sonra p-v panellerden çekilmesi gereken ısı yük belirlenmelidir. P-v panellerden çekilecek ısı güç hesaplanırken; en fazla güneş ışınımının geldiği temmuz ayı için 10,42 kWh/m² gün değeri dikkate alınır [10].

Tablo 4.5. Sakarya ili güneş ışınım değerleri (KWh/m²) [10]



Bu değer tespit edildikten sonra en fazla güneş ışınımının olduğu temmuz ayı için ortalama güneşlenme süresi belirlenir [11].

Tablo 4.6. Sakarya ili ortalama sıcaklık değerleri ve güneşlenme süreleri [11]

SAKARYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1975 - 2008)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.0	6.2	8.4	12.8	17.1	21.3	23.2	22.9	19.5	15.3	11.0	7.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.5	10.4	13.4	18.6	23.1	27.4	29.0	28.8	26.1	21.1	15.8	11.3
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.0	2.8	4.4	8.1	12.0	15.6	17.9	17.9	14.3	11.0	7.2	4.9
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.1	3.9	5.0	6.7	8.2	8.7	8.2	7.0	4.7	3.1	2.4
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.5	13.9	12.8	12.1	9.8	8.7	6.7	7.2	7.3	11.6	13.1	15.8
Ortalama Yağış Miktarı (kg/m ²)	93.0	72.2	68.5	60.3	49.5	68.2	53.7	48.8	45.5	86.5	87.4	103.0
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1975 - 2009)*												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	24.2	25.4	31.9	35.8	37.6	40.2	44.0	41.8	37.4	38.6	28.6	26.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-8.2	-10.0	-7.3	-1.4	2.0	8.0	10.1	9.2	6.0	1.0	-2.6	-6.8

Tablodan görüldüğü üzere temmuz ayı için güneşlenme süresi 8.7 saat olduğu görülür. Günlük ortalama ışınım değeri, güneşlenme süresine bölüldüğünde birim m² ye birim saatte düşen ısı gücü belirlenir.

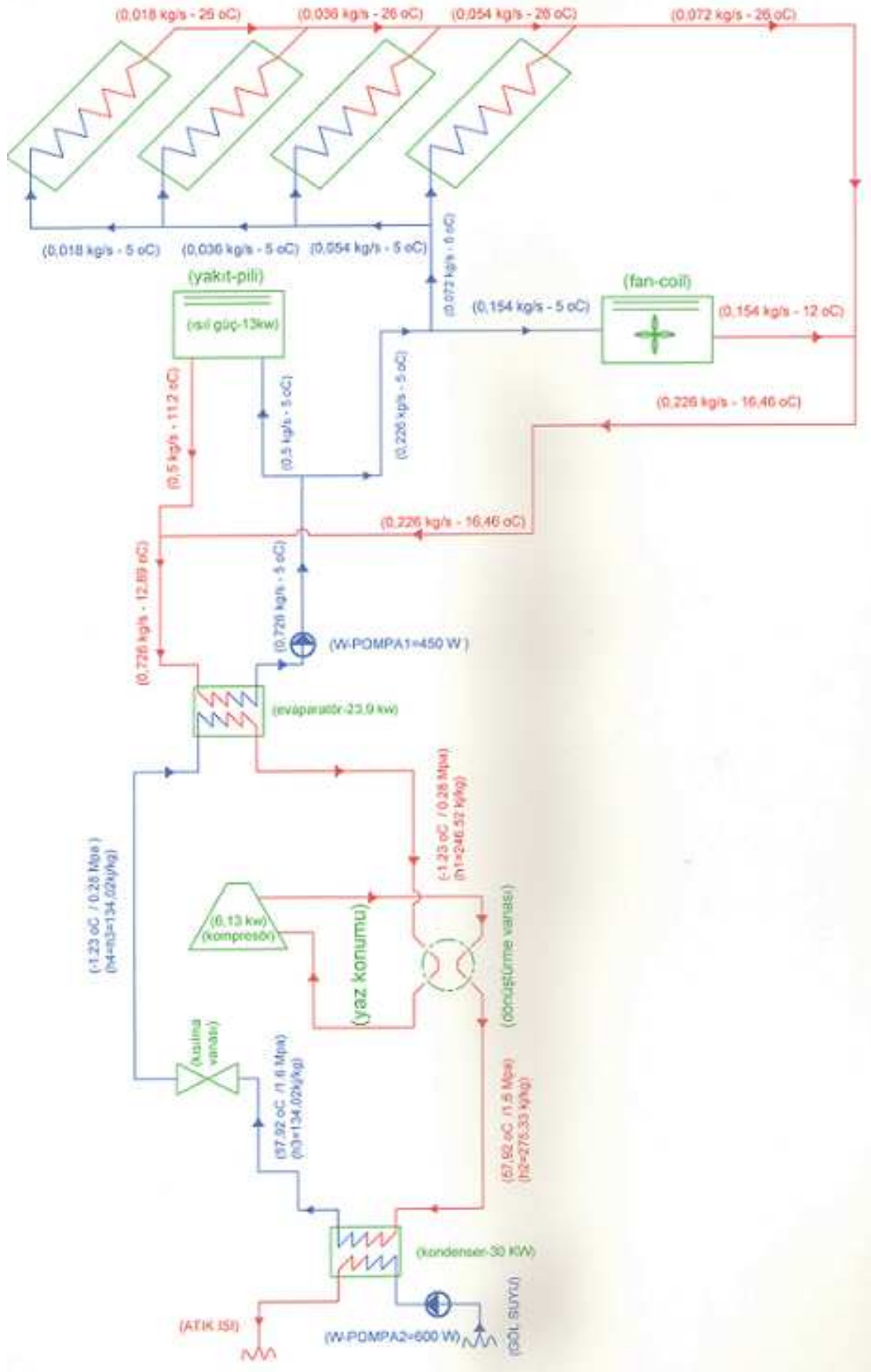
$$\frac{10,42 \text{ kWh} / \text{m}^2 \text{ gün}}{8,7 \text{ h} / \text{gün}} = 1,2 \text{ kW} / \text{m}^2$$

Öyleyse her bir p-v panelin verimini arttırmak için birim m²' sinden çekilmesi gereken ısı gücü 1,2 kw olmaktadır. Katamaranda kullanılması düşünülen Solimpeks marka hibrit güneş panelin teknik kataloğundan bu panelin ebat ölçüleri alındığında tek bir panelin yüzey alanı belirlenebilir [12].

Tablo 4.7. Hibrit P-V panel teknik değerleri [12]

Teknik özellikler:	M 160/750	W 175/500	
Ebatlar	828 x 1660 x 105 mm	828 x 1640 x 90 mm	
Ağırlık	32 kg	24,4 kg	
Sıvı hacmi	1,2 lt.	1,2 lt.	
Modül	mono kristal silisyum	mono kristal silisyum	
Hücre sayısı	72	72	
Hücre ebatları	125 x 125 mm	125 x 125 mm	
WP(W) nominal güç	175	175	
Imp(A) nominal akım	4,93	4,93	
Isc (A) kısa devre akımı	5,2	5,2	
Vmp(V) nominal voltaj	35,3	35,3	
Voc(V) açık devre voltajı	44,2	44,2	
Eşanjör	bakır şerit	bakır şerit	
Boru cinsi	bakır	bakır	
Akış	65 l/h	65 l/h	
Test basıncı	25 bar	25 bar	
Çalışma basıncı	10 bar	10 bar	
Diş camı	Ekstra solar cam	PV camı	
Damgalama	EPDM/silikon	EPDM/silikon	
Maksimum ısı	110 °C	110 °C	
Kaplama	alüminyum	alüminyum	
Arka kısım	gofrajlı alüminyum	gofrajlı alüminyum	
Ürün garantisi	10 yıl	10 yıl	
Kalite garantisi	%90< 10	%90< 10	
Verimlilik garantisi	%80< 20	%80< 20	
Işım	1000		
$\Delta T=10^{\circ}C$	Q=55 l/h/m ²	W/m ²	n
Tout	Wth/m ²	We/m ²	Wth/m ²
10°C	>680	146,00	>82,0 %
20°C	680	138	81%

Tablodan ebatlar alındığında bir hibrit panelin yüzey alanı $0,828m \times 1,640m = 1,358m^2$ olarak hesaplanır. O halde tek bir panelden çekilmesi gereken ısı güç; $1,358m^2 \times 1,2kw/m^2 = 1,63 kw$ olarak belirlenir. Bu ısı güç panele düşmekte ve panelin sıcaklığını arttırmaktadır. Bu gelen değeri panelden almakla yani paneli bu değerde soğutmakla panel ortam sıcaklığında kalabilir. Bu doğrultuda Solimpeks firması hem p-v paneli soğutmak hem de sıcak su elde etmek amacıyla hibrit güneş paneli üretmiş olup bu panelin soğutulabilmesi için içinde dolaşması gereken su debisini 65 l/h olarak belirtmiştir. (Bkz. Tablo 4.7.) Bu noktada değerler belirlendiğine göre soğutma sisteminin tesisat şeması aşağıdaki şekilde düşünülmüş olup sistem boyutlandırılmıştır. (Şekil.4.3.)



