

2579

HELEZON BORULU METAL YOĞUŞMA
YÜZEYLİ SERA TİPİ DAMITICI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA EĞİTİMİ)

KURTULUŞ BORAN

MAYIS 1987

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Y.Doç.Dr. Ali Y. UYAREL

Danışman

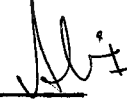


Sınav Jürisi

Başkan: Prof. Dr. Bilge ERDİLLER



Üye: Y.Doç.Dr. Ali Y. UYAREL



Üye: Y.Doç.Dr. Mustafa BALCI



Bu tez Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tez Yazım Esaslarına Uygundur.



ÖZET

Kurtuluş Boran
Yüksek Lisans Tezi
Gazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
ANKARA 1987.

Güneş enerjisiyle tatlı su üretiminde kullanılan sera tipi damıtıcılarda, yoğuşma gizli ısısı yeniden değerlendirilemez ve ortamda bulunan yoğuşmayan gazlar kütle ve ısı transferlerini güçleştirir. İlk olarak yoğuşma gizli ısısının değerlendirmek amacıyla, sera tipi damıtıcının yoğuşma yüzeylerinden kuzeye bakanı Alimunyumdan yapıldı.

Daha sonra deney sonuçları tablo ve grafiklerle değerlendirildi. Belli zaman aralıklarında kütle ve ısı transferi denklemleri kuruldu; deney sonuçlarıyla uygun olduğu görüldü. Absorblanan güneş ışınımının, kayıp enerjilere hangi oranda dağılım gösterdiği araştırıldı ve diğer araştırmacıların sonuçlarıyla karşılaştırıldı.

II

KURZE ZUSAMMENFASSUNG

Kurtuluş Boran

M.Sc. Thesis

Gazi Universität

Institut für Naturwissenschaft und Technologie

ANKARA 1987

Bei den feldartigen Destillieren die bei der Süßwassergewinnung mit Sonnenenergie arbeiten, kann nicht die verschtechte kondensationswärme nachträglich. Verwertet werden, da die nicht kondensierten Umgebungsgase Wärme- und Stofftransport besonders erschweren. Um die kondensationwärme nutzbar machen und vewerten zu können wurde die nordseitige ober fläche des feldartigen Destillierers aus Aliminium Konstruiert.

Die versuchsergebnisse wurden ausgewertet und nachträglich mit Hilfe von Tabellen und Graphiken vorgestellt. Weiterhin wurden Gleichungen für Stoff und Wärmetransport aufgestellt für bestimmten zeitabstenden. Es wurde untersucht in welchem Verhaltnis sich die absorbierte Sonnenenergie auf den anderen Energieverlusten verteilt, wobei die Ergebnisse mit den untersuchungen anderer Forscher vergleichen worden sind.

III

TEŞEKKÜR

Tezin hazırlanmasında büyük ölçüde emeği geçen, hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen, tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ali Yücel Uyarel'e, Makina Eğitimi Bölümü başkanı Prof.Dr. Bilge Erdiller'e ve Tesisat Anabilim dalı Öğretim Elemanlarına teşekkürü borç bilirim.



IV

SEMBOLLER

- A : Alan (m^2)
- C : Molekölseel Derişiklik ($Kmol/m^3$)
- C_p : Özgöl ısınma ısısı ($KJ/Kg^{\circ}C$)
- D : Difüzyon katsayısı(m^2/s), Ürün tatlı su miktarı(Kg)
- E : Günlük güneş ısınımı($KJ/m^2gün$), ($cal/cm^2gün$)
- I_s : Güneş ısınımı yoğunluğu (KW/m^2), ($cal/cm^2.h$)
- L : Karakteristik uzunluk (m)
- LTV: Uzun düşüy tüplü damıtıcı
- M : Günlük yoğunşan su ($Kg/m^2gün$)
- MSF: Çok kademeli ani basınç düşmeli damıtıcı
- P : Basınç (N/m^2), (Pa)
- Q : Toplam ısı transferi (KW), (W)
- R : Gaz sabiti ($KJ/Kg^{\circ}K$)
- T : Sıcaklık ($^{\circ}C$), ($^{\circ}K$)
- V : Hacım (m^3)
- VC : Buhar sıkıştırmalı damıtıcı
- X : Hacımsal oran, Karakteristik uzunluk (m)
- h : Isı taşınım katsayısı ($W/m^2^{\circ}C$), ($KW/m^2^{\circ}C$)
- h' : Kütle taşınım katsayısı (m/s)
- h_{fg} : Buharlaşma gizli ısısı (KJ/Kg)
- k : Isı iletim katsayısı ($KW/m^{\circ}C$)
- m : Birim yüzeyden, Birim zamanda buharlaşma(Kg/m^2s)
- q : Birim yüzeyden ısı transferi (KW/m^2), (W/m^2)

t : Zaman (saniye)

α : Termal difüzivite ($k/\rho c_p$), (m^2/sn)

β : Isıl genleşme katsayısı ($1/^{\circ}K$)

δ : Kalınlık (m)

μ : Dinamik vizkozite ($kg/m.s$), ($Pa.s$)

ν : Kinematik vizkozite (m^2/s)

ρ : Yoğunluk (Kg/m^3)

σ : Stefan-Boltzman sabiti ($5,66 \times 10^{-8} W/m^2 \text{ } ^{\circ}K^4$)

ζ : Derişiklik genleşme katsayısı

VI

İÇİNDEKİLER

ÖZET	I
KURZE ZUSAMMENFASSUNG	II
TEŞEKKÜR	III
SEMBOLLER	IV
GİRİŞ	1
BÖLÜM I	
SUYUN ÖZELLİKLERİ VE TATLI SU ÜRETİM METODLARI ..	4
I.1. Suyun Önemi ve Özellikleri	4
I.1.a. Suyun Fiziksel Özellikleri	5
I.1.b. Suyun Kimyasal Özellikleri	5
I.1.c. Suyun Bakteriyojik Özellikleri...	6
I.1.d. Suyun Mikroskopik Özellikleri	7
I.2. Deniz suyu	8
I.3. Tatlı Su Üretim Metodları	9
BÖLÜM II	
LİTERATÜR	14
I.1. Literatür Araştırması	14
BÖLÜM III	
GÜNEŞ ENERJİSİ VE UYGULAMASI	19
III.1. Güneş Enerjisi	19
III.2. Güneş Enerjisi Uygulama Alanları	21
BÖLÜM IV	
MATERYAL VE METOD	22
IV.1. Deney Cihazlarının Tasarımı	22

VII

IV.2. Deneylerin yapılışı ve Ölçmeler	24
IV.3. Deney Sonuçlarının Grafiklerle Değerlendirilmesi	28
IV.4. Deney Sonuçlarının Yorumu	32

BÖLÜM V

TEORİK İNCELEME	36
V.1. Sera Tipi Damıtıcıda Isı Dengesi	36
V.1.a. Radyasyon Isı Kaybı	39
V.1.b. Konveksiyon Isı Kaybı	39
V.1.c. Su-Cam Arasında Buharlaştırma kaybı ..	40
V.1.d. Taban ve Yanlardan Isı Kaybı	42
V.2. Sera Tipi Damıtıcı Verimi	42
V.3. Deney Sonuçlarının Isı ve kütle Transferi Denklemleriyle Karşılaştırılması ...	43
V.4. Yoğuşma Gizli Isısından Faydalanma oranı	45

BÖLÜM VI

SONUÇ VE TARTIŞMA	46
KAYNAKLAR	51
EKLER	
EK I Deney Cihazlarının Resmi	54
EK II Türkiye Güneşlenme Haritaları	57
EK III Bilgisayar Programları	61
ÖZGEÇMİŞ	70

- GİRİŞ

Suyun bitki ve diğer canlılarla, insan ve toplum hayatındaki önemi tartışılmaz. Artan ihtiyaç karşısında mevcut su temini kaynakları yetersiz kaldığı için acı ve tuzlu sulardan tatlı su üretimi için pek çok metod kullanılmaktadır. Temelde tatlı su üretimi iki metodla olur; buharlaştırma-yoğusturma(distilasyon) ve fiziksel veya elektriksel membranlarla suyu çözültiden ayırma; ikinci metod çok tuzlu olmayan sular için ve daha çok laboratuvar şartlarında bir üretim için uygundur.

Distilasyon için ısı enerjisi ve mekanik enerji ile beraber mekanik enerji kullanan sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler bir enerji kaynağına ihtiyaç duyarlar. Yapıları basit olmayıp vakum pompası, ejektör, kompresör gibi pahalı ve hassas cihazlar kullanırlar. Çevre kirliliği ve gürültüye sebep olabilirler.

Öte yandan güneşlenme imkanları ve deniz suyu bol olan adalar ve kıyı şeridi gibi bölgeler klasik enerji kaynaklarından uzakta bulunabilirler. Bu durumda klasik tatlı su üretim metodları veya borularla kaynaktan su dağıtımı yoluyla üretimin maliyeti oldukça yüksek olur. Bunun yanında tamir ve bakım zorlukları da olacaktır. Bilhassa küçük kapasitelerde klasik metodların performans oranları düşük olmaktadır.

Bu bölgeler için yapısı basit olan, çevre problemi ve enerji temini problemi olmayan, sera tipi güneşli damıtıcılar en uygun çözüm olacaktır. Bu sistemin iki önemli problemi vardır; Yoğuşma gizli ısısının değerlendirilememesi ve buharlaşma-yoğuşma yüzeylerinde, ısı ve kütle transferini önemli ölçüde güçleştiren, yoğuşmayan gazların bulunması. Bu sebeble belli kapasiteler için büyük alanlara ihtiyaç vardır. Sistemin geliştirilip iyileştirilmesi ile gerekli alan azaltılabilecektir. 1985 den sonra sera tipi damıtıcıların verimlerini arttırmak için çalışmalar yapılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, sera tipi damıtıcıda karşılaşılan problemin (sistemin basitliği ve sadeliği bozulmadan) çözümü amaçlandı. İlk olarak yoğuşma gizli ısısının bir miktarının tekrar kullanılabilmesi için yoğuşma yüzeylerinden birisi Aliminyum malzemeden yapıldı. Besleme suyu, bu yüzeye temas eden bakır helezon borudan geçerken bir miktar ısıtılmış oldu. Böylece bu yüzeyde ortaya çıkan yoğuşma gizli ısısından faydalanıldı. Yüzey, kuzeye bakan ve deneme mevsimi ve yerine göre uygun şekilde, 60° eğimli olarak yerleştirildi. Metal, cam yoğuşma yüzeyine göre daha çabuk soğuduğundan bu yüzeyde yoğuşma da biraz arttı.

Geliştirilen iki cihaz, aynı boyutlarda ($0,5 \times 1 \text{ m}^2$) su yüzeyi, 5 cm su derinliği ve güney-batıya yönelmiş olarak, aynı günlerde denendi ve gerekli ölçümler yapıldı. Sonuçlar katlı regresyon analizi yapılarak bilgi-

sayar programı ile değ erlendirildi ve tesir eden değ işkenlerle birim alandan alınan g nl k tatlı su miktarı arasında bağıntılar belirlendi.



BÖLÜM I

SUYUN ÖZELLİKLERİ VE TATLI SU ÜRETİM METODLARI

I.1 Suyun önemi ve özellikleri

Hayatın başlangıcı olduğu söylenen su, diğer canlılarda ve yaşantımızda hayati önemi olan vazgeçilmez bir maddedir. İnsanlık tarihi ve medeniyetlerin gelişmesinde su sıkıntısı olmayan bölgeler önemli yerleşim yerleri olmuş, su sıkıntısı olan yerler yaşama zorlukları sebebiyle tercih edilmemiştir.

Yeryüzünün büyük bir bölümü (% 78) su ile kaplıdır. Bu su devamlı kapalı devre yapacak şekildedir. Ancak içilebilecek ve çeşitli amaçlar için kullanılacak suyun miktarı pek çok değildir. Su 2 kısım Hidrojen ile 1 kısım Oksijenin birleşmesinden meydana gelmiştir. Doğada saf suya rastlamak mümkün değildir. Yağmur suyu bile hava tabakasından geçerken havadaki gazları ve yeryüzüne düştükten sonra çeşitli maddeleri kendine bağlar. Bu maddeler suya tad verir. İnsan sağlığının korunmasında temiz su ne kadar önemli ise kirli (mikroplu) suyun da sağlık için o derece tehlikeli olduğu bilinen bir gerçektir.

İçme suyunda aranan özellikler ; Su tabiatta saf halde bulunmaz. Zaten saf suyun içimi de hoş değildir.

Suyun içinde elde edil iş tarzına, geçtiği toprak tabakalarının özelliklerine göre çeşitli maddeler bulunur. Suyun kalitesinin fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik ve mikroskopik özelliklerine göre değişir.

I.1.a. Suyun Fiziksel Özellikleri

1. Suyun sıcaklığı: İçme suyunun sıcaklığı 7-12°C arasında olmalıdır. Bu sıcaklık da suyun içiminin hoş olduğu tesbit edilmiştir.

2. Suyun rengi : Suda erimiş yada asılı bulunan koleoloidal organik maddeler ona bir renk verirler. Su kütlesinin kalınlığı arttıkça bu renk belirli bir şekilde ortaya çıkar.

3. Suyun berraklığı : Asılı veya koleoloidal maddeler suya bir bulanıklık verir. Bulanık suyun içimi hoş değildir.

4. Suyun kokusu : Yosun v.b. organizmaların olması suya fena koku verir. Eriyik haldeki organik maddeler serbestklor, çeşitli endüstri artıkları suya fena koku verir.

5. Suyun lezzeti : Suda erimiş halde bulunan Oksijen (O_2) ve karbondioksit (CO_2) gazları suya hoş bir lezzet verir. Lezzet ve kokunun fenalığı sağlık bakımından tehlikeli olmayabilir. Ancak suyun içimini güçleştirir.

I.1.b. Suyun Kimyasal Özellikleri

Suda bulunan bazı kuvvetli asitlerin tuzları top-

raksı maddelerin tuzları, Oksijen (O_2), Kükürtlü hidrojen (H_2S), Azot (N_2) gibi gazlar ona çeşitli özellikler kazandırır. Bunlardan Kalsiyum ve Magnezyum tuzlarının verdiği özelliğe sertlik denir. Sertliğin ölçülmesinde birim hacimde bulunan Kalsiyum karbonat ($CaCO_3$) miktarı esas alınır. Su sertliğini gösteren birimler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. (Tablo :I.1.)

Tablo: I.1. Suyun Çeşitli sertlik ölçüleri

	Fransız 10 ⁵ kısım suda 1 kısım suda 1 kısım $CaCO_3$	Alman 10 ⁵ kısım suda 1 kısım suda 1 kısım CaO	Amerikan 10 ⁵ kısım suda 1 kısım suda 1 kısım $CaCO_3$
Fransız	1,00	0,56	10,00
Alman	1,79	1,00	17,90
Amerikan	0,10	0,056	1,00

Bir Alman sertlik derecesi 100.000 kısım suda 1 kısım kireç olduğunu gösterir. Yani 1 litre suda 10 mg kireç varsa bu suyun sertlik derecesi 1 dir.

Sertliği 10 dan az olan sulara yumuşak, 10-20 arasında olanlara orta, 20 den yukarı olanlara sert sular denir.

1.1.c. Suyun Bakteriyolojik Özellikleri

Suda bulunan organizmaların en küçükleri bakterilerdir. Bunlara özellikle yer üstü sularında rastlanmaktadır. Suda bitkisel ve organik maddeler bulunması, bakterilere gıda maddesi görevi yaptığından sakıncalıdır.

Suda yaşıyan bakterilerin çeşidi çoktur. Bunların hepsi zararlı değildir. Zararlı olanların başında tifo, basili, dizanteri ve kolera bakterileri gelir. Bir suyun temiz olup olmadığını anlamak için, içinde koliform grubu bakteri bulunup bulunmadığına bakılır. Suda koliform bulunması suyun temizliğine bir işaret sayılır. Sudaki koliform sayısı hiç bir zaman beher litre suda 10'u geçmemelidir.

1.1.d. Suyun Mikroskopik Özellikleri

Mikroplar organizmaların mikroskopla teşhis edilebilenleridir. Çok çeşitleri vardır. Başlıcaları Şerit, mantar, ve çeşitli parazit mikroplarıdır.

İçilebilir bir suyun özellikleri de aşağıda ki gibi olmalıdır.

Renk: Derinliği 40 cm den az olan suyun rengi fark edilmemeli.

Koku ve Lezzet: Kokusuz ve hoş olmalıdır.

Bulanıklık: 10 birimden az olmalıdır.

Sertlik: 50 Fransız sertliğinden az olmalıdır.

Demir: 0,4 mg/litre den az olmalıdır.

Organik madde: 3 mg/litre den az olmalıdır.

Toplam katı maddeler: 1000 mg/litre den az olmalı.

Bakteriyoloji: Bakteri, koli ve patojenik organizmalar bulunmamalıdır.

