

Seralarda Isı Kaybına Neden Olan Yapısal Sorunların Termal Kamera ile Belirlenmesi

Ali ÇAYLI¹, Adil AKYÜZ², A. Nafi BAYTORUN³, Sait ÜSTÜN², Sedat BOYACI⁴

¹KSÜ, Türkoğlu Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş

²KSÜ, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

³ÇÜ, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

⁴AEÜ, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir

Geliş (Received): 03.07.2015

Kabul (Accepted): 07.01.2016

ÖZET: Tarımsal üretim yapıları olan seralarda ısıtma yapılarak daha fazla ve aynı zamanda kaliteli ürün alınabileceği bilinmektedir. Soğuk mevsimlerde ısıtılarak üretim yapılan seralarda, ısıtma girdileri üretim giderleri içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Seralarda ısıtma giderlerinin en az düzeye indirilmesi ve tüketilen enerjiden en fazla etkinin elde edilmesi amacıyla teorik olarak öngörülen ve uygulanan bazı ısı tasarruf önlemleri, yeterli sızdırmazlık ve yalıtımın yapılmamasından dolayı istenilen etkiyi gösterememektedir. Bu amaçla, seralardaki yapısal sorunlardan kaynaklanan ısı kayıplarının belirlenmesi için termal görüntüleme yönteminin kullanılabilirliği bu çalışma ile irdelenmiştir. Termal kamera ile seralarda ısıtma yapılırken alınan görüntüler, analiz yazılımıyla detaylı olarak incelenerek ve ısı kaybına neden olan sorunlar belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen sonuçlar, ısı kayıplarına neden olan yapısal sorunların termal görüntüleme tekniği ile tespit edilebildiğini ve bu sorunların en çok kapı altları ve kenar boşlukları, havalandırma penceresi kenarlarındaki açıklıklar, örtü malzemesinin çatı-ön duvar ve çatı-yan duvar birleşim noktaları ile iyi izole edilmeyen subasman betonunda olduğu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Termal görüntüleme, Seralar, Isı kaybı, Isı yalıtımı, Isı tasarrufu

Determination of Structural Problems Causing Heat Loss with the Thermal Camera in Greenhouses

ABSTRACT: It is widely known that it is possible to harvest more and high quality products from greenhouses, which are agricultural production structures. Heating costs occupy an important position in overall production costs since greenhouses are heated in order to harvest product during winter. Various theoretical heat saving methods which are applied in order to minimize heating costs and maximize efficiency in greenhouses do not reach intended levels due to insufficient sealing and insulation. In this respect, this study focuses on the feasibility of thermal imaging in order to identify heat losses due to the structural problems in greenhouses. Images obtained from thermal cameras in greenhouses were analyzed via analysis software and problems that may lead to heat losses were identified. The findings demonstrate that thermal imaging technique can identify structural problems which lead to heat losses and that these problems stem from holes on the bottom and sides of the doors, holes on the ventilation window, holes at the junction point of covering-front wall and covering-side wall, and insufficiently insulated sub-basement concrete.

Key Words: Thermal imaging, Greenhouses, Heat loss, Thermal insulation, Heat savings

GİRİŞ

Serada ısıtma yapılması yalnızca iç sıcaklığın bitki istekleri seviyesine getirilmesinin yanında sera iç ortam neminin kontrol edilmesinde de önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle sabah erken saatlerde çok yüksek seviyelere ulaşan sera içi oransal nemi, birçok bitki hastalıklarına sebep olmakta ve bu hastalıklarla mücadele için kullanılan ilaçlar hem çevreye hem de insan sağlığına zarar vermektedir.

Seralarda ısıtma sistemleri pahalı yatırımlardır. Bu sebeple planlama aşamasında uygun ısıtma sistemi ve kapasitesinin belirlenmesi yatırım giderlerini azaltarak üreticilerin gelirlerini artıracaktır.

Soğuk mevsimlerde sera iç hacminin bitkilerin isteklerine uygun değerlerde ısıtılması için yapılan harcamalar, tüm üretim harcamalarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Isıtılan seralarda yapılan bu harcamaları en aza indirebilmek için ısı korunumu önlemlerine dikkat etmek gerekir (Yağcıoğlu, 2009).

Seralarda kış döneminde tüketilen enerjinin % 70'den fazlası sera örtü malzemesinden kaybolmaktadır. Bu nedenle örtü malzemesi yoluyla oluşan ısı kaybının doğru şekilde analitik olarak tahmin edilmesi, seranın enerji tüketiminin tahmin edilmesinde kilit noktadır (Zhang ve ark.,2008).

Isıma kayıpları, toplam örtü ısı kayıplarının başlıca bileşenidir. Gece boyunca toprak bir ısı kaynağı olarak önemli rol oynamaktadır. Orta ısıtma rejiminde ısıma kayıplarının ısıtma girişinden daha yüksek olduğu ve ısı girişinin artmasının konvektif kayıpların göreceli olarak önemini artırmaktadır (Baille,2006).

Günümüzde sürekli olarak enerji tasarrufu sağlayan sera konstrüksiyonları üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla seralarda ısı kaybının azaltılması için; yalıtımlı örtü malzemesi (çift katlı), ısı kaybına neden olan yapı elemanlarının azaltılması (su olukları), istenmeyen açıklıklardan oluşan ısı kaybının azaltılması, örtü alanının, sera taban alanına oranının

olanaklar ölçüsünde küçültülmesi gereklidir (Baytorun,1996).

Sızma enerji kayıpları yapı ve kaplama malzemesi içindeki açıklıklar ve aynı zamanda dış rüzgâr hızı ve yönü ilgilidir. Açıklıkların miktarı, boyutu ve yeri bu sızma kayıplarını etkiler. Bunlar, giriş kapıları, ısıtıcı emme/egzoz açıklıkları ve fan/vantilatör açıklıklarıdır. Sızma doğrudan örtü malzemesinin bir film tabakası şeklinde veya cam ya da sert panel gibi modüler sistem olup olmadığına yüksek derecede bağlıdır. İkinci durumda gaz ve nem alışverişi sağlayan birçok kenara sahip olacaktır (Giacomelli ve ark,1993).

