

GÜNEŞ ENERJİSİYLE DAMITMA SİSTEMİNİN FARKLI HAVUZ YÜZEYLERİ İÇİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Yusuf ÇAY
Kemal ATIK
Zafer CİNGİZ

ÖZET

Temiz su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut su kaynaklarının kullanılamayacak duruma gelmesi su temini konusunu ön plana çıkartmıştır. Bu durum karşısında en geçerli çözüm yöntemlerinden biride güneş enerjisiyle damıtma olarak görülmektedir. Yapılan bu deneysel çalışmada güneş enerjisiyle deniz suyu damıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Basit bir güneş enerjili damıtma cihazı yapılmış ve damıtıcının güneş enerjisinden maksimum miktarda yararlanmasını sağlamak için üst yoğunlaşma örtüsünde farklı şekillerde eğimli yüzeyler kullanılmıştır. Ayrıca iklim koşulları parametrelerinin de performansa etkileri incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, sistemin veriminin, iklim şartlarına, damıtma yöntemlerine, damıtıcının örtü şekillerine, tuzlu su derinliğine göre değiştiği görülmüştür. Deneyde kullanılacak deniz suyu, elde edilen damıtılmış su ve damıtılmış deniz suyu RO' dan (Ters Ozmoz) geçirilerek, fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak kullanım suyu olarak kullanılıp kullanılmayacağı belirlenmiştir. Genel içme suyu standartlarına yakın veriler elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen su miktarı açısından ise; incelenen literatür çalışmalarında üretilen ki kadar su miktarlarına yakın sonuçlar bulunmuştur.

1. GİRİŞ

Nüfus artışı, sanayileşme ve etkin tarım faaliyetlerinin dünyanın kısıtlı yeraltı ve yerüstü kaynaklarını tükettiği ve çevre sorunlarını arttırdığı bir gerçektir. Dünyada ve ülkemizde su kaynaklarının giderek tükenmesi ve mevcut su kaynaklarının kullanılamayacak duruma gelmesi, su temini konusunu ön plana çıkarmaktadır. Özellikle, su gibi doğal bir kaynağın geriye dönülemeyecek bir şekilde tüketilmesine engel olmak için bekleyecek zamanın olmaması, insanoğlunu bu kaynakları koruyacak ve kurtaracak teknolojileri kullanmaya ve geliştirmeye mecbur kılmaktadır. İçme ve kullanım suyuna duyulan ihtiyacın artması, bilim adamlarını arayışlara ve bu konuda çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Son yıllarda, çoğu kurak ve kıraç bölgelerde deniz suyundan içme suyu elde edilmiştir. Söz konusu tuzlu sular, içilebilecek nitelikte suya dönüştürülürse su temini açısından sınırsız bir potansiyel elde edileceği açıktır.

2. DENİZ SUYU ÖZELLİKLERİ VE İÇME SUYU KALİTESİ BAKIMINDAN TUZLU SU

Dünya yüzeyinin büyük kısmını kaplayan su içilememektedir. Küçük bir hayvan (bir çöl faresi) ile yapılan bir deneyde, hayvan deniz suyu içmek zorunda bırakılmış ve zarar görmeden hayatta kalmıştır. Oysa insan bunu başaramamaktadır. Bir miktar deniz suyu içmek sağlığa zarar vermeyebilir, ancak sürekli deniz suyu içen birisi kısa sürede su kaybından ölebilir.

Böbrekler böyle yoğun bir çözelti ile baş edemez. İdrarı seyrelterek vücuttan atılabilecek duruma getirmek için, vücudun diğer organlarından su alınması gerekir.

Deniz suyunun tuzluluğunu oluşturan belli başlı erimiş tuzlar sırasıyla klor, sodyum, sülfatlar, magnezyum, kalsiyum, potasyum bikarbonat ve bromdur. Bilinen tüm elementler deniz suyunda mevcuttur. Tuzluluk denizlerde genel olarak derinlikle artar. Bu artış miktarı büyük değildir. Yazın ise buharlaşma nedeniyle tuzluluk artışı yüzeye doğrudur.

Yoğunluk, deniz suyunda tabakalaşmaya ve akıntıların oluşmasına etki eden önemli bir faktördür. Denize genellikle dipten deşarj edilen atık suların yoğunluğu deniz suyuna göre daha düşük olduğundan yüzeye doğru yükselir ve deniz suyu ile karışarak seyrelirler. Bu arada mevcut tabakalaşmaya göre yüzeye çıkarlar ya da belli bir derinlikte kalırlar. Deniz suyunun yoğunluğu; basınca, derinliğe, tuzluluğa ve su sıcaklığına bağlı olarak değişiklik gösterir [1].

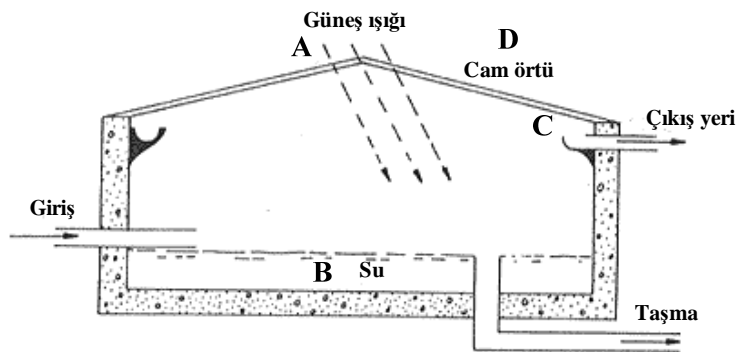
3. GÜNEŞ ENERJİSİ İLE DAMITMA

Güneş enerjisiyle damıtmadaki temel teori, doğada var olan su çevriminin minyatür olarak yeniden yapılandırılmasıdır. Küresel su çevriminde güneş, su kaynaklarını ve yüzey sularını buharlaştırır, hayvan ve bitkilerde solunuma sebep olur. Atmosferdeki nem arttıkça buhar bulutlarda yoğunlaşır ve uygun soğutma koşulları ile dünyaya yağmur olarak geri döner [2].

Özellikle tropik ve yarı tropik bölgelerde içecek su problemi çok fazladır. Bu problemler şöyle sıralanabilir:

- Parazit veya mikropların su kaynaklarını kirletmeleri
- Arsenik ve madenlerin suları kirletmesi
- Aşırı orman kesimi ve çölleşme (su sterilizasyonu için ağaçların kesilmesi)
- Pet şişelerin birikmesi sonucu ortaya çıkan çöpler (özellikle küçük adalarda)
- Karbon miktarının azalması ve CO₂ miktarının artması (taşıma sistemi yüzünden)
- Artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için sürekli su ithal etmek

Yukarıdaki faktörler ve diğerleri her yıl binlerce insanın ölmesine veya hastalıklardan muzdarip olmasına ve çok miktarda para harcanmasına sebep olmaktadır [3].



Şekil 1. Tek havuzlu cam çatılı güneş damıtma sistemi [4].