1.2. Deniz Suyu

Deniz suyunu meydana getiren maddeler hemen hemen sabit oranlarda olmak üzere şunlardır ;

Sodyum Klorür: (1000 gr suda 27,3 gr)

Magnezyum Klorür: (1000 gr suda 3,4 gr)

Magnezyum Sulfat: (1000 gr suda 2,0 gr)

Kalsiyum Sulfat : (1000 gr suda 1,3 gr)

Potasyum Klorür : (1000 gr suda 0,6 gr)

Kapalı denizlerin ve tali denizlerin dışında büyük okyanus kütlelerinin tuzluluğu % 0,3 tür. Tuzluluk dö-nencelerde, aşırı güneşlilik ve bunun sonucu olan yüksek buharlaşma sebebiyle % 0,36 yı geçer. Ekvatora doğru ya-ğışlar, ortalamayı % 0,34 e düşürür. Kuzey yarım kürede Kuzeye doğru denizin tuzluluğu daha da düşer. (40-50° en-lemeleri arasında tuzluluk görülür.)

Sıcaklık; açık denizlerde, Ekvator'da deniz suyu 27°C , Kapalı deniz veya tali denizlerde ve kıyıların yakınında daha yüksek sıcaklık elde edilmiştir. Ortala-ma 7°-5°C lik sıcaklık farkı vardır. (10°-12°C arasına kadar da çıkabilmektedir.)

I.3. Tatlı Su Üretim Metodları

Bilinen(Klasik) metod olarak değerlendirdiğimiz üretim usulleri:

1. Suyu çözeltilerden ayıran sistemler

a-) Buharlaştırma-Yoğuşturma(Distilasyon)

Uzun düşey tüp buharlaştırma(LTV)

Ani basınç düşmeli (MSF)

Buhar sıkıştırmalı (VC)

Nemlendirmeli (Güneşli damıtma)

b-) Kristalleştirme ve Dondurma

Doğrudan dondurma

Dolaylı Dondurma

Hidratlar.

c-) Aşırı filitreleme

d-) Çözücü Savurma

2. Tuzu Çözeltilerden Ayıran Sistemler

a-) Elektrodialysis

b-) Ters ozmosiz (Zar)

c-) Tuzu emdirme

d-) Sıvı özünü çıkarma

e-) İyon değiştirme

f-) Kontrollü difizyon

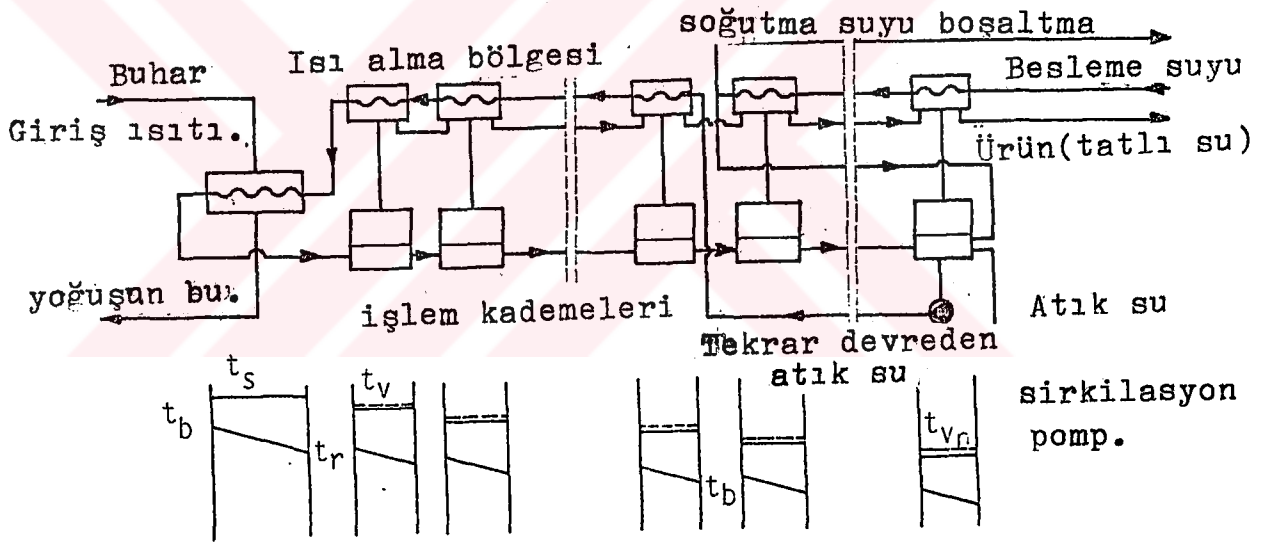
g-) Biyolojik ayırma

3. Güneş Enerjisi Yardımıyla Damıtma(sera tipi)

şeklinde sıralayabiliriz.(20).

Deniz suyunda tatlı su üretme metodları olarak

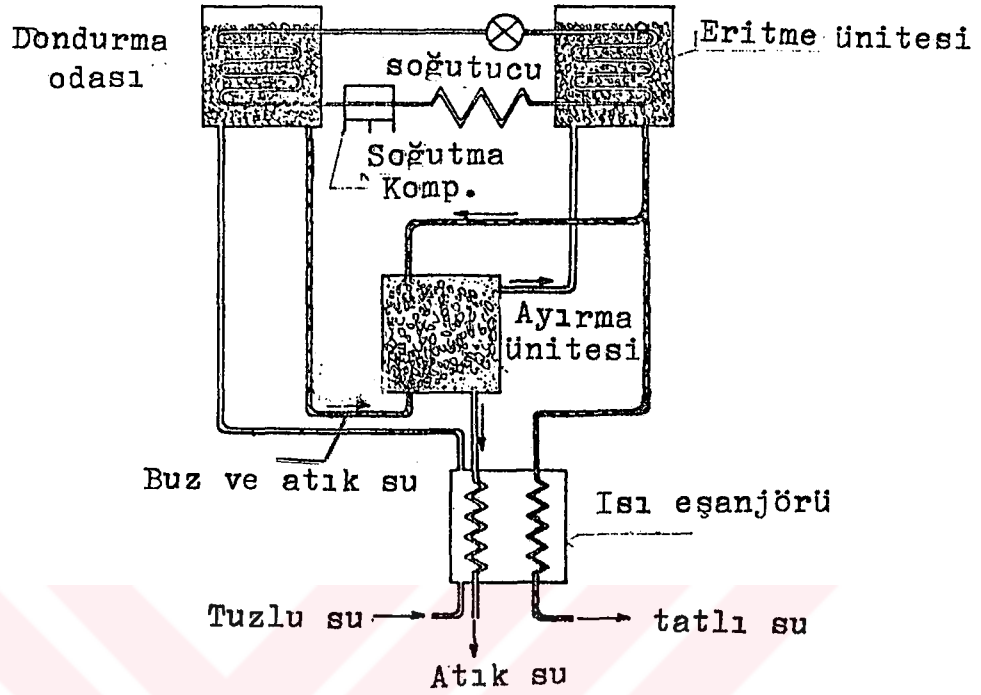
2.) Ani basınç düşmeli sistem; Her kademedeki sıcak su basıncı ani bir düşmeye uğrayarak bir miktar buharlaşma temin edilir. Basınç ve sıcaklıklar gittikçe azaltılır. Sistemde ısı transfer katsayısı büyüktür. Kabuk bağlama(scale) problemi en azına indirilmiştir. Isı transfer yüzeylerinin çoğu kalkmıştır. Buna karşı ejektör ve vakum pompaları gibi özel cihazlara ihtiyaç vardır. Dış eşanjör ve pompaların varlığı da problemleri arttırır. Isı 3 defa transfer olmaktadır. (Şekil: I.2.)



Şekil: I.2. Ani Basınç Düşmeli Sistem

(t_s : su sıcaklığı, t_v : Buhar sıcaklığı)

3.) Kristalleştirme ve dondurma metodu ; Bu metod-
da tuzlu su donma noktasına doğru soğutulursa buz kris-
talheri oluşmaya başlar. Kristallerde yüzeyler hacme o-
ranla büyüktür. En büyük kristal 0,1 - 0,4 mm boyutunda-
dır. Donma $-1,95^{\circ}\text{C}$ de başlar. Donma işlem süresi uzadık-
ça buz içindeki tuz miktarı % 1-3 arasında azalmaktadır.



Şekil: I.3. Kristalleştirme ve Dondurma Metodu

Çalışma sıcaklıkları düşük olduğu için korozyon ve scale problemi yoktur. Eşanjörde eritilmiş buz tarafından ön soğutma yapılır. Sonra tuzlu su bir soğutma çevrimi tarafından dondurulur. Yıkanıp atıksudan ayrıldıktan sonra tatlı su ürünü eritme hücresinden dışarı alınır. (Şekil:I.3.) .

4.) Aşırı filitreleme ; Tuzlu çözeltiyi basınç altında bir membrandan geçmeye zorlayarak tuzundan ayırma işlemidir. Membran suyu tuzdan daha kolay geçirecektir. Suyu tuzdan ayırmak işlemi, tuzu sudan ayırmaktan daha kolaydır. Etkinin basınç olması da elektrik enerjisi lanmaktan iyidir.

5. Tuzu Çözeltiden Ayıran Sistem :

Elektrodialysis(elektrikle iyonlara ayırma): Tuzlu su çözeltisi akımına dik olarak anyon ve katyon levhalar yanyana dizilirler. Elektrik akımı çözelti akımına diktir. Çözelti alttan pompalanmakta, elektrik akımı tesiriyle membrandan akıma ters bir difüzyon olmakta böylece bir yanda tuz konsantrasyonu artmaktadır.

Bir başka çözümde bir nötr bir anyon levha veya sadece katyon membran kullanılmasıdır. Besleme üstten yapılır. 0,5-1,0 mm aralıklı hücreler minimum akımla yüklenir. Ürün pompaya gerek duyulmadan alttan alınır.

6. Güneş enerjisi yardımıyla damıtma(sera tipi)

Muhakkak ki tuzlu ve acı sulardan tatlı su elde etmeye yarayan pek çok yol vardır. Ancak tatlı suyu ucuza mal etmek çok zordur. Acı ve tuzlu sulardan tatlı su elde etmede, sera tipi damıtıcılardan asırlardan beri yararlanılmaktadır. Cam örtüden süzülen güneş ışınları damıtıcının tabanındaki suyu 30° ile 60°C mertebesinde ısıtır. Suyun az bir kısmı buharlaşarak damıtıcının içini doygun hale getirir. Cam örtü genellikle içerdeki doygun havadan daha serin olduğu için camın iç yüzeyinde yoğunlaşma olur. Bu tip damıtma sistemlerinde sera tipi düşey borulu tip ve kademeli havuz sistemleri mevcuttur.

BÖLÜM II

LİTERATÜR

II.1 Literatür Araştırması :

Güneş enerjisi ile damıtma çok eskiden beri bilinmektedir. Sera tipi damıtıcı ilk defa 1872 yılında Kuzey Şili'de Charles Wilson tarafından inşa edilmiştir. Yaklaşık olarak 5000 m^2 lik yüzeye sahip cihazından $4,9 \text{ kg/m}^2$ gün olmak üzere toplam $19 \text{ m}^3/\text{gün}$ ürün tatlı su elde edildiği bildirilmektedir. (9)

1940 lı Yıllarda kullanım alanı genişlememiş olan sera tipi damıtıcılar, II.Dünya savaşı sırasında ortaya çıkan acil ihtiyaçlar sebebiyle tekrar güncellenmiş ve savaş sırasında yüzen bot şeklinde şişirilmiş plastikten yapılan damıtıcılar kullanılmıştır. Telkes (18) tarafından geliştirilen bu sistemin içerisinde suyu emen siyah bir kollektör, buharlaştırıcısı olarak görev yapmakta, şişirilmiş şeffaf dış zarfta yoğunlaşan su tabanda birirmektedir. Tuzlu ve acı sulardan tatlı su üretimi için kullanılan ve klasik enerji kaynağı ile çalışan sistemler geliştirilmiş, enerji probleminin ortaya çıkmasıyla güneş enerjili sistemler üzerine araştırmalar tekrar yoğunlaştırılmıştır. 1985'den sonra yapılan çalışmalar daha çok bu sistemin, verim ve tatlı su üretim miktarı yönünden geliştirilmesine yönelik olmaktadır.

Bu arada Ege Adaları, Kıbrıs, Arap yarımadaları, Güney Afrika, Avustralya, Japonya başta olmak üzere güneş enerjili tatlı su üreteçleri oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunların en küçükleri 100 m^2 alanlı ve $0,4 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli Şili'de kurulan (1968) sistem ve en büyükleride 8640 m^2 alanlı $26,11 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli Patmos (Ege Adalarından)'ta 1967 de kurulan sistemlerdir.

Delyannis (3) sistem performansını iyileştirmek amacıyla iki çözüm yolu önerir; damıtıcının güneşlenme imkanı olmadığı yağmurlu zamanlarda yağmur toplayıcı olarakta kullanılması ve büyük bir güneş kollektörü ile ısıtılan suyu, derin bir sera tipi damıtıcıda depolayıp gece yoğuşmasından da yararlanılması.

Morse ve Read (12), Batı Avustralyada 418 m^2 yüzey alanı olan damıtıcı ile deneyler yaptılar. Mart- Aralık arasında yapılan deneylerde ürün tatlı su miktarı ve ısınım ile taşınım ısı kayıplarının günlük güneş ısınımı, su sıcaklığı, rüzgar hızı, cam örtü sıcaklığına göre değişimlerini ve aralarındaki korelasyonları belirlediler. Sonuçlar sadece deneyin yapıldığı bölgeye uygulanabilecek nitelikte idi.

Howe (8)'de sera tipi damıtıcıda ısı dengeleri ve ısı akışı değişimlerini teorik olarak araştırdı. Isı dağılımlarıyla ilgili çalışmaların sonuçlarını Talbert (17) tablo şeklinde vermektedir. Bu çalışmalarda ortalama olarak $22,7 \times 10^3 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ güneş ısınımı ol-

ması halinde enerjinin % 40 kadarının buharlaşmaya (tatlı su üretimine) harcandığı ve %15 ışıınım, %5 taşınım, %10 da uç taban ve yanlardan ısı kayıpları şeklinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Deneyler, kontrol kolaylığı için, laboratuarda elektrikle güneş ışıınımini simüle edecek bir ısıtma gerçekleştirerek yapılmıştır.

Cooper(2) , ısı dengesi ve ısı kayıplarının dağılımı tespit için bir matematik model geliştirdi; Değişik güneşlenme ve çevre şartları (rüzgar hızı ve sıcaklık gibi) için ve 1 m genişliğinde simetrik cam örtülü cihaz buharlaşma yüzeyini 24 eşit parçaya bölerek, en küçük kareler yöntemi kullanan bilgisayar hesapları sonucunda tespit ettiği bulgular şöyle özetlenebilir;

a. Su derinliği 50 cm den 5 cm ye düşürüldüğünde ürün miktarında % 30 artış olmaktadır.

b. Rüzgar hızı ve cam çatı eğiminin tesiri az olmaktadır. Aynı çalışmada su-cam yüzey sıcaklık farkı arttıkça (2°C den 16°C ye) ürün miktarının arttığı ve su sıcaklığının ürün tatlı su miktarına en çok tesir eden faktör olduğu görülebilir.

Su sıcaklığı 10°C iken; absorblanan ısıнын % 20 si buharlaşmaya, % 60 ışıınım ve %20 taşınım kaybına harcanırken, su sıcaklığı 80°C olduğunda; % 80 buharlaşmaya, % 15 ışıınım ve % 5 taşınım kaybına harcanmaktadır. Su sıcaklığı arttıkça ışıınım ve (hava buhar oranı arttığından) taşınım kayıpları azalmaktadır.

Blowmer(1) ısı dengelerini belirlemek amacıyla 1,2x2,4 m boyutlarında prototip üzerinde yaptığı deneylerde, su derinliği 5 -15 cm arasında cam eğimi 10° - 40° arasında değiştirilirken su yüzeyi cam örtü arasındaki 15,2 ile 40,7 cm lik mesafenin fazla tesiri olmadığını söyler. Denemelerinde su içinde yüzen siyah absorber eleğinde önemli tesiri olmayacağını, araştırmaları sonucu söylemektedir.

Kullanılan malzemeler üzerinede pek çok çalışma yapılmaktadır. Geçirgen çatı için en uygun malzeme camdır. Cam güneş ışınlamı için iyi bir geçirgen, uzun dalga boy-
lulu ışınlam kaybı için ise iyi bir yansıtıcıdır. Rijit ve uzun ömürlü olması, su tarafından ısılatılabilir olmasında istenen özelliklerdir. Fischer ve Irwin(11) plastik film malzemeleri denemişler ve ultraviyole bozunma sonucu ömürlerinin 1 yıldan fazla olmayacağı sonucuna varmışlardır. Selüloz asetat,vinil,polivinil,polietilen gibi malzemeler üzerinede çalışmalar yapılmaktadır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar daha çok verimi % 30 kadar olan sera tipi damıtıcıların geliştirilmesi ve performansın iyileştirilmesi yönündedir. Bu çalışmalar yoğunlaşma gizli ısısının değerlendirilmesi, güneş enerjisi depolama/damıtma sisteminin ayrılması ve son olarakta güneş enerjili sistemin diğer klasik sistemlerle beraber çalışması yönünde gelişmektedir.

