

Tarımsal Yapılarda Nemli Yastıklarla Serinletme

Abdulkadir YAĞCIOĞLU, Tuncay GÜNHAN, Vedat DEMİR

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, 35100-Bornova/İZMİR
kadir.yagcioglu@ege.edu.tr

Özet: Yüksek çevre havası sıcaklığının bitki ve hayvanlar üzerinde bir çok olumsuz etkisi vardır. Sıcak mevsimlerde Türkiye'nin bazı bölgelerindeki sera ve hayvan barınaklarının iç sıcaklıkları 40°C'yi aşmaktadır. Sıcak ve kurak koşullarda buharlaşmayla serinletme sistemlerinin etkin, paratik ve ekonomik açıdan uygulanabilir olmaları nedeniyle yakın gelecekte bir çok tarımsal binanın serinletilmesi için standart sistem olarak kabul edilmesi beklenmektedir. Bu makalenin amacı fan-pad buharlaşmalı serinletme sistemlerini yapısal ve işlevsel açıdan tanıtmaktır.

Anahtar kelimeler: Buharlaşmalı serinletme, Pad-Fan, CELdek

Evaporative Cooling in Agricultural Buildings

Abstract: There are many detrimental effects of high temperature of ambient air on the plants and animals. During the hot season of the some part of Turkey the temperature of ambient air inside the greenhouses and animal houses increases over 40°C. The evaporative cooling system has been accepted to be most effective, practical and economically feasible under hot and arid climatic conditions and it is expected to become standard cooling system for many agricultural buildings in the near future. The objective of the present article is to introduce the structural and functional characteristics of fan-pad evaporative cooling systems.

Key words: Evaporative cooling, Pad-Fan, CELdek

GİRİŞ

Tarımsal üretimde en iyi verimin elde edilmesi, beslenme, sağlık ve iklimsel çevre koşullarının yetiştirilen bitki ve hayvanlar için uygun değerlerde olmasına bağlıdır. Bu unsurlardan herhangi birindeki uygunsuzluk, diğer unsurlar uygun değerlerde olsa dahi ürün verimi ve kalitesinin, eksik olan unsurun belirlediği yönde olumsuz olarak etkilenmesine neden olur. Tarımsal üretimin bu kuralı, özellikle kitlelesel üretim yapılan sera ve hayvan barınaklarında, açık olarak gözlenmektedir.

Sera ve hayvan barınaklarında yapılan üretim sırasında bitkilerin ve hayvanların beslenme ve sağlık gereksinimlerinin sağlanmasında teknik açıdan büyük zorluklarla karşılaşmaz. Buna karşın bina içindeki iklimsel çevre koşullarının düzenlenmesinde önemli sorunlar olduğu bilinmektedir (Mutaf, 1981; Öztürk, 2003; Uğurlu ve Kara, 2000; Dağtekin 1996; Barnwell, 1997).

Sera ve hayvan barınaklarında iklimsel çevre koşullarının düzenlenmesi kavramı, bina içindeki aydınlığın, sıcaklığın, nemin ve temiz hava şartlarının uygun değerlerde olmasının sağlanmasını içermektedir. Bu unsurların her biri, üretim üzerindeki etkileri açısından, eşdeğer önemdedir.

Bu makalede ele alınan serinletme işlemi, sıcak mevsimlerde, özellikle, sera ve tavuk kümeslerinde, üretimin sürdürülebilmesi için en önemli sorunlardan biri durumuna gelmektedir (Mutaf, 1981; Öztürk, 2003; Uğurlu ve Kara, 2000; Dağtekin, 1996; Barnwell, 1997; Fehr et al., 1983). Örneğin çevre sıcaklığının 21°C yi aşması durumunda yumurta tavuklarında verim düşmeye başlamakta ve sıcaklığın 28°C yi aşması durumunda da tavukların ısı stresine girdiği bilinmektedir (Mutaf, 1981; Uğurlu ve Kara, 2000). Oysa ülkemizde, yaz aylarında kümes içi sıcaklıkların yalıtımlı kümeslerde 35-37°C,