Güneş ışığı (A) cam veya plastik örtüden geçerek (D) absorbe edilir. İç yüzeyde absorbe işleminin hızlanması için siyah malzeme kullanılır. Burada absorber, çanak ya da pis suyla doldurulmuş ve siyaha boyanmış tabandır (B). Cam kapak, güneş radyasyonunu içeri geçirir ki bu, siyah taban sayesinde olmaktadır. Taban aynı zamanda infra-red (uzun dalga) ışınlarını da geçirir ve bu, havuza yansıtılıp güneş enerjisi havuzun içinde hapsedilir (sera etkisi).

Bu tabanın siyah, mat boyalı olması istenilir. Mat, siyah olmasının nedeni daha iyi absorbe edici olması ve geriye yansımaya önlemesidir. Bu durum, özellikle su berraksa daha çok önem kazanır. Absorbe edilen güneş ışığı, tabanı ve kademeli olarak suyu ısıtır ve su buhar haline geçer. Bu işlemde güneş ışığı ısıya dönüşür ve bu ısı suya transfer edilir. Isı kaybını minimuma indirmek gerekmektedir. Bunun için damıtıcı tabanın ve saydam örtünün iyi izole edilmesi çok önemlidir. Eğer taban kuru bir yüzeye yerleştirilirse bu iyi bir izolasyon olarak düşünülebilir.

Su, havuzun tabanında ısınır, buharlaşır ve atıkları geride bırakır. Bu buhar cam örtüde (C) düşük ısıda yoğunlaşır ve çıkış yeri olarak gösterilen (D) su toplama kanallarından dışarıya alınır. Cam örtünün ısısı düşüktür; çünkü hava ile temas halindedir. Tabi ki bu durumda ısının sudan ve buhardan az olması gerekir. Bu olay, rüzgâr soğutması ile de yapılabilir. Gece ısı düştüğünde de bu olay gerçekleşebilir. Eğer havuza konulmuş olan su tuzlu ise; tuz ve diğer atıklar buharlaşmaz ve tabanda kalır. Yoğunlaşmış sıvının tuzlusuyla karışmasını önlemek için havuza en az 10 ° yatay eğimle doldurma işlemi yapılmalıdır. Tüm damıtma işleminde hava koşulları dikkate alınmalıdır. En iyi sonucu elde etmek için havuzdaki kirliliği artan su günlük değiştirilmelidir.

4. HAVUZ TİPİ DAMITICILARIN PERFORMANSINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

4.1 Meteorolojik Faktörler

4.1.1 Birim zamanda damıtıcının birim alanına gelen güneş ışınımı (Güneş Radyasyonu)

Isının başlıca kaynağı güneşten gelen radyasyondur. Azalan veya artan ısı değişimleri, buharlaşma miktarı için önemli bir faktördür. Güneşten gelen enerji miktarı mevsime, günün saatine ve havanın bulutlu veya açık olmasına göre değişir. Radyasyon enerjisi, aynı zamanda enlem, yükseklik ve yöne göre de değişiklik gösterir.

Damıtma işlemi sırasında amaç suyun buharlaştırılması olduğu için güneş ışınımı çok önemlidir. Bu nedenle, damıtma sistemine bir enerji girişi olmaz ise, damıtma havuzunun içerisindeki su hızla soğur, buhar basıncı hızla düşer ve buna bağlı olarak ta buharlaşma işlemi durur [5].

4.1.2 Ortam sıcaklığındaki değişim

Doymuş buhar basıncı sıcaklığa bağlı olduğundan buharlaşma oranı, hava ve su sıcaklıklarından büyük miktarda etkilenir. Buharlaşmanın günlük ve yıllık değişimleri, sıcaklığın günlük ve yıllık değişmelerine çok benzer.

Gün esnasında buharlaşma sabah saatlerinde minimum, öğleden sonra 12:00 -15:00 saatleri arasında ise maksimum değerine ulaşır. Yine sıcaklıkla ilgili olarak buharlaşma soğuk mevsimde az, sıcak mevsimde fazladır [6].

Ortam sıcaklığının düşük olması, ilk olarak yoğunlaşma örtüsü sıcaklığının düşmesine neden olur. Ayrıca damıtma havuzunun kenarlarından çevreye ısı kayıplarının artmasına neden olur. Yüksek ortam sıcaklığı damıtıcı performansına olumlu yönde etki etmektedir. Böylece havuzun içindeki su sıcaklığı artarak, diğer taraftan damıtıcıdan ortama olan ısı kayıplarını azaltılarak damıtıcının verimini artırılmaktadır [5].

4.1.3 Rüzgâr Hızı

Buharlaşmanın devam etmesi için difüzyon ve konveksiyon ile su buharının su yüzeyinden uzaklaşması gerekir. Bu durum havanın hareketi (rüzgâr) ile mümkündür. Rüzgâr hızı ne kadar fazla olursa buharlaşma o kadar fazla olur.

Rüzgâr, özellikle saydam örtüden çevreye olan ısı geçişini etkileyen, saydam örtü sıcaklığını kontrol eden önemli atmosferik faktörlerden biridir. Rüzgâr hızının artması, örtüden çevreye olan taşınım olan ısı geçişini artırarak, saydam örtü üstündeki yoğuşma oranını yükseltmekte, dolayısıyla damıtıcı veriminin artmasını sağlamaktadır. Ancak bu hızının belli seviyeleri aşmaması gerekmektedir. Çünkü daha yüksek seviyelerdeki rüzgâr hızları, örtü içindeki su sıcaklığının düşmesine, buharlaşma miktarının azalmasına neden olmakta ve damıtıcı verimi olumsuz yönde etkilenmektedir [5].

4.2. Havuzdaki Su Derinliğinin Etkisi

Su derinliği az olan damıtma havuzlarında ise, havuz içerisindeki su miktarı az olduğundan, havuzdaki su kısa zamanda buharlaşma için gerekli sıcaklığa ulaşır ve buharlaşma başlar. Böylece damıtıcıya gelen enerjinin büyük bir kısmı, suyun sıcaklığının artırılmasından ziyade buharlaşma için harcanır ve damıtıcı çok kısa sürede devreye girer.

Derin havuzlu damıtıcıların içerdikleri su miktarı fazla olduğu için, gelen enerjinin büyük bir bölümü, su sıcaklığının buharlaşma için gerekli olan seviyeye ulaştırılması için harcanır. Bu nedenle buharlaşma için harcanabilen enerji miktarı sığ havuzlara göre daha azdır ve damıtıcı daha geç devreye girer [5].

Bunların yanında besleme suyu olarak tabir ettiğimiz damıtma havuzundaki tuzlu suyun ısısının yüksek seviyelere çıkartılması ayrıca şu özelliklerde çok önemlidir: Gelen güneş radyasyonunun (ışınımın) üst yoğuşma örtüsü tarafından büyük oranda absorbe edilmemesi gerekir. Zeminin ve duvarların çok iyi izole edilmesi gerekir. Su seviyesi çok olmazsa onu buharlaştırmak için çok ısı gerekmez.