Çok sayıda ek yerleri sızma kayıplarını artırmaktadır. Bir serada ısı sızma kayıpları hacimsel hava değişimi ile ifade edilir. Sızma oranları yekpare plastik örtülerde saatte 0.5 hacimsel hava değişimi ($VAC\ hr^{-1}$) iken yeni cam kaplamada 0.75-1.5 $VAC\ hr^{-1}$ arasında olmak üzere geniş aralıkta olabilir (Aldrich ve Bartok, 1989).

Termografi, termal görüntüleme veya termal video, kızılötesi görüntülemenin bir çeşididir. Termografik kameralar elektromanyetik spektrumun kızılötesi bölümündeki (kabaca 900–14,000 nanometre veya 0.9–14 μm) elektromanyetik ışınımı tespit ederler ve bu ışınımın resimler oluştururlar. Kızılötesi ışınım sıcaklıklarına göre tüm cisimlerden salınır, Kara cisim ışınması kanununa göre, termografi görünür aydınlatma olmadan cisimlerin görünebilmesini sağlar. Bir cisim tarafından salınan ışınımın miktarı sıcaklık arttıkça artar, bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. (Çalışan ve ark.,2011).

Termografinin kökeni İngiliz fizikçi William Herschel'in görünür spektrumda koyu kırmızı dışında, daha sonra kızılötesi olarak adlandırılan, gözle görülemeyen ışığı keşfettiği 1800'li yıllara kadar gitmektedir. Sonraki yıllarda, aralarında Macedonio Melloni, Gustav Kirchhoff, Clark Maxwell, Joseph Stefan, Ludwig Boltzmann ve Max Planck'ında bulunduğu birçok fizikçi, tam termal radyasyon spektrumunun enerji dağılımını anlama üzerinde çalışmışlardır (Astarita ve ark., 2000). Konvektif ısı transfer ölçümlerinde, çeşitli yönleriyle detaylı analizler yapmak için, termografiden yararlanılabilmektedir (Carlomagno ve ark., 2010).

Termografi, yüzeylerin ısı akışını görselleştirmenin yanı sıra, konvektif ısı akışını ölçmek için sürekli veya geçici olarak verimli bir şekilde kullanılan tekniktir (Carlomagno ve ark.,1998)

Termal kameralar ilk defa askeri amaçlar için 1960'lı yıllarda üretilmeye başlanmıştır. İlk radyometrik termal

kameralar, 1970'deki enerji krizi sırasında hükümet desteği ile AGA ve Bofors adlı İsveçli iki firma tarafından geliştirilmiştir (Carlomagno ve ark., 2010).

1967 yılında üretilen AGA Thermovision 680SWB makinesi ile Thomann ve Frisk (1968), mach sayısı $M = 7$ olan bir rüzgâr tüneline elastomerik paraboloidin yüzeyindeki sıcaklık dağılımını ölçmüşlerdir.

Termal kameralar, sıcaklıkları uygun termal sensör ve dönüştürücülerle yapıldığından dolayı standart dönüştürücülerle karşılaştırıldığında bazı noktalardan konvektif ısı transfer ölçümlerinde avantajlı olduğu görülmektedir (Carlomagno ve ark., 2010).

Şeffaf olmayan tüm cisimler, mutlak sıcaklığın $T > 0$ olması durumunda yüzeylerinden ışınım yayarlar. Belli sıcaklıkta en yüksek miktarda enerji yayan cisme siyah cisim denir (Carlomagno ve ark., 2010). Bu ışınım miktarı cismin özelliklerine veya depoladığı ısı miktarına göre farklılıklar gösterir. Termal kameralar cisimlerin yaydığı bu ısı ışınımını algılayarak renk haritaları oluştururlar.

Mimari yapılarda uzaktan görüntüleme sistemi olarak kızılötesi termografi büyük yüzeylerin hızlı bir şekilde değerlendirmesi için kullanılabilmektedir (Meola ve ark.,2005).

Doğru kullanılması durumunda termal kameralar, duvarlar ve yüzeylerdeki ısı akışının ölçülmesinde çok güçlü bir optik araçtır. Akışkanlar dinamiği ve ısı transferi gibi konularda çalışan araştırmacılara geniş bir yelpazede deneysel fırsatlar sunmaktadır. Ayrıca elektronik, tahribatsız malzeme testleri, Nem tespiti, otomasyon, tıp, enerji tasarrufu, tarım, akıllı bakım ve çevre uygulamaları gibi daha bir çok alanda kullanılabilmektedir (Carlomagno ve ark., 2010).

Bu çalışmada, termal kamera ile elde edilen fotoğrafların analiz yazılımıyla incelenmesi ile serada oluşan sızma ısı kayıplarının kaynağı ve sera elemanları ile toprak yüzeyinin, sera ısı dengesine etkisi ortaya konmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi uygulama alanında bulunan kuzey-doğu güney-batı doğrultusunda bulunan 37.591500 enlem, 36.803000 boylam koordinatlarında, denizden yüksekliği 468 m olan seralarda yapılmıştır. Araştırma seraları 20 m uzunluğunda, 7.5 m genişliğinde ve 3 m yüksekliğindedir. Galvanizli çelik malzemeden imal edilen ve çatıdan havalandırma yapılan seraların teknik özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma seraları teknik özellikleri

