

**ÇUKUROVA ÜNVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümit KOCATÜRK

**ÇUKUROVA KOŞULLARINDA PEDLİ EVAPORATİF SERİNLETME
SİSTEMLERİNİN FARKLI HAVA HIZLARINDA SERİNLETME
ETKİNLİĞİ VE BUHARLAŞTIRILAN SU MİKTARI DEĞERLERİNİN
DEĞİŞİMİ**

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇUKUROVA KOŞULLARINDA PEDLİ EVAPORATİF SOĞUTMA
SİSTEMLERİNİN FARKLI HAVA HIZLARINDA SOĞUTMA
ETKİNLİĞİ VE BUHARLAŞTIRILAN SU MİKTARI DEĞERLERİNİN
DEĞİŞİMİ**

Ümit KOCATÜRK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIM MAKİNALARI ANA BİLİM DALI

Bu tez 14.02.2007 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /
Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

İmza :.....	İmza :.....	İmza :.....
Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ	Prof.Dr.İ.KurtuluşTUNÇER	Yrd.Doç. Dr. Metin DAĞTEKİN
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Tarım Makinaları Ana Bilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

Proje No: ZF-2005 YL 49

Bu çalışma Ç.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Destekleme Birimi Tarafından Desteklenmemiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇUKUROVA KOŞULLARINDA PEDLİ EVAPORATİF SERİNLETME SİSTEMLERİNİN FARKLI HAVA HIZLARINDA SERİNLETME ETKİNLİĞİ VE BUHARLAŞTIRILAN SU MİKTARI DEĞERLERİNİN DEĞİŞİMİ

Ümit KOCATÜRK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ
Yıl : 2007, Sayfa: 59
Jüri : Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ
: Prof. Dr. İlyas Kurtuluş TUNÇER
: Yrd.Doç. Dr. Metin DAĞTEKİN

Çukurova Bölgesi sıcak iklim kuşağında yer alır. Bölgede yaz aylarında kümes ve sera gibi tarımsal üretim yapılarında ortam sıcaklığı 30 °C'nin üzerine çıkabilmektedir. Yüksek ortam sıcaklığı, üretimi yapılan canlılarda ısı stresine neden olmaktadır. Bu durumun önlenmesi için son yıllarda pedli evaporatif serinletme sistemlerinden geniş oranda yararlanılmaktadır. Bu sistemlerde, birisi selüloz esaslı diğeri çimento katkılı olmak üzere iki farklı tip ped kullanılmaktadır. Bu pedlerin bölgemiz koşullarındaki işlevsel özellikleri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Çukurova koşullarında selüloz esaslı bir pedin farklı hava hızlarında serinletme etkinliği, yaratılan sıcaklık düşmesi ve buharlaştırılan su miktarları değerleri belirlenmiştir. Denemelerde havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s olmak üzere üç farklı değer seçilmiştir. Ped ıslatma suyu akış debisi ise, yapımcı kuruluşun önerisi doğrultusunda 4 L/dak-m olarak sabit tutulmuştur. Haziran-Eylül döneminde tamamlanan deneme sonuçlarına göre, havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak serinletme etkinliği, sağlanan sıcaklık düşmesi ve buharlaştırılan su miktarı değerleri artmıştır. Seçilen hava hızlarında ortalama değerler olarak serinletme etkinliği % 77,00...83,71; sağlanan sıcaklık düşmesi 6,71...5,59 °C; ve buharlaştırılan su miktarı 0,078...0,210 L/dak-m² arasında değişmiştir.

Anahtar kelimeler : Evaporatif serinletme, Ped, ısı stres, serinletme etkinliği.

ABSTRACT

MASTER OF SCIENCE THESIS

EVAPORATIVE EFFECTIVITIES AND AMOUNT OF EVAPORATED WATER OF EVAPORATIVE PAD COOLING SYSTEMS AT DIFFERENT AIR VELOCITIES IN ÇUKUROVA REGION

Ümit KOCATÜRK

UNIVERSITY OF CUKUROVA
INSTITU OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY

Supervisor : Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ
Year : 2007, Pages: 59
Jury : Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ
: Prof. Dr. İlyas Kurtuluş TUNÇER
:Asist. Prof. Dr. Metin DAĞTEKİN

Çukurova region is to take part in hot climate part in hoot climate area. In region, the cattle dealing of henhouse in summer months, and such as greenhouse agricultural production is made in environment's hot over 30 °C. High enviroment hot causes problems for which alives are made the production. For prevent this situation, evaporatif coolness system is used in last years. One of this systems is a main cellulose, the other is a main cement. Two ped is used fort his system. About function characteristics of this peds do not found enough knowledge in this region conditions.

In this working, the main cellulose ped is cool in different weather conditions, is done low of the hot, and is evalvated which is evaporated water quantities. In tests, evatuates are choosen passing speed of the weather in the ped such as 0.5 m/s; 1.0 m/s and 2.0 m/s. Flow bearing of the ped heat water is taken as 4 L/min- m with offering the producer organization.

According to the test results, raise the evolvates of the coolness situation as relating to the passing speed of the weather in the ped, the low of warmth. At choosing the weather speed, average evalvates % 77.00–83.71 for the coolness situation, 6.71 – 5.59 °C is found as the low of the head, and water quantity which is evaporated change beetwen 4.65 – 12.60 L/h-m²

Keywords : Evaporative cooling, pad, heat stress, cooling effectivity.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın konusunu belirleyen ve çalışmanın her aşamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ'a; ayrıca çalışmamda yardımcı olan Tarım Makinaları Bölüm Atölyesi çalışanlarına ve bölüm akademik ve idari personeline; tez jürimde görev alan değerli hocalarım Prof. Dr. İ. Kurtuluş TUNÇER ve Yrd. Doç. Dr. Metin DAĞTEKİN'e ve bu çalışmamın yürütülmesinde her zaman yanımda olan ailem ve arkadaşlarıma ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Evaporatif Serinletme Teorisi	1
1.2. Evaporatif Serinletme Sistemleri	3
1.3. Pedli Evaporatif Serinletme Sistemlerinin Tasarım Özellikleri.....	4
1.3.1. Ped Malzemesi	6
1.3.2. Ped Yüzey Alanı Ped Kalınlığı ve Yoğunluğu	7
1.3.3. Pedlerin Konumlandırılması	8
1.3.4. Hava Hızı	11
1.3.5. Su Akış Debisi	12
1.3.6. Su Deposu	14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
3. MATERYAL VE METOD	26
3.1. Materyal	26
3.2. Metod	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	31
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR.....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