4.3. Damıtma Havuzlarının Konstrüksiyonla İlgili Özelliklerinin Performansa Etkisi

Bu özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Havuz konstrüksiyonu ısıl kapasitesi
- Havuz kayıpları, taban ve çevresinin izolasyonu
- Sistemde oluşacak buhar kaçakları, sızdırmazlık önlemleri
- Örtü formu
- Saydam örtünün eğim açısı
- Sistemin içerisindeki hava sirkülasyonu
- Havuz tabanının ısıyı absorbe etme yeteneği
- Damıtıcının yönlendirilmesi

Yoğuşma örtüsünün eğim açısı, damıtıcının üzerine gelen ışınımı yansıtma oranını etkileyen en önemli unsurdur. Açının artması yansıtma oranını etkiler. Bu sebeple, sisteme giren enerji miktarı azalacağından sistemin verimi de düşecektir. Ayrıca örtünün eğim açısı, örtüde yoğuşacak olan suyun toplama kanallarına akışını kontrol eder. Eğim açısı küçük olursa, örtüde yoğuşan suyun damıtma havuzuna damlama durumu oluşabilir. Ayrıca eğimin küçük olması yoğuşan suyun toplama kanallarına akış süresinin ve aldığı yolunda kısa olmasını sağlar [5].

Bu faktörlerin yanı sıra; Damıtma sisteminin kurulmuş olduğu yerin açık gün ve bulutluluk oranı, enlem derecesi, bakışı (yönü), damıtıcıdaki su kütlesinin büyüklüğü, tuz durumu, suyun kirliliği de olumlu-olumsuz yönde etkiler yapmaktadır.

5. MATERYAL

Enerji ihtiyacını güneş enerjisinden sağlayan havuz tipi damıtıcının performans deneyleri için imal edilen basit eğimli güneş enerjili havuz tipi bir damıtıcı, deniz suyu ve diğer malzemeler kullanılmıştır.

Çalışmamızda tamamen atmosferik şartlardan yararlanılarak deneyler yapılmıştır. Bunun yanı sıra deneyde kullanılan deniz suyu Karadeniz (Akçakoca sahilleri) 'den temin edilmiştir.

Deneylerde kullanılan güneş ışınım miktarı, ortam sıcaklığı, hava basıncı, nem oranı, rüzgâr hızı, Düzce'deki güneşlenme süresi gibi veriler, Düzce Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

Yapılan deneylerde Düzce koşullarında bir güneş enerjili su damıtıcısının performansını etkileyen parametreler olan "güneş ışınımı, rüzgâr hızı, havuz içerisindeki su derinliği, saydam örtünün şekli, tuz konsantrasyonu, sisteme ilave edilen güneş kolektörü" incelenmiştir. Bu deneylerin sonuçlarına dayanılarak, mevcut koşullardan daha fazla yararlanılabilecek, performansı daha fazla olabilecek yeni güneş damıtıcısı dizaynları yapılmış ve önerilerde bulunulmuştur.

5.1 Damıtma Havuzu

Damıtma havuzu 60x40x5 cm ölçülerinde yapılmıştır. Taban alanı 0,24 m² dir. Bu kısım içerisine deniz suyunun konulduğu kısımdır ki alüminyum malzemeden imal edilmiştir. Tabanı ve iç kısımları epoksi astar ve siyah mat boya ile boyanmıştır. Epoksi astar sayesinde, boyanın aşınması engellenmiştir. Damıtıcının çevresi straforla ve cam yünüyle ısı yalıtımı yapılmıştır.

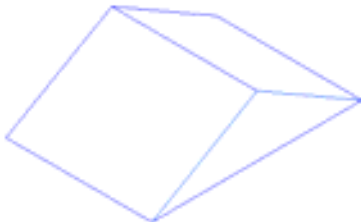
5.2 Temiz Su Toplama Kanalı

Damıtma havuzunun iç kısmına monte edilecek şekilde galvaniz malzemeden yapılmıştır. 2 adet imal edilerek, eğimli şekilde damıtıcının iç kısımlarına perçinle tutturulmuştur. Damıtıcının üst yoğunlaşma örtüsünde yoğunlaşan sular, bu kanala akmaktadır. Eğimli yapılmasının nedeni ise bu kanallara gelen suyun doğal akışla akararak, damıtıcının dışındaki bir toplama kabında birikmesini sağlamaktadır. Bunun için, bu temiz su kanallarındaki suyun toplama kaplarına akabilmesi için de uç kısımlarında açıklık bırakılmıştır. Bu kanal da mat siyah boya ile boyanmıştır.

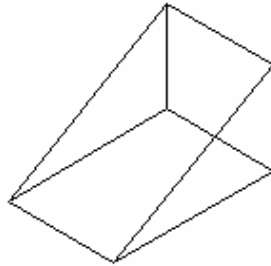
5.3 Üst Yoğuşma (Saydam) Örtüsü

Saydam yoğuşma örtüsü olarak 4 mm kalınlığında çift eğimli yüzey, tek eğimli yüzey ve silindirik olacak şekilde bükülerek yuvarlatılmış yüzey kullanılmıştır.

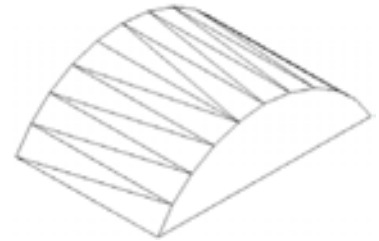
Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen elemandır. Saydam örtü ayrıca yutucu yüzeyi yağmur, dolu veya toz gibi dış etkilere korumaktadır.



(Çift eğimli)



(Tek eğimli)



(Silindirik eğimli)

Şekil 2. Üst yoğuşma örtüsü görünümleri

5.4 Güneş Toplayıcısı (kollektör)

Damıtma havuzuna bağlantısı yapılmış olan tuzlu suyun içerisinde dolaşacağı düz şeklindeki toplayıcıdır. Amaç; içerisinde dolaştırılacak suyun ısısını artırmak yani güneşin ışık enerjisini ısı enerjisine dönüştürmektir. Kollektör 90x50x10 cm ölçülerinde yapılmıştır. Verimli olması için bu toplayıcının, üzerine düşen güneş enerjisi miktarının çoğunu absorbe edebilmeli, toplayıcıdan çevreye olan ısı kayıpları en az düzeyde olmalıdır, absorbe ettiği enerjiyi içindeki ısı taşıyıcı akışkana yüksek bir verimlilikle geçirebilmelidir. Basit bu düz toplayıcı genellikle beş kısımdan meydana gelmektedir.

5.4.1 Saydam Örtü

Güneş ışınımını geçiren ve üstten ısı kaybını önleyen elemandır. Bir veya birkaç tane olabilir. Bu sistemde bir tane kullanılmıştır. Saydam örtü ayrıca yutucu yüzeyi yağmur, dolu veya toz gibi dış etkilerden korumaktadır. Saydam örtü olarak cam malzemeler kullanılmıştır.

5.4.2 Yutucu Yüzey

Düz toplayıcıda güneş ışınımı yutan ve ısıyı, borulardaki akışkana aktaran kısımdır. Yutucu yüzeyin, güneş ışınımını yutma oranının büyük olması gerekir. Işınımı yutarak ısının levhanın ısıyı temas halindeki akışkana iyi bir şekilde iletilmesi için, ısı iletim katsayısı yüksek malzemeler seçilmelidir. Toplayıcılarda yutucu yüzey olarak genellikle bakır, alüminyum ve paslanmaz çelik kullanılır. Bu toplayıcıda yutucu yüzey olarak alüminyum kullanılmıştır.