Teknik Özellikler	SERA-1	SERA-2	SERA-3
Uzunluk (m)	20.0	20.0	20.0
Genişlik (m)	7.5	7.5	7.5
Yan duvar yüksekliği (m)	3.0	3.0	3.0
Mahya yüksekliği	5.0	5.0	5.0
Taban alanı (m ²)	150	150	150
Örtü yüzey alanı (m ²)	352.6	352.6	352.6
Katkılar	UV+IR+EVA	UV+IR+EVA	UV
Örtü malzemesi kalınlığı (mm)	0.3	0.3	4.0
Kullanım ömrü	36 Ay	36 Ay	120 Ay
Havalandırma alanı (m ²)	30	30	30
Havalandırma tipi	Doğal	Doğal	Doğal
Örtü malzemesi	Tek kat PE	Çift kat PE	Polikarbonat

Bir kızılötesi kameranın performansı, geleneksel olarak termal duyarlılık, tarama hızı, görüntü çözünürlüğü ve yoğunluk çözünürlüğü açısından değerlendirilmektedir (Carlomagno ve ark., 2010). Kızılötesi termal fotoğraflar FLIR T200 model kamera ile çekilmiştir. Kamera 60 Hz çerçeve oranında -20 ile 650 °C arasında sıcaklığı algılama, 7.5 ile 13 µm tayf aralığında ve % 2 doğruluk oranında, 30 °C'de 0.045 °C çalışma hassasiyetinde, 320 x 240 piksel boyutunda ve toplam 76,800 piksel fotoğraf çekme kapasitesine sahiptir. Görüş alanı açısı 25° x 19° ve odaklama aralığı 0.4 m'dir. Analiz yazılımı olarak FLIR Quickreport yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılımla cihazdan aktarılan fotoğraflar yüksek çözünürlükte incelenebilmekte,

malzeme ve dış ortam bilgileri girilerek daha ayrıntılı analiz yapılabilmektedir.

Sıcaklık ve nem ölçümleri HOBO U12 model veri kaydediciler ile yapılmıştır. Veriler her 15 dakikada bir, sera içerisinde yerden 1.5m yükseklikte, sera dışında ise iklim siperi içerisine yerleştirilen veri kaydediciden alınmıştır.

Seraların ısıtılmasında, her bir kademede 8 kWh ısıtma kapasitesine sahip üç kademeli, toplamda 24 kWh ısıtma kapasiteli, sıcak hava üflemeli ısıtıcılar kullanılmıştır. Isıtıcıların teknik özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Isıtıcı üzerinde bulunan kontrol panosunda yer alan zaman ayarlı röle ve termokupl kontrol rölesi ile ısıtıcı çalışma zaman aralığı ve istenilen iç sıcaklık değerleri kontrol edilmiştir.

Çizelge 2. Sıcak hava üflemeli ısıtıcıların teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Değer
Toplam ısıtma kapasitesi	24 kWh
1. Kademe ısıtma kapasitesi	8 kWh
2. Kademe ısıtma kapasitesi	16 kWh
3. Kademe ısıtma kapasitesi	24 kWh
Hava debisi	1440 m ³ /h
Akım değeri	27 Amper
Giriş voltajı	400 V / 50Hz
Hava çıkış hızı	8.9 m.s ⁻¹
1. Kademede hava çıkış sıcaklığı	48 °C
2. Kademede hava çıkış sıcaklığı	85 °C
3. Kademede hava çıkış sıcaklığı	115 °C

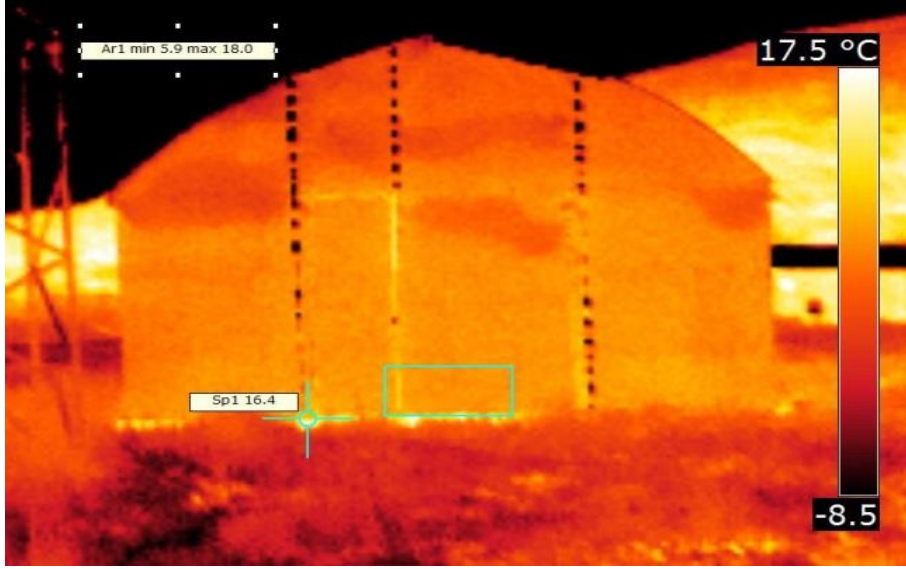
Çalışmada, termal kameralardan alınan görüntülerdeki ısı kayıplarının olduğu yerlerin tespit edilmesinde renk skalasındaki değerler kullanılmıştır. Renk skalasına göre turuncu-sarı renkler yüksek sıcaklık değerleri göstermektedir. Bu renklerin görüldüğü ek ve

birleşim yerlerinde sızma ısı kayıplarının fazla olduğu anlaşılmaktadır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 1'deki görüntü, ısı perdeli polikarbonat örtü malzemeli serada dış ortam sıcaklığı 12 °C ve % 30 oransal nem koşullarında çekilmiştir. Şekildeki renk ölçeğinde alt ve üst limit değerleri ile analiz yazılımında yapılan renk düzeltmeleri sonucunda, kesin değerleri

vermemekle birlikte, ısı kayıpları ve sera içi sıcaklık dağılımı hakkında genel değerlendirme yapılabilmektedir. Dışarıdan çekilen termal görüntülerde ısı sızmalarının olduğu noktalar açık renkli olarak görülmektedir.