Şekil 4.3. Tüm elemanların ısı pompası ile soğutulduğunun düşünüldüğü sistemin tesisat şeması

4.3. Toplam Soğutma Yükünün Belirlenmesi

Isı pompası soğutma sisteminin çekmesi gereken ısı güç; yakıt pilinin ısı gücü , p-v panellere gelen ısı güç ve katamaranın iç mahalının ısı kazancı değerlerinin toplamıyla bulunur. Bu değer aynı zamanda ısı pompasının buharlaştırıcısının (evaporatörün) çekmesi gereken ısı güçtür.

$$\dot{Q}_{TOPLAM} = \dot{Q}_{EVAP.} = \dot{Q}_{YAKITPILI} + \dot{Q}_{P-VPANEL} + \dot{Q}_{KATAMARAN} \quad (4.7)$$

İlk etapta 4 adet hibrit güneş pili düşünülmüş olup, $\dot{Q}_{P-VPANEL} = 4 \times 1,63 \text{ KW} = 6,52 \text{ KW}$ olarak hesaplamalara katılacaktır. Buna göre;

$$\dot{Q}_{TOPLAM} = \dot{Q}_{EVAP.} = 13 \text{ KW} + 6,52 \text{ KW} + 4,5 \text{ KW} = 24,02 \text{ KW} \quad \text{olarak bulunur.}$$

4.4. Gerekli Hesaplamalar

4.4.1. Soğutucu akışkanın çalışma değerleri

Daha önceden de belirtildiği gibi ısı pompası sisteminde soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılacak olup, çalışma basınçları doymuş sıvı ve doymuş buhar derecelerine göre 0,28Mpa ve 1,6 Mpa olarak belirlenmiştir. Bu basınçlardaki soğutucu akışkanın termodinamik özellikleri, ilgili tablodan alındığında; [1]

0,28 Mpa basınçta doymuş sıvının entalpi değeri, $h_3=h_4=134,02 \text{ kJ/kg}$, doymuş buharın entalpi değeri, $h_1= 246,52 \text{ kJ/kg}$ ve doyma sıcaklığı $-1,23 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak okunur. 1,6 Mpa basınçta doymuş buharın entalpi değeri, $h_2=275,33 \text{ kJ/kg}$, doymuş sıvının entalpi değeri, $h_3=134,02 \text{ kJ/kg}$ ve doyma sıcaklığı $54,92 \text{ }^\circ\text{C}$ olarak okunur.

4.4.2. Soğutucu akışkanın kütleli debisinin hesaplanması

Bu değerler ve gerekli evaporatör gücü belirlendiğine göre ısı pompası soğutma sisteminde soğutucu akışkan olarak dolaşacak R-134a'nın kütleli debisi hesaplanmalıdır.

$$\dot{Q}_{EVAP.} = \dot{m}_r (h_1 - h_4) \quad (4.8)$$

$$24 \text{ KW} = \dot{m}_r (246,52 - 134,02) \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$\dot{m}_r = 0,213 \text{ kg} / \text{s} \quad \text{olarak bulunur.}$$

4.4.3. Kompresör gücünün hesaplanması

Soğutucu akışkan debisi, h_1 ve h_2 entalpi değerleri bilindiğine göre kompresör için gerekli güç bulunur.

$$\dot{W}_{komp.} = \dot{m}_r (h_2 - h_1) \quad (4.9)$$

$$\dot{W}_{komp.} = 0,213 \text{ kg} / \text{s} (275,33 - 246,52) \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$\dot{W}_{komp.} = 6,13 \text{ KW} \quad \text{olarak bulunur.}$$

4.4.4. Kondenser gücünün hesaplanması

$$\dot{Q}_{kond.} = \dot{Q}_{evap} + \dot{W}_{komp.} \quad (4.10)$$

$$\dot{Q}_{kond.} = 24 \text{ KW} + 6,13 \text{ KW}$$

$$\dot{Q}_{kond.} = 30,13 \text{ KW} \quad \text{bulunur.}$$

Bunun yanında;

$$\dot{Q}_{kond.} = \dot{m}_r (h_2 - h_3) \quad (4.12)$$

$$\dot{Q}_{kond.} = 0,213 \text{ kg / s} (275,33 - 134,02) \text{ kJ / kg}$$

$$\dot{Q}_{kond.} = 30,1 \text{ KW} \quad \text{olarak belirlenir.}$$

4.4.5. Isı pompasının etkinlik katsayısının hesaplanması(COP)

$$COP = \frac{\text{Elde - edilmek - istenen}}{\text{harcanan - enerji}}, \quad COP = \frac{\dot{Q}_{evap.}}{\dot{W}_{komp.}} \quad (4.13)$$

$$COP = \frac{24 \text{ KW}}{6,13 \text{ KW}} = 3,915 \quad \text{olarak belirlenir.}$$

4.4.6. Soğutma suyunun toplam debisinin ve giriş çıkış sıcaklıklarının belirlenmesi

Mahal soğutması için seçilen fan-coilin içinde dolaşması gereken soğutma suyunun sıcaklık değerleri ilgili katalogdan alındığında, giriş sıcaklığının 5 °C çıkış sıcaklığının ise 12 °C olduğu görülmektedir. (Bkz. Tablo 4.3.) Öyleyse soğutma suyunun yakıt piline, hibrit güneş paneline ve fan-coile 5 °C girmesi gerekmektedir. Bu değer ve her bir cihazın ısı güçleri bilindiğine göre soğutma suyunun cihazlardan çıkış sıcaklığı ve toplam sistemden çıkış sıcaklığı (evaporatöre giriş sıcaklığı) belirlenebilir.

$\dot{Q}_{fan-coil} = 4,5 \text{ KW}$ bulunmuştu. Buna göre fan-coilin içinde dolaşacak soğutma suyunun kütledebisi;

$$\dot{Q}_{fan-coil} = \dot{m}_{fan-coil} \times C_{su} \times \Delta T \quad (4.14)$$

$$\dot{Q}_{fan-coil} = 4,5KW = \dot{m}_{fan-coil} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times (12-5)K$$

$\dot{m}_{fan-coil} \cong 0,154kg / s$ bulunur.

Tek bir fotovoltaik panelde dolaşması gereken soğutma suyu debisi ilgili kotalogdan alındığında 65lt/h (0,018kg/s) değeri görülmektedir. (Bkz. Tablo 4.6.) Soğutma suyunun panele giriş sıcaklığı, kütleli debisi ve panelin ısı kazancı bilindiğine göre soğutma suyunun panelden çıkış sıcaklığı;

$$\dot{Q}_{p-v} = 1,63KW \text{ bulunmuştur.}$$

$$\dot{Q}_{p-v} = \dot{m}_{p-v} \times C_{su} \times \Delta T$$

$$\dot{Q}_{p-v} = 1,63KW = 0,018 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times (T_{çıkış-p-v} - 5)K$$

$T_{çıkış-p-v} \cong 26^{\circ}C$ olarak bulunur.

4 adet panel seri bağlandığından p-v panellerden sonraki soğutma suyunun sıcaklığı değişmeyecek olup kütleli debisi $26^{\circ}C$ de $4 \times 0,018kg/s = 0,72 kg/sn$ olacaktır. Bu sıcaklıkta ve debideki soğutma suyu tesisat şemasından da görüldüğü üzere fan-coil devresinden çıkan soğutma suyuyla karışacaktır. (Bkz. Şekil 4.3.) Bu karışımın sıcaklığı ise;

$$C_{su} (\dot{m}_{fan-coil} \times T_{çıkış-fan-coil} + \dot{m}_{p-v-paneller} \times T_{çıkış-p-v-paneller}) = (\dot{m}_{p-v-paneller} + \dot{m}_{fan-coil}) C_{su} T_{karışım1} \quad (4.15)$$

$$0,154 \frac{kg}{s} \times 12^{\circ}C + 0,072 \frac{kg}{s} \times 26^{\circ}C = (0,072 \frac{kg}{s} + 0,154 \frac{kg}{s}) T_{karışım1}$$

$T_{karışım1} = 16,46^{\circ}C$ olarak bulunur.

Yakıt pilinin soğutulması için gerekli minimum soğutucu su debisi, ilgili katalogdan alındığında 30 lt/dk (0,5 kg/s) görülmektedir. (Bkz. Tablo 4.2.) Yakıt pilinin ısı

gücü, soğutucu suyun giriş sıcaklığı bilindiğine göre yakıt pili soğutma devresinden çıkan soğutma suyunun sıcaklığı;

$\dot{Q}_{\text{yakıt-pili}} = 13KW$ olduğu belirtilmişti

$$\dot{Q}_{\text{yakıt-pili}} = \dot{m}_{\text{yakıt-pili}} C_{su} \Delta T \quad (4.16)$$

$$13KW = 0,5 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times (T_{\text{yakıt-pili-çıkış}} - 5)K$$

$T_{\text{yakıt-pili-çıkış}} = 11,2^\circ C$ olarak bulunur.

Yakıt pili dönüş suyu sıcaklığı ile p-v panel ve fan-coil devresinden gelen soğutma suyu karıştığında karışımın sıcaklığı ise ($T_{\text{karışım2}}$);

$$C_{su} [\dot{m}_{\text{yakıt-pili}} \times T_{\text{çıkış-yakıt-pili}} + (\dot{m}_{\text{p-v-paneler}} + \dot{m}_{\text{fan-coil}}) \times T_{\text{karışım1}}] = (\dot{m}_{\text{p-v-paneler}} + \dot{m}_{\text{fan-coil}} + \dot{m}_{\text{yakıt-pili}}) C_{su} T_{\text{karışım2}} \quad (4.17)$$

$$(0,5 \frac{kg}{s} \times 11,2^\circ C + 0,226 \frac{kg}{s} \times 16,46^\circ C) = 0,726 \frac{kg}{s} \times T_{\text{karışım2}}$$

$T_{\text{karışım2}} = 12,89^\circ C$ olarak bulunur.