Dunkle(5), yoğunlaşma ısısını değerlendirmek amacıyla 5 kademeli damıtıcı üzerine deneme yaptı. En üstte

siyah emici plakanın alt yüzeyine emici bir fitil yerleştirdi. hemen altına 2.düzlem yüzeyi yerleştirdi. Bu yüzeyinde alt kısmı suyu emici fitil ile temasta idi. Böylece alt alta 5 buharlaşma-yoğuşma kademesi düşünüldü. Teorik olarak bu damıtıcıdan, su sıcaklığı 49°C - 38°C arasında değişirken, $14\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ tatlı su ürünü alınabilecekti.

Moustafa ve Brusewitz(13) sera tipi damıtıcıda verimi arttırmak için yoğuşma gizli ısıısının değerlendirilmesi ve ışıının ısı kaybının azaltılmasının gerektiğini önerdiler. Cam eğimi arttıkça güneş ışıının yansıtılması artmakta, buna karşı su yüzeyi ile cam arasındaki ışıının ısı kaybındaki azalma daha çok olmaktadır. Bu amaca uygun olarak 4 çeşit damıtıcı denediler. Önce merdiven şeklinde kademeli su havuzları olan, 45° eğimli cam çatı ile örtülmüş cihaz denendi. Işıının ısı kaybı daha az, ışıının absorblama yüzeyi daha çok, su-cam arası mesafe daha kısa tutulabildi. En üst basamağa pompalanan su, 5 cm derinlikli basamaklardan aktarıldı. Daha sonra aynı cihaz güneş görmeyen tarafına 2. bir yoğuşma odacığı eklenerek denendi. 2. yoğuşma yüzeyi (arka yüzey) üzerine bir su cebi düşünüldü. Bu yüzeyde açığa çıkan gizli ısı ile besleme suyu ön ısıtma işlemi yapıldı.

BÖLÜM- III

GÜNEŞ ENERJİSİ VE UYGULAMASI

III.1. Güneş enerjisi

İnsanoğlunun kullandığı enerji kaynağı teknolojik gelişmelere göre değişmiştir. Önceleri enerji kaynağı olarak sadece odun ve benzeri yakacaklar kullanırken uzun süre sonra kömür ve yakın tarihtede petrol ve tabii gaz bulunup kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde insanlığın ihtiyacı olan enerji çoğunlukla yakacaklardan, hidrolik enerjiden ve çok küçük bir kısmı da nükleer enerjiden temin edilmektedir.

Enerji kaynakları, üretildiği miktarlar gözönüne alınarak "Birincil(alışılmış) enerji kaynakları" ve "İkincil(alışılmamış) enerji kaynakları" olarak iki grupta incelenmektedir. Ayrıca potansiyeli mevcut olan ve teknolojik güçlükler sebebiyle yeni faydalanılabilen enerji kaynaklarına yeni, ve eksilmeyen kaynaklarada yenilenebilir enerji kaynakları denilmektedir. Alışılmış enerji kaynakları; fosil kaynaklar(kömür, petrol, v.s) hidrolik enerji ve nükleer enerji, alışılmamış enerji kaynakları ise güneş enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi, rüzgar enerjisi (v.b) dir.

Dünyada tüketilen enerjinin % 90 nına yakını fosil kaynaklardan temin edilmektedir. Fosil kaynaklar içerisinde

de de en çok kullanılanı petroldür. Yapılan tahminlere göre fosil yakacaklar bu günkü oranda kullanılmaya devam edilirse yakın gelecekte tükenmeye başlayacaktır.

Güneş dünyamıza ve diğer gezegenlere enerji veren sonsuz denebilecek güce sahip tek enerji kaynağıdır.

Termonükleer bir reaktör olan güneşin birim alanından birim zamanda çeşitli dalga boylarında 62 MW/m^2 enerji yayılmakta ve güneşin bütün yüzeyinden yayılan enerjinin sadece 2 milyarda biri yeryüzüne gelmektedir. Buna rağmen bir yıl boyunca yeryüzüne gelen enerji, dünya tüketiminin milyonlarca katıdır.(15)

Güneş ışıınının yeryüzünde dağılımı Ülkelere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Yeryüzünde birim yüzeye gelen ortalama güneş ışıını şiddeti değeri, $0-1000 \text{ W/m}^2$ arasında değişir. Türkiyenin bir bölümü de güneş kuşağı adı verilen bölgede bulunmaktadır. Güneş enerjisi bakımından orta zenginliktedir.

Güneş enerjisinin diğer enerji türlerine göre çok sayıda üstünlüğü bulunmaktadır;

1. Herşeyden önce bol ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır.

2. Temiz enerji türüdür; çevreyi kirletici duman gaz, CO, kükürt ve radyasyon gibi artıklar yoktur.

3. Bir çok uygulaması için karmaşık teknolojiye gerek duyulmamaktadır.

4. İşletme masrafları çok azdır.

III.2. Güneş Enerjisi Uygulama Alanları

Güneş enerjisinin önem kazanması daha çok 1973 deki dünya enerji kriziyle olmuştur. (Termodinamik çevrimlerle pekçok enerji dönüşüm sistemi vardır). Genel olarak bu sistemleri ;

- a-) Düşük sıcaklık uygulamaları (20-100 °C arası)
 - b-) Orta sıcaklık uygulamaları (100-300 °C arası)
 - c-) Yüksek sıcaklık uygulamaları (300 °C nin üzeri)
- olarak gruplandırabiliriz.

Düşük sıcaklık uygulamalarında daha ziyade düz toplayıcılar kullanılır. Bu uygulamalardan bazıları ise;

1. Konutların sıcak su temini
2. Konut ısıtması
3. Seraların ısıtılması
4. Konutların Soğutulması
5. Tatlı su elde edilmesi
6. Elektrik Üretimi

BÖLÜM . IV

. MATERİYAL VE METOD

IV.1. Deney Cihazlarının Tasarımı

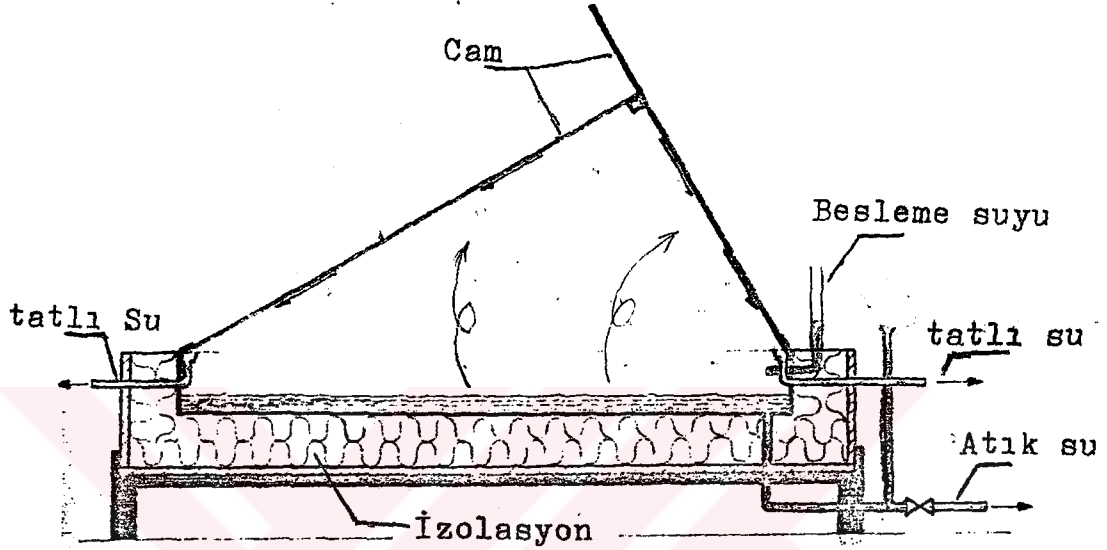
Bu çalışmada deneysel metod kullanıldı. Deney sonuçları istatistik olarak değerlendirildi. Bazı ısı ve ısı dengesi denklemlerinden bulunan sonuçlar ve daha önce başka araştırmacıların buldukları sonuçlar deney sonuçları ile karşılaştırıldı.

Deney malzemeleri. piyasadan temin edildi. İmalat, Teknik Eğitim Fakültesi'nin atalyelerinde, kendi çabalarımızla gerçekleştirildi. Deney cihazlarının belirli yerlerindeki sıcaklık ölçümleri 12 kanal seçicili elektronik ekranlı, cu-cons. çifti kullanan termokupl uçlarla ölçüldü. Çevre sıcaklığı termometre ile, radyasyon (Güneş ışıınımı) ölçmeleri Ankara Meteoroloji Müdürlüğünden alındı.

İmal ve test edilen cihazlar sera tipi ve helezon borulu sera tipi cihazlardır. (Sera tipi, helezon borulu cihaz ile karşılaştırma yapabilmek için imal edilen klasik sera tipi damıtıcıdır.)

Sera tipi cihaz; su havuzu tabanı siyaha boyanmış, 1,00x0,5x0,1 m boyutunda 1 mm lik bakır levhadan yapıldı. Cam çatı 30° Güneye bakan yüzeyi ve 60° de Kuzeye bakan yüzey olacak şekilde 3 mm kalınlıklı ticari beyaz camdan yapıldı. Oluklar uygun bir şekilde Alimun-

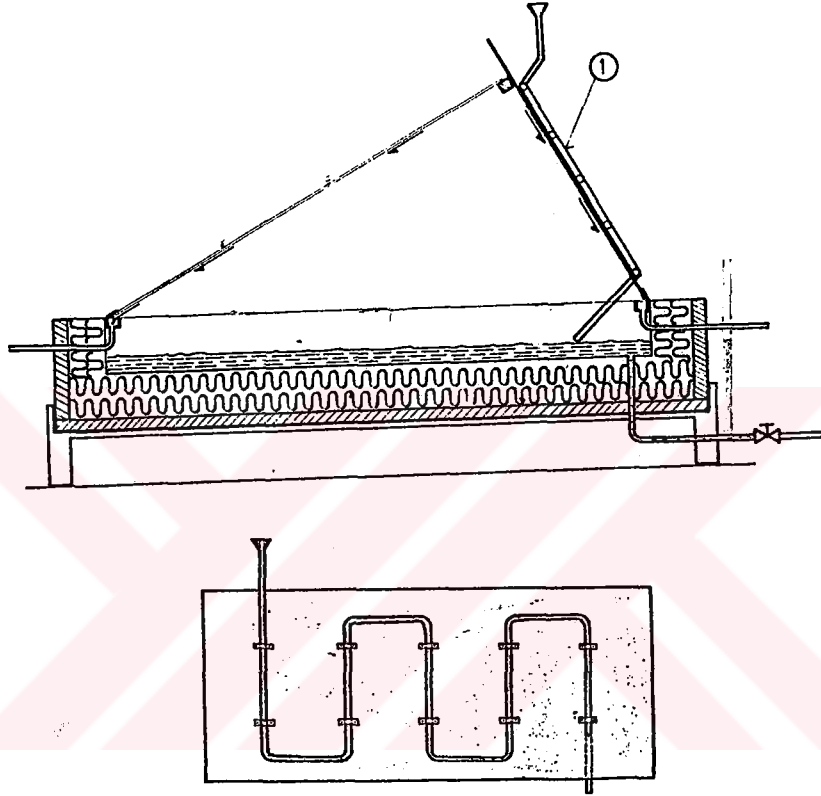
yum levhadan kıvrıldı. Seffaf silikonla cihazın iç yüzeyi ile dış hava arasındaki temasın önlenmesi sağlandı. Havuz dışına 50 mm cam yünü izolasyonu ve tahta muhafaza yapıldı.(Şekil IV.1.)



Şekil :IV.1. Klasik sera tipi damıtıcı

Helezon borulu damıtıcı, su havuzu ve diğer elemanları sera tipi cihaz ile aynı yapıldı. Farklı olarak Kuzeye bakan cam örtü yerine beyaz 1,5 mm kalınlıklı düzlem Aliminyumdan yapılan yoğunlaşma yüzeyi kondu. Bu yüzeyin dışına, ortaya çıkan yoğunlaşma gizli ısısını değerlendirmek amacıyla, 3/8" Bakır boru helezon şeklinde kıvrılarak Aliminyum yüzeyin üzerine kelepçelerle tesbit edildi.(Şekil IV.2.) 60° eğimli Aliminyum yüzey aynı zamanda eğik gelen güneş ışınımını yansıtıcı olarak da görev yapacaktır. Bu yüzeyde açığa çıkan yoğunlaşma gizli ısısı ile 3/8" Bakır helezon boruyla beslenen tuzlu su ısıtılarak havuza verilebilecektir. Besleme debisini sera tipi cihazına göre biraz daha fazla tutma

İmkanımız olacağından tatlı su üretimi süresi de güneş batışına doğru biraz kayarak uzatılmış olacaktır.



1 Nolu Parçanın Önden Görünüşü

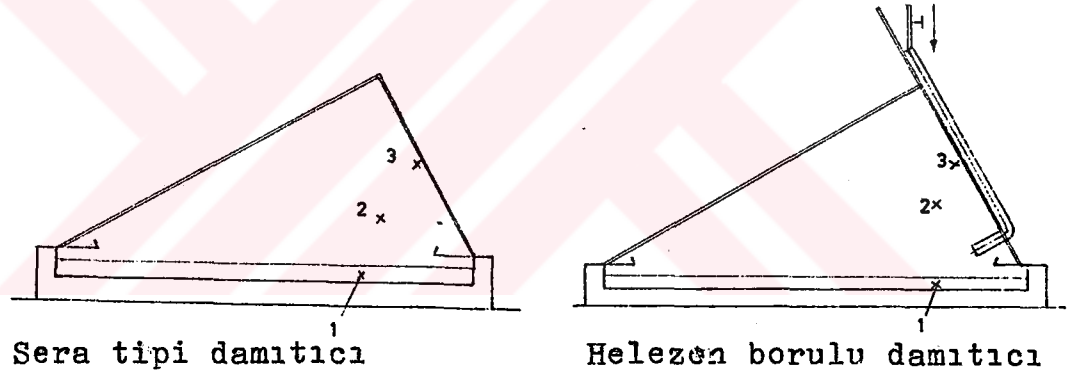
Şekil:IV.2. Helozon Borulu sera tipi damıtıcı

IV.2. Deneylerin Yapılışı ve Ölçmeler

Deneyler aynı dış şartlarda Teknik Eğitim Fakültesi bahçesinde yapıldı. Her cihaz için yapılan ön deneylerde, elde edilen tatlı su miktarı tahmin edildi ve yaklaşık bu miktarın 2 katı kadar tuzlu su besleme debileri belirlendi. Beslenen tuzlu suyun yaklaşık yarısı ürün olarak elde edilirken, diğer yarıda aşırı tuzlu

su olarak dışarıya atıldı. Ön denemeler Mayıs-Agustos ayları arasında tekrarlandı. Ağustos ayında yapılan denemelerin ortalaması tek ölçüm olarak değerlendirildi. Daha önce yapılan denemeler içinde çok benzerlerinden karakteristik 16 günlük deney sonuçları tablo olarak verildi; (Tablo IV.1.) İstatistik değerlendirilmesi yapıldı.

Şekil: IV.3.' da gösterilen noktalarda sıcaklıklar ve elde edilen ürün tatlı su miktarları başlangıçta 15 dakika aralıklarla ölçülerek kaydedildi. Daha sonraları kazanılan tecrübelerden dolayı, ölçümler seyrekleştirildi.



Şekil: IV.3. Sera tipi ve Helezon borulu damıtıcılarda Termokupl bağlantı yerleri.

Deney sonuçları, Tablo IV.2. ve Tablo IV.3.' de 2 gün için, günün saatlerine göre sıcaklıkların ve ürün debilerinin değişimlerini gösterecek şekilde özetlenmiştir.

Tablo :IV.1. Günlük ortalamalarla Aylık değişimi
Sonuçları.