Şekil 1. Sera termal görüntüsü (renkli)

Isı perdesi çekilen ve ısıtma yapılan seralarda her zaman çatı sıcaklıkları iç sıcaklıktan 2-3 °C daha düşük olmaktadır. Sera çatı seviyesinin, alt kısımdan daha koyu renkte olması çatı seviyesi sıcaklığının daha düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca giriş kapısı kenarında kalan boşluklardan sızma yoluyla ısı kaybı olduğu da açıkça görülmektedir. Şekil 1'de renkli olarak verilen resim analiz yazılımıyla çeşitli renk tonlamalarına

dönüştürülebilmektedir. Şekil 2'de siyah-beyaz verilen resim incelendiğinde ise aynı şekilde ısı sızma noktaları görülmektedir. Grileştirilen resimde (Şekil 2) açık renkler yüksek sıcaklıkları, koyu renkler ise düşük sıcaklıkları göstermektedir. Bu sayede gri tonlamalı resimler üzerinden de ısı kayıplarının gerçekleştiği yerlerin belirlenmesi olasıdır.



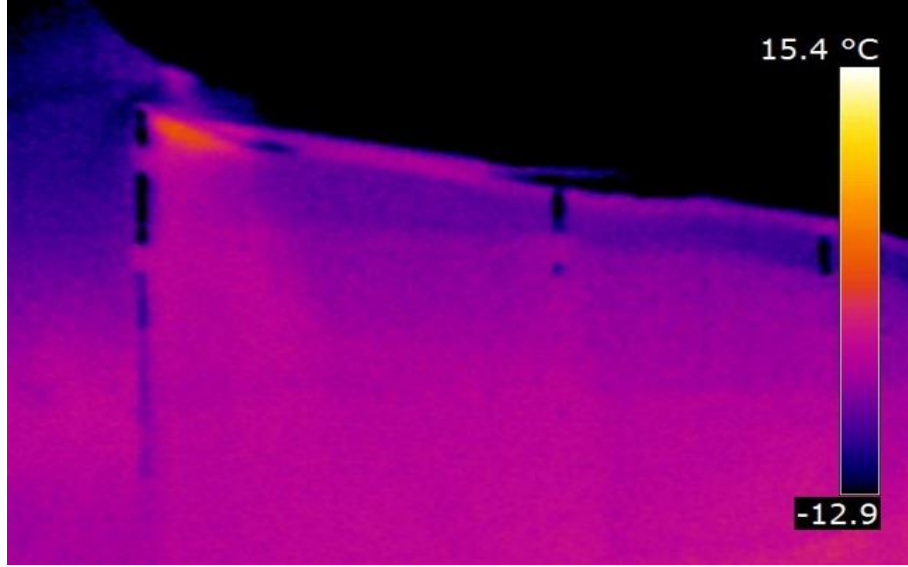
Şekil 2. Sera termal görüntüsü (siyah-beyaz)

Çatı kirişleri ile yan duvar bağlantı noktalarında da (Şekil 3) yüksek sıcaklık olduğu renk farklılıklarından anlaşılabilmektedir.

Ayrıca ısı perdesinin yan duvar üzerindeki ısı yalıtımına etkisi Şekil 3'de görülmektedir. Yan duvarın üst kısmından yaklaşık 1 m aşağı doğru resimdeki

rengin daha koyu olduğu, ancak ön duvara kadar perdenin tam olarak kapanmadığı görülmektedir. Ön duvara kadar tam kapatılmayan ısı perdesinin ön duvara

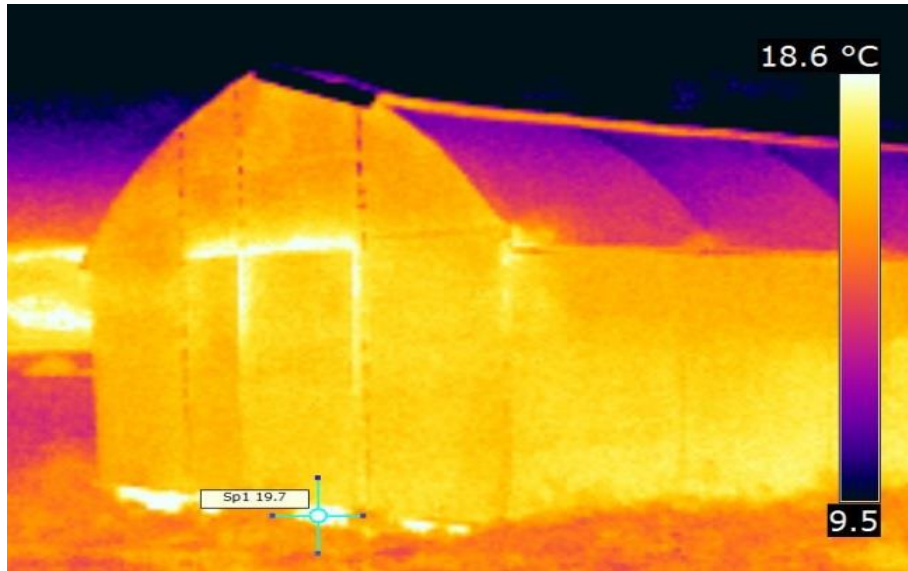
yakın yerlerde ısı yalıtımına etkisinin olmadığını göstermektedir.



Şekil 3. Çatı kirişi-kolon birleşimi

Şekil 4'deki sera genel termal görüntüsü üzerinde ısı farklılıkları renk ölçeğiyle kıyaslandığında açık şekilde görülmektedir. Görüntünün çekildiği saatte dış sıcaklık 12 °C, ortalama rüzgâr hızı 2 m/s ve dış ortam oransal

nem değeri % 70'dir. Sera içinde ise yerden 1 m yükseklikte ölçülen sıcaklık 17 °C, çatı seviyesinde sıcaklık 14 °C ve iç ortam oransal nem değeri % 50'dir.