Hesaplamalara başlamadan önce $\dot{Q}_{\text{evap.}} = 24 KW$ olduğu bulunmuştu. Soğutma suyunun devreye $5^\circ C$ gireceği ve $12,89^\circ C$ olarak çıkacağı ve debisinin ise $0,726 kg/s$ olması gerektiği hesanplanmıştı. Kontrol edilecek olursa soğutma suyu bu sıcaklık değerleri arasında, bu debiyle dolaşırsa;

$$\dot{Q}_{\text{evap.}} = 0,726 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} \times (12,89 - 5)K$$

$\dot{Q}_{\text{evap.}} = 23,94KW$ sağlanacağı görülür. Yani soğutma suyu hesaplamalar sonucu bulunun debiyle ilgili devreden geçtiğinde, hesaplanan sıcaklıklara erişecek olup tüm sistemi soğutabildiği gibi cihazlarında istenilen sıcaklık aralığında çalışmasını sağlayacaktır. Görüldüğü üzere tesisat şemasındaki değerler bu şekilde hesaplanmış olup, ilgili şekilde gösterilmiştir. (Bkz. Şekil 4.3.)

4.4.7. Sirkülasyon pompalarının belirlenmesi

Soğutma suyunun toplam debisi tayin edildikten sonra tahmini basınç kaybı değeri belirtilerek gerekli sirkülasyon pompaları seçilebilir ve ihtiyaç duydukları elektrik enerjisi bulunabilir,

Pompa 1'den 0,726 kg/sn (43,56 lt/dk) debiyi basması ve tahminen 100 Kpa (10mSS) basıncı yenmesi beklenmektedir. Bu beklentileri Wilo marka pompanın Top S 50/10 modeli karşılayabilmektedir. Bu pompanın enerji sarfiyatının ise ilgili internet sayfasından 0,45 kw olduğu görülmektedir. [13]

Aynı zamanda; kondenserden göl suyuna 30 KW değerinde atık ısı verilecektir. (Bkz. Şekil 4.3.) Bu değer göl suyundan 1,0 kg/sn debide su çekilmek ve tahminen 80 Kpa basınç kaybını yenmek suretiyle eşanjörden geçirilerek bu suyun göle geri verilmesiyle sağlanacaktır. Bu beklentileri yine Wilo marka TP-S8 model pompa karşılayacaktır. Bu modelin enerji sarfiyatının ise yine ilgili katalogdan 0,6 kw olduğu görülmektedir.

Tablo 4.8. Seçilen pompaların kodları ve sarfiyat değerleri

POM NO	AÇIKLAMA	Q m ³ /h	H mSS	ÜRÜN TİPİ	GÜÇ kW
1	POMPA 1 DEVRESİ SİR.POMPASI	3	10	TOP S 50/10 T	0,45
2	POMPA 2 DEVRESİ DALGIÇ TİP DRENAJ POMPASI	3,6	11	TP-S8	0,6

4.4.8. Sistemin ihtiyacı olan tüm elektrik gücünün belirlenmesi

O halde sistemde kullanılması gereken tüm cihazlar için gerekli elektrik enerjisi miktarı belirlenip gerekli p-v panel alanı bulunabilir,

$$\dot{W}_{toplam} = \dot{W}_{komp.} + \dot{W}_{pompa1} + \dot{W}_{pompa2} + \dot{W}_{fan-coil} + \dot{W}_{esyalat}$$

$$\dot{W}_{toplam} = 6,13KW + 0,45KW + 0,6KW + 0,144KW + 0,25KW$$

$$\dot{W}_{toplam} = 7,574 KW = 7574 W \text{ olarak bulunur.}$$

4.4.9. Gerekli foto-voltaik panel adedinin (alanının) belirlenmesi

Katamaranın günlük sadece 1 saat, haziran, temmuz ve ağustos aylarında çalışacağı düşünülmektedir. O halde günlük minimum kurulu gücümüz 7574 Wh olmaktadır. Bahsedilen aylar için ortalama güneşlenme süresi 8 saat kabul edilebilir. (Bkz. Tablo 4.5.) Sistem 1 saat çalışacağından 7 saat güneşten p-v paneller ile enerji üretilip depolanacaktır. O halde 7574 Wh kurulu kapasite değerini 7 saatte elde etmek gerekecektir. Öyleyse $7574 \text{ Wh} / 7 \text{ h} = 1082 \text{ Wp}$ değeri (wattpeak) elde edilir. Yani p-v paneller saatte 1082 W yaklaşık olarak 1000 W enerji üretmelidir. Üretici kataloğundan bir adet panelin saatte 175 W enerji üreteceği verildiğinden; (Bkz. Tablo 4.6.)

$$\frac{1000W}{175W} = 5,71 \text{ adet panelin istenilen gücü, istenilen şartlarda verebileceği görülür.}$$

Bulunan 5,71 adet değerinin bir üst tamsayıya yuvarlanması gerektiğinden, gerekli p-v panel adeti 6 olacaktır. Bir panelin alanı $1,358 \text{ m}^2$ olduğundan toplam p-v alanı $6 \times 1,358 \text{ m}^2 = 8,15 \text{ m}^2$ olacaktır.

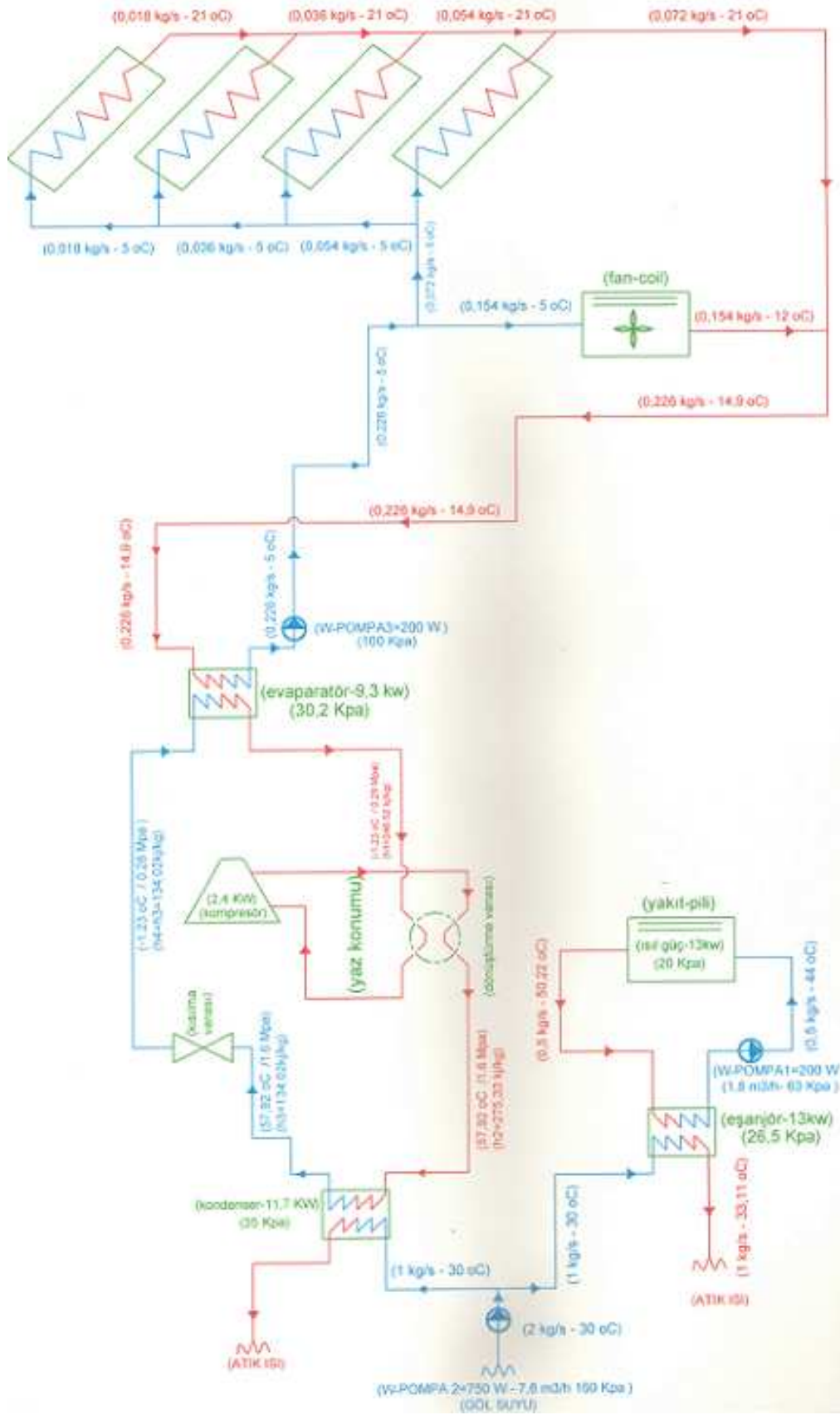
4.4.10. Bulunan sonucun değerlendirilmesi

Görüldüğü üzere Solimpeks firmasına ait 6 adet foto-voltaik hibrit güneş paneli ile sistemdeki enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir. Fakat bu 6 adet panel $6 \times 1,358 \text{ m}^2 = 8,148 \text{ m}^2$ alan kaplamakta olup tasarımı yapılan katamarana uygulanması oldukça güçtür. Sayısal sonuçlara bakıldığında gerekli tüm gücün çok büyük bir kısmı ısı pompası kompresörü için gerekmektedir. Aynı zamanda bu kompresör gücünde yaklaşık %55 i ise yakıt pilinin soğutulması için gerekmektedir. Yani kompresör gücünün bu kadar büyük olmasının sebebi yakıt pilinden gelen ısı yüküdür.