yalıtımsızlarda ise 40-42°C ye kadar yükseldiği (Dağtekin vd., 1998), seralarda da iç sıcaklıkların 40°C nin üstüne çıktığı belirlenmiştir (Öztürk, 2003). Bu yapıların iç sıcaklıklarının üretim için uygun olan değerlere indirilmesinde havalandırma uygulamalarının yetersiz kalması, özel serinletme uygulamalarına başvurmayı gerektirmektedir (Mutaf, 1981; Mutaf ve Sönmez, 1984; Öztürk vd. 1989; Dağtekin vd. 1998; Kittas et al., 2001, 2003). Mekanik soğutma sistemlerinin kuruluş masraflarının yüksek olması nedeniyle, söz konusu tarımsal yapılarda, sisleme ve nemli yastıklı buharlaşmalı serinletme (fan-pad) uygulamaları yaygın kullanım alanı bulmaktadır (Mutaf, 1981; Öztürk, 2003; Dağtekin vd., 1998; Yağcıoğlu vd., 2005). Buharlaşmalı serinletme yöntemi, sera içi hava sıcaklığını, dış ortam hava sıcaklığına göre 4-5°C, serinletilmeyen seraya göre yaklaşık olarak 10-13°C; kümeslerde ve diğer hayvan barınaklarında 4-16°C azaltma olanağını sağlamaktadır (Öztürk vd. 1989; Uğurlu ve Kara, 2000; Dağtekin, 1996; Abdalla and Narendran, 1991; Bucklin et al., 1993; Barnwell, 1997). Sıcak mevsimlerde bu ölçülerde bir serinletme sağlanması, üretim yapılan sera ve kümeslerde yetiştirilen bitki ve hayvanlardaki sıcaklık stresini en aza indirmede önemli fayda sağlamakta ve üretimin sürdürülmesini mümkün kılmaktadır (Mutaf, 1981; Chraibi vd., 1995; Willits, 2003).

Buharlaşmalı serinletme uygulamaları ülkemizde de, özellikle kümesler ve seralar başta olmak üzere giderek yaygınlık kazanmakla birlikte, henüz istenen düzeye ulaşmaktan uzaktır. Nemli serinletme uygulamalarının yaygınlaşmamasının baş nedeni olarak yüksek debili emici fan gruplarının ve özel olarak geliştirilmiş etkinliği yüksek nemli yastık malzemelerinin pahalı olması gösterilebilir. Bir başka önemli neden olarak, fan-pad sisteminin büyüklüklerinin belirlenmesi sırasında izlenmesi gereken hesaplama yönteminin iyi bilinmemesinden kaynaklanan sistem yetersizliği ya da aşırılığına bağlı olarak kullanıcılarda ortaya çıkan güvensizlik gösterilebilir.

Buharlaşmalı serinletme uygulamaları için geliştirilen ve yaygın olarak kullanılan, eğimli hava geçiş oluklarına sahip, CELdek ismiyle tanınan, selüloz esaslı nemli yastık malzemelerinin pahalı olmalarından kaynaklanan olumsuzluk, bu malzeme yerine kullanılacak daha ucuz nemli yastık malzemelerinin geliştirilmesiyle giderilebilir. Bu sorun tüm ülkeler için geçerli

olduğundan, daha ucuz yerel malzemelerden nemli yastık üretimine yönelik çalışmalar güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmalarda kırık seramik ve tuğla parçalarından su kabağı liflerine, PVC liflerle dokunan gözenekli kumaşlardan odun yongalarına, pomza taşı parçalarından volkanik tüflere, fındık kabuğundan hindistan cevizi liflerine kadar varan çok çeşitli malzemeler incelenmiştir. (Mekonnen, 1996; Al-Massoum et al., 1998; Chunchai, 1998; Dağtekin vd., 1998; Dzivama et al., 1999; Tinoco et al., 2001; Liao and Chiu, 2002; Al-Sulaiman, 2002; Yağcıoğlu vd. 2005). Bu çalışmaların sonucunda, CELdek ticari adıyla tanınan nemli yastıkların yerine kullanılacak nitelikte bazı pad malzemeleri belirlenmiş olmakla birlikte, CELdek pad'lerin gerek buharlaşma etkinliklerinin yüksekliği ve gerekse hava akımına karşı dirençlerinin düşüklüğü nedeniyle, seçim sırasında düşünülebilecek en iyi malzeme olduğu söylenebilir (Yağcıoğlu vd. 2005).

Bu makalede, ülkemizde sera ve hayvan barınaklarında yapılan üretim sırasında sıcak mevsimlerde yapı içinde karşılaşılan yüksek sıcaklıkların olumsuz etkilerini gidermek amacıyla uygulanabilecek nemli yastıklı serinletme sistemlerinin çalışma ve montaj özellikleri tanıtılacaktır.

Nemli Yastıklarla Serinletmenin Psikrometrik Esasları

Nemli yastıklı buharlaşmalı serinletme düzenlerinin çalışma esası, hava akımının yapı içine nemli bir yüzeyden geçirilerek alınırken, bu sırada nemli yüzeyden buharlaşan su nedeniyle duyulur sıcaklığının azalmasına dayanır.