Şekil 4. Sera genel görünüşü

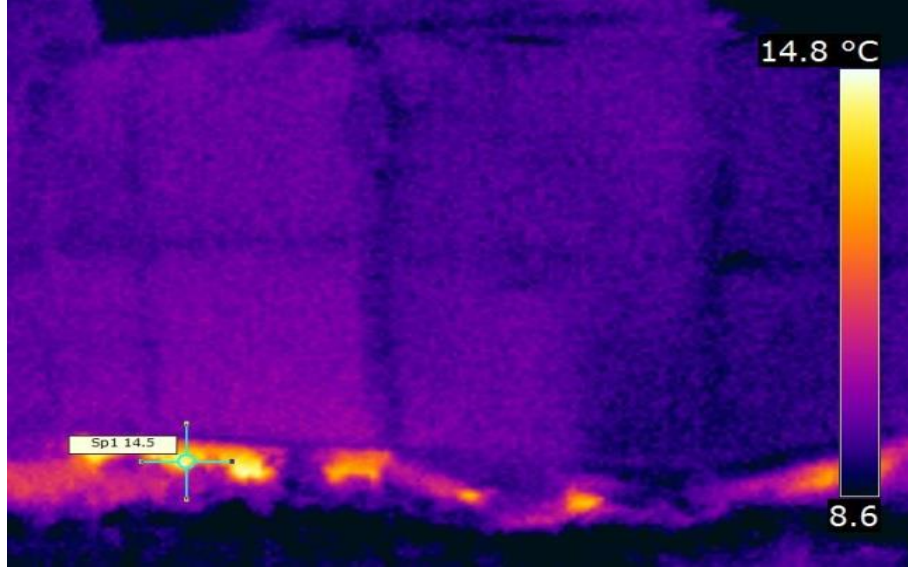
Görüntü üzerinde sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek sıcaklıkların ön kapı kenar boşluklarında ve ön subasman betonu üzerindeki bazı noktalarda olduğu görülmektedir. Ayrıca çatı havalandırma kapağı altında da çatı seviyesi sıcaklığından daha yüksek bir sıcaklık oluştuğu görülmektedir. Serada ısı kayıplarının en fazla kapı kenar boşluklarından kaynaklandığı, aynı zamanda, çatı havalandırma kapağının hemen alt kısmında da ısı kaybı oluştuğu görülmektedir. Sera yan duvarında ise

dikey yönde ısı farklılıkları olduğu görülmektedir. Sıcaklığın yan duvarın alt kısmında üste göre daha yüksek olduğu, bu sıcaklık farklılığının, ısı perdesi kullanılan serada yan duvarların alt kısmında, ısı perdesinin kaplama yüzeyi dışında kalan alanda, ısı kaybının daha fazla olduğunu göstermektedir.

Şekil 5'de polikarbonat örtü malzemesi seranın subasman betonu ile yan duvarın birleşim yerinin görüntüsü verilmiştir. Bu görüntüde birleşim yerlerinde

renk ölçeğine göre yüksek sıcaklıkların oluştuğu görülmektedir. Sera içerisindeki yüksek ısının, bu birleşim yerlerinden dışarıya doğru sızdığı ve serada ısı kaybına neden olduğu anlaşılmaktadır. Görüntüdeki en

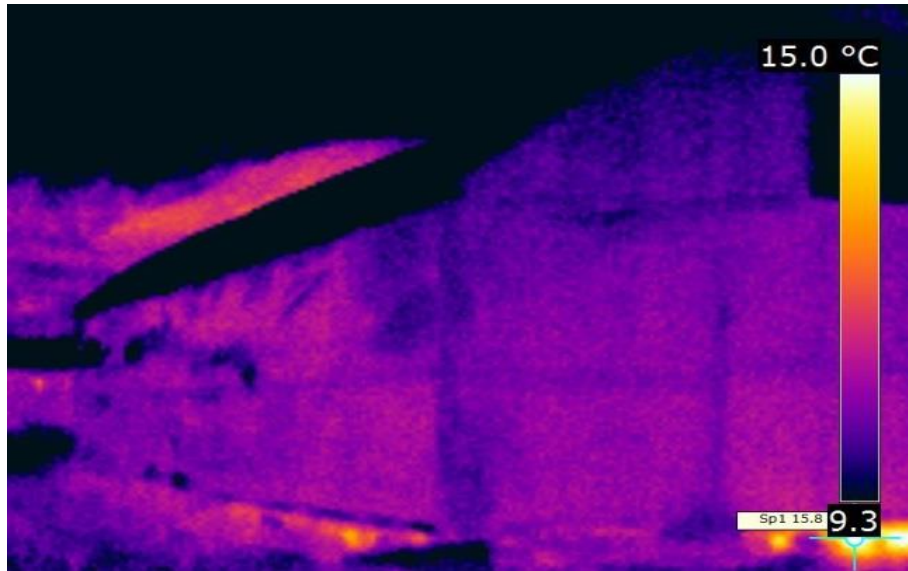
yüksek sıcaklık değerinin 14.8 °C, sera yan duvar yüzeyi üzerinde ise en düşük sıcaklık değerinin 10.8 °C, sıcaklık farkının ise 4 °C olduğu analiz yazılımı yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 5. Sera genel görünüş

Termal kamera ile çift kat plastik örtülü seranın yan tarafından alınan görüntü Şekil 6'da verilmiştir. Bu görüntünün analiz yazılımında incelenmesiyle ön kapı