Eğer yakıt pili ısı pompası devresiyle değil de başka bir yolla soğutabilirse gerekli kompresör gücü büyük oranda azaltılmış olup, bunun neticesinde gerekli p-v panel adedi de azaltılarak uygulanabilir hale getirilebilir.

4.4.11. Alternatif soğutma sistemi tasarımı

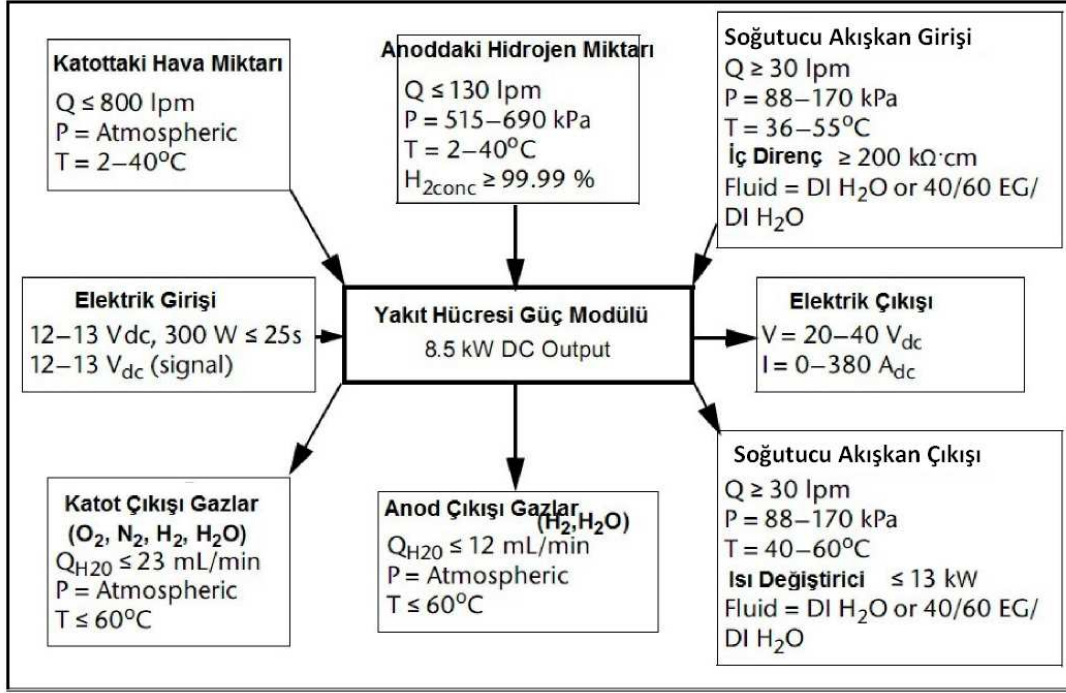
Bu noktada yakıt pilinin göl suyu ile soğutulabilirliği düşünülmüştür. Bunun için en önemli etken yakıt pili soğutma suyu sıcaklığının müsaade edilen sınırlar içinde olabilmesidir.



Şekil 4.4. Alternatif soğutma sisteminin tesisat şeması

Yakıt pilinin ilgili kataloğundan yakıt pili soğutma suyunun çıkış sıcaklığının 40 - 60 °C aralığında olabileceği belirtilmektedir.

Tablo 4.9. Yakıt piline ait mekanik arayüz diyagramı [14]



Öyleyse yakıt pilinden çıkan soğutma suyunun sıcaklığının 40-60 °C arasında olması sağlanmalıdır. Bunun için yakıt piline giren soğutma suyunun, giriş sıcaklığının belirlenmesi ve atılması gereken ısıl güç neticesinde yakıt pilinden kaç derecede çıkacağı hesaplanmalıdır. Yakıt piline girecek olan soğutma suyu giriş sıcaklığını en sıcak ay olan temmuz ayı dış sıcaklık değeri ile aynı kabul edilirse ve hesaplama sonucunda çıkış suyu sıcaklık değerinin 60 °C altında olacağı görülürse gayet emniyetli yaklaşım olmuş olur. Böylelikle hesaplamada soğutma suyu sıcaklığı 44 °C ve yakıt pilinden alınması gereken ısıl güç 13 KW alınacaktır. Böylelikle yakıt pilinden soğutma suyu çıkış sıcaklığı;

$$\dot{Q}_{\text{yakıt-pili}} = \dot{m}_{\text{yakıt-pili}} \times C_{\text{su}} \times \Delta T \quad (4.16)$$

$$\dot{Q}_{\text{yakıt-pili}} = \dot{m}_{\text{yakıt-pili}} \times C_{\text{su}} \times (T_{\text{çıkış}} - T_{\text{giriş}}) \quad (4.20)$$

$$\dot{Q}_{\text{yakıt-pili}} = 13KW = 0,5 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} (T_{\text{çıkış}} - 44)K$$

$T_{\text{çıkış}} = 50,22^\circ C$ olarak bulunur.

Görüldüğü üzere $50,22^\circ C$ müsaade edilen maksimum sıcaklık değeri olan $60^\circ C$ den küçüktür. Bu haliyle soğutma suyunun yakıt piline $44^\circ C$ üzerinde girmemesi durumunda yakıt pili müsaade edilen sıcaklık aralığında çalışacaktır. Bu ısı, eşanjör vasıtasıyla göl suyuna aktarılacaktır. (Bkz. Şekil 4.4.) Bu noktada göl suyunun eşanjöre giriş sıcaklığı maksimum hava sıcaklığı olan $44^\circ C$ den yaklaşık $14^\circ C$ düşük olabileceği kabul edilerek $30^\circ C$ alınabilir. Göl suyunun eşanjöre $30^\circ C$ girmesinin sağlanması durumunda ısı transferinin gerçekleşebilmesi için yeterli sıcaklık farkı da sağlanmış olacaktır. Bununla birlikte eşanjörden geçecek göl suyunun debisinin $1,0 kg/s$ olacağı kabul edilip, bu debiye göre pompa gücü de belirlenecektir. Benzer hesaplama ile göl suyunun eşanjörden çıkış sıcaklığı;

$$\dot{Q}_{\text{göl-suyu}} = 13KW = 1,0 \frac{kg}{s} \times 4,18 \frac{kJ}{kgK} (T_{\text{çıkış}} - 30)K$$

$T_{\text{çıkış}} = 33,11^\circ C$ olarak bulunur.

Yakıt pilinin en sıcak ayda dahi göl suyu ile soğutulabileceğinin mümkün olduğunun gösterilmesinden sonra, bu sayede ısı pompası devresi ile soğultulmasına gerek olmayacağından ötürü, gerekli kompresör gücü büyük oranda azalacaktır. Bunun neticesinde gerekli p-v panel sayısında azalacaktır. Ayrıca Solimpeks marka hibrit güneş paneli yerine Lorentz marka foto-voltaik güneş paneli kullanılırsa yine gerekli p-v alanı azaltılabilir. Bunun nedeni ise hemen hemen aynı gücü Lorentz marka p-v paneli daha az yüzey alanında vermektedir [15]. (EK 1)

Dikkat edilecek olursa Lorentz marka p-v panelin tek bir adedinin yüzey alanının, ilgili katalogdan; $0,669m \times 1,556m = 1,04 m^2$ olduğu ve $170 Watt$ enerji verdiği görülmektedir. (Bkz. EK 1) Yüzey alanı daha küçük olduğu için güneşten gelen ışınım değerinden daha az etkilenecek ve veriminin artırılabilmesi için alanı ile orantılı olarak tek bir panelden çekilmesi gereken ısı güç değeri daha da azalacaktır. Daha önceden birim m^2 ye düşen güneş ışınımı değerinin $1,2 kw$ olduğu belirlenmişti. Ayrıca bu ışınımın p-v panelin sıcaklığını artırarak verimini

düşürdüğü ve panellerin veriminin arttırılabilmesi için bu ısı gücün panellerden alınması gerektiği belirtilmişti. Tek bir panelin alanı yaklaşık 1 m² olarak alınırsa çekilmesi gereken ısı gücü 1,2 kw olmaktadır. Görüldüğü üzere önceki seçilmiş panellerin birine düşen ısı gücü olan 1,63kw değeri 1,2 kw değerinden daha büyük olmuştur. Şimdi bu azalış elbette ki soğutma yükünü azaltacağından kompresör için gerekli enerji miktarını daha da azaltacak ve bu soğutma sisteminin katamarana uygulanabilirliği mümkün olacaktır. Anlatılanlar sonucunda sistem için gerekli hesaplamalar önceki hesap yöntemleriyle yapılmış olup son sistemdeki evaporatör, kondenser, kompresör güçleri bulunmuş ve bu değerlere göre eşanjörler belirlenmiş olup, eşanjörlerden ve tesisattan kaynaklanan basınç kaybı değerleri atanarak gerekli pompalar seçilmiştir. Böylelikle hesaplamalara göre;