	SAYFA
Çizelge 1.1. Farklı Pedler İçin Önerilen Hava Hızı Değerleri	11
Çizelge 1.2. Farklı Tip Pedler İçin Önerilen Su Akış Debileri	13
Çizelge 4.1. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Pedi Geçen Havanın Doyma Düzeyleri.....	49
Çizelge 4.2. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Serinletme Etkinlikleri.....	50
Çizelge 4.3. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Sağlanan Sıcaklık Düşmeleri.....	51
Çizelge 4.4 Farklı Hava Hızlarında Buharlaştırılan Su Miktarları.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Evaporatif serinletme işlemi	2
Şekil 1.2. Pedli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hızına bağlı olarak serinletme etkinliği ve basınç düşmesi değerlerinin değişimi (Timmons ve Baughman, 1984).	6
Şekil 1.3. Çatı mahyasına yerleştirilmiş pedli evaporatif serinletme sistemi	8
Şekil 1.4. Çatı mahyasına yerleştirilmiş pedli evaporatif serinletme sistemi	9
Şekil 1.5. Yapı üzerinde pedlerin yerleşimi	10
Şekil 1.6. Yatay pedli evaporatif serinletme sistemi.....	10
Şekil 3.1. CEL dek 7060-15 ped	26
Şekil 3.2.CEL dek 7060–15 pedinin farklı hava hızlarında yarattığı basınç düşmesi değerleri	27
Şekil 3.3.Deneme düzeni.....	28
Şekil 4.1.I. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	31
Şekil 4.2.I. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	31
Şekil 4.3. I. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	32
Şekil 4.4. I. dönemde farklı hava hızlarında hesaplanan serinletme etkinlikleri	33
Şekil 4.5. I.dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri.....	33
Şekil 4.6. II. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	34
Şekil 4.7. II. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	35
Şekil 4.8. II. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	35
Şekil 4.9. II. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri.....	36
Şekil 4.10. II. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri....	36

Şekil 4.11. III. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	37
Şekil 4.12. III. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	38
Şekil 4.13. III. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	38
Şekil 4.14. III. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri	39
Şekil 4.15. III. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri ..	39
Şekil 4.16. IV. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	40
Şekil 4.17. IV. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	41
Şekil 4.18. IV. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	41
Şekil 4.19. IV. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri	42
Şekil 4.20. IV. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri ..	42
Şekil 4.21. V. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	43
Şekil 4.22. V. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	44
Şekil 4.23. V. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	44
Şekil 4.24. V. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri	45
Şekil 4.25. V. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri ...	46
Şekil 4.26. VI. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	47
Şekil 4.27. VI. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	47
Şekil 4.28. VI. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri	48
Şekil 4.29. VI. ölçüm döneminde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri	49

Şekil 4.30. VI. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri .. 49

1. GİRİŞ

Sıcak iklim bölgelerinde yaz aylarında sera, kümes, barınak gibi kapalı tarımsal üretim yapılarında iç ortam sıcaklığı çok yüksek değerlere ulaşabilir. Bu durum, üretimi yapılan canlılarda ısı stresine neden olur. Buna bağlı olarak da, üretimi yapılan canlıların verim ve gelişmeleri ile sağlıkları olumsuz yönde etkilenir. Bu tür yapılarda üretimin karlı biçimde devam ettirilebilmesi için ortam sıcaklığının o canlılar için uygun değerlere çekilmesi gerekir. Bu amaçla, çeşitli uygulama olanaklarından yararlanılabilir. Bunlar arasında en basit olanı, tarımsal üretim yapılarının hava hareketi olan yüksek ve çevresi açık yerlerde yapılması ve yapı içerisine güneş ışınlarının doğrudan girişinin önlenmesi için uygun gölgeliklerin oluşturulmasıdır. Ancak ortam sıcaklığının 30 °C'nin üzerine çıkması durumunda bu uygulamadan beklenen yarar sağlanamayabilir.

Çok sıcak iklim koşullarında, bu üretim yapılarında iç ortam sıcaklığının o canlılar için uygun olan sınırlara çekilmesinde diğer bir uygulama biçimi serinletmedir. Serinletme, iç ortam havasının duyulur ısısının yapı dışına atılması (Kompresyonlu soğutma), ya da gizli ısıya dönüştürülmesi (Evaporatif serinletme) şeklinde olabilir. Pahalı bir teknoloji olan kompresyonlu soğutma sistemlerinin, tarımsal üretim yapılarında kullanımı, günümüz koşullarında ekonomik görülmemektedir.

Kapalı tarımsal üretim yapılarında ortam sıcaklığının azaltılması amacıyla evaporatif serinletme sistemleri daha yaygın kullanılmaktadır. Hava bağıl neminin düşük olduğu bölgelerde daha verimli çalışan evaporatif serinletme sistemlerinin, nemli bölgelerde de gün içerisinde hava sıcaklığının yüksek olduğu dönemlerde kullanılabileceği değişik bir çok araştırmacı tarafından bildirilmektedir.

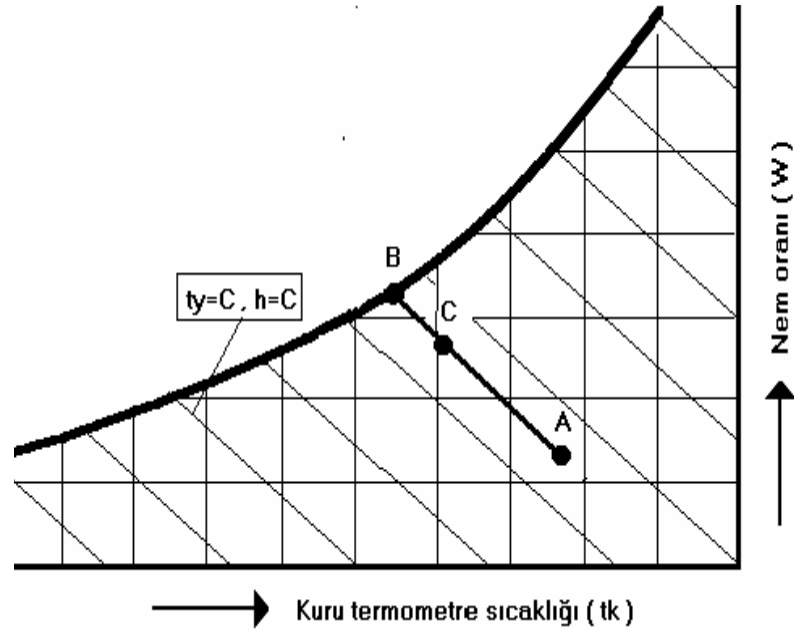
1.1. Evaporatif Serinletme Teorisi

Isı transferine karşı yalıtılmış kapalı bir ortamda doymamış hava, serbest su yüzeyi ile temas ettirildiğinde hava ve serbest su yüzeyi arasında bir ısı ve kütle transferi gerçekleşir. Serbest su yüzeyinin buhar basıncı, doymamış havanın buhar

basıncından daha yüksek olduğundan, bu basınç farkına bağlı olarak serbest su yüzeyinden havaya nem transferi başlar. Bu transfer, suyun sıvı fazdan buhar fazına durum değiştirmesi ile gerçekleşir. Bu değişim için de bir miktar ısıya (buharlaşma gizli ısısına) gerek duyulur. Suyun sıvı fazdan buhar faza dönüşmesi için gerekli ısı, hava ve suyun duyulur ısısından karşılanır. Bunun sonucunda, hava ve suyun sıcaklığı düşer.