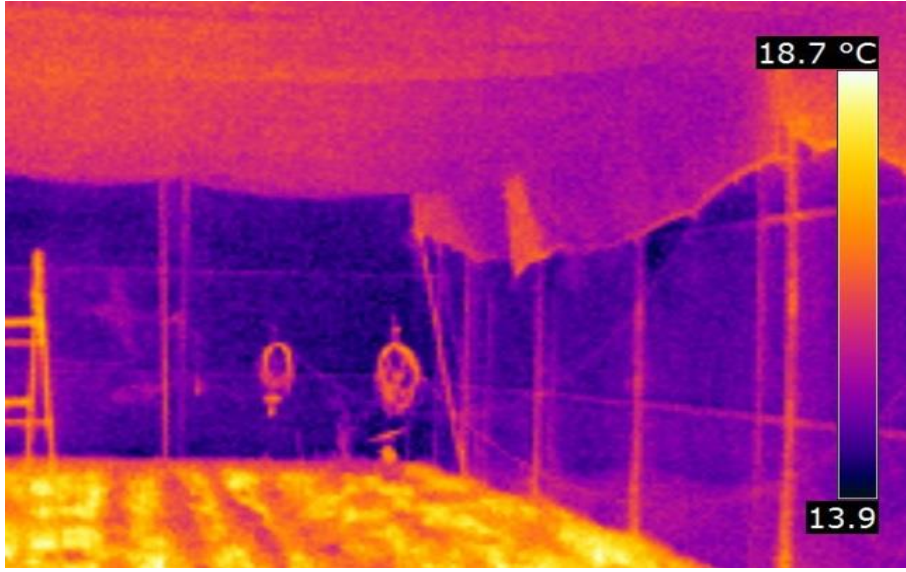
altında ve subasman betonunun ön bölümünde yüksek sıcaklıkların oluştuğu görülmektedir.



Şekil 6. Sera yan görünüş

Isı perdesi kullanılmayan bu serada yan duvar sıcaklığının daha homojen dağılım gösterdiği görülmektedir. Ön duvarın üst kısmında ise örtü malzemesinin kaplanması sırasında klipslerden sarkan fazlalıkların kesilmemesinden dolayı iç yüzeyde bir katman daha oluştuğu ve bu bölümdeki sıcaklığının daha düşük olduğu dolayısıyla bu alandan ısı kaybının

daha az olduğu görülmektedir. Isı perdesi kullanılan serada, iç ortamdan alınan görüntü Şekil 7'de verilmiştir. Isıtma sistemi çalışır durumda olan polikarbonat serada, ısı perdesi üzerindeki sıcaklığın yan duvarlardan daha yüksek olduğu, ısı perdesi üzerinde ise ısının orta kısımlarda kenarlardan daha yüksek olduğu görülmektedir.



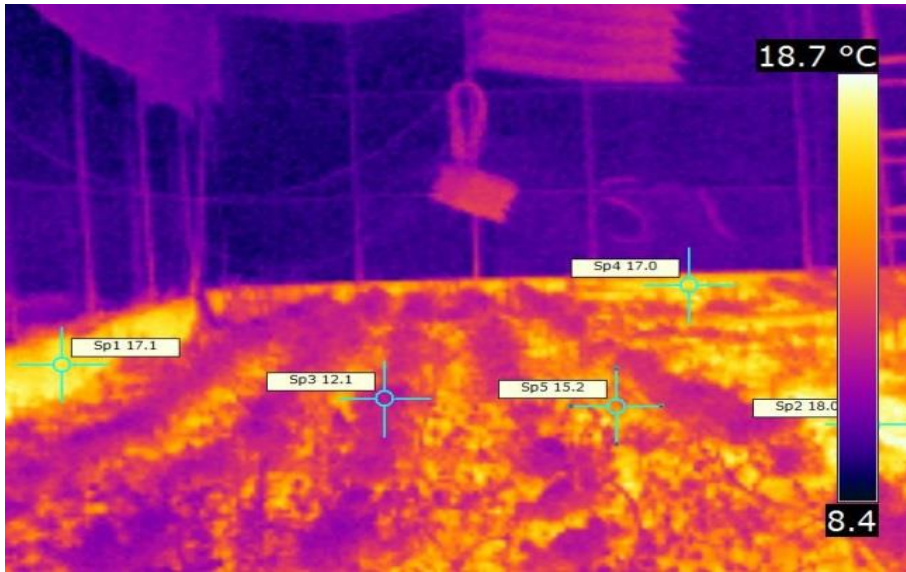
Şekil 7. Sera iç görünümü

Analiz yazılımı ile ısı perdesi yüzey ısı maksimum 16.4 °C, minimum 15.2 °C ve polikarbon örtü malzemesi iç yüzey sıcaklığı maksimum 15.1 °C, minimum 14.3 °C olduğu ölçülmüştür. Bu durum seraya verilen ısının çatıya doğru akışının ısı perdesi tarafından engellendiği ve ısı perdesi yüzeyi üzerinde, özellikle orta kısmında, ısının yükseldiğini göstermektedir.

Sera zemin sıcaklığı ve bitki sıcaklığı da termal fotoğraf ile belirgin şekilde görüntülenebilmektedir. Marul (*Lactucasativa*) bitkisi yetiştirilen seranın zemin görüntü Şekil 8'de verilmiştir. Görüntüde bitki sıra aralarının daha açık renkli görülmesinden, serada gün

boyu güneş radyasyonu etkisi ile ısınan toprağın, gece boyunca sera içerisine termal radyasyon yayarak, sera iç ortam ısısına katkı sağladığı anlaşılmaktadır.