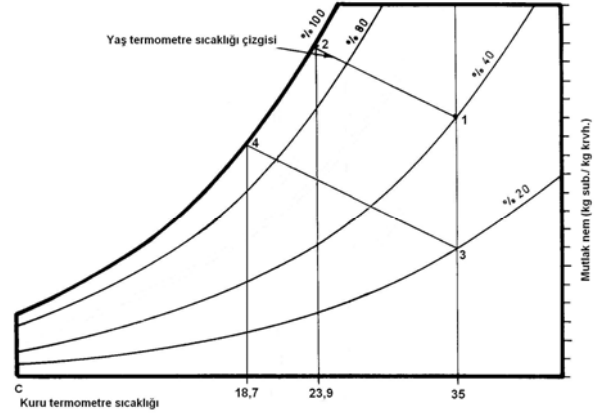
Doymamış hava, serbest suya değdiğinde aralarında bir ısı ve kütle değişimi meydana gelir. Serbest suyun buhar basıncı, havanın kısmi buhar basıncından büyük olduğunda, serbest su yüzeyinden havaya buhar fazında su iletilir. Bu sırada gereken buharlaşma gizli ısısının tamamına yakın bir bölümü havanın duyulur ısısından sağlanır. Örneğin, yaz aylarında rastlanan sıcaklık şartlarında, 1 kg serbest su buharlaşırken havadan yaklaşık olarak 2,4 MJ duyulur ısı alır. Havadan alınan bu duyulur ısı, buharlaşan su tarafından buharlaşma gizli ısısı olarak kullanılır, ancak, oluşan buharın hava akımına karışması nedeniyle gizli ısı formunda yeniden havaya geri döner. Bu nedenle havanın toplam ısı içeriğinde bir değişim olmaz. Söz konusu iletim ve değişimler sırasında ortama dışardan enerji verilmedikçe, ortamın

ısı içeriği değişmediği için, işlemin adiyabatik şartlarda gerçekleştiği varsayılabilir. Bir başka söyleyişle bu işlem, havanın duyulur ısısının bir bölümünün, adiyabatik şartlarda, gizli ısıya dönüşmesidir. Bu süreç sırasında, havanın toplam ısı içeriği değişmemekle birlikte, içine karışan su buharına bağlı olarak bağıl nemi artarken duyulur ısı azaldığından, havanın kuru termometre sıcaklığında azalma ve ortamda serinleme meydana gelir. Hava akımı ile ıslak yüzey arasındaki ısı ve kütle iletimleri, termodinamik denge oluşana kadar devam eder.

Nemli yastıklardan geçirilerek binanın içine emilen hava, nemli yastık ortamından geçip içeri girerken, yastık malzemesine, yapısına ve havanın psikrometrik özelliklerine bağlı olarak, değişen ölçülerde suyu buharlaştırıp bünyesine alır. Bu yöntemin başarısı, içeri giren havanın taşıdığı ve buharlaştırdığı su miktarına bağlıdır. Hava nemli yastıktan geçerken ne kadar çok su buharlaştırırsa, duyulur ısı ve buna bağlı olarak ölçülen sıcaklığı da o ölçüde azalır.

Yukarıda belirtilmeye çalışılan oluşumu Şekil 1'de görülen psikrometrik diyagram yardımıyla açıklayalım:

Örneğin, 35°C sıcaklık ve %40 bağıl nem şartlarındaki havanın psikrometrik diyagram üzerindeki yerini Şekil 1'de 1 numaralı gösterelim. Bu özelliklerdeki hava adiyabatik şartlarda nemlendirilirse, psikrometrik özellikleri havanın yaş termometre çizgisi boyunca değişime uğrayarak doyma noktasına (2) ulaşana kadar nem almaya devam eder. Söz konusu havanın doyma durumunda sıcaklığı, yaş termometre sıcaklığına eşit olduğundan, ulaşılan sıcaklık psikrometrik diyagramdan 23,9°C olarak bulunur. Bu durum, belirtilen şartlardaki havanın teorik olarak tam doyma hale getirilerek kuru termometre sıcaklığını 35°C den 23,9°C ye kadar indirmenin, bir başka söyleyişle sıcaklığını 11,1°C azaltmanın mümkün olduğunu belirtmektedir. Dış ortam havasının bağıl nemi başlangıçta ne kadar az olursa, bir başka söyleyişle havanın kuruluğu ne kadar fazlaysa, doyma noktasına ulaşmak için buharlaştırarak içine alabileceği su miktarı artacağı için, duyulur sıcaklığı da daha fazla azalacaktır. Örneğin ele aldığımız 35°C sıcaklıktaki havanın bağıl nemi %40 yerine %20 olsaydı (3 numaralı nokta), doyma durumundaki sıcaklığı 18,7°C (4 numaralı nokta) olacağı için havanın sıcaklığı teorik olarak 16,3°C azaltılabilirdi.