İşlem sırasında sistem dış ortamla ısı alışverişinde bulunamayacağı için (sistem yalıtıldığından dolayı), sistemin toplam ısısı değişmez. Bu işlem, duyulur ısının gizli ısıya dönüştüğü basit bir adiyabatik işlemdir. İşlem sonucunda nemli havanın kuru termometre sıcaklığı düşer. Sıcaklığı azaltılan bu nemli hava, istenilen yere gönderilerek ortam serinletmesi yapılır.

Gerçekleşen işlem psikrometrik bir diyagram üzerinde çok daha iyi açıklanabilir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Evaporatif serinletme işlemi

Diyagram üzerinde (A) noktası serinletme sistemine giren dış ortam havasının durumunu gösterir. Bu nemli hava, temas ettiği serbest su yüzeyinden nem alırken, yaş termometre sıcaklığı ya da özgül entalpi değerleri sabit kalır. Diğer deyişle, nemli havanın psikrometrik özelliklerinin değişimi sabit yaş termometre sıcaklık ya

da sabit özgül entalpi doğrularına paralel bir yörünge izler. Bu yörünge boyunca havanın nem oranı ve bağıl nem değerleri artarken, kuru termometre sıcaklık değeri düşer. Serbest yüzeyden nem almasına bağlı olarak karışımın bağıl nem değeri teorik olarak % 100'e ulaşır (B).

Diyagram üzerinde belirlenen bu noktadan, tam doymuş duruma gelen havanın diğer psikrometrik özellikleri (yaş ve kuru termometre sıcaklıkları, özgül entalpi, yoğunluk, nem oranı v.b. değerleri) okunabilir. Uygulamada tam doyma durumu gerçekleşmez. Bu nedenle, dış ortam havası serinletme ünitesini (B) noktasına yakın olan (C) noktası koşullarında terk eder.

Evaporatif serinletme sistemlerinde, gerçekleşen adiyabatik doyma işleminin teorik doyma işlemine oranı evaporatif serinletme etkinliği (ESE) olarak tanımlanır. Adiyabatik doyma etkinliği olarak da tanımlanabilen evaporatif serinletme etkinliği, diyagram üzerinde sayısal olarak (AC) uzunluğunun, (AB) uzunluğuna bölünmesi ile elde edilir.

1.2. Evaporatif Serinletme Sistemleri

Evaporatif serinletme sistemleri, fan/pedli ve su püskürtmeli olmak üzere iki temel başlık altında toplanabilir.

Su püskürtmeli sistemlerde su, küçük damlacıklar şeklinde serinletilecek ortama püskürtülür. Oluşturulan bu damlacıklar ortamda buharlaşır. Bu buharlaşma esnasında, suyun buharlaşması için gereken buharlaşma gizli ısı havanın duyulur ısısından alınır ve böylece ortam havasının sıcaklığı düşürülmüş olur. Bu sistemde oluşturulan damlaların çaplarına bağlı olarak su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemleri; fogging ($VMD=10\ldots30\ \mu m$), misting ($VMD = 30\ldots100\ \mu m$) ve sprinkler ($VMD >100\ \mu m$) olmak üzere üç farklı şekilde isimlendirilir.

Fogging sisteminde oluşturulan damlaların çaplarının çok küçük olması nedeniyle havada uzun süre asılı kalır ve yere düşmeden önce buharlaşır. Fogging sistemi ortamın serinletilmesinde çok etkin olmasına karşın, misting sistemine kıyasla daha pahalıdır ve daha fazla bakım gerektirir. Fogging ve misting serinletme

sistemleri, rüzgarlı ya da hava hareketinin olduğu yerlerde başarılı sonuç vermediğinden kapalı yerlerde kullanılması önerilir.

Sprinkler sisteminde, oluşturulan damla çaplarının daha büyük olması nedeniyle, bu damlalar havada buharlaşmadan yere düşeceğinden ortamın serinletilmesinde kullanılmaz. Elde edilen büyük çaplı damlalarla serinletilecek yüzeyler ıslatılır. Islatılan bu yüzeylerdeki suyun buharlaşması ile yüzeyde serinleme etkisi yaratılır. Sprinkler sisteminin etkinliği, ortam havasının hareketli olması koşulunda önemli oranda artar. Bu nedenle, sprinkler serinletme sistemleri hava hareketlendirici fanlarla birlikte çalıştırılır.

Evaporatif serinletme sistemlerinin diğer temel grubunda yer alan fan/pedli serinletme sistemleri, kümes ve sera gibi kapalı tarımsal üretim yapıları için önerilmektedir. Bu sistemin elemanlarından birisi olan poroz yapılı pedler, yapının bir kısa duvarı ya da ona yakın iki uzun duvarları üzerine yerleştirilir. Pedler üst taraflarına yerleştirilmiş delikli borulardan damlatılan ya da belirli açılarda konumlandırılmış memelerden püskürtülen su ile sürekli olarak ıslatılır. Sistemin diğer bir elemanı olan aspiratörler ise, pedlerin karşısına gelecek şekilde kısa duvar ya da ona bitişik uzun duvarlar üzerine monte edilir. Aspiratörlerle, pedlerden geçerek kullanılmış olan iç ortam havası emilerek dış ortama atılır. Böylece, iç ortamda oluşan negatif basıncın etkisi ile dış ortam havası ıslak pedlerden geçerken bir miktar suyu da buharlaştırarak yapı içerisine girer. Bu buharlaşmaya bağlı olarak havanın duyulur ısı buharlaşma gizli ısına dönüşür ve hava sıcaklığı düşürülmüş olarak yapı içerisine alınır.

1.3. Pedli Evaporatif Serinletme Sistemlerinin Tasarım Özellikleri

Pedli evaporatif serinletme sistemlerinin etkinlikleri, büyük oranda ped özelliklerine bağlıdır. Pedler, içerisinden geçen hava akımına maksimum değerde ıslak yüzey alanı gösterebilmelidir. Böylece ıslak yüzeyden daha fazla nem üzerinden geçen havaya transfer olur ve hava doyma noktasına yakın bir değere ulaşarak pedi terk eder. Havanın doyma düzeyi, onun ped yüzeyinden geçiş hızına bağlıdır. Düşük geçiş hızlarında hava, daha yüksek bağıl nem değerlerine ulaşarak iç

ortama geçiş yapar. Dolayısıyla adiyabatik doyma etkinliği (Evaporatif serinletme etkinliği) daha yüksek olur.