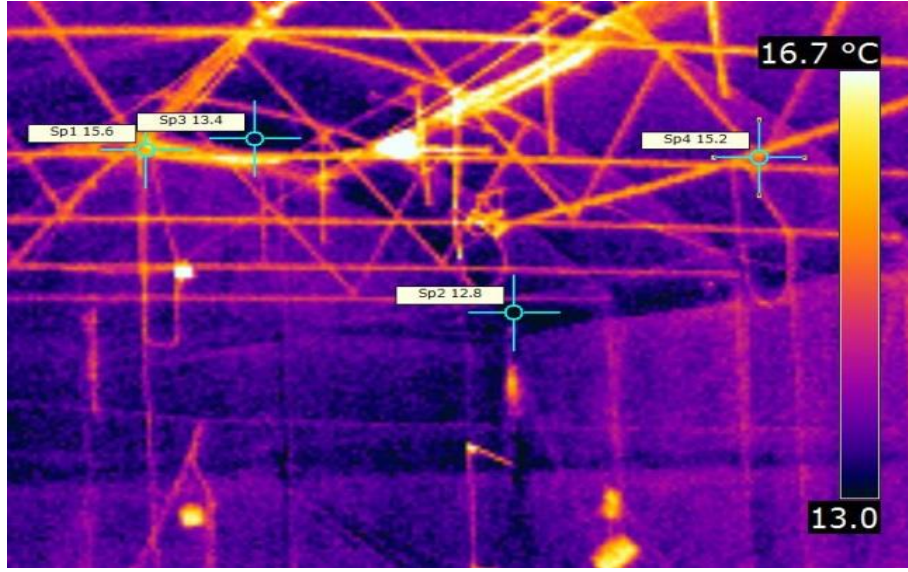
Analiz yazılımı ile bitki sıra aralarında toprak yüzey sıcaklığı maksimum 18.0 °C, minimum 16.2 °C olarak ölçülmüştür. Toprak yüzey sıcaklığının geniş bir aralıkta değişmesi, yüzeydeki yabancı otlar ve bitkilerden kaynaklanmaktadır. Aynı zamanda serada yalıtım yapılmayan subasman betonunun sera içindeki yüzeyi üzerinde yüksek sıcaklık oluştuğu, oluşan bu yüksek sıcaklığın, seradan konduksiyon yoluyla ısı kaybına neden olduğunu göstermektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Sera iç görünüm

Seralarda ısı kaybının bir kaynağı da sera yapı elemanları ve bunların neden olduğu istenmeyen açıklıklardır. Şekil 9'da çelik sera yapı elemanları

üzerinde özellikle çatı bölgesinde sıcaklıkların yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Sera çatı konstrüksiyonu üzerinde ısı dağılımı

Analiz yazılımıyla yapı elemanları üzerinde maksimum sıcaklığın, çatıdan havalandırılmalı serada, çatı havalandırma kapakları kenarında bulunan çelik profiller üzerinde olduğu belirlenmiştir. Havalandırma kapağının tam olarak kapatılmasına karşın çelik profillerin arasında yine de açıklık kaldığı ve bu açıklıklardan dışarı doğru akan ısının bu noktadaki çelik profillerin ısınmasına neden olduğu görülmektedir. Sera iç ortamından daha yüksek sıcaklığa ulaşan bu yapı elemanları üzerinde depolanan ısı, kondüksiyon yoluyla seradan ısı kaybı oluşturmaktadır.

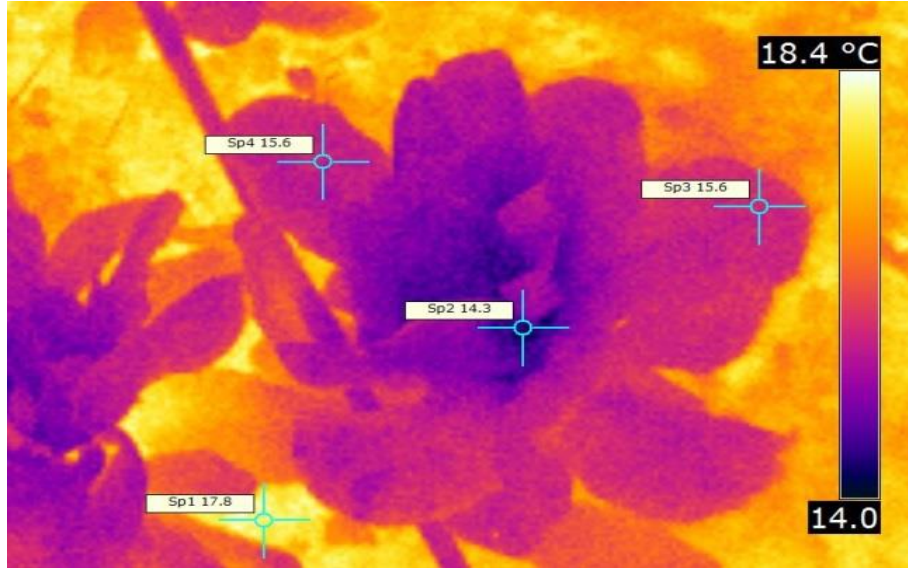
Seradaki hava üfleme ısıtıcının çalışır durumdaki termal görüntüsü Şekil 10'da verilmiştir. Buna göre termal ısıtıcının rezistanslarındaki sıcaklığın 153 °C olduğu, 2 mm çelik sacdan imal edilen dış kasa sıcaklığın ise 48 °C olduğu analiz yazılımıyla belirlenmiştir. Çekim mesafesi 4 m olan bu termal görüntüde, yerden 60 cm yüksekte bulunan hava çıkış açıklıklarının üfleme mesafesi içerisinde toprak sıcaklığında herhangi bir farklılık görülmemiştir.



Şekil 10. Sıcak hava üfleme ısıtıcı termal görüntüsü

Isıtma yapılan serada bitki termal görüntüsü Şekil 11'de verilmiştir. Termal görüntüde toprak sıcaklığı 17.8 °C olarak ölçülmüştür. Bitkinin dış yaprak sıcaklığı ise 15.6 °C, iç yapraklarındaki sıcaklık ise 14.3 °C

olduğu belirlenmiştir. Termal görüntünün alındığı saat 04:45'de sera iç sıcaklığı ise 17 °C, oransal nem ise % 60 olarak ölçülmüştür.