TARİHLER	E_s cal/cm ² gr	T_d T_d	SERA TİPİ DAMITICI							HELEZON BORULU DAMITICI						
			Sıcaklıklar		Ürün Tatlı Su					Sıcaklıklar		Ürün Tatlı Su				
			T_1	T_1-T_3	D_1	D_2	D_{gece}	D_{top}	T_1	T_1-T_3	D_1	D_2	D_{gece}	D_{top}		
			°C	°C	gr/m ² gün	gr/m ² gün	gr/m ² gece	gr/m ² top.	°C	°C	gr/m ² gü	gr/m ² gü	gr/m ² gece	gr/m ² top.		
28/7/1986	624.6	22.4	55.6	3.61	2240	1120	760	4120	56.7	4.22	2620	1310	640	4520		
29/7/1986	692.0	20.5	56.0	3.95	2300	1200	760	4260	56.7	4.71	2680	1340	650	4680		
30/7/1986	577.9	19.0	53.8	3.12	2100	100	700	3800	54.7	3.86	2400	1200	580	4180		
31/7/1986	585.0	20.6	54.5	3.23	2200	1050	720	3970	54.8	4.91	2600	1200	620	4420		
4/8/1986	592.2	24.6	55.1	3.42	2210	1100	750	4060	55.9	4.16	2590	1250	620	4460		
5/8/1986	576.6	25.5	53.6	3.12	2100	980	680	3760	54.1	3.74	2380	1170	580	4130		
6/8/1986	494.4	27.4	47.0	3.52	1650	880	590	3120	47.4	3.26	1980	970	480	3430		
7/8/1986	549.0	28.1	52.9	3.09	1800	960	620	3380	57.3	3.58	2200	1050	490	3740		
8/8/1986	490.6	28.7	46.1	2.42	1620	870	580	3070	46.8	3.15	1940	960	470	3370		
11/8/1986	550.2	26.8	52.0	3.11	1810	960	630	3400	52.4	3.71	2150	1070	520	3740		
12/8/1986	561.0	25.6	53.1	3.13	1900	970	660	3530	53.9	3.81	2230	1100	540	3880		
13/8/1986	531.0	26.9	49.8	2.71	1700	930	600	3230	50.2	3.18	2040	1020	490	3550		
14/8/1986	534.0	27.8	50.0	2.82	1740	940	610	3290	50.8	3.65	2080	1030	500	3610		
19/8/1986	541.5	26.9	51.0	3.02	1750	950	620	3220	51.5	3.40	2100	1040	510	3650		
20/8/1986	517.4	28.3	48.0	2.61	1670	900	600	3170	48.6	2.88	2200	980	480	3480		
24-31/8/86	520.0	29.5	48.4	2.70	1680	910	600	3190	49.8	3.29	2010	1010	480	3500		

Tablo: IV.3. 07.08.1986 günü yapılan deneyin ölçüm sonuçları

Yerel Saat	Es cal/°k²	Is cal/°m²k	Td °C	SERA TİPİ DAMITICI						HELEZON BORULU DAMITICI								
				Sıcaklıklar				Ürün Tatlı Su		Sıcaklıklar				Ürün Tatlı Su				
				T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C	T ₁ -T ₃ °C	D ₁ gr/m²	D ₂ gr/m²	D gr/m²	İ gr/m²	T ₁ °C	T ₂ °C	T ₃ °C	T ₁ -T ₃ °C	D ₁ gr/m²	D ₂ gr/m²	D gr/m²
Gün Doğ. 7:30	9.9	16.2	22.2	15.0	14.8	14.4	0.6											
8:00	48.9	23.4	24.2	16.8	16.2	15.9	0.9											
8:30	63.3	30.6	25.1	32.9	31.2	29.8	3.0	5	3	8	3							
9:00	94.2	37.5	26.0	39.8	38.5	36.1	3.7	7	4	11	6							
9:30	114.6	44.4	26.6	45.6	43.2	40.1	5.5	10	5	15	8							
10:00	150.0	50.1	27.3	50.4	48.6	46.4	4.0	16	9	25	20							
10:30	176.5	55.8	28.2	55.3	54.3	50.5	4.8	32	18	50	50							
11:00	211.8	58.8	29.2	60.0	58.2	55.4	4.6	70	40	110	120							
12:00	277.2	65.7	30.4	68.5	68.0	65.3	5.2	220	120	430	320							
13:00	343.2	64.5	32.0	74.3	73.2	69.3	5.0	520	270	990	560							
13:30	375.1	63.0	32.8	72.5	71.8	68.9	3.6	680	350	1470	480							
14:00	406.2	59.7	33.5	71.4	70.1	68.2	3.2	820	420	1900	430							
14:30	435.2	56.4	33.8	69.6	69.0	66.5	3.1	960	490	2090	380							
15:00	462.6	47.7	34.0	68.0	66.5	65.0	3.0	1160	600	2250	310							
15:30	484.3	39.0	33.6	58.4	57.8	57.2	1.2	1280	640	2390	280							
16:00	501.6	33.3	33.2	55.0	54.8	54.1	0.9	1500	780	2280	210							
16:30	516.8	27.6	33.2	50.0	49.8	49.4	0.6	1650	850	2500	190							
Gün Bat. 16:30	Günl. 549.0	Günl. Orta.	29.7	52.9	48.7	49.2	3.1	1800	960	2760								
Gece Yoğuşma								450	170	620								
Toplam (Gece-Gündüz)										3380								

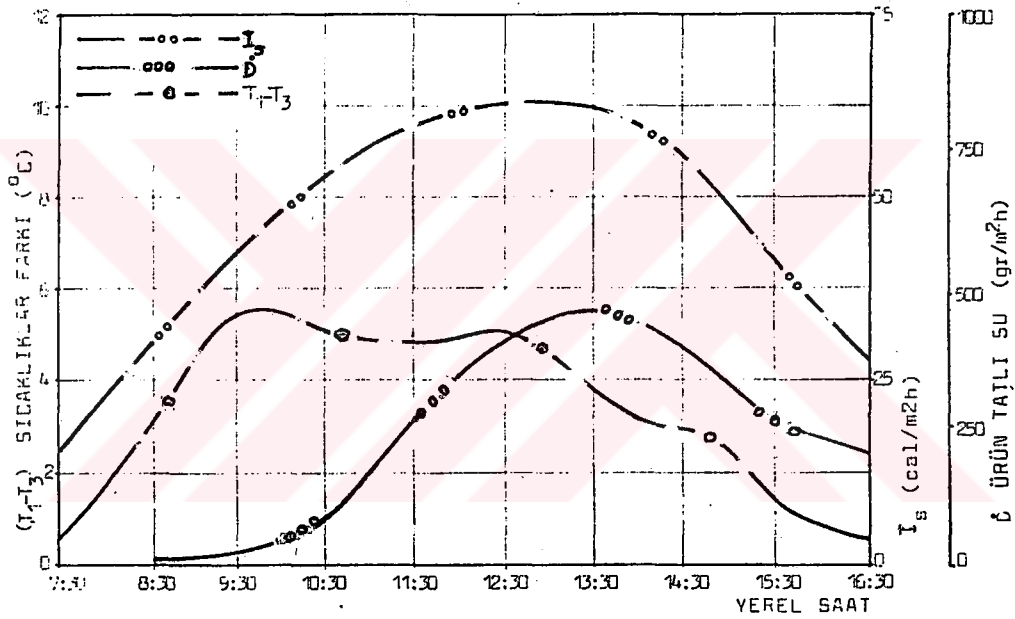
Toplam Güneş Güneş enerjisi: 549.0 cal/cm²/gün Deney sırasında (7:30-16:30) gelen güneş enerjisi: cal/cm²/gün

IV.3. Deney Sonuçlarının Grafiklerle Değerlendirilmesi

Şekil IV.4 ve IV.5. arasında, yerel saate göre birim yatay düzleme gelen güneş ışınlı yoğunluğu, su sıcaklığı yoğuşma yüzeyi sıcaklığı ve su-yüzey sıcaklık

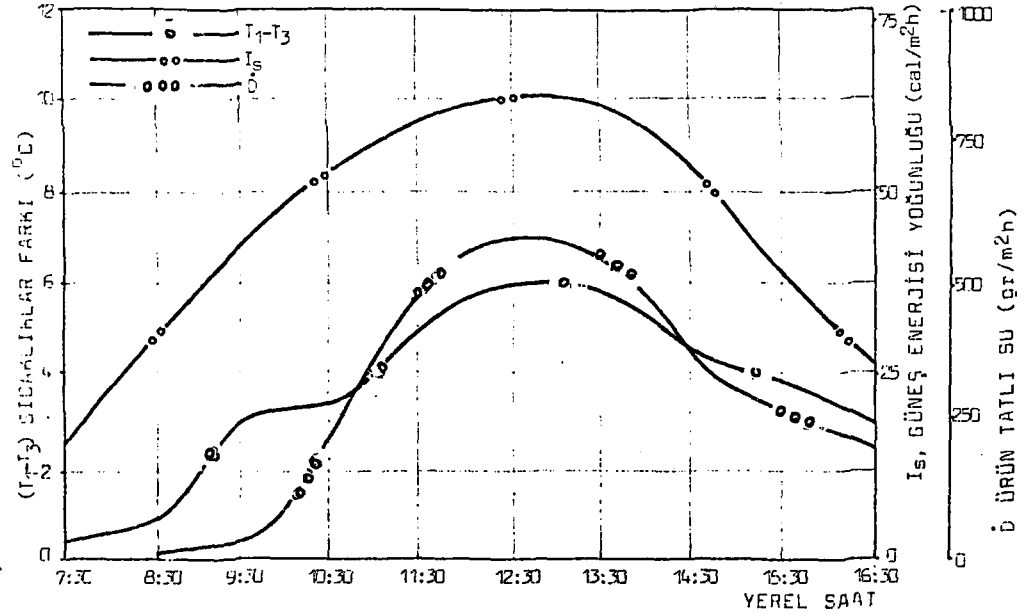
farkının değişimleri görölmektedir. Şekillerde göröleceği gibi güneş ışı nım yoğunluğu saat 13:00 civarında maksimum değere ulaşı rken, su sıcaklı ęı sera tipi cihazda 70 °C lik maksimum değere, helezon borulu cihaz da da 71 °C ye ulaşmaktadır.

Tatlı su üretimi sera tipi cihazda 13:45 civarında yani 45 dakika gecikme ile, Helezon borulu cihazda ise hemen hemen T_s ile aynı zamanda maksimuma ulaşmaktadır.



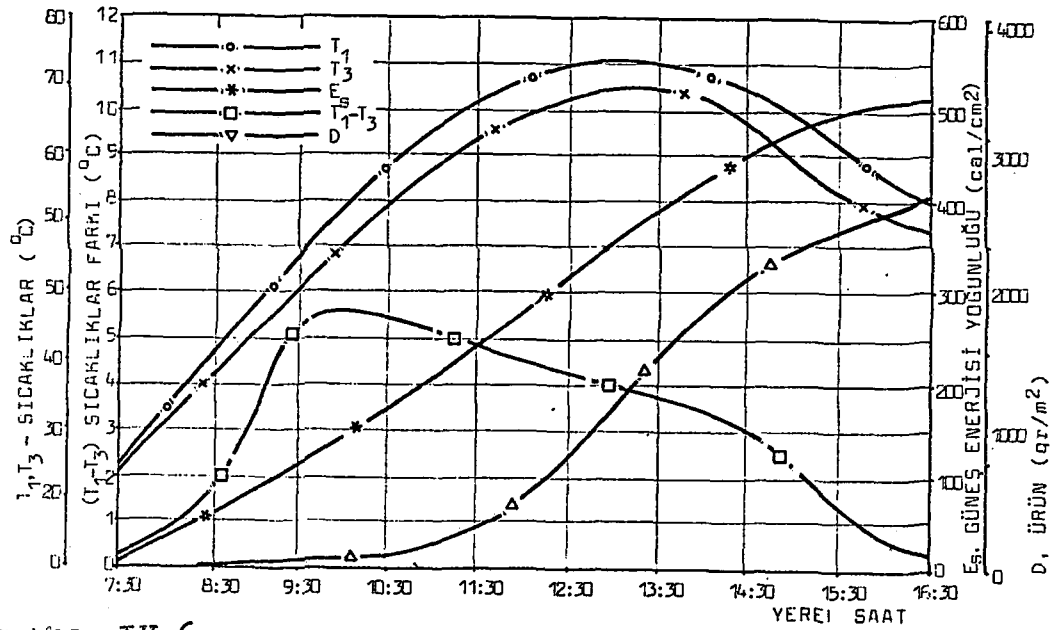
Şekil :IV.4. Sera tipi cihazda ürün tatlı^{su} debisi, su-yoğuşma sıcaklık farkı ve güneş ışı nım yoğunluğunun zamanla değişimi

Gündüz tatlı su üretimi (etkili olarak), helezon borulu cihazda, sera tipi cihazdan daha erken bir zamanda başlayıp daha geç bir zamana kadar yayılmakta ve gece yoğuşmasına daha büyük bir potansiyel bırakmaktadır.

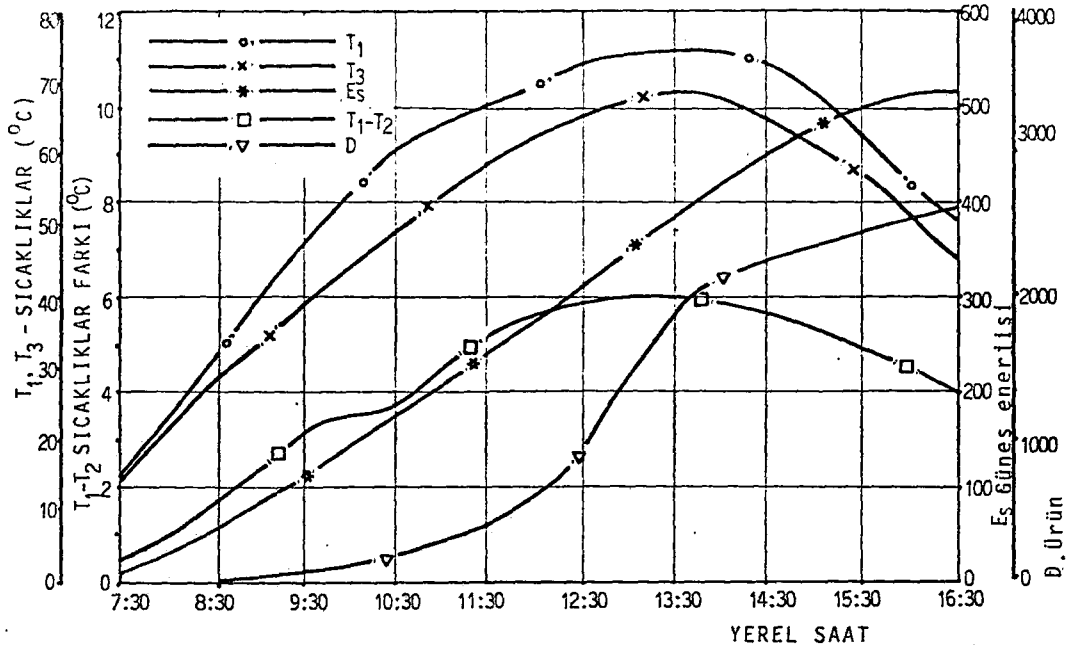


Şekil:IV.5. Helezon borulu cihazda ürün tatlı su debisi, su-yoğuşma yüzeyi sıcaklık farkı ve güneş ışınlam yoğunluğunun değişimi

Şekil IV.6. ve IV.7. arasında yine, günün saatlerine göre; su sıcaklığı, yoğuşma yüzeyi (arka yüzey) sıcaklığı, sıcaklık farkı ile, birim yüzeye gelen güneş ışınlamı ve üretilen tatlı su miktarının değişimleri görülmektedir.



Şekil: IV.6 Sera tipi cihazda ürün tatlı su miktarı, su-yoğuşma yüzeyi sıcaklık farkı, su sıcaklığı, güneş ışınlamı miktarının değişimi



Şekil: IV.7. Helezon Borulu cihazda ürün tatlısu miktarı ve tesir eden faktörlerin zamanla değişimi

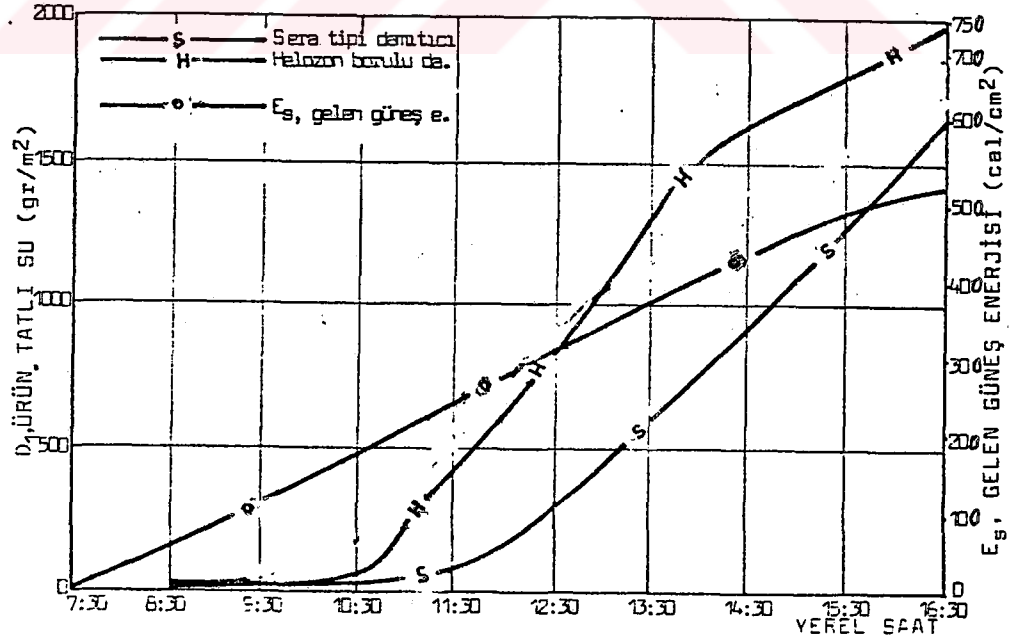
Su sıcaklığı başlangıçta yaklaşık iki cihazda da benzer değişmekte, öğleden sonra ön ısıtmanın tesiri ile helozon borulu cihazda daha yüksek değerlerde olmaktadır. Sıcaklık farkı helezon borulu cihazda öğleden evvel bir miktar diğer cihazdan fazladır. Helezon borulu cihazda sıcaklık farkı, geniş bir zaman aralığında ortalama bir değerde tutulurken, sera tipi cihazda kısa sürelerde fark büyük olsada, günlük ortalaması diğerlerinden düşük olmaktadır. Helezon borulu cihazda sıcaklık farkı öğleden sonra da korunabilmektedir.