Pedli evaporatif serinletme sistemlerinde serinletme etkinliğinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmaktadır (Timmons ve Baugman, 1984; Koca ve Ark., 1991; Bilge ve Bilge, 1999; Scarborough ve Ark., 1988)

$$\eta = \left[\frac{t_{kd} - t_{ki}}{t_{kd} - t_{yd}} \right] 100 \quad (1)$$

Eşitlikte;

η = Serinletme etkinliği (%),

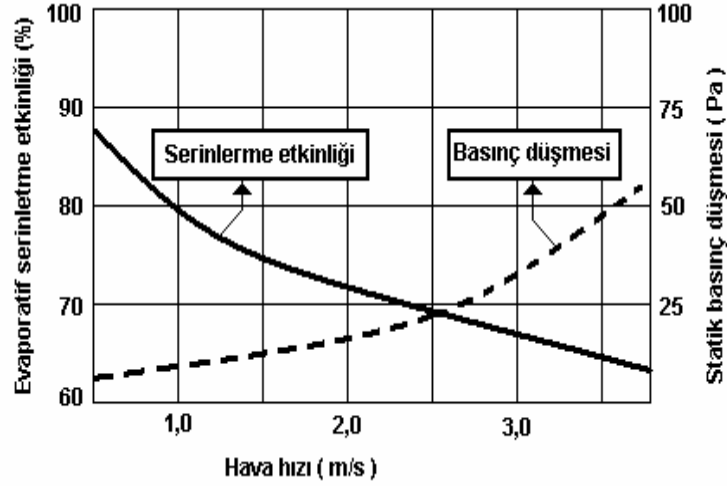
t_{kd} = Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),

t_{ki} = Ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),

t_{yd} = Ped girişinde havanın yaş termometre sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)'dır.

Yukarıdaki eşitlikle hesaplanan serinletme etkinliğinin değeri, pedin yapısal özellikleri yanında havanın ped içerisinden geçiş hızına, pedin homojen olarak ıslatılmasına, aspiratörler yardımıyla yaratılan iç ve dış ortam arasındaki statik basınç farkına ve pedin ıslak bölgelerinden geçen hava miktarı ile çatlaklardan veya diğer aralıklardan geçen hava miktarı oranına bağlıdır.

Pedlerin, içerisinden geçen hava akımına karşı minimum düzeyde direnç göstermelidir. Bu direnç, pedlerin yapım özellikleri ile birlikte havanın pedlerden geçiş hızına da bağlıdır. Havanın ped içerisinden geçiş hızı arttıkça pedler, içerisinden geçen hava akımına karşı daha fazla direnç gösterir. Diğer deyişle daha fazla statik basınç düşmesine neden olur. Havanın ped içerisinden geçiş hızı ile pedler tarafından yaratılan statik basınç düşmesi ve evaporatif serinletme etkinliği arasındaki ilişki şekil 1.2'deki gibi şematik olarak gösterilebilir.



Şekil 1.2. Pedli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hızına bağlı olarak serinletme etkinliği ve basınç düşmesi değerlerinin değişimi (Timmons ve Baughman, 1984).

1.3.1. Ped Malzemesi

Pedlerin yapımında ahşap, kağıt, metal, mineral, cam ve son yıllarda plastik ve çimento katkılı malzemeler kullanılmaktadır. Her ne kadar kağıt ve ahşaptan daha uzun ömürlü ve bozulmalara karşı daha dayanıklı materyaller bulunsa da, bunların çoğu suyun yüzey üzerinde dağılmasını kolaylaştıracak özellikte değildir. Bu tür yüzeylerde su damlaları dağılmadan aşağı doğru hareket eder, dolayısıyla istenildiği kadar ıslatılmış ped yüzey alanı oluşmaz.

Aspen (kavağa benzer bir ağaç) testere talaşı ya da yongası, ped yapımında kullanılan en uygun malzemelerden birisidir. Ancak, çürümelere karşı diğer ped malzemelerine kıyasla daha dayanıklı olmasına karşın şekilsel bozulmaların meydana gelmesi önemli bir problemdir. Bu malzemedan yapılan pedlerin sezon ortasında temiz su ile yıkanması (ped üzerinde biriken tozlardan arındırılması) ve pedin çökme olan yerlerinin onarılması ile pedin etkinliği korunabilir ve ömrü uzatılabilir.

Sert pedler, polivinilklorid (PVC), çürümeyi önleyen kimyasallar emdirilmiş kağıt ya da çimento ile kaplanmış şeker kamışı, şeker pancarı, zeytin ve üzüm posası gibi organik atıklardan yapılırlar. PVC pedler, karşı akışlı ve çapraz akışlı

konfigürasyonlarda yapılırken, kağıt pedlerde çapraz akış tercih edilmektedir. Bu pedlerin kalınlıkları 10...30 cm arasında değişir. Birim yüzey alanı başına fiyatları talaş ya da yonga pedlere kıyasla daha pahalıdır. Ancak, bu pedlerde uygulanan yüksek hava hızlarında daha yüksek ped etkinliği elde edilebildiği, dolayısıyla daha küçük ped yüzey alanlarından daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanabildiği bildirilmektedir. Ayrıca bu pedler, her yıl değiştirilmesi önerilen aspen pedlere kıyasla daha uzun ömürlüdür.

Çimento katkılı pedlerin kalınlıkları 2,5 cm'dir ve 10 yıllık bir kullanım ömrü olduğu ileri sürülmektedir.

1.3.2. Ped Yüzey Alanı Ped Kalınlığı ve Yoğunluğu

Pedli evaporatif serinletme sistemlerinin tasarımında dikkat edilmesi gereken en önemli konu, ped yüzey alanının doğru olarak seçilmesidir. Ped yüzey alanının küçük seçilmesi, havanın pedden geçiş hızını artırır. Bundan dolayı da hem sistemin serinletme etkinliği azalır, hem de fanlar daha yüksek statik basınç farkı değerlerinde çalışacağı için, havalandırma debileri düşer.

Ped yüzey alanının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılır;

$$A = \frac{V}{v} \quad (2)$$

Eşitlikte;

A = Ped yüzey alanı (m^2),

V = Toplam havalandırma debisi (m^3/s),

v = Havanın ped içerisinden geçiş hızı (m/s)'dir.

Ped kalınlığının artması, içerisinden geçen havanın ped yüzeyi ile temas süresini arttırırken, pedin hava akımına karşı göstereceği direnci de yükseltir. Bununla birlikte hava, kalınlığı fazla olan bu ped içerisinden geçerken buhar basıncı farkı (pedden geçen havanın buhar basıncı ile ıslak ped yüzeyinin buhar basıncı arasındaki fark) azalır. Buna bağlı olarak da ped yüzeyindeki suyun buharlaşma hızı azalır.

Ped yoğunluğu arttıkça, ıslatma suyunun daha tekdüze dağılmasını sağlayan toplam porozite artar. Bu da pedin ıslatılması için gerekli olan suyun akış debisini ve pedin içerisinden geçen hava akımına göstereceği direnci de artırır.