Şekil 1. Havanın adiyabatik şartlarda nemlenmesine bağlı olarak kuru termometre sıcaklığının azalması

Gerçekte buharlaşmalı serinletme uygulamalarında hava akımı nemli yüzeylerden tam doymuş olarak çıkamaz. Esasen bu durumun gerçekleşmesi de istenmez. Havanın bağıl neminin artarak doyma noktasına ulaşması, bir yönden duyulan sıcaklığı azaltırken, öte yandan havanın aşırı nemlenmesi nedeniyle, yapı içindeki konfor şartlarının bozulmasına neden olur. Bu nedenle, buharlaşmalı serinletme uygulamalarında, hava akımının kuru ve ıslak termometre sıcaklıkları arasındaki farkın %60-80'i oranında bir sıcaklık azalması sağlanması yeterli görülmektedir (Mutaf ve Sönmez, 1984; Bowman et al., 1997). Yukarıda 35°C sıcaklık ve %40 bağıl nem şartlarındaki hava için verdiğimiz örnekte hava akımının sıcaklık azalması teorik olarak 11,1°C olarak bulunduğundan, bu değer %60-%80 olan 6,7-8,9°C sıcaklık azalması normal kabul edilebilir. Belirtilen bu sıcaklık düşüşleri sonunda bina içindeki bağıl nem değerlerinin de sırasıyla %70 ve %83 olacağı psikrometrik diyagram yardımıyla belirlenebilir.

Buharlaşmalı serinletme uygulaması sırasında havanın adiyabatik şartlarda nem alma potansiyelinden yararlanma etkinliği, doyma durumunda bünyesine alabileceği su buharı miktarı ile uygulama sırasında aldığı gerçek su buharı miktarı arasındaki oranla belirlenir. Bu etkinlik aşağıda verilen eşitlikle hesaplanabilir (Yağcıoğlu vd. 2005):

$$\eta_a = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\omega_3 - \omega_1} \quad (1)$$

η_{da} hava akımının adiyabatik nem alma potansiyelinden yararlanma katsayısını, ω_1 ve ω_2 sırasıyla dış ortam havasının nemli yastığa girmeden önceki ve çıktıktan sonraki özgül nemlerini, ω_{3r} nemli yastıktan çıkan havanın doyma durumunda sahip olacağı özgül nemini belirtmektedir.

Nemli yastıklı buharlaşmalı serinletme sistemlerinin soğutma etkinliği, yastıktan geçen havanın evaporatif doyma etkinliği (EDE) ile tanımlanır. Evaporatif doyma etkinliği, dış ortamdaki emilen havanın nemli yastığa giriş ve yastıktan çıkışındaki kuru termometre sıcaklıkları arasındaki azalmanın, havanın yastıktan doymuş olarak çıkması durumunda oluşacak sıcaklık azalmasına oranı olarak tarif edilir ve aşağıda belirtilen eşitlikle hesaplanabilir (Kittas et al., 2001, 2003; Al-Suleiman, 2002; Koca et al., 1991; Dağtekin, 1996; El-Desooky et.al., 2004).

$$\eta_s = \frac{T_d - T_i}{T_d - T_{dy}} \quad (2)$$

2 numaralı eşitlikte η_{sr} serinletme sisteminin evaporatif doyma etkinliğini (%); T_{dr} dış ortam havasının sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$); T_i havanın yastık ortamından geçtikten sonraki sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$); T_{dy} dış ortam havasının doymuş durumdaki sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) belirtmektedir.

Yapı içindeki sıcaklık dağılımının hiçbir şekilde ideal bir tek düzelye sağlanamayacağı bilinmelidir (Kittas et al., 2001, 2003). Hava akımının nemli yastıklardan geçtikten sonra emici fanlara doğru hareketi sırasında sıcaklığı sürekli olarak artarak değişmektedir. Sıcaklık artışı binanın dış ve iç kaynaklardan kazandığı ısıya bağlıdır. Seralarda içeri giren güneş ışınımı nedeniyle bu artış daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Kittas et al. (2003) hava akımının nemli yastıktan itibaren sera içinde aldığı yola bağlı olarak sıcaklığının aşağıda verilen eşitlikle bulunabileceğini belirtmektedir.