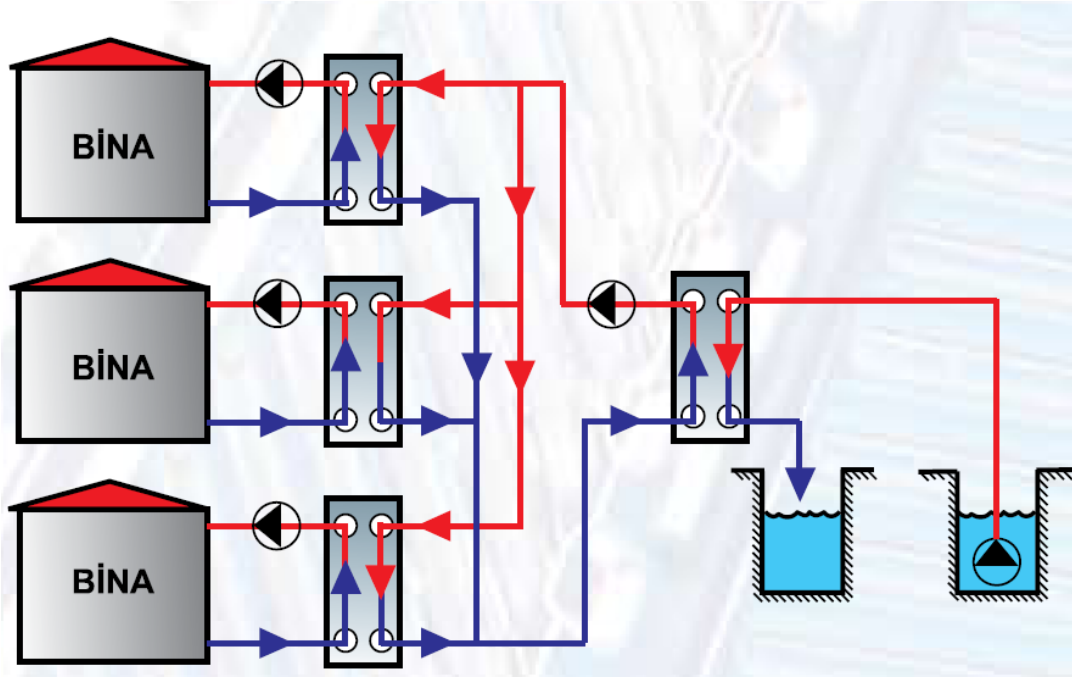
$$\dot{Q}_{\text{evap.}} = 9,3 \text{ KW}$$

$$\dot{m}_r = 0,0827 \text{ kg/s}$$

$$\dot{W}_{\text{komp.}} = 2,38 \text{ KW}$$

$$\dot{W}_{\text{kond.}} = 11,7 \text{ KW değerleri bulunur.}$$

Bu değerlerin tespitinden sonra, gerekli pompaların seçilmesi aşamasında sistemde kullanılan eşanjörlerin basınç kaybı değerleri en önemli etkidir. Bu noktada bu eşanjörlerin tasarımında, önceki hesaplamalar sonucu bulunan ısı gücü değerlerinin yanı sıra izin verilen basınç kaybı değerlerine göre eşanjör tasarımı yapılmıştır. Sistem için belirlenen bu eşanjörler ve teknik bilgileri aşağıda tablo halinde verilmiştir. Eşanjörler ve basınç kayıpları belirlendikten sonra gerekli pompalar seçilecektir.



Şekil 4.5. Temsili olarak çalışan eşanjör sistemi [16]

Tablo 4.10. Seçilen eşanjörlere ait teknik veriler.

EŞANJÖR DEĞERLERİ	EVAPARATÖR		KONDENSER		YAKIT PİLİ DEV.	
	1. TARAF	2. TARAF	1. TARAF	2. TARAF	1. TARAF	2. TARAF
AKIŞKAN	R-134a	SU	R-134a	SU	SU	SU
GİRİŞ SIC. (°C)	-1,23	14,9	57,93	30	30	50,22
ÇIKIŞ SIC. (°C)	-1,23	5	57,93	32,83	33,11	44
KÜTLESEL DEBİ (kg/s)	0,083	0,226	0,083	1	1	0,5
YOĞUNLUK (kg/m ³)	1307,6	999,9	1040,43	999,9	999,9	999,9
BASINÇ DÜŞÜŞÜ (Kpa)	11,22	3,02	0,7	35	26,5	26,5
GÜÇ (KW)	9,3		11,7		13	
EŞANJÖR MARKASI	TANPERA					
MODEL	ORW 27-24/16		ORW 27-24/16		ORW 22-9/16 NBR	

Eşanjörlerdeki basınç kayıpları belirlendikten sonra bu ve tesisattaki basınçları yenebilen pompalar seçilmiştir. Bu noktada seçilen pompalar ve teknik değerleri tablo 4.10. da verilmiştir.

Tablo 4.11. Seçilen sirkülasyon pompaları modelleri ve harcadığı güçler

POZ NO	AÇIKLAMA	Q m ³ /h	H -P Mss- Kpa	ÜRÜN TİPİ	GÜÇ kW
1	DALGIÇ TİP DRENAJ POMPASI	7,2	16- 160	TP S 20 M	0,75
2	YAKIT PİLİ DEVRESİ SİRKÜL.POMPASI	1,8	6,3-63	TOP S 25/7M	0,2
3	F.C. DEVRESİ SİRKÜL.POMPASI	1,8	10- 100	TOP S 30/10 T	0,4

Buradan görülmektedir ki;

$$\dot{W}_{pompa1} = 200 \text{ W}$$

$$\dot{W}_{pompa2} = 750 \text{ W}$$

$$\dot{W}_{pompa3} = 200 \text{ W} \text{ gücündedirler.}$$

Seçilen pompaların güçleri ve eşanjörlerdeki basınç kaybı değerleri ilgili tesisat şemasında gösterilmiştir. (Bkz. Şekil 4.4.) Ayrıca bu pompalara ait katalog bilgileri Ek 2 de ve eşanjörlere ait teknik bilgiler ise Ek 3 de verilmiştir.)

Dikkat edilirse önceki soğutma devresinde kompresör gücünün 6,13 KW olduğu belirtilmişti. Görüldüğü üzere yakıt pili, göl suyuyla soğutulduğu için kompresör gücünde böyle büyük bir azalma olmuştur. Öyleyse bu şartlarda gerekli olan toplam elektrik gücü;

$$\dot{W}_{toplam} = \dot{W}_{komp.} + \dot{W}_{pompa1} + \dot{W}_{pompa2} + \dot{W}_{pompa3} + \dot{W}_{fan-coil} + \dot{W}_{eşyalar}$$

$$\dot{W}_{toplam} = 2380\text{W} + 200\text{W} + 750\text{W} + 200\text{W} + 144\text{W} + 250\text{W}$$

$$\dot{W}_{toplam} = 3924 \text{ W} = 3,924 \text{ KW} \text{ olarak bulunur.}$$

Önceki foto-voltaik panel adedi belirlenmesi için yapılan kabullere göre, katamaranın günlük sadece 1 saat, haziran, temmuz ve ağustos aylarında çalışacağı düşünülmektedir. O halde günlük minimum kurulu güç bu sistemde 3924 Wh olmaktadır. Bahsedilen aylar için ortalama güneşlenme süresi 8 saat kabul edilmiş

(Bkz. Tablo 4.5) ve katamaranın 1 saat çalışıp, panellerin 7 saat boyunca gerekli enerjiyi üretip depolayacağı söylenmişti. O halde 3924 Wh kurulu kapasite değerini 7 saatte elde etmek gerekecektir. Öyleyse $3924 \text{ Wh} / 7\text{h} = 560,57 \text{ Wp}$ değeri (wattpeak) elde edilir. Yani p-v paneller saatte 560,57 W enerji üretmelidir. Lorentz marka güneş paneli kataloğundan bir adet panelin saatte 170 W enerji üreteceği verildiğinden; (Bkz. Ek1)

$$\frac{560,57\text{Wp}}{170\text{Wp}} = 3,29 \text{ adet panelin istenilen gücü, istenilen şartlarda verebileceği}$$

görülür. Bulunan 3,29 adet değeri bir üst tamsayıya yuvarlanması gerektiğinden, gerekli p-v panel adeti 4 olacaktır. Bir panelin yüzey alanı $1,04 \text{ m}^2$ olduğundan toplam panel alanı $4,16 \text{ m}^2$ olmaktadır.