5.4.3 Isı Taşıyan Akışkanın Dolaştığı Borular

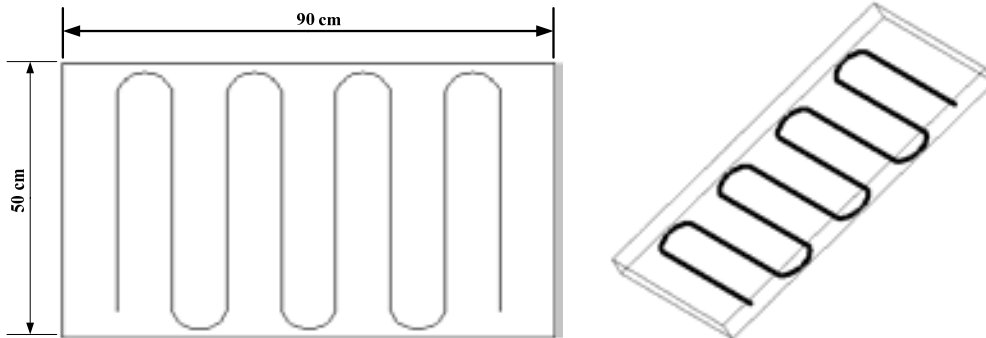
Toplayıcıda güneş enerjisi ile ısınan tuzlu suyun dolaştığı borulardır. Bu sistemde akışkan borusu olarak bakır kullanılmıştır.

5.4.4 Yalıtım Malzemesi

Düz toplayıcıda güneş ışınımı almayan alt ve yan kısımlardan olan ısı kayıplarının azaltılması için kullanılmıştır. Kullanılan malzemenin ısı iletimi az olmalıdır. Cam yünü ve poliüretan malzeme ile yalıtım yapılmıştır.

5.4.5 Kılıf

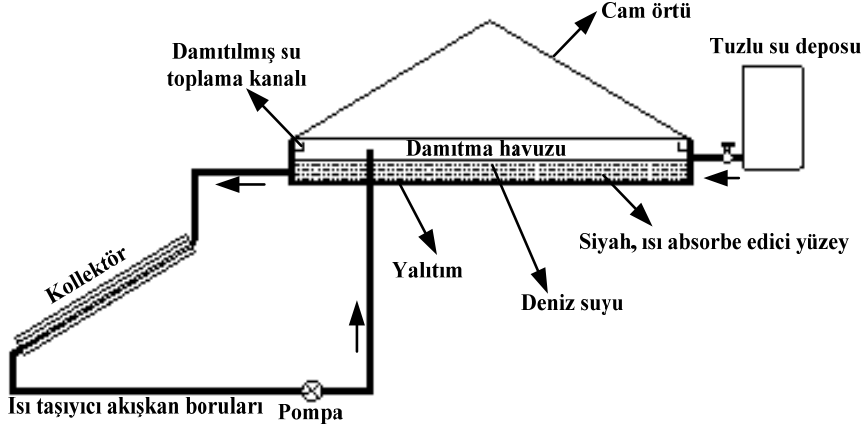
Düz toplayıcı dış etkilerden koruyan ve toplayıcının diğer kısımlarını bir araya getiren kısımdır.



Şekil 3. Güneş kollektörünün görünümü

6. DENEYİN YAPILIŞI

Yaptığımız çalışmada, eğimli güneş damıtıcısından Ağustos ayında Düzce koşullarında maksimum miktarda su damıtmak amacıyla üst yoğunlaşma örtüsü çeşitleri ve güneş kollektörü kullanarak deneyler yapılmıştır.



Şekil 4. Deneyde kullanılan güneş enerjili damıtıcı

Buna göre beş çeşit damıtma denemesi yapılmıştır. Tek eğimli yoğunlaşma örtüsü (Yöntem-2), çift eğimli yoğunlaşma örtüsü (Yöntem-1), silindirik form verilmiş yoğunlaşma örtüsü (Yöntem-3), tek eğimli yoğunlaşma örtüsü ile güneş kollektörünün birleştirilmesi (Yöntem-5), çift eğimli yoğunlaşma örtüsü ile güneş kollektörünün birleştirilmesi (Yöntem-4) şeklinde deneyler yapılmıştır.

Tablo 1. Günlük ışınım miktarlarına göre damıtılan su miktarları

TARİH	İŞİNİM MİKTARI	DAMITILAN SU	TARİH	İŞİNİM MİKTARI	DAMITILAN SU
	kcal/m ²	ml		kcal/m ²	ml
01.08.2006	4860	526	16.08.2006	3017	333
02.08.2006	4578	431	17.08.2006	3870	564
03.08.2006	4530	424	18.08.2006	3826	577
04.08.2006	4806	543	19.08.2006	4254	540
05.08.2006	4602	832	20.08.2006	4338	791
06.08.2006	4494	427	21.08.2006	4164	705
07.08.2006	3906	116	22.08.2006	3894	298
09.08.2006	4014	376	23.08.2006	3828	131
10.08.2006	4218	656	25.08.2006	4128	361
11.08.2006	4068	561	26.08.2006	3602	143
13.08.2006	4002	560	27.08.2006	4098	115
14.08.2006	3312	406	28.08.2006	3060	102
15.08.2006	3632	353	29.08.2006	3224	112
			30.08.2006	4152	180

Tablo 2. Damıtma yöntemlerine göre gelen ışınım- tuzlu su derinliği-damıtılan su miktarları

GÜN	YÖNT.	İŞİNİM	DAMITILAN SU	TUZLU SU DERİNLİĞİ	GÜN	YÖNT.	İŞİNİM	DAMITILAN SU	TUZLU SU DERİNLİĞİ
	NO	kcal/m ²	ml	cm		NO	kcal/m ²	ml	cm
1	1	4860	526	1	22	3	3894	298	1,4
2	1	4578	431	1,8	23	3	3828	131	1
3	1	4530	424	2,6	25	3	4128	361	1,4
4	1	4806	543	0,9	26	3	3602	143	1,2
6	1	4494	427	1	27	3	4098	115	1
7	1	3906	116	0,7	28	3	3060	102	2,7
9	1	4014	376	2,6	29	3	4224	112	2,6
13	1	4002	560	1	30	3	4152	180	2,5
14	1	3312	406	1	5	4	4602	832	1,6
15	2	3632	353	0,7	10	4	4918	656	2,5
16	2	3017	333	1	11	4	4068	561	2,2
17	2	3870	564	0,8	20	5	4338	791	2,1
18	2	3826	577	0,5	21	5	4164	705	1,8
19	2	4254	540	2,4					

Örnek hesap için 20.08.2006 tarihi baz alınmıştır (Tablo 1.'den)

$$4338 \text{ kcal/m}^2 \times 0,24 \text{ m}^2 = 1041,12 \text{ kcal (gün boyunca)} \quad (\text{Güneş ışınımı} \times \text{Havuz alanı})$$

Suyun yoğunluğu ; $\rho_{su} = 1000 \text{ kg/m}^3$ kabul edilmiştir.