$$T_i(x) = T_d + [-\eta_s (T_d - T_{dy}) - A_1] \exp[-A_2 x] + A_1 \quad (3)$$

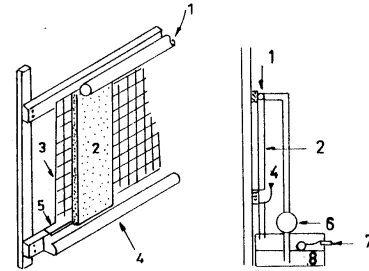
$$A_1 = \frac{[\tau(1 - \alpha)I_0]L}{VC} \quad (3.1)$$

$$A_2 = \frac{KL}{VC} \quad (3.2)$$

Yukarıdaki eşitliklerde yer alan x , ölçü noktasının nemli yastıktan uzaklığını (m); τ , sera örtü malzemesinin ışınım geçirgenliğini (ondalık kesir); α , transpirasyon katsayısını; I_0 , dış ortama gelen güneş ışınımını (W m^{-2}); L , seranın uzunluğunu (m); V , havalandırma debisini ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$); C , havanın özgül ısısını ($\text{J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$); K , sera örtü malzemesinin ısı iletim katsayısını ($\text{W m}^{-2} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$) belirtmektedir.

Nemli Yastıklı Serinletme Sistemlerinin Yapısı ve Çalışma Özellikleri

Doymamış havanın serbest su yüzeyine değmesiyle yapılacak serinletme işlemi, çok yavaş bir işlemdir. Bu nedenle hava, gözenekli yapıya sahip, ıslak tutulan geniş yüzeylerin içinden zorlanıp geçirilerek ısı ve kütle transferi hızı artırılır. Suyun doğrudan doğruya hava akımının içine pülverize edildiği uygulamalar varsa da, bu yöntemde su damlalarının buharlaşmadan hava içine karışma olasılığı oldukça yüksektir. Bu nedenle serinletme uygulamalarında, havanın özel olarak hazırlanmış, pad adı verilen, nemli yüzeylerden geçirilmesi yöntemi daha çok kullanılmaktadır (Şekil 2).



1-Delikli su borusu; 2-Pad; 3-Koruma teli; 4-Su toplama oluğu; 5-Çerçeve; 6-Su pompası; 7-Seviye şalteri; 8-Su tankı

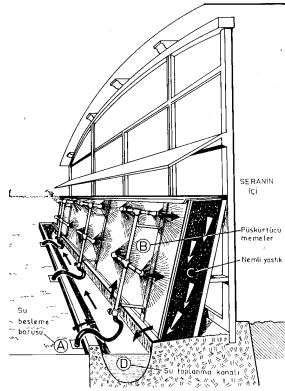
Şekil 2. Delikli borulardan aktılan suyla ıslatılan nemli yastıklı (pad) serinletme sisteminin ana parçaları (Nelson, 1978)

Buharlaşmalı serinletme düzenlerinde fanlar ve hava giriş açıklıkları önemli bir yapısal zorunluluk olmadıkça karşılıklı olarak yerleştirilir. Nemli yüzeyler hava giriş açıklıklarını tamamen kaplayacak şekilde yerleştirilir. Bu amaçla, çeşitli kalınlıklarda özel yapıya sahip yastıklar kullanılır.

Pad malzemesi seçilirken, hava akımına en az direnç gösterecek ve çürümeye karşı dirençli, ıslak durumdayken orijinal yapısını ve şeklini koruyabilen, yakın çevreden kolay temin edilebilen malzemelerden seçmeye dikkat etmek gerekir. Günümüzde nemli yastık olarak selüloz esaslı oluklu malzemeden yapılan pad'ler yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3). Bu malzemeler 5, 10, 15 ve 30 cm kalınlıklarda imal edilmektedir. Ömürleri yaklaşık 10 yıl kadardır.



Şekil 3. Selüloz esaslı pad

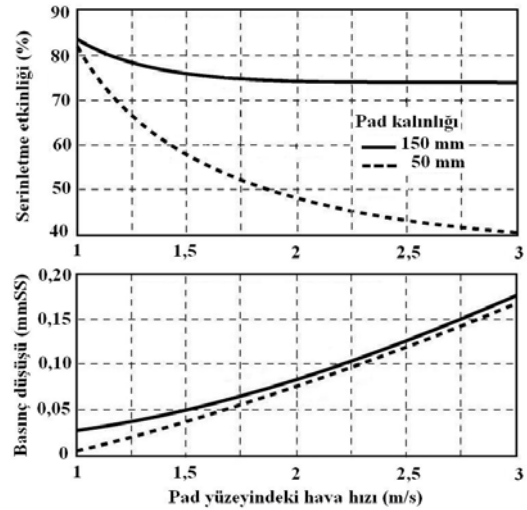


Şekil 4 Nemli yastıkların su püskürtülerek ıslatılması

Nemli yastıklar, fanlar çalıştığı süre boyunca, üzerlerine döşenen delikli bir borudan akıtılan (Şekil 2) veya püskürtme memeleriyle üzerlerine püskürtülen (Şekil 4) suyla sürekli olarak ıslatılır. Pad'ler ne az ne de çok ıslatılmalıdır. Gerekenden daha az ıslatılırlarsa, serinletme etkinlikleri (EDE) hızla azalır; ayrıca, ıslatma suyunun tümü buharlaştığı için, suyun içerdiği kireç, tuz vb. erimiş maddeler pad üzerinde çökerek gözeneklerin tıkanmasına neden olurlar. Pad'lerin aşırı ölçüde ıslatılması durumunda fazla su, pad'in yüzeyini tamamen düzgün su tabakası şeklinde kaplayarak