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç

Günümüzde artan çevre kirliliği ve fosil kaynaklı yakıt rezervlerinin kısa kalan ömürleri sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilim artmıştır. Bu çalışmada Sakarya Üniversitesi bilimsel projesi kapsamında tasarlanan ve gerekli tahrik gücünün yakıt pilinden sağlanacağı katamaran için gerekli soğutma yükleri bulunup, bu soğutma yükünün ısı pompası ile göl suyuna atılması planlanmıştır. Ayrıca ısı pompasının çalışması için gerekli elektrik enerjisinin de güneşten foto-voltaik paneller ile üretilmesi hedeflenmiştir. İlk etapta gerekli soğutmanın tamamının ısı pompası ile yapılması sonucunda ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi miktarı bulunmuş olup, bu enerjiyi sağlaması için gerekli p-v panel alanı belirlenmiştir. Hesaplama sonucunda gerekli alanın fazla çıkmasından ötürü uygulanabilirliğinin zor olduğu kanısına varılarak alternatif bir soğutma yöntemi düşünülmüştür. Burada belirleyici olan iki faktör bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yakıt pilinin kesinlikle soğutulup müsaade edilen sıcaklıkta çalışabilmesini sağlamak; bir diğeri ise gerekli p-v panellerin uygulanabilme ve maliyetten ötürü mümkün olduğunca az adette ve alanda olmasını sağlamaktır. Dolayısıyla ısı pompasının kompresör gücünü azaltabilmek için yakıt pilinin direk göl suyu ile soğutulması düşünülmüştür. Çalışmanın son bölümünde yakıt pilinin direk göl suyu ile soğutulabileceği gösterilmiş olup bu sayede ısı pompasından beklenen soğutma yükü azaltılarak gerekli kompresör gücü ve gerekli p-v panel adeti (alanı) düşürülüp uygulanabilir hale getirilmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmada soğutucu akışkan olarak R-134a kullanılmıştır. Termofiziksel özellikleri sayesinde gerekli kompresör gücünü daha da azaltabilecek yeni soğutucu akışkanlar üzerinde yeni araştırmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] ÇENGEL, Y. A. ve BOLES, M.A., 1996. “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik” . Türkçe birinci basım McGraw-Hill – Literatür ortak yayını, İstanbul.
- [2] YAMAÇ, Ö. , Güneş Enerjisi Destekli Isı Pompalarının Teorik İncelenmesi, Yüksek Lisans, Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [3] SUNAR 2004
- [4] ISISAN Çalışmaları, 2002
- [5] <http://www.bilgiustam.com/gunes-enerjisinden-nasil-elektrik-elde-edilir/> , 30/07/2010
- [6] <http://linearmuhendislik.tr.gg/Solar-Paketler.htm> , 15/08/2010
- [7] <http://www.bfginternational.com/composites.asp> , 22/08/2010
- [8] INCROPERA, P., DEWITT, F., DAVIT, P. “Isı ve kütle geçişinin temelleri”. Dördüncü basımdan çeviri. Literatür yayını, İstanbul.
- [9] <http://www.ferroli.com.tr/urunler/fancoil/top-fan/series>, 17/08/2010
- [10] <http://repa.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/54.aspx> , 17/08/2010
- [11] <http://www.meteor.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAKARYA> , 19/08/2010
- [12] <http://www.solimpeks.com/File/hibritkollektorler.pdf> , 20/08/2010
- [13] <http://www.wilo.com.tr/cps/rde/xchg/tr-tr/layout.xsl/1013.htm>, 25/08/2010
- [14] Hydrogenics Advancet Hydrogen Solutions, HyPMHD8 Installation and Operation Manuel, Revision 0,2010
- [15] http://www.lorentz.de/pdf/lorentz_sm_la170-24s_en.pdf , 23/08/2010

EKLER

Ek 1

LORENTZ 

LA170-24S

High-efficiency PV Module

Technology

The LORENTZ LA-Series of PV modules with monocrystalline silicon solar cells offer a high conversion efficiency due to the unique back-contact technology.

The low voltage-temperature coefficient guarantees a superior battery charging performance, even at high operating temperatures.

Exceptional low-light performance and broad spectral response further enhance energy delivery in all weather conditions, year round.

Applications

- water pumping
- water purification systems
- remote village lighting
- solar home systems
- street and camp lights
- traffic signals
- medical facilities in remote areas
- microwave/radio repeater stations
- battery charging



Features

- aerospace style cell interconnects with in-plane strain relief
- advanced EVA encapsulation system with multi-layer backsheets for long-term package durability
- bypass diodes to minimize the power drop caused by shade
- high reliability

Warranty

- Warranty: 2 years
- Performance guarantee:
up to 10 years (90% power output)
up to 20 years (80% power output)

Details according to warranty
issued by LORENTZ

Standards

LA170-24S meets the requirements
for IEC and CE.



Specifications

Electrical Data

Peak power	P _{max}	[Wp]	170
Tolerance		[%]	+10/-5
Max. power current	I _{mp}	[A]	5.2
Max. power voltage	V _{mp}	[V]	32.7
Short circuit current	I _{sc}	[A]	5.8
Open circuit voltage	V _{oc}	[V]	39.2
Temperature co-efficient for P _{max}		[%/°C]	-0.38
Temperature co-efficient for V _{oc}		[mV/°C]	-110
Temperature co-efficient for I _{sc}		[mA/°C]	5.3
Max. system voltage		[V]	750

All technical data at standard test condition:
AM = 1.5, E = 1,000W/m², cell temperature: 25 °C

Cells

Number of cells in series	60*
Number of cells in parallel	1
Cell technology	monocrystalline
Cell shape	rectangular

* Due to the back-contact cell technology only 60 cells are required to yield the same V_{mp} voltage as traditional SI products with 72 cells.

Ek 1 devam

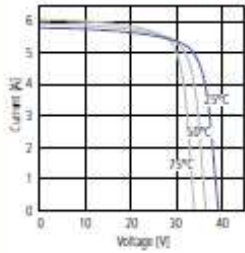
LA170-24S
High-efficiency PV Module



Electrical Performance

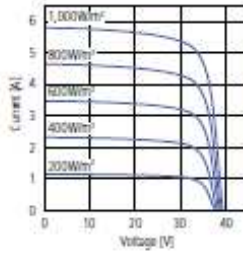
Electrical Performance

for different temperatures, at AM=1.5, E=1,000W/m²



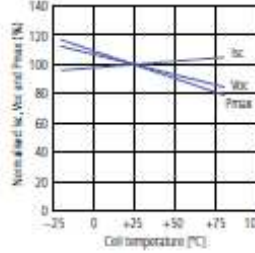
Electrical Performance

for different irradiance, at 25 °C



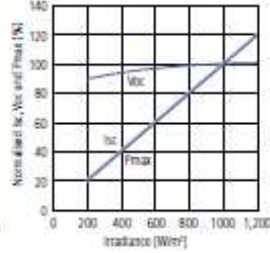
Temperature Dependence

of I_{sc}, V_{oc} and P_{max}

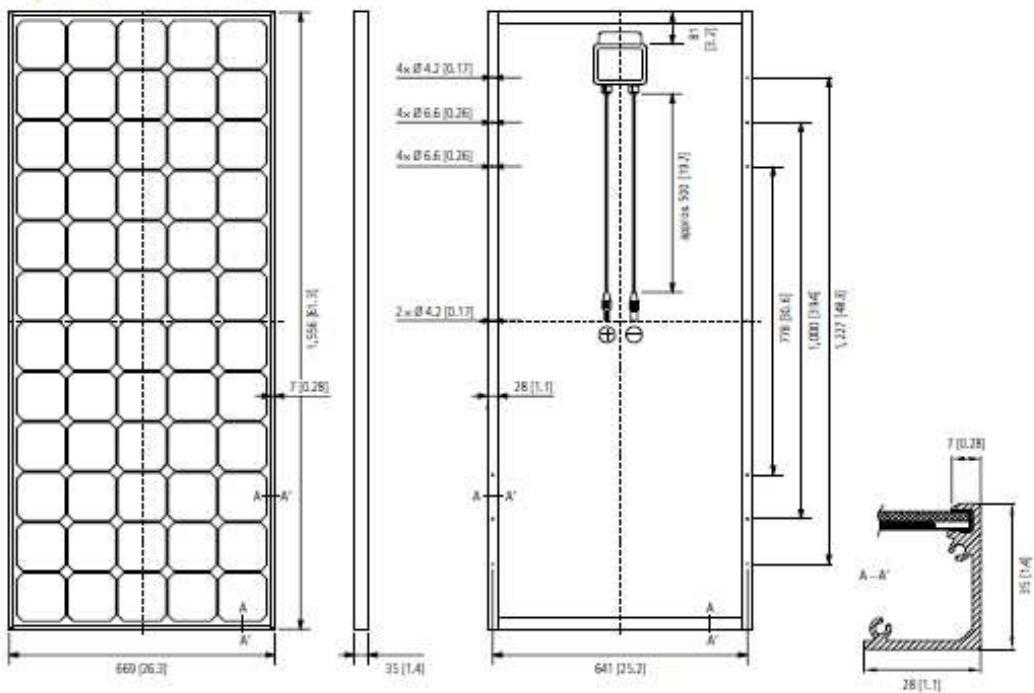


Irradiation Dependence

of I_{sc}, V_{oc} and P_{max} at 25 °C



Physical Specifications mm [in]



Weight	[kg]	16.0kg
Dimension	[mm]	669 × 1,556 × 35

Ek 2



Dalgıç Tip Monofaze Drenaj Pompaları

TP-S.. Serisi

- Elektrik bağlantıları yapıldığında çalışmaya hazırdır
- Seviye flatörü ve termik koruması üzerinde mevcuttur
- 5 m uzunluğunda fişli elektrik kablosu standart teslimat kapsamındadır
- Konut, endüstriyel tesis ve inşaatlardaki kimyasal olarak agresif olmayan, sıcaklığı 40°C'yi geçmeyen kirli suların pompalanmasında kullanılır
- 10 mm parça büyüklüğüne kadar katı madde karışımı akışkanları transfer edebilir
- Termoplastik malzemeden yapılmış vortex tip açık çark, tıkanmaları önler, problemsiz bir işletim sağlar
- Sessiz çalışır, kullanımı konforludur
- Mobilize uygulamalarda ayrıca bir kaide gerektirmez
- Montajı kolay ve masrafsızdır
- Zeminden itibaren 15 mm akışkan seviyesine kadar transfer yapabilir
- Foseptik amaçlı özel çek valf ve küresel vana isteğe bağlı teslimat kapsamındadır
- İşletim, flatör sistemiyle su seviyesine göre otomatik olarak gerçekleşir
- Elektrik tüketimi düşük, işletimi ekonomiktir
- Bakım ve ayar gerektirmez, problemsizdir
- Yedek parça ve servis güvencelidir