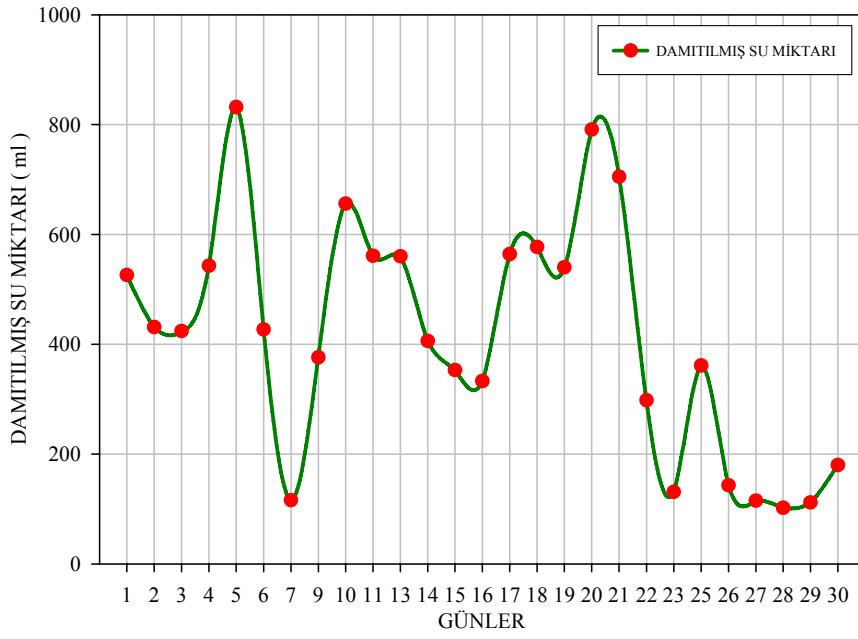
$$m = \frac{Q}{\Delta h} = \frac{1041,12}{640} = 1,627 \text{ kg}$$

Suyun kütleli debisi = Isı miktarı (kcal) / Suyun buharlaşma ısısı (640 kcal/kg olarak alınmıştır)

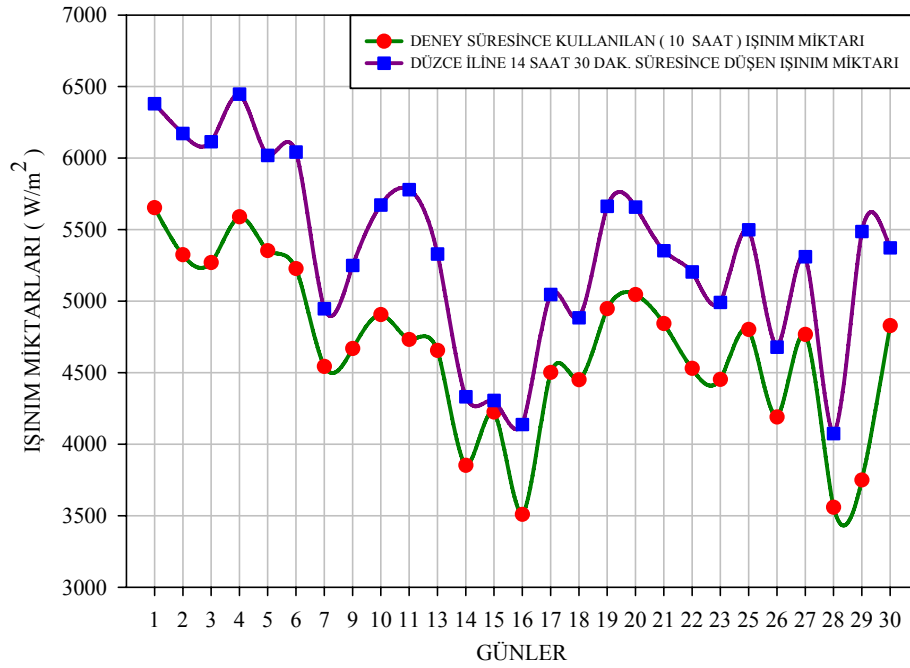
Damıtma havuzu verimi % 60 (kabul edilirse); $1,627 \times 0,60 = 0,9762 \text{ kg}$ su elde edilir.

Örnek hesap için 20.08.2006 tarihi baz alınmıştır.

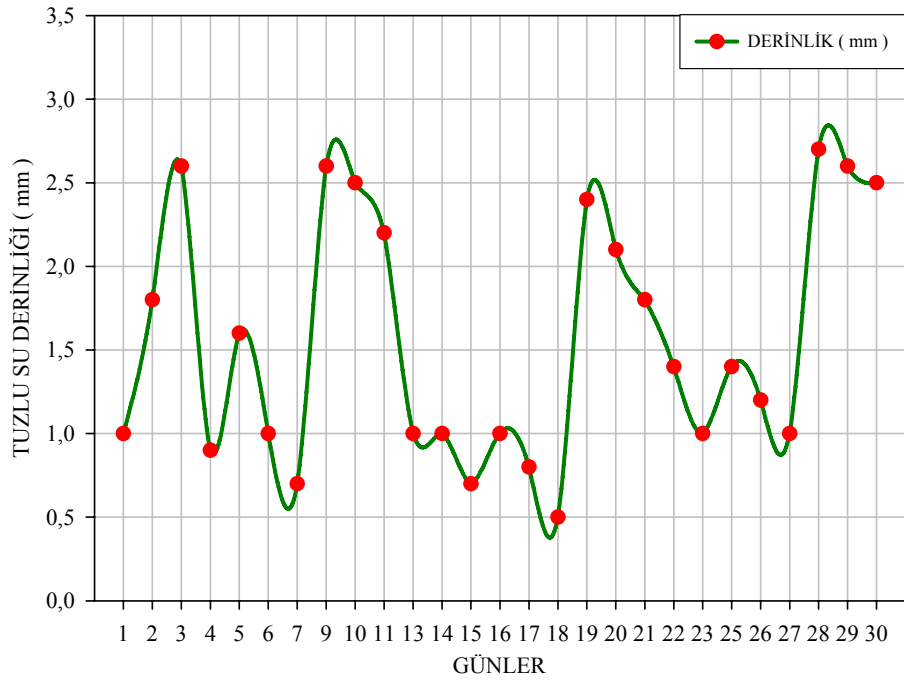
4338 kcal/m² toplam ışınımında deney süresince 791 gram su elde edilmiştir (0,24 m² havuz alanı için)