Ürün tatlı su miktarı, sera tipi cihazda güneş ışınımı miktarını yaklaşık 2 saat zaman gecikmeyle takip ederken, helezon borulu cihazda 1,5 saat gecikme olmaktadır. Sera tipi cihaz, erken üretime geçmiş görünmesine karşın, saat 11:30 ' a kadar elde edilen toplam ürün çok az

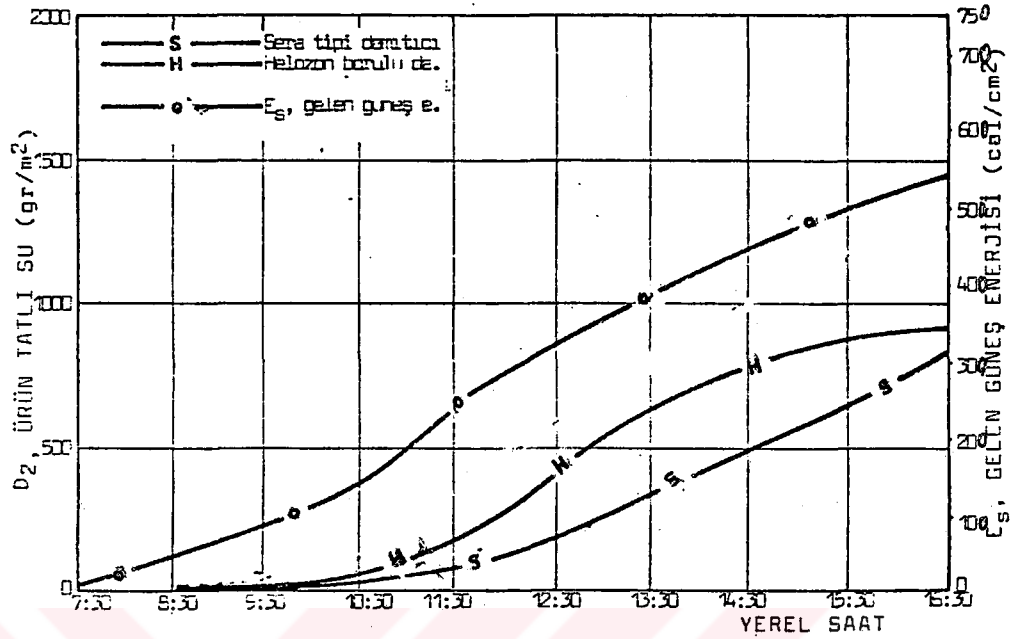
miktarlarda olduğu için bir avantaj sağlayamaz. Saat 11:30 civarında her iki cihazın ürün miktarlarında ani artışlar gözlenmektedir. Bu artış helezon boruluda da biraz daha erken hissedilebilmektedir.

IV.4. Deney Sonuçlarının Yorumu

Şekil IV.8. ve IV.9. 'de ölçmelerin yapıldığı gündüz saatlerinde güneye bakan 1. yüzeylerde ve arka yüzeylerde elde edilen tatlı su miktarının zamanla değişimi görülmektedir. İlk şekilde görüldüğü gibi sera tipi cihazın 1. yüzeyi en erken üretime geçmekte, saat 10:30 - dan sonra, helezon borulu cihazın 1. yüzeyinde elde edilen ürün miktarı sera tipi cihazı geçmektedir. Ölçmeye son verdiğimizde, sera tipi cihazın ürün miktarı hemen hemen helezon borulu cihazdan yaklaşık % 20 az olmaktadır.



Şekil: IV.8. Gündüz Çalışmasında 1. yüzeylerde tatlı su üretim miktarlarının değişimi

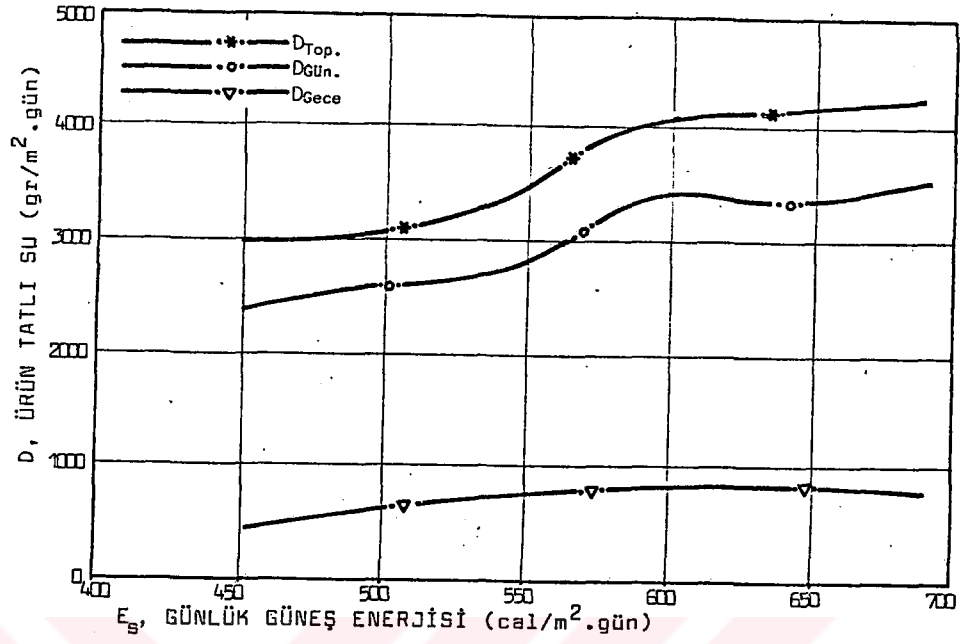


Şekil:IV.9.Gündüz Çalışmasında 2. yüzeylerde 2 cihazın Ürün tatlı su miktarının Değişimi

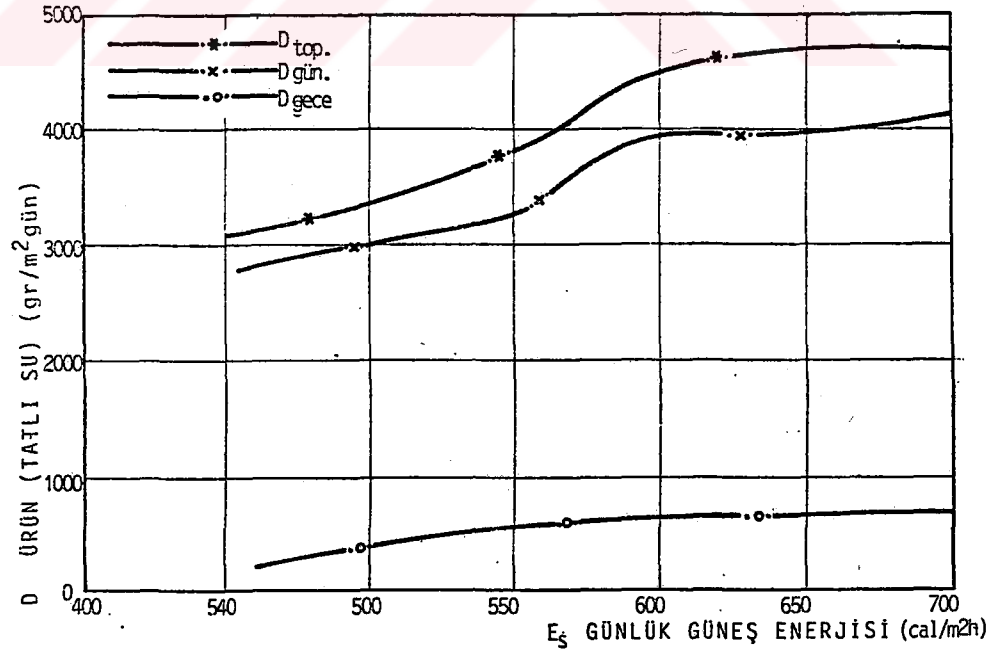
ŞekilIV.10. ve IV.11. 'de ise,yine günlük birim alana gelen güneş ışınlmı karşılığ,her iki cihazda gündüz ve toplam birim alandan elde edilen tatlı su miktarları görülmektedir.

Aynı ışınlm miktarı için,sera tipi cihazda gece yoğuşması yaklaşık eşit olurken,helezon borulu cihazda daha çok gündüz yoğuşması alınmaktadır.(Gece yoğuşması sera tipi ve helezon borulu cihazda yaklaşık eşit olur.)

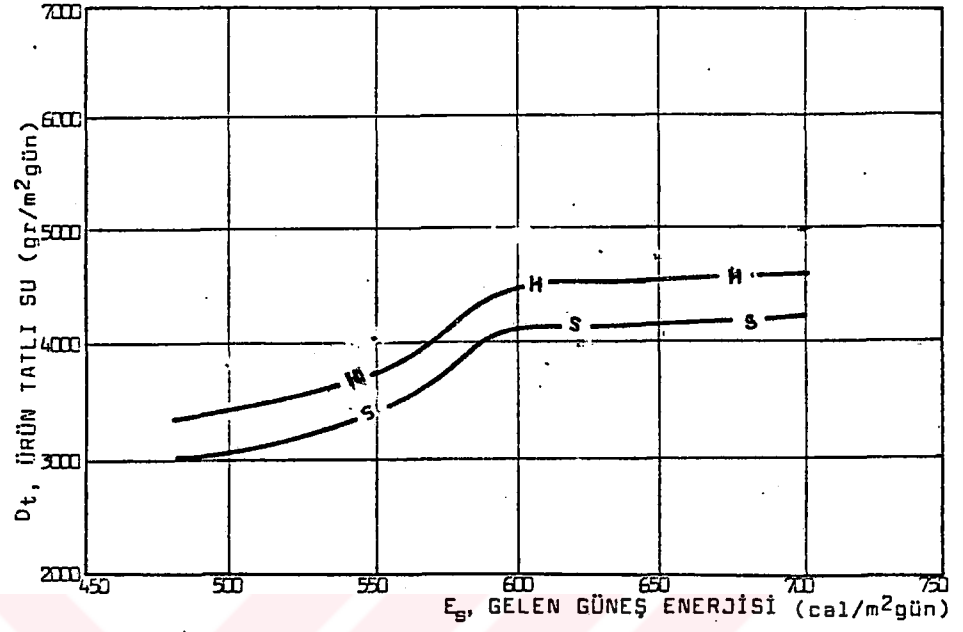
Toplam günlük üretim,eşit ışınlm şartlarında sera tipi cihazına oranla,helezon borulu cihazda % 10 kadar daha fazla olabilmektedir.



Şekil: IV.10 Sera tipi cihazda, günlük ısıtım miktarına göre gündüz, gece ve toplam günlük ürün miktarının değişimi



Şekil: IV.11. Helezon borulu cihazda, ürün tatlı su miktarının ısıtıma (günlük) göre değişimi



Şekil:IV.12. Toplam günlük üretim miktarının 2 cihazda günlük ışıınım miktarına göre değişimi

BÖLÜM V

TEORİK İNCELEME

V.1. Sera Tipi Damıtıcıda Isı Dengesi

Herhangi bir anda, 1 m²'lik yatay yüzeye gelen güneş ışınımı yoğunluğu I (KW/m²) olduğuna göre, bunun τI kadarı cam örtüden geçecek ve $\tau I \alpha_s$ kadarı su ve taban yüzey tarafından yutulacaktır. Yutulan enerji; su-cam arasında konveksiyon, radyasyon ve buharlaşma yoluyla kaybolacak, bir kısmı da taban ve yan yüzeylerden kaçacaktır. (Şekil: V.1.)

Absorblanan(emilen) ısı enerjisiyle kayıp enerjiler arasında;

$$\alpha_c I + \alpha_{su} \tau I = q_{ch} + q_{ta} + C'_s \frac{dT_s}{dT} \dots (V.1.)$$

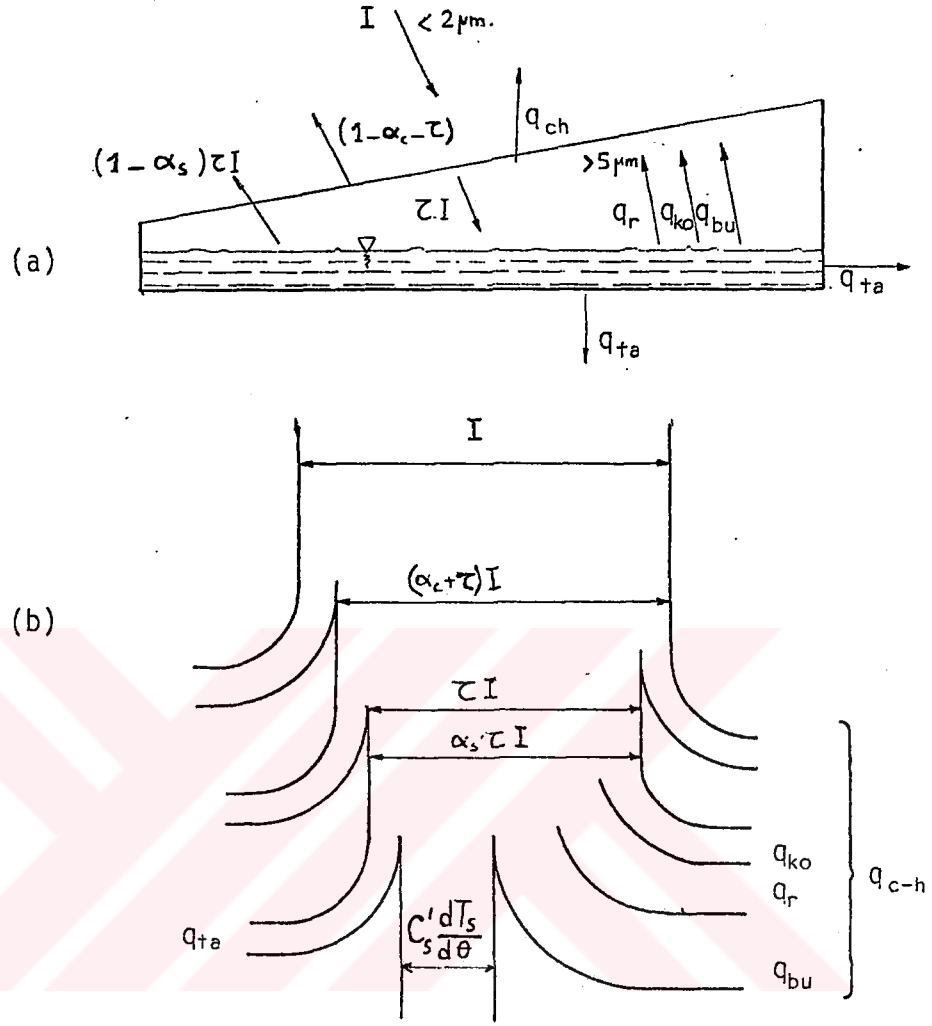
denklemini kurulabilir. Suyun ve tabanın absorbladığı enerji ;

$$\alpha_{su} \tau I = C_s \frac{dT_s}{dT} + q_{bu} + q_r + q_{ko} \dots (V.2)$$

camdan havaya atılması gereken ısı (q_{ch}) ise

$$q_{ch} = \alpha_c \cdot I + q_{bu} + q_r + q_{ko} \dots (V.3)$$

olmaktadır. Bu denklemlerde (birim su yüzey alanı için);



Şekil 4.1 : Güneşli Damıtmada Enerji Akımları
(c:cam örtü, S:su, h: hava)

I : Birim yüzeye gelen güneş ışınlı yoğunluğu
(KW/m^2 veya cal/m^2)

τ : Camın ışınlı (güneş)geçirme oranı

α_c : Camın absorblama oranı.

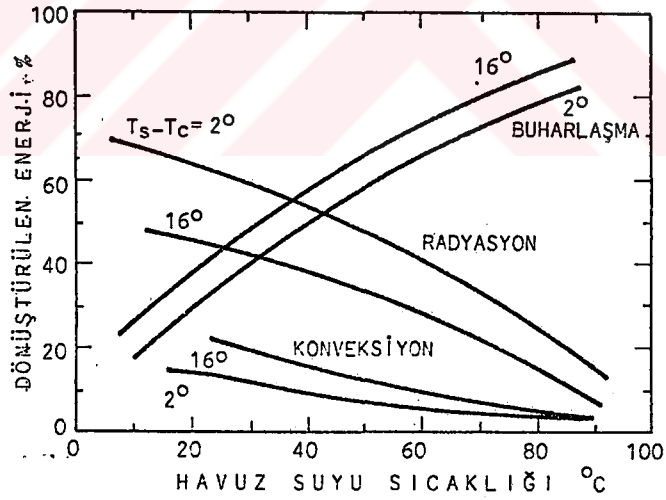
α_{su} : Suyun absorblama oranı.