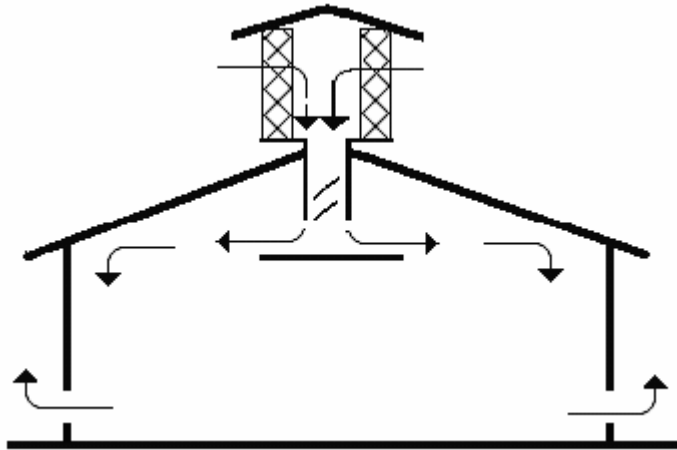
Düşey olarak konumlandırılan pedlerde zaman içerisinde ped malzemesi aşağı katmanlara doğru yığılarak, ped yoğunluğu değişebilir. Ped yüzeyinde havanın kolayca geçebileceği yarık ve deliklerin oluşmasını azaltır.

Ped kalınlığı ve yoğunluğu uygun biçimde seçildiğinde istenen doyma etkinliğine dolayısıyla, tüketilen enerji başına en yüksek serinletme etkinliğine ulaşılabilir.

Yatay olarak konumlandırmada, pedlerin kalınlık ve yoğunluklarının fazla önemi yoktur. Yatay tel ızgaralar üzerine ped malzemelerinin belirli bir kalınlıkta serilmesi yeterlidir.

1.3.3. Pedlerin Konumlandırılması

Tarımsal uygulamalarda pedler ya çatı mahyasına ya da duvarlar üzerine yerleştirilir. Pedlerin düşey olarak çatı mahyasına yerleştirilmiş konumu şekil 1.3'de gösterilmiştir.

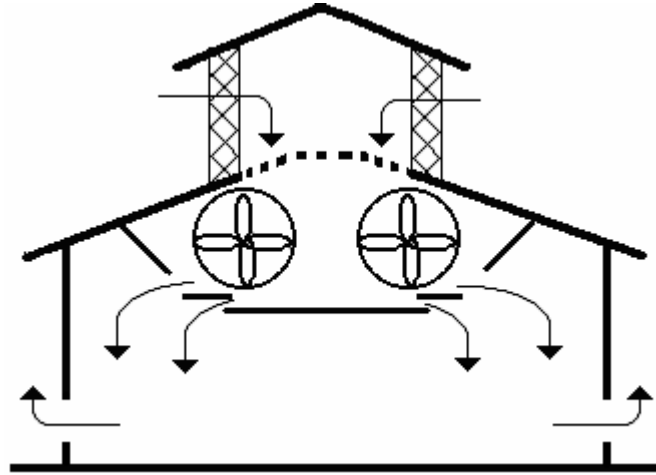


Şekil 1.3. Çatı mahyasına yerleştirilmiş pedli evaporatif serinletme sistemi

Bu şekilde konumlandırılmış bir düzenlemede buharlaşma ile serinletilen hava, pozitif basınçla yapı içerisine gönderilirken, kullanılmış hava uzun yan

duvarlar üzerindeki açıklıklardan dışarı atılır. Çatı mahyasından serinletilmiş olarak yapı içerisine gönderilen havanın yapı içerisinde düzgün bir dağılım gösterebilmesi için bir yönlendirici plakadan faydalanılır. Düşük havalandırma kapasitesine gerek duyulan zamanlarda ise, serinletme sisteminin bir kısmının devreye sokulması yeterli olacaktır. Bu zamanlarda yapı içerisine denetimsiz hava girişinin önlenmesi için hava kanalları özel klapelerle donatılabilir.

Yine pedlerin çatı mahyasına yerleştirilmiş olan bazı serinletme sistemlerinde ped içerisinde geçirilen hava, mahya altına yerleştirilen bir kanal yardımı ile yapı içerisine dağıtılabilir. Kirli hava ise, uzun duvarların zemine yakın kısımlarına yerleştirilen açıklıklardan ya da bacalardan dış ortama atılır (Şekil 1.4).



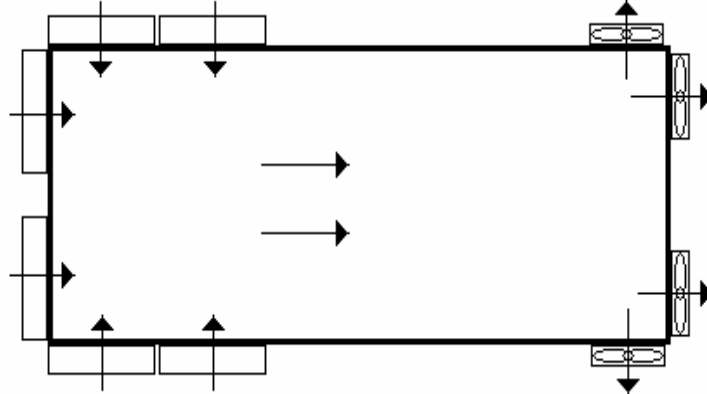
Şekil 1.4. Çatı mahyasına yerleştirilmiş pedli evaporatif serinletme sistemi

Pedlerin çatı mahyasına yerleştirildiği evaporatif serinletme sistemlerinin en büyük dezavantajı, çatıda bulunan sistem elemanlarına tamir-bakımında karşılaşılan güçlüklerdir.

En yaygın uygulama şekli, pedlerin yapı duvarları üzerine yerleştirilmesidir. Bu sistemlerde pedler, hakim rüzgarların yönü dikkate alınarak yerleştirilir. Buna göre pedler, ya kısa duvar üzerine fanların karşısına gelecek şekilde ya da bu kısa duvara bitişik olan iki uzun duvarlar üzerine yerleştirilir (Şekil 1.5).

Pedlerin konumları yatay ve düşey olabilir. Bu sistemlerin yapım, montaj, bakım ve çalıştırılması kolaydır. Ayrıca, dikkatli bir tasarımla yapı içerisinde

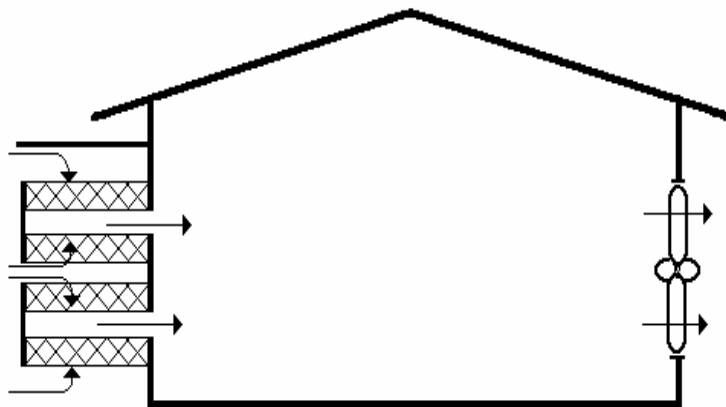
düzgün ve homojen bir hava dağılımı sağlanabilir. Yapı içerisindeki hava hızı daha düşüktür. Bu serin hava yapı içerisindeki çukur yerlerde birikme eğilimi gösterir. Bu nedenle, yerde yetiştiricilik yapılan barınaklar için daha uygundur. Sistemin güç gereksinmesi diğerlerine kıyasla daha düşüktür.