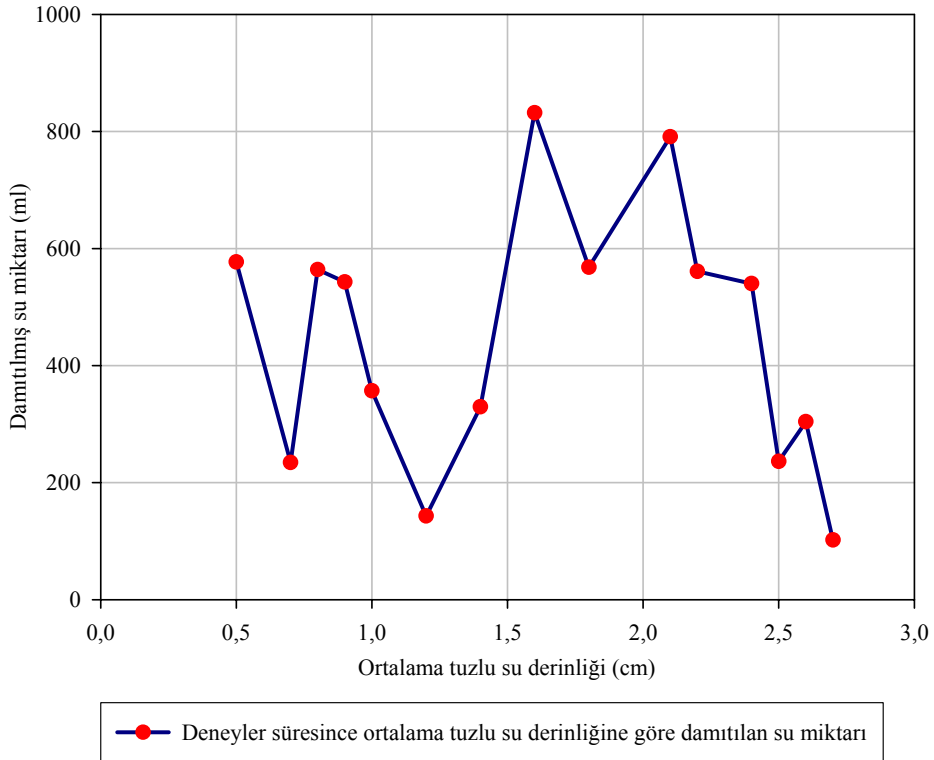
Şekil 5. Deney süresince günlere göre elde edilen damıtılmış su miktarları



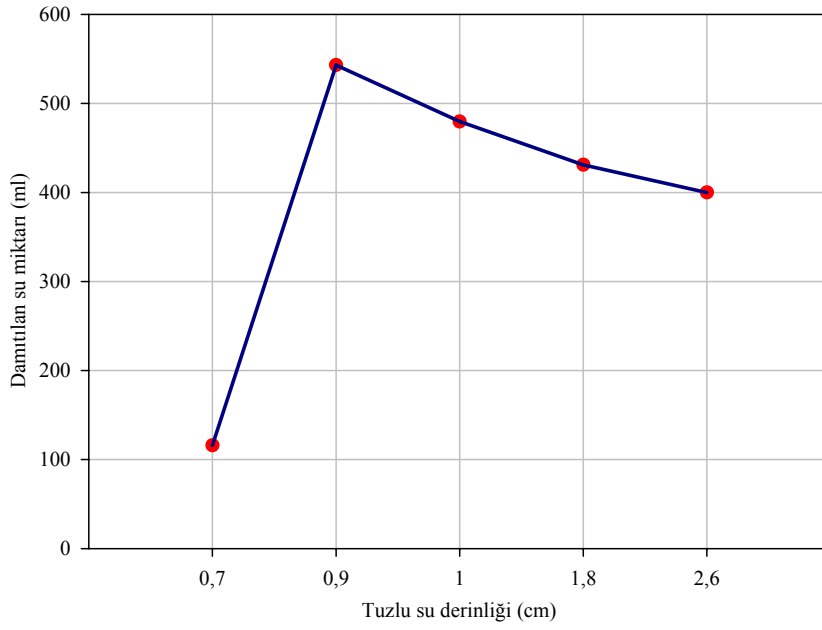
Şekil 6. Günlere göre metrekareye düşen güneş ışınım miktarları



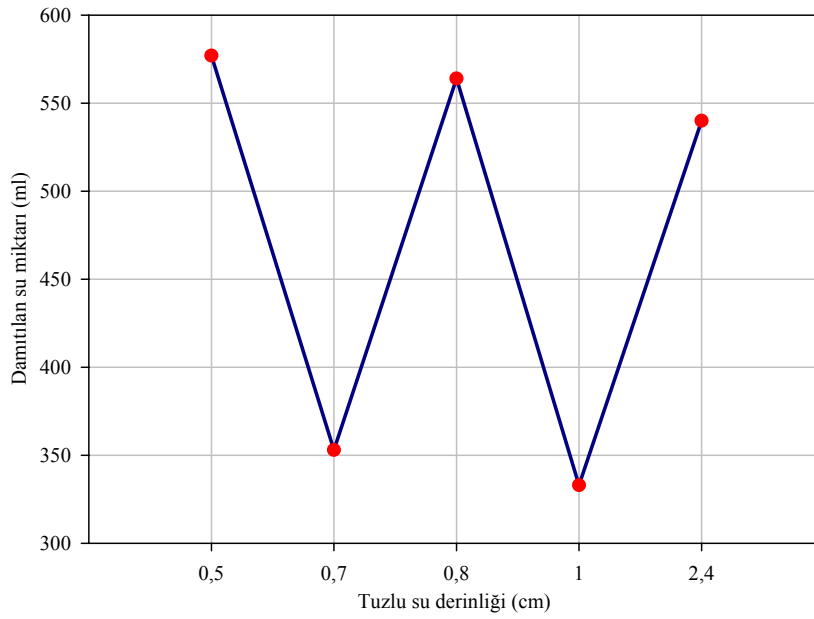
Şekil 7. Günlere göre damıtıcıda uygulanan tuzlu su derinliği



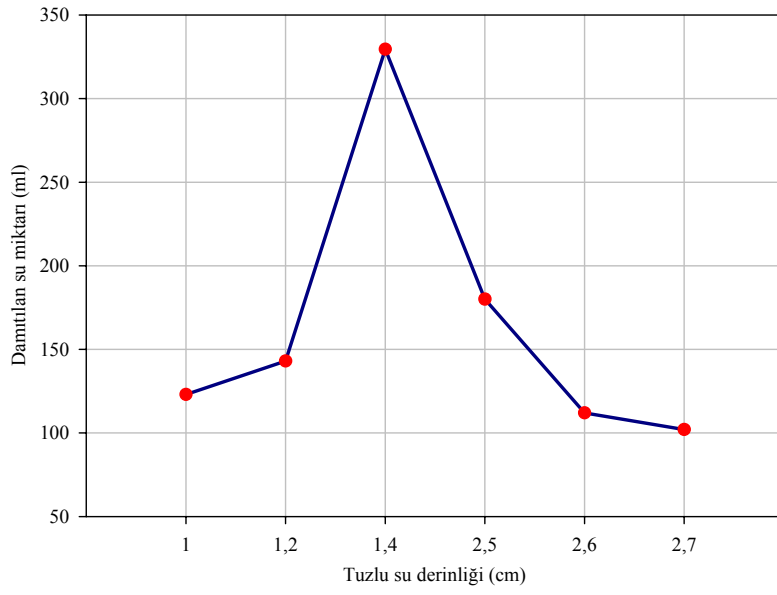
Şekil 8. Ortalama tuzlu su derinliği-damıtılan su miktarları