Şekil 11. Bitki termal görüntüsü

Toprak sıcaklığının iç sıcaklıktan yaklaşık 1 °C daha yüksek olduğu, bundan dolayı sera zemininden kaynaklanan ısı kaybının olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca bitki dış yaprakları iç yapraklardan 1.3 °C daha yüksek olması ısıtma sistemi ile ısınan sera havasının bitkinin dış yapraklarındaki ısının yükselmesine neden olduğunu göstermektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Termal kameralar, insan gözüyle görülemeyen, cisimlerin yaydığı termal radyasyonu algılayarak, son derece düşük ısı farklılıklarını bile görüntüleyebilmektedirler. Günümüzde elektrikli donanımları denetlemek, sağlık ve savunma alanında, binaların ısı yalıtım durumunun belirlenmesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Termal kamera ile çekilen görüntülerde çok açık renkler sıcak, koyu renkler ise soğuk noktaları göstermekte, bu şekilde elde edilen görüntü üzerinden hangi bölgelerin sıcak, hangilerinin soğuk olduğu belirlenebilmektedir. Termal görüntü işleme yazılımlarıyla istenilen renk tonlarına da dönüştürülebilen görüntüler üzerinde detaylı analiz yapılabilmekte ayrıca sayısal görüntü işleme yazılımları veya MATLAB gibi altyapılar kullanılarak geliştirilecek yazılımlarla da sayısal olarak analizlerinin yapılması mümkün olabilmektedir.

Termal kamera ile alınan görüntüleri analiz eden yazılımlar cismin ne tür bir cisim olduğunu tespit edemediğinden, bu tür yazılımlarda daha kesin sonuçlar alabilmek için, görüntüsü alınan ortamdaki malzemelerin ısı yayım katsayısının bilinmesi ve analiz yazılımına düzeltme faktörü olarak tanımlanması gerekmektedir.

Sıcak hava üfleme ısıtıcı ile ısıtılan bir seradan alınan termal görüntüler ile ısı yalıtım durumunun ve ısı kaybının belirlenmesinin mümkün olduğu bu çalışma ile ortaya konmuştur. Analiz sonucunda

seralarda ısı kaybının en fazla kapı altları ve kenar boşlukları, havalandırma penceresi kenarlarındaki açıklıklarda ayrıca örtü malzemesinin çatı-ön duvar ve çatı yan duvar birleşim noktalarında olduğu görülmüştür. Bunun yanında yalıtım yapılmamış ve toprak üstünde kalan sera subasman betonunun sera içi ile dış ortam arasında bir ısı köprüsü oluşturduğu ve buralardan da ısı kaybının olduğu görülmüştür.

Serada ısıtma yapıldığında, sera konstrüksiyonu üzerinde de ısı depolandığı termal görüntülerden anlaşılmaktadır. Depolanan bu ısının örtü malzemesi ile temas eden noktalardan konduksiyon yoluyla ısı kaybı olduğu görülmektedir. Sera yapı elemanlarının mümkün olan en küçük boyutlarda projelenmesi ve sera örtü malzemesi ile temas eden noktalarının azaltılması veya yalıtılmasıyla ısı kaybı azaltılabilir.

Gündüzleri sera içerisinde oluşan yüksek sıcaklık ile sera toprağında ısı depolandığı alınan görüntülerde sera zeminindeki yüksek sıcaklıktan anlaşılmaktadır. Bu şekilde kazanılan ısının, sera ısıtma ihtiyacının daha doğru bir şekilde belirlenmesi için hesaplamalarda dikkate alınması gerekmektedir.

Bu çalışma, binalarda ısı yalıtımının etkinliği ve ısı kayıplarının belirlenmesi amacıyla son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılan termal görüntüleme yönteminin, özellikle ısıtılan seralarda ısı tasarruf önlemlerinin etkinliği ile ısı kayıp noktalarının belirlenmesi ve sera içinde ısı dağılımının görüntülenmesi amacıyla da kullanılabileceği göstermiştir.

KAYNAKLAR

Astarita, T., Cardone, G., Carlomagno, G. M. 2000. A Survey On Infrared Thermography For Convective Heat Transfer Measurements. Optics Laser Technology, 32 (7-8):593-610.

- Aldrich, R.A., Bartok, J.W. 1989. Greenhouse Engineering. NRAES-33, 66, The Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Cornell University, Ithaca, N.Y. 14853.
- Baille, A., López, J.C., Bonachela S., González-Real M.M., Montero J.I. 2006. Nightenergy Balance In A Heated Low-Cost Plastic Greenhouse. Agriculturaland Forest Meteorology, 137(1-2):107-118.
- Baytorun, N. 1996. Seralar. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 110, Ders Kitapları Yayın No: 29, (Çeviri), Adana, 406s.
- Carlomagno, G.M., Cardone, G. 2010. Infrared Thermography for Convective Heat Transfer Measurements. Exp. Fluids, 49 (2010): 1187-1218.
- Carlomagno G.M., Cardone G., Meola C., Astarita T. 1998. Infrared thermography as a tool for thermal surface flow visualization. Journal of Visualization, 1:37-50.
- Çalışan, M., Türkoğlu, İ. 2011. Termal Kameralar ve Uygulamaları, Elektrik-Elektronik Bilgisayar Sempozyumu (FEEB 2011),46-50, Elazığ.
- Değirmenci, A.İ. 2010. Türkiye’de Uygulanan Yalıtım Tekniklerinin Araştırılmasında Termal Kameranın Etkin Biçimde Kullanılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, 184 s.
- Giacomelli, G.A., Roberts, W.J. 1993. Greenhouse Covering Systems. Hort Technology, 3:50-58.
- Meola, C., Maio, R. D., Roberti, N., Carlomagno, G. M. 2005. Application of infrared thermography and geophysical methods for defect detection in architectural structures. Engineering Failure Analysis, 12(6): 875-892.
- Thomann, H., Frisk, B. 1968. Measurement Of Heat Transfer with an Infrared Camera. International Journal of Heat and Mass Transfer. 11(5):819-826.
- Yağcıoğlu, A. 2009. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayın No:562, Bornova, İzmir,64s.