Ek 2 devam

GENEL BİLGİLER

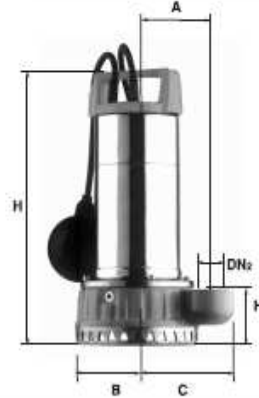
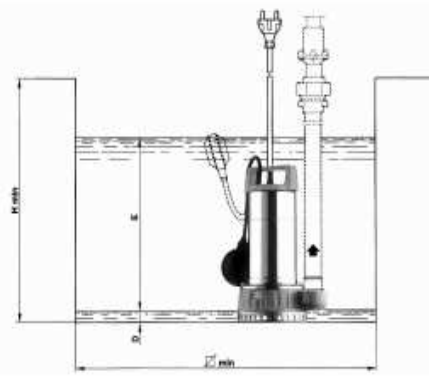
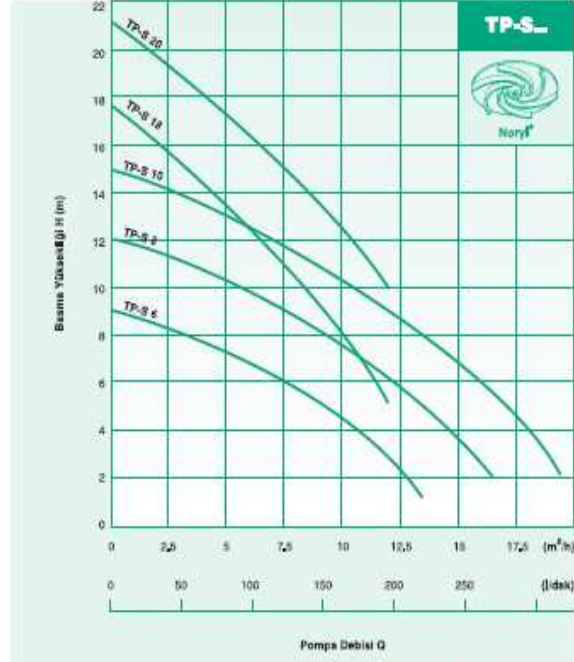
Bu pompalar, yerleşim birimlerinde ve endüstriyel tesislerde oluşabilen kirlı akışkanların ve drenaj sularının basınçlandırılması için kullanılabilir.

Kanal ve çukurlardaki çamurlu suların tahliyesi, kum karışımı yağmur ve sel sularının basınçlandırılması, soğutma suyu gibi proses amaçlı akışkanların transfer edilmesi, TP-S serisi dalgıç pompaların kullanılabileceği uygulamalardır.

Döküm gövdesi ve erozyona dayanıklı malzemelerden üretilmiş yapı elemanlarıyla TP-S domestik tip bir az kirlı su pompasıdır. Elektrik motorunun stator sargısı çift reçine izolasyonludur. Gerekliğinde yeniden sarılabilir tiptir. Pompanın tamamen veya asgari 20 cm akışkan içinde bulunduğu ortamda, motor yeterince soğuyabildiğinden sürekli çalışabilme özelliğine sahiptir.

Motor ve pompa bölümlerini birbirinden tamamen soyutlayabilmek ve yüksek bir işletim güvenilirliği için yağ soğutmalı tip çift mekanik salmastra kullanılmıştır.

Standart teslimat kapsamında bulunan seviye flatörü ile otomatik işletimi mümkündür.



Yapı Elemanlarının Malzeme Özellikleri


Motor Gövdesi	AEI 304 Paslanmaz çelik
Pompa Gövdesi	GG 25 Döküm
Emiş Süzgeci	AEI 304 Paslanmaz çelik
Pompa Çarkı	Termoplastik
Motor Mİ	AEI 416 Paslanmaz çelik
Tesbit Cıvataları	AEI 304 Paslanmaz çelik
Mekanik Salmastralar	SIC/SIC

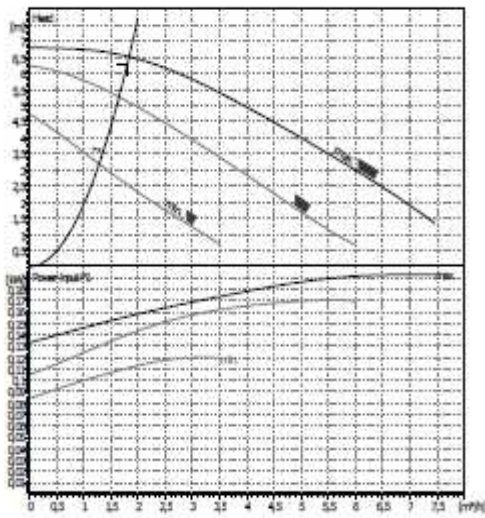
Teslimat kapsamında bulunan 5 m uzunluğundaki fişli elektrik kablosu H07RN-F standardındadır.

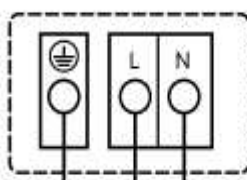
TEKNİK BİLGİLER n=2900 d/dk

Pompa Tipi	Anma gücü kW HP	Basınç ağız Ø DN2	Mobilize Uygulamalarda Montaj Boyutları (mm)									
			A	B	C	Dmin	Emax	H	H1	Hmin	Ø min	
TP-S 6 M	0,45 / 0,60	R1½"	105	81	136	15	5000	320	66	500	500	
TP-S 8 M	0,60 / 0,85	R1½"	105	81	136	15	5000	320	66	500	500	
TP-S 10 M	0,75 / 1,00	R1½"	105	81	136	15	5000	320	66	500	500	
TP-S 18 M	0,60 / 0,85	R1½"	105	81	136	15	5000	320	66	500	500	
TP-S 20 M	0,75 / 1,00	R1½"	105	81	136	15	5000	320	66	500	500	

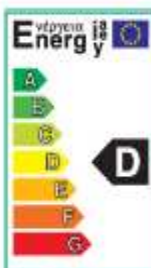
Ek 2 devam

TOP-S 25/7 1~ PN 10 System: Standard pump		
Customer	Project	Page 3 / 4
Customer no.	Project no.	Date 2010-09-20
Contact	Position no.	
Care of	Location	


	<p>Requested data</p> <table border="0"> <tr><td>Flow</td><td>1,8</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Head</td><td>6,3</td><td>m</td></tr> <tr><td>Fluid</td><td colspan="2">Water, pure</td></tr> <tr><td>Fluid temperature</td><td>20</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Density</td><td>0,9982</td><td>kg/dm³</td></tr> <tr><td>Kinematic viscosity</td><td>1,001</td><td>mm²/s</td></tr> <tr><td>Vapor pressure</td><td>0,1</td><td>bar</td></tr> </table>	Flow	1,8	m³/h	Head	6,3	m	Fluid	Water, pure		Fluid temperature	20	°C	Density	0,9982	kg/dm³	Kinematic viscosity	1,001	mm²/s	Vapor pressure	0,1	bar																			
Flow	1,8	m³/h																																							
Head	6,3	m																																							
Fluid	Water, pure																																								
Fluid temperature	20	°C																																							
Density	0,9982	kg/dm³																																							
Kinematic viscosity	1,001	mm²/s																																							
Vapor pressure	0,1	bar																																							
<p>Pump data</p> <table border="0"> <tr><td>Make</td><td colspan="2">WILO</td></tr> <tr><td>Type</td><td colspan="2">TOP-S 25/7 1~</td></tr> <tr><td>Pumpe type</td><td colspan="2">Single head pump</td></tr> <tr><td>Pressure rating</td><td colspan="2">PN10</td></tr> <tr><td>Min. fluid temperature</td><td>-20</td><td>°C</td></tr> <tr><td>Max. fluid temperature</td><td>130</td><td>°C</td></tr> </table>		Make	WILO		Type	TOP-S 25/7 1~		Pumpe type	Single head pump		Pressure rating	PN10		Min. fluid temperature	-20	°C	Max. fluid temperature	130	°C																						
Make	WILO																																								
Type	TOP-S 25/7 1~																																								
Pumpe type	Single head pump																																								
Pressure rating	PN10																																								
Min. fluid temperature	-20	°C																																							
Max. fluid temperature	130	°C																																							
<p>Hydraulic data (duty point)</p> <table border="0"> <tr><td>Flow</td><td>1,83</td><td>m³/h</td></tr> <tr><td>Head</td><td>6,52</td><td>m</td></tr> <tr><td>Power input P1</td><td>0,156</td><td>kW</td></tr> <tr><td>Speed</td><td>2600</td><td>1/min</td></tr> </table>		Flow	1,83	m³/h	Head	6,52	m	Power input P1	0,156	kW	Speed	2600	1/min																												
Flow	1,83	m³/h																																							
Head	6,52	m																																							
Power input P1	0,156	kW																																							
Speed	2600	1/min																																							
<p>Minimum suction head</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Temperature</td> <td>50</td> <td>95</td> <td>110</td> <td>130</td> <td>°C</td> </tr> <tr> <td>Minimum suction head</td> <td>0,5</td> <td>5</td> <td>11</td> <td>24</td> <td>m</td> </tr> </table>		Temperature	50	95	110	130	°C	Minimum suction head	0,5	5	11	24	m																												
Temperature	50	95	110	130	°C																																				
Minimum suction head	0,5	5	11	24	m																																				
<p>Materials / Shaft seal</p> <table border="0"> <tr><td>Housing</td><td>EN-GJL 200</td></tr> <tr><td>Shaft</td><td>X 46 Cr 13</td></tr> <tr><td>Impeller</td><td>Fiber-reinforced PP</td></tr> <tr><td>Bearing</td><td>Metal impregnated carbon</td></tr> </table>		Housing	EN-GJL 200	Shaft	X 46 Cr 13	Impeller	Fiber-reinforced PP	Bearing	Metal impregnated carbon																																
Housing	EN-GJL 200																																								
Shaft	X 46 Cr 13																																								
Impeller	Fiber-reinforced PP																																								
Bearing	Metal impregnated carbon																																								
<p>Dimensions per pump mm</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>b1</td><td>66</td><td>a1</td><td>34</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>b2</td><td>80</td><td>a2</td><td>56</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>b3</td><td>92</td><td>Pg</td><td>2 x 13,5</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>l0</td><td>180</td><td>G</td><td>G1 1/2</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>l1</td><td>165</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>		b1	66	a1	34					b2	80	a2	56					b3	92	Pg	2 x 13,5					l0	180	G	G1 1/2					l1	165						
b1	66	a1	34																																						
b2	80	a2	56																																						
b3	92	Pg	2 x 13,5																																						
l0	180	G	G1 1/2																																						
l1	165																																								
<table border="0"> <tr><td>Suction side</td><td>1"/G 1½</td><td>/ PN 10</td></tr> <tr><td>Discharge side</td><td>1"/G 1½</td><td>/ PN 10</td></tr> <tr><td>Weight</td><td>5</td><td>kg</td></tr> </table>		Suction side	1"/G 1½	/ PN 10	Discharge side	1"/G 1½	/ PN 10	Weight	5	kg																															
Suction side	1"/G 1½	/ PN 10																																							
Discharge side	1"/G 1½	/ PN 10																																							
Weight	5	kg																																							
<p>Motordata per Motor/Pump/</p> <table border="0"> <tr><td>Energy efficiency class</td><td colspan="2">D</td></tr> <tr><td>Rated power P2</td><td>0,09</td><td>kW</td></tr> <tr><td>Power input P1</td><td>0,195</td><td>kW</td></tr> <tr><td>Nominal speed</td><td>2600</td><td>1/min</td></tr> <tr><td>Rated voltage</td><td colspan="2">1~230 V, 50 Hz</td></tr> <tr><td>Max. power consumption</td><td>0,95</td><td>A</td></tr> <tr><td>Degree of protection</td><td colspan="2">IP 44</td></tr> <tr><td>Permitted voltage tolerance</td><td colspan="2">+/- 10%</td></tr> </table>		Energy efficiency class	D		Rated power P2	0,09	kW	Power input P1	0,195	kW	Nominal speed	2600	1/min	Rated voltage	1~230 V, 50 Hz		Max. power consumption	0,95	A	Degree of protection	IP 44		Permitted voltage tolerance	+/- 10%																	
Energy efficiency class	D																																								
Rated power P2	0,09	kW																																							
Power input P1	0,195	kW																																							
Nominal speed	2600	1/min																																							
Rated voltage	1~230 V, 50 Hz																																								
Max. power consumption	0,95	A																																							
Degree of protection	IP 44																																								
Permitted voltage tolerance	+/- 10%																																								
<table border="0"> <tr><td>Item no. of standard version</td><td>2048320</td></tr> </table>		Item no. of standard version	2048320																																						
Item no. of standard version	2048320																																								