Şekil 1.5. Yapı üzerinde pedlerin yerleşimi

Düşey konumlu pedlerin, tozlu bölgelerde üzerleri sıkça tozla kaplanır. Bu durum, ped içerisinden hava geçişini engelleyebilir. Bu da sistemin toplam serinletme kapasitesini önemli düzeylerde düşürür. Bu durum, özellikle hayvan barınaklarında önemli bir problemdir.

Pedlerin tozlanmayla ortaya çıkan tıkanma problemleri, pedlerin yatay olarak konumlandırılmasıyla büyük oranda aşılabılır. Yatay pedli bir evaporatif serinletme sistemi Şekil 1.6'da verilmiştir.



Şekil 1.6. Yatay pedli evaporatif serinletme sistemi

Bu sistemde, dokuma tel elek şeklindeki ağ sistemi yatay olarak konumlandırılmıştır ve üzerine gevşek ped materyali belirli kalınlıkta serilmiştir. Ped üzerine su, damlalar şeklinde değil, bir kenardan tüm ped üzerine püskürtülerek verilir. Aynı zamanda püskürtme ile pedin yıkanması (temizlenmesi) sağlanmış olur. Ped içerisinden geçirilen (Pedden aşağı ya da yukarı doğru çekilen) hava, yatay ya da açılı bir hüzme şeklinde serinletilecek bölgeye gönderilir. Böylece, hem pedler daha temiz kalır hem de tüm yaz döneminde etkili bir serinletme sağlanır.

Yapıların serinletilmesinde yatay pedli sistemler kullanılırken genellikle pedler çok katmanlı olarak düzenlenir. Genişliği az olan yerlerde 3...5 katmanlı ped düzenlemesi yapılarak gereksinim duyulan ped yüzey alanı elde edilebilir.

1.3.4. Hava Hızı

Pedin farklı noktalarında hava hızı değeri değişir ve ölçülmesi de zordur. Havanın pede giriş ve çıkış yaptığı noktalarda hava hızının ölçülmesi ise daha kolaydır. Ped girişinde ve çıkışında ölçülen bu hava hızı değerleri, havanın ped içerisinden geçiş hızı olarak kabul edilir. Hava hızı, ped yüzey alanının hesaplanmasında kullanılan basit bir tasarım parametresidir. Bazı ped materyalleri için yapımcı kuruluşlarca önerilen hava hızı değerleri çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Farklı Pedler İçin Önerilen Hava Hızı Değerleri (Anonymous, 1983)

Ped tipi	Hava hızı (m/s)
Düşey konumlu, 50...100 mm kalınlığında aspen fiber	0,75
Yatay konumlu, 50...100 mm kalınlığında aspen fiber	1,00
100 mm kalınlığında oluklu selüloz	1,25
150 mm kalınlığında oluklu selüloz	1,75

Hava hızı, hava akımının ped içerisinde izleyeceği yolu belirlediği gibi, hava akımının ıslak yüzey ile temas süresini de etkiler. Çok düşük hızlarda, hava akışı laminer karakterlidir. Bu tür bir akışta, nemli ped yüzeyi ile çok az bir kalınlıktaki hava katmanı temas edeceğinden buharlaşmada çok az olur. Hava hızı arttırıldığında laminer akım tabakaları kırılacağından akım türbülansa dönüşür. Böylece, daha fazla hava katmanı ıslak ped yüzeyi ile temasa geçer. Diğer deyişle, hava hızı arttıkça akımın karakteri türbülansa döner ve ped yüzeyinden daha fazla buharlaşma meydana gelir.

Ancak, yüksek hava hızlarında ($v > 1,5$ m/s) ıslak ped yüzeyi üzerinde buharlaşmadan kalan suyun, hava yardımı ile iç ortama taşınacağı da göz ardı edilmemelidir.

1.3.5. Su Akış Debisi

Genellikle doyma etkinliği, belirli kapasitedeki bir serinletici için, serinletilen havanın özelliklerindeki değişime bağlı olarak yaklaşık sabit kalır. Buna rağmen, son derece sıcak ve kurak iklim koşullarında, ped içerisinden geçen havanın peddeki suyu buharlaştırma hızı, su sirkülasyon sisteminin pedi ıslatmak için taşıdığı sudan daha fazla olabilir. Bu durumda, sistemin doyma etkinliği değişebilir. Bu nedenle, su sirkülasyon sisteminin pedi ıslatmak için su akış debisi belirlenirken o bölgedeki en ekstrem durumlar dikkate alınmalıdır.

Su sirkülasyon debisi, doyma seviyesinden daha az ise sistemin serinletme etkinliği hızla azalır. Bununla birlikte, ped ıslatma suyu akış debisinin az olmasından dolayı ped yüzeyindeki suyun tamamı buharlaşacak ve ped yüzeyinde, su içerisindeki mineral maddeler daha fazla birikerek ileriki zamanlarda sistemin etkinliğinin önemli ölçüde azalmasına neden olacaktır.

Normalden fazla su akışı ise, ped yüzeyindeki dalgalı yapının su ile kaplanarak düz duruma gelmesine neden olur ve buda toplam ped yüzey alanını azaltır. Ayrıca, birbirlerine yakın ped gözeneklerinin olduğu yerlerde (küçük delikli pedlerde) bu fazla su, gözenekler arasında köprüler oluşturarak hava ile temas eden ped yüzey alanını azaltır. Fazla su akış debisinin bu sakıncalarına rağmen, özellikle

yatay konumlu pedlerde toz, tuz ve diğer mineral maddelerin daha fazla yıkanmasından dolayı ped yüzeyinin tıkanmasını önlemek gibi bir yararı da bulunmaktadır. Pratik amaçlar için kurak ve nemli bölgelerde uygulanabilecek su akış debileri çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2.Farklı Tip Pedler İçin Önerilen Su Akış Debileri (Anonymous, 1983)

Ped tipi	En düşük su akış debisi (L/dak-m)	En düşük su deposu kapasitesi (L/m ²)
50...100 mm kalınlığında aspen fiber	4	20
50...100 mm kalınlığında aspen fiber (Kurak iklim koşulları için)	5	20
100 mm kalınlığında oluklu selüloz	6	30
150 mm kalınlığında oluklu selüloz	10	40