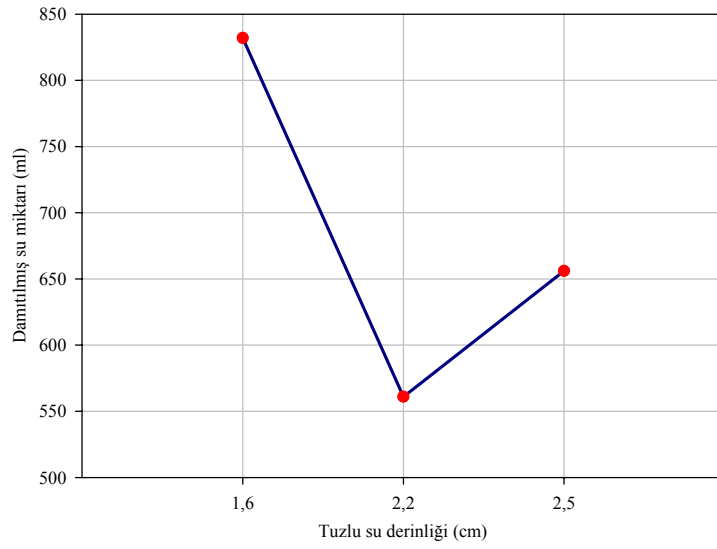
Şekil 9. Çift eğimli yüzey kullanılarak yapılan deneyde tuzlu su derinliği-damıtılmış su miktarı grafiği



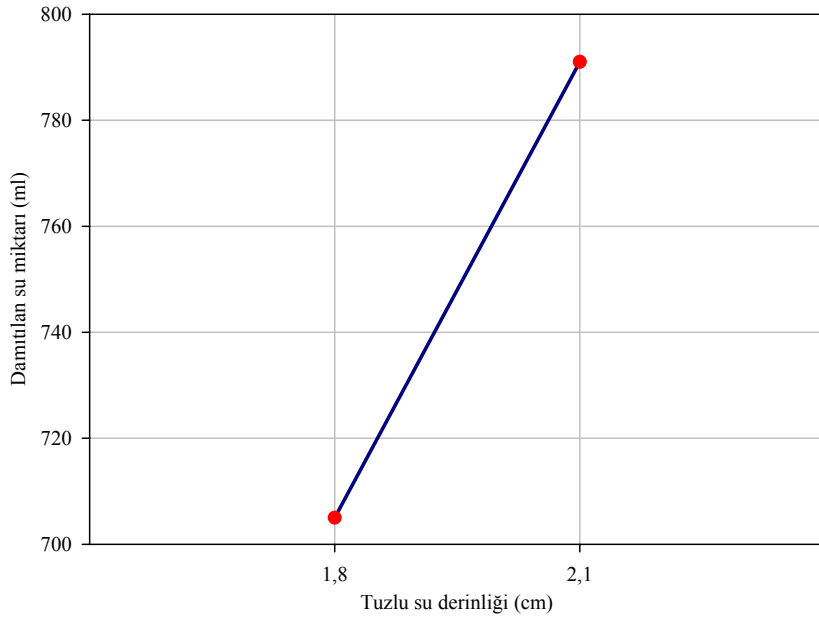
Şekil 10. Tek eğimli yüzey kullanılarak yapılan deneyde tuzlu su derinliği-damıtılmış su miktarı grafiği



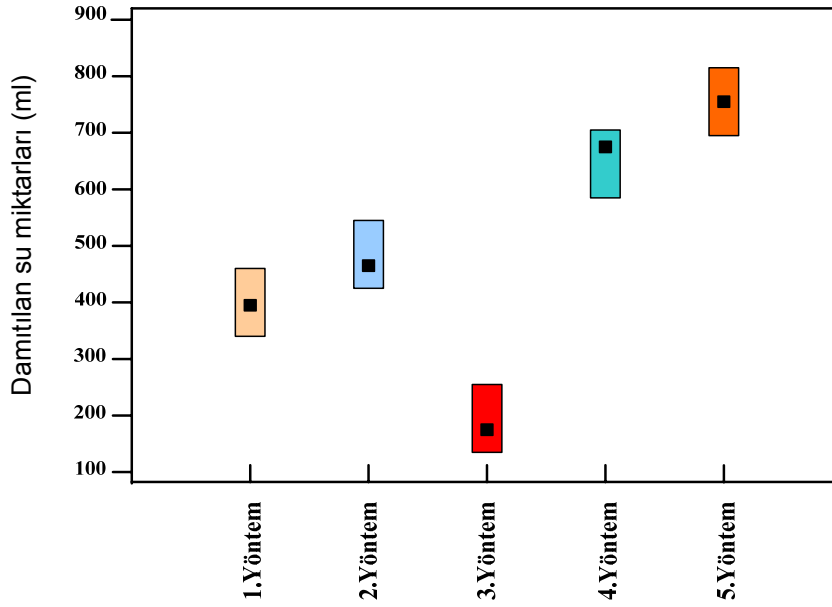
Şekil 11. Silindirik formlu yüzey kullanılarak yapılan deneyde tuzlu su derinliği-damıtılmış su miktarı grafiği



Şekil 12. Çift eğimli yüzey ve güneş kolektörü kullanılarak yapılan deneyde tuzlu su derinliği-damıtılmış su miktarı grafiği

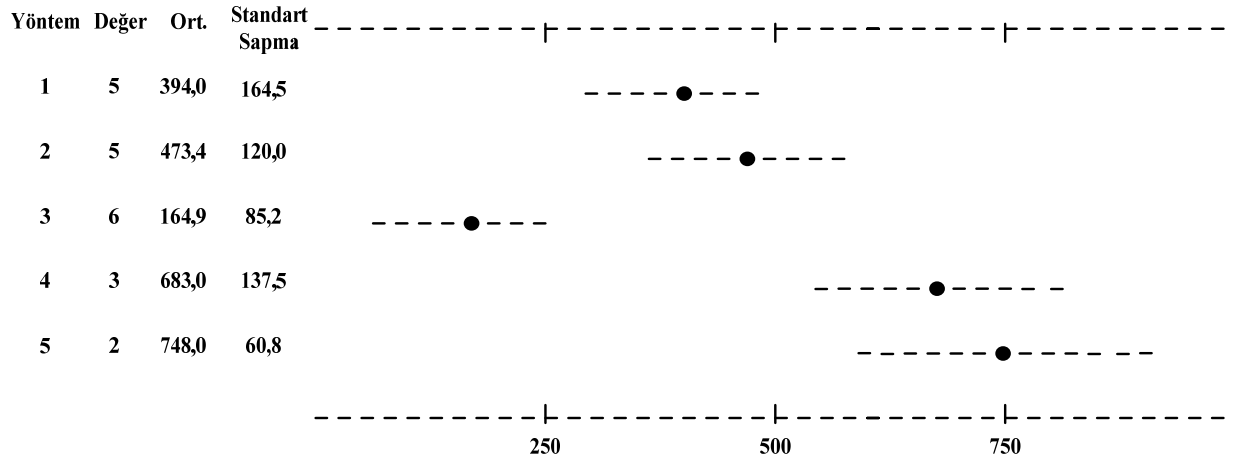


Şekil 13. Tek eğimli yüzey ve güneş kolektörü kullanılarak yapılan deneyde tuzlu su derinliği-damıtılmış su miktarı grafiği.



Şekil 14. Deneylerde uygulanan yöntemlerin değerlendirilmesi

Yapılan deneysel çalışmalar varyans analizi istatistik metodu kullanılarak değerlendirilmiştir. Damıtma havuzundaki su seviyesi ve elde edilmiş su miktarlarına göre 1. ve 2. yöntemin birbirlerine yakın, 4. ve 5. yöntemin birbirlerine yakın, 3. yönteminde diğerlerinden farklı olduğu görülmüştür. Yöntemler verimine göre sıralanmıştır. Bu sıralama, 5., 4., 2., 1. ve 3. yöntemler olarak verilmiştir.