C'_s : Suyun ısı kapasitesi($KJ/^{\circ}C$ veya $kcal/^{\circ}C$)

q_{ch} : Camdan havaya ısı iletimi (KW/m^2)

- q_{bu} : Buharlaşma dolayısıyla gizli ısı transferi
(KW/m²)
- q_r : Su-Cam yüzey arası radyasyon ısı kaybı (KW/m²)
- q_{ko} : Su-Cam yüzey arası konveksiyon ısı iletimi
(KW/m²)
- q_{ta} : Taban ve yanlardan ısı kaybı (KW/m²)

Kayıp enerjiler arasında q_{bu} , üretilen tatlı su miktarını belirler. Bu kayıp enerjilerin, su sıcaklığına göre değişimleri Howe(9) tarafından Şekil V.2. 'deki grafikte verilmiştir.



Şekil:V.2. Güneşli Damıtma havuzunda (Sera tipi damıtıcı) su sıcaklığına göre ısı kayıp yüzdeleri

Bu enerjilerin hesabını, biraz daha detaylı bir şekilde incelemek istersek;

V.1.a. Radyasyon Isı Kaybı (q_r)

$$q_r = F_c \cdot \sigma \cdot (T_s^4 - T_c^4) \quad \dots(V.4)$$

F_c : Yüzeylerin geometrisinin ve emivisitesinin(ϵ) (yayma oranı) belirten bir katsayı(0,92 alınabilir)

σ : Stefan-Boltzman sabiti. ($5,66 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}^4$)

T_c : Cam Yüzey Sıcaklığı ($^\circ\text{K}$)

T_s : Su Sıcaklığı ($^\circ\text{K}$)

V.1.b. Konveksiyon Isı Kaybı , (q_{ko})

Karakteristik uzunluk $x \geq 7,5 \text{ cm}$ için, sera tipi damıtıcıda; su yüzeyinden doğal taşınım için Bloemer(1) tarafından verilen denklem kullanılırsa:

$$\frac{h_c \cdot X}{k} = 0,075 (\text{Gr.Pr.})^{1/3} \text{ Nusselt ifadesinden;}$$

$$h_c = 0,075 \cdot \frac{k}{X} \cdot \left(\frac{X^3 \rho^2 \beta \Delta T \cdot g}{\mu^2} \cdot \frac{C_p}{k} \right)^{1/3} \quad \dots(V.5.)$$

Denklemini kullanılabılır. Burada, su buharı hava karışımı için;

k : Isı iletim Katsayısı ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)

X : Karakteristik Uzunluk (m)

ρ : Yoğunluk (Kg/m^3)

β : Isı genleşme katsayısı ($1/^\circ\text{K}$)

C_p : Özgül ısınma ısısı ($\text{Kj/Kg } ^\circ\text{C}$)

μ : Dinamik Vizkozite (Pa.s)

$10^4 < \text{Gr} < 3,2 \times 10^5$ şartları uyarsa, denklem;

$Nu = 0,21 (Gr.Pr.)^{1/4}$ şeklinde uygulanmaktadır.(V.6.)

Benzer ifadeler ısıtılan bir yüzeyin üst tarafından tabii taşınım halinde ısı transferi ifadeleriyle de yazılabilir.

$$2 \times 10^4 < Gr_f.Pr_f < 8 \times 10^6 \text{ aralığında } Nu = 0,54 (Gr_f.Pr_f)^{1/4}$$

Bu denklemlerde Grashof ve Prandtl boyutsuz sayıları film sıcaklığındaki özellikler için verilmiş olup karakteristik uzunluk yüzeyin boyutlarını temsil eden bir uzunluktur.

Isı taşınım ortamı hava ise (V.7.) denklemi kullanılabilir.

$$10^4 < Gr.Pr < 8 \times 10^6 \text{ için } h_c = 1,32 \left(\frac{\Delta T}{L} \right)^{1/4} \dots (V.7)$$

Denklem(V.6.) da özellikler ve $\beta \Delta T$ kaldırma kuvveti, yüzeyden yükseldikçe buhar oranı değiştiğinden, değişkendirler. Buhar basıncını göz önüne alan Bloemer(1) verdiği aşağıdaki ifade daha yakın çözümler verir.

$$h_c = 8,84 \times 10^{-4} (T_s - T_c) + \frac{P_b - P_{bc}}{265 P_T - P_b} \cdot T_s \dots (V.8)$$

Burada; P_b : Su sıcaklığında doymuş buhar basıncı ($Pa = N/m^2$)

P_{bc} : cam yüzeyi sıcaklığında doymuş buhar basıncı (Pa).

P_T : Toplam basınçtır.

V.1.c. Su-Cam Arasında Buharlaşma kaybı, q_{bu}

a- Daha önce kullanılan (V.8.) denklemine benzer

Boelter(9) de verilen denklemle bulunabilir.

$$q_{bu} = 16,276 \times 10^{-3} \cdot q_{ko} \cdot \frac{P_b - P_{bc}}{T_s - T_c} \cdot h_{fg} \quad \dots(V.9.)$$

$$q_{ko} = hc \cdot (T_s - T_c) \quad \text{ve}$$

h_{fg} : suyun buharlaşma gizli ısıdır (kJ/kg).

b- Isı taşınımı-kütle transferi benzeşimiyle

$$\begin{array}{c} \text{Isı taşınımı} \\ \hline Nu = \frac{hc \cdot X}{k} \end{array}$$

$$\begin{array}{c} \text{Kütle transferi} \\ \hline Sh = \frac{h' \cdot X}{D} \end{array}$$

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \Delta T \cdot X^3}{\nu^2}$$

$$Gr' = \frac{g \cdot \beta \Delta X_A \cdot X^3}{2}$$

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k}$$

$$Sc = \frac{\nu}{D}$$

Boyutsuz sayılar yerine kütle transferinde karşılıkları yazılır. T sıcaklık yerine X_A , buharın hacımsal (veya mol) konsantrasyonu yazılarak h' kütle taşınım katsayısı bulunur. $Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n$ yerine aynı formda $Sh = C \cdot (Gr \cdot Pr)$ denklemi kullanılabilir.

$$(T \Rightarrow C = \frac{P}{M} \quad \text{kmol/m}^3 \text{ derişiklik})$$

$$q_{bu} = \dot{m}_b \cdot h_{fg}$$

$$q_{bu} = \frac{h' \cdot (p_b - P_{bc}) \cdot M_A}{\bar{R}_T \cdot (1 - X_{AO})} \cdot h_{fg} \quad \dots(V.10.)$$

P_b, P_{bc} : Su yüzeyinde ve cam yüzeyinde buharın kısmi basıncı.

$\bar{R}$: Gaz sabiti (8,314 kJ/kmol^oK).

X_{AO} : Buharın su yüzeyinde mol.konsantrasyonu (derişiklik).

M_A : Suyun mol ağırlığı (18 kg/kmol)

D : Su buharının hava içindeki difüzyon katsayısı ($\text{cm}^2/\text{s}, \text{m}^2/\text{h}$).

V.1.d. Taban ve yanlardan ısı kaybı, q_{ta}

Taban ve yan yüzey alanı A_{ta} ise toplam kayıplar ;

$Q_{ta} = A_{ta} \cdot K \cdot (T_s - T_{dış})$ olur. K toplam ısı geçiş katsayısı olup ;

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_{iç}} + \sum_i \frac{\delta_i}{k_i} + \frac{1}{h_{dış}}$$

şeklinde bulunur. $\sum \delta_i / k_i$ paralel levha şeklinde bulunan katı malzemelerin ısı iletkenlik dirençleri toplamıdır.

Litaretürde K ısı geçirgenlik katsayısı 1,7 ile 5,68 $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ arasında verilmektedir. 1 m^2 su yüzeyi için ;

$$q_{ta} = \frac{Q_{ta}}{A_{su}} = \frac{A_{ta}}{A_{su}} \cdot K \cdot (T_s - T_{dış}) \text{ olacaktır. } \dots (V.11)$$

V.2. Sera Tipi Damıtıcı Verimi (Performans Oranı)

Damıtıcı performans oranı üretilen tatlı su ısı değeri nin, buharlaşma için kullanılan ısı enerjisine oranı olarak tanımlanır.

$$\eta = \frac{\dot{m} \cdot h_{fg}}{I} \dots (V.12.)$$

Bu formül herhangi bir zaman için anlık performans oranını gösterir. Günlük ortalama için ise $M(\text{kg}/\text{m}^2\text{gün})$ olmak üzere ;

$$\eta = \frac{M \cdot h_{fg}}{H} \quad \text{.....(V .13)}$$

formülüyle bulunur. H, 1 m²'ye gelen günlük toplam güneş ışınlamı olup birimi kJ/m².gün veya cal/cm².gün olarak verilir.

$$I = \frac{\pi \cdot H}{7,2 t_s} \sin \frac{\pi \cdot t}{t_s} \quad \text{denklemleri} \quad \text{.....(V .14)}$$

anlık güneş ışınlamı yoğunluğunun hesabında kullanılabilir.

t: Güneşin doğuşundan itibaren geçen süre(saattir)

t_s: Güneş doğuşu ile batışı arasındaki zaman(saattir)

V.3 . Deney Sonuçlarının Isı ve Kütle Transferi Denklemleriyle Karşılaştırılması

0,5 x 1,0 m² serbest su yüzeyine sahip damıtma cihazlarında saat 13:00 ile 14:00 arasında(yoğunluk, vizkozite vs.) fiziksel özelliklerin yaklaşık değişmediği bir zaman aralığı için ısı dengesi denklemlerini kuralım.

Örnek olarak helezon borulu damıtma cihazında bu zaman içinde saat 13:00 için hesaplamalar yapılırsa ;

$$\begin{aligned} \text{a-)} \quad q_r &= 0,9 \times 5,66 \times 10^{-8} [(345,9)^4 - (339,5)^4] \\ q_r &= 56,034 \text{ W/m}^2 \end{aligned}$$

b-) Doymuş su buharı tablosundan;

$$\begin{aligned} T_s &= 72,9 \text{ } ^\circ\text{C} & T_c &= 66,5 \text{ } ^\circ\text{C} & T_{or} &= 69,7 \text{ } ^\circ\text{C} \\ P_b &= 35,85 \text{ kPa} & P_{bc} &= 27,22 \text{ kPa} & P_{bo} &= 31.16 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$P_T = 100 \text{ kPa} \quad h_{fg} = 2300 \text{ KJ/Kg}$$

$$\nu = 2,001 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn} \quad k = 0,02765 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$$

$$D = 3,03 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sn} \quad D = \frac{830}{P} \left(\frac{T}{273} \right)^{1/8}$$

$$\beta = \frac{1}{T} \quad 2,896 \times 10^{-3} \text{ 1/}^\circ\text{K}$$

Gerekli hesaplamalar yapıldığında;

$$\rho_{or} = 0,896 \text{ kg/m}^3$$

$$\beta \cdot (x_{Ao} - x_A) = \beta (\Delta x_A) = \frac{\rho_\infty - \rho_o}{\rho_{or}} = 0,0524$$

$$Pr = 0,68 \quad Sc = 0,66$$

(V.5) ile V.8) Arasındaki denklemler kullanıldığında ortalama ısı taşınım katsayısı; $(\bar{h}) = 4,5 \text{ W/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ alınabilir.

$$(V.5)'den \quad h' = 2,17 \times 10^{-3} \text{ m/s}$$

Buna göre ;(V.10.) denkleminin çözümü

$$q_{bu} = \frac{2,17 \times 10^{-3} (35,85 - 27,22) \times 18}{8,314 \times 342,7(1 - 0,3585)} \times 2300$$

$$q_{bu} = 424 \text{ W/m}^2$$

Gerçekleşen deneyden; $580 \text{ gr/m}^2\text{h} = 1,61 \times 10^{-4} \text{ Kg/sn}$

$$q_{bu} = 1,61 \times 2367 = 381 \text{ W/m}^2$$

Bu hesaplamaların sonunda ısı performans oranı;

$$\eta = \frac{381}{\frac{64,5 \times 4,18 \times 10^4}{3600}} = 0,51$$

Elde edilen günlük performans oranı, sera tipi damıtıcılar için verilen 0,35 ile 0,45 değerlerine göre (9), yaklaşık % 20 bir iyileşme olduğunu göstermektedir.

V.4. Yoğuşma gizli ısısından faydalanma oranı.

Denenen 2. yoğuşma yüzeyi (Alimunyum yüzey), bu yüzeyde ortaya çıkan yoğuşma gizli ısısı, taşınım ve yansımaya kayıp ısılarını değerlendirme görevini yapmaktadır. Deney sonuçlarına göre (Tablo IV.3.) bu yüzeyde açığa çıkan günlük yoğuşma gizli ısısı;

$$Q_2 = m_{D2} \cdot h_{fg} = 2,2 \times 2367 = 5060 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{gün}$$

Bu yüzeyde, ortalama sıcaklığı 29°C olan dış ortamda, yoğuşma işlemi süresinde doğal taşınım ile ısı kaybı;

$$Q_{K2} = h \cdot A \cdot (T_1 - T_d) = 51 \times (45 - 29) \times 9 \times 3600 \times 10^{-3}$$

$$Q_{K2} = 2590 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{gün}$$

Günlük beslenen tuzlu suyun, ön ısıtma işlemi için kullanılabilen enerji ise;

$$m_F \cong 2m_D = 2 \times 3,225 = 6,450 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{gün}$$

$$Q_F = m_F \cdot C_p \cdot (T_1 - T_{s1}) = 6,45 \times 4,18 (49 - 18)$$

$$Q_F = 836 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{gün}$$

T_{s1} : Besleme suyu giriş sıcaklığı ($^\circ\text{C}$)

T_1 : Besleme suyu çıkış sıcaklığı ($^\circ\text{C}$) (deneyle bulundu)

Sonuç olarak: kayıp enerji dışında kullanabileceğimiz enerji, $Q_2 - Q_{K2} = 2470 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ iken, bu enerjinin $836 \text{ KJ/m}^2 \cdot \text{gün}$ kadarını ön ısıtma için kullanabilmekteyiz. Yani bu enerjinin yaklaşık 0,34 kadarı kullanılabilmektedir.

Bu enerjiyi tam değerlendirebilmek için, çözüm olarak besleme suyu debisinin artırılması gerekir. Üretilcek sıcak suyun bir kısmının başka bir havuzda, ikinci bir tatlı su üretimi için değerlendirilmesi düşünülebilir.

BÖLÜM VI

SONUÇ VE TARTIŞMA

Güneş enerjisiyle tatlı su üretiminde sera tipi damıtıcılar yapılarının basit oluşu, hareketli parçalarının olmayışı, güneşten başka enerji kaynağı kullanılmaması, çevre ve gürültü problemi olmayışı sebebiyle pek çok halde tercih edilirler. Klasik tatlı su üretim tesisleri belli kapasitenin üstünde iyi performans gösterirler. Enerjiye bağımlı olan, hassas cihaz ve ekipman gerektiren, çevre kirliliği ve gürültü problemi olan bu tesislerde, güneş enerjisinin sadece yardımcı kaynak olarak kullanılması, ekonomi sağlaması yönünden düşünülebilir.

Yer ve yerleşim problemi olmayan ve nüfusu fazla olmayan, büyük yerleşim yerlerine uzak bölgelerde ya-lın haliyle sera tipi damıtıcı kullanılması büyük kolaylıklar getirir. Kuruluş ve işletmesi kolay aynı zamanda ucuzdur,

Ancak, yerleşim problemi olan, aynı kapasitenin daha az bir sahadan elde edilmesi gereken bir bölgede performansın iyileştirilmesi gerekir. Performansı olumsuz etkileyen nedenler şunlardır:

- a. Yoğuşma gizli ısısının değerlendirilememesi
- b. Güneş ışınımı toplama işleminin veriminin dü-

şük olması.

c. Enerji depolama söz konusu olmadığından çalışma süresinin sınırlı kalması.

d. Faz değişim bölgelerinde bulunan yoğuşmayan gaz tamponlarının kütle ve ısı transferini güçleştirme-
si

Test edilen helezon borulu cihaz, yoğuşma gizli ısıısının bir kısmını tekrar değerlendirme amacına yöneliktir. Helezon borulu cihazın (güneşlenme saatlerinde daha soğuk tutulabilen) metalik yoğuşma yüzeyinde daha çok yoğuşma sağlanabilmektedir. Sera tipi cihazda ürün alınmaya daha erken başlanmasına rağmen, başlangıçta ürün debileri azdır. Etkili olarak tatlı su alınması işlemi sera tipi cihazda 2 saat, helezon borulu cihazda 1,5 saat kadar gecikmeyle güneş ışıının yoğunluğu derişimini izlemektedir. Helezon borulu cihazda etkin çalışma daha çok öğleden sonraya kayacak şekilde zaman olarak genişlemektedir. Bu cihazda başlangıçta, gündüz yoğuşmasının büyük kısmı soğuk tutulan arka yüzeyde olurken, zamanla 1. yüzeydeki yoğuşma da hızla artmaktadır.