Düşey konumlu farklı kalınlıktaki aspen pedlerle yapılan bir çalışmada, 5 cm kalınlığındaki pedler için pedden geçen 40 kg hava başına 1 kg sirkülasyon suyunun yeterli olduğu, diğer pedleri de kapsayacak biçimde, sirkülasyon pompasının kapasitesi belirlenirken pedlerde buharlaştırılan her kg su başına 7,1 kg sirkülasyon suyuna gerek olduğu düşüncesinden hareket edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Watt, 1963: Anonymous 1983’den). Arizona koşullarında yapılan bir çalışmada pedli evaporatif serinletme sistemleri için, 1 m ped uzunluğu başına 6 L/dak su sirkülasyon debisinin yeterli olduğu bildirilmiştir (Welchert ve Wiersma...: Anonymous 1983’den). Yatay ve düşey olarak konumlandırılmış aspen pedlerle yapılan çalışma sonuçlarına bağlı olarak pedlere gönderilecek sirkülasyon suyu miktarının buharlaştırılan her bir kg su için 7,5 kg, ya da ped yüzey alanı başına 2,4 L/dak-m² olarak dikkate alınabileceğini bildirilmiştir. (Wiersma ve Benham, 1974: Anonymous 1983’den). Ped yapımcısı bazı kuruluşlar tarafından yatay olarak konumlandırılmış selüloz esaslı oluklu pedler için 6 L/dak-m² su akış debisinin yeterli olduğu, ped genişliğinin 2 m’den fazla olması durumunda bu değer %10...20 oranında artırılabilirliği bildirilmiştir. Çimento kaplamalı pedler için ise, birim ped yüzeyi başına 7,2 L/dak-m² su akış debisini önermişlerdir.

Pedlerin ıslatılması için gerekli su akış debisi, pedlerden buharlaştırılan su miktarı dikkate alınarak kabaca hesaplanabilir. Bunun için pedlerin kullanılacağı bölgede yapılacak denemelerle birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su miktarları belirlenir.

Pedlerden buharlaştırılan su miktarının belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikten yararlanılır;

$$M_w = M_a (W_\varphi - W_g) \quad (3)$$

Eşitlikte;

M_w = Pedlerden buharlaşan su miktarı (kg/h),

M_a = Havalandırma debisi (kg kr hv/h),

W_φ = Ped çıkışında havanın nem oranı (kg nem/kg kr hv),

W_g = Ped girişinde havanın nem oranı (kg nem/kg kr hv)'dır.

Deneyssel olarak ya da eşitlikle bulunan değerin 3...7 katı alınarak pedlerin ıslatılması için gerekli su akış debisi belirlenebilir.

1.3.6. Su Deposu

Evaporatif serinletme sistemlerinde bir su deposunun bulunması hem işletmede suyun idareli kullanılması hem de çalışma süresince pedlerin ıslak tutulması bakımından çok önemlidir. Kullanılacak deponun hacmi, pompanın özellikleri, ped tipi ve artık su debisine bağlıdır. Bununla birlikte farklı tipteki pedler için önerilen su deposu kapasiteleri çizelge 2'de verilmiştir.

Depoda kullanılacak olan pompanın debisi en az, pedlerin ıslatılması için gerekli olan su akış debisi kadar olmalıdır. Pompanın pedler üzerine gönderdiği suyun fazla olan kısmı, buharlaşmadan pedlerin alt tarafındaki depoda toplanır. Bu fazla su, ped yüzeyinde buharlaşmayla oluşan mineral maddelerin ped üzerinde birikmeden kendisiyle beraber depoya taşınmasını sağlar. Bundan dolayı, depoda biriken suyun mineral madde içeriği, kaynaktan alındığı andakinden daha fazladır.

Depoların uzun süre temizlenmemesi halinde ise, sirkülasyon suyundaki mineral madde konsantrasyonu daha da artacaktır. Bu durum, sistemin serinletme etkinliğini ve ömrünü olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle, pedlerin ıslatılmasında kullanılan suyun sertlik düzeyi de dikkate alınarak deponun belirli aralıklarda temizlenmesi gerekir.

Hava sıcaklığı Çukurova bölgesinde yaz döneminde (Haziran-Eylül) uzunca bir süre 30 °C ve üzeri değerlere çıkabilmektedir. Sıcaklığın bu kadar yüksek değerlerde uzun bir süre seyretmesi, kapalı ortamlarda bulunan bitki, hayvan ve insanların performanslarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durumun önlenmesi ve üretimde yüksek sıcaklıktan dolayı kayıpların yaşanmaması için çeşitli serinletme sistemlerinden yararlanılmaktadır. Ancak, edinme ve işletme giderlerinin düşük olması, ortama sürekli taze ve temiz hava gönderilmesi gibi nedenlerden dolayı evaporatif serinletme sistemleri daha fazla tercih edilmektedir. Hava bağıl neminin düşük olması, evaporatif serinletme sistemlerini etkin bir şekilde kullanabilmenin ilk koşuludur. Havanın kuru termometre sıcaklığı ile bağıl nem değerleri arasındaki ters bir ilişki vardır. Havanın kuru termometre sıcaklığı arttıkça bağıl nem değeri de düşer. Bu nedenle, evaporatif serinletme sistemleri nemli bölgelerde de hava sıcaklığının yüksek olduğu ve bağıl neminde düşük olduğu saatlerde kullanılabilir.

Çukurova bölgesi sıcak ve nemli iklim kuşağında yer almasına rağmen bazı kapalı çalışma alanları yanında, sera ve kümes gibi tarımsal üretim yapılan ortamlarda da evaporatif serinletme sistemlerinden yararlanılmaktadır. Son yıllarda bölgedeki kümeslerde pedli evaporatif serinletme sistemlerin kullanımında hızlı bir artış gözlenmiştir. Bölgede kullanılan serinletme sistemlerinde, birisi selüloz esaslı diğeri çimento kaplı olmak üzere iki farklı ped tipi kullanılmaktadır. Ancak, bu pedlerin Çukurova koşullarında serinletme etkinliği, sağlanacak sıcaklık düşmesi ve buharlaştırılan su miktarı gibi performans özelliklerine ilişkin bilgi bulunmamaktadır. Oysaki bu performans özellikleri, gerek sistemin edinilmesi sırasında verilecek kararda, gerekse sistemin uygun biçimde çalıştırılmasında dikkate alınacak önemli parametrelerdir.

Bu çalışmada, selüloz esaslı bir pedin bölge koşullarında üç farklı hava hızında, bazı performans özelliklerinin (ulaşılan doyma düzeyi, serinletme etkinliği ve yaratılan sıcaklık düşmesi ile buharlaştırılan su miktarı) belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenecek değerlerle elde edilecek bilgilerin, bölgede bu sistemlerin seçim, imalat, montaj ve çalıştırılmasında görev alacak kişilere yardımcı olacağı beklenmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pedli evaporatif serinletme sistemleri ve bu sistemlerin hayvansal üretim alanlarındaki uygulamalarına ilişkin bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Benham ve Wiersma (1974), kavak talaşından yapılmış yatay ve düşey olarak konumlandırılan pedler için optimum kalınlık ve hava hızı değerlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada ped kalınlığı olarak 2,5...12,5 cm, hava hızı olarak 0,51...1,27 m/s arasında değişen değerleri seçmişlerdir.