pürüzleri gideceğinden, etkili ısı-kütle transfer alanının küçülmesine ve ayrıca, hava geçiş yollarını da dolduracağı için hava akımının geçişine karşı olan direncin artmasına, hatta hava geçişinin durmasına neden olur. Bu nedenlerle, pad'lerin ıslatılmasında kullanılacak su miktarının iyi ayarlanması gerekir. Islatma suyu miktarının, fanlar çalıştığı sürece tüm pad yüzeyini aşırı ıslatmadan sürekli nemli kalmasını sağlayacak ve eğer su erimiş çökelebilecek maddeler içeriyorsa, bunları yüzeyden yıkayıp uzaklaştıracak ölçüde olmasına dikkat etmek gerekir. Yastık üzerinde kireç, tuz vb. maddelerin çökmemesi için ıslatma hızının, her $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ hava debisi için $0,02 \text{ L min}^{-1}$ den az olmaması gerekir. Pratik bir yaklaşım olarak, buharlaşacak her 1 L su için yastık üzerinden 7,5 L suyun akıtılması gerektiği, ya da bir başka öneri olarak, 5 cm kalınlığındaki pad'den geçen her 40 kg hava için 1 kg su gerekeceği söylenebilir. Sıcak günlerde su tüketimi $30\text{-}40 \text{ L m}^{-2}$ kadardır (Bucklin et al., 1993).

Havanın nemli yastıklardan geçiş hızı, yastığın evaporatif doyma etkinliğini ve uğrayacağı basınç düşüşünü etkilemektedir. Hava hızı arttıkça, basınç düşüşü artarken, EDE belli bir sınır değere kadar belirgin bir şekilde azalmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Nemli yastık etkinliği ve hava akımı basınç düşüşünün hava hızı ile ilişkileri (Anonim, 2000)

Çok düşük hava hızlarında akış daha doğrusal olup, su sadece pad yüzeyine değen sınır hava tabakası tarafından buharlaştırılmaktadır.

Bu durum buharlaşan su miktarını azaltır. Hava akış hızı belirli bir sınıra kadar artırıldıkça akış girdaplı şartlarda gerçekleşmeye başlar ve bunun sonucunda buharlaşma miktarı önemli ölçüde artar (Bucklin et al., 1993). Bu nedenle nemli yastıktan geçen hava hızının, girdaplı akış şartlarının oluşmasını sağlayacak büyüklükte seçilmesi gerektiği söylenebilir. Genel olarak EDE değeri yastık kalınlığının artışı ve hava hızının azalmasıyla belirgin bir yükselme göstermektedir. Bu durum, hava akımının yastıktan geçiş yolunun uzamasına ve geçiş süresinin artışına bağlı olarak buharlaşma oranının artmasından kaynaklanmaktadır (Dai and Sumathy, 2002). Projelendirme sırasında, serinletme etkinliğini hava hızını azaltarak artırmak istediğimizde, yeterli hava kütlesinin binaya düşük hızla girebilmesini sağlamak için, giriş kesitini, bir başka söyleyişle pad yüzey alanını büyütmemiz gerektiği unutulmamalıdır.

Nemli yastıklardan geçen hava akımı hızının $1,3 \text{ ms}^{-1}$ değerini aşması durumunda, hava akımı içine buharlaşmadan karışan su damlacıklarının oranı artmakta, bu durum bitki ve hayvanların ıslanmasına neden olmaktadır. Sistemin projelendirilmesi sırasında bu durum dikkate alınmalıdır (Yağcıoğlu, 2005).

Islak yastıklar ile karşılarına yerleştirilen aspiratörler arasındaki mesafenin 60 m den daha fazla olması istenmez. Bu mesafenin 45 m den az olması tercih edilir (Bucklin et al., 1993). Söz konusu aralığın 30 m den az olması, binanın enine kesitindeki hava hızının yeterince düşük seçilmesine izin verir, ancak bu durumda, nemli ve düşük hızdaki hava akımı, bina içinde çalışanlara yapışkan bir nemlilik hissi vererek rahatsız olmalarına neden olur. Uzunluğu 30 m'den daha kısa olan sera ve kümeslerde hava hızı, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla belirlenecek değeri aşmamalıdır (ACME, 1995).