Sera tipi cihaza oranla 1. yüzeylerde gündüz helezon borulu cihazda % 20 fazla ürün alınmaktadır. Gündüz 2. yüzeylerde, helezon borulu cihazda % 12 (Sera tipine göre) fazla yoğuşma olmaktadır. Gündüz her iki yüzeyde sera tipi cihaza oranla helezon boruluda % 16 fazla yoğuşma olur. Gece yoğuşması da düşünülürse, helezon boruluda % 10 toplam tatlı su ürün miktarı artışı gerçekleşmektedir. Aynı kapasite için sera tipi damıtıcıya göre

% 10 daha küçük alanlar kullanılacaktır. Helezon borulu cihazın 2. yüzeyinde toplam yoğuşmanın yaklaşık % 30 'ı gerçekleşmektedir. Enerjilerin % 70 'i suyun ısıtılmasında değerlendirilmesi halinde, sera tipi cihazına göre verim ve performans oranında % 24 'lük artış olacaktır. (Tablo VI.1 ve VI.2.)

Günlük birim alandan elde edilen ürün miktarı ile buna tesir eden değişkenler arasında çoklu regresyon analizleri ve bilgisayar programı sonucu;

$$X_{1A} : 13,569 \cdot X_2^{-0,072} \cdot X_3^{1,482} \cdot X_4^{1,496}$$

$$X_{1B} : 6,676 \cdot X_2^{0,123} \cdot X_3^{1,410} \cdot X_4^{0,0541}$$

bağıntıları bulunmuştur. (Bilgisayar programı çıkışı Ek-III)

X_1 : birim alandan elde edilen günlük ürün (gr/m² gün)

X_2 : birim yatay alana gelen günlük güneş ışınlama (cal/cm².gün)

X_3 : su sıcaklığı (°C)

X_4 : su-yoğuşma yüzeyi sıcaklık farkı (°C)

Bu cihazlarda enerji dengesi ve kütle transferi ifadeleri ile bundan önceki araştırmacıların yaptığı çalışmalarda elde edilen bulgular deney sonuçlarıyla iyi bir uyum göstermektedir.

Günün değişik saatlerinde hesaplanan dinamik(an-
lık) performans oranları $\eta = \frac{\dot{m}_A \cdot h_{fg}}{I_s}$ % 15 ile % 55
arasında değişmektedir.

$$\text{Günlük ortalama performans oranı ise } \eta = \frac{D \cdot h_{fg}}{E_s}$$

Sera tipi cihazda % 38, helezon borulu da % 43 kadar
olmaktadır. Burada;

$\dot{m}_A$: Tatlı su ürün debisi (Kg/m².s)

D : Günlük tatlı su üretimi (Kg/m²)

I_s : Güneş ışınlam yoğunluğu (W/m²)

E_s : Günlük güneş ışınlamı (J/m²)

h_{fg} : Buharlaşıma gizli ısı (J/Kg)

Tablo :VI.1 Helezon Borulu cihazda Üretilen tatlı su
miktarının sera tipi cihazına oranı

Cihaz	Gündüz Çalışma süresinde			Gece çalışma	Toplam (Genel)
	1.yüzey	2.yüzey	Toplam		
Sera Tipi	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Helezon bo.	1,20	1,12	1,16	0,86	1,10

Tablo: VI.2. Cihazların 2. yoğuşma yüzeylerinde ortaya çıkan
ısının toplam yoğuşma ısısına oranı.

Cihaz	Gündüz çalışma	Gece süresinde	Genel Toplam
	$D_2/D_{T, \text{Gündüz}}$	$D_2/D_{T, \text{Gece}}$	
Sera tipi	0,32	0,24	0,31
Helozon bo.	0,31	0,19	0,31

Sonuç olarak ;

— Sera tipi güneşli damıtıcıların basit ve sadeliğini bozmadan, hiçbir mekanik enerji(veya elektrik-yakıt) gerektirmeyen portotip cihazlar imal edilmiştir. Hele zon borulu cihazda ürün tatlı su miktarında sera tipi damıtıcıya göre % 10 artış ölçülmüştür.

— Aynı su ihtiyacı için gerekli alan % 10 daha az olabilecektir.

— Metal yoğuşma yüzeyinde ortaya çıkan ısının besleme suyu ön ısıtma işleminde sadece % 34 kadarı değerlendirilebilmektedir. Su debisi artırılarak elde edilecek fazla sıcak su ikinci bir havuzda yoğuşturulup tatlı su üretimi artırılabilir.

— Türkiye'de de 3 . derecede güneş ışınım alanı içindeki kıyı şeridi bölgesi ve adalarda içme ve kullanma suyu sıkıntısı önemli boyutlardadır. Teknik imkanların bulunduğu bölgelere ve enerji kaynaklarına uzak ve ulaşım zorluğu olan bu yerlerde, geliştirilen bu cihazlar geniş uygulama alanı bulacaktır.

KAYNAKLAR

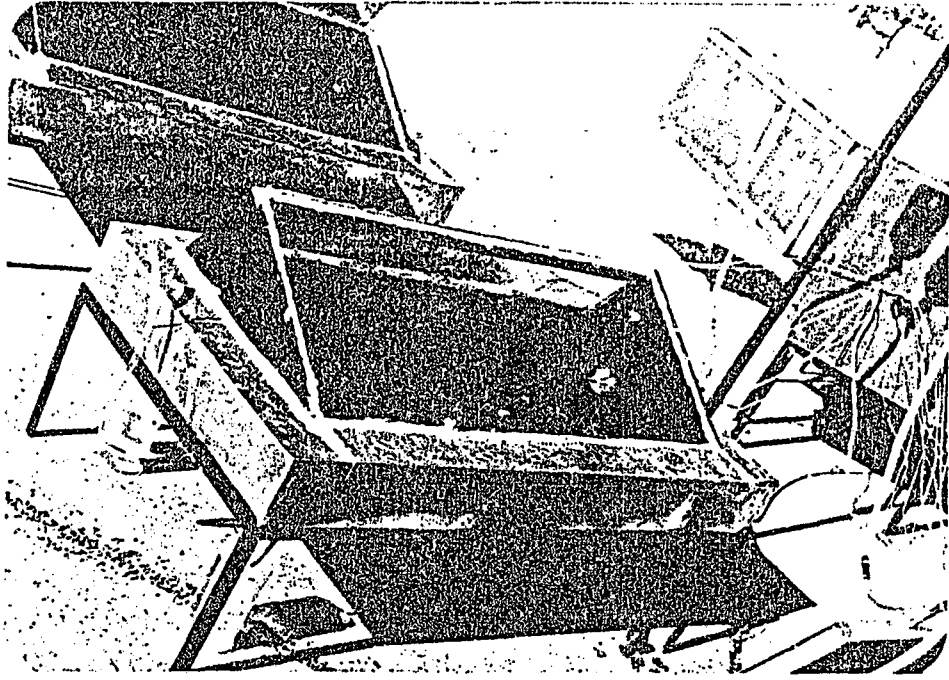
- 1- Blomer, J.W., Factors Affecting Solar-Still Performance, ASME Paper 65-WA/SOL-1, 1965
- 2- Cooper, P.I., The Maximum Efficiency of Single Effect solar stills, Solar Energy, 15, 205-217, 1973
- 3- Delyannis, A., and E. Delyannis, Recent Solar Distillation Development, Desalination, V 45, 361-369, 1983
- 4- Delyannis, A.A., and E. Delyannis, Solar Desalination, Desalination, V 50, 71-81, 1984
- 5- Dunkle, R.V., Solar Water Distillation: The Roof Type Still and a Multiple Effect Diffusion Still, Int. Devt. in Heat Transfer, ASME-895-902, Part 5, 1961
- 6- El-Nassar, A.M., Solar Desalination Using the Vacuum Freezing Ejector Absorption (VFEA) Process, Desalination, V 49, 293-319, 1984
- 7- El-Nassar, A.M., Abu Dhabi Solar Distillation Plant, Desalination, V 52, 217-234, 1985
- 8- Howe, E.D., Fundamentals of Water Desalination, Science and Technology Series, Vol. 1, Marcel Dekker, New York, 1974
- 9- Howe, E.D., Solar Desalination, Solar Energy Handbook, Part B, Chap. 33, Marcel Dekker Inc., N.Y., 1980

- 10- Howe, E.D., and Tleimat, B.W., Twenty Years of Work on Solar Distillation at the University of California, Solar Energy 15, 97-105, 1974
- 11- Irwin, J.R. and Fischer, R.D., the Use of Low-Cost Plastic Films in Solar Stills, Battelle Memorial Institute, Columbus Laboratories, Research Report, 1967
- 12- Morse, R.W. and Read, W.P.W., A Rational Basis for the Engineering Development of a solar still, Solar Energy 12(1), 5-17, 1968
- 13- Moustafa, S.M.A., and Brusevitz, G.H., Direct Use of Solar Energy For Water Desalination, Solar Energy, Vol. 22, P.141-148, 1979
- 14- Öz, E.Sait. ve C.Sidal., Yapıda Sıhhi Tesisat, Emel matbaacılık, B.1, S.1, Ankara, 1984
- 15- Öztürk, A. ve A.Kılıç., Güneş Enerjisi, Kipaş dağıtım-cılık, B.1, s.8, İstanbul., 1983
- 16- Sönmez, Fahrettin., Tesisat, Cihan matbaası B.1, S.1 Ankara, 1976
- 17- Talbert, S.G., Eibling, J.A., and Löf, G.O.G., Manuel on solar Distillation of Saline Water, Office of Saline Water, U.S. Dept. of Intirior, Res. and Dev. Rep. No. 546, 1970
- 18- Telkes, M., Solar Distiller for Life Rafts, U.S. Office of Science Report No. 5225, P.B.21120, June 19, 1945

- 19 - Fleimat, B.W. Rotating Disk Still With a Hydrodynamically Applied Thin Film, U.S. Patent No.3,764, Filed Oct. 5, 1970
- 20 - Uyarel, A.Y., Isı Borusu Prensibinin Güneşli Su Isıtıcılara ve damıtmaya Uygulanması, İ.T.Ü. Doktora tezi, 1985

EK I

DAMITMA CİHAZLARININ RESİMLERİ



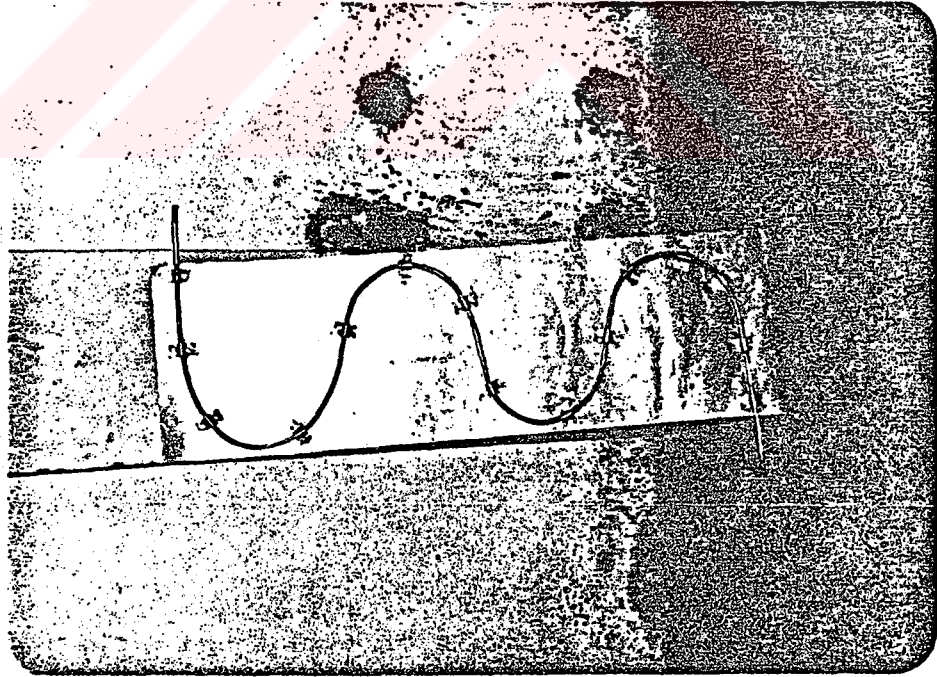
Sera Tipi Güneşli Damıtma Cihazı



Helezon Borulu sera tipi güneşli damıtma
cihazı



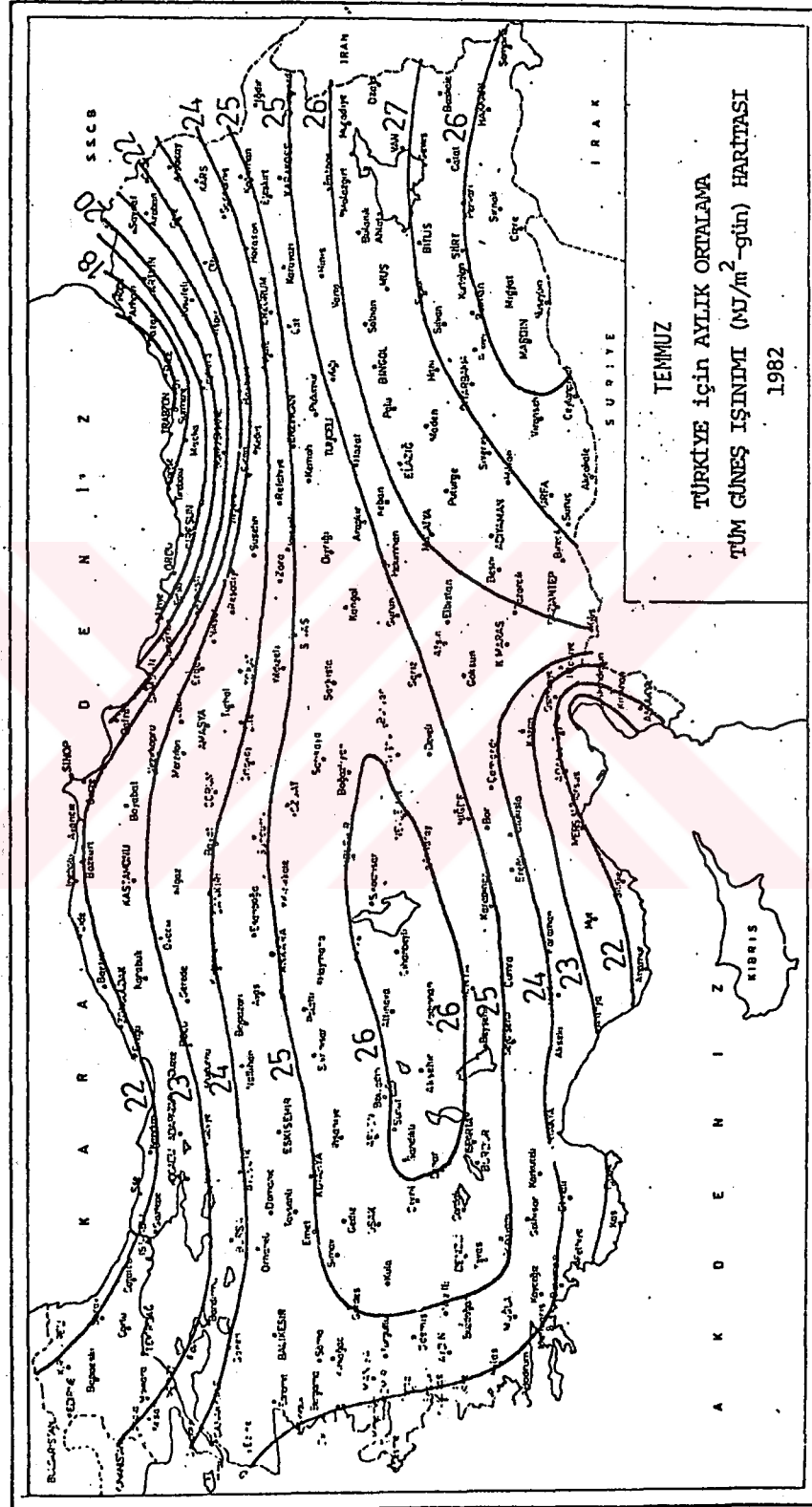
Helozon borulu ve klasik sera tipi güneşli
damıtma cihazı