Optimum değerler olarak ped kalınlığı için 7,5 cm ve havanın ped içerisinden geçiş hızı için 1,02 m/s değerlerinin belirlendiği çalışmada ayrıca, pedlerin yatay olarak konumlandırılması ile serinletme etkinliğinin yaklaşık % 5 oranında arttığı, 7,5 cm ve 12,5 cm kalınlığındaki pedlerde hava hızının 1,27 m/s'ye yükseltilmesinin serinletme etkinliğinde belirgin bir artışın olmadığı bildirilmiştir.

Buffington ve ark. (1978), yaptıkları bir çalışmada dört farklı malzemeden yapılmış pedi, serinletme etkinlikleri bakımından kıyaslamışlardır. Çalışmada, 2,5 cm kalınlığında kavak talaşı, 2,5 cm kalınlığında çimento karıştırılmış şeker kamışı posası, 2,5 cm kalınlığında kauçuklaştırılmış domuz kılı ve biri 10 cm, diğeri 15 cm kalınlığında selüloz esaslı oluklu malzemeden yapılmış olmak üzere beş adet pedi ele almışlardır.

Havanın ped ped içerisinden geçiş hızının 0,75 m/s olarak sabit tutulduğu çalışma sonucunda, en yüksek serinletme etkinliğinin çimento katkılı şeker kamışı posasından yapılmış pedde elde edildiğini, bunu ikinci sırada selüloz esaslı pedin izlediğini, en düşük serinletme etkinliğinin ise kauçuklaştırılmış domuz kılından yapılan pedde elde edildiğini belirlemişlerdir.

Timmos ve ark. (1981), Kuzey Karolina'da pedli evaporatif serinletme sistemi bulunan bir kümeste yaptıkları çalışmada, sistemin serinletme etkinliğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar iki yaz dönemini kapsayan ölçüm sonuçlarının değerlendirildiği çalışma sonucunda, sistemin serinletme etkinliğini % 82 olarak belirlemişlerdir.

McNeill ve ark. (1983), ABD'nin orta güney bölgesinde yaptıkları çalışmada, bir domuz barınağının serinletilmesinde kullanılan pedli evaporatif serinletme sisteminin serinletme etkinliğini, teorik olarak hesaplanan serinletme etkinliği ile kıyaslamışlardır. Barınağın bir kısa duvarı üzerinde 91,4 cm çapında tek hız kademeli fan (aspiratör), diğer kısa duvar üzerinde ise 1,47 x 4, 57 m ped vardır. Fan çalışırken barınak içerisinde yarattığı basınç düşmesi 5 Pa olup, bu koşulda havalandırma debisi 4,34 m³/s (hava yenileme sayısı 1,57 adet/dak) ve havanın ped içerisinden geçiş hızı 0,65 m/s olarak belirlenmiştir. Pedlerin ıslatılmasında kullanılan suyun akış debisi, yapımcı kuruluşun önerileri doğrultusunda 28,4 L/dak olarak alınmıştır. Hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri, termohigrograflarla ped girişi, ped çıkışı ve aspiratör girişi olmak üzere üç noktada yapılmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen bilgiler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

-Dış ortam hava sıcaklığının 36,1...39,4 °C gibi çok yüksek değerlere ulaştığı dönemlerde dış ortam hava bağıl nemi % 26...36 arasında değişmiştir. Bu dönemde serinletme etkinliği % 85 olan bir evaporatif serinletme sistemi ile hava sıcaklığında 11...13 °C'lık düşmeler sağlanabilmiştir.

-Dış ortam hava sıcaklığının 21...39 °C arasında değiştiği zamanlarda, hava sıcaklık değerleri ped çıkışında 18...27 °C, fan çıkışında ise 22...28 °C olarak ölçülmüştür. Aynı dönemde, ölçülen hava bağıl nem değerleri ped çıkışında % 86...100 arasında, fan çıkışında ise % 63...78 arasında değişmiştir.

-12 Haziran–9 Ağustos tarihleri arasında yapılan ölçme sonuçlarına göre, serinletme sistemi ile barınak içerisine alınan dış ortam havası sıcaklığında 5...13 °C arasında değişen sıcaklık düşmeleri sağlanmıştır. Dolayısıyla, pedli evaporatif serinletme sistemleri bu tür barınaklarda etkin olarak kullanılabilir.

-Ped için yapımcı kuruluş tarafından bildirilen özelliklere (havanın ped içerisinden geçiş hızı 0,65 m/s ve pedin serinletme etkinliği % 83) göre hesaplanan havanın ped içerisinden çıkış sıcaklık değerleri, ölçülen sıcaklık değerlerinden ortalama 0,65 °C daha yüksek bulunmuştur. Bu durum, deneysel değerlere bağlı olarak hesaplanan serinletme etkinliğinin yapımcı kuruluş tarafından bildirilen değerden daha büyük olmasının bir sonucudur.

Timmos ve Baughman (1984), uzunluğu fazla olan kümeslerde ped ve fanlara yakın bölgelerdeki hava sıcaklık farkını azaltmak ve kümes içerisinde 1 m/s ve üzerinde hava hareketi sağlayarak, hareketli havanın serinletme etkisinden yararlanmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışma, ABD'nin güney doğu bölgesindeki bir kümeste yürütülmüştür. Uzunluğu 24,4 m, genişliği 7,9 m olan kümes, izolasyonlu bir bölme ile uzun eksene dik yönde iki eşit bölmeye ayrılmıştır. Birinci bölmenin duvar ve çatısı ısı yalıtımlı olup, her iki uzun duvar boyunca (Duvarlara bitişik), kümes zemininden biraz yüksekte olmak üzere, 30 x 40 cm boyutlarında hava kanalı oluşturulmuştur. Pedler, bu kanalın dış duvarına boydan boya yerleştirilmiştir. Fanlar (biri değişken hız kademeli, ikisi sabit hızlı olmak üzere toplam üç adet) ise, kısa duvar üzerine yerleştirilmiştir. Ped içerisinden geçen serinletilmiş havanın kümes içerisine girişi, kümesin kanala bitişik uzun duvarları üzerindeki açıklıklardan sağlanmıştır. Deneme kümesi için hava kanalı ve hava giriş açıklıkları oluştururken, yüksek serinletme etkinliğinin sağlanabilmesi için havanın pedlerden geçiş hızının olabildiğince düşük olması, kümes içerisine giren havanın içeride türbülans etkisi sağlayabilmesi için yüksek hızlarda girmesi, pedlerden geçirilen hava ile birlikte su damlacıklarının sürüklenmesi ve denetimsiz su akışına bağlı olarak kümesin ıslanma olasılığının azaltılması konuları dikkate alınmıştır.

Kontrol bölmesi olarak ayrılan kümes doğal havalandırılmalı olup, uzun duvarlar üzerindeki havalandırma açıklıkları elle açılıp kapanan perdelerle donatılmıştır. Bu bölmede hava hareketini sağlamak üzere karıştırma fanlarından yararlanılmıştır. 1981 yılında iki üretim dönemini kapsayan denemeler sonucunda ortalama değerler olarak