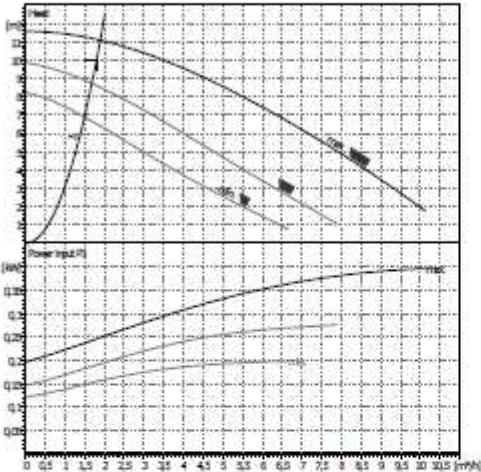


PE L N
1~230 V, 50 Hz



Ek 2 devam

TOP-S 30/10 3~ PN 10 System: Standard pump		
Customer	Project	Page 4 / 4
Customer no.	Project no.	Date 2010-09-20
Contact	Position no.	
Care of	Location	



Requested data

Flow	1,8	m³/h
Head	10	m
Fluid	Water, pure	
Fluid temperature	20	°C
Density	0,9982	kg/dm³
Kinematic viscosity	1,001	mm²/s
Vapor pressure	0,1	bar

Pump data

Make	WILO	
Type	TOP-S 30/10 3~	
Pumpe type	Single head pump	
Pressure rating	PN10	
Min. fluid temperature	-20	°C
Max. fluid temperature	130	°C

Hydraulic data (duty point)

Flow	1,9	m³/h
Head	11,1	m
Power input P1	0,249	kW
Speed	2600	1/min

Minimum suction head

Temperature	50	95	110	130	°C
Minimum suction head	0,5	5	11	24	m

Materials / Shaft seal

Housing	EN-GIL 200
Shaft	X 46 Cr 13
Impeller	Fiber-reinforced PP
Bearing	Metal impregnated carbon

Dimensions per pump (mm)

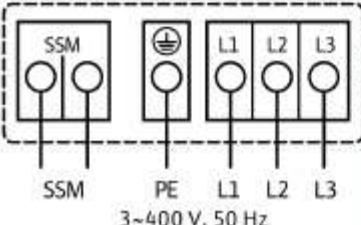
b1	68,5	a1	52				
b2	92	a2	72,5				
b3	102	Pg	2 x 13,5				
l0	180	G	G2				
l1	171,5						

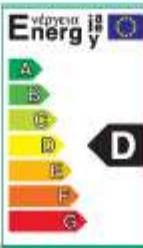
Suction side: 1½"/G 2 / PN 10
Discharge side: 1½"/G 2 / PN 10
Weight: 6,3 kg

Motordata per Motor/Pump/

Energy efficiency class	D	
Rated power P2	0,18	kW
Power input P1	0,4	kW
Nominal speed	2610	1/min
Rated voltage	3~400 V, 50 Hz	
Max. power consumption	0,79	A
Degree of protection	IP 44	
Permitted voltage tolerance	+/- 10%	

Item no. of standard version: 2066133





Ek 3

CHARACTERISTICS	SIDE 1	SIDE 2
Grouping (Passes x Channels)	1X10	1X10
Media	R134-A	Water
Inlet Temp. (C)	-1.23	14.9
Outlet Temp. (C)	-1.23	5
Flow Rate (Kg/sn)	0.0485	0.223
Specific Gravity (Kg/m ³)	1307.6	999.99
Specific Heat Kcal/(Kg C)	0.55	1
Mean Viscosity (cSt)	6.88	0.27
Wall Viscosity (cSt)	10.72	0.26
Thermal Conduct. Kcal/(m h C)	0.02	0.59
Fouling Factor ((m ² h C)/Kcal)	0	0
Pr.Drop (kPa)	11.212	3.02
Liquid Vol. (dm ³)	0.616	0.672
Thermal Safety Factor:	10%	
Thermal Efficiency:	0.5	
Thermal Length:	0.69	
Log Mean Temp. Diff.:	28.85	
Plate Material:	AISI 316, 0.5 mm	
Gasket Material:	Brazed	
Frame Material:	Steel coated with epoxy polyester	
Connections Side 1:	Threaded pipe BSP, AISI 316, 1/2"	
Connections Side 2:	Threaded pipe BSP, AISI 316, 3/4"	
Frame Measures (mm)(Width x Height X Length):		
Minimal Plate Pack (mm):	75.6	
Max Work / Test Pressure (Bar)	30 / 45	30 / 45
Max Working Temp. (Deg C)	195	195
Min Working Temp. (Deg C)	-20	-20

Ek 3 devam

CHARACTERISTICS	SIDE 1	SIDE 2
Grouping (Passes x Channels)	1X10	1X10
Media	R134-A	Water
Inlet Temp. (C)	-1.23	14.9
Outlet Temp. (C)	-1.23	5
Flow Rate (Kg/sn)	0.0485	0.223
Specific Gravity (Kg/m ³)	1307.6	999.99
Specific Heat Kcal/(Kg C)	0.55	1
Mean Viscosity (cSt)	6.88	0.27
Wall Viscosity (cSt)	10.72	0.26
Thermal Conduct. Kcal/(mh C)	0.02	0.59
Fouling Factor (m ² h C)/Kcal)	0	0
Pr.Drop (kPa)	11.212	3.02
Liquid Vol. (dm ³)	0.616	0.672
Thermal Safety Factor:	10%	
Thermal Efficiency:	0.5	
Thermal Length:	0.69	
Log Mean Temp. Diff.:	28.85	
Plate Material:	AISI 316, 0.5 mm	
Gasket Material:	Brazed	
Frame Material:	Steel coated with epoxy polyester	
Connections Side 1:	Threaded pipe BSP, AISI 316, 1/2"	
Connections Side 2:	Threaded pipe BSP, AISI 316, 3/4"	
Frame Measures (mm)(Width x Height X Length):		
Minimal Plate Pack (mm):	75.6	
Max Work / Test Pressure (Bar)	30 / 45	30 / 45
Max Working Temp. (Deg C)	195	195
Min Working Temp. (Deg C)	-20	-20

ÖZGEÇMİŞ

1984 yılı B. Almanya / Ludwigshafen şehrinde doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2002 yılında girdiği Dumlupınar Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümünden bir eğitim dönemi sonra Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yaptı ve 2006 yılında mezun oldu. 2007 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2007 yılında girdiği Evim Yapı A.Ş firmasında Makina Mühendisi olarak halen görev yapmakta.