Şekil 15. Deneylerde uygulanan yöntemlerin tuzlu su derinliği ve damıtılan su miktarlarına göre varyans analizi.

SONUÇ

Su kirlendikçe sistemin veriminin de etkilendiği görülmüştür. Damıtma havuzundaki tuz kristalleri fazla olduğu için güneş ışınlarının yansımaya sebep olmuştur.

Derinliği az olan damıtma havuzunda su sıcaklığı maksimum olmuştur. Çünkü derin su kütlesi hava sıcaklığındaki değişime geç uymaktadır.

Tuzlu suyun tatlı suya göre daha az buharlaştığı görülmüştür. Çünkü sudaki erimiş tuzlar buhar basıncını azaltmıştır. Yapılan ön deneylerde berrak suyun güneş ışınımını daha iyi absorbe ettiği görülmüştür.

Dış ortam sıcaklığı arttıkça buharlaşmanın arttığı görülmüştür. Damıtma sisteminde buharlaşmanın sabah saatlerinde minimum, öğleden sonra 12:00-15:00 saatleri arasında maksimum seviyeye ulaştığı görülmüştür.

Buharlaşmanın devam etmesi için su buharının damıtıcı yüzeyinden uzaklaşması gerekmektedir. Bu durumda ancak hava hareketi yani rüzgâr ile olabilmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda rüzgâr hızının artmasıyla buharlaşmanın da arttığı görülmüştür. Ancak yaptığımız damıtıcı çevresindeki rüzgâr hızı genellikle 1 m/s değerinin altında ölçülmüştür. Bu değer sistemin verimini arttıran bir etken olarak görülmemektedir. Hızın fazla olması da örtü içerisindeki su sıcaklığını düşürmektedir.

Yapılan deneyler sonucunda, sistemin verimi, iklim şartlarına, damıtma yöntemlerine, damıtıcının örtü şekillerine, tuzlu su derinliğine göre değişmektedir.

Tablo 3. Su analiz raporu

Numune Adı	Deniz Suyu	Damıtılmış Deniz Suyu	RO'dan Geçen Damıtılmış Su	İçme Suyu Standartları
Renk	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak
Tortu	İnce Tortulu	İnce Tortulu	Tortusuz	Tortusuz
Koku	Kendine Has	Kendine Has	Kokusuz	Kokusuz
pH	7,8	6,67	6,5	6,5-8,5
İletkenlik (µs/cm)	>10000	550	30	<500
TDS (mg/lit)	>5000	306	17	<350
Sertlik (°F)	356	0	2	0-5
Demir (mg/lit Fe)	Yok	Yok	Yok	0,2
Nitrit (mg/lit NO ₂)	Yok	0,2	Yok	0
Amonyum (mg/lit NH ₄)	0,4	0,4	Yok	0
Serbest Klor (mg/lit)	Yok	Yok	Yok	0,2-0,3
Klorür (mg/lit Cl)	9600	360	180	0-600

Deneyde kullanılacak deniz suyu, elde edilen damıtılmış su ve sonrada bu damıtılmış su Ters Ozmoz (Ters ozmoz, suyun içindeki istenmeyen tüm mineralleri sudan ayıran, saf su ve içme suyu teminine yönelik olarak kullanılan membran filtrasyon işlemi)'dan geçirilerek kullanılabilirliği incelenmiştir. Genel içme suyu standartlarına yakın veriler elde edilmiştir.

Düzce koşullarında bir güneş enerjili damıtıcıda ortalama 1 m/s'lik rüzgâr hızının damıtmaya etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Rüzgâr hızı ile ilgili deneyler yapılarak damıtmada etkili olacak uygun hız tespit edilmelidir.

Damıtma sisteminde ek olarak kullanılan kollektörün ön yatırım maliyetini arttırdığı bir gerçektir. Bu maliyet yapılacak yeni çalışmalarla azaltılabilir.

Yapılan üst yoğunlaşma örtü şekilleri dışında yeni tasarımlarda yapılarak damıtmaya olan etkisi tespit edilebilir.

Güneş enerjili ve/veya kombine (rüzgâr, vs.) su damıtıcısı üzerinde çalışmalar sürdürülmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Can, M., Etemoğlu, A.B. ve Avcı, A., "Deniz Suyundan Tatlı Su Eldesinin Teknik ve Ekonomik Analizi", Uludağ Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 7, No: 1, s. 147-160, 2002
- [2] Perlin, J. and Gordes, J.N., "An Historical and Prospective Review of Solar Water Purification", Bringing Water to the World, ASES, Riverton, Santa Barbara, <http://home.earthlink.net/~jgordes>, 2005
- [3] De Koning, J. and Thiesen, S., "Aqua Solaris- an Optimized Small Scale Desalination System with 40 Litres Output Per Square Meter Based Upon Solar-Thermal Distillation", Desalination, Vol. 182, pp. 503-509, 2005
- [4] Warming Water With Solar Energy, <http://www.wot.Utwente.nl/documents/publications/1990-ssadc/ssadc/chapter3.htm>, 2005

- [5] Öztürk, Y., “Güneş Enerjisiyle Tuzlu Su Damıtılması”, Bilim Uzmanlık Tezi, M.Ü., Makina Eğitimi, İstanbul, s. 74-78, 2004
- [6] Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.meteor.gov.tr>, 2006

ÖZGEÇMİŞLER

Yusuf ÇAY

1963 yılında Sakarya’da doğdu. İTÜ Sakarya Mühendislik Fakültesin’den 1985 yılında Makina mühendisi olarak mezun oldu. 1997 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsünde Doktorasını tamamladı. Güneş enerjisi, alternatif yakıtlı motorlar, soğutma ve ısıtma sistemleri konularında çalışmaktadır. Halen Düzce Üniversitesinde Y.Doç.Dr. olarak görevine devam etmektedir.

Kemal ATİK

1970 yılı Kayseri doğumludur. 1992 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesini bitirmiştir. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde 1995 yılında Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde 2002 yılında Doktora öğrenimini tamamlamıştır. Halen ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat Anabilim Dalı’nda Yrd. Doç. Dr. Olarak görev yapmaktadır. Güneş enerjisi uygulamaları, iklimlendirme ve soğutma, sayısal analiz ve yapay sinir ağları konularında çalışmaktadır. Aynı zamanda ZKÜ. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Tesisat ABD Başkanlığı görevini de yürütmektedir.

Zafer CİNGİZ

1975 Düzce doğumludur. 1994 yılında Abant İzzet Baysal Üniversitesi Düzce Meslek Yüksekokulu İklimlendirme-Soğutma Programından, 2000 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Enerji Eğitimi Ana Bilim Dalından mezun oldu. 2007 yılında Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Ana Bilimde Yüksek Lisansını tamamladı. Halen Düzce Üniversitesi İklimlendirme-Soğutma Programında öğretim görevlisi olarak görevine devam etmektedir. İklimlendirme, Soğutma, Havalandırma, Alternatif Enerji Kaynakları, Bilgisayar Destekli Mekanik Tesisat Tasarımı, Sonlu Elemanlar konularında çalışmaktadır.