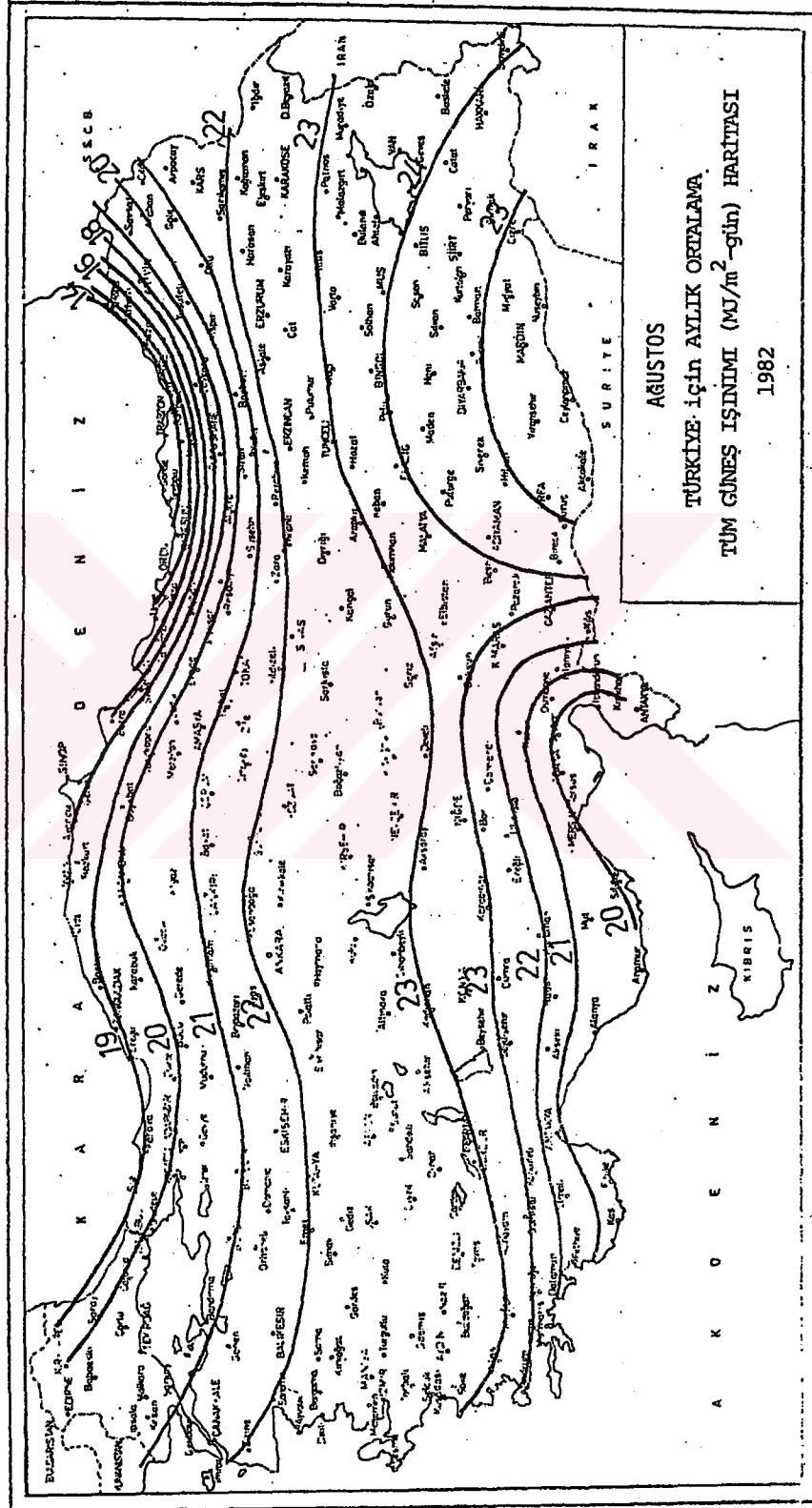


Helezon borulu damıtma cihazı Alimunyum
yoğuşma yüzeyi ve helezon borunun montajı

EK II

TURKIYE GUNEŞLENME HARİTALARI





EK III

SERA TİPİ VE HELEZON BORULU CİHAZLARIN
DENEY SONUÇLARININ REGRASYON ANALİZİ

Sera tipi cihaz için;

```

10 rem bu Program cok.reg.Programi icin
20 rem datacr adli dosyada veri saklar
30 Print"başimli ve basimsiz degisken sayisi"
40 input m
50 Print"data satiri sayisi"
60 input n
70 Print"iliski denklemindeki terim sayisi"
80 input l
90 dim w(n,m)
100 nn$="satin sayisi":n$=str$(n)
110 mm$="Kolon sayisi":m$=str$(m)
120 ll$="terim sayisi":l$=str$(l)
130 z$=","
150 open2,8,2,"@:datacr,s,w"
160 Print#2,nn$z$n$
162 Print#2,mm$z$m$
164 Print#2,ll$z$l$
170 for i= 1 to n
180 for j= 1 to m
190 Print"w(";i;j;")="";inputw(i,j)
200 Print#2,w(i,j)
210 next j
220 next i
230 close 2
240 Print" data kaydedildi"
250 end

```

ready.

RAQ(cal/co.g)	T1(C)	T2(C)	D(gr)
624.6	56.7	4.22	4570
692	56.8	4.71	4580
577.8	54.7	3.86	4180
585	54.8	4.91	4420
592.2	55.7	4.15	4460
576.6	54.1	3.74	4130
494.4	47.4	3.26	3120
549	57.3	3.58	3740
488.6	46.8	3.15	3370
550.2	52.4	3.71	3740
561	53.9	3.81	3820
531	50.2	3.18	3550
534	50.8	3.65	3610
541.8	51.5	3.4	3650
517.4001	48.6	2.88	3480
520	49	3.29	3500

```

10 rem bu Program coklu regresyon hesaplar
20 rem datayi datacr dosyasından okur
30 open2,8,2,"datacr,s,r"
40 input#2,nn$,n$
50 input#2,mm$,m$
60 input#2,ll$,l$
64 Printnn$,n$
65 Printmm$,m$
66 Printll$,l$
70 n=val(n$):m=val(m$):l=val(l$)
75 dim w(n,m),x(n,1),y(n,1),x0(1,n)
76 dim x1(1,1),x2(1,1),x3(1,1),a(1,1)
77 dim y0(n,1),y1(1,n)
80 for i= 1 to n
90 for j= 1 to m
100 input#2,w(i,j):w(i,j)=log(w(i,j))
110 next j
120 next i
130 close 2
140 for i= 1 to n
150 for j= 1 to m
160 if j= 1 then x(i,j)= 1 :goto 180
170 x(i,j)=w(i,j-1)
180 next j
190 y(i,1)=w(i,m)
200 next i
210 Print
220 rem ***** matris islemleri*****
230 rem ----- x0=trn(x) -----
240 for i= 1 to l
250 for j= 1 to n
260 x0(i,j)=x(j,i)
270 next j:next i
280 rem ----- x1=x0*x -----
290 for i= 1 to l
300 for j= 1 to l
310 for k= 1 to n
320 x1(i,j)=x1(i,j)+x0(i,k)*x(k,j)
330 next k:next j:next i
340 rem -----x2=inv(x1) -----
350 for i=1 to l
360 x2(i,i)=1
370 next i
380 for j=1 to l
390 t=x1(j,j)
400 for k=1 to l
410 x1(j,k)=x1(j,k)/t
420 x2(j,k)=x2(j,k)/t
430 next k
440 for i=1 to l
450 p=x1(i,j)
460 if i=j then 510

```

```

470 for k=1 to 1
480 x1(i,k)=x1(i,k)-p*x1(j,k)
490 x2(i,k)=x2(i,k)-p*x2(j,k)
500 next k
510 next i
520 next j
540 rem ----- x3=x0*y -----
550 for i= 1 to 1
560 for j= 1 to 1
570 for k= 1 to n
580 x3(i,j)=x3(i,j)+x0(i,k)*y(k,j)
590 next k:next j:next i
600 rem ----- a=x2*x3 -----
610 for i= 1 to 1
620 for j= 1 to 1
630 for k= 1 to 1
640 a(i,j)=a(i,j)+x2(i,k)*x3(k,j)
650 next k:next j:next i
660 rem ----- y ortalama -----
670 y0=x3(1,1)/n:Print"***** y ort=";y0
680 rem ----- Korelasyon Katsayisi -----
690 rem -----y0=x#a -----
700 for i= 1to n
710 for j= 1 to 1
720 for k= 1 to 1
730 y0(i,j)=y0(i,j)+x(i,k)*a(k,j)
740 next k:next j:next i
750 for i=1 to n
760 y0(i,1)=y0(i,1)-y0
770 y(i,1)=y(i,1)-y0
780 next i
790 rem ----- y1=trn(y0) -----
800 for i= 1 to n
810 y1(1,i)=y0(i,1)
820 next i
830 rem ----- b=y1*y0 -----
840 for i= 1 to n
850 b=b+y1(1,i)*y0(i,1)
860 next i
870 rem ----- y1=trn(y) -----
880 for i= 1 to n
890 y1(1,i)=y(i,1)
900 next i
910 rem -----c=y1*y-----
920 for i= 1 to n
930 c=c+y1(1,i)*y(i,1)
940 next i
950 r=sqr(b/c)
960 rem +++++ sonuclar +++++
970 Print"+++++++ veriler ++++++":Print
980 for i= 1 to n
990 for j= 1 to m
1000 Printw(i,j);

```

```

1010 next j
1020 print
1030 next i
1040 print:print"++++ regresyon katsayilari ++++"
1050 for i= 1 to 1
1070 j=i-1
1080 print"a";j;"=";a(i,1)
1090 next i
1100 print:print"++++ Korelasyon katsayisi ++++"
1110 print:print"r=";r
1120 end

```

ready.

	LNR	LNT1	LNT2	LND
1	6.437111	4.037774	1.439835	8.427268
2	6.539586	4.039536	1.549688	8.451053
3	6.359401	4.001864	1.350667	8.338067
4	6.371612	4.003690	1.591274	8.393875
5	6.383844	4.023564	1.425515	8.402904
6	6.357149	3.990834	1.319086	8.326033
7	6.203345	3.858622	1.181727	8.140316
8	6.300098	4.048301	1.275363	8.226841
9	6.175035	3.845883	1.147402	8.125335
10	6.310282	3.958907	1.311032	8.226841
11	6.329721	3.987130	1.337629	8.263590
12	6.274762	3.916015	1.156881	8.174703
13	6.280396	3.927896	1.294727	8.191463
14	6.294343	3.941582	1.223775	8.202482
15	6.248816	3.883624	1.057790	8.154788
16	6.253829	3.891820	1.190888	8.160518

++++REGRESYON KATSAYILARI++++

A 0 = 1.89864978
A 1 = .123879362
A 2 = 1.40952306
A 3 = .0541113093

++++ KORELASYON KATSAYISI++++

R = .953190352

READY.

Helezon Borulu cihaz için;

```

10 rem bu Program cok.reg.Programi icin
20 rem datacr adli dosyada veri saklar
30 Print"basimli ve basimsiz degisken sayisi"
40 input m
50 Print"data satiri sayisi"
60 input n
70 Print"iliski denklemindeki terim sayisi"
80 input l
90 dim w(n,m)
100 nn$="satin sayisi":n$=str$(n)
110 mm$="Kolon sayisi":m$=str$(m)
120 ll$="terim sayisi":l$=str$(l)
130 z$=","
150 open2,8,2,"@:datacr,s,w"
160 Print#2,nn$z$n$
162 Print#2,mm$z$m$
164 Print#2,ll$z$l$
170 for i= 1 to n
180 for j= 1 to m
190 Print"w(;"i;j;")=";:inputw(i,j)
200 Print#2,w(i,j)
210 next j
220 next i
230 close 2
240 Print" data Kaydedildi"
250 end

```

RAQ(cal/cg)	T1(C)	T2(C)	Q(gr)
424.6	55.6	3.61	4120
492	56	3.95	4260
577.9	53.8	3.12	3800
585	54.5	3.23	3970
592.2	55.1	3.42	4060
576.6	53.6	3.12	3760
494.4	47	3.52	3420
549	52.9	3.09	3350
490.6	46.1	2.42	3070
550.2	52	3.11	3400
561	53.1	3.13	3530
531	49.8	2.71	3230
534	50.4	2.82	3290
541.6	51	3.02	3320
517.4001	48	2.61	3170
520	48.4	2.7	3180

```

10 rem bu Program çoklu regresyon hesaplar
20 rem data\1 datacr dosyasından okur
30 open2,8,2,"datacr,s,r"
40 input#2,nn$,n$
50 input#2,mm$,m$
60 input#2,ll$,l$
64 Printnn$,n$
65 Printmm$,m$
66 Printll$,l$
70 n=val(n$):m=val(m$):l=val(l$)
75 dim w(n,m),x(n,1),y(n,1),x0(1,n)
76 dim x1(1,1),x2(1,1),x3(1,1),a(1,1)
77 dim y0(n,1),y1(1,n)
80 for i= 1 to n
90 for j= 1 to m
100 input#2,w(i,j):w(i,j)=log(w(i,j))
110 next j
120 next i
130 close 2
140 for i= 1 to n
150 for j= 1 to m
160 if j= 1 then x (i,j)= 1 :goto 180
170 x(i,j)=w(i,j-1)
180 next j
190 y(i,1)=w(i,m)
200 next i
210 Print
220 rem ***** matris islemleri*****
230 rem ----- x0=trn(x) -----
240 for i= 1 to l
250 for j= 1 to n
260 x0(i,j)=x(j,i)
270 next j:next i
280 rem ----- x1=x0*x -----
290 for i= 1 to l
300 for j= 1 to l
310 for k= 1 to n
320 x1(i,j)=x1(i,j)+x0(i,k)*x(k,j)
330 next k:next j:next i
340 rem -----x2=inv(x1) -----
350 for i=1 to l
360 x2(i,i)=1
370 next i
380 for j=1 to l
390 t=x1(j,j)
400 for k=1 to l
410 x1(j,k)=x1(j,k)/t
420 x2(j,k)=x2(j,k)/t
430 next k
440 for i=1 to l
450 p=x1(i,j)
460 if i=j then 510
470 for k=1 to l
480 x1(i,k)=x1(i,k)-p*x1(j,k)

```

```

490 x2(i,k)=x2(i,k)-p*x2(j,k)
500 next k
510 next i
520 next j
540 rem ----- x3=x0*y -----
550 for i= 1 to l
560 for j= 1 to l
570 for k= 1 to n
580 x3(i,j)=x3(i,j)+x0(i,k)*y(k,j)
590 next k:next j:next i
600 rem ----- a=x2*x3 -----
610 for i= 1 to l
620 for j= 1 to l
630 for k= 1 to l
640 a(i,j)=a(i,j)+x2(i,k)*x3(k,j)
650 next k:next j:next i
660 rem ----- y ortalama -----
670 y0=x3(1,1)/n:Print"***** y ort=";y0
680 rem ----- Korelasyon katsayisi -----
690 rem ----- y0=x*a -----
700 for i= 1 to n
710 for j= 1 to l
720 for k= 1 to l
730 y0(i,j)=y0(i,j)+x(i,k)*a(k,j)
740 next k:next j:next i
750 for i=1 to n
760 y0(i,1)=y0(i,1)-y0
770 y(i,1)=y(i,1)-y0
780 next i
790 rem ----- y1=trn(y0) -----
800 for i= 1 to n
810 y1(1,i)=y0(i,1)
820 next i
830 rem ----- b=y1*y0 -----
840 for i= 1 to n
850 b=b+y1(1,i)*y0(i,1)
860 next i
870 rem ----- y1=trn(y) -----
880 for i= 1 to n
890 y1(1,i)=y(i,1)
900 next i
910 rem ----- c=y1*y -----
920 for i= 1 to n
930 c= c+y1(1,i)*y(i,1)
940 next i
950 r=sqr(b/c)
960 rem +++++ sonuclar +++++
970 Print"+++++++ veriler ++++++":Print
980 for i= 1 to n
990 for j= 1 to m
1000 Printw(i,j);
1010 next j
1020 Print

```

```

1030 next i
1040 Print:Print"++++ regresyon Katsayilari ++++"
1050 for i= 1 to 1
1070 j=i-1
1080 Print"a";j;"=";a(i,1)
1090 next i
1100 Print:Print"++++ Korelasyon Katsayisi ++++"
1110 Print:Print"r=";r
1120 end

ready.

```

	LNR	LNT1	LNT2	LND
1	6.437111	4.018183	1.283708	8.323608
2	6.539586	4.025352	1.373716	8.357024
3	6.359401	3.985273	1.163151	8.242756
4	6.371612	3.998201	1.172482	8.286521
5	6.383844	4.009150	1.229641	8.304000
6	6.357149	3.981549	1.137833	8.232174
7	6.203547	3.850148	1.258461	8.045588
8	6.308098	3.968403	1.128171	8.125631
9	6.173786	3.830813	.883768	8.029433
10	6.310282	3.951244	1.134623	8.131531
11	6.329721	3.972177	1.141033	8.169053
12	6.274762	3.908015	.996949	8.080237
13	6.280396	3.919991	1.036737	8.098643
14	6.294343	3.931826	1.105257	8.107720
15	6.248816	3.871201	.959350	8.061487
16	6.253829	3.879500	.993252	8.067776

+++REGRASYON KATSAYILARI+++

A 0 = 2.60781909
A 1 = -.0721569397
A 3 = 1.48215019
A 3 = .149645567

++++KORELASYON KATSAYISI++++
R= .939723183

READY.

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

ÖZGEÇMİŞ

Tez çalışmasını yapan Kurtuluş BORAN, 16-11-1956 yılında Ortaköy(NİĞDE) 'de doğdu. İlk okulu 1964-1969 yılları arasında Kayseri'de tamamladı.1969-1975 Yılları arasında Orta okul ve Liseyi Mardin Lisesinde okudu. 1976 Yılında Eskişehir Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi Makina Mühendisliği Bölümüne girdi.1980 Yılında Mezun oldu. 1982 Yılında Askerlik görevine başladı. 1985 Yılı Mart ayında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde Araştırma Görevlisi oldu.Halen bu görevde çalışmaktadır.Evli ve iki çocuk babasıdır.

T. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi