

4
155

I
1-4

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TUZ TABAKALI GÜNEŞ GÖLETLERİ
(Eskişehir ilinde Uygulama)

Yüksek Lisans Tezi

Şehnaz Uludağ

Tezi Yöneten: Doç.Kemal Taner

Eskişehir - 1986

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

T E Ő E K K Ü R

Bu çalışmayı yönlendiren ve teşvik eden, hocam, Doç.Kemal Taner'e teşekkür ederim.

Ayrıca, döküman temininde ve bilgisayar hesaplamalarındaki katkılarından dolayı Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kütüphanesi ve Bilgi-İşlem Merkezi yetkililerine de teşekkürü bir borç bilirim.

Şehnaz ULUDAğ
Eskişehir, 1986

Ö N S Ö Z

Bir çok ülkenin fosil yakıtı yoktur ve bu ülkelerin bir çoğu karşı karşıya buldukları sürekli ödemeler dengesi problemlerine rağmen ithal malı petrol, kömür veya nükleer teknolojiye bağlanmak zorunda kalmaktadırlar.

Son bir kaç yıl boyunca güneş göletleri, fosil yakıt kullanan enerji dönüşüm teknolojileri ile ekonomik ve teknik olarak rekabet edebilecek potansiyeli ile üzerlerine özel dikkat çekmişlerdir. Her ne kadar konstrüksiyonu, işletmesi ve bakımının bazı yönleri araştırma ve gelişme safhasındaysa da son yıllarda tuz tabakalı güneş göletleri uygulama düzeyine ulaşmıştır.

Bu araştırmada tuz tabakalı güneş göletleri üzerinde durulmuştur. Araştırmanın birinci bölümünde tuz tabakalı güneş göletlerinin matematik modeli, geçirgenlik, ısı depolama vb. karakterleri sunulmuştur. Endüstriyel işlem enerjisi sağlayan veya elektrik üreten yapılma ve planlanan güneş göleti projeleri hakkında bilgi verilmiştir.

Araştırmanın ikinci bölümünde bilgisayar yardımıyla Eskişehir'de bir binanın tuz tabakalı güneş göleti ile ısıtılması hakkında bilgi verilmiştir. Geliştirilen kompüter programı yardımıyla elde edilen tahmini verilerin bir değerlendirilmesi sunulan göletin, ekonomik analizi verilmiştir.

S U M M A R Y

Fossil fuels are not available in many countries, and these countries are forced to rely on imported oil or coal or nuclear technology in spite of the continuous balance of payment problems which most of them face.

During the last few years, solar ponds have received special attention as one of the solar technologies with the potential to be economically and technically competitive with energy conversion technologies which use fossil fuels. In recent years salt-gradient solar ponds reached the application level, although some aspects of their construction, operation and maintenance are still in the research and development stage.

This investigation is given salt gradient solar ponds. Thermal, optical, and hydrodynamic behaviour of salt gradient ponds are discussed. An account of on going and planned solar ponds projects to supply industrial process heat or to produce electricity is presented and their economics are summarized.

In the second part of this investigation, a computer aided solar pond system design for heating a Club house in Eskis ehir, has been given.

İÇİNDEKİLER

	Sahife
Özet.....	I
Summary.....	II
Şakiller.....	V
Semboller.....	VII

BÖLÜM -1-

TUZ TABAKALI GÜNEŞ GÖLETİ HAKKINDA BİLGİLER

1.1 - Tuz tabakalı Güneş Göletinin Tanıtılması.....	1
1.2 - Güneş Göleti Tipleri.....	4
1.2.1 - Taşınımsız Göletler.....	6
1.2.2 - Taşınımlı Göletler.....	9
1.2.3 - Kollektör-Göl Bileşimi Depolama.....	10
1.3 - Tuz Tabakalı Göletlerin Fiziği.....	10
1.3.1 - Tuz Tabakalı Göletlerin Matematik Modeli..	10
1.3.2 - Güneş ışınımının Yutulması.....	13
1.3.3 - Gölette Isı Akışı.....	19

1.3.4 - Göllette Isı Kayıpları.....	21
1.3.5 - Rüzgar Tesirleri.....	23
1.3.5.1 - Rüzgar Dalgalarının Karakteris- tikleri.....	23
1.3.5.1 - Rüzgar Kırıcı Yüzen Dalgalar...	23
1.4 - Güneş Gölletin Doldurulması.....	24
1.5 - Güneş Gölletinde Sıcaklık Profili.....	26
1.6 - Güneş Gölletinde zamana bağlı sıcaklık Profili.....	28
1.7 - Tuz Gradyanının Oluşması ve Korunması.....	32
1.7.1 - Metodun Tanımı.....	33
1.7.2 - Sirkülasyon Akışının Hesaplanması.....	34
1.8 - Tuz Konsantrasyonunun Zamanla Sönümü.....	37
1.9 - Güneş Gölletinin Uygulama Alanları.....	41
1.9.1 - Binaların Isıtılması.....	41
1.9.2 - Binaların Serinletilmesi.....	42
1.9.3 - Isı Kaynağı Güneş Gölletleri Olan Endüstriyel İşlemler.....	43
1.9.4 - Elektrik Gücünün Kaynağı olan Güneş Gölletleri.....	44
1.9.5 - Güneş Gölletlerinde Güneş Işınımının Deniz Yosununa Dönüştürülmesi.....	48
1.10- Tuz Tabakalı Güneş Gölletlerinin Yapımı, Bakımı ve İşletilmesi.....	49
1.10.1 - İklimsel Bilgiler.....	49
1.10.2 - Jeoteknik Değerlendirme.....	50
1.10.3 - Suyun Kullanılabilirliği ve Uygunluğu.....	50
1.10.4.-Tuzun Kullanılabilirliği ve Kalitesi.....	51
1.10.5 - Çevresel Etki.....	51
1.10.6 - Isı Çekimi.....	52
1.11 - Güneş Gölletleri : Araştırma, Uygulamalar ve Geliştirme.....	52
1.11.1 - Araştırma Gölletleri.....	52
1.11.2 - Uygulama Çalışmaları.....	57
1.11.3 - Geliştirme Çalışmaları.....	58

BÖLÜM -2-

BİLGİSAYAR YARDIMIYLA HESAPLAMALAR

2.1 - İnşa edilen Tuz Tabakalı Güneş Göleti Hakkında Genel Bilgiler.....	61
2.2 - Hesaplamalar.....	62
2.2.1 - Eşanjör Hesabı.....	63
2.3 - Sonuç.....	64

ŞEKİLLER

		Sahife	
ŞEKİL	1	Tuz tabakalı güneş göletinin şeması ve ısı akışı	3
ŞEKİL	2	Güneş Göletinin sınıflandırılması	5
ŞEKİL	3	Geçirgen zar kullanılmış bir tuz tabakalı güneş göletinin şematik gösterimi	7
ŞEKİL	4	Kararlı duruma getirilmiş güneş göletinin şematik gösterimi	8
ŞEKİL	5	Sıg güneş göletinin şematik diyagramı	9
ŞEKİL	6	Üç tabakalı güneş göletinin gösterimi	11
ŞEKİL	7	Birim genliğe sahip bir ışık dalgasının hava/su arakesitinde yansıma ve kırılma	17
ŞEKİL	8	Enjektörle güneş göletinin doldurulması	25
ŞEKİL	9	Tuz tabakalı güneş göletlerinde tabaka kalınlıkları (X_0 ; üst iletken tabaka kalınlığı, x_w-x_0 yalıtkan tabaka kalınlığı, x_c ; alt iletken tabaka kalınlığı)	28

ŞEKİL 10	Pasif metod kullanarak bir güneş göletinde tuz doldurulması işleminin şematik gösterimi	33
ŞEKİL 11	Güneş Göletinde tipik yoğunluk profili ve farklı bölgeler	34
ŞEKİL 12	M=6 katmanlı bir güneş göletinde yalıtkan tabakayı oluşturan merdiven tipi konsantrasyon gradyanı	37
ŞEKİL 13	Çukurova Üniversitesi güneş havuzunda 30 günlük aralıklarla ölçülen sıcaklığın derinlikle değişimi	38
ŞEKİL 14	Çukurova Üniversitesi güneş göletinde tabandan 0,05 m yukarıda ölçülen sıcaklığın zamanla değişimi	39
ŞEKİL 15	Çukurova ÜniversitesiGüneş göletinde tuz gradyanının zaman içinde sönümü	40
ŞEKİL 16	Bir güneş göletinde ısı kullanan tuz arıtma tesisinin şematik diyagramı	45
ŞEKİL 17	Bir güneş göleti/organik rankin çevrimi kombinasyonu boyunca elektrik üretimi	47
ŞEKİL 18	Açıklık düzlemi, yutma düzlemi ve yansıtıcıları gösteren dairesel silindirik yansıtıcıların gösterimi	48
ŞEKİL 19	Yansıtıcı ile göletlerin kesit görünüşü boyutlar 40 kuzey enleminde 40 eğim içindir. Bu durumda ısı depolama periyodu boyunca gölgelenme yoktur.	49
ŞEKİL 20	Güneş göletleri faaliyetleri	53
ŞEKİL 21	Labaratuar için tuz tabakalı araştırma göleti	59
ŞEKİL 22	Sığ gölet görünüşü	60

- ŞEKİL 23 Aylara göre öngörülen ortalama toplama veriminin gösterimi
- ŞEKİL 24 Aylara göre öngörülen ortalama faydalı ısının gösterimi
- ŞEKİL 25 Derinlikle öngörülen sıcaklık değişiminin gösterimi
- ŞEKİL 26 Güneş gölgesi/Eşanjör sistemiyle çakilişinin şematik olarak gösterimi.

SEMBOLLER

A	- Üst taşınımlı Bölge, sıvı dilimi alanı	(-- ,m ²)
B	- Taşınımsız bölge (Yalıtım tabakası)	(--)
C	- Alt taşınımlı bölge	(--)
T	- Sıcak, Alt iletken tabaka sıcaklığı	(°C)
t	- Zaman, güneşleme süresi	(h)
x	- Yüzeyden aşağıya mesafe	(m)
G	- Güneş radyasyonu absorpsiyon şiddeti	(w/m ²)
k	- Isı iletim katsayısı	(w/m°C)
α	- Isı yayılım katsayısı	(m ² /sn)
ρ	- Akışkanın yoğunluğu	(mg/m ³)
Cp	- Akışkanın özgül ısısı	(kj/kg- C)
T ₁ ve T ₂	- Bölge sıcaklıkları	(°C)
x ₁ , x ₂ , x ₃	- Bölge sınırları	(m)
ΔG_1	- Üst taşınım bölgede yutulan güneş enerjisi	(w/m ²)
ΔG_2	- Alt taşınım bölgede yutulan güneş enerjisi	(w/m ²)
U _{LS}	- Üst bölge ile çevre arasındaki ısı kayıp katsayısı	(w/m- °C)
U _{LG}	- Alt bölge ile toprak arasındaki kayıp Katsayısı	(w/m- C)

Ta	- Çevre sıcaklığı	(°C)
Tg	- Toprak sıcaklığı	(°C)
τ	- Verim	(-)
$\alpha \tau$	- Yutma-gaçırma çarpımı	(-)
h(x)	- Geçirgenlik fonksiyonu	(-)
U _L	- Kayıp katsayı	(W/m ²)
FR	- Isı kazancı faktörü	(-)
I	- Anlık güneş ışınımı	(W/m ² -c)
I _d	- Anlık direkt ışınım	(W/m ²)
I _y	- Anlık yayılı ışınım	(W/m ²)
β_1	- Direkt güneş ışınımı sönüm katsayısı	(-)
β_2	- Yayılı ışınım sönüm katsayısı	(-)
Q	- Yatay birim düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımı	(W/m ² gün)
Q _o	- Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı	(W/m ² gün)
t _o	- Gün uzunluğu	(h)
a, b	- Tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerine dayanarak istatistik metodlarla tayin edilen sabitler	(-)
d	- Denklinasyon	(23,45, - 23,45)
n	- Ocak 1 den itibaren gün sayısı	(-)
z	- Deniz seviyesinde yükseklik	(m)
G	- Güneşin doğuş saati	(h)
e	- Enlem derecesi	(°)
I _{gs}	- Güneş sabiti	(1353 W/m ²)
f	- Güneş sabitini düzeltme faktörü	(-)
H	- Güneş batış saat açısı	(°)
K _y	- Yatay düzleme gelen yayılı ışınımın tüm güneş ışınımına oranı	(Q _y /a)
K _t	- Yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının atmosfer dışına gelen ışınımına oranı	(-)
rt	- Anlık tüm güneş ışınımının günlük toplam tüm güneş ışınımına oranı (I/Q)	(-)
ψ	- Gün boyunca anlık tüm güneş ışınımının exponansiyel ve sinüzoidal geçimi	(-)

Ψ	- Gün boyunca anlık tüm güneş ışınımının exponansiyel ve sinüzoidal gelişimi	(-)
h	- Saat açısı	(°)
GS	- Güneş saati	(h)
MS	- Mamlakat saati	(h)
B_s	- Standart boylam (45°)	(-)
B_y	- Yerel boylam	
ZD	- Zaman düzlemi	(dk)
ry	- Yatay bir düzleme bir anda gelen ışınımın atmosfer dışına bir gün boyunca gelen ışınım oranı (I_0/Q_0)	(-)
a	- Kırılma ışık	(-)
b	- Yansıyan ışık	(-)
r	- Suyun kırılma indeksi (1,33)	(-)
Q_1	- Geliş açısı	(°)
Q_2	- Kırılma açısı	(°)
I_s	- Yüzeyin hemen altındaki güneş ışınımı şiddeti	(w/m ²)
$\lambda_{(max)}$	- Maksimum dalga boyu	(m)
P	- Kızılötesi dalgaların suya aktardığı ışınım enerjisi	(w/m ²)
σ	- Stefan Boltzman sabiti	($5.67 \cdot 10^{-8} w/m^2 K^4$)
ΔH	- t zaman aralığında iletimle aktarılan ısı enerjisi	(Joule)
ΔT	- Ardaşık sıvı dilimleri arasındaki sıcaklık farkı	(°C)
Δx	- Ardaşık iki sıvı diliminin eksenleri arasındaki uzaklık dilimi kalınlığı	(m)
Q_s	- Güneş göletinin yüzeyinden olan ısı kayıplarının toplamı	(w/m ²)
Q_{sr}	- Yüzeyden aşınım sebebiyle kayıp	(w/m ²)
Q_{sc}	- Yüzeyden taşınım sebebiyle kayıp	(w/m ²)
$Q_{s,e}$	- Yüzeyden buharlaşma sebebiyle kayıp	(w/m ²)
hr	- Işınım ısı transferi katsayısı	(w/m ² °C)
w	- Suyun ışınım yayma katsayısı	(-)
Th	- Gökyüzü sıcaklığı	(°C)
hc	- Rüzgar taşınım katsayısı	(W/m ² °C)

V	- Rüzgar hızı, sıvı hacmi	(m/sn), (m ³)
Ps	- Yüzeydeki suyun buhar basıncı	(mm Hg)
Ts	- Yüzey sıcaklığı	(°C)
Pa	- Çevre sıcaklığındaki su buharının kısmi basıncı	(mm Hg)
Qb	- Alt taşınımli bölgeden ısı kaybı	(w/m ²)
C	- Gölletin izolasyonuna bağlı ampirik parametre	(w/m ²)
d	- Gölletin geometrisine bağlı ampirik parametre	(w/m ²) (m)
S	- Gölletin çevresi	(m ²)
Ac	- Gölletin alanı	(-)
C ₁	- Uygun sabit	(-)
C ₂	- Uygun sabit	(w/m C)
Kg	- Toprağın ısı iletim katsayısı	(m)
Lg	- Gölletin tabanından yer altı su tablasına mesafe	(m/sn) (m)
C	- Dalga hızı	(m)
H	- Dalga Genliği	(m/sn ²)
g	- Yerçekim ivmesi	(cm)
λ	- Dalga uzunluğu	(m)
L	- Konsantrosyonu s _{bt} ve g _m olan iletken tabaka kalınlığı	(kg/m ³)
q _i	- Konsantrosyon	(kg/sn)
ΔM/Δt	- Kütle transfer hızı	(kg/m ² sn)
Δq/Δt	- Konsantrosyon değişim hızı	(-)
Co	- İntegrasyon sabiti	(w/m ²)
Qu	- Faydalı ısı çekim miktarı	(w/m ²)
Io	- Gölletin yüzeyine ulaşan ışınım	(m ⁻¹)
M	- Sönüm katsayısı	(-)
η _i	- Güneş spektrumunun 1 ninci bölümündeki enerji kesri	(-)

U	- Çekilen ısı enerjisi	(w/m ²)
W	- 2π / 1 yıl periyodik sıcaklık dağılım çarpımı	(radyon/gün)
δ, δ _o , δ _u	- Işınım şiddetine göre faz farkı (derece veya gün)	
V (x)	- Yalıtkan tabaka sıcaklık dağılımı	(C)
A ₁ B ₁	- İntegrasyon sabitleri	(-)
P	- Güneş göletindeki çıkıştaki noktada gösterga basıncı	(mm Hg)
Δ	- Yoğunluk farkı sebebiyle düşen iki sıvı arasındaki seviye farkı	(m)
δ	- Alt borunun bağlandığı noktanın göletin tabanına uzaklığı	(m)
γ ₁ γ ₂	- Göletin tabanındaki akışkanın yoğunluğu	
	- yoğunluk graçyanı tabakası ve alt taşınım bölgesi arasındaki sınırsal yoğunluk	(kg/m ³)
γ _o	-Tuz yatağından dönen suyun yoğunluğu	(kg/m ³)
γ _m	- Taşınım bölgesindeki ortalama yoğunluk	(kg/m ³)
ΔP _{AB}	- Sürtünme sebebiyle AB borusu boyunca basınç düşümü	(PA)
ΔP _{BC}	- Tuz yatağı boyunca sürtünme nedeniyle basınç düşümü	(Pa)
ΔP _{CD}	- CD borusu boyunca sürtünme nedeniyle basınç düşümü	(Pa)
M	- Dinamik vizkozite	(Pa.s)
U	- Akışkanın görünür hızı	(m/sn)
L ¹	- Yatak uzunluğu	(m)
B ¹	- Yatak için geçirgenlik katsayısı	(m ²)
A, B, C, D	- Sirkülosyon hattı boyunca noktalar	
P _B	- B noktasındaki basınç	(Pa)
P _C	- C noktasındaki basınç	(Pa)
h	- Besleme tankına giriş noktası ve göletten çıkış noktasının yüks k noktalar arasındaki fark	(m)
L	- Boruların toplam uzunluğu	(m)
Q	- Sirkülasyon debisi	(m ³ /gün)
d	- Sirkülasyon borularının iç çapı	(m)
A _t	- Tuz yatağının alanı	(m ²)

w	- Yukarı doğru tuz difüzyon akışı	$\frac{kg}{Gün}$
W	- Toplam difüzivite	$\frac{kg}{m^2 gün}$
M	- Tabaka sayısı	
q_x	- Boyutsuz konsantrasyon $(q/q_1)(t t)$	(-)
q	- Her hangi bir anda $(t = T)$ yalıtkan tabakada kalınlığı $(kg/m^3 çözelti)$	
q_1	- En kuvvetli çözelti konsantrasyonu	(kg/m ³)
Z^x	- Z/4 boyutsuz derinlik	(-)
H	- Gölet derinliği	(m)
Z	- Göletin tabanından itibaren ölçülen derinlik	(m)
cop	- Seçilen sıcaklıktaki absorbeleyen makinasının performans katsayısı	
R	- Makinanın nominal olarak yüklendiği sıcaklığın altında seçilen sıcaklıkta çalışması durumunda soğutma makinasının yüklenme faktörü	
r^1	- $CaHc/cpHp$	
ca	- Soğutma makinasının her bir nominal ton soğutma yükü için maliyeti	(TL)
cp	- Göletin maliyeti m ² başına	(TL)
Hc	- Soğutma makinasının yıllık harcaması	(TL)
Hp	- Göletin yıllık harcaması	(TL)

Üst işaretleri

- (-) işareti Bir yıl periyodlu değişimlerin ortalama değerleri
- (~) işareti Periyodik değişimlerin maksimum değerleri.

BÖLÜM I
TUZ TABAKALI GÜNEŞ GÖLETİ
HAKKINDA BİLGİLER

1.1 - TUZ TABAKALI GÜNEŞ GÖLETİNİN TANITILMASI

Güneş, insanın doğa karşısında bilinçlenmeye başladığı gündən beri bir ışık ve ısı kaynağı olarak ilgisini çekmiş ve bu gücü ile bir çok yerde insanlar tarafından tanrılaştırılmıştır. Fakat insanların CSIRO^x (Commonwealth Scientific Industrial Research Organization) gibi bir örgüt kurup bu örgüte milyonlar yatırarak güneş enerjisini bilimsel yönden araştırmaları için, enerji elde ettikleri diğer kaynakların tükenmekte olduğunu anlamaları gerekmiştir.

1973 petrol krizinden sonra alışılmış enerji kaynaklarının sağlanmasında çok sorunla karşılaşmıştır. Bu nedenle, alışılmamış enerji kaynaklarının araştırılması ve ekonomik olarak kullanılabilir hale getirilmesi hususunda yoğun çalışmalara başlanmıştır. Yeni enerji kaynakları veya alternatif enerji kaynakları ve yahut da yenilenebilir enerji kaynakları adları da verilen bu kaynakların başlıcaları : Güneş enerjisi, jeotermal enerji, rüzgar enerjisi, biyogaz enerjisi ve tropik bölgelerdeki okyanuslarda görülen sıcaklık gradyan enerjisidir. Esasen bu enerji kaynaklarının hemen hepsinin ana kaynağı güneştir.

1.4 milyon kilometre çapındaki güneşin yaklaşık % 75 i hidrojen ve gerisi helyum olan büyük bir toptur. Merkezdeki ısı saniyede 4 milyon ton hidrojenin nükleer reaksiyonla helyuma dönüşmesi sonucu 10 ila 20 milyon dereceye yükselmektedir. Güneşin uzaya yaydığı enerji 380 trilyon KW olup, bu enerjiyi daha 4 milyar yıl üretecek hidrojen güneşte mevcuttur. Bu enerji zıyafetinden dünyanın aldığı pay çok azdır ama gene de insanlığın bugünkü enerji üretiminin bin katını geçer. [1]

Temiz ve ekonomik olan bu enerjinin yararlı enerjiye dönüştürülmesinde çözümlenmesi gerekli teknolojik sorunlar bulunmaktadır.

x Commonwealth Bilimsel Endüstriyel Araştırmalar Örgütü

Güneş enerjisini doğru ve yaygın ışınım olarak ikiye ayırmak mümkündür. Güneş olmadığı günlerde, sadece havadaki çeşitli gaz tabakalarına çarparak kırılma ve yansıma gibi olaylara uğradıktan sonra yeryüzüne ulaşan yaygın ışınım kullanılabilir. Birim zamanda birim yüzeye gelen ışınım enerjisi, ideal şartlarda 1 KW/M² mertebesinde olup, bunun ancak % 20 sine kadar olan kısmından faydalanılabilmektedir. Bu nedenlerle, büyük miktarlara varan güneş enerjisini toplayabilmek için büyük alanlara gerek bulunmaktadır. Bu alanı düşük seviyeye indirebilmek, bu enerjinin nispeten yüksek verimle toplanmasını zorunlu kılmaktadır. Öte yandan güneş enerjisi hem günlük hem de mevsimlik olarak değişim göstermektedir. Bu nedenle ışınım şiddetinin azaldığı zamanlarda kullanılmak üzere yeterli miktarda enerjinin depolanması gereklidir. Hali hazırda, bir kaç güne varan süreler için, enerji depolanması hem teknik hemde ekonomik yönden mümkündür. Kuşkusuz daha uzun dönemi kapsayan enerji depolama tercih edilmektedir. [2]

Endüstrinin pek çok sektöründe 100°C altındaki düşük sıcaklıkta ısı enerjisi kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden düşük sıcaklıkta ısı enerjisi üreten sistemlerden birisi de tuz tabakalı güneş göletleridir. Tuzlu sudan tatlı su elde etmek, kurutma, sera alkol ve metan üretiminde güneş göletlerinden elde edilecek sıcaklıkla gerçekleştirilebilecek uygulamalardır. Güneş göletleri diğer klasik alternatiflerin pahalı olduğu hallerde, elektrik hatları bağlanmayan yerlerde elektrik üretimi içinde uygulanabilir. Böyle uygulamalarda düşük sıcaklıklı organik rankin çevrim makineleri kullanılabilir. Uygulanan düşük sıcaklıklardan dolayı bu makinelerin dönüşüm verimi çok düşüktür. Toplam sistem verimi % 2 civarındadır. Bu nedenle, ancak elektriğin pahalı olduğu yerlerde kullanılabilir. Bununla beraber, güneş göletleri endüstride düşük sıcaklıklı ısı sağlamada diğerleri ile rekabet halindedir. 1972 de dünya çapında endüstriyel işlemler için sarfedilen ısı enerjisi 10¹⁵ KJ dur. Ve bu yüzyılın sonunda iki misli olacaktır.

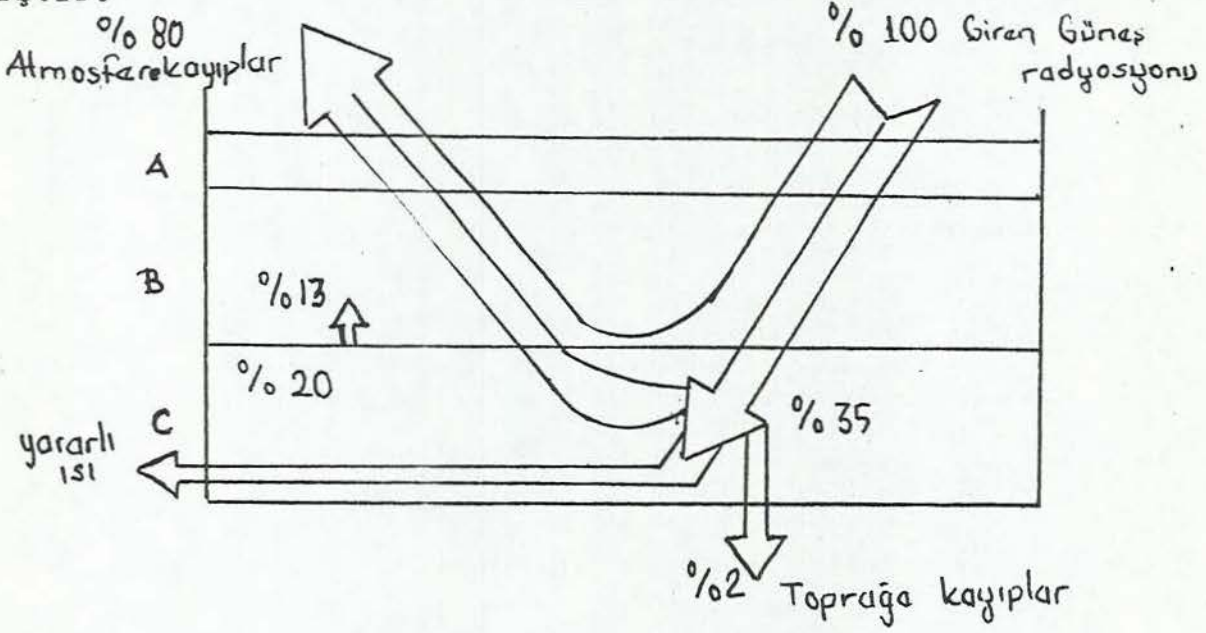
[3] Yüksek sıcaklık isteyen endüstrilerde ön ısıtma için kullanılan güneş enerjisi sistemleriyle büyük bir tasarruf sağlanabilir.

Tuz tabakalı güneş göletlerini açıklamaya başlamadan önce adi bir havuzun yüzeyine düşen güneş ışınlarının karşılaştıkları olayları inceleyelim.

Havuzaya gelen ışınlardan bir kısmı su içinde bir kısmı da havuz tabanında soğurulmaktadır. Bir kısmı ise geriye atmosfere yansımaktadır. Bunlardan tabanda soğurulan ışınlar bu bölgedeki su kütlesinin ısınmasına neden olmaktadır. Tabanda ısınan suyun sıcaklığı yüzeye yakın sudan daha yüksek ve daha az yoğun olduğundan taşınım akımlarını başlatmaktadır. Bu olay ise havuzdaki suyun soğurduğu enerjinin, havuz yüzeyinden atmosfere kaçması soğurduğu doğurmaktadır. Böylece adi havuzun tabanı yüzeye kıyasla daha soğuk olmaktadır. Tuz tabakalı güneş göletleri söz konusu taşınım akımlarını mümkünse tamamen engellemek veya en düşük seviyeye indirmek ve havuz tabanındaki ısı enerjisini orada muhafaza etmek maksadıyla gelişme safhasında olan bir tekniktir.

Esasen, bir güneş kolektörü ve mevsimsel ısı depolama aracı

olan tabakalı güneş göletleri şekil 1.1 de şematik olarak gösterilmiştir.



ŞEKİL 1. Tuz tabakalı güneş göletinin şeması ve su akışı

A üst taşınımlı bölgeyi, B taşınımsız bölgeyi (yalıtkan bölgeyi), C alt taşınımlı bölgeyi temsil eder. Alt taşınımlı bölge aynı zamanda depo vazifesi görür. Üst iletken tabakayı rüzgar ve atmosfere kaçan ısı akışındaki değişmelerin yarattığı belirtilmektedir.

Normal olarak görünen su ışığa karşı geçirgen fakat kırmızı ötesi ve mor ötesi ışımaya karşı yalıtıcıdır. Bu nedenle görünür bölgeye düşen spektrumda ki güneş ışınları genellikle siyaha boyanmış olan tuz tabakası güneş göleti sisteminin tabanına ulaşır. Ve burada soğurur. Soğurulan bu ısı enerjisinin kaçabilmesi sadece iletimle mümkündür. Ancak suyun iletim katsayısının çok düşük olması ve buna ilave olarak taşınımsız bölgenin (yalıtkan tabakanın) bulunması nedeniyle, yukarı doğru ısı akışı ihmal edilecek kadar azdır. İşte bu özellik, tuz tabakalı güneş göletlerini sadece bir güneş kollektörü yapmakla kalmayıp onu mevsimsel bir ısı enerjisi depolama aracı da yapmaktadır. Suyun ısınma ısı bilinen sıvılar içinde en büyük olduğu için alt taşınımlı bölge (depo bölgesi) güneşin bol olduğu yaz aylarında depo edilmiş bulunan ısı enerjisinin kış mevsimi boyunca ve geceleri boyunca kullanılması mümkündür.

Tuz tabakalı güneş göletleri sisteminde depo edilen ısı enerjisinin uygun bir ısı eşanjörü vasıtasıyla çekilerek, elektrik enerjisi üretiminde, mahal ısıtma ve soğutma sistemlerinde ve sanayi için işlem ısıları sağlanmasında kullanılmaktadır.

Yalıtkan tabakada tuz gradyanını sürekli tutabilmek a-) bu tabakanın kalınlığına b-) kullanılan tuzun özelliğine ve sıcaklık gradyanına bağlıdır. Difüzyonla yüzeye aktarılan tuz miktarları ilave edilen tuzla dengelenmektedir. Genellikle yüzeydeki tuz konsantrasyonu % 0-2, tabanda ise % 20 civarındadır. Periyodik olarak yüzey su ile yıkanmakta ve bakım yapılmaktadır. İnşası ve bakımı kolay olan tuz tabakalı güneş göletleri 6 aya varan sürelerde depolama yapabilmektedir. [2] Sistemin en önemli malzemelerinden biride taban malzemesidir. Bu genellikle siyah plastik veya benzeri malzemedir. Güneş kollektörünün aksine büyük alanlara ihtiyaç gösterir. Göletin tabanındaki zemin de (kaya veya toprak) ısı depolamaya yardımcı olmaktadır ancak zeminde su akımı bulunmamalıdır.

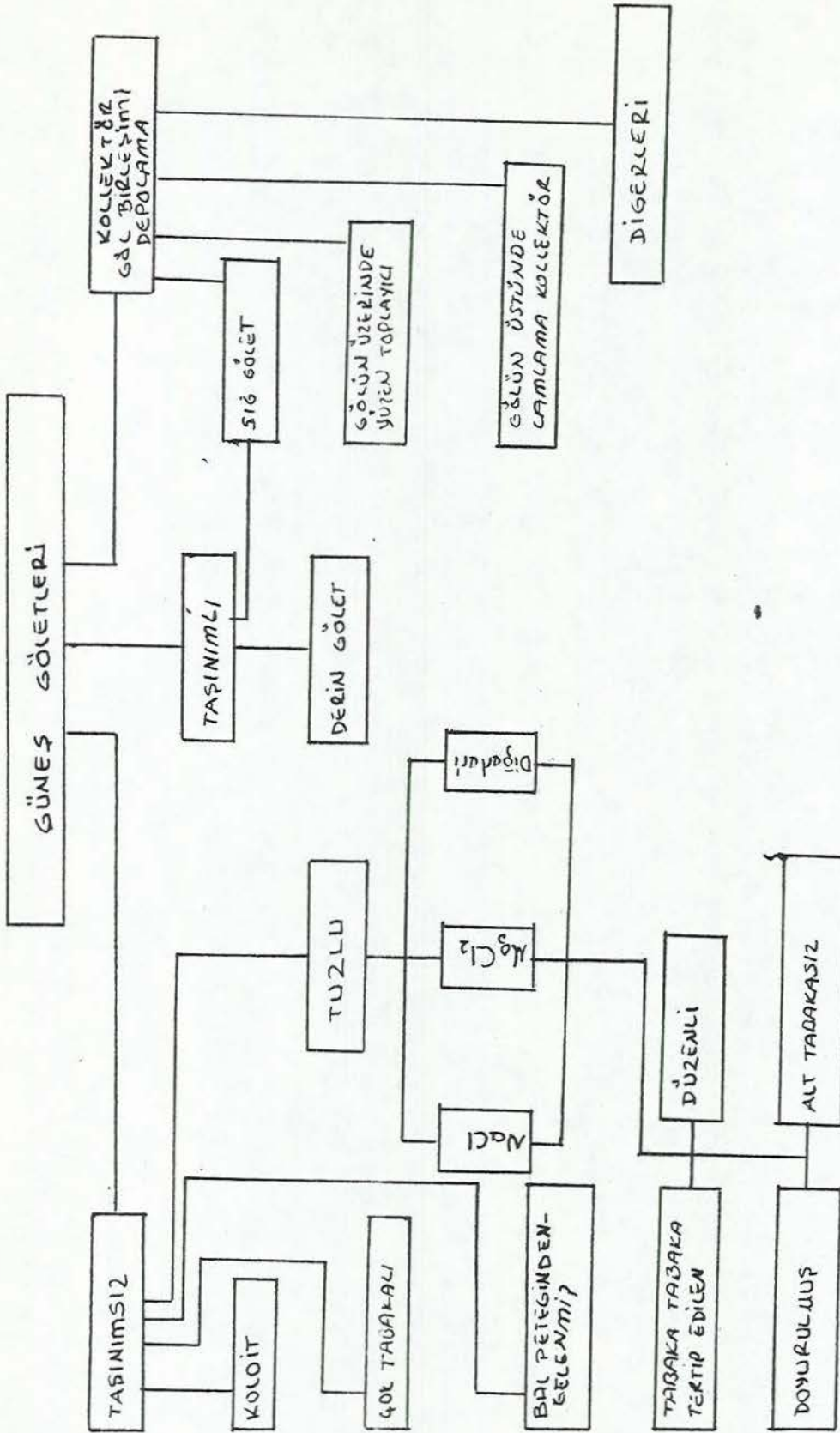
Tuzların çözünürlüğü genellikle sıcaklıkla artmaktadır. Yani birim hacimdeki suda çözülen tuz miktarı yüzeye kıyasla daha sıcak olan tabanda daha fazla olduğundan kendiliğinden yoğunluk gradyanı oluşmaktadır. Örneğin KNO_3 , $NaNO_3$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, NH_4NO_3 bu özelliğe sahiptir.