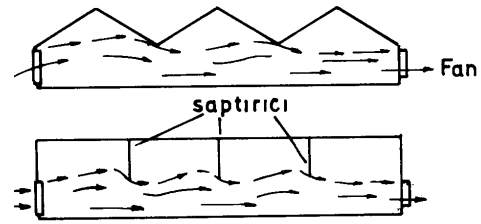
$$U = \frac{5,5}{\sqrt{l}} \quad (4)$$

4 numaralı eşitlikte U , hava hızını (m s^{-1}); l , fan ile pad arası mesafeyi (m) belirtmektedir.

Buharlaşmalı serinletme düzenlerinde, yan yana bulunan iki fan arasında 7,5 m den daha fazla aralık olmamasına dikkat etmek gerekir. Bu özellikten yararlanarak sistem için gerekli fan sayısı da belirlenmiş olur. Örneğin, fanların yerleştirileceği duvar 15 m uzunluğundaysa en az iki fan gerektiği söylenebilir. Bu işlem sırasında fan sayısı tam sayı olarak çıkmazsa bir büyük tam sayı fan sayısı olarak kabul edilir. Örneğin,

duvar uzunluğu 20 m ise sisteme üç fan yerleştirilmelidir.

Serin havanın yapı içine daha iyi yayılabilmesi için, PE sera örtü malzemesinden yapılmış saptırıcılar, bina çatısından aşağıya doğru 15 m aralıklarla asılabilir (Şekil 6). Saptırıcıların alt kenarları ile bitki örtüsü ya da hayvanlar arasında, havanın rahatça dolaşabileceği bir boşluk bulunmalıdır.



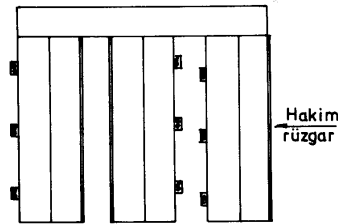
Şekil 6. Bina içine asılan saptırıcılar

Sera masaları üzerinde yetiştiricilik yapılan seralarda, serin havanın masa altlarına kaçmaması için, nemli yastıkların önüne, havanın masa altlarına girmesini önleyecek konumda saptırıcılar yerleştirilmelidir.

Islak yastıklar, 60 m den uzun ve 30 m den dar seralarda karşılıklı iki dar kenara, aspiratörler ise, sera uzunluğunun ortasına gelecek şekilde çatıya yerleştirilir.

Yan yana bulunan binalarda, bina aralarında 15 m den az ara varsa, bir binadan dışarı üflenen sıcak ve nemli havanın, komşu binanın nemli yastığı üzerine gelmemesine dikkat etmek gerekir.

Aralarında 7,5 m den az aralık bulunan komşu binaların fanları birbirlerine karşı hava üflüyorlarsa, fanların karşılıklı olarak şaşırtmalı yerleştirilmesi gereklidir (Şekil 7).



Şekil 7. Yan yana binalarda fan-pad yerleşimi (ACME, 1995)

Emici fanlar mümkünse hakim rüzgarın estiği yönün tersindeki duvara monte edilmelidir. Bunun mümkün olmaması durumunda fan kapasiteleri gerekenden % 10-15 daha büyük seçilmelidir.

LİTERATÜR LİSTESİ

- Abdalla A M; Narendran R (1991). Fog emitters as evaporative cooling devices for dairy cow sheds. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 22(1), 73-76
- ACME (1995). *The greenhouse climate handbook*, 1995. ACME Engineering and Manufacturing Corp. Box. 978. Muskagee, OK 74402
- Al-Massoum A; Haffar, I; Ahmed M H (1998). A similitude model for testing greenhouse evaporative cooling pads under the hot-arid conditions of the U.A.E. *Crop Models in Protected Cultivation*. Ed. L.F.M. Marcelis *Acta Hort.* 456 ISHS, 329-337
- Al-Sulaiman F (2002). Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling. *Energy Conversion and Management*, 43: 2267-2273
- Anonim (2000). Keys to getting good performance from your evaporative cooling system. *Alabama Poultry Engineering and Economics Newsletter No.5*. Alabama Cooperative Extension System.
- Barnwell R (1997). *Evaporative Cooling Systems*. Technical News, Quarterly Publication of Cobb-Vantress, 5 (2).
- Bowman N; K Lomas; H Eppel; B Ford; M Hewitt; M Cucinella (1997). Application of Passive Downdraught Evaporative Cooling (PDEC) to Non-Domestic Buildings. *Renewable Energy*, 10 (2/3), 191-196.
- Bucklin R A; Henley R W; McConnell D B (1993). Fan and pad greenhouse evaporative cooling systems. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Circular 1135
- Chraibi A; Makhlouf S; Jaffrin A; Bentounes N (1995). Greenhouse evaporative cooling – measurements and modeling. *Journal De Physique III*. 5(7): 1039-1053
- Churchai W (1998). Application of discarded clay brick and charcoal as cooling pad material for dairy stanchion barn. MSc thesis abstract (unpublished) (www.chiangmai.ac.th/abstract1998/abstract/aqi/abstract)
- Dağtekin M (1996). Çukurova Bölgesi etlik piliç kümeslerinde sıcaklık sorununun çözümüne yönelik alternatif serinletme yöntemleri üzerine bir araştırma. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, (yayınlanmamış), Adana
- Dağtekin M; Gürdil G A K; Yıldız Y; Uluocak A N (1998). Kümeslerde buharlaştırılmalı serinletme sisteminde, (fan-ped) kullanılan farklı tip pedlerin etkinliğinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi*. Proceedins book, 850-857
- Dai Y J; Sumathy K (2002). Theoretical study on a cross-flow direct evaporative cooler using honeycomb paper as packing material. *Applied Thermal Engineering*, 22: 1417-1430
- Dzivama A U; Bindir U B; Aboaba F O (1999). Evaluation of pad materials in construction of active evaporative cooler for stroge of fruits and vegetables in arid environments. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 30(3), 51-55
- El-Desooky H; H Ettoney; A Al-Zeefari (2004). Performance Analysis of Two-stage Evaporative Coolers. *Chemical Engineering Journal*. 102, 255-266.
- Fehr R L; Priddy K T; McNeill S G; Overhults D G (1983). Limiting swine stress with evaporative cooling in the southeast. *Transactions of the ASAE*, 26(2), 542-545
- Kittas C; Bartzanas T; Jaffrin A (2001). Greenhouse evaporative cooling: measurement and data analysis. *Transactions of the ASAE*, 44(3), 683-689
- Kittas C; T Bartzanas; A Jaffrin (2003). Temperature Gradients in a Partially Shaded Large Greenhouse Equipped With Evaporative Cooling Pads. *Biyosystems Engineering* 85 (1), 87-94.
- Koca R W; Hugles W C; Christianson L L (1991). Evaporative cooling pads: test procedure and evaluation. *Applied Engineering in Agriculture*, 7(4), 485-490
- Liao C M; Chiu K H (2002). Wind tunnel modelling the system performance of alternative evaporative cooling pads in Taiwan Region. *Building and Environment*, 37: 177-187
- Mekonnen A (1996). Effectiveness study of local materials as cooling media for shelters in hot climates. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, AMA*, 27(2), 64-66
- Mutaf S (1981). Açık Kümeslerde Su Püskürtme ile Serinletmenin Kümes İçi Çevre Koşullarına Etkisi. *Doğa Bilim Dergisi.Vet.Hayv./Tar.Orm.Cilt.5,s:30-39*.
- Mutaf S; R Sönmez (1984). Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi. E.Ü.Z.F. Yayınları No:438, Bornova-İzmir.
- Nelson P V (1978). *Greenhouse operation and management*. Reston Pub. Comp. Inc. A Prentice Hall Comp. Reston, Virginia
- Öztürk H H (2003). Evaporative cooling efficiency of a fogging system for greenhouses. *Turk. J. Agric. For.*, 27(1), 49-57
- Öztürk H H; O Yıldız; A Başçetinçelik (1989). Seralarda Nemlendirmeli Havalandırma Sisteminin Etkinliğinin Saptanması. 7. Ulusal Isı Bilim ve Tekniği Kongresi Bildiriler Kitabı. Bornova-İzmir.

Tinoco I F F; Figueiredo J L A; Santos R C; da Silva J N; Yanagi T; de Paula M O; Puglisi N L; Vigoderis R B; Corderio M B (2001). Comparison of the cooling effect of different materials used in evaporative pads. *Agribuilding*, 3-6 September, Campinas, SP, Brazil, 438-442

Uğurlu N; M Kara (2000). Islak ped sistemiyle serinletmenin performans verileri ve kafes sistem kümes iç sıcaklığının düşürülmesine etkisi. *Turk. J. Agric. For.* 24(1), 79-86

Yağcıoğlu A (2005). Sera Mekanizasyonu. E.Ü.Z.F.Yayınları No:562. Bornova-İzmir

Yağcıoğlu A; Demir V; Günhan T (2005). Nemli yastıklarla serinletme yönteminde kullanılacak çeşitli yastık malzemelerinin etkinliklerinin Belirlenmesi. E.Ü. Bilimsel Araştırma Raporu, Proje No: 2002 ZRF 008.

Willits D H (2003). Cooling Fan-Ventilated Greenhouses: a Modelling Study, *Biosystems Engineering*, 84 (3), 315-329.