1.2 - GÜNEŞ GÖLET TIPLERİ

Başlangıçta güneş göleti dendiği zaman taşınım yapmayan tuz tabakalı gölet anlaşılırdı. Birinci 20 yıllık sürede yapımı dikkatlice araştırılarak koordine edilen güneş göletleri 1954 yılında İsrail'de başlamasından beri elektrik üretimi için tuz tabakalı güneş göletlerine yönelindi. Bununla beraber 1902 de Kalacsinsky tarafından kaydedilen şaşırtıcı özelliklerin keşfedilmesinden önce doğal tuz gölleri mevcuttu. Kalacsinsky, Transilvanya dan $42^{\circ} 44'$ kuzey $28^{\circ} 45'$ batıda bulunan merva gölünde 132 cm derinlikte yaz boyunca $70^{\circ}C$ üzerinde sıcaklıklar keşfedilmiştir. Bu yüksek sıcaklığın sebebi göldeki tuz tabakasıdır. Göletin esası, yüzey akan tatlı su ile sürekli yıkanırken yatağın tuzla beslenmesinden ibarettir. Ağır tuzlu su güneşle ısındığında yukarı çıkamaz böylece ısı gölün altında hapsedilir.

Kalacsinsky bu keşfini rapor etmiş ve potansiyelini düşük derecede ısı kaynağı olarak işaret etmiştir. Fakat gölete rağbet olmamıştır. 1954 den sonra sunii güneş göletlerinin tabiatı ciddi olarak Dr. R. Blach tarafından düşünülmüştür. Ölü deniz çalışmaları araştırma direktörü ve H. Tabar bir çalışma başlattı. Bu ön çalışmalar Tabar tarafından verilmiştir. [3] İsraililerin güneş göletleri üzerindeki çalışmaları 1966 kadar devam etti. Fuel oilin ve elektriğin çok olması sebebiyle 1966 da durdu. Güneş göletlerinin rekabeti teşvik edilmedi. 1964 yılında Avustralya da başlatılan ve amacı tuz üretmek olan Aspendale güneş göleti projesi aynı senede benzer sebeplerden durduruldu.

Güneş göleti fikri gelecek bir kaç sene için diğer fikirlerle beraber rafa kaldırıldı. Nükleer enerji ve fosilli yakıtlar daha yaygın görüldü. 1973 enerji krizinden sonra alternatif enerji kaynakları çalışmaları başlatıldı. Bu sırada güneş göletlerine de



ŞEKİL 2 Güneş göletlerinin sınıflandırılması [3]

tekrar dönüldü. Tuz tabakalı güneş göletlerinden başka bir kaç güneş enerjisi toplama ve depolama yöntemlerini içeren yeni fikirler ortaya kondu. Güneş göletlerinin son sınıflandırılması halen ortaya konmamıştır. Yalnız hâlâ hazırda güneş göletleri gelişmeleri üç sınıfta özetlenebilir : Taşınımsız göletler, taşınımlı göletler ve kollektör gölet bileşimi depolama. Çeşitli göl kavramlarının sınıflandırılması Şekil 2 de gösterilmiştir. [3]

1.2.1 - TAŞINIMSIZ GÖLETLER

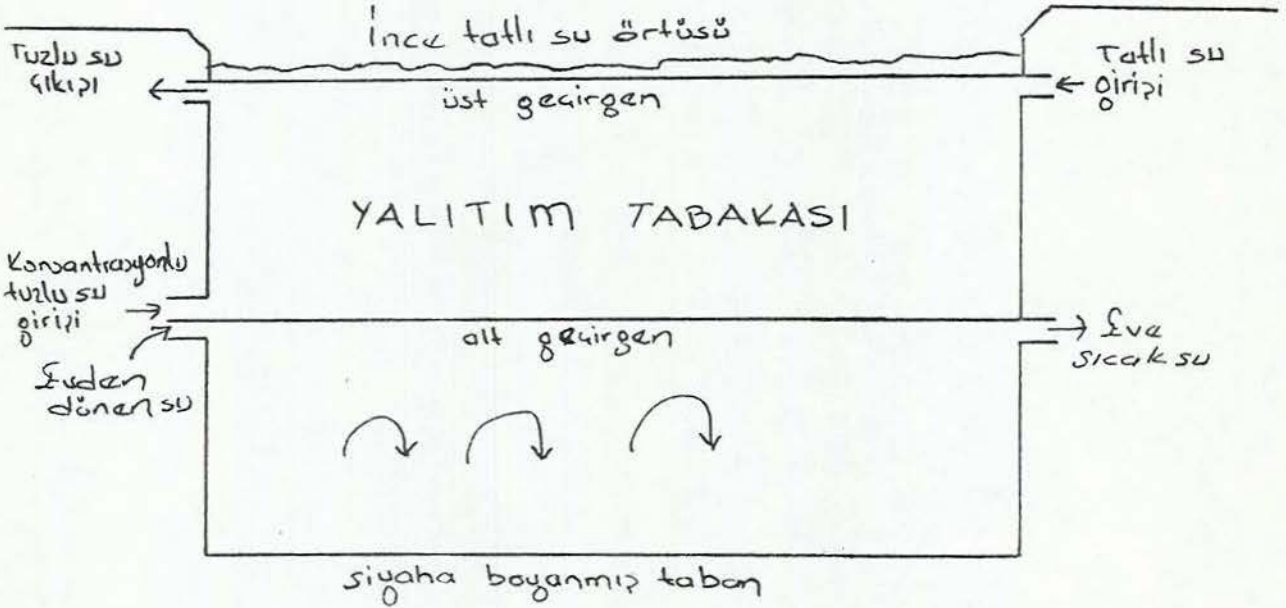
Akışkan kütle si alttan ısıtıldığında akışkanda taşınım akımları yaratır. Bunun sebebi kaldırma tesiridir. Alttaki akışkan ısınırken sıcaklığı artar yoğunluğu düşer, azalır. Böylece yüzeye kaldırılan ısınmış akışkan, yüzeyde buharlaşma sebebi ile ısını kaybederek soğur. soğuyunca ağırlaşır ve tekrar dipe batar. Bu devamlı çevrimden dolayı yüzeyi örtülmemiş tatlı su göletlerinde depo edilmiş güneş ısını hapsetmek mümkündür. Bu taşınım tesirlerini yok etmek için bir kaç teknik önerilmiştir. Taşınımı yok etmede kullanılan mekanizmanın üzerine bağlı olarak, taşınım yapmayan güneş göletleri farklı çeşitlere ayrılabilir. Tuz tabakalı göletler, koloit göletler ve bal peteği dengelenmiş kararlı göletler.

Tuz tabakalı göletler, taşınımsız göletlerin en belirgin tipidir. Derinlikle değişen tuz konsantrasyonu vardır. Yüzeyde sıfır ve tabanda % 20 civarındadır. [3] Yüksek tuz konsantrasyonundan dolayı alt tabakalar daha yüksek yoğunluktadır. Bu tabakalaşma güneş ısıtmasıyla ortaya çıkan kaldırma kuvvetlerini yok eder. Sonuçta sıcak su tabanda kalır ki burada ısı kaybı minimumdur. Taşınımın önüne geçildikçe ve kızıl ötesi ısınım etkili olarak su tarafından bloke edildikçe ısı transferi sadece iletimle olur. 1-2 m kalınlığındaki su tabakası ile sağlanan ısıl izolasyon ile alttaki suyun sıcaklığının suyun kaynama sıcaklığına kadar çıkması sağlanır. [3]

Gerçek tuz tabakalı güneş göletlerinde şekil 2 de gösterildiği gibi üç ayrı tabaka vardır. En üst tabaka, üst taşınımlı bölgedir. Burada rüzgâr tesirlerinden dolayı taşınım buharlaşma ve yüzey soğuması olur. Bu tabakada tuzluluk düşüktür fakat üniformdur. Mümkün olduğu kadar ince tutulur (20-30 cm) ikinci tabaka taşınımsız (Yalıtkan) bölgedir. Burada tuzluluk gradyanı basamaktır ve taşınım yok edilir. Burası sıcak alt tabakaya etki bir izolasyon gibi hizmet eder. Bu bölge genellikle 1-1.5 m. derinliğindedir. Fazla kalın tutulmamalıdır. Aksi takdirde gelen radyasyonun büyük kısmı bu tabakada absorblanacağından alt tabakaya yeterli enerji ulaşmayabilir. Deneyler optimum kalınlığının 1 m. mertebesinde olduğunu göstermektedir. [3] Üçüncü tabaka alt taşınımlı tabaka yada depo bölgesi adını alır. Taşınımdan dolayı genellikle üniform sıcaklıktadır. Aynı zamanda tuzluluk tabakasında üniformdur. Genel olarak 1-2 m. derinliğindedir.

Fakat birden birkaç m. değişebilir. Fazla tutulan derinlik daha fazla depolama anlamına gelir. Fakat sıcaklık oluşması yavaştır.

Bu üç bölgenin sınırlarının daha iyi kontrolü için Rabi ve Nielsen tuz tabakalı göletin yatay bölünmesini önermiştir. Bunun için taşınimsız bölgeden alt taşınımlı bölgeyi ayırmak ve üst taşınımlı bölgenin etkisini minimum kılmak için göl yüzeyinin aşağısında geçirgen zar kullanmışlardır. [4]



ŞEKİL-3 Geçirgen zar kullanılmış bir tuz tabakalı güneş göletinin şemalığı gösterimi [4]

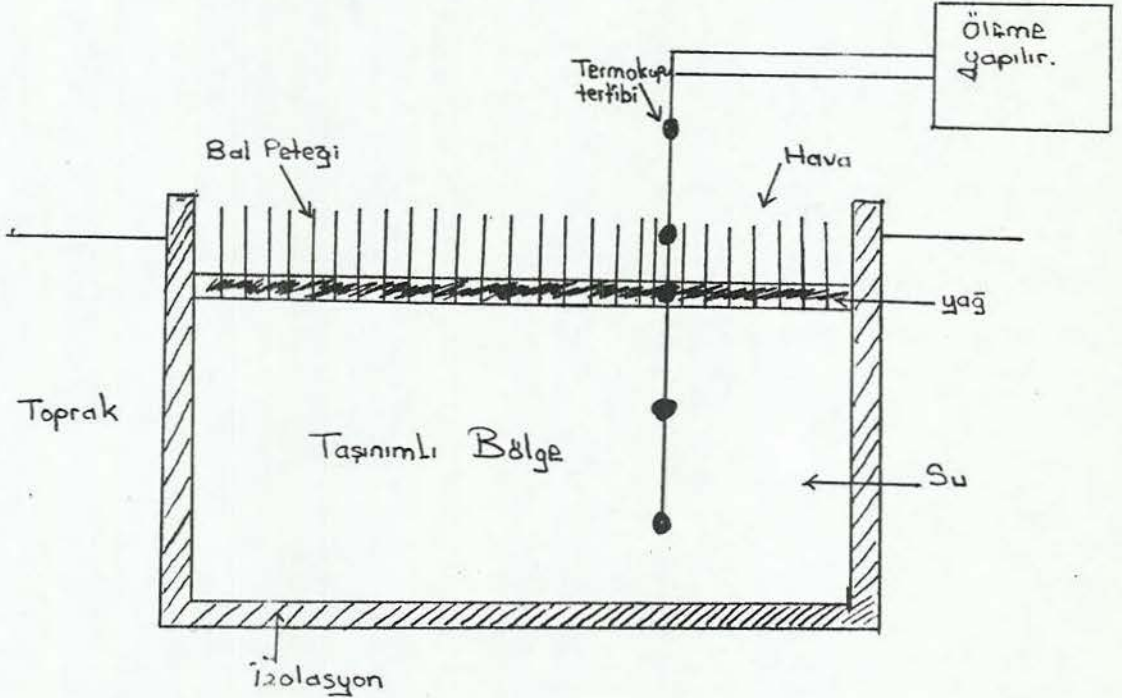
Üst bölmenin üzerindeki ince su tabakası avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Negatif etkisi buharlaşma ile soğuma, potizif etkisi yansımaya kayıplarında azalma sağlamasıdır. Bilindiği gibi su plastikten daha düşük kırılma indeksine sahiptir. Bu nedenle su-plastik sınırında yansımaya kayıpları küçüktür. (% 1/2) Alt geçirgen her taşınımlı tabakadan yalıtım tabakayı ayırır ve gölün kararlılığını sağlar, ayrıca ısının çekimini kolaylaştırır. Gölün tabanı siyahtır ve göle giren toplam ışınımın 20-30 % u absorblanır. [4]

Tuz tabakalı güneş göletleri en çok çalışılmış ve en çok kullanılan güneş göleti tipidir. Bu çalışmada tuz tabakalı güneş göleti üzerindedir.

Koloit (Gel) gölet gibi tuz tabakalı göletler taşınım yapmayan göletlere diğer bir alternatiftir. [2,7]

Altta bulunan iletken tabakanın üzerine koloit (Gel) yalıtkan tabaka yüzmektedir. Sistemde iki zar örtü kullanılmaktadır. Bunlardan birisi koloit ortamının üzerinde öteki ise iki sıvıyı ayıran ara kesittir. Koloit madde görünür. Işığı geçirgen olup, yüksek vizkozitesinden dolayı taşınım olayına izin vermemektedir. Vizkozite dengeli göletler ve bal peteği kararlı göletler halen geliştirme halindedir.

Vizkozite göletlerde gölete aşırı vizkozite dengeli akışkan ilave edilerek taşınım yok edilir. Vizkozite dengeli göletlerin yüzeyine geçirgen bal peteği yapısı ilave edilerek geliştirilmiştir. Bal peteklerinin arası aşırı vizkoz akışkan ile doldurularak durgun tabaka elde edilir. Bu durgun tabaka sayesinde rüzgâr tesirlerinin önüne geçilir, yada etkisi minimuma indirilir. Şekil 4 Avustralya'da Queensland Üniversitesinde güneş enerjisi araştırma merkezinde test edilen 16 M2 lik güneş göletinin dik kesitini göstermektedir. [5] Bir kaç deneysel göl üzerindeki ilk testler bal peteği dengelenmiş göletlerin, 2000 m2 yüzey alanından fazla taşınım yapmayan tuz tabakalı göllere bir alternatif olduğunu göstermektedir. Yağ tabakasının kalınlığının minimuma indirilmesi için çalışmalar ve geçirgen bal peteğinin özelliklerinin geliştirilmesi devam etmektedir.

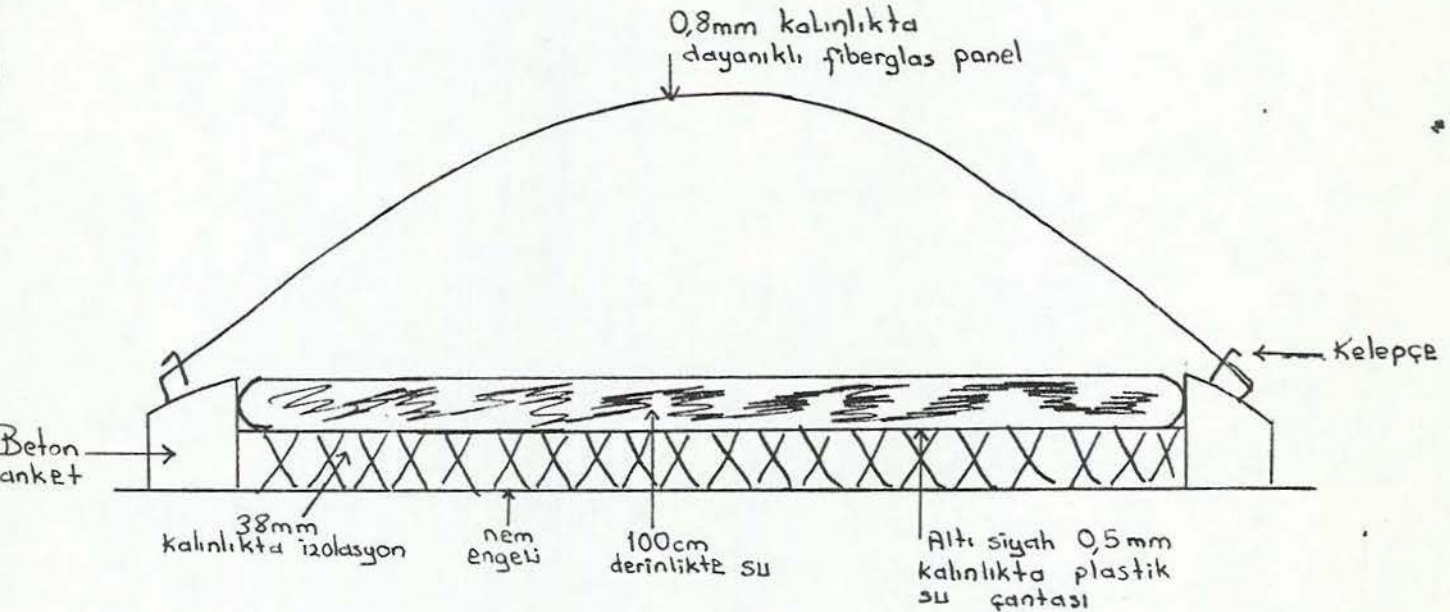


ŞEKİL 4 Kararlı duruma getirilmiş güneş göletinin şematik gösterilişi [3]

1.2.2 - TAŞINIMLI GÖLETLER

Taşınımli güneş göletlerinde, taşınım bastırımları yoktur. Bilinen en iyi örneği California Berkeley Lawrence Livermore laboratuvarı tarafından dizayn edilen ve planlanan sığ güneş göletidir. [3] Şekil 5 de görülen sığ gölet 10 cm derinliğinde su ile doldurulmuş ve iki kenarından mesnetlenmiş 60 cm ya 5 m şeffaf plastikten ibarettir. Daha iyi absorpsiyon için taban siyaha boyalı, altına köpük izolasyon ve üzerine fiberglas camı takılıdır. "İçinden akış" modelinden yada "karma" modelinden biri işlenebilir. "Karma" modelinde çantaların bir çoğundan su geçeyin, depoya koymak için depo edilerek tankın içine pompalanır, aksi takdirde su hareketsizdir. "İçinden akış" modelinde ise su çantalar arasında sürekli hareketlidir. Bu durumda sığ gölet depo ile toplayıcı işini görür. Herhangi bir tuz kullanılmamaktadır. Toplanan enerji kısa sürede kullanılmaktadır. [2], [6]

İkinci tip taşınım göleti, Colorado, Golden Güneş Enerjisi Araştırma Merkezinde Henderson, Edsness ve Jayadev tarafından planlandığı gibi üst tarafı çift camlanan derin tatlı su göletleridir. [3] Gece boyunca yada herhangi bir zaman radyasyon seviyesi düşerse üzerine ayrıca izolasyon ilave edilebilir.



ŞEKİL 5 Sığ güneş göletinin sematik diyaqramı [3]

1.2.3 KOLLEKTÖR GÖL BİLŞİMİ DEPOLAMA

Toplayıcı kollektör kullanarak su yüksek sıcaklıklara kadar ısıtılır. Isıtılan su büyük bir gölde depolanır yada üzerine izolasyonlu şamandıralı bir büyük gölete meyilli bir düzlem kollektör yapılıır. Gölden alınan soğuk su ısıtılarak geri döner. [3]

Damlama kollektör gölün tam üzerine tutulmuştur. Kollektör ve göl yüzeyi arasında köpük izolasyon yatakları vardır. Bunun üzerinden ısıtılmış su damlaları göle akar. [3]

1.3 - TUZ TABAKALI GÖLETİN FİZİĞİ

Enerji kaynağı gibi tuz tabakalı güneş göletlerinin performansı, bir kaç kontrol parametresinden biridir. Güneş ışınımın, rüzgar, sıcaklık, toprak gibi çevre şartları, gölün ısı, optik ve diğer fiziksel özellikleri gibi bir matematik modeli içine alan istekler gölün hidronamik davranışlarını ortaya koyar.

1.3.1 TUZ TABAKALI GÖLETLERİN MATEMATİK MODELİ

Matematik modelin amacı, güneş göllerinin ısı davranışlarının taklididir. Basitleştirmek için bazı kabuller gereklidir. Çünkü problemin tamamı ele alındığından daha karmaşıktır. Göletlerin modelinde aşağıdaki kabuller yapılır. [3],[8],[9]

- a-Gölette üç bölge vardır ; Üst taşınımlı bölge taşınım yapmayan bölge ve alt taşınımlı bölge,
- b-Bölge sınırları ayarlanabilir ve kararlıdır.
- c-Tuzluluk tabakaları çalışma şartlarına kararlıdır.
- d-Göl yeteri kadar büyüktür. Böylece kenar tesirleri ihmal edilebilir ve bir boyutlu formülasyon mümkündür.
- e-Tuz çözeltisinin ısı fiziksel özellikleri sabittir ve tuzluluk sıcaklıktan bağımsızdır.

İlk dört kabul altında taşınım yapmayan bölgede tek boyutlu ısı transferinde iletim denklemi şöyle yazılır. [3],[10]

$$\frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\partial G}{\partial x} - \frac{1}{k} \quad (1)$$

Burada T sıcaklık, t zaman, x yüzeyinden aşağıya mesafe, G bu bölgedeki güneş radyasyonunu absorpsiyon şiddetidir. İç ısı üretimini gösterir. k ısı iletimi, α ısı yayılım kat sayısıdır. $\alpha = k/\rho c$ dir. ρ akışkan yoğunluğu, c_p akışkanın özgül ısısıdır.

(1) Denklemnin sınır şartları üst ve alt taşınım bölgelerindeki sıcaklıklar için denklemnin çözümünü sağlar.

Bununla beraber bu taşınım bölgelerinin tüm matematiksel gösterimi çok karışıktır. Ve üç boyutlu Navier-Stokes denklemlerinin çözümünü içerir. Bölgelerin uniform sıcaklıklarda olduğu kabul edilerek üst ve alt taşınım bölgeleri için enerji dengeleri yazılabilir. [3]

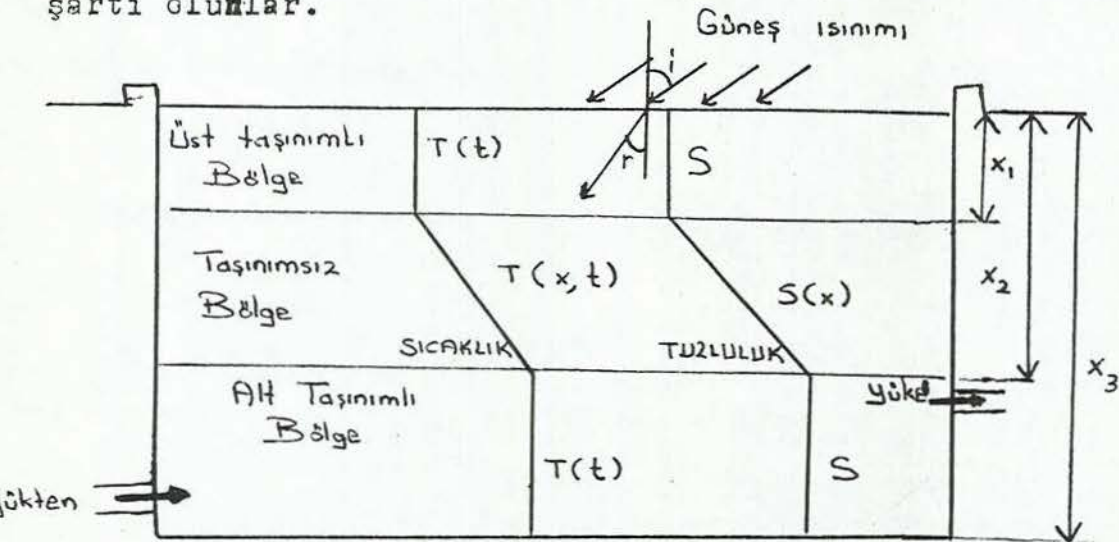
Üst bölge için ;

$$\rho C_p x_1 \frac{dT_1}{dt} = \Delta G_1 + k \left[\frac{\partial T}{\partial x} \right]_{x=x_1} - U_{LS} (T_1 - T_a) \quad (2)$$

Alt bölge için ;

$$\rho C_p (x_3 - x_2) \frac{dT_2}{dt} = \Delta G_2 - k \left[\frac{\partial T}{\partial x} \right]_{x=x_2} - U_{LG} (T_2 - T_g) - q_b \quad (3)$$

Bu denklemde T_1 ve T_2 bölge sıcaklıkları x_1 , x_2 , x_3 de bölge sınırlarıdır. (Şekil 6) ΔG_1 , ΔG_2 sırasıyla üst ve alt taşınım bölgelerinde absorblanan güneş enerjisi kserini gösterir. U_{LS} üst bölge ile çevre arasındaki ısı kayıp katsayısını, U_{LG} AH bölge ile toprak arasındaki ısı kayıp katsayısını, T_a ve T_g çevre ve toprak sıcaklıklarını q_b alt taşınım bölgesinden çıkarılan enerjiyi gösterir. T_1 ve T_2 üst ve alt taşınım bölgeleri için sıcaklıklar, taşınım yapmayan bölgeler için (1) denklemine sınır şartı olurlar.



ŞEKİL 6 Üç bölgeyi tuz tabakalı güneş göleti gösterimi [3]

$T_1(t)$ $T_2(t)$ ve $T(x,t)$ nin çözümünde karşılaşılan en belirgin güçlükler şunlardır ;

- i-Derinlik arttıkça gelen radyasyonun absorpsiyonun matematiksel gösterimi.
- ii-Bölge kalınlıklarının tahmini
- iii-Gelen radyasyon ve çevre şartlarının ifadesi.

Güneş göletlerinin absorpsiyon karakteristiklerinin ifade edilmesi için bir kaç model vardır.Bu konu ilerideki kısımda incelenecektir.

Weinberger [11] çalışmalarının bir çoğunda birinci güneş gölleri modelini ele alır ve taşınım yapmayan bölgenin olmadığını kabul eder.Weinberger aynı zamanda tuzlu suyun fiziksel özelliklerinin, toprağinki ile aynı olduğunu kabul eder.Giren radyasyon verilerini Fourier serisi ile ifade eder.Weinberger modelinde sıcaklık $T(x,t)$ beş esaslı problemin çözümünün süper pozisyonunu içerir.

Rabl ve Nielsen iki şeffaf parçalı bir güneş gölü düşündüler: Bir yüzeyin hemen aşağısında ve diğer alt taşınımli bölgeden taşınımatsız bölgeyi ayırmak için 1-2 m derindedir.Weinberger modelindeki gibi yüzey sıcaklığı çevre sıcaklığına denk kabul edilir.Radyasyonun absorpsiyonu dört terimli expansioniyel seri ile ifade edilir. Geliş açısına bağlı olarak radyasyon değişeceğinden Rabl ve Nielsen gün dönümünde saat 2 de alınan geliş açısını kullanmışlardır.Çevrenin günlük ortalama hava sıcaklığı güneş radyasyonu ve taban ortalama sıcaklığının yıl boyunca sinüzoidal bir değişim gösterdiğini kabul ettiler.Sanalik ortalamalar ve bu ortalamalardan olan sapmaları da hesapladılar.[3]

KOOİ üç bölgele güneş göletlerinin sürekli rejimde analizlerini yaptı.Yüzey sıcaklığını çevrenin hava sıcaklığına denk alıp radyasyonun geçirgenliği için Colbeck ve Bryant [12] tarafından teklif edilen bağıntıyı kullandı.[9] İletim denkleminin sürekli rejimde çözümünden sonra bulunan denklemin sonunda çok kullanılan bir şekilde tarif etti ve düzlem kolektörler için kullandı.

$$q = P_r [\alpha \tau - u_L \Delta T/H]$$

(4)

$$\alpha \tau = \int_{x_1}^{x_2} \frac{h(x)}{(x_2 - x_1)} dx$$

(5)

$h(x)$ geçirgenlik fonksiyonudur.(Giren radyasyon miktarının x

derinliğinde geçirilenidir.)Bryant ve Colbeck tarafından şu şekilde verilmiştir.[12]

$$h(x) = 0,36 - 0,08 \ln x \quad (6)$$

x derinliği gösterir ve metre olarak ölçülür. U_L kayıp katsayısıdır ve şöyle ifade edilir.[9]

$$U_L = \frac{k}{x_2 - x_1} \quad (7)$$

k tuzlu suyun ısı iletkenliğidir αz yutma geçirme çarpımıdır. F_R ısı kazanç faktörü olup bire eşit olarak alınmıştır.[11]

Hull ısı ihtiyacını doğru olarak takip etmek için yeteri kadar küçük zaman farkı ile nümerik artış planı kullanıldı.[13] Yüzey sıcaklığı çevre sıcaklığına eşit ve en alt taşınım bölgesi üniform sıcaklıkta bir parça gibi kabul edilir. Taşınımsız bölgeyi her biri 10 cm kalınlıktaki alt tabakalara böler.

Lam Alice Springs gölünün ısı davranışına göre bir nümerik model geliştirdi.[3] Bu modeldeki yüzey sıcaklığı, uzun dalga boylu radyasyon buharlaşma, taşınım nedeniyle yüzeyden ısı kaybı, taşınım yapmayan bölgeden ısı iletimi ve güneş radyasyonunun yutulmasının etkileri düşünülerek hesaplanır. Ortalama saatlik hava verilen girdi olarak kullanılır. Toplama verimi ve özel verim günlük ve yıllık esaslar halinde belirlenir.

1.3.2 GÜNEŞ IŞINIMININ YUTULMASI

Güneş ışınımı atmosferi geçerken atmosferde bulunan parçacıklar (foton, molekül, toz vs.) tarafından yutulur ve saçılır, böylece azalarak atmosfer dışına gelen ışınımın 0.1 ila 0.8 arasında bir kesri yeryüzüne ulaşır. Doğrudan yeryüzüne gelen kısma "direkt güneş ışınımı" saçılan ışınımın yeryüzüne gelen kısmına "yayıllı" (diffuse) güneş ışınımı adı verilir. Direkt ve yayıllı güneş ışınımı pratik olarak 0.3-3.0 mm dalga boyunda aralığında olduğundan buna "kısa dalga boylu ışınım" da denir. Direkt ve yayıllı ışınımın toplamı "tüm (global) güneş ışınımı" olarak bilinir. Atmosferdeki gazlar (özellikle su buharı ve karbondioksit) tarafından neşredilenlerden aşağı doğru olanı yeryüzüne atmosfer ışınımı olarak, ve yer tarafından neşredilen ve yansıtılan ışınımarda yer ışınımı olarak göz önüne alınan "uzun dalga boylu ışınım"lardır. Bütün bu ışınımara "toplam güneş ışınımı" denir.[14]

Bunların ışığı altında güneş göletine giren anlık güneş ışınımını şu şekilde ifade edebiliriz.[8]

$$I = \beta_1 I_d + \beta_2 I_y \quad (8)$$

I_d = Anlık direkt ışınım

I_y = Anlık yayılı ışınım

β_1 ve β_2 enerji sönüm katsayılarını gösterir.

Anlık Direkt ışınımı şöyle ifade edilir. [14]

$$I_d = I - I_y = r_t \cdot Q - r_y \cdot Q_y \quad (9)$$

Burada Q yatay birim düzleme gelen günlük tüm güneş ışınımıdır, şu bağlantıdan hesaplanır. [14]

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0} \quad (10)$$

Bu bağıntıda Q_0 , atmosfer dışına gale gelen güneş ışınımını, t güneşlenme süresini ve t_0 gün uzunluğunu temsil eder a ve b sabitleri tüm güneş ışınımı ve güneşlenme süresi verilerine dayanarak istatistik metodlarla tayin edilmektedir. Bu katsayılar Türkiye için

$$a = 0,103 + 0,000017 + Z + 0,198 \cos (e - d) \quad [1a)$$

$$b = 0,533 - 0,165 \cos (e - d) \quad [1b)$$

olarak belirlenmiştir. [14] Bu denklemlerdeki Z (m) deniz seviyesinden yüksekliği, e enlem derecesini, d denklinosyon açısını gösterir
Denklinosyon açısı

$$d = 23.45 * \sin ((284 + n) * 360 / 365) \quad (12)$$

ile ifade edilir. [14] Buradaki n ocak 1 den itibaren gün sayısıdır. Güneşin doğuş saati şu şekilde yaklaşık olarak ifade edilebilir; [8]

$$G = 6 + \left(\frac{12}{\pi} \right) \arcsin (-\tan \alpha \tan \delta) \quad (13)$$

Gün uzunluğunda

$$t_0 = -\frac{2}{15} \arccos (\tan \delta \tan \alpha) \quad (14)$$

ifadesinden bulunabilir. [14] Atmosfer dışında yatay birim düzleme bir gün boyunca gelen ışınım

$$Q_0 = -\frac{24}{\pi} I_{gs.f.} \sin \delta \sin \left(-\frac{\pi}{180} H - \tan H \right) \quad (15)$$

bağıntısı ile bulunur. [14] Burada I_{gs} (1353 W/m²) güneş sabiti, f, güneş sabitini düzeltme faktörü, H, güneş batışı saat açısıdır. n.1. Ocaktan itibaren gün sayısı olarak f güneş sabitini düzeltme faktörü

$$f = 1 + 0,033 \cos \left(\frac{360}{365} n \right) \quad (16)$$

şeklinde verilmektedir. (14)

$$\cos H = -\tan \delta \tan \alpha \quad (17)$$

ifadesinden güneş batış saat açısı H bulunur. [14]

Günlük direkt veya yayılı güneş ışınımının hesaplanabileceği tüm güneş ışınımının fonksiyonu olan çok sayıda ampirik bağıntı sunulmuştur. Ampirik bağıntılarda, genellikle yayılı ışınım oranı (yatay düzleme gelen yayılı ışınımın tüm güneş ışınımına oranı, $K_y = Q_y/Q$) berraklık indeksinin (yatay düzleme gelen tüm güneş ışınımının atmosfer dışına gelen ışınımına oranı $K_t = Q/Q_0$) veya izafi güneşlenme süresinin bir fonksiyonu olarak verilmektedir. [14]

$$K_y = 1.390 - 4.027 K_t + 5.531 K_t^2 - 3.108 K_t^3 \quad (18)$$

şeklindeki ifadesi yayılı ışınım oranının berraklık indeksi ile değişimini gösterir.

Pratik olarak, anlık tüm güneş ışınımı günlük toplam tüm güneş ışınımına bağlı olarak hesaplanabilir. Anlık tüm güneş ışınımının (I) günlük toplam tüm güneş ışınımına (Q) oranı ($rt = I/Q$) gün boyunca anlık tüm güneş ışınımının değişimi ekspanansiyel ve sinirsoidal değişimlerle birlikte gözönüne alınarak

$$\Psi = \exp \left\{ -4 \left(1 - \frac{h \cdot I}{H} \right)^2 \right\} \quad (19)$$

olmak üzere

$$rt = \frac{I}{Q} = \frac{\pi}{4 \tau_0} \left\{ \cos \left(\frac{150}{2} \frac{h}{H} \right) \frac{2}{\sqrt{\pi}} (1 - \Psi) \right\} \quad (20)$$

elde edilmektedir. (14) Burada h saat açısı olup,

$$h = 15 (GS - 12) \quad (21)$$

ifadesinden bulunur. GS güneş saatidir. Tam 24 saat olarak belirtilen normal gün uzunluğu, dünyanın yörüngedeki hareketi ve diğer faktörlerden dolayı güneş gününden çok az farklıdır. Bu sebeple standart saatin (memleket saati) güneş saatine çevrilmesinden meridyen farkından başka zaman düzeltmesi denilen günlere göre değişen bir sabit ilave edilir. Böylece güneş saati GS

$$GS = MS + 4 (Bs - By) + ZD \quad (22)$$

yazılabilir. Burada, MS memleket saati (Standart saat), Bs ve By sıra ile standart ve yerel boylama (meridyen) ZD ise zaman düzeltmesidir. Eşitliğin sağ tarafındaki ikinci terimin işareti batı boylamları için (+) doğu boylamları için (-) dir. Bilindiği gibi Türkiye doğu boylamları içinde bulunmaktadır.

Türkiye için standart boylam 45 doğu boylamıdır. Buna göre zaman düzeltmesi dakika alınırsa

$$GS = TS - \frac{4}{60} (45 - By) + \frac{ZD}{60} \quad (22-B)$$

Şeklinde yazılabilir. TS Türkiye saatidir. Zaman düzeltmesi (dk)

$$ZD = 9.87 \sin(2B) - 7.53 \cos(B) - 1.5 \sin(B) \quad (23)$$

ifadesinden bulunabilir. $B = 360(n-81)/364$ ifadesinden bulunabilir. n, 1 Ocaktan itibaren gün sayısıdır. [15]

Atmosfer dışında yatay düzleme bir anda gelen ışınının (I) atmosfer dışında bir gün boyunca gelen ışınımına (Q_0) oranı, r_y verir. I ve Q_0 için değerleri yazılırsa

$$r_y = \frac{I}{Q_0} = \frac{\pi}{24} \frac{\cosh H - \cosh \frac{\pi}{180} H}{\sin H \cosh H} \quad (24)$$

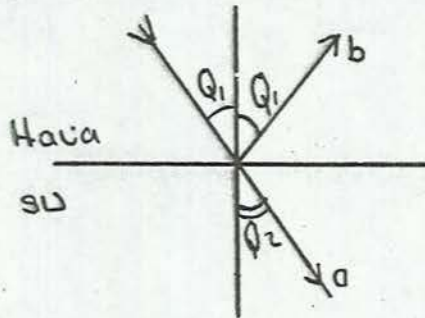
elde edilir. r_y , bir anda yatay düzleme gelen aylık ortalama yayılı ışınımın (I_y) günlük ortalama yayılı ışınımına (Q_y) oranıdır.

Anlık yayılı güneş ışınımı

$$I_y = r_y \cdot Q_y \quad (25)$$

den hesaplanabilir. [14]

Yayılı ve direkt ışınımdan oluşan tüm güneş ışınımının güneş gölü üzerinde bir kısmı kırılarak yansırken bir kısmında gölün içarisine geçer.



ŞEKİL 7 Birim genliğe sahip bir ışık dalgasının hava/su ara kesidinde yansımaya ve kırılması

Gölete giren güneş ışınının bir kısmı kızıl ötesi ışındır. Bu kızıl ötesi dalgaları geçirmediğinden ilk bir kaç cm de bu kısım yutulur. Geri kalan ışınım $h(x)$ fonksiyonu ile ifade edilir. Bu ışınım gölün tabanına kadar ulaşır.

Suyun kırılma indeksine bağlı olarak yansıma ve kırılma açıları arasında Snell yasasına göre

$$\sin Q_1 = r \sin Q_2 \quad (26)$$

bağıntısı vardır. Buna bağlı olarak direk güneş ışınımı sönüm katsayısı

$$\beta_1 = 2r \cos Q_1 \cos Q_2 \left\{ (1/\cos Q_1 + r \cos Q_2)^2 + 1/(\cos Q_2 + r \cos Q_1)^2 \right\}$$

hesaplanabilir. [8]

r = Göletin yüzeyindeki akışkanın kırılma indisi (1.33)

Q_1 = Geliş açısı

Q_2 = Kırılma açısı

Direkt radyasyonun geliş açısı yıl boyunca, gün boyunca şu şekilde değişir; [8]

$$\cos Q_1 = \cos(\epsilon) \cos(d) \cos\left(-\frac{2}{24}(\frac{h-12}{15})\right) + \sin(d) \sin(\epsilon) \quad (28)$$

Yayıllı ışınımın tüm yönlerden rast geldiği varsayılabilir. Bu türden ışınım için sönüm katsayısı şu şekilde elde edilebilir. [8]

$$\beta_2 = 2 \int_0^{x/2} \beta_1 \cos Q_1 \sin Q_1 dQ_1 \cong 0,93 \quad (29)$$

Göl yüzeyine giren güneş ışınımı, enerji akışkan tabakalar tarafından emildikçe derinliklere üstel olarak sönümlenir. Sönümlenme hızı ışınım dalga boyunun fonksiyonudur. Dalga boylarının tüm spektrumunun sönümlenmesi aşağıdaki şekilde üstel fonksiyonların bir serisi olarak ifade edilebilir. [8],[3],[9]

$$I_s = I \sum_{j=1}^4 \eta_j \exp(-\mu_j x / \cos Q_2) \quad (30)$$

Burada ;

$\eta_1 = 0,237$	$\mu_1 = 0,032 \text{ m}^{-1}$	0,2 - 0,6 mm
$\eta_2 = 0,193$	$\mu_2 = 0,45 \text{ m}^{-1}$	0,6 - 0,75 mm
$\eta_3 = 0,163$	$\mu_3 = 3,0 \text{ m}^{-1}$	0,75 - 0,9 mm
$\eta_4 = 0,179$	$\mu_4 = 35,0 \text{ m}^{-1}$	0,9 - 1,2 mm

Bu tablo güneş tayfının 0:2 ile 1.2 mm lik dalga boyu aralığını kapsar. Geri kalan uzun dalga boylu güneş spektrumu ihmal edilmiştir. Çünkü, her ne kadar bu kısım toplam ışınım enerjisinin yaklaşık % 22.4 nü içersede gölet perpermansına etki etmeksizin ilk bir kaç cm de hatta ilk bir kaç milimetrede yutulur. [8],[3],[9]

Kavshik ve arkadaşları uzun dalga boylu kısmı içeren başinci terimi de ($n_5 = 0,24$ ve $\mu_5 = 255 \text{ m}^{-1}$) dikkate aldılar. [3] Fakat çok küçük derinlikler hariç başinci terimin ilavesi sonuç üzerinde çok fazla etkisi olmadığı belirtilmiştir.

Bryant ve Colbeck ise 0,01 m den 10 m 'ya kadar değişen temiz suda geçirgenliğin

$$h(x) = a - b \ln x \quad (6 a)$$

bağıntısı ile hesaplanabileceğini önermiştir. (12) x derinliği cm biriminde ise $a = 0,73$ ve $b = 0,08$; x derinliği metre birimde ise $a = 0,36$ ve $b = 0,08$ alınmaktadır. Denklem (6a) da $X = 1$ cm yazılırsa $h(1) = 0,73$ olmaktadır. Bu nedenle ışınım enerjisinin %27 sinin ilk santimetrelere soğurulduğu anlaşılabilir ki an önce belirtilen % 22,4'e çok yakındır.

1.3.3 GÖLETTE ISI AKIŞI

Gölet içindeki üç tür ısı iletimini kısaca inceleyelim.

1.3.3.1 Işınım : Göletin tipi ne olursa olsun, göletteki suyun kaynamaya başlaması bir sınır şartıdır ve taşınımı önlemek için buna izin verilmemelidir. Genellikle tabakalaşma olayında kullanılan NaCl ve MgCl_2 ile hazırlanmış doymuş çözelti, deniz seviyesinde, sırayla $108,7^\circ\text{C}$ (381,7 K) ve $125,5^\circ\text{C}$ (398,5 K) sıcaklıklarında kaynamaktadır. (2) Siyah bir cismin bu kaynama noktalarından çevreye yaydığı ışınımın maksimum dalga boyu (λ_{max}) Wien kanunu ;

$$\lambda_{\text{max}} = 2,9 \cdot 10^{-3} / T \text{ (}^\circ\text{K)} \quad (31)$$

ile bulunmaktadır. $T_1 = 381,7^\circ\text{K}$ için $\lambda_{\text{max}}(1) = 7,6 \cdot 10^{-6}$ m. $T_2 = 398,5 \text{ K}$ için $\lambda_{\text{max}}(2) = 7,3 \cdot 10^{-6}$ m çıkarki her iki değer de kızıl ötesi (infrarod) ısı dalgalarıdır. Bu dalgalar yayılır yayılmaz su tarafından soğurulmaktadır. [2]

Kızıl ötesi dalgaların suya aktardığı ışınım enerjisi (P) Stefan-Boltzman denkleminde yararlanarak tahmin edilebilir [2]

$$P = \sigma T^4 \quad (32)$$

Burada $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ olup Stefan-Boltzman sabittir.

Denklemler (32) nin uzaysal türevi alınır

$$\frac{\Delta p}{\Delta x} = 4 \sqrt{T^3} \quad dT/dx \quad (33)$$

ifadesi bulunur. Tipik bir güneş göletini için $\Delta x = 10^{-5}$ m ve $T = 373^\circ K$ ($100^\circ C$) alınır denklemler (33) den

$$\Delta p = 1.176 \cdot 10^{-4} \quad dT/dx \quad (34)$$

bulunmaktadır. Bulunan bu değer iletimle transfer edilen enerji

$$\Delta P = k \cdot dt/dx \quad (35)$$

karşılaştırılabilir. Burada $6,5 \cdot 10^{-1}$ w/m^oK tuzlu suyun iletim katsayısıdır. [32] Denklem (34) ile denklem (35) oranlanırsa % 0,028 civarında bir değer çıkar ki bu bize güneş göletinin içindeki kızıl ışıma radyasyonunun çok önemsiz olduğunu göstermektedir.

1.3.3.2 Taşınım : Tuz tabakalı güneş göletleri sisteminde yalıtılan tabakada oluşturulan yeterli ve kararlı bir yoğunluk gradyanı, bu tabaka içinde iletimle ısı transferini önlemektedir. Bu koşul başarılı bir güneş göletini için zorunludur.

Güneş göletinin siyaha boyalı tabanını ısındıkça bu tabakanın temasta bulunduğu iletken tabaka içindeki su yoğunluk gradyanına kadar yükselmektedir. Böylece alt iletken tabakada sınırları arasında en fazla 5^oC kadar bir sıcaklık farkı oluşmaktadır. Bu nedenle tuz tabakalı güneş göletlerinde ısının çekildiği en uygun derinlik alt iletken tabakanın üst sınırıdır. [3], [2] Genellikle göletinin üsteki sorunları yanında bir kaç derecelik sıcaklık farkını ihmal edilecek sıcaklığın sabit olduğu varsayılmaktadır.

1.3.3.3 İletim : Tuz tabakalı güneş göletlerinde en fazla ısı transferi iletim yolu ile meydana gelmektedir. Bu ısı transferinin akış yönü yukarı doğrudur. Yani akış alt iletken tabakadan başlamakla aradaki yalıtılan tabakadan geçtikten sonra yüzeye erişmektedir.

Transfer edilen ısı enerjisi, yalıtılan tabakanın ince dilimlere ayrılması yöntemi ile hesaplanmaktadır. Sıcaklığın uniform olduğu farz edilen ince sıvı dilimlerinden ardışık iki tanesinin arasında, t zaman aralığında iletimle aktarılan ısı enerjisi (ΔH)

$$\Delta H = k A - (\Delta T / \Delta x) \cdot \Delta t \quad (36)$$

ile verilmektedir. [2] Burada A, sıvı dilim alanı (m²); ΔT ardışık sıvı dilimleri arasındaki sıcaklık farkını (^oC); Δx , ardışık iki sıvı diliminin eksenleri arasındaki uzaklık yani

dilim kalınlığını (m) ; K ise tuzlu suyun ısı iletim katsayısını gösterir.

1.3.4 GÖLETİN ISI KAYIPLARI

Göletten olan ısı kayıpları yandan olan ısı kayıpları ihmal edilirse iki kısımdan meydana gelir ; [3],[16]

1.3.4.1 Üst taşınım tabakadan ısı kayıpları :

Güneş göletinin yüzeyindeki olan ısı kayıpları şöyle ifade edilir ; [16]

$$Q_s = Q_{s,r} + Q_{s,c} + Q_{s,e} \quad (37)$$

$Q_{s,r}$, $Q_{s,c}$, $Q_{s,e}$ sırasıyla ışınım, taşınım ve buharlaşma sebebiyle kayıplardır.

$$Q_{s,r} = \epsilon_w \sigma \left\{ (T_y + 273)^4 - (T_h + 273)^4 \right\} \quad (38)$$

$$= h_r (T_y - T_h) \quad (39)$$

ışınım ısı transferi katsayısı h_r , şöyle ifade edilebilir ;

$$h_r = \epsilon_w \sigma \left\{ (T_y + 273)^2 + (T_h + 273)^2 \right\} (T_y + T_h + 546) \quad (40)$$

Burada T_y yüzey sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), T_h gökyüzü sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) σ Stefan-Boltzman sabitini ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$), ϵ_w suyun ışınım yayma katsayısı gösterir. $\epsilon_w = 0,03$ olarak alınmıştır. [17] Taşınım ısı kaybı [16]

$$Q_{s,c} = h_c (T_y - T_a) \quad (41)$$

Burada h_c rüzgar taşınım katsayısı, T_a çevre sıcaklığıdır. ($^{\circ}\text{C}$)

$$h_c = 5,7 + 3,8 V \quad (42)$$

V , rüzgar hızı (m/sn) dir.

Buharlaşma sebebiyle ısı kaybı, rüzgar taşınım katsayısı h_c atmosferdeki su buharının kısmi basıncı ve yüzeydeki suyun buhar basıncı altındaki farkla ilgilidir.

$$Q_{s,c} = \frac{h_c}{1,6 \cdot 0,625} (P_s - P_a) \quad (43)$$

Yüzeydeki suyun buhar basıncı P_s , Antoine denklemleri ile yüzey sıcaklığına bağlıdır.

$$P_s(T) = \exp \left(18.403 - \frac{3895}{T_s + 230} \right) \quad (44)$$

Atmosferdeki su buharının kısmi basıncı P_a , çevre sıcaklığına karşılık gelen suyun doymuş buhar basıncı $P_s(T_a)$ ve izafi nem tanımına bağlıdır.

$$P_a = Rh \exp \left(18.403 - \frac{3895}{T_a + 230} \right) \quad (45)$$

Burada Rh izafi nemi gösterir. (43) denklimindeki λ , suyun gizli buharlaşma ısısını (Kj/kg) C_s , havanın nemli ısı kapasitesini ($Kj/kg^{\circ}C$) P_t , Atmosferik basıncı ($mm Hg$) gösterir. (38), (41), (43) denklemlerinden üst taşınım bölgesinden ısı kaybı

$$Q_s = h_r (T_y - T_h) + h_c (T_y - T_a) + \frac{\lambda h_o}{1.8} \frac{P_s - P_a}{P_t} \quad (46)$$

Gökyüzü sıcaklığı T_h şöyle ifade edilebilir. (18)

$$T_h = 0,0552 T_a^{1,5} \quad (^{\circ}K) \quad (47)$$

1.3.4.2 Alt taşınım bölgesindeki ısı kayıpları

Hull ve çalışma arkadaşları tabandan olan kayıpları için ampirik bir formül teklif ettiler. [19]

$$Q_b = c + d (S / A_c) \quad (48)$$

c ve d gölün izolasyonu ve geometrisine bağlı ampirik parametreler ve S ve A_c sırasıyla göletin çevresi ve alanlarıdır. c ve d şöyle bulunabilir ;

$$c = c_1 \frac{K_g (T_2 - T_g)}{l_g} \quad (49)$$

$$d = c_2 K_g (T_2 - T_g) \quad (50)$$

c_1 ve c_2 uygun sabitler olup hesaplarda sırasıyla 0,99, 0,9 kabul edilmiştir. [19] K_g toprağın ısı iletkenliğidir. ($w/m C$) hesaplamalarda 1,0 ($w/m C$) alınmıştır. [15] ve l_g (m) gölün tabanındaki yer altı suyu tablasına mesafesidir. Hesaplamalarda yüzeyden itibaren 35 m olarak alınmıştır. [20] T_g , yeraltı suyu sıcaklığıdır. Hesaplamalarda aylık ortalama meteorolojik veriler kullanılmıştır. [21] t_2 , gölet tabanındaki sıcaklıktır. (C)

Tabandan olan kayıplar yeniden yazılırsa,

$$Q_b = \left\{ C_1 (kg/lg) + C_2 K_z (S/Ac) \right\} (T_b - T_e) \quad (51)$$

Çok büyük göletler için (S/AC) oranı ihmal edilebilir.

1.3.5 RÜZGAR TESİRLERİ

Rüzgar güneş göletinin üst yüzeyinde çalkantılara sebep olur. Rüzgarın etkisi yüzeyde dalgalanmalar şeklinde görülür.

1.3.5.1 RÜZGAR DALGALARININ KARAKTERİSTİKLERİ

Rüzgarın frekansı ve genliği rüzgar hızı ve sürüklenme uzunluğuna bağlı olarak su bünyesinin yüzeyin üzerinde dalgalar meydana getirir. Aşağıda birbirini takip eden bağıntılar rüzgar genliğini ve hızını, rüzgar hızı ve sürüklenme hızı cinsinden tanımlamaya yarar. [22]

$$c/v = 1,37 \left[1 - (1 + 0,003 \times 0,333)^{-5} \right] \quad (52)$$

$$\frac{cH}{v^2} = 0,3 \left[1 - (1 + 0,004 \times 0,5)^{-2} \right] \quad (53)$$

Burada C dalga hızı, H dalga genliği, V rüzgar hızı ve x boyutsuz uzunluk olarak tanımlanır.

$$x = xg/v^2 \quad (54)$$

burada x sürüklenme uzunluğu, g yerçekimi ivmesidir.

Eğer yüzey gerilimleri ihmal edilirse dalga uzunluğu aşağıdaki gibi C terimi cinsinden verilir.

$$\lambda = \frac{2\pi c^2}{g} \quad (55)$$

Yapılan deneylerde görülmüştür ki 15 m/sn lik rüzgar altındaki 25 m lik bir gölde, 0,4 m den daha büyük dalga boyunda ve G cm ye yakın genlikte dalgalar meydana gelir. [22] Dalga enerjisi $e^{-4\pi/x}$ gibi bir faktörle ve derinlikle eksponansiyel olarak azalır. Enerjisinin hemen hemen tamamı aşağısında bir dalga boyu içinde dağıtılır. Bu nedenle yukarıda ki örnekte yüzey dalgaları sadece 0,4 m derinlikte çalkalanmaya sebep olur.

1.3.5.2 RÜZGAR KIRICI YÜZEN HALKALAR

Sürüklenme uzunluğundaki herhangi bir azalma dalga faaliyetlerinde büyük bir azalma ile sonuçlanır. Bu fikirle Melbourne Üniversitesinde yüzeyi düzgünce dağıtılan yüzen halkalara sahip

10 m² yüzey alanlı ve 0,6 m derinlikli küçük bir deney göleti inşa edilmiştir.[22] Halkalar 0,3 m çapında, 1,5 mm kalınlığında ve 20 mm yüksekliğindedir. Uçları bağlanarak daire şekline getirilen halkalar polietilen şeritlerden yapılmıştır. Kullanılan polietilenin yoğunluğu 0,94 g/cm³ dür. Bu nedenle halkaların üst kenarlarının üst kenarı göletteki suyun yüzeyinden az daha yüksek olacaktır. Halkalar birbirine bağlanır, daha büyük ve yüksek halkaların içine bu bağlı küçük halkalar hapsedilir. (8 cm yüksekliğinde ve 1,5 cm çapında) Böylece üst üste binmeleri önlenir. Bazen halkalar kullanılmasının gerisindeki ana fikir göl yüzey alanını küçük hücrelere ayırmak ve böylece uzunluğunu azaltmaktır. Bunun sonucu dalga boyu sınırlanacaktır. 10 m/s rüzgar hızında ve 0,3 m sürükleme uzunluğunda maksimum dalga boyu yaklaşık 18 mm dir. Bu halkaların derinliğinden (20 mm) daha küçüktür. Böylece dalga enerjisi herhangi bir bitişik halkaya nakledilmeksizin yalnız bir halka içinde dağıtılacaktır. Aynı zamanda halkalar yüzey rüzgar akımlarının nüfus derinliğini sınırlayacaktır.[22] Gölgeleme önemli değildir. Ekim ortasında öğleden önce 10 da 37 1/2° güney enlemindeki Melbourne'da toplam gölgelenmiş alan göl alanının % 6 sı kadardır. Kullanılan malzemenin geçirgenliği yeni olduğu zaman % 40 civarındadır. Görüldüğü gibi gölgelenme sebebiyle giren radyasyonun genel kaybı azdır.[22]

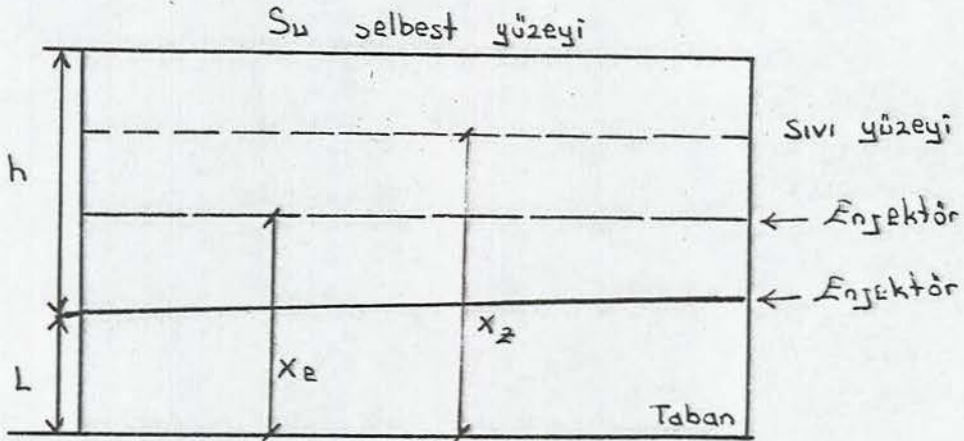
Çöp ve kir problemi şimdiye kadar çözümlenmemiştir. Halkaların kısa kısımların hareketli yüzeyin yıkanmasına imkan verir.

1.4 - GÜNEŞ GÖLETİNİN DOLDURULMASI

Gölet performansı yeterli düzeyde yoğunluk veya konsantrasyon tabakalaşması oluşturulmasına ve bunun korunmasına bağlıdır. Bundan dolayı göletin doldurulması özen isteyen bir iştir. Bu hususta çeşitli yöntemler vardır. Örneğin ayrı kaplarda hazırlanan ve konsantrasyonları sıfırdan başlayıp (taze su) istenilen değere kadar değişen yaklaşık (% 20-25) çözeltiler bir dizi sıvı tabakaları halinde, çok yoğun ortam altına kalacak şekilde gölete doldurulabilir. Ancak yapılan deneyler bu teknik yerine enjeksiyon yönteminin daha uygun ve pratik olduğunu göstermektedir.[2],[23]

Üst iletken tabakası ihmal edilen bir tuz tabakalı güneş göleti sistemine parametreleri Şekil 8 de verilmektedir. Buna göre enjeksiyon metoduyla doldurmayı inceleyerek tuz konsantrasyon dağılımını bulalım. Şekil 8 de L , konsantrasyonu sabiti, ve q_m olan iletken tabakanın kalınlığını, (h) ise tuz tabakalaşması oluşması istenilen yalıtken tabakanın kalınlığını göstermektedir. Basit olarak bir lineer tuz gradyanı oluşması düşünülün. Bunun için havuz gölet tabandan itibaren $(L+h/2)$ yüksekliğine kadar (q_m) konsantrasyonunda çözeltiyle doldurulmaktadır. Bu konsantrasyon sisteminin maksimum konsantrasyonudur.[2]

Bu hazırlandıktan sonra ($h A/2$) hacmindeki taze su başlan-
 gıçta L mesafede yerleştirilmiş uygun bir enjektörden gölete
 pompalanır ;Burada(A) göletin alanıdır.Genellikle 5 cm alımlar-
 la ve belirli sürelerle yukarı konumlara yükseltilen enjektör-
 den havuza boşaltılan su debisi,surekli hareket eden selbent
 sıvı yüzeyi ile orantılı olmalıdır.



ŞEKİL 8 Enjektörle göletin dolması.[2]

$t = 0$ anında enjektör konumu (L),selb st sıvı yüzeyinin konumu
 ise ($L+h/2$) dir.Enjektör ve selbest sıvı yüzeyi $t = T$ anında
 yani göletin dolması tamamlanınca ($L+H$) olacaktır.Her hangi bir
 $t = t$ anında ise (X_e) ve (X_s) ile gösterilen enjektör ve selbest
 sıvı yüzeyikonumları genel olarak

$$X_e = a \cdot X_s + b \quad (59)$$

ifadesi ile birbirine bağımlıdır.(20)Burada kullanılan a ve b
 sabittir.

$$\begin{aligned} t = 0 \text{ ise } & X_e = L ; X_s = L + h/2 \\ t = T \text{ ise } & X_e = X_s = L + H \end{aligned} \quad (60)$$

sınır şartlarından hesaplanabilir.Denklem (59) ve (60) dan

$$a = 2 \quad b = -(L + H) \quad (61)$$

çıkılmaktadır.Böylece

$$X_e = 2 \cdot X_s - (L + h) \quad (62)$$

ifadesi bulunmaktadır.Öte yandan verilen herhangi bir ($t + \Delta t$)
 zamanında enjektörün yukarısında kalan sıvı hacmi (V) kütle
 transfer hızı $\Delta M / \Delta t$ ve konsantrasyon değişim hızı $\Delta q / \Delta t$
 sırasıyla

$$V = (X_s - X_e) A \quad (64)$$

$$\Delta M / \Delta t = -q (\Delta x_e / \Delta t) \cdot A \quad (65)$$

$$\Delta q / \Delta t = (\Delta m / \Delta t) / V \quad (66)$$

olmaktadır. [2], (64), (65), (66) nolu denklemlerden

$$dq/q = -d X_s / (X_s - X_e)$$

ifadesi bulunmaktadır. Bu son ifade de gerekli işlemler yapılırsa

$$q = C \cdot (L + h - X_s) \quad (67)$$

olmaktadır. [2] Burada C sabittir.

$$\begin{aligned} t=0 \quad \text{ise} \quad q &= q_m ; X_s = L + h/2 \\ t=T \quad \text{ise} \quad q &= 0 ; X_s = L+h \end{aligned} \quad (68)$$

sınır şartlarından bulunursa $C = 2 \cdot q/h$ olduğu görülür. O halde

$$q = f(X_s) = (2 \cdot q_m / h) \cdot (L + h - X_s) \quad (69)$$

sıvı yüksekliği için çözelti konsantrasyonu denklem (69) dan hesaplanabilir.

1.5 GÜNEŞ GÖLETİNDE SICAKLIK PROFİLİ

Bilindiği üzere, düzlem kolektör dahil güneş enerjisi ile çalışan termik sistemlerin verimi, çevre sıcaklığı ile arasındaki fark artarken azalmaktadır. Bu genel kural güneş göletini için geçerlidir. Ancak çevreye açık olan güneş göletinin performansı sistemin özelliği nedeniyle oldukça farklıdır.

Bir boyutlu sürekli ısı iletim denklemini taşınım bölgesi için,

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\partial I}{\partial x} \quad (70)$$

şeklinde yazılabilir. (16) Sürekli rejim şartından olur ve (70) denklemin

$$k \frac{d^2 T}{dx^2} = -\frac{dI}{dx} \quad (I(x)) \quad (71)$$

Şeklini alır. Herhangi bir x derinliğinde kalan güneş ışınımı $I(x) = I_s h(x)$ ile verilir. G_s yüzeyin hemen aşağısındaki ışınımıdır. Üst taşınım bölgesi için enerji dengesi yazılırsa ;

$$\rho x_1 c_p \frac{\partial T_1}{\partial t} = \{I_s - I(x_1)\} + k \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=x_1} - G_s \quad (72)$$

elde edilir.

Sürekli rejim şartı altında (72) denklemi

$$Q_s = I_s \left\{ 1 - h(x_1) \right\} + k \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=x_1} \quad (73)$$

indirgenir. Q_s yüzeyden olan ısı kayıplarını ifade eder.

Benzar olarak alt taşınımli bölge için enerji dengesi yazılırsa ;

$$f(x_2-x_1) c_p \frac{\partial T}{\partial t} = I(x) - k \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=x_2} - Q_b - Q_y \quad (74)$$

elde edilir. [3], [16] Burada Q_u faydalı ısı çekim oranıdır. Sürekli rejim şartı altında denklem (74)

$$Q_u = I_s h(x_2) - k \left. \frac{dT}{dx} \right|_{x=x_2} - Q_b \quad (75)$$

Q_b tabandan % n ısı kayıplarını ifade eder. Denklem (75) de gölete giren bütün ısı nın alt taşınımli bölgede yutulduğu kabul edilir. (71) denkleminin bir kere integrasyonu ile

$$k \frac{dT}{dx} = I(x) + C_0 \quad (76)$$

denklemi elde edilir. Buradaki C_0 integral sabitidir. (73) denklemi ile verilen üst sınır şartından integral sabiti C_0 bulunur.

$$C_0 = Q_s - I_s \quad (77)$$

(76) denklemi x_1 ve x_2 sınırları arasında integrate edilirse

$$I_s - Q_s = I_s \left(\frac{\int_{x_1}^{x_2} h(x) dx}{x_2 - x_1} \right) - \frac{k}{x_2 - x_1} (T_2 - T_1) \quad (78)$$

elde edilir. (76) denklemine, alt sınır şartının uygulanmasıyla

$$Q_u = I_s - Q_s - Q_b \quad (79)$$

elde edilir. (16) Yutma-Geçirme çarpımı

$$Z\alpha = \left(\int_{x_1}^{x_2} h(x) dx / (x_2 - x_1) \right) \quad (80)$$

kayıp katsayısı " U_L "

$$U_L = K (X_2 - X_1) \quad (81)$$

ile ifade edilir. [16], [3]

(80), (81) ve (78) denklemleri (79) denkleminde yerine konulursa ;

$$Q_u = I_s (Z\alpha) - u_1 (T_2 - T_1) - Q_b \quad (82)$$

elde edilir. [16] Faydalı ısı çekimi miktarı Q_u yüzeyin hemen altındaki ışınım bölünürse verim elde edilir.

$$\eta = \frac{Q_u}{I_s} = \left[(Z\alpha) - \frac{u_1}{I_s} (T_2 - T_1) - \frac{Q_b}{I_s} \right] \quad (83)$$

1.6 GÜNEŞ GÖLETİNDE ZAMANA BAĞLI SICAKLIK PROFİLİ

Günlük değişimler ihmal edildiği takdirde, tuz tabakalı güneş göleti sistemine ait ana para metrelere ; göletin alt iletken tabaka sıcaklığı (T) ; çevre sıcaklığı (T_a) ; gölet yüzeyine ulaşan ışınım I_0 ve çekilen ısı enerjisi U periyodik olarak alınabilir. [4] ;

$$T(t) = \bar{T} + \tilde{T} \exp(wt - \delta) \quad (84)$$

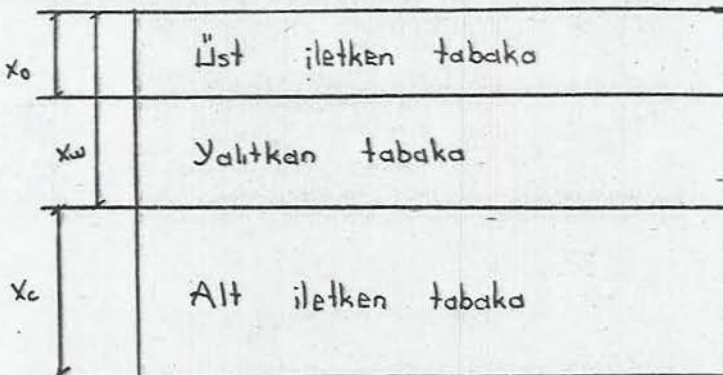
$$T_a(t) = \bar{T}_a + \tilde{T}_a \exp(wt - \delta_a) \quad (85)$$

$$I_0(t) = \bar{I}_0 + \tilde{I}_0 \exp(wt) \quad (86)$$

$$U(t) = \bar{U} + \tilde{U} \exp(wt - \delta_u) \quad (87)$$

Burada ; sembollerin üzerindeki (-) işareti 1 yıl periyodlu bu değişimlerin ortalama değerlerini ; (\sim) işareti ise periyodik değişimin maksimum değerini yani genliğini ; $w = 2\pi/1$ yıl ise bu değişimin çarpıntısını ; t zamanı, $\delta, \delta_a, \delta_u$ ışınım şiddetine göre faz farklarını (maksimum değerler arasındaki açıyı veya zamanı) temsil etmektedir.

Göletin yalıtkan tabakasında ve toprakta depolanan ısı enerjisi miktarı, iletken tabakanakine kıyasla çok az olup, ihmal edilebilir. [2] Bu durumda $T(t)$ fonksiyonu için basit bir ifadenin bulunması kolaylaşmaktadır. Şekil 9 da kalınlıkları verilen tabakaları ele alalım.



Şekil 9

ŞEKİL 9 Tuz tabakalı güneş göletinde tabaka kalınlıkları (X_0 ; üst iletken tabaka kalınlığı, $X_w - X_0$ yalıtkan tabaka kalınlığı, X_c ; alt iletken tabaka kalınlığı) [2]

$X = X_w$ düzleminde enerji korunumunu yazabiliriz.

$$I(X_w) = k \frac{\partial V(X_w)}{\partial x} + (\rho_c \cdot C \cdot X_c) \cdot dT/dt \quad (88)$$

Burada k , yalıtkan tabakanın ısı iletim katsayısı, $V(x)$ yalıtkan tabakada sıcaklık dağılımı ρ_c ve c sırasıyla alt iletken tabakanın yoğunluğu ve ısınma ısısıdır.

$$R = \rho_c \cdot C \cdot X_c \quad (89)$$

sabit olup $I(x)$ yerine ;

$$\begin{aligned} I(x) &= I_0 e^{-Mx} \quad \text{yada} \\ I(x) &= I_0 \sum_{i=1}^n \eta_i e^{-M_i \cdot x} \quad \text{yada} \\ \tau(x) &= \frac{I}{I_0} = a - b \cdot \ln x \end{aligned} \quad (90)$$

bağıntılarından biri alınabilir. Burada ortadaki bağıntı tercih edilmektedir. [2]

Yalıtkan tabakada depolanan ısı enerjisi ihmal edildiğinde, $V(x)$ fonksiyonunun aşağıdaki ısı iletim denklemini gerçekleştirmesi gerekmektedir.

$$d^2V/dx^2 = (1/k) dI/dx \quad (91)$$

Bu ikinci derece diferansiyel denkleminin çözümü için kullanılan sınır şartları

$$\begin{aligned} x = x_0 \quad \text{da} \quad V &= T_a \\ x = x_w \quad \text{da} \quad V &= T \end{aligned} \quad (92)$$

ile verilmektedir. Denklem (91) in integrali alınırsa

$$dV/dx = I(x)/k + A_1 \quad (93)$$

$$V = -I(x)/k \cdot x + A \cdot x + B_1 \quad (94)$$

bulunmaktadır. Genellikle a gölet yüzeyinde geçirgenlik sabiti 0,97 olup, burada 1 alınmaktadır. [2] A_1 ve B_1 denklem sabitleridir, (92) nolu şartlardan bulunabilir. Ancak denklem (88) de

sadece dv/dx bulunduğu için A_1 sabitinin bulunması kaifidir.

$$A_1 = (x_w - x_0)^{-1} (\bar{T} - T_a) - F \cdot I_0 / k \quad (95)$$

olup, bilinenlere ilave olarak

$$F = \sum_{n=1}^4 (\eta_n / \mu_n) \left[\exp(-\mu_n x_0) - \exp(-\mu_n x_w) \right] \quad (96)$$

ile verilmektedir. Böylece $x = x_w$ düzleminde bilinenler denklem (88) denkleminde yerine yazılarak

$$T = T_a + (F \cdot I_0 / k - (x_w - x_0) / k) \cdot (U + R \cdot dT/dt) \quad (97)$$

ifadesi bulunmaktadır.

(84 ve 87) nolu ifadeler denklem (97) de yerine yazılır, ortalama ve periyodik bileşenler birbirinden ayrılırsa

$$\bar{T} = \bar{T}_a + (F \cdot \bar{I}_0 / k) - (x_w - x_0) / k \cdot \bar{U} \quad (98)$$

$$\left[1 + i_w \cdot R \cdot \left(\frac{-x_w - x_0}{k} \right) \right] \cdot \tilde{T}_a \cdot e^{-i\delta} = \tilde{T}_a \cdot e^{-i\delta} + \left(\frac{-F \cdot \tilde{I}_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot e^{-i\delta} + \left(\frac{-x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot e^{-i\delta} \quad (99)$$

ifadeleri bulunmaktadır. [2] Denklem (99) karmaşık fonksiyon olup de Moivre teoremi ;

$$e^{-iy} = \cos y - i \sin y \quad (100)$$

yardımıyla gerçak ve sonal kısımlarına ayrılabilir. Gerekli sadeleştirme ve düzenlemeler yapıldıktan sonra ;

$$\tilde{T} \cos \delta + \tilde{T} \sin \delta \left(\frac{-w \cdot R}{k} \right) \cdot (x_w - x_0) = \tilde{T}_a \cos \delta + \left(\frac{-F \cdot \tilde{I}_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (x_w - x_0) \cos \delta \quad (101)$$

$$-\tilde{T} \sin \delta + \tilde{T} \cos \delta \left(\frac{-w \cdot R}{k} \right) \cdot (x_w - x_0) = \tilde{T}_a \sin \delta + \left(\frac{\tilde{U}}{k} \right) \cdot (x_w - x_0) \sin \delta \quad (102)$$

çıkılmaktadır. Burada birimsiz (α) katsayısı tanımlanır.

$$\alpha = (w \cdot R / k) \cdot (x_w - x_0) \quad (103)$$

Denklem (102) nm iki tarafı önce (α) ile çarpılır, elde edilen ifade ile denklem (101) toplanır, ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa

$$\cos \delta = \left[\tilde{T}_a (\cos \delta_a - \alpha \sin \delta_a) + \left(-\frac{x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (\alpha \sin \delta_u - \cos \delta_u) + \frac{F \cdot I_0}{k} \right] \tilde{T} (1 + \alpha^2)$$

çıkar. Denklem (101) iki tarafı önce (α) ile çarpılır, elde edilen ifade (102) den çıkartılır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa :

$$\sin \delta = \left[\tilde{T}_a (\alpha \cos \delta_a + \sin \delta_a) - \left(\frac{x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (\alpha \cos \delta_u + \sin \delta_u) + (F \cdot I_0 \alpha / k) \right] \tilde{T} \left(\frac{1}{1 + \alpha^2} \right) \quad (105)$$

oldugu görülür. Denklem (104) den gölet sıcaklığının periyodik kısmının genliği T çekilirse

$$\tilde{T} = \left[T_a (\cos \delta_a - \sin \delta_a) + \left(-\frac{x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (\alpha \sin \delta_u - \cos \delta_u) + F I_0 / k \right] (1 + \alpha^2) \cos \delta \quad (106)$$

bulunmaktadır. Denklem (105) denklem (104) de bölünürse faz açısı

$$\tan \delta = \frac{\tilde{T}_a (\alpha \cos \delta_a + \sin \delta_a) - \left(\frac{x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (\alpha \cos \delta_u - \sin \delta_u) + (F \cdot I_0 \alpha / k)}{\tilde{T}_a (\cos \delta_a - \sin \delta_a) + \left(-\frac{x_w - x_0}{k} \right) \cdot \tilde{U} \cdot (\alpha \sin \delta_u - \cos \delta_u) + (F \cdot I_0 / k)} \quad (107)$$

ifadeleri bulunmaktadır. Böylece tuz tabakalı güneş göletleri sisteminde alt iletken tabakanın bir yıl boyu sıcaklık dağılımına ait genlik (T) ve faz farkı (δ) hesaplanabilir.

Örneğin Rabi ve Nielsen [4], [2] parametreleri kullanılarak Albuquerque şartlarında çalışın 60 m² lik havuzun $T(t)$ fonksiyonunu bulalım :

$$\begin{aligned} \bar{T}_a &= 13,4^\circ\text{C} ; \tilde{T}_a = 14,2^\circ\text{C} ; x_w = 0,6\text{ m} ; x_c = 2,6\text{ m} ; x_0 = 0\text{ m} \\ \bar{I}_0 &= 254\text{ W/m}^2 ; \tilde{I}_0 = 112\text{ W/m}^2 ; \bar{U} = 60,6\text{ W/m}^2 ; \tilde{U} = 30,3\text{ W/m}^2 ; \\ \rho_c &= 1,13 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3 ; \delta_a = \pi/6 ; \delta_u = 7\pi/6 ; c = 3,43 \cdot 10^3\text{ J/kg}^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$k = 0,6\text{ W/m}^\circ\text{C}$ alınır ve denklem (103) den $\alpha = 2$; denklemlerden $F = 0,294$ hesaplanır. Ve tüm değerler denklem (96) ve (97) den yerlerine yazılırsa : $T = 41,4^\circ\text{C}$ ve $\delta = 54,3$ (Yaklaşık 55 gün) olarak bulunur. Denklem (98) den $T = 73,6^\circ\text{C}$ olduğundan, alt iletken tabakadaki sıcaklık dağılımı :

$$T(t) = 73,6 + 41,4 \exp [i(2\pi t / 365 - 54,3)] \quad (108)$$

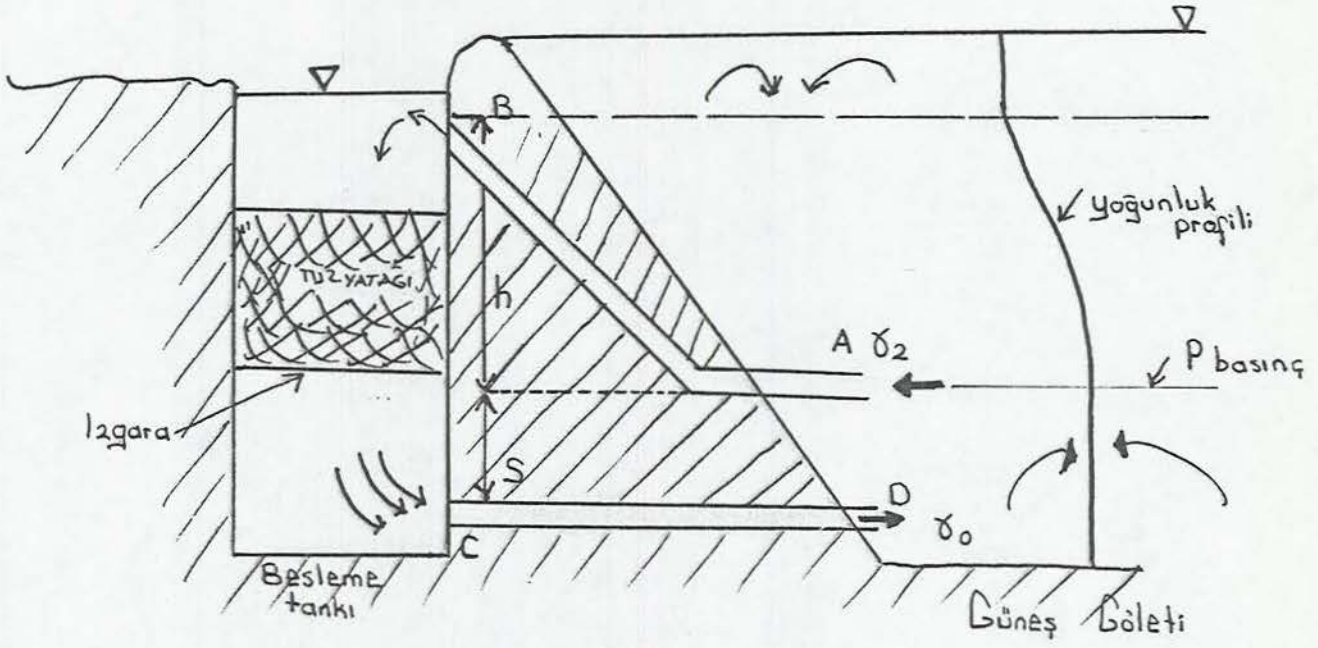
olarak bulunur. Burada (t) gün biriminde zamandır. $t=0$ ışınım fonksiyonu $I_0(t)$ nin maksimum olduğu zamandır. Ve genellikle Temmuz ayı başına rastlanmaktadır. [2]

1.7 TUZ GRADYANININ OLUŞUMU VE KORUNMASI

Tipik bir tuz tabakalı güneş göletinde alt iletken tabakada toplanan ve depo edilen ısı enerjisinin burada hapsedilmesi, bu tabakada üzerinde oluşturulan uygun kalınlıkta ki yalıtkan tabakaya bağlıdır. Yalıtkan tabakanın tabana doğru artan bir tuz yoğunluğuna sahip olması, bu bölgedeki taşınım akımlarını önlemektedir. Bunun sonucunda yoğunluk (yada konsantrasyon) artışına paralel olarak tabana doğru sıcaklık artışı olmaktadır. [2]

Isı ve/veya elektrik enerjisi üretiminde kullanılacak bir güneş havuzunun ilk koşulu homojen alt iletken tabaka üzerinde tuz tabakalaşması oluşturmaktır. Bu maksadla yalıtkan tabaka 15-20 dilime ayrılmakta, bu dilimlerin en alttaki maksimum konsantrasyonda (% 20-25) en üstteki ise minimum konsantrasyonda (% 1-2) olacak tarzda, çözeltileri hazarlanarak gölete doldurulmaktadır. Tabor doldurma hızının 0,12 m/sn den daha küçük olmasını önerir. [24] Çözelti homojen olmadığı için, kısa sürede merdiven biçimi artan bir tuz tabakalaşması oluşmaktadır. Esas sorunun bu tuz tabakalaşmasının korunması ve buna ilişkin yöntemlerin bulunup geliştirilmesidir. Zira konsantrasyonun fazla olduğu alt dilimlerden konsantrasyonun az olduğu üst dilimlere doğru yönelen tuz difuzyonu yoğunluk tabakalaşmasını bozmakta ve sistemi işlemez hale getirmektedir. [2] Difüzyon oranı küçüktür, fakat gittikçe artar ve bir müddet sonra ciddi bir birikme olur. 1 Km² lik bir göl için 60-80 gr/m²-gün tipik bir orandır. [3]

Bu tesiri yok etmek için bir yol "çökeltme göleti" kullanma fikridir. Bu göletle difüzyon yukarı doğru olacağından hareket kuvvetini önlemek için göletin altına ağır konsantrasyonlu su verilir. Üstten buharlaşan ve alttan çekilen suyun telafisi için üstte zayıf çözelti ilave edilmelidir. (Yani mümkünse deniz suyu) tuzun tekrar doludurulması şeklindeki yeni pasif metot Melbourne Üniversitesi gurup tarafından geliştirilmeye başlandı. Şekil 10 da gösterildiği gibi güneş göletinin muayyen bir derinliğinden alınan su, tuzluluğu artmadan önce bitişikteki deponun uçundaki bir tuz yatağından geçerek göletin altına geridöner. Giriş ve çıkış noktaları arasındaki yoğunluk farkı, doğal sirkülosyon için hareket kuvvetini doğurur. [3], [25]



ŞEKİL 10 Pasit metod kullanarak bir güneş göletinde tuz doldurulması işleminin şematik gösterimi [25][3]

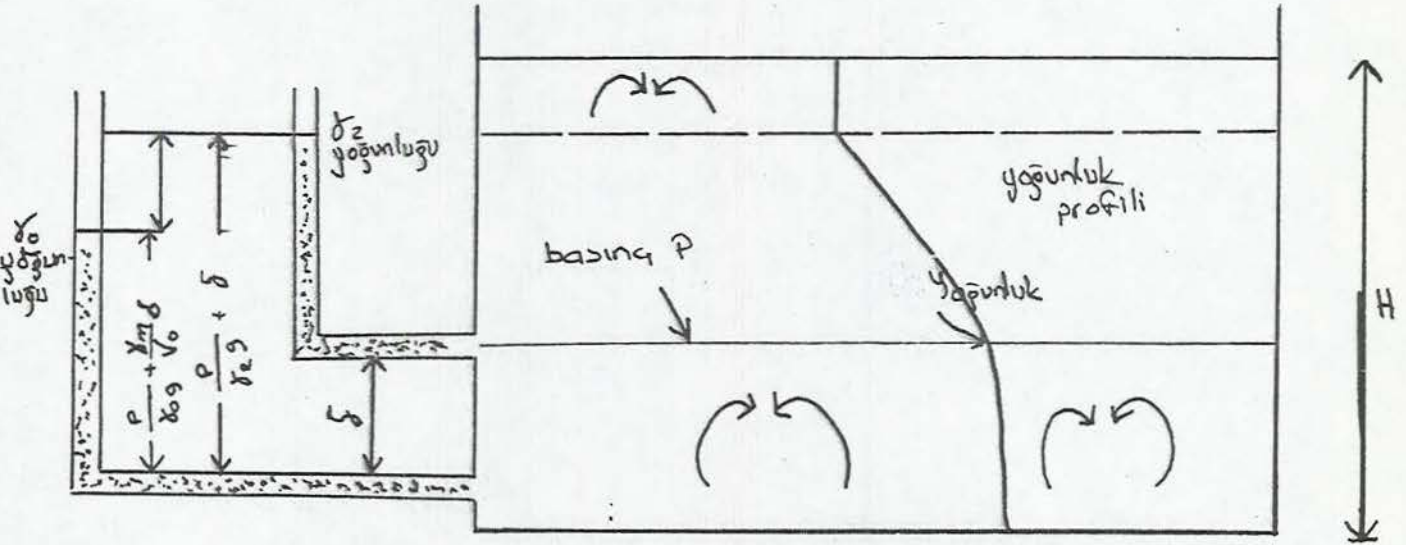
1.7.1. METHODUN TARİFİ

Şekil 11 de tuz tabakalı güneş göletinde tipik bir konsantrasyon profili ile üç ayrı bölge, üst ve alt taşınımlı bölge ve orta yalıtım tabakası gösterilmiştir. İki borudan birinin alttan, diğerin alttan yaklaşık mesafede gölete bağlandığını kabul edelim. (Şekil 11 de görüldüğü gibi) Bağlantıya uygun olarak üstteki borular yoğunluğu γ_2 olan gölden akışkanla doldurularım. Fakat daha alttaki boruda yoğunluğu gölün altındaki akışkandan daha ağır (γ_0) yoğunluğu akışkan bulunduğu kabul edilir. [25] ($\gamma_0 > \gamma_2$) yoğunluk farkı nedeniyle bu iki borudaki akışkanların seviyesi aynı olmayacaktır. Bu seviye farkı şeklinde yazılabilir. [25]

$$\Delta = \frac{P}{\rho} \left(\frac{1}{\gamma_2} - \frac{1}{\gamma_0} \right) + \delta \left(1 - \frac{\gamma_m}{\gamma_0} \right) \quad (109)$$

Burada p gölette üst borunun bağlandığı noktadaki göstergesi basıncı, γ_m alt ve bu nokta arasında göletteki ortalama yoğunluktur.

İki kolondaki akışkanın yükseklikleri arasındaki fark, bu iki kolon bağlandığı zaman akışkan başlamasını sağlar. Şekil 10 da gösterildiği gibi γ_2 yoğunluklu su göletin altından δ mesafesindeki A noktasından besleme tankına girer. Tuz yatağının içerisinde geçtikten sonra yoğunluğu daha ağır (γ_0) doyurulmuş tuzlu su olarak alt bölgeye geri döner. Bu sirkülasyon yoğunluk arasında fark olduğu sürece devam eder.



ŞEKİL 11 Güneş göletinde tipik yoğunluk profili ve farklı bölgeler [25]

Besleme tankı gölet alanının yaklaşık binde biri kadar yüzey alanlı ve gölet kadar derin olabilir. Besleme oranı iki haftın birinde bir valf tesisatı ile kontrol edilebilir. [25]

1.7.2 SİRKÜLASYON AKIŞININ HESAPLANMASI

Tuz yatağı ve borularında sürtünme kayıpları, ani genişleme ve daralma nedeniyle kayıplar ve gölete giriş ve çıkıştaki kayıpların toplamı sirkülasyonun enerji kayıpları olarak kabul edilebilir. Hareket kuvveti $\delta_0, \delta_2, \delta_m$ 'e olduğu kadar δ mesafesine bağlıdır. Şekil 10 da görüldüğü gibi h, giriş noktasının seviyesine göre besleme tankına zayıf su giriş noktasının dikey mesafesidir.

B noktasında tanka giriş noktasının basıncı P_B şöyle yazılabilir. [25]

$$P_B = P - \Delta P_{AB} - \gamma_2 \alpha \cdot h. \quad (110)$$

Burada P bölge A noktasının seviyesinde gösterge basıncıdır.

ΔP_{AB} Sürtünme nedeniyle AB borusu boyunca basıncı düşmüştür. Tanktan çıkış noktasının basıncı P_c , şöyle yazılabilir. [25]

$$P_c = P + \delta \gamma_m h + \Delta P_{cd} \quad (111)$$

Burada γ_m , A noktasının seviyesinin aşağısında gölde ortalama yoğunluk ve ΔP_{cd} sürtünme nedeniyle CD borusu boyunca basınç düşmüştür. Tanktaki akışkanın yoğunluk yaklaşık olarak uniform kabul edilip γ_0 eşit alınabilir. Bu nedenle P_c ve P_B arasındaki münasebet aşağıdaki gibi yazılabilir [25]

$$P_B = \gamma_0 (h + \delta) \cdot g - \Delta P_{BC} = P_c \quad (112)$$

Burada tuz yatağı boyunca sürtünme nedeniyle basınç düşümüdür. (110) ve (112) nolu denklemlerin birleştirilmesi neticesinde

$$P_{AB} + P_{BC} + P_{CD} = h g (\gamma_0 - \gamma_2) + \delta \cdot g (\gamma_0 - \gamma_m) \quad (113)$$

Yukarıdaki denklemin sol tarafındaki basınç düşümü terimleri akış oranı ile direkt ilgilidir. Yukarıdaki denklemden sirkülasyonun akış oranı tahmin edilir ve gölete tuz baslamasının oranı h ile artar. Zayıf gözetlinin tanka giriş noktasının (B noktası) mümkün olduğu kadar yüzeye yakın olması önerilir. [25] yine aynı denklemden akışı mümkün kılmak için h aşağıdaki şekilde olmalıdır.

$$h > - \frac{\gamma_0 - \gamma_m}{\gamma_0 - \gamma_2} \cdot \delta \quad (114)$$

$\gamma_0 > \gamma_m > \gamma_2$ şeklindedir.

Baslama tankına ve gölete bağlanan kanallar ve borulardaki sürtünme kayıpları borulardaki laminar akış için basınç düşümleri formülü kullanılarak hesaplanır. Tuz yataklarında basınç düşümü içinarcy'in denklemi kullanılır. [25]

$$\Delta P = - \frac{\mu L^3 U}{E^3} \quad (115)$$

Burada μ dinamik viskozite, U akışkanın görünür hızı, (hacimsel debi/yatağın dik kesit alanı) L^3 yatağın uzunluğu ve E^3 yatak için geçirgenlik katsayısıdır. E^3 değeri geniş bir değer kalasında değişir. Ve yatağın özelliklerine, büyüklüğüne, şekline ve tuz tanelerinin dizilişine bağlıdır. Sadece teorik prensiplerinden tuz yatağının geçirgenliğinin tahmin eden formülü bulup kullanmak zordur. Bir seri testler Melbourne bölgesinde çok bulunan kullanılabılır ham tuzla yapılmıştır. E^3 katsayısının değeri kullanılan tuzun iki tip için (ezilmiş ve ezilmemiş) yaklaşık $12,6 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ ve $95,7 \cdot 10^{-10} \text{ m}^2$ olarak bulunur. [25]

(113) ve (114) nolu denklemlerin her akış için basınç düşümü formülü kullanılırsa sirkülasyonun akış değeri için aşağıdaki denklem bulunur. [25]

$$Q = \frac{h(\gamma_0 - \gamma_2) + \delta(\gamma_0 - \gamma_m)}{\frac{-128}{\pi} \mu \frac{L}{d^4} + \mu \frac{L^3}{A_t B^3}} \quad (116)$$

Burada $h, \gamma_0, \gamma_2, \delta, \delta_m, \mu, L, d$ ve B^3 önceden belirtilmiştir. Q hacimsel debi, L boruların toplam uzunluğu, d boru çapı ve A_t yatağın dik kesit alanıdır. Yukarıdakiler denklemde $\gamma_m; \gamma_1$ ve γ_2 nin ortalamasıyla hesaplanabilir.

$$\gamma_m = \frac{\gamma_1 + \gamma_2}{2} \quad (117)$$

yukarıdaki yaklaşım sebebiyle (116) denklemi şöyle yazılabilir.

$$Q = \frac{h(\gamma_0 - \gamma_2) + \delta(\gamma_0 - 1/2(\gamma_1 + \gamma_2))}{\frac{-128}{\pi} \mu \frac{L}{d^4} + \mu \frac{L^3}{A_t B^3}} \quad (118)$$

W yukarı doğru tuz difüzyon akışını gösterirse, güneş göletinin alanı A_c ve 1/birim zaman da toplam tuz difüzivitesi W ise

$$Q(\gamma_0 - \gamma_2) = w \cdot A_c - W \quad (119)$$

(118) ve (119) denklemleri pasif tuz besleme dizaynında kullanılabilir. Yukarıdaki denklemde $\gamma_0 = 1200 \text{ kg/m}^3$ olarak kabul edilebilir ki bu doyurulmuş tuzlu su (NaCl) ün yoğunluğudur.

Akış debisinin maksimum yapmak için zayıf çözeltinin tanka giriş mümkün olan en yüksek noktada gerçekleştirilmelidir. (25)

Tank ve güneş göletindeki suyun seviyeleri esasındaki küçük fark ihmal edilirse

$$h = H - \delta \quad (120)$$

yazılabilir. [25] Burada H gölet derinliğidir.

Tuzun doldurulması için önerilen sistem göletin alt kısmındaki tuz konsantrasyonunun besleme tankına eşit olması halinde bile çalışacağı yani göletin altında doymuş tuz olmasına tahabül eder. Bu durumda

$$\gamma_0 = \gamma_1 \quad (121)$$

ve

$$Q = \frac{(h+6/2) (\gamma_1 - \gamma_2)}{\frac{128}{\kappa} \left[\mu \frac{L}{a^4} + \mu \frac{L^3}{A_1 B^3} \right]} \cdot 9 \quad (122)$$

ve

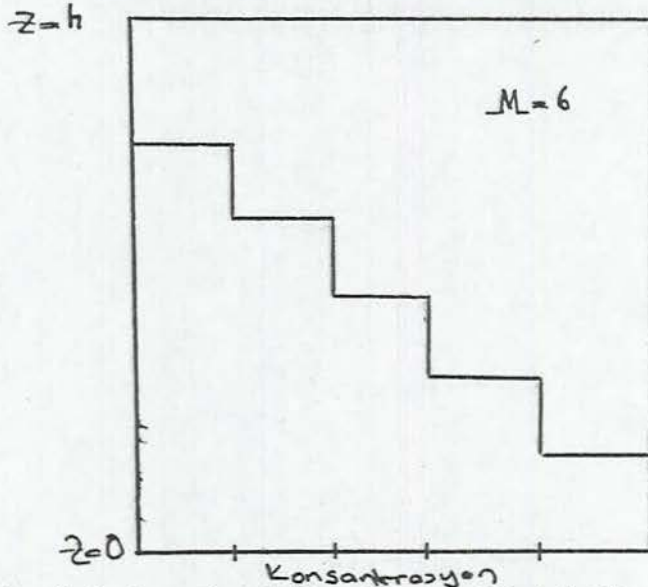
$$Q (\gamma_1 - \gamma_2) = w.s = \gamma \quad (123)$$

yazılabilir. [25]

Bu metoda alternatif olarak NH_4NO_3 veya KNO_3 gibi tuz çözeltileri kullanılmaktadır. Bu tuzların çözünürlüğü sıcaklıkta artar. Doymuş çözelti ile gölet doldurulur ayrıca doymuşluğu garanti etmek için alttan tuz ilave edilir. Alttan yükselen gölet sıcaklığı nedeniyle daha fazla tuz çözülür, böylelikle tuz tabakalaşması konur. Böyle göletlerde katı tuz kristallenmesinden dolayı alttan yansıtmanın artması bir problemdir.

1.8 TUZ KONSANTRASYONUNUN ZAMANLA SONÜMÜ

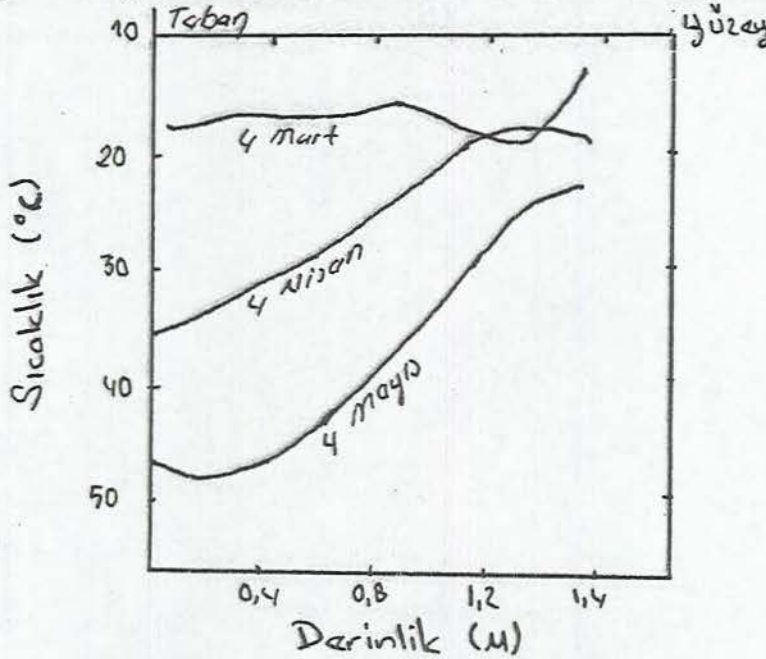
Bundan önceki kısımda tipik bir tuz tabakalı göletin sisteminde yaratılan konsantrasyonun korunması için ileri sürülen tekniklerden bahsedildi. Acaba şekil 12'de görülen merdiven tipi bir tuz konsantrasyonu kendi haline bırakılsa ne olur? Bu konuyla ilgili olarak Çukurova Üniversitesi kampusunda inşa edilen $4.75 \times 4.75 \times 1,5$ metre ebatlarındaki tuz tabakalı güneş havuzuna bakalım. [26]



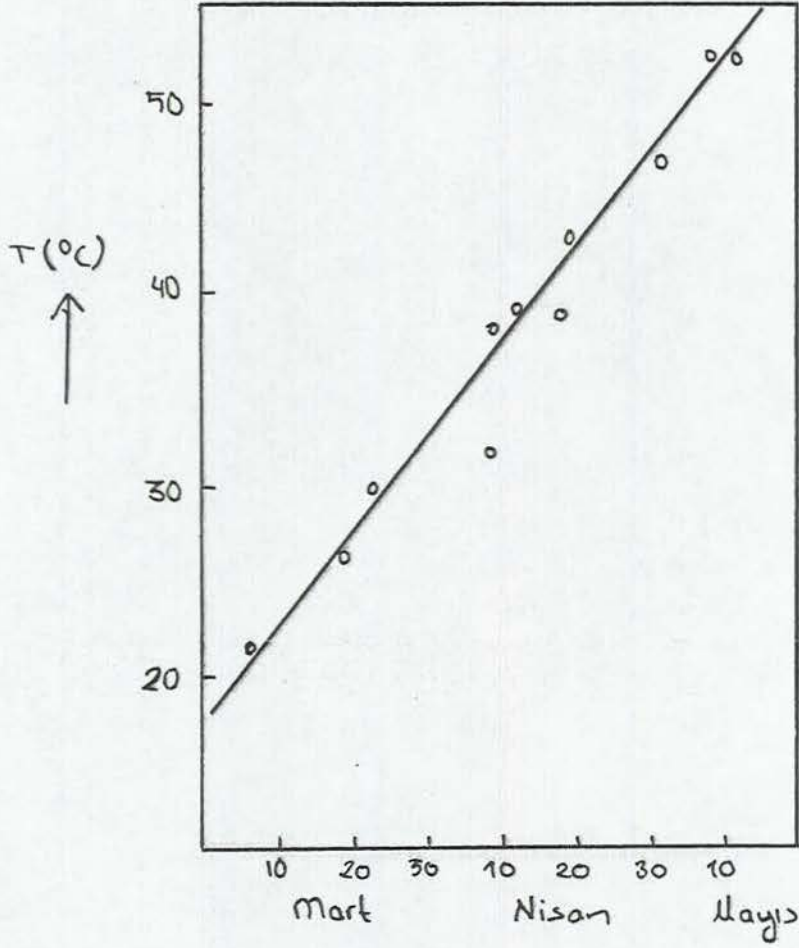
ŞEKİL 12 $M=6$ katmanlı bir güneş göletinde yalıtkan tabakayı oluşturan merdiven tipi konsantrasyon gradyanı

Boyutları küçük seçilen bu havuzun duvarları 0,2 m kalınlıkta betonarmadır. Tabanı siyaha boyanan havuz, tabandan yüzeye doğru 0,08 m kalınlıkta 18 adet dilime ayrılmaktadır. Her dilimin hacmini (1.805 m³) tam olarak dolduracak kadar NaCl için sudaki çözeltisi 18 ayrı kaptan hazırlanmaktadır. Çözülen tuz miktarı en alttaki birinci dilimden çözelti yoğunluğu 1,15.10³ kg/m³; en üstteki onsekizinci dilimde ise çözelti yoğunluğu 1.03.10³kg/m³ olacak tarzda ayarlanmaktadır. Bu işlemde yaklaşık 4 ton NaCl kullanılmaktadır. Ayrıca havuzda üremesi muhtemel biyolojik canlıları engellemek maksadıyla 1 litre NaClO₃ havuz çözeltisine eklenmektedir. Havuzun çevreden gelen çöplere karşı korumak için ince gözenekli tel örtü kullanılmaktadır. Havuzun doldurulması işlemi 4 Mart 1980'de tamamlanmıştır.

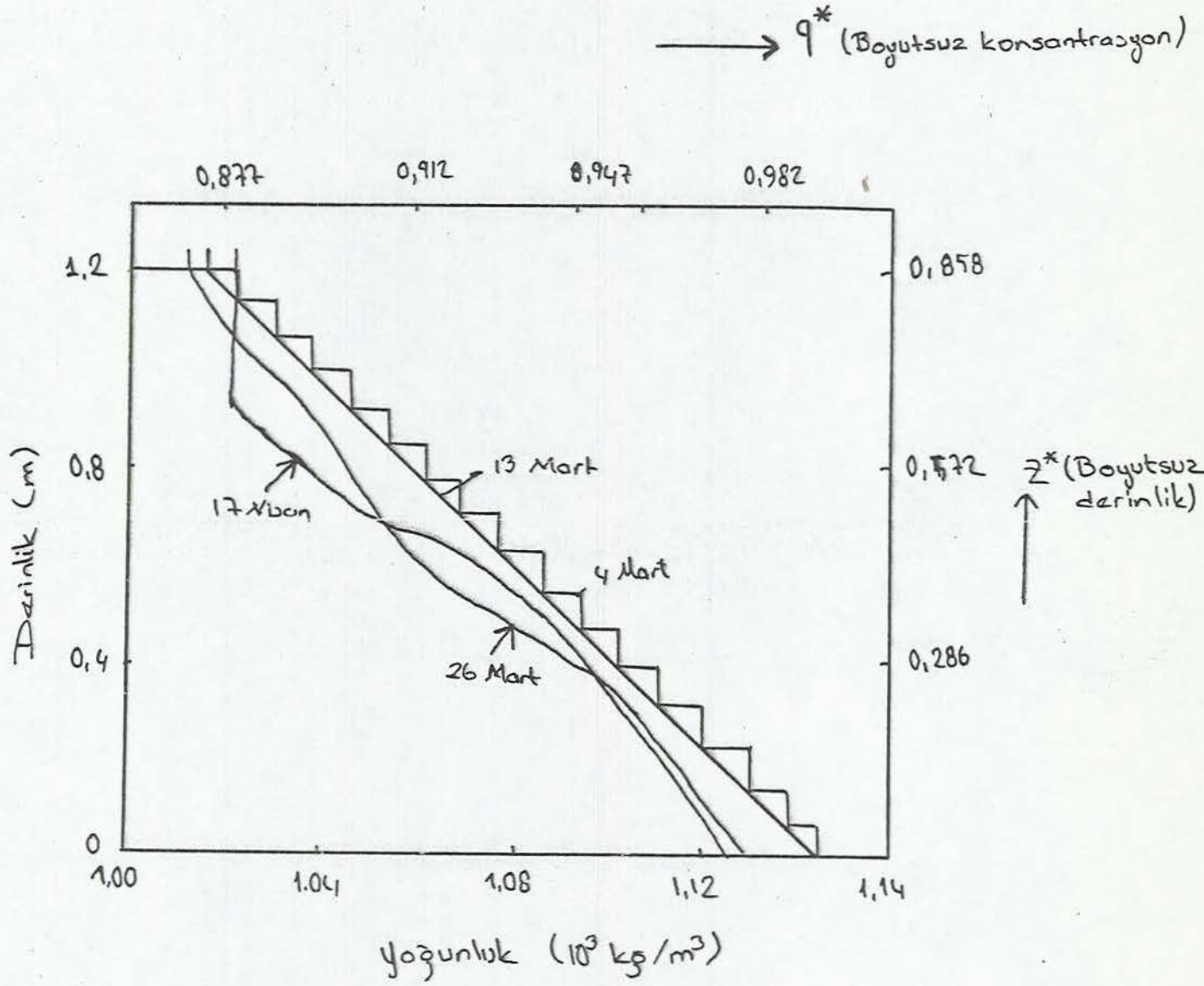
30 gün aralıklarla termocifti vasıtasıyla ölçülen havuzdaki çözelti sıcaklığının derinlikle değişimi şekil 13'de verilmiştir. Bu şeklin incelenmesinden 4 Mart günü hemen hemen 17°C'de seyreden havuz sıcaklığının; 4 Nisan'da 18-35°C arasında, 4 Mayıs'ta ise 23-46°C arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Sıcaklık değişimleri hemen hemen lineerdir. Tabandan itibaren 0,05 m derinlikte bir düzlemde ölçülen sıcaklığın zamanla değişimi ise şekil 14'te gösterilmektedir. Şekil 14'ün incelenmesinden havuzdaki çözelti sıcaklığının lineer olduğu ve $T (^{\circ}\text{C}) = 0,52 \cdot t(\text{gün}) + 18$ denklemine uyduğu anlaşılmaktadır. (62) $T = 0$ 4 Mart'a karşılık gelmektedir.



ŞEKİL 13 Çukurova Üniversitesi güneş göletinde 30 günlük aralıklarla ölçülen sıcaklığın derinlikle değişimi [26]



ŞEKİL 14 Çukurova Üniversitesi güneş göletin taçından 0,05 m yukarıda ölçülen sıcaklığın zamanla değişimi [26]



ŞEKİL 15 Çukurova Üniversitesi Güneş Gölünde tuz gradyanının zaman içinde çözümü [26]

Değişik derinliklerden alınan çözelti örneklerinin yoğunlukları densimetre ile ölçülmüştür. Sonuçlar şekil 15 de görülmüştür. Bu şeklin incelenmesinden t = 0 başlangıcında (4 Mart) şekil 12 daki gibi merdiven tipi oluşturulan yoğunluk gradyanı 13 Martta hemen hemen düzleşmektedir. 26 Mart ve 17 Nisan da ise ölçümlere göre çizilen eğriler merdivenin alt bölgesine kaymaktadır. Teorik olarak bu durum açıklanamamaktadır. Zira, havuz dolumundan sonra geçen t zamanı sonsuza giderken havuzdaki tuz konsantrasyonunun homojen yani üniform hale gelmesi gerekir. Başka bir deyişle kendi haline terk edilen bu tuz tabakalı havuzun her yeri belli bir zaman sonra (bu durumda $1.0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) aynı yoğunlukta almaktadır. Merdivenin alt bölgesine kayan eğrilerle böyle bir asimtotik hale erişilmez, Deney ile teorinin bu ilişkisi muhtemelen havuzdaki su sızıntısıdır.

1.9 GÜNEŞ GÖLETİNİN UYGULAMA ALANLARI

Güneş göletleri için en belirli uygulamalar binaların ısıtılması ve soğutulması, güç üretimi ve arımadır. Aynı zamanda büyük miktarda düşük sıcaklık isteyen endüstriyel uygulamalar da dakullanılabilir.

1.9.1 BİNALARIN ISITILMASI

Güneş göletlerinin enerji depolama kabiliyetleri sebebiyle, ısı istenen kış ayları boyunca binaların ısıtılmasında kullanılabilir. Taşınımatsız bölgelerin hemen aşağısında çok küçük karışım bölgesi bir gölet bile kaç günlük güneşsiz gün için bile aynı verim oranını sağlayacaktır : Eğer depo bölgesi derinliği yaklaşık 3 metreye artırılırsa, mevsimlik depolamaya kabul edilebilir. Salınımlı çıkış sıcaklığı ile sağlanır. Yazdan kışa depolama kabiliyeti sayesinde diğer güneşle ısıtma yaklaşımlarının düşünülmediği bölgelerdeki binaların güneşle ısıtılmasını sağlayabilir. Kuzey Amerika ve Avustralya'nın endüstrileşmiş şehirlerinde kullanılan enerjinin büyüklüğü nedeniyle, binaların ısıtılması için gerekli enerjiyi sağlamada güneş göletleri fikri önemli olabilir.

Bir çok araştırmacı toplam yıllık ışınının az olduğu yüksek eylemlerde bile ev ısıtması için güneş göletlerinin kullanışlı olacağını teklif ettiler. Rabl ve Nielsen ev taban alanı ile aynı alanlı bir gölet ile tek bir evin ısıtılmasında da kullanılabilirliğini teklif ettiler. [4] Bryont ve Colbeck Rabl ve Nielsen'in çalışmaları üzerine kurulu çalışmalarında Londra ikliminde de güneş göletleri ile binaların ısıtılmasının kullanışlı olacağını teklif ettiler. [12]

Mevsimlik depolama kabiliyeti sebebiyle, bütün enerji gereksinimini sağlayacak şekilde dizayn etmek mümkündür. Böylece klasik ev boyutları ortadan kalkacağından maliyet önemli ölçüde azalacaktır. Mevsimlik depolama kabiliyeti olmayan sistemlerde bütün enerji gereksinimini karşılayacak şekilde büyük kolektör yapmanın ekonomik olmayacağı belirtilmiştir. [4] Rabl ve Nielsen, gölet sistemi kış ihtiyacı için yeterli olmadığı takdirde bir ısı pompasının kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. [4] Isı pompaları yüksek verim-

sahip olup verim ısı kaynağı ve pompa çıkış sıcaklığı arasındaki farkla ters orantılıdır. Ayrıca böyle bir sistem bir takım avantajlara sahip olacaktır ; ısı pompası yaz için hava şartlandırıcı olarak kullanılabilir. [27]

Kışın kullanmak için yazadan ısı depolama kabiliyeti ve m² başına düzlem kolektörlere göre düşük maliyete sahip olmaları sebebiyle güneş göletleri az ışınım olan bölgelerde bile binaların ısıtılmasında çakıcı görülmektedir. [27],[4],[12]

1.9.2 BINALARIN SERİNLETİLMESİ

Binaların serinletilmesi için kullanılacak ünitenin en belirgin özelliği veriminin giriş sıcaklığına karşı hassas olmasıdır. Böyle bir sistemde yaklaşık 90 C giriş sıcaklığı ile çalışan absorpsiyonlu sistemler kullanılabilir. Serinletme sistemi düzlem kolektörlerle çalıştığı zaman 90 kabul edilebilir. Kolektör verimi için üst sınırdır. Gün boyunca verim ışınımın normal olarak değişmesi sebebiyle büyük ölçüde değişecektir ve verim bulutlu yaz günlerinde kötü olabilir. [27]

Eğer güneş göletleri özellikle yaz şartları için dizayn edilirse, ışınımındaki küçük dalgalanmalarda hatta büyük dalgalanmalarda seçilen çalışma sıcaklığı korunmalı ve sağlanmalıdır. Göletin verimi çalışma sıcaklığının artması ile azalacağından buna karşın absorpsiyon makinasının verimi artan sıcaklıkla artacağından, absorpsiyon makinasının kombinasyonu optimum olacaktır. Optimum seçilen çalışma sıcaklığı y miktarını minimum ettiği zaman meydana gelir. [27]

$$y = \frac{3.4 \cdot \text{COP}}{0.1} + \frac{r^1}{R} \quad (124)$$

Burada

U = Göletin ortalama verisi Kw/m²

COP = Seçilen sıcaklıktaki absorpsiyon makinasının performans katsıyısı

R = Makinanın nominal olarak yüklendiği sıcaklığını

altında seçilen sıcaklıkta çalışma durumunda soğutma makinasının yüklenme faktörü

$$r^1 = \frac{C_a H_c}{C_p H_p} \quad (C_a / C_p, H_c H_p \text{ durumunda})$$

C_a = Soğutma makinasının her bir nominal ton soğutma yükü için maliyeti

C_p = Göletin maliyeti, m² başına

Hc = Soğutma makinasının yıllık harcaması

Hp = göletin yıllık harcaması (Her ikisinde kesir yada yüzde olarak ifade edilir.)

Yaz soğutma uygulaması için kısıtmasına göre daha az depoya ihtiyaç vardır. [27]

U,R ve COP sıcaklığın fonksiyonudur. Sonraki ikisi soğutma makinasının imalatçıları tarafından techiz edilir. Sıcaklıkla U nun değişimleri Weinberger [11] veya Rabl ve Nielsen [4] in metoduyla hesaplanabilir.

1.9.3 ISI KAYNAĞI GÜNEŞ GÖLETLERİ OLAN ENDÜSTRİYAL İŞLEMLER

Güneş göletlerinin endüstriyel potansiyelde kullanılması Avustralya, New South Wales'da G.G Ranton ve J.P Gerofi tarafından yeniden dikkatle incelenmiştir. Raporlarında güneş göletlerinden ısı enerjisini direkt kullanan uygulamaların listesini vermişlerdir. [3] ;

-Mahsul Kurutma

-Kerestenin kurutulması ve ıshalı

-Postorizasyon

-Düşük sıcaklıklarda pişirme ve tütün harmanında

-Buharlaştırma ile ayırıştırma ve yoğunlaştırma

-Yiyecek endüstrisinde yıkama ve temizleme

-Tekstil işlemlerinde, yün temizlemede carbonlama ve boyama işlemlerinde

-Derinin tabakalanmasında

-Suyun tuzunu gidermede

-90 C üzerinde sıcaklık kullanan herhangi bir işlemin ön ısıtmasında

Edesses endüstriden olan büyük miktardaki tuz artıklarının kullanımını içeren yeni bir uygulama fikrini teklif eder. [3] Artık ürünler kimyasal işlemlerden, çözelti içindeki madeni minerallerden, sentetik yakıtlardan, keske yağlarından meydana getirilir ve tuz yatağı güneş göletinin yanına yapılabilir. Bu işlemler genellikle yüksek miktarda magnezyum klorid, kalsiyum klorid Sodyum Sulfat, Sodyum karbonat ve diğer tuzlar üretilir. Üretilen ısı işlemi kendisi için kullanılabilir.

Güneş göletlerinin büyük depolama kapasiteleri sayesinde uzun süreli bulutlu günlerde bile endüstri için sürekli çalışma sağlanır. Son zamanlarda Queensland Üniversitesi güneş enerjisi araştırma merkezi tarafından yapılan çalışmalarda Avustralya Townsville'deki bakır rafinerisinin ihtiyacı olan işlem ısısını temininde çok büyük güneş göletlerinin fizibil olduğu gösterildi. Bakır elektrolit rafine işleminde yıl boyunca yaklaşık 64 C elektrol sıcaklığı istendi. Yıllık elektrot ısı yükü 3420 UWh idi. İhtiyaç duyulan bu yükün karşılanması için 4,5 m. derinlikte 92800 m2 yada 100.97 dönümlük arazide kurulan bir göl yeterli olacaktır.

Böyle bir göletin ortalama çalışma sıcaklığı yıllık minimum 70°C ile 77°C arasında olacağı tahmin edildi. Bakır rafineri tankının yakınına yapılan böyle bir gölet tüm zamanlarda 64°C üzerinde elektrot sıcaklığını korumak için 3910 kw ısı gücü üretebilir. metrekaşe başına 35 dolar olan yapım maliyeti hesaplanırsa böyle bir gölet güneş göleti sistemi 3.1 milyon dolara mal olacaktır. Bu sistem kendini 3 yılda ödeyecek ve şirket yaklaşık 1.000.000 dolar/sene tasarruf yapacaktır.

Bu örnek göstermektedir ki çok büyük araziler kullanılarak düşük maliyetli güneş göletleri ile çok büyük miktarlarda işlem ısı temin edilebilir. Bununla beraber günümüzde herhangi bir işletmeye alçak derecede ısı sağlayacaktır. İşletme deneyimine sahip yalnızca bir kaç güneş göleti vardır. Bilinen en iyi çalışma göleti Miamisburg Amerika'dadır. Bu gölet 2000 m² ve 3 m derinlikli olup 5.68 milyon litre su içermektedir. Tuz göletini hazırlamak için yaklaşık 1100 ton tuz kullanıldı. Plastik bir astar toprağa tuzlu suyun sızıntısını önler. Isı, ısı değiştirgeçleri; yardımıyla yüzme havuzuna nakledilir. Haziran-Eylül 1979 boyunca 144×10^9 J luk ısı miktarı göletten yüzme havuzuna çekilmiştir. Tahmin edilen ısı verim % 10-15 dir. [3]

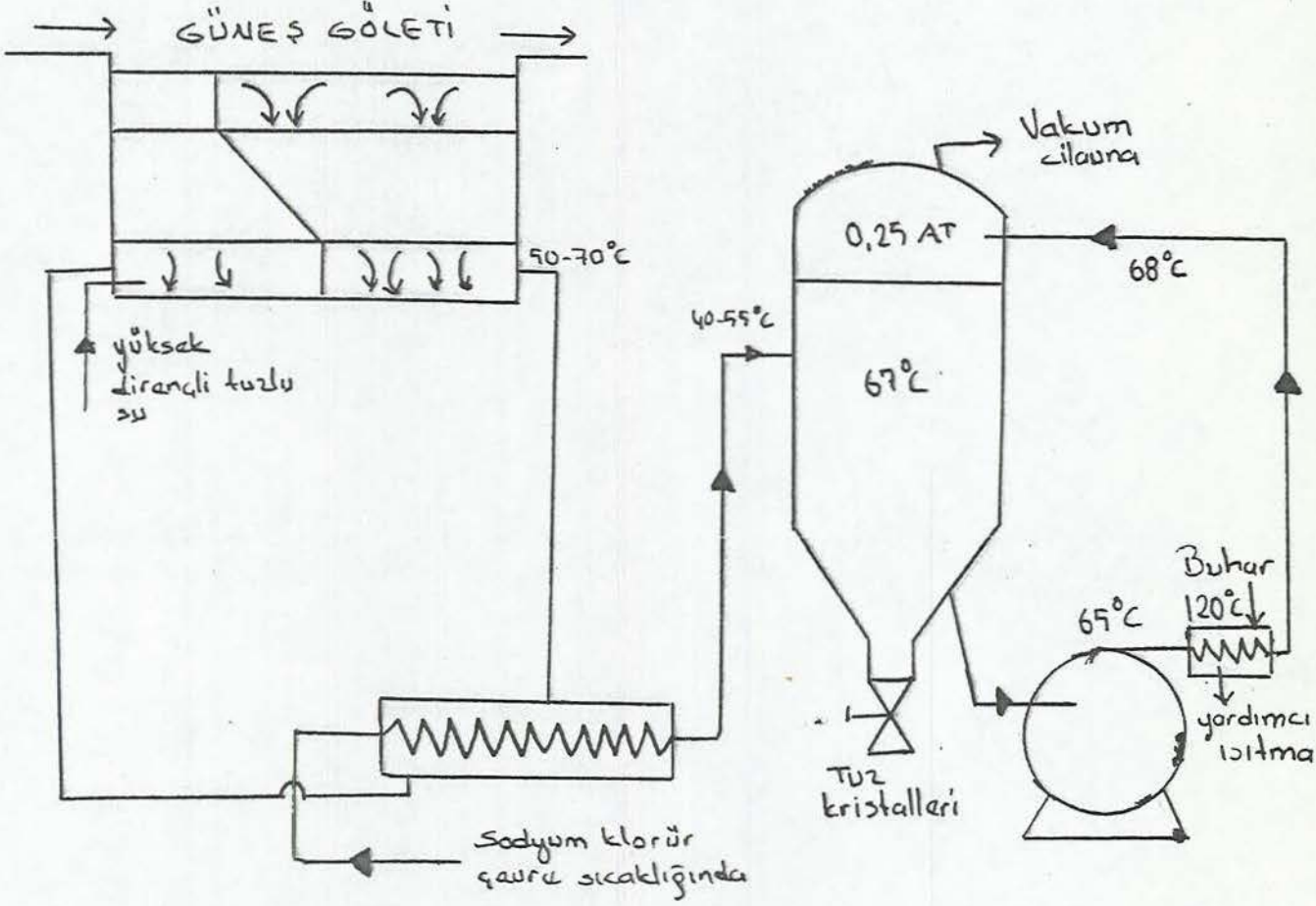
Wooster Ohio'daki Ohio ziraatçılık araştırma ve geliştirme Merkezinde (ARDC) geliştirilen güneş göleti seranın kısa süreli ısıtılmasında denendi. Depolama bölgesinin hızına tuzlu sıcak suyun pompalanmasıyla ısı çekilir. zarf-boru şeklindeki ısı değiştirgeçlerinde dolaştırılır. Ekim 26-Aralık 8 1979 periyodu boyunca göletin ürettiği $20,09 \times 10^9$ J luk ısı seranın ihtiyacı olan ısı'nın % 74,5 lik kısmını karşılamıştır. [3]

Tane kurutulmasının ihtiva eden farklı uygulamalardaki ısı gereksinimi bilimsel çiftlik tetkik göletinden (FSR) sağlandı. Bu sistem gölet içinde ısı değiştirgeci kullanılır. [3]

Melbourne Üniversitesi bir tuz şirketi ile birleşerek tuz üretimi için vakumlu bir evaporasyon tekniği kullanmanın fizibilitesi üzerinde çalışmaktadır. [28] İşlem için ısı enerjisi kısmen güneş göletlerinden sağlanacaktır. Tesisin şematik diyagramı şekil 16 da gösterilmiştir. Gölet alan ve derinliği 2000 m² ve 2,5 m olacaktır. Yoğunluk gradyan tabakasının kalınlığı yaklaşık 2 m. olacaktır. Gradyan meydana getirmek için MgCl_2 kullanılacaktır.

1.9.4 ELEKTRİK GÜCÜNÜN KAYNAĞI OLAN GÜNEŞ GÖLETLERİ

Elektrik üretiminde güneş göletlerinden faydalanabilir. Su kaynama sıcaklığından daha düşük sıcaklığa sahip olduğundan kâsık güç çevrimleri bu amaç için uygun değildir. Gölde depolanan ısı enerjisinden elektrik üretmek için organik rankin çevrimi kullanılır. Tipik organik rankin çevrim oluşkanı örneğin Freon 113, yeteri kadar düşük kaynama noktasına sahiptir. Çevrim için yüksek sıcaklıklı ısı kaynağı olarak göl deposu kullanılabilir.



ŞEKİL 16 Bir güneş göletinden ısı kullanan tuz arıtma tesisinin şematik diyagramı [28]

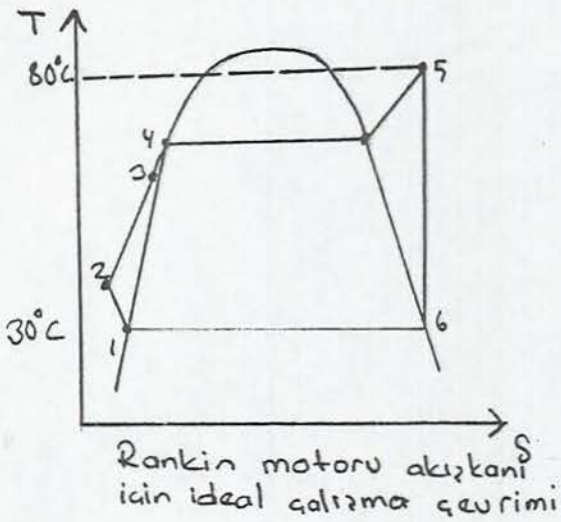
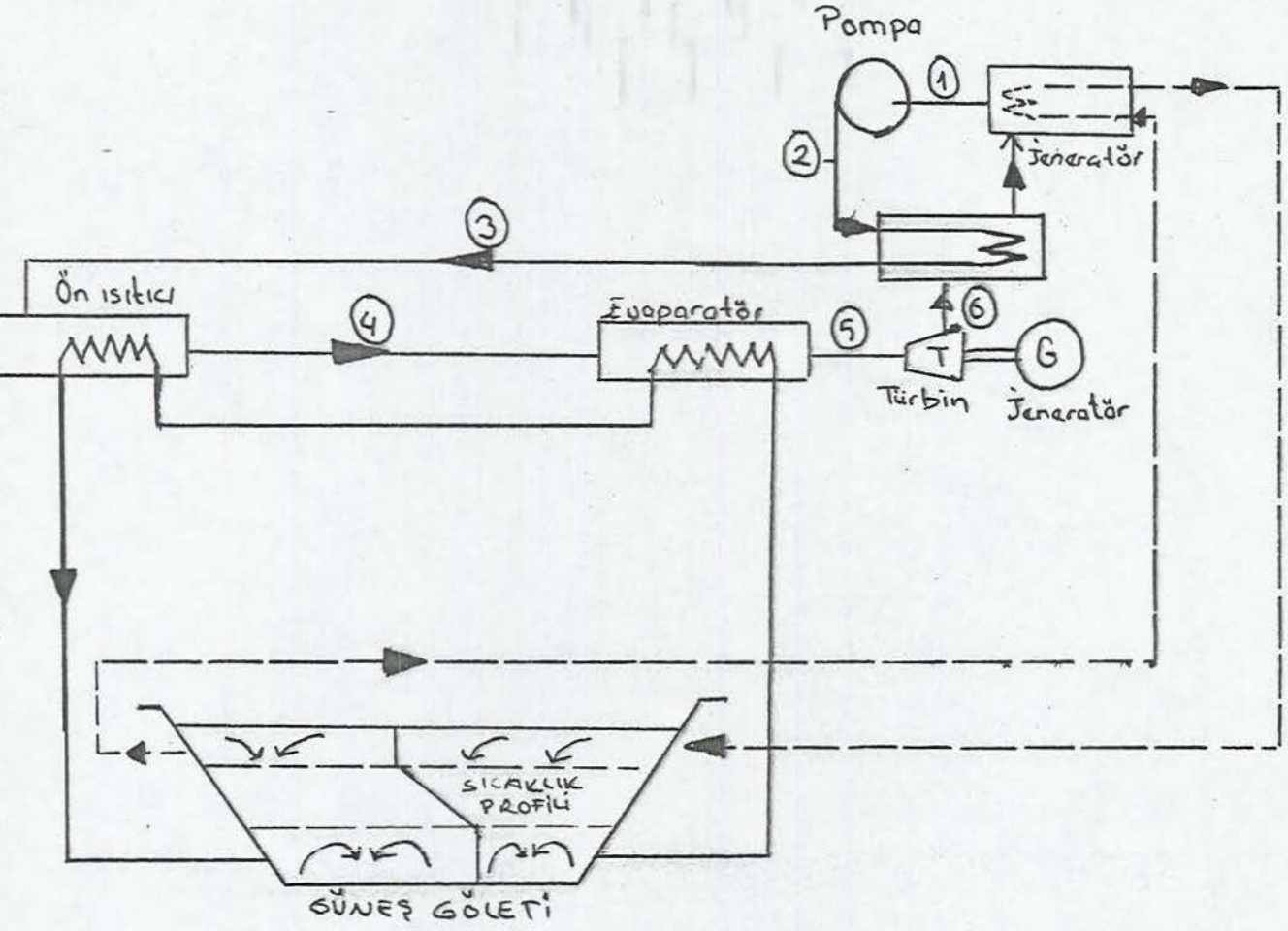
Organik çevrim işleminin prensibi Şekil 17 de gösterilmiştir. Sıcak tuzlu su depo bölgesinden dışarıya alınır ve ısı değiştir-gacinden geçirilir. Bu esnada organik çevrim akışkanı buharlaştırılır. Soğuyan tuzlu su gölete arkadan geri dönerken buharlaşan çevrim akışkanı türbini döndürür, turbo jeneratör hareket ettirerek elektrik üretilir. Akışkan kondansere gelir. Burada ısı çekilir ve çevrim akışkanı evaporatör basıncında pompalanabilecek akışkan olacak şekilde yoğunlaştırılır ve çevrim yeniden başlar. Genellikle kondenserde göletin yüzey tabakası soğutma suyunun kaynağı olarak kullanılır. Bu nedenle yüzey bölgesi ısı çukuru olurken depo bölgesi ısı kaynağı olarak hizmet eder. Bu iki bölge arasındaki sıcaklık farkı organik rankin çevrimini hareket ettirir.

Güneş göletinin yüzey ve tabanı arasındaki sıcaklık farkının yüksek olmaması sebebiyle çevrim verimi çok düşüktür. Örneğin ; depo bölgesindeki 75 C yüzey bölgesinde 30 C tipik sıcaklık farkı 45 C iken carnot verimi % 13 dür. Bilindiği gibi carnot verimi ideal çevrim verimidir ve pratikte gerçekleştirilemez. Hakiki çevrim verimi bundan tamamen düşük olmaktadır.

Gerçekte, İsrail'in ORMAT şirketinin deneylerine göre böyle küçük sıcaklık farkı için toplu güç santral verimi % 8,5 den fazla değildir. Dünyada düşük sıcaklıklı güneş göleti ısısını elektrik enerjisine dönüştürmek için makine yapan birkaç şirket vardır. ORMAT bu alanda ölçüydü. Şirket özellikle güneş göleti uygulamaları için küçük skalalı organik Rankin makinesi (300 Kw üzerinde) imal eder. [27]

Düşük dönüşüm verimi v ısı depolama işlemi boyunca kayıplar sebebiyle gelen güneş enerjisinin sadece küçük bir kesri elektrik enerjisine dönüştürülebilir. Gölet ısı verimi ve güç çevrim verimini içine alan toplam verim % 1-2 civarındadır. Örneğin ısı verimi % 15 olan gölet ve güç çevrim verimi % 8 için güneş göleti güç santralının toplam verimi sadece % 1,2 dir. Bununla beraber, gölet yüzeyindeki % 1 lik güneş radyasyonu bile yeterli olabilir. Çünkü güneş göletleri yeterli kadar büyük yapılabilir. İsrail'deki 7500 m2 lik Ein Bokek göleti ortalama 35-40 kw üretme kapasitesine sahiptir ; fakat 150-170 Kw lik maksimum kapasite sağlayacağı ispat edilmiştir. Kaliforniyada ABD yapımı planlanan Salton Deniz güç santrali 1 Km2 alana sahip olacak ve maksimum 5 MW güç üretebilecektir. Avustralya'daki Alice Springs göleti maksimum 20 Kw lik elektrik üretimi kapasitesine sahip olacak şekilde dizayn edilmiştir. [3]

Elektrik üretmek için güneş göletlerine dairesel silindirik yansıtıcılar uygulanabilir. Dairesel silindirik yansıtıcı, düz yüzeyli bir güneş enerjisi toplayıcısına etkin bir eğim vermenin başka bir yolu olarak görülür. Bu özellikle eğilmeyen serbest su yüzeyin güneş göletleri ve yüzme havuzları için faydalıdır. Bu tip yansıtıcılar sığ güneş göletleri ile çalışan

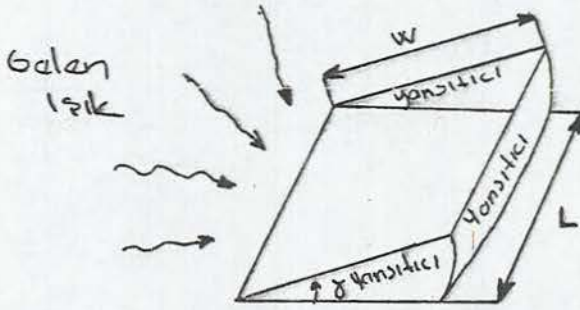


ŞEKİL 17 Bir güneş göleti/ Organik rankin çevrimi kombinasyonu boyunca elektrik üretimi [3]

bir elektrik üretme sistemine uygulanırsa yıllık elektrik enerjisi % 40 oranında artabilir. [6]

Bir düzleme çarpan faydalı güneş enerjisi eğim açısının bir fonksiyonudur. Özellikle yüksek enlemlerde eğimli toplama yüzeyleri ve düzlem kollektörlerin kolay eğilmesi arzu edilir. Diğer taraftan selbest su yüzeyi eğilmeyeceğinden böyle bir yüzeyi etkin bir şekilde eğmenin bir yoluna ihtiyaç duyulur. Bu dairesel silindirik bir yansıtıcı vasıtasıyla başarılabilir.

Yansıtıcı şekil 18 de görüldüğü gibi aksani emici yüzeyin bir kenarına paralel tercihen çakışık dairesel bir silindirin yansıtıcı yüzeyidir. Bu kollektör sisteminin açıklığı silindir akseni ile yansıtıcı kenarlarının meydana getirdiği bir düzlem-ken yutucu silindir akseni ile yansıtıcının diğer kenarının meydana getirdiği bir düzlemdir. Bu iki düzlem arasındaki açı istenen herhangi bir açıya artırılabilir. Üst yarı kürenin içinde herhangi bir yönden açıklığa çaprazlama gelen tüm ışık absorbere çarpacaktır. Böyle bir yansıtıcı emici düzlemi açısı kadar etkin bir şekilde eğer. [6]

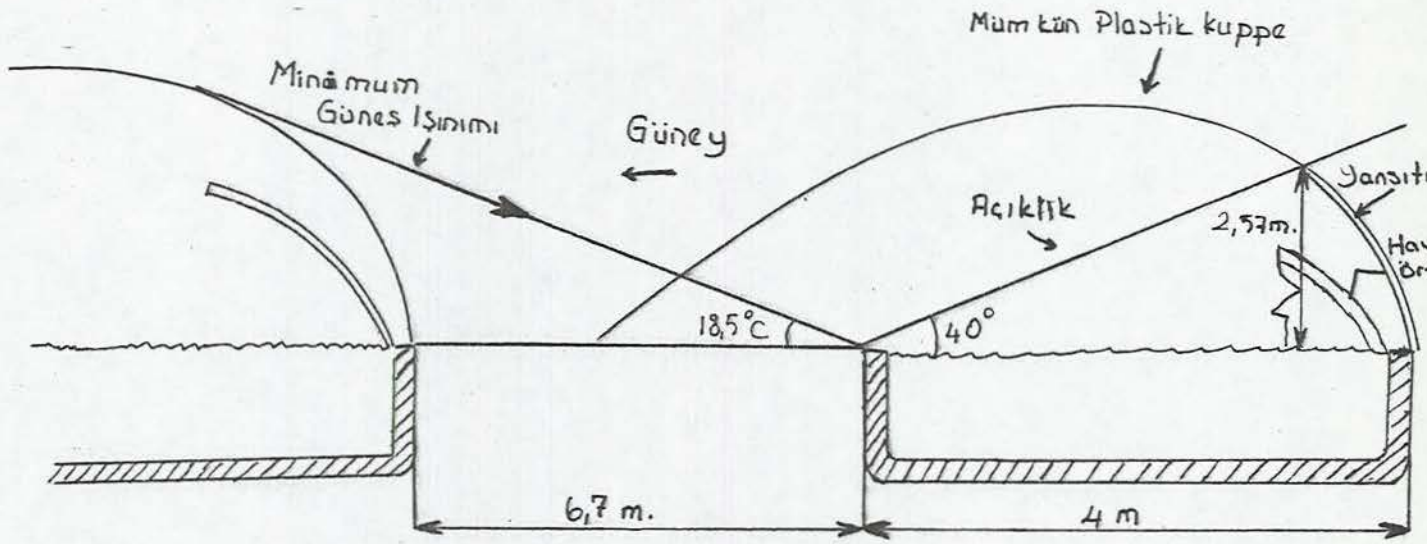


ŞEKİL 18 Açıklık düzlemi, yutma düzlemini ve yansıtıcıları gösteren dairesel silindirik yansıtıcının geometrisi [6]

Yaklaşık 1 Km² alanlı bir gölete dairesel silindirik yansıtıcıları plastik örtülü ayrı ayrı göletlerden ibaret olup elektrik üretimi için ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır.

1.9.5. GÜNEŞ GÖLETLERİNDE GÜNEŞ IŞINIMININ DENİZ YOSUNUNA DÖNÜŞTÜRÜLMESİ

1950 lardan beri besin ve kimyasal maddelerin büyük bir kaynağı olarak tek hücreli deniz yosunlarının kullanılmasına ilgi büyük olmuştur. [29]



ŞEKİL 19 Yansıtıcı ile göletlerin kesit görünüşü boyutlar 40 C kuzey enleminde 40 eğim içindir. Bu durumda ısı depolama periyodu boyunca gölgelenme yoktur. [6]

Yoğunsal büyüme fotosentez vasıtasıyla meydana gelir ve işlem için istenen enerji güneş ışınımından sağlanır. Bununla beraber diğer faktörler örneğin sıcaklık, CO₂ ve besleyici konsantrasyonlar fotosentez oranı üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. CO₂ ve besleyicilerin konsantrasyonlarını doymun hale getirmek sembolik ekimlerde sağlanabilir. [29] 25 C den 40 C ye optimum sıcaklıklara atık ısı kullanımı süresince erişilebilir.

1.10 TUZ TABAKALI GÜNEŞ GÖLETLERİNİN YAPIMI, İŞLETMESİ VE BAKIMI

Güneş göletinin dizaynına başlamadan önce iyice araştırılması gereken bir takım noktalar vardır. Mahalin teknik ve iklim özellikleri, mahalin yakınındaki su ve tuzun kullanılabilirliği önemli faktörlerdir. Bunlar göletin ekonomik fizibilite ve performans özelliklerini belirleyecektir.

1.10.1 İKLİMSSEL BİLGİLER

Herşeyden önce planlanan mahalde hakim olan iklimsel şartların çok dikkatli araştırılması gerçekleştirilmelidir. İhtiva

eden parametreler güneş ışınımı çevre sıcaklığı, yağış, buharlaşma ve rüzgar verileridir. Güneş enerjisi şiddeti ve çevre sıcaklığının önemi ortadadır. Sağnak yağışların, tuzlu suyun fazla sayılması ile direk olarak göletin çevresinde toplanan su ile indirek olarak göletin sıcaklığını olumsuz yönde etkileyebileceği deneylerle gösterilmiştir. Bu nedenle beklenen yağışların bilmek arzu edilir. Mahaldeki kumlu toprak kuru olduğu zaman iyi bir izolatör gibi davranır. Su tabakası göletten 40 m aşağıda olmalıdır. [3] Yağışların artmasıyla iyice ıslak hale gelen toprak problemleri meydana getirir ve çevreye yüksekçe ilettime yönelir. Isıl iletim ve difüzyon sırasıyla 4 ve 6 misli yükselmektedir. İlaveten toprağın ısı kapasitesindeki artma % 40 civarında olacaktır. [3] Bu sonuç bize, göletten çevresindeki toprağa çok büyük ve hızlı bir şekilde ısının nakledildiğini göstermektedir. Ağır yağmurlardan sonraki beş ay göletin yakınındaki toprak yüzeyinin 0,6-1,0 m aşağısında yoğun nem bulunmuştur. [3] Nemin mevcudiyeti yan duvarların soğumasına neden olacağından gradyonda kararlılığa sebep olacaktır. Bunu önlemek için yan duvarlara izolasyon yapılmalıdır. Rüzgar etkilerine daha önce değinilmişti.

1.10.2 JEO TEKNİK DEĞERLENDİRME

Bir mahal seçiminden önce öngörülen mahalın yer tabaka yapısı, mineral tortular, saha hakları gibi durumları hakkındaki bilgilerin baştan aşağı tekrarı gerekir. Aynı zamanda gelecekte arazide olabilecek gelişmeler de güneş göleti enerji santralının işlemesi üzerinde etki yapabilir. En azından yeraltı suyu ve toprak muhtevası üzerinde bir değerlendirme yapılmalıdır. Mümkün olabilecek erozyon problemlerine çökme ve çukur açma güçlükleri açısından toprağın kararlılığını ve sağlamlığını tesbit etmek için toprağın muhtevasını bilmek önemlidir.

Toprakta mevcut olan gerilmeler ve çatlamlar mümkün olabilecek toprak hareketlerinden kaçınmak için dikkatlice incelenmelidir. Bu hareketler gölet daha yüksek sıcaklıklara eriştiğinde daha da kötü olabilir. Fazlaca konsantrasyon edilmiş tuzdan kaza ile olabilecek kaçaklardan tüm yeraltı tatlı su kaynakları önemli derecede kirlenebilir. Bipi çamur yataklı olan göletlerdeki gaz oluşumu düşünülmelidir.

1.10.3 SUYUN KULLANILABİLİRLİĞİ VE UYGUNLUĞU

Tatlı su ve acı suyun değerlendirilmesi gerektiği durumda güneş göletinin doldurulması ve bakımı için suyun kalitesi ve kullanılabilirliği hakkında bilgi edinilmesi gerekir. Su yeterince temiz ve berrak olduğu sürece suda bulunan inorganik bileşiklerin fazlaca önemli yoktur. Şüpheli durumlarda suyun kimyasal, optik ve biyolojik bir analizi gereklidir. Eğer deniz suyu kullanılıyorsa biyolojik maddelerin ayrışması tuzlu suyun bulanıklığını artırabilir. [3] Böyle bir bozulma işleminin ürünleri gradyon bölgesinin çeşitli derinliklerine çökebilir ve güneş ışığının

girişine büyük ölçüde engel olabilir. Genel olarak su yosunlarının olmamasına dikkat edilmelidir. Suyun kimyasal işlemi ile bu durumlar önlenabilir.

1.10.4 TUZUN KULLANILABİLİRLİĞİ VE KALİTESİ

Tuz kullanılmadan önce, tuzun kimyasal pozisyonu, sudaki çözünürlüğü, çözeltinin optik geçirgenliği, sudaki difüzyon şiddeti vs gibi fiziksel ve kimyasal özellikler araştırılmalıdır. Bu özellikler göletin hem performansı hemde bakım gereksinimleri üzerinde büyük etkiye sahiptir.

Eğer mahal yakınından tuz temini mümkün değilse ilave satın alma, taşıma ve kullanma maliyetlerini içeren alternatif bir kaynak temin edilmelidir. Bu gölden sağlanan enerjinin fiyatını etkiler. Her ne kadar tuz ucuz bir hammadde olsa da hafif bir fiyat değişimi ekonomik açıdan zararlı addetmek gerekir. Çünkü büyük boyutta miktarlar gerekmektedir.

İyi bir toplama verimi elde etmek için göletin yeterli berraklığının olması gerekir. Güneş radyasyonunun sönmülmesi hem tuz ve asılı parçacıkların varlığına hem de suyun temizliği ve kalitesine çok bağlıdır.

Güneş göletleri başarılı optik ve dengeleyici özellikler gösteren $MgCl_2$ ve $NaCl$ ile çalışırlar. [27,30] Eğer tabii tuz artıkları veya endüstriyel atık ürünler inorganik tuzlar şeklinde bulunabiliyorsa Na_2SO_4 , NO_2CO_3 , KNO_3 , $NaNO_3$ da dikkate alınabilirdi. Gradyenti kendi kendine bakımlı, doymun tuz güneş göletleri yüksek bir sıcaklıkla bağlantılı çözünürlük gösteren bir tuza ihtiyaç gösterirler ve uygun tuzlar KNO_3 , Na_2SO_4 ve Borax olacaktır.

[31]

Tuz çözeltilerinin güneş ışınımının sönmülmesi araştırılması ve farklı tuzların ölçülen sönmülleme katsayıları 0,4 ile 2,7 m¹ arasında bulunmuştur. Bu büyük aralık kalite farkıyla ve bazı tuzların aslında var olan absorpsiyonla açıklanmıştır. [30]

Özellikle kışın düşük güneş ışınımını girişi olan ve mevsimlik depolama gerek duyulan zayıf iklimsel alanlarda tuz seçimi dikkatle yapılmalıdır. Bunun ötesinde gölet ile birlikte bazı cins filtrasyon sistemlerinin kullanılması berraklığı arttırabilir ve kirliliği yok edebilir. Tuz çözeltilerinin temizliğini arttıran bazı maddelerin geliştirilmesi dikkate alınabilir. (Bakır sülfat kullanarak gölette bakteri büyümesinin önlenmesi gibi)

1.10.5 ÇEVRESEL ETKİ

Güneş göletleri çevreye uygundur. İyi bir dizayn ile bu göletler çevresindekilerin güzelliğine güzellik katan tabii bir oluşum görüntüsünde yapılabilirler. Yerleşim alanlarında herhangi birinin gölete düşmesini önlemek için yeterli dikkat gösterilmelidir. Tuzun yüksek yoğunluğundan ötürü tehlike boğulmak değil, yüksek sıcaklıktır.

1.10.6 ISI ÇEKİMİ

Şimdiye kadar ula gelmiş göletlerden etkin çalışma tecrübesi kazanılmıştır. Bundan önceki konularda bahsedilen problemlere ilaveten geçmişte araştırmacılar aşağıdaki problemlerle yüz yüze gelmişlerdir. Bir güneş göletinden ısı çekiminin bir yolu tabana ısı değiştirgeci koymaktır. Fakat gölet içindeki ısı değiştirgecinin bakım ve korozyon problemleri vardır. Paslanmış boruların değiştirilmesi ve tamiri yapmak için ısı değiştirgeçlerine ulaşmanın zorluğu nedeniyle çok kullanışsızdır. Bundan başka büyük göletlerde depolama tabakasının dolu potansiyelini kullanmada bir ısı değiştirgecine ihtiyaç olabilir. Bundan ötürü bir çok uygulamalarda harici ısı değiştirgeçleri tavsiye olunur. [3]

[27] düşey yoğunluk gradyenti gösteren akışkanlardaki hidrodinamik akış teorisi gereğince yoğunluk gradyantini fazla bozmadan yatay bir tabakayı ortadan kaldırmak veya "ayırarak" mümkündür. (3,27) Bu prensip kullanılarak depolama bölgesinin bir ucundan sıcak su çekilir. Göletin dışına yerleştirilmiş ısı değiştirgecinden geçirilir ve depolama bölgesinin karşı ucundan gölete geri gönderilir. Isı eşanjörünün giriş ve çıkış arasındaki dizayn sıcaklık farkı 10 C olan 1 km uzunluğundaki bir göletten 100 w/m² lik bir enerjiyi çekmek için "ayrılmış" tabaka kalınlığı 0.12 m ve akış hızı 0,11 m/sn olarak hesaplanır. [3,27]

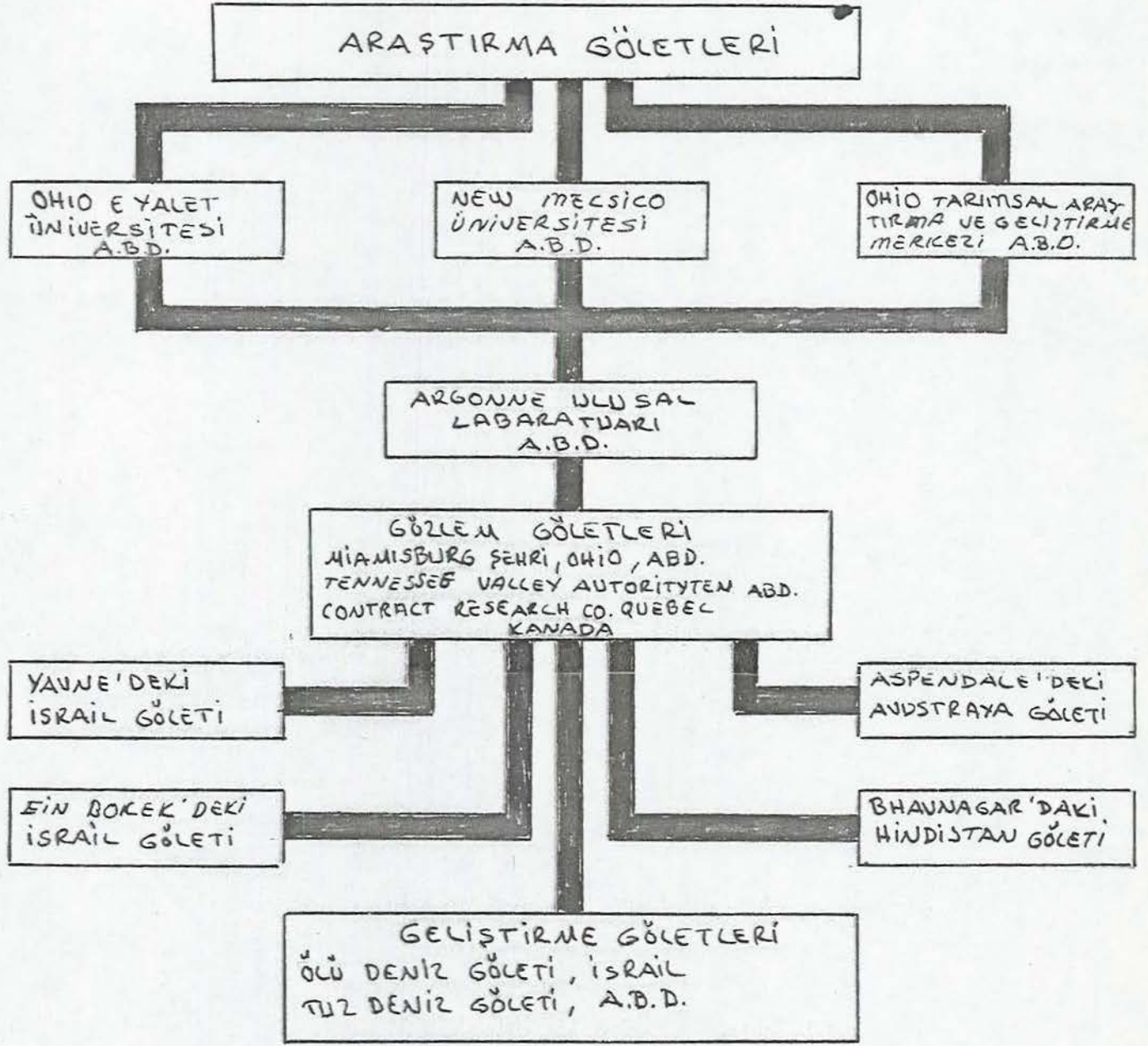
1.11. GÜNEŞ GÖLETLERİ ; ARAŞTIRMA, UYGULAMALAR VE GELİŞME

Güneş göleti faaliyetlerini şu şekilde özetleyebiliriz :

1.11.1 ARAŞTIRMA GÖLETLERİ

Amerika Birleşik Devletlerinde, sığ güneş göletleri, tuz, gradyenti göletleri, tuz-doyurulmuş güneş göletleri ve kolçit göletleri üzerine araştırma çalışmaları birkaç yerleşim bölgesinde sürdürülmektedir. Şekil 21, Mc Gill Üniversitesi Brace Araştırma Enstitüsündeki laboratuvar tipi araştırma göletinin bir kesit görünüşünü göstermektedir. [7] İlk sığ güneş göleti sistemi California, Lawrence Livermore laboratuvarı tarafından dizayn edilmiş işletilmiş ve 1975 de New Mexico'da inşa edilmiştir. 210 m² lik üç prototip göletin her biri Sohio firmasının uranyum işleyen değirmenine birkaç ay boyunca başarılı bir şekilde ısı sağlanmıştır. [7] Tipik bir sığ güneş göletinin kesit görünüşü şekil 22 de görülmektedir. 22 m² lik ve 2,54 cm derinliğindeki sığ bir güneş göleti Mayaguez, Puerto Rico da bir yüksek okulun kafeteryasına 57 C de sıcak su sağlamak için okulun çatısına kurulmaktadır. [7]

200 m² lik 2,5 m derinliğinde ve 45° eğimli duvara sahip bir tuz-gradyanti güneş göleti 1975 ten beri Ohio, Columbus'ta Ohio Eyalat Üniversitesinde çalışmaktadır. Bu gölet 1976 da 62 C lik bir maksimum sıcaklığa erişmiştir. Bu göletin işletilmesi ve



ŞEKİL 20 Güneş göletleri faaliyetleri

bakımı ve fiziği üzerinde deneysel ve teorik araştırmalar yapılmıştır. [7] 408 m² lik ikinci bir tuz-gradyenti güneş göleti 1979 da Ohio Eyalet Üniversitesine kurulmuştur [7] Bu gölet merkezde 4,5 m duvarlara yakın yerde 1,5 m derinliğindedir. Göletin duvarları dikay olup, tahta kalaslarda yapılmış ve Strafoam ve urethane gibi yalıtım malzemeleriyle ısıya karşı yalıtılmışlardır.

Gölet; güneş girdisi, gölet tarafından kazanılan ısı, toprağa ısı kaybı, gradyenti tabakası boyunca yukarıya iletilen ısı gibi verileri toplamak için geniş bir şekilde cihazla donatılmıştır. Şekil 6 da bir tuz gradyenti güneş göletinin kesit görünüşü görülmektedir. 156 m² alanlı 3,6 m derinliğinde dikay tahta duvarlı bu tipte başka bir gölet 1977 den beri Ohio, Wooster'da Tarımsal Araştırma ve Geliştirme Merkezinin bir serası için ısı sağlamak üzere deneysel amaçla başarılı bir şekilde çalışagelmiştir.

1975 de New Mexico, Albuquerque'de New Mexico Üniversitesinde 2,5 m derinliğinde 34 eğimli duvarları olan 177 m² lik bir tuz gradyenti araştırma güneş göleti kurulmuştur. [7] Göletin çalışmasının ikinci yılında depolama tabakası 93 C lik bir sıcaklığa erişti. İşletme parametreleri, kullanılacak malzemelerde esas alınacak ölçüt, maliyeti ve performans verileri ile çevreyle temas halindeki göletin fiziksel davranışı üzerindeki çalışmalar sürdürülmektedir. Çekilen ısının teknik fizibilitasının ispatı, bölgedeki 185 m² lik bir evi ısıtmada gerekli ısı miktarının çekilmesi ve yıl boyunca başarılı bir şekilde çalışmasıyla elde edilmiştir. Aynı gölet 1980 yazında 108 C lik bir kaynama sıcaklığına ulaşmıştır.

New Mexico Üniversitesinde 1981 den beri 18.7 m² lik deneysel bir göletle koloit göletleri üzerine araştırmalar da yapılmıştır. [32] Koloit göletinin performans üzerine polimer koloit^x kalınlığının etkisi üzerinde çalışılmaktadır. 1,22 m düşük tuzlu suyun üzerinde 0,25 m lik bir koloit tabakası ihtiva eden göletten olan yüzey ısı kayıplarının, aynı şartlarda 1 m tabakalı tuz bölgesi olan bir tuz gradyenti göletininkinin yarısı kadar olduğu bulunmuştur. Koloit göletinin optimum çalışması için 0.15 m lik bir koloit kalınlığının uygun olacağı araştırmadan görülmüştür. Patent altındaki koloit'in kimyasal formülünü almak mümkün değildir. Halihazırdaki tahmin polimer koloit'in tabii güneş altındaki bir gölette 3 yıl süreceği şeklindedir. Bu göletlerde de ısı tuz-gradyenti göletleri ve tuz doymuş göletlerde olduğu gibi "gölet içi" veya "gölet dışı" ısı değiştirgeçleriyle çekilir.

Tuz doymuş göletler üzerine laboratuvar çalışmaları, Nevada Çöl araştırma Enstitüsü tarafından tuz olarak boraks kullanılarak ve Virginia, Inter Teknoloji Firması tarafından disodyum fosfat kullanılarak yapılmıştır. [7] Boraks kullanan gölet 10 m² alanında 1 m derinliğinde olup 1979 da kurutulmuştur. Disodyum fosfat (Na₂PO₄) kullanan ise 0,37 m² alanında ve 0,91 m derinliğindedir. Çöl araştırma Enstitüsünün ulaştığı maksimum sıcak-

^x Koloit = Pelte

lık 47°C dir. Doyurulmuş göletlerin avantajlarından bazıları daha az bakım istemesi ve daha az temiz su kullanımına ihtiyaç göstermesidir. Isı enjeksiyonu ve/veya çekimi boyunca kendiliğinden sağlanan bir dengeli yoğunluk profile sahip olma özelliği de vardır. Buna rağmen "doygun bir gölet", "doyurulmamış bir gölete" nazaran daha fazla tuza ihtiyaç gösterir ve buna parasal bir dezavantajdır. Doyurulmuş göletlerin kimyasal ve biyolojik kirlenmesi, ısıl davranışı, işletme ve bakımı üzerine bazı çalışmalar yapılmıştır. Fakat şimdiye kadar yapılan araştırmada deney laboratuvar boyutunda yapılmış ve elde edilen veriler büyük çapta üretim göletlerinin çalışma şartlarını kapsamamaktadır.

Bir tuz-gradyant güneş göletinin konstrüksiyonu üzerine bir çalışmada Utah Üniversitesi tarafından 1971 de başlatılmıştır. 850 m² alanında ve 1,1 m derinliğindeki araştırma göleti Büyük tuz gölünün güneybatı tarafında 1979 yılında inşa edilmiştir. [7] Göletin altı hafta çalışmasından sonra erişilen maksimum sıcaklık 55 C dir. Fakat 1980 lerin başında yaklaşık 3,8 m/sn hızındaki güçlü bir rüzgar tuz gradyentini tahrip edip göletin hemen hemen dörtte birini göleti çevreleyen hendese boşaltmıştır. Gölet bir tuz-gradyanti gölette meydana gelen fiziksel işlemleri araştırmak ve büyük çapta üretim göletleri kullanarak elektrik güç üretimi için çeşitli dizayn şemalarının bilgisayar modellenmesi için deneysel bir taban geliştirmek için inşa edilmiştir.

Illinois'da Argonne Milli Laboratuvarında bir tuz-gradyanti göleti 1980 den beri çalışmaktadır. [7] Gölet 1075 m², 45 yatık duvarlı ve 4,27 m derinliğinde idi. 1981 sonunda gölet 63 C sıcaklığa ulaştı. Bu göleti inşa etmedeki esas amaç, eşitli türde uygulamalar bir ısı toplama ve depolama sistemi olarak tuz-gradyanti göletine kıymet biçmek için bir araştırma yoluna sahip olmak ve gelecekteki A.B.D. güneş göletleri programı için bir işletmeler tabanı oluşturmaktır. Bu gölet çok iyi donatılmış ve tuz-gradyanti güneş göleti sistemlerini gelecekte inşa edeceklere klavuzluk edebilecek verileri sağlamış durumdadır.

Tennessee Vadley Authority (TVA) 4047 m² lik bir göleti 1981 de Tennessee'de tesis etmiştir. [7] Bu gölet 2484 m² lik 1.2 m derinliğinde 34° eğimli duvarları olan bir buharlaşma göletiyle birlikte çalışacaktır. TVA'nın göleti yoğun bir şekilde donatılıyor ve o gölet güvenilirliği, işletme maliyeti ve enerji toplama verimi üzerine önemli bilgiler sağlayacak, böylece gölet teknolojisinin ticarileşmesine doğru önemli bir yardımı olacaktır. Bu gölet dışardaki kullanıcılar için bir deney şantiyesi olarak hizmet edebilir.

Mayaguez'de Puerto Rico Üniversitesi Enerji ve Çevre Araştırma Merkezi CEER (Center of Energy and Environment Research)

39 m² lik 0,9-1,5 m dik duvarlı bir araştırma göleti inşa edilmektedir. [7] Bu gölet aynı alana sahip bir buharlaşma göletiyle birlikte çalışacak olup gölet işletmesi, bakımı ve kontrolünün fiziği ve mühendislik yönleri çalışmak için çok iyi

donatılacaktır. Bazı bilgisayar benzeşim çalışmaları da yapılacaktır. Bu araştırma göleti Puerto Rico'da bir gıda ıslah firması için ısı sağlamada kullanılacak 2000 m² lik bir üretim göleti için pilot bir sistem olacaktır.

İsrail'de tuz-gradyenti güneş göletleri üzerine araştırmalar bu fikrin oluştuğu 1954 yılından beri yapılagelmıştır. [7] Bu alandaki 9 yıllık bir aradan sonra 1975 de yeniden tekrarlanmıştır. İsrail'in tamamen ithal malı fosil yakıtlara bağlı olması dolayısıyla, tuz-gradyenti güneş göleti araştırması birinci derecede elektrik üretimine doğru olmaktadır. 1977 de Yavne de Ormat Turbine Ltd. tarafından 1500 m² lik bir gölet çalışır hale getirilmiştir. Gölet yaz aylarında aynı yıl 90 C sıcaklığa ulaşmıştır. Gölet, bir türbinle donatılmış bir organik çevrim sistemi kullanarak 6 kwe aralığında elektrik üretmiştir. Bu kapalı devre sistem akışkan olarak klorobenzen kullandı. Gölet yüzeyinden 29 C de alınan su, kondenseri soğutmada kullanılmıştır.

1978 de ölü deniz yanında Bin Bokek'de 2,5 m derinliğinde 7500 m² lik daha büyük bir gölet inşa edilmiştir. Depolama tabakası sıcaklığı 80 C ye ulaştığında gölet bir 6 kwe kapasitede Ormat Sistemi kullanarak elektrik üretmeye başlamıştır. 300 kwe kapasiteli büyük bir Ormat sistemi 1979 da kurulmuş ve aynı yıl gölet 93-100 C evaporator sıcaklığı ve yaklaşık 30 C kondenser sıcaklığında çalışarak 145 kwe üretmiştir. Tuzlu su temizleme işlemlerinde ikincil bir araştırma çabaları olarak planlanmıştır. İsrail araştırma çabalarının esas hamle elektrik güç üretimi için tuz-gradyenti gölet teknolojisini tamamen anlamaya doğrudur. Böylece bu tür sistemleri evsel ihtiyaç ve ithal pazarlarında "anahtar teslimi" tesisler olarak pazarlamak mümkün olacaktır.

Kanada'da ilk araştırma tuz-gradyenti güneş göleti 1980 de kurulmuştur. Gölet 0.86 m derinliğinde ve 17 m² alanında düşey duvarlıdır. Bakır tüpten yapılmış bir tuz-hava ısı eşanjörü haricen kullanılmaktadır. 1981 de ulaşılan maksimum depolama tabakası sıcaklığı 50 C dir. Bu araştırma göletini kurmanın genel amaçları daha büyük göletlerin dizayn ve işletmesi için hazırlanan güneş göletlerinin konstrüksiyonu, işletmesi ve bakımı ile ilgili pratik bilgi metodları sağlamaktır. Araştırma Kanada Ulusal Araştırma Konseyi tarafından tuz-gradyenti göletlerinin bakımını otomatikleştirmek için alet ve işlem geliştirmek için finanse edilmiştir.

Avustralya'da ilk tuz-gradyenti göleti Aspendale'de 1964 de inşa edilmiştir. 0,86 m. derinliğinde 106 m² alanında olan göletin taban ve duvarları bölgedeki kili toprakla sıvanmış hiç bir astar kullanılmamıştır. Çalışmanın ikinci yılında yazın 63°C lik bir depolama tabakası sıcaklığına ulaşılabilmiştir. Aynı yıl gölete bir sızıntı olmuş ve projenin kesilmesine sebep olmuştur.

Gölet ısı verimi, astarlama teknikleri ve tuzluluk gradyentinin kontrolü hakkındaki çalışmalara yönelik bu araştırmanın sonuçları bir rapor halinde basılmıştır. [32] İkinci bir tuz-gradyenti göleti Melbourne Üniversitesi tarafından 1981 de araştırma amaçları için inşa edilmiştir. [7] Gölet alanı 240 m² olup araştırma tuz gradyentinin kararlılığı, gölet doldurma metodolojisi ve ısı olaylarının bilgisayar benzeşimi üzerine odaklandırılmaktadır.

Suudi Arabistan 'da Shahrhan'da Petrol ve Mineraller Üniversitesi'nin Araştırma Enstitüsü tarafından 1981 de 2,3 m derinliğinde 4 m² lik bir araştırma göleti inşa edilmiştir. Bu gölet gelecekteki daha büyük bir üretim göleti için işletme deneyimi kazanmak ve uygun donanımı dizayn etmek için kullanılmaktadır. Çalışmalar, gölet davranışının bilgisayar benzeşimi (Simülasyon) üzerine ve yerli işgücü ve teknikler kullanılarak tuz-gradyenti güneş göletlerinin dizaynı ve inşası üzerine deneyim kazanmaya yöneliktir.

Hindistan'da Pondicherry'de Tata Enerji Araştırma Enstitüsü tarafından 1980 yılında 2,25 derinliğinde 100 m² lik bir tuz-gradyenti göletin inşa edilmiştir. [7] Gölet dikey duvarlı olup, 50 m² lik 0,3 m derinliğinde bir buharlaşma göletiyle birlikte çalışmaktadır. Aynı yıl göletin ulaştığı maksimum sıcaklık 70 C dir. Gölet, ısı verim ve tabakalaşma tabakasının davranışı üzerine araştırma sonuçlarını elde etmek için donatılmıştır. Hindistan'ın kırsal çevresinde bir göletin konstrüksiyonu ve işletme maliyeti ile bir gölet inşa etmek için bölgedeki malzemelerin kullanılabilirliği hakkında deneyim kazanmıştır.

1.11.2 UYGULAMA ÇALIŞMALARI

Güneş göletlerinin en çok uygulama alanları, mahal ısıtma ile ticari, endüstriyel ve tarımsal kullanımda su ısıtması, ön ısıtma için kullanılmasıdır. Bu durumda sıcaklık gerksinimleri 49 C ile 66 C arasında kalıyor. Karayibler gibi tropik iklimlerde tuz-gradyenti göletleri Bonnet ve arkadaşları tarafından önerildiği üzere gelecekte nemalma soğutması için kullanılabilir.

Amerika Birleşik Devletlerinde, Ohio, Miamusburg şehri yakınında 2044 m² lik üretim tuz-gradyenti güneş göleti 1978 yılında yazın dışardaki bir yüzme havuzuna kışında bir dinlenme binasına ısı sağlamak için için inşa edilmiştir. [7] Gölet derinliği 3 m idi ve duvarları 45° eğimli idi. 1979 yazında depolama tabakasının ulaştığı maksimum sıcaklık 65 ° C dir. Son kullanım için gerekli sıcaklık 25 C dir. Gölet 2,54 çapında bakır tüplerden yapılmış ve gölet içine yerleştirilmiş bir ısı eşanjörüyle donatılmıştır. Eşanjörün etkin yüzey alanı 180 m² dir. Arsa maliyeti hariç göletin konstrüksiyon maliyeti \$ 35 m² dir. İki yıllık başarılı bir çalışmadan sonra 1980 yılında astardan bir kaçak başladı ve yeniden inşa edilmek zorunda kalınmıştır.

1979 da Georgia'da Port Bennis'deki çamaşırhanaya ve iki askeri kıyaya günde 2.000.000 litre sıcak su tamin etmek için bir sıg güneş göleti sistemi dizayn edilmiştir.[7] Sistem 1983 de tamamen çalışır hale gelmiştir. Büyük alan gereksiniminden dolayı projenin sabit maliyeti oldukça düşüktür. Ayrıca bazı gereksinimlerde dikkat çekicidir. Örneğin kışlalar ile göletler arası 2 mil olduğundan suyun fazla aktığı sabah ve akşam saatlerinde su temizliğinin yapılması gerekir.

Kanada da, Quebec'de 1981 yılında 45 eğimli duvarları olan ve 3 m derinliğinde 700 m² lik bir üretim tuz-gradyanti güneş göleti müteahhit Araştırma firması tarafından inşa edilmiştir.[7] 1981 yılı boyunca gölet 53 C civarında bir maksimum sıcaklığa erişmiştir. Gölet ticari boyutta bir tahıl kurutucusu için ısı üretmek için kullanılmaktadır. Gölet dışına aliminyum kanatlı bakır tüplerden yapılmış bir tuz-hava ısı eşanjörü yerleştirilmiştir. Eşanjörün ön alanı 2,3 m² dir. Isı çekim hızı 1981 sonbaharı sırasında 100 kilowatt'ın üzerindedir. Bu göletin konstrüksiyon maliyeti arsa maliyeti hariç \$ 50/m² dir.

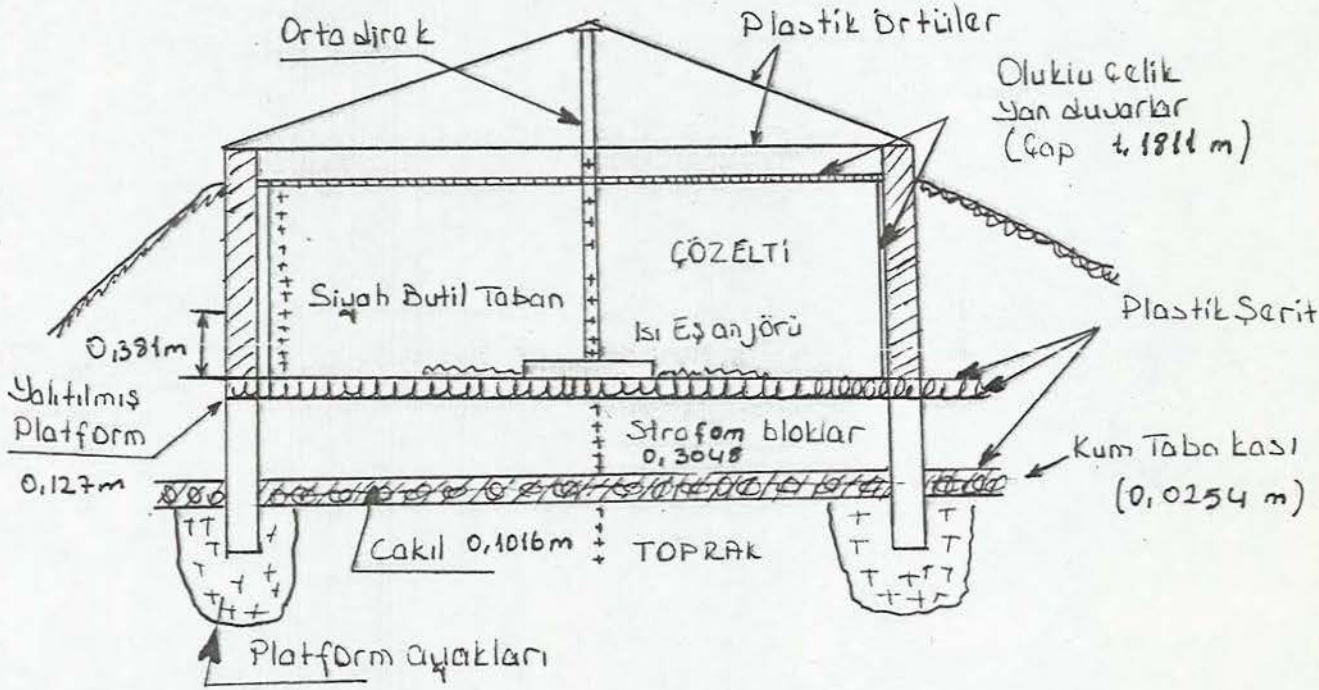
1.11.3 GELİŞTİRME ÇALIŞMALARI

Şu andaki geliştirme çalışmaları çoğunluk şu ana kadar araştırma ve uygulama çalışmalarının belli bir hız kazandığı ülkelerde yapılmaktadır. Bu çalışmaların tabii bir uzantısı olarak geliştirme çalışmaları dayanıklılık ve güvenilirliği temin için malzeme ve ünite seçimi; sıcak su, ısı ve/veya elektrik üretimi için hazır tesisler ile işletme ve bakım otomasyonu üzerine odaklanmaktadır.

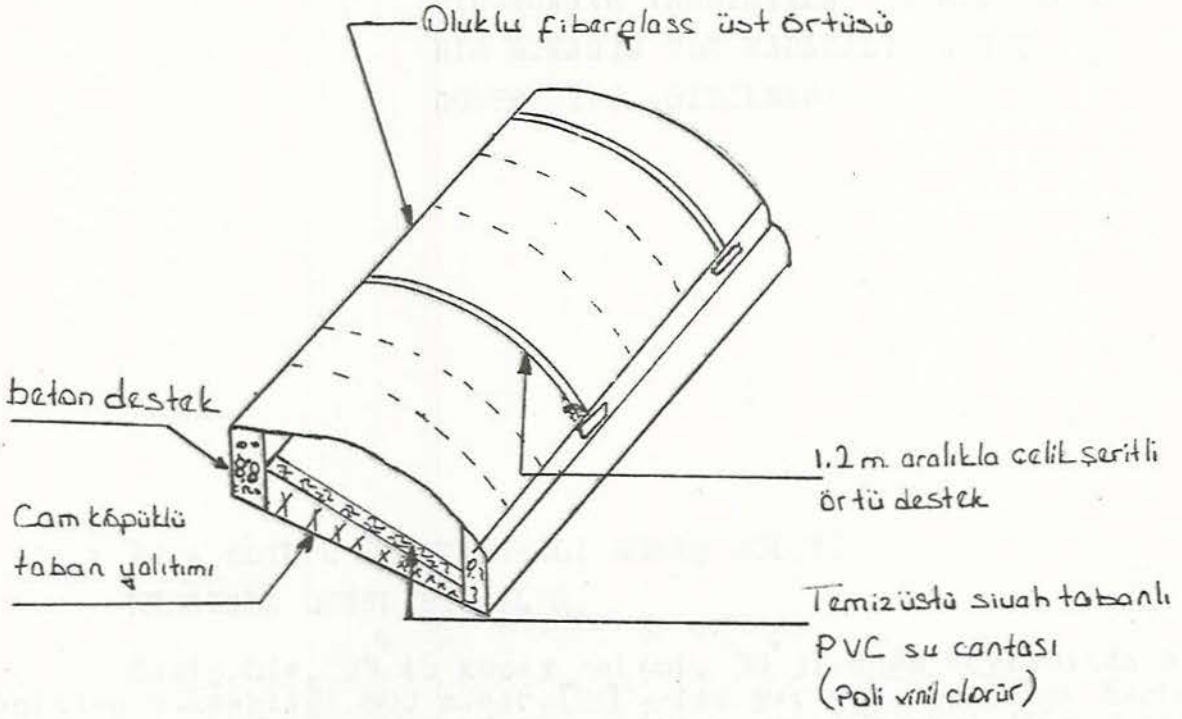
Amerika Birleşik Devletlerinde Güney Kaliforniya Edison ve Kaliforniya Eyaleti tarafından yürütülen Güney Kaliforniyadaki Tuz denizi gölet projesi epeyce halka açılmıştır.[7] Proje 3 gazdan oluşmaktadır. Fizibilite çalışmalarını içeren ilk faz 1981 de tamamlanmıştır. İkinci faz 5 MWe lik bir prototip enerji tesisinin dizaynı, konstrüksiyonu ve deneyin 1988 de tamamlanmasını öngörüyor. Başarılı sonuçlar 20 ile 50 MWe lik ticari modüllerden oluşan 600 MWe lik bir tesisin konstrüksiyonuna kadar gidecektir. 5 MWe gücündeki tesis muhtemelen bir kilometrekare yer kaplayacak ve \$ 4000 / kWe'e mal olacaktır. 600 MWe luk ticari tesis 120 kilometrekare yer kaplayacak ve \$ 2000 / kWe'e mal olacaktır. 30 yıllık işletme zamanı temelinde \$ 0,075 ile \$ 0,08/kWe lik bir elektrik maliyeti öngörülmektedir. Önerilen tuz denizi tesisi için şekil 17 de görüldüğü üzere, bir tuz-gradyanti göletinden sağlanacak düşük sıcaklıkta ısıdan elektrik güç üretimi bir organik akışkan turbo jeneratörü kullanılarak başarılabilir.

İsrail 'de tuz-gradyanti göletleri teknolojisini geliştirilmesi planı, birinci aşamada yılda 750 ile 1250 saat arasında çalışan güneş göleti güç tesislerinin güç şebekesine bağlanmasına

yöneliktir.1990 ' a kadar güneş göleti güç tesislerinin ara yük-
leri ekonomik olarak karşılayacağı bekleniyor.Son olarak,esas
yükü karşılamak için büyük çapta gölet-göllerin 1995'e kadar
inşa edilebileceği ümit ediliyor.Bu gelişme planını izleyerek
İsrail,bu yüzyılın sonunda her biri 50 MWe olan modüler birim-
ler serisi kullanarak 2000 MWe ' luk elektrik gücü sağlayacak
yaklaşık 500 kilometre karelik bir ölü deniz göleti için hazır
olacaktır. [7]



ŞEKİL 21 Labaratuvar için tuz tabakalı Araştırma Göleti



ŞEKİL 22 Şiş Gölet Görünüşü [7]

tuz kullanılmıştır. [3] konsantrasyon, tabanda % 20 -yüzeyde % 1 dir.

2.2 HESAPLAMALAR

Bina ısıtılması için kullanılacak gölete ait hesaplamalar, geliştirilen bilgisayar programı ile yapılır. Bunun için, ısıtım hesaplarında bölüm 1.3.2 de verilen denklemlerden, sıcaklıkların hesaplanmasında bölüm 1.3.4 ve bölüm 1.5 de verilen denklemlerden yararlanıldı. Kayıpların hesabında meteorolojik verilerden yararlanılır. Üst taşınımlı bölge, alt taşınımlı bölge ve taşınımsız bölge için yazılan enerji denklemleri sürekli hal için çözüldü. Hesaplamalar saatlik olarak yapılır. Saatliklerin ortalaması alınarak günlük değerler bulundu. Günlük değerlerin ortalamasından da aylık ortalama değerler bulunmuştur. Aylık ortalama değerler grafik halinde verilmiştir.

Binanın ısı kaybı hesabı -12 C dış hava sıcaklığına göre ve iklim haritasında belirtilmediği haldde emniyet açısından rüzgarlı bölge esasına göre yapılmış ve ısı ihtiyacı 114092 kcal/h olarak hesaplanmıştır. Bu da 132,5 KW lık bir ısıtma gerektirmektedir. Göletimiden çekilecek faydalı ısı 46,18 W/m² olduğuna göre bu bina için 2830 m² lik bir gölet gerekmektedir. Daha da emniyetli olması açısından gölet alanı 3000 m² olarak seçilmiştir.

Isıtılacak olan bina bir misafirhane olup, lokantası, gazinosu, çamaşırhanesi, mutfağı, saunası ve 24 odası, 24 adet banyosu mevcuttur.

Faydalı ısı göletin dışına yerleştirilmiş eşanjör aracılığı ile çekilir. Bunun için 12 m² alanlı eşanjör seçilir. Eşanjörün içinden dolayan gölet suyu, göletin diğer ucundan gölete döner. Tuz tabakalı gölette en alttaki sıcaklık bir çözelti diliminin çekilmesi gölette gradyanı bozmamaktadır. Çekilen çözelti dilimi h = 0,3 m kalınlıkta düşünülün buna ilave olarak

$$\Delta T = \text{Sıcaklık değişimi} = 15 \text{ C}$$

$$\rho = \text{Çözeltinin yoğunluğu} = 1,210^3 \text{ kg/m}^3$$

$$c = \text{Isınma ısısı} = 3,59 \cdot 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{C}$$

$$\eta = \text{çevrim verimi} = \% 10$$

alınmaktadır. [2]

Buna göre birim zamanda çekilen çözelti hacmi (Q) ve hızı (V)

$$Q = \bar{P}_b (\eta_c \cdot \rho \cdot c \cdot \Delta T)^{-1} \quad (125)$$

$$V = Q/h \cdot a \quad (126)$$

olmaktadır.

P_b sistemin sağladığı bürüt güçtür. Değerler yerine yazılırsa $Q = 0,0214 \text{ m}^3/\text{s}$, $V = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ olmaktadır. Bu kadar hızla çekilen çözelti diliminin tuz gradyanını bozması beklenmemektedir. [2] $1.19 \cdot 10^{-3} \text{ m/sn}$ hızla çekilen çözelti dilimi göletin bir ucundan öbürüne olan 60 m. uzunluğu 5,0420 sn. veya 14 saat'te kat edilmektedir.

Böyle bir gölet, m^2 ya 14 \$ alınırsa yaklaşık 29.400.000.- T1'ye mal olacaktır. 3

2.2.1 - EŞANJÖR HESABI

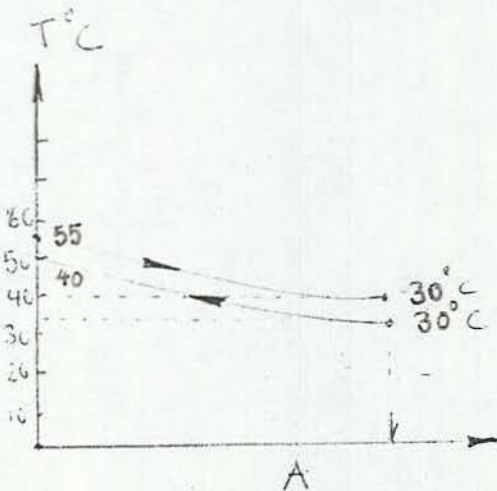
Göletten ısı çekimi için kullanılan eşanjörün 130.000 kcal/h kapasiteli olması gerekmektedir. Karşıt akımlı eşanjör seçimi için eşanjörün primer devresi 55/35 ve sagonder devrenin 30/40 olması düşünüldü. Yani, tuzlu su gölet tabanından yaklaşık 55°C da çıkmakta 35°C geri dönmektedir. Radyatörlere gönderilen su 40°C da radyatöre girmekte ve 30°C soğumaktadır. Eşanjör ısıtma borularında $d_1/d_2 = 16/18$, boru eksenleri arasındaki uzaklık $S = 1,3 \times d_2$ ve toplam ısı transfer katsayısı $K = 1000 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$ alındığında logaritmik sıcaklık farkı;

$$(\Delta T)_m = \frac{55 - 15}{\ln \left(\frac{55}{15} \right)} = 11^\circ\text{C}$$

Isıtma yüzeyi;

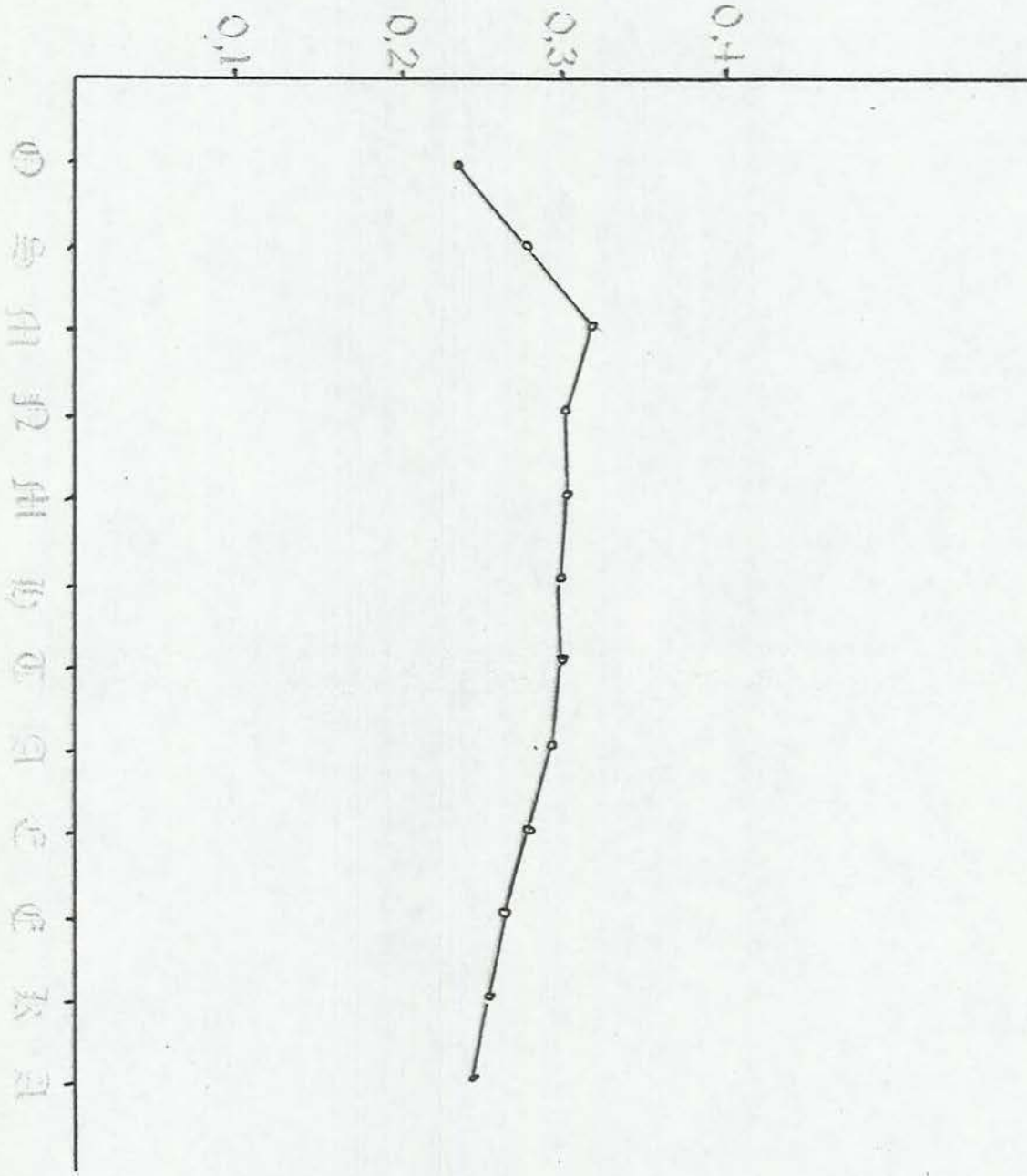
$$A = \frac{Q}{K (\Delta T)_m} = \frac{130.000}{1000 \times 11} = 11,82 \text{ m}^2$$

Buradan, $A = 12 \text{ m}^2$ seçilir. Boru hesabı imalatçının inisiyatifine bırakılır.

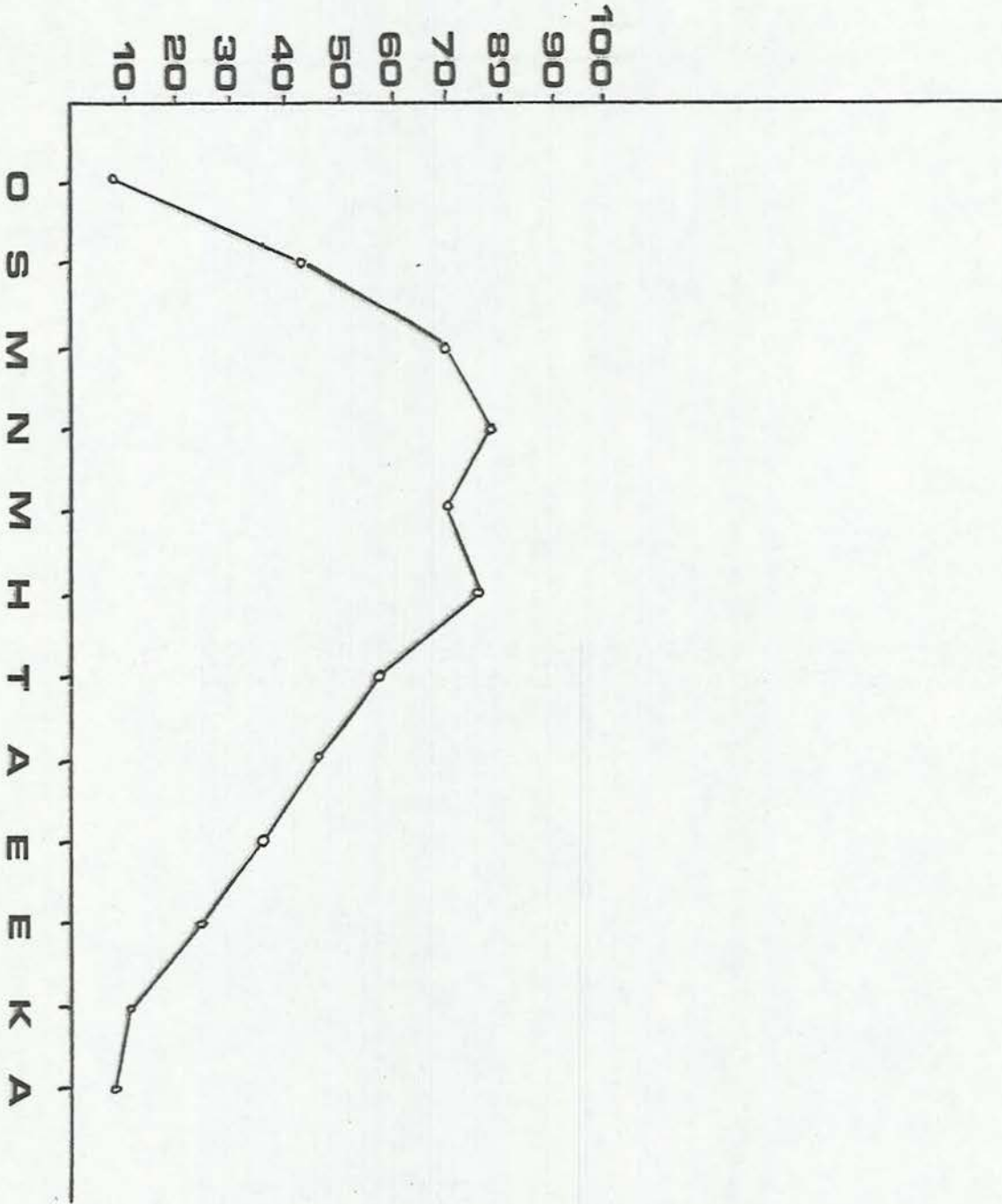


2.3 SONUÇ

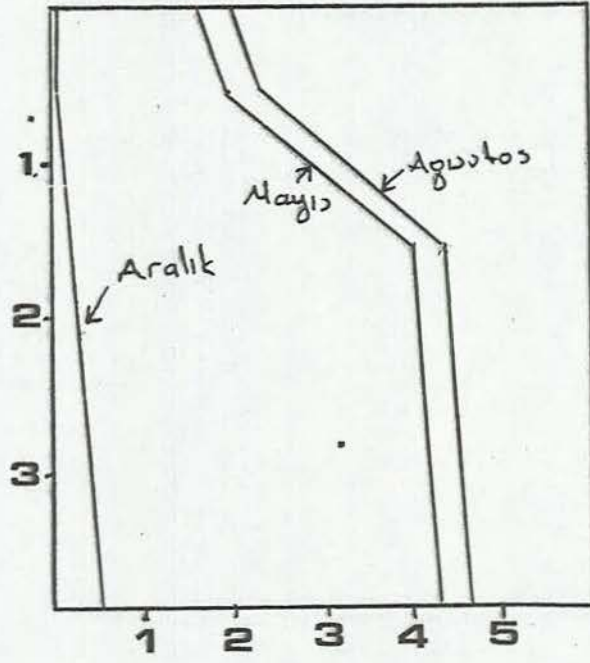
Hasaplamalara esas olarak Eskişehir'de özel sektöre ait bir klüp-misafirhane düşünüldü. Bu binanın ısıtılması için gerekli güneş gölet maliyeti yaklaşık 30 Milyon Tl. dir. Bu rakam Avrupa ve A.B.D. için böyledir. Türkiyede işçilik, arazi, tuz gibi şeylerin Avrupa ve A.B.D.'ye kıyasla daha ucuz olduğu düşünülürse gölet daha da ucuza mal olacaktır. Böyle lüks bir bina için temiz enerji tercih edilecektir. Göletin bakım ve işletme giderleri de fazla değildir. Saatte 114 000 kcal'ye ihtiyaç duyan bu bina fuel-oil ile ısıtılrsa, saatte 12 kg. fuel-oil'e ihtiyaç duyulacaktır. Bu da saatte yaklaşık 700 Tl. demektir. Yıllık çalışma ortalaması 3000 saat düşünülürse sadece yakıt gideri iki milyon Tl. civarındadır. Böyle bir bina için gerekli olan ısı merkezinin maliyeti gölet maliyeti olan 30 Milyondan çok fazladır. Her ikisinin yatırım maliyetini denk sayarsak; bina ısıtmasında; güneş göletleri yapılacak olan yakıt masrafından tasarruf edilmesi bakımından kuvvetle tavsiye edilir olacaktır.



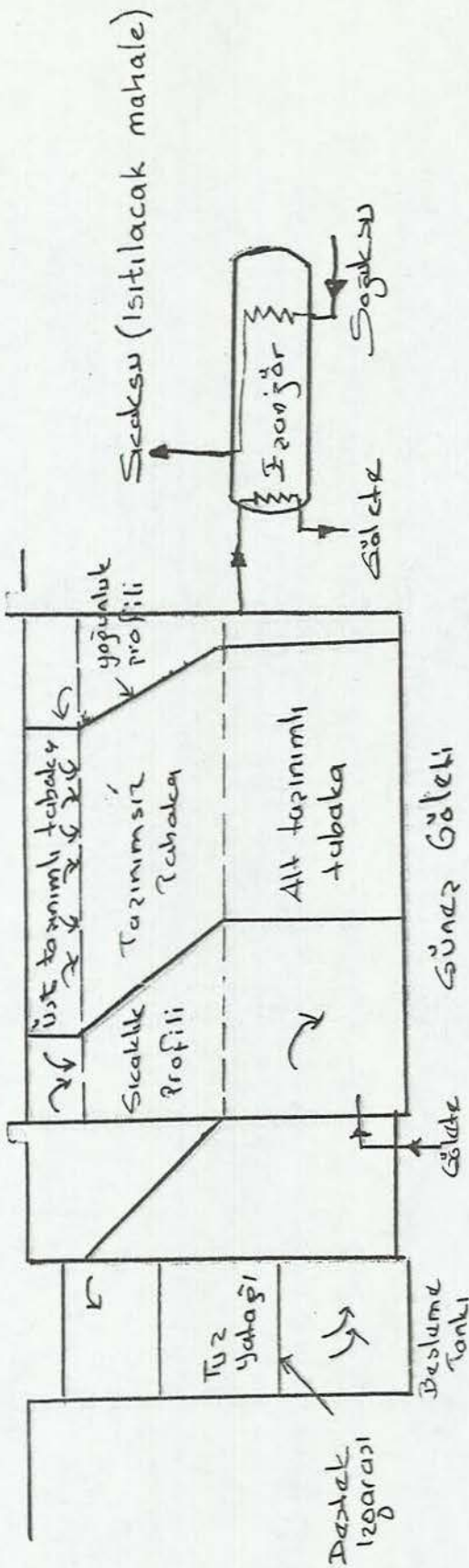
ŞEKİL 23 Aylara göre öngörülen ortalama toplama veriminin gösterimi.



ŞEKİL 24 Aylara göre öngörülen ortalama faydalı ısının göstergesi



ŞEKİL 25 Derinlik öngörülen sıcaklık değişiminin gösterimi



ŞEKİL 26 Güneş göleti/Şanzörü sistemiyle ısının çekilişinin şematik gösterimi

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- (1) SEZGİNER, A. : "Güneş Enerjisi Nedir?" Güneş Temiz Enerji dergisi Cilt:1, Sayı:2, Aralık 1980 İstanbul
- (2) EVICE, S.
KÜLÜNK, H. : "Tuz tabakalı güneş göletlerinin incelenmesi" İstanbul, Nisan 1983
- (3) ORTABAŞI, U.
GÜRGÖNCÜ, H. : "An overview of solar Ponds for Process Heat and Power Generation" Solar Energy Research centre, University of Queensland St. Lucia, Queensland, Avustralia 4067, 1980
- (4) RABL, N.
NIELSEN, C.E. : "Solar Ponds for Space Heating" Solar Energy, 17, (1-12), 1975

- (5) ORTABAŞI, U.
OYKSTERHUIS, F.H.
KAUSHIKA, N.D. : "Honeycomb stabilized saltless Solar pond" Technical Note, Solar Energy, 31, 2 (229-231) 1980
- (6) KOOI, C.F. : "The Circular Cylindrical reflector : Application to a shallow solar pond electricity generating system" Solar Energy, 20, (69-73) 1978
- (7) PYTLINSK, J.T. : Solar Ponds; Research, "Applications and Development 5 Th Miami International Energy sources 1982, Miami Beach Florida
- (8) RUBIN, H.
BENEDICT, B.A.
BACHU, S. : "Modelling the performance of a solar ponds as a source of thermal energy" solar energy, 32, 6, (771-778), 1984
- (9) KOOI, C.F. : "The steady-state salt Gradient solar pond" Solar energy, 23, (37-45), 1979
- (10) KAKAÇ, S.
YENER, Y. : Heat Conduction M.E.T.U. No: 60, 1979, Ankara
- (11) WEINBERGER, H. : "The physics of solar Ponds" Solar energy 8, 2, (45-56), 1964
- (12) BRYANT, H.C.
COLBECK, I. : "A Solar pond for London" Solar Energy 19, (321-322), 1977
- (13) HILL, J.R. : "Computer simulation of solar Pond Thermal Behaviour" Solar Energy 25, (33-40), 1980
- (14) ÖZTÜRK, A.
KILIÇ, A. : Güneş enerjisi 1980, İstanbul
- (15) Enerji Bakanlığı Elektrik işleri etüt idaresi Enerji Tasarrufu Dairesi Başkanlığı seminer notları, 1984-1985

- (16) KISHARE, V.U.N.
VEENA, J. : "A Practical Collector efficiency Equation for Non-convecting solar Ponds" Solar energy, 33, 5, (391-395) 1984
- (17) MEINEL : "Applied of Solar Energy" 1975
- (18) HOLMAN, J. : Heat transfer 1978, Second Edition
- (19) HULL, J.R.
LIU, K.V.
SHA, W.I.
KAMAL, J.
NIELSEN, C.E. : "Dependence of Ground Heat loss Upon solar pond size and experimental Results" Solar energy, 33, 1, (25-33), 1984
- (20) DSİ ölçüm ve verileri 1985
- (21) T.C. GIDA-TARIM VE HAYVAN-
CILIK BAKANLIĞI DEVLET
METEOROLOJİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ: "Ortalama ve Ekstrem kıymetler Meteoroloji Bülteni" Başbakanlık basımevi, Ankara 1979
- (22) AKBARZADEH, A.
MACDONALD, R.W.G.
WANG, Y.F. : Surface fluctuations an solar ponds by using floating Rings" Solar Energy 31, 4, (377-380) 1980
- (23) NIELSEN, C.E.
ET, A.L. : "Flow System for Maintenance of salt concentration Gradient in solar ponds Test in isothermal Pond" Solar Energy, 19, 763, 1977
- (24) TABOR, H. : Solar Ponds (Nonconvecting) The scientific research foundation- Jerusalem 1978
- (25) AKBERZADE, H.
MAC DONALTD, R.W.G. : "Introduction to a pasif Salinatio-
on method on solar pond Operarati-
ons" Solar Energy 29, 71, 1982

- (26) KÜLÜNK, H. : "Bir tuz tabakalı güneş göletinde Konsantrosyon ve sıcaklığının kriteri" Y.Ulusal ısı iletimi ve tekniği Kongresi 22-23 Eylül 1983 Gaziantep
- (27) TABOR, H. : "Solar Ponds" second international Symposium on Non-Convectio^{nal} Energy (14 July 6 August 1981)
- (28) AKBERZADEH, A.
MAC DONALD, R.W.G. : "Research on solar Ponds at University of Melbourne For salt production and other Applications" Brighton England, 23-28 August 1981
- (29) THOMAS, J.F.
INCROPERA, P.P. : "A Model for solar radiation Conversion to algae in a shallow pond" Solar Energy, 20, (157-165) 1978
- (30) LUND, P.D.
KEINONEN, R.S. : "Radiation Transmission Measurements for solar energy" Solar energy 33, 3/4, (237-246), 1984
- (31) KOOI, C.F. : "Salt Gradient Solar pond with Reflective Bottom; Application" to the saturated pond" solar energy, 26 (113-120) 1981
- (32) Proceeding of the 1981 Annual meeting : "Solar ponds Applied to district heating and cooling" 4, 1, 772

E K L E R

- 1 - Göllete gelen ışınım, göletten çevreye ve tabana olan kayıplar, çekilen faydalı ısı, verim, debi, tuz difizyonu ve sıcaklık dağılımı için geliştirilen bilgisayar programı ve 22 Temmuz günü için bir örnek uygulama.
- 2 - Eskişehir'de özel sektöre ait üç katlı 24 odalı, gazinolu, saunalı, yüzme havuzlu lüks bir misafirhane binasının döşeme, duvar ve çatı için ısı geçirme dirençlerinin hesaplanması
- 3-- Eskişehir'de özel sektöre ait klup-misafirhane binasının ısı kaybı hesapları.

```

PRINT "3"
INPUT X, T1, TT, PT
A=PI/180
D=23.45*SIN(2*PI*(284+X)/365)
Y=-.832183438*SIN(A*D)/COS(A*D)
IF Y=0 THEN 190
Z=SQR(1-Y^2)/Y
ZQ=Y/SQR(1-Y^2)
W=ATN(Z)
GOTO 200
W=PI/2
Q=ATN(ZQ)
IF W<0 THEN W=W+PI
S=6+12*Q/PI : T=24*W/PI
B=PI*(X-81)/182
E=9.87*SIN(2*B)-7.53*COS(B)-1.5*SIN(B)
G=9-.965555555+E/80
PRINT "GUN: "; X; "DEKLINASYON: "; D
PRINT "GUN DOGUSU: "; G
SG=INT(G)+1
FOR SA=1 TO 24
H=PI*(SA-12)/12
F=1+.033*COS(2*PI*X/365)
K=438.673276*F*(.768655794*COS(A*D)*SIN(W)+.639662622*W*SIN(A*D))
C=.116464+.198*COS(A*(39.77-D))
L=.530-.165*COS(A*(39.77-D))
V=C+L*T1/T
K1=K*V
M=EXP(-4*(1-ABS(H)/W)^2)
N=(COS((PI*H)/(2*W))+1.12837916*(1-M))^PI/(4*W)
R=K1*N
J=1.39-4.027*V+5.531*(V^2)-3.108*(V^3)
R1=J*K1
D=.130899693*(COS(H)-COS(W))/(SIN(W)-W*COS(W))
R2=R-R1*D
IF SA<SG OR SA>24-SG THEN R2=0
U1=.768655794*COS(A*D)*COS(H)+.639662621*SIN(A*D)
U2=SQR(1-U1^2) : U3=3*U2/4
U4=SQR(1-U3^2)
J1=2.66*U1*U4*((1/(U1+4*U4/3))^2+(1/(U4+4*U1/3))^2)
I=.93*R1+J1*R2
READ V1, TA, TS, RH
DATA 3,15,4,12,2,7,3,15,6,12,4,7,7,15,6,12,4,7,5,17,13,6,7,6,18,14,6
1 DATA 5,20,15,6,5,20,6,15,56,7,21,16,61,5,22,17,62,8,22,17,5
2 DATA 10,22,4,16,4,55,10,23,16,4,52,14,24,16,6,48,12,24,16,6,48
3 DATA 10,22,16,51,12,21,16,61,8,19,14,59,8,17,8,13,2,6,6,16,12,4,67
4 DATA 5,15,12,72,6,15,12,72,4,14,12,8,4,12,6,11,89,3,15,4,13,8,8
TG=.0552*((TA+273)^1.5)
KR=1.70094E-09*((TS+273)^14-(TG^14))
HC=5.7+1.26666667*V1
KK=HC*(TS-TA)
PS=EXP(18.403-3885/(TS+230))
PA=RH*EXP(18.403-3885/(TA+230))
KE=1867.73951*HC*(PS-PA)/PT
KS=KR+KK+KE
TY=TS+.172729404*I-.384615384*KS
TB=TY+.298084666*I
Y2=1001.87375-6.63E-03*((TB-4)^2)
C1=.99*(TB-TT)/36.5 : C2=.9*(TB-TT)
KB=C1+.09*C2
KU=I-KS-KB
VE=.389959757-(.65*(TB-TY)-KB)/I
DD=.3536543*(1200-Y2)
TD=DD*(1200-Y2) : IT=I+IT
KT=KS+KT : UST=TY+UST
ALT=TB+ALT : YT=Y2+YT
BT=KB+BT : UT=KU+UT
VT=VE+VT : DT=DD+DT
FT=TD+FT
PRINT "SART: "; SA
PRINT "I#INIM: "; I
PRINT "YUZEV KAYIFLARI: "; KS
PRINT "RADYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON"
PRINT KR; " "; KK; " "; KE
PRINT "UST SICAKLIK: "; TY
PRINT "ALT SICAKLIK: "; TB
PRINT "YOGUNLUK: "; Y2
PRINT "TABAN KAYBI: "; KB
PRINT "FAYDALI ISI: "; KU
PRINT "VERIM: "; VE
PRINT "DEBI: "; DD
PRINT "DIFUZYON: "; TD

```

```
00 PRINT
00 NEXT SA
00 ID=IT/24:KO=KT/24:TX=UST/24
00 BO=ALT/24:YO=YT/24:OO=OT/24
00 UD=UT/24:VO=VT/24:OO=OT/24:OO=FT/24
00 PRINT"ORTALAMALAR:"
00 PRINT"I#INIM:";ID
00 PRINT"YUZEY KAYIPLARI:";KO
00 PRINT"UST SICAKLIK:";TX
00 PRINT"ALT SICAKLIK:";BO
00 PRINT"YOGUNLUK:";YO
00 PRINT"TABAN KAYBI:";OO
00 PRINT"FRYDALI ISI:";UD
00 PRINT"VERIM:";VO
00 PRINT"DEBI:";OO
00 PRINT"DIFUZYON:";OO
00 END
```

READY.

```
IN: 173 DEKLINASYON: 23.4488456
IN DUDU#U: 3.8953798
RT: 1
INIM: 79.2858753
ZEY KAYIPLARI: -.212787591
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.1665832 -38.4 28.8286492
T SICAKLIK: 25.9767852
T SICAKLIK: 49.6183784
GUNLUK: 988.081922
BAN KAYBI: 3.68162676
YDALI ISI: 75.8962362
RIM: .241631013
BI: 74.9459518
FUZYON: 15882.447
```

```
RT: 2
INIM: 79.2858753
ZEY KAYIPLARI: .215468764
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.16828775 -38.4 28.4551811
T SICAKLIK: 26.8119912
T SICAKLIK: 49.6456564
GUNLUK: 988.859973
BAN KAYBI: 3.685442
YDALI ISI: 75.4641646
RIM: .241679134
BI: 74.9535819
FUZYON: 15885.6472
```

```
RT: 3
INIM: 79.2858753
ZEY KAYIPLARI: -.821768816
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.16828775 -48.6133335 43.6312777
T SICAKLIK: 26.4189284
T SICAKLIK: 58.8445936
GUNLUK: 987.817456
BAN KAYBI: 3.64857641
YDALI ISI: 76.458267
Rim: .242223176
BI: 75.8392689
FUZYON: 15922.8229
```

RT: 4
INIM: 79.723412
ZEY KAYIPLARI: -2.4616445
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.08245792 -48.9133334 36.369231
T SICAKLIK: 23.3173638
T SICAKLIK: 52.0316904
GUNLUK: 986.546192
BAN KAYBI: 3.86883401
YDALI ISI: 79.3162225
RIM: .244732928
SI: 75.4888573
FUZYON: 16113.3841

RT: 5
INIM: 79.5764228
ZEY KAYIPLARI: .163550456
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.95062557 -53.2000001 51.412925
T SICAKLIK: 27.682284
T SICAKLIK: 51.4827955
GUNLUK: 986.975974
BAN KAYBI: 3.79542965
YDALI ISI: 75.6174426
RIM: .243900128
SI: 75.3360628
FUZYON: 16048.5618

RT: 6
INIM: 82.5859711
ZEY KAYIPLARI: -3.71880066
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.71002122 -68.1666668 54.7378649
T SICAKLIK: 38.6953335
T SICAKLIK: 55.3129451
GUNLUK: 984.416838
BAN KAYBI: 4.21820789
YDALI ISI: 82.0865638
RIM: .247281291
SI: 76.2419121
FUZYON: 16436.4725

RT: 7
INIM: 67.4717329
ZEY KAYIPLARI: -3.04883768
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.58668272 -67.3866668 62.7512264
T SICAKLIK: 31.2815702
T SICAKLIK: 57.3555524
GUNLUK: 982.999367
BAN KAYBI: 4.43906131
YDALI ISI: 66.0815093
RIM: .246953248
SI: 76.7432071
FUZYON: 16653.3245

RT: 8
INIM: 92.4265483
ZEY KAYIPLARI: -5.14898986
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.66700949 -72.8333335 66.0173341
T SICAKLIK: 33.9451619
T SICAKLIK: 61.4960963
GUNLUK: 979.956239
BAN KAYBI: 4.88675053
YDALI ISI: 92.6887796
RIM: .249076448
SI: 77.8194047
FUZYON: 17123.6706

RT: 9
INIM: 96.3730152
ZEY KAYIPLARI: -4.49438888
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.62218295 -60.1666668 54.0500949
T SICAKLIK: 35.3750646
T SICAKLIK: 64.1023826
GUNLUK: 977.924225
BAN KAYBI: 5.16855076
YDALI ISI: 95.6988533
RIM: .243835489
SI: 78.5380528
FUZYON: 17441.399

RT: 10
INIM: 98.9872341
ZEY KAYIPLARI: 69.8248844
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.62218295 -79.1666668 147.368568
T SICAKLIK: 7.24258893
T SICAKLIK: 36.7491655
GUNLUK: 994.763823
BAN KAYBI: 2.21103101
YDALI ISI: 26.9521187
RIM: .218541251
BI: 72.5829395
FUZYON: 14896.7831

RT: 11
INIM: 100.437264
ZEY KAYIPLARI: -4.96736938
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
43796457 -110.2 103.794656
T SICAKLIK: 35.6589954
T SICAKLIK: 65.5978036
GUNLUK: 975.717611
BAN KAYBI: 5.3382406
YDALI ISI: 100.0740393
RIM: .249275073
BI: 78.964777
FUZYON: 17631.444

RT: 12
INIM: 101.065978
ZEY KAYIPLARI: -8.05853707
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
30943418 -121.22 111.852829
T SICAKLIK: 36.9565035
T SICAKLIK: 67.082722
GUNLUK: 975.498131
BAN KAYBI: 5.49879456
YDALI ISI: 103.633721
RIM: .250533539
BI: 79.3988808
FUZYON: 17825.8324

RT: 13
INIM: 100.437264
ZEY KAYIPLARI: -10.9669164
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.12531803 -173.406667 161.314433
T SICAKLIK: 38.1665135
T SICAKLIK: 68.1053217
GUNLUK: 974.627917
BAN KAYBI: 5.6813617
YDALI ISI: 105.002818
RIM: .25197448
BI: 79.703842
FUZYON: 17963.0299

RT: 14
INIM: 98.9872341
ZEY KAYIPLARI: -9.65964771
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.12531803 +154.66 143.875834
T SICAKLIK: 37.4132551
T SICAKLIK: 66.9198317
GUNLUK: 975.626209
BAN KAYBI: 5.47318262
YDALI ISI: 103.173699
RIM: .251496527
BI: 79.3507563
FUZYON: 17804.2301

RT: 15
INIM: 96.3738152
ZEY KAYIPLARI: 21.4195483
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.45710237 -110.2 138.162446
T SICAKLIK: 24.4081657
T SICAKLIK: 53.1354837
GUNLUK: 985.866969
BAN KAYBI: 3.9827736
YDALI ISI: 70.9706933
RIM: .237531371
BI: 75.7290672
FUZYON: 16216.0947

RT: 16
INIM: 92.4265403
ZEY KAYIPLARI: -8.11246786
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.66700949 -104.5 94.7205228
T SICAKLIK: 35.0849612
T SICAKLIK: 62.6358955
GUNLUK: 979.878695
BAN KAYBI: 5.009988936
YDALI ISI: 95.5290188
RIM: .250409819
BI: 78.1297697
FUZYON: 17268.5387

RT: 17
INIM: 87.4717329
ZEY KAYIPLARI: -5.46215284
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.75119415 -79.1666668 71.9533198
T SICAKLIK: 31.2097683
T SICAKLIK: 57.2837586
GUNLUK: 983.050132
BAN KAYBI: 4.43129785
YDALI ISI: 88.5825878
RIM: .246864494
BI: 76.7252537
FUZYON: 16645.5337

RT: 18
INIM: 82.5859711
ZEY KAYIPLARI: -.81240198
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.96196753 -72.8333334 70.1589639
T SICAKLIK: 27.7774879
T SICAKLIK: 52.3958995
GUNLUK: 986.345722
BAN KAYBI: 3.90272882
YDALI ISI: 79.4956522
RIM: .243461186
BI: 75.5597541
FUZYON: 16143.6647

RT: 19
INIM: 79.5764228
ZEY KAYIPLARI: 1.47057167
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.08414245 -47.8300001 44.317286
T SICAKLIK: 26.7138695
T SICAKLIK: 50.4343889
GUNLUK: 987.578464
BAN KAYBI: 3.69072148
YDALI ISI: 77.3642729
RIM: .242584389
BI: 75.1237897
FUZYON: 15957.9188

RT: 20
INIM: 79.723412
ZEY KAYIPLARI: -2.3244642
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.21038745 -36.1000001 31.5651484
T SICAKLIK: 26.6646021
T SICAKLIK: 58.4289288
GUNLUK: 987.581821
BAN KAYBI: 3.69013198
YDALI ISI: 78.3577443
RIM: .242491483
BI: 75.1226025
FUZYON: 15957.4064

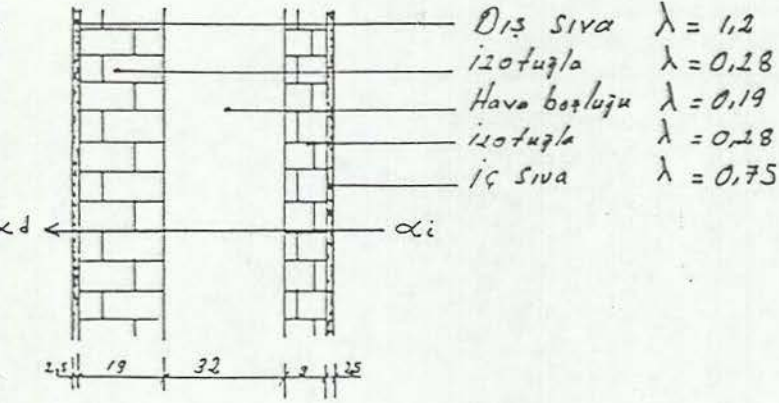
RT: 21
INIM: 79.2850753
ZEY KAYIPLARI: -2.80181782
DYASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
.21038745 -39.9000001 34.8877956
T SICAKLIK: 26.7724857
T SICAKLIK: 50.4061509
GUNLUK: 987.595841
BAN KAYBI: 3.68766917
YDALI ISI: 78.3992232
RIM: .242716242
BI: 75.1176444
FUZYON: 15955.3001

T: 22
NIM: 79.2858753
EY KAYIPLARI: .855128698
YASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
39650621 -21.5333334 19.9919559
SICAKLIK: 25.3659682
SICAKLIK: 48.9996334
SUNLUK: 988.448219
KAN KAYBI: 3.53559186
DALI ISI: 74.8943548
MIM: .248798134
SI: 74.8161971
UZYON: 15827.4998

T: 23
NIM: 79.2858753
EY KAYIPLARI: 1.78708821
YASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
4950082 -17.2266667 16.4387467
SICAKLIK: 24.8382914
SICAKLIK: 47.6719566
SUNLUK: 989.22975
KAN KAYBI: 3.39283989
DALI ISI: 74.1859481
MIM: .238997544
SI: 74.5401988
UZYON: 15718.9224

T: 24
NIM: 79.2858753
EY KAYIPLARI: 12.73883
YASYON KONVEKSIYON EVOPARASYON
42122889 -15.2 25.5163811
SICAKLIK: 22.5956215
SICAKLIK: 46.2292867
SUNLUK: 990.858387
KAN KAYBI: 3.23685288
DALI ISI: 63.3189925
MIM: .237828134
SI: 74.2495834
UZYON: 15588.6713

ALAMALAR:
NIM: 87.1048621
EY KAYIPLARI: 1.34880563
SICAKLIK: 28.8235617
SICAKLIK: 54.7969789
SUNLUK: 984.36781
KAN KAYBI: 4.16241992
DALI ISI: 81.6231065
MIM: .243833262
SI: 76.2592515
UZYON: 16453.821

İZOTUĞLA DIŞ DUVAR

ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,025}{1,2} + \frac{0,19}{0,28} + 0,19 + \frac{0,03}{0,28} + \frac{0,025}{0,75}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,02 + 0,678 + 0,19 + 0,32 + 0,033 = 1,241 > 0,6 \text{ Uygunudur}$$

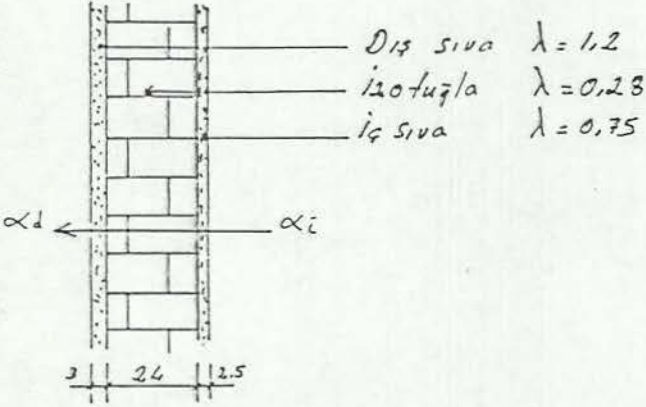
ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 1,241 + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{k} = 0,143 + 1,241 + 0,05 = 1,434$$

$$k = 0,69 \quad k = 0,7 \text{ alındı}$$

İZOTUĞLA DIŞ DUVAR



ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,24}{0,28} + \frac{0,025}{0,75}$$

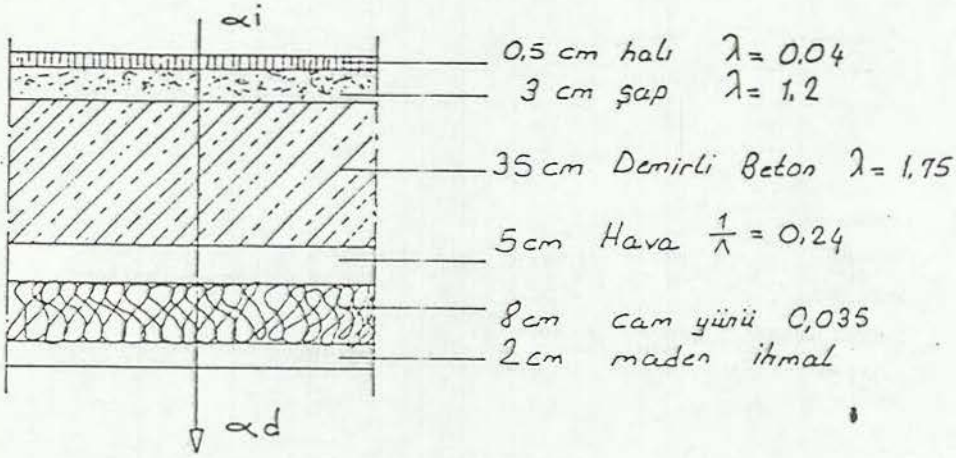
$$\frac{1}{\lambda} = 0,025 + 0,857 + 0,033 = 0,915 > 0,60 \text{ uygundur. T.S. 825. 1985}$$

ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 0,915 + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{k} = 0,143 + 0,915 + 0,05 = 1,108$$

$$K_0 = \frac{1}{1,108} = 0,90 \quad \text{Emniyetle } K = 0,95 \text{ alındı}$$

ARA KAT DÖŞEME

ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0,005}{0,04} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,35}{1,75} + 0,24 + \frac{0,08}{0,035} =$$

$$\frac{1}{\Lambda} = 0,125 + 0,025 + 0,02 + 0,24 + 2,28 = 2,695 > 2,10 \text{ uygundur.}$$

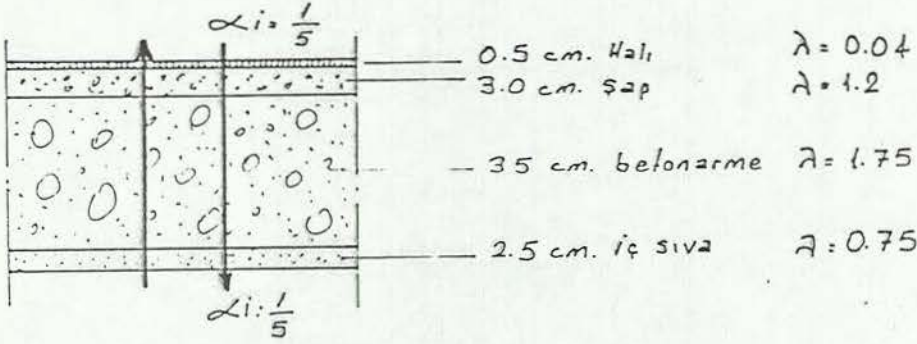
ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{5} + 2,695 + \frac{1}{20} = 0,2 + 2,695 + 0,05 = 2,94$$

$$k = 0,339$$

$$\underline{\underline{k = 0,4 \text{ Alındı.}}}$$

ARA KAT DÖŞEME



ISI GEÇİRME DİRENÇİ

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0.005}{0.04} + \frac{0.03}{1.2} + \frac{0.35}{1.75} + \frac{0.025}{0.75}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = 0.125 + 0.025 + 0.2 + 0.033 = 0.383$$

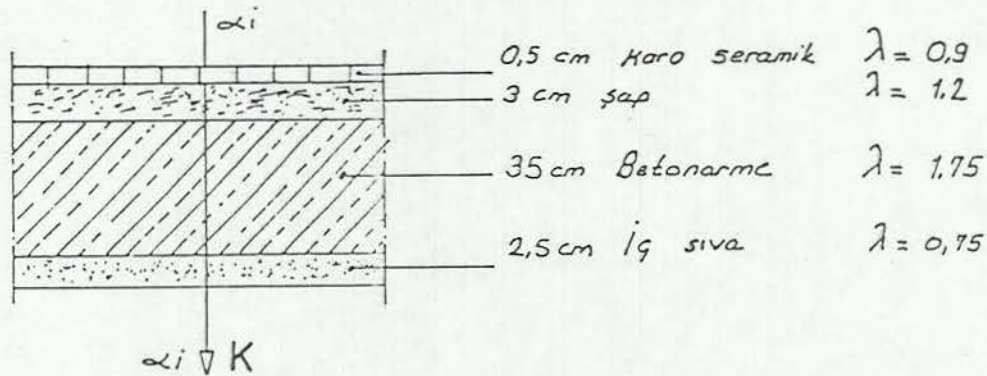
ISI AŞAĞI

$$\frac{1}{k} = 2(0.2) + 0.383 = 0.783 \quad k = 1.27 \quad k = 1.3 \text{ alındı.}$$

ISI YUKARI

$$\frac{1}{k} = (0.143) + 2 + 0.383 = 0.669 \quad k = 1.495 \quad k = 1.5 \text{ alındı.}$$

ARA KAT DÖŞEME



ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\Lambda} = \frac{0,005}{0,90} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,35}{1,75} + \frac{0,025}{0,75}$$

$$\frac{1}{\Lambda} = 0,0059 + 0,025 + 0,2 + 0,033 = 0,263$$

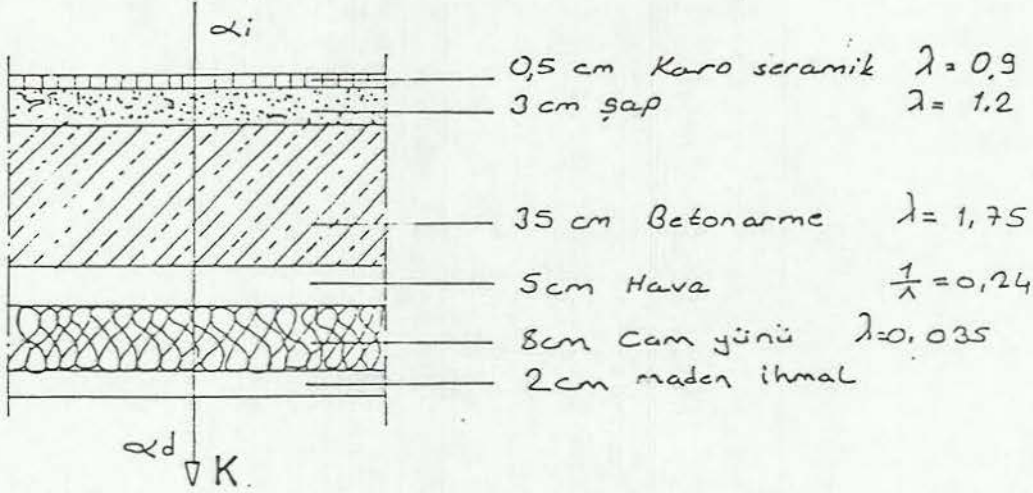
ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{k} = 2 \cdot (0,2) + 0,489 = 0,66$$

$$k = 1,507$$

$$k = \underline{\underline{15 \text{ ALnd.}}}$$

ARA KAT DÖŞEME



ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,005}{0,9} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,35}{1,75} + 0,24 + \frac{0,08}{0,035}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,0055 + 0,025 + 0,2 + 0,24 + 0,033 + 2,28 = \frac{1}{\lambda} = 2,78$$

ISI GEÇİRME KATSAYISI

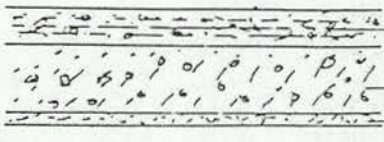
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{5} + 2,78 + \frac{1}{20} =$$

$$\frac{1}{k} = 0,2 + 2,78 + 0,05 = 3,03$$

$$k = 0,33$$

$$\underline{\underline{k = 0,4 \text{ Alındı.}}}$$

ÇATI DÖŞEMESİ

	15 cm perlitli bet.	$\lambda = 0,12$
	25 cm betonarme	$\lambda = 1,75$
	2 cm tavan sıvası	$\lambda = 0,75$

ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,15}{0,12} + \frac{0,25}{1,75} + \frac{0,02}{0,75}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,25 + 0,143 + 0,027 = 1,42 > 1,25 \text{ uygundur.}$$

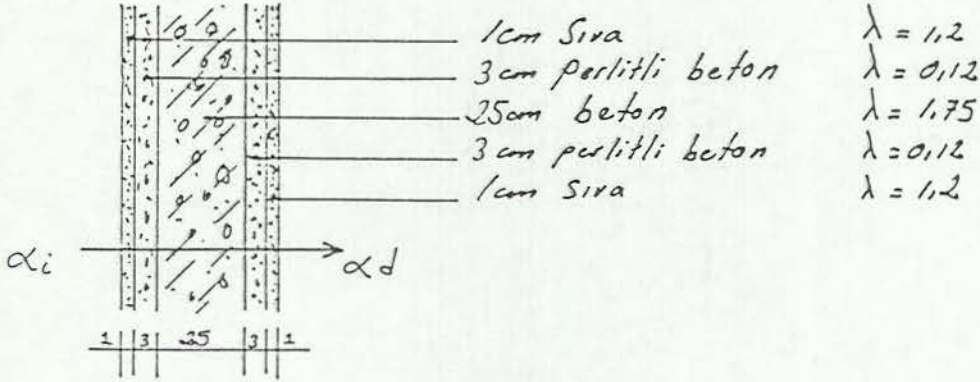
ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 1,42 + \frac{1}{7}$$

$$\frac{1}{k} = 0,143 + 1,42 + 0,143 = 1,706$$

$$k = \frac{1}{1,706} = 0,59 \text{ Emniyetle } k = 0,60 \text{ alındı}$$

BETON PERDE DIŞ DUVAR



ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,25}{1,75} + \frac{0,03 \times 2}{0,12} + \frac{0,01}{1,2} + \frac{0,01}{0,75}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,143 + 0,50 + 0,008 + 0,013 = 0,664 > 0,60 \text{ uygundur.}$$

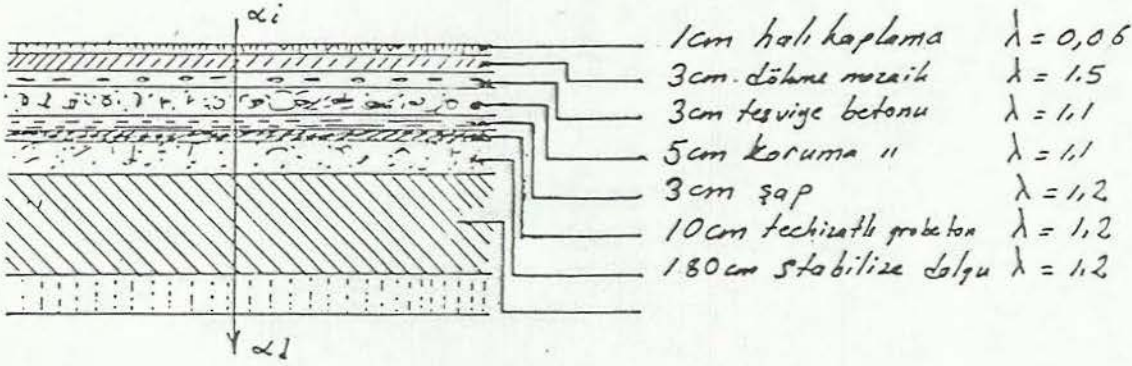
ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{7} + 0,664 + \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{k} = 0,143 + 0,664 + 0,050 = 0,857$$

$$k = \frac{1}{0,857} = 1,17 \quad k = 1,2 \text{ alındı}$$

TOPRAĞA OTURAN DÖŞEME



ISI GEÇİRME DİRENCİ

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{0,01}{0,06} + \frac{0,03}{1,5} + \frac{0,03}{1,1} + \frac{0,05}{1,1} + \frac{0,03}{1,2} + \frac{0,1}{1,2} + \frac{1,80}{1,2}$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,167 + 0,020 + 0,027 + 0,045 + 0,025 + 0,083 + 1,5$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,867 > 1 \quad \text{uygundur}$$

ISI GEÇİRME KATSAYISI

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{5} + 1,867 = 0,20 + 1,867 = 2,067$$

$$K = \frac{1}{2,067} = 0,48 \quad \text{Emniyetle } K = 0,5 \text{ alındı}$$

Yön	Duvar kalınlığı cm	ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst İhtiyacı Kcal h	
		Uzunluk m	Yükseklik Geniçlik m	Alan m ²	Adet	Çıkarılan m ²	Hesaba giren m ²	İst geçirme katsayısı Kcal m ² h	Sıcaklık farkı °C	Sıcaklık farkı x ist geç. K.G. m ² h	Zamsız İst İhtiyacı Kcal h	N ₀ Z ₀ + Z ₁ %	Rüzgâr %	Yön %	Zem katsayısı 1+%		
						B01 BAY WC 18°											
K		1.36	0.6	0.816	1	0.816	2.5	30	75	61							
K		3.16	3.0	9.48	1	0.816	8.66	0.95	30	285	247						
19		6.10	3.0	18.3	1		18.3	1.32	8	10.56	193						
9		1.67	3.0	5.01	1		5.01	1.86	8	14.88	75						
		4.7	3.16	14.85													
		1.3	1.67	2.17			17.02	0.5	12	6	102						
											678	7	0	1.07			725
																	108
																	833
						B02 BAYAN WC 18°											
K		1.36	0.6	0.816	1	0.816	2.5	30	75	61							
K		3.16	3.0	9.48	1	0.816	8.66	0.95	30	285	247						
		4.7	3.16	14.85	1												
		1.3	1.67	2.17	1		17.02	0.5	12	6	102						
											410	7	0	1.07			439
																	108
																	547
						B03 SOYUNMA WC + Duvar 22°											
K		0.9	0.6	0.54	2	1.08	2.5	34	85	92							
K		0.9	3.0	2.7	1	1.08	1.62	0.95	34	323	52						
K	25	4	3.0	12	1		12	0.95	22	209	251						
19		1.7	3.0	5.1	1		5.1	1.32	4	5.28	27						
		2.0	6.2	12.4	1		12.4	1.5	2	3	37						
		2.0	6.2	12.4	1		12.4	0.5	16	8	99						
											558	7	0	1.07			597

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba girilen	İst. geçirme katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x ist. geç. k. s.	Zemsiz ist. İhtiyacı	Z ₀ + Z _A	Rüzgâr	Yön	Zem katsayısı	
		cm	m	m	m ²	m ²	m ²	Kcal / m ² h	°C	m ² h	Kcal / h	%	%	%	1+%	Kcal / h	
ZO1 GİRİŞ 20°C																	
CCP G	-		1,75	2,5	4,37	1	-	4,37	2,5	32	80	350					
CCP G			2,5	2,5	6,25	1	3,52	2,73	2,5	32	80	218					
DK G			1,6	2,2	3,52	1	3,52	5	32	160	564						
CCP G			1,41	2,50	3,52	2		2,05	2,5	32	80	563					
CCP			0,55	2,5	1,37	1		1,37	2,5	32	80	110					
CCP K			0,9	2,5	2,25	2		4,5	2,5	32	80	360					
CCP K			5,9	2,5	14,75	1		14,75	2,5	32	80	1180					
DD K	24		3,62	2,5	9,05	1		9,05	0,95	32	30,4	275					
DD K	24		12,5	1,15	14,37	1		14,37	0,95	26	24,7	355					
DD G	24		9,5	1,15	10,92	1		10,92	0,95	26	24,7	270					
Ta			1,85	12,85	23,77	1		23,77	1,5	2	3	71					
DD			7,9	4	31,6	1		31,6	0,7	32	22,4	708					
Dö			1,85	12,85	23,77	1		23,77	1,3	2	2,6	62					
											5099	7	5	112	5711		
											$Q = 1,5 \cdot 12 \cdot 0,9 \cdot 0,82 \cdot 32 = 425$					425	
																6136	
ZO1 MERDİVEN 18°																	
CCP G			2,75	1,5	4,125	1		4,125	2,5	30	80	330					
DD G	25		11,4	1,65	18,81	1		18,81	0,95	30	28,5	536					
DD G	25		11,4	1,85	21,09	1		21,09	0,95	18	17,1	361					
Dö					4,53	1		4,53	0,5	12	6	27					
											1254	7	-5	1,02	1280		
											$Q = 1,5 \cdot 6,7 \cdot 0,9 \cdot 0,82 \cdot 30 = 223$					223	
																1503	

İşlet	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba alınan	İst. geçirme katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x ist. geç. k.s.	Zamansız ısı ihtiyacı	Z _o	Z _a + Z _a	Rüzgâr	Yön	
		cm	m	m	m ²		m ²	Kcal	°C	m ² h	Kcal		%	%	%	1+%	Kcal
Z05 DÜŞ. WC SOYUNMA 22°																	
ÇCP G			1.05	0.6	0.63	2		1.26	2.5	34	85	107					
DD			3.8	3.25	12.35	1		12.35	0.95	34	323	399					
İK			0.9	2.10	1.89	1		1.89	2	7	14	26					
İD	9		5.6	3.25	18.2	1	1.89	16.31	1.86	7	13	212					
İD	9		1.8	3.25	5.85	1		5.85	1.86	12	223	131					
D _a			3.5	1.9	6.65	1		6.65	0.5	12	6	40					
T _a			3.5	1.9	6.65	1		6.65	0.6	28	16.8	112					
												1027	7		-5	1.02	1048
																	248
																	1296
Z06 MUTFAK GİRİŞİ 15°																	
ÇCP			2.75	0.6	1.63	1		1.63	2.5	27	67.5	110					
DD G			2.75	3.25	8.93	1	1.63	7.3	0.95	27	25.6	187					
DK			1	2.5	2.5	1		2.5	2.5	7.2	67.5	169					
DD	20		2.9	3.25	9.42	1	2.5	6.92	0.95	27	25.6	177					
İD			3.08	3.25	10	1	1.89	8.12	1.86	5	9.3	76					
İK			1	2.18	2.18	1		2.18	2	5	10	22					
İK			0.9	2.10	1.89	1		1.89	2	5	10	19					
İD			2.5	3.25	8.12	1		8.12	0.3	5	1.5	12					
T _a								12.97	0.8	21	12.6	163					
D _o								12.97	0.5	9	4.5	58					
												993	7		-5	1.02	1013
																	191
																	1204

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba alın	Isi geçirme katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x isi geç. k.s.	Zamsız İst. İhtiyacı	Z _o + Z _a	Rüzgâr	Yön	
cm	m	m	m ²	m ²	m ²	m ²	Kcal/m ² h	°C	m ² h	Kcal/h	%	%	%	1+%	Kcal/h	
101 - SUİT ODA - 20°C																
CP	K		3,11	2,59	8,05	1	8,05	25	32	80	644					
DK	K		0,9	2,20	1,98	1	1,98	3	32	96	190					
AD	B		6	3	18	1	18	0,95	32	304	547					
Ö			282	3,11	8,77	1										
			29	1,26	3,65	1	12,42	0,4	32	128	159					
											1540	7	5	12	1848	
															366	
															2214	
102 - BANYO - 26°C																
Ö		19	1,76	3	5,28	1	5,28	1,32	4	5,28	28					
Ö		9	1,6	3	4,8	1	4,8	1,8	6	10,8	52					
K			0,9	2,2	1,98	1	1,98	2	6	12	24					
Ö		9	2,5	3	7,5	1	1,98	5,52	1,8	6	10,8	60				
Ö			1,76	3	5,28	1	5,28	1,32	6	3,92	42					
Ö			1,6	2,5	4	1	4	0,4	38	152	61					
											267	7		107	286	
103 - BANYO - 26°C																
															286	
104 - OTURMA ODASI - 22°C																
CP	G		0,7	2,75	1,92	2	3,85	2,5	34	85	327					
Ö	G	24	10,61	3	32,04	1	3,85	28,19	0,95	34	323	910				
Ö			206	4,62	9,51											
			1,75	5,3	9,27	1	-	18,78	0,4	34	136	255				

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı cm	ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı Qh Kcal/h
			Uzunluk m	Yükseklik Genişlik m	Alan m ²	Adet	Çıkarılan m ²	Hesaba giren m ²	Isı geçirme katsayısı Kcal m ² h	Sıcaklık farkı °C	Sıcaklık farkı x ısı geç. k. S. m ² h	Zemsiz ısı İhtiyacı Kcal h	Z _o + Z _a %	Rüzgâr %	Yön %	Zem katsayısı 1+%	
124-125-BANYO-26°C																	
121 in aynı																	
126-OTURMA ODASI-22°C																	
CCP	G	-	0,7	275	192	2	✓	385	25	34	85	327					
DD	G	24	8,72	3	2616	1	✓	385	2231	0,95	34	323	721				
İK			0,9	22	1,98	1	✓	1,98	2	4	8	16					
İD		9	1,6	3	4,8	1	✓	1,98	282	1,8	4	7,2	20				
İS		9	206	3	618	1	✓	6,18	1,8	2	3,6	22					
Nö			4,77	206	9,82	1	✓	9,82	1,6	34	544	535					
												1641	7	-5	102	1673	
																866	
																2540	
127-KORİDOR-18°C																	
CCP	G		0,7	275	192	3	✓	5,77	25	30	75	433					
CCP	G		6,10	0,6	3,66	1	✓	3,66	25	30	75	275					
CCP	G		5,10	0,6	3,06	1	✓	3,06	25	30	75	230					
DD	G		15,65	3	46,95	1	✓	34,46	0,95	30	285	982					
Nö			7,95	2,2	17,49	1	✓	17,49	0,4	30	12	210					
												2130	7	-5	102	2173	
																1718	
																3891	
128-MERDİVEN-18°C																	
CCP	G		1,5	275	412,5	1	✓	412,5	25	30	75	309					
DD	G	25	1231	3	3693	1	✓	412,5	328	0,95	30	285	935				
												1244	7	-5	102	1269	
																371	
																1640	

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı	
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba girilen	İst. geçirme katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x ist. geç. k. s.	Zamsız ist. İhtiyacı	Z ₀ + Z _A	Rüzgâr	Yön		Zam katsayısı
129 - KAT OFİSİ - 20°C																	
CCP	G	410	0,6	246	1	✓	246	25	32	80	197						
DD	G	480	3	144	1		246	11,94	0,95	32	304	363					
İD		20	206	3	6,18	1		6,18	1,32	2	264	16					
İD	9	480	3	144	1		1,98	12,42	1,8	2	36	45					
İK		0,9	22	198	1	↑	198	2	2	4	8						
BÖ		480	208	998	1		998	1,6	32	512	511						
											1140	7	-5	102	1163		
											$Q = 2,5 \times 6,4 \times 0,9 \times 0,82 \times 32 =$				378		
															1541		
130 - DEPO - 18°C																	
CCP	G	410	0,6	246	1	✓	246	25	30	75	185						
DD		25	6,32	3	18,96	1	246	16,5	0,95	30	285	470					
DD		426	206	1303	1		1303	1,6	30	48	626						
											1281	7	-5	102	1307		
											$Q = 2,5 \times 6,4 \times 0,9 \times 0,82 \times 30 =$				354		
															1661		
201 - SUİT ÖDÜ - 20°C																	
İF	-	282	311	877	1												
		29	126	365	1		1242	0,6	26	156	194						
Diğer hesaplar dışına hariç 101 in aynı											1381						
											1575	7	5	1,12	1890		
															366		
															2256		

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba girilen	İst. Geçirile Katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x ist. geç. k. s.	Zamansız ısı ihtiyacı	N ₀ Z _u + Z _a	Rüzgâr	Yön	
cm	m	m	m ²		m ²	m ²	Kcal / m ² h	°C	m ² h	Kcal / h	%	%	%	1+%	Kcal / h	
202 - BANYO - 26°C																
TA			16	25	4	1	4	0,6	32	192	77					
			Döşeme hariç 102nin aynı								59					
										136	7			107	145	
203 - BANYO - 26°C																
			202nin aynı												145	
204 - OTURMA ODASI - 22°C																
TA			206	462	951	1										
			175	53	927	1	1878	0,6	28	168	316					
			Döşeme hariç 104 ün aynı								1273					
										1589	7		-5	102	1620	
															866	
															2486	
205 - YATAK ODASI - 20°C																
TA			306	382	8629	1										
			13	285	3705	1	1234	0,6	26	15,6	193					
			Döşeme hariç 105 in aynı								852					
										1045	7		5	112	1170	
															366	
															1536	
206 - YATAK ODASI - 20°C																
			205 in aynı												1536	

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı	ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				İst. İhtiyacı Qh Kcal/h		
			Uzunluk	Yükseklik	Alan	Adet	Çıkarılan	Hesaba giren	İst. geçirme katsayısı	Sıcaklık farkı	Sıcaklık farkı x ist. geç. K.S.	Zamsız ısı ihtiyacı	N ₀ Z _u + Z _a	Rüçgâr	Yön	Zem katsayısı			
			m	m	m ²		m ²	m ²	$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	°C	$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	Kcal/h	%	%	%	1+%			
					215 - YATAK ODASI - 20°C														
					214 ün aynı														1536
					216 - BANYO - 26°C														
					213 ün aynı														161
					217 - BANYO - 26°C														
					216 nin aynı														161
					218 - YATAK ODASI - 20°C														
					215 in aynı														1536
					219 - YATAK ODASI - 20°C														
					218 in aynı														1536
					220 - BANYO - 26°C														
					217 nin aynı														161
					221 - BANYO - 26°C														
					220 nin aynı														161
					222 - YATAK ODASI - 20°C														
					219 un aynı														1536
					223 - SUİT ODA - 20°C														
					201 in aynı														2256
					224 - 225 - BANYO - 26°C														
					221 in aynı														161

İşaret	Yön	Duvar kalınlığı cm	ALAN HESABI				ISI KAYBI HESABI					ZAMLAR				Isi ihtiyacı Oh Kcal/h	
			Uzunluk m	Yükseklik Geniçlik m	Alan m ²	Adet	Çıkarılan m ²	Hesaba giren m ²	Isi geçirme katsayısı $\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$	Sıcaklık farkı °C	Sıcaklık farkı \times isi geç. k. s. $\frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$	Zamsız isi ihtiyacı h	Z ₀ + Z ₁ %	Rüzgâr %	Yön %		Zam katsayısı 1+%
226 - OTURMA ODASI - 22°C																	
TA	-		395	4,77	1884	1		1884	0,6	28	168	316					
			Döşeme hariç 126 nın aynı									1106					
												1422	7	-5	102	1450	
																866	
																2316	
227 - KORIDOR - 18°C																	
TA	-		295	1,5	4425	1		428	0,95	24	144	812					
			Döşeme hariç 127 nin aynı										1920				
												2732	7	-5	102	2787	
																1718	
																4504	
228 - MERNİVEN - 18°C																	
TA					1846	1		1846	0,6	24	144	266					
												1244					
												1510	7	-5	102	1540	
																371	
																1911	
229 - KAT OFİSİ - 20°C																	
TA			4,8	208	998	1		988	0,6	26	156	156					
			Döşeme hariç 129 un aynı										629				
												785	7	-5	102	801	
																378	
																1179	

Daha No.	Isıtılacak yerin adı	Sıcaklığı °C	Hesap edilen Isı kaybı K. cal. h	Konacak Radyatörlerin verimi K. cal. h	R A D Y A T Ö R L E R					
					Verimli K. cal M ² h	Isıtma yüzeyi M ²	Dilim veya parça adedi	Kolon derinlik veya küturu	Yükseklik veya uzunluk	Grup adedi
01	Bay WC	18°	833	920	451	2.04	8	160	500	1
02	Bayan WC	18°	547	575	453	1.27	5	160	500	1
03	Soyunma+WC	22°	785	945	413	2.29	9	160	500	1
04	Dinlenme+Havuz	22°	1300	680	386	1.76	4	160	900	2
05	Koridor	18°	3926	744	423	1.76	4	160	900	1
				1674	423	3.96	9	160	900	2
01	Giris	20°	6136	3204	405	7.92	18	160	900	2
				1674	423	3.96	9	160	900	1
01	Merdiven	18°	1507	201'e	eklendi.					
02	Salon	20°	6936	2314	405	5.72	13	160	900	2
				1246	405	3.08	7	160	900	1
				1100	431	2.55	10	160	500	1
03	Yemekhane	20°	10608	3026	405	7.48	17	160	900	2
				1650	432	3.82	15	160	500	2
				1246	405	3.08	7	160	900	1
04	Mutfak	15°	2573	1288	497	2.59	14	160	350	2
05	Duş+WC	22°	1296	1470	412	3.57	14	160	500	1
06	Mutfak Girişi	15°	1204	1220	478	2.55	10	160	500	1
06	Çamaşık yıkama	18°	6452	575	453	1.27	5	160	500	1
				1150	451	2.55	10	160	500	1
				2418	423	5.72	13	160	900	2

Isıtılacak yerin adı	Sıcaklığı °C	Hesap edilen Isı kaybı K. cal. h	Konacak Radyatörlerin verimi K. cal h	R A D Y A T Ö R L E R						
				Verimli K. cal M ² h	Isıtma yüzeyi M ²	Dilim veya perçe adedi	Kolon derinlik veya küturu	Yükseklik veya uzunluk	Grup adedi	
1 Suit oda	20	2214	2314	413	561	13	160	900	1	
2 Banyo	26	286	360	391	0,92	5	"	350	1	
3 Banyo	26	286	360	391	0,92	5	"	"	1	
4 Oturma Odası	22	2425	1190	425	280	7	"	900	1	
			1360	444	306	8	"	"	1	
5 yatak Odası	20	1492	1602	449	357	9	"	"	1	
6 yatak Odası	20	1492	1602	449	357	9	"	"	1	
7 Banyo	26	271	360	391	0,92	5	"	350	1	
8 Banyo	26	271	360	391	0,92	5	"	"	1	
9 yatak Odası	20	1492	1602	449	357	9	"	900	1	
10 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	"	1	
11 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	"	1	
12 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	350	1	
13 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	"	1	
14 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	900	1	
15 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	"	1	
16 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	350	1	
17 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	"	1	
18 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	900	1	
19 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	"	1	
20 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	350	1	
21 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	"	1	
22 yatak Odası	20	1320	1424	465	306	8	"	900	1	
23 Suit oda	20	1913	1958	427	459	11	"	900	1	
24 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	350	1	
25 Banyo	26	244	288	389	0,74	4	"	"	1	
26 Oturma Odası	22	2540	1190	388	306	7	"	900	1	
			1360	386	352	8	"	"	1	

Isıtılacak yerin adı	Ç Sıcaklığı	Hesap edilen Isı kaybı K. cal. h	Konacak Radyatörlerin verimi K. cal h	RADYATÖRLER						
				Verimli K. cal M ² h	Isıtma yüzeyi M ²	Dilim veya parça adedi	Kolon derinlik veya kuturu	Yükseklik veya uzunluk	Grup adedi	
7 Koridor	18	3891	1850	420	4,40	10	160	900	3	
8 Merdiven	18	1640	127 ye	dâğılıldı						
9 Kat ofisi	20	1541	1602	449	3,57	9	160	900	1	
0 Depo	18	1661	1675	438	3,82	9	"	"	1	
01 Suit oda	20	2256	2314	412	5,61	13	160	900	1	
2 Banyo	26	145	216	393	0,55	3	"	350	1	
3 Banyo	26	145	216	393	0,55	3	"	"	1	
4 Oturma Odası	22	2486	1246	407	3,06	7	"	900	1	
5 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
6 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
7 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	350	1	
8 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	"	1	
9 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	900	1	
0 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
1 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
2 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	350	1	
3 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	"	1	
4 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	900	1	
5 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
6 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	350	1	
7 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	"	1	
8 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	900	1	
9 yatak Odası	20	1536	1602	449	3,57	9	"	"	1	
0 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	350	1	
1 Banyo	26	161	216	393	0,55	3	"	"	1	
2 yatak Odası	20	1536	1602	443	3,57	9	"	900	1	
3 Suit oda	20	2256	2314	412	5,61	13	"	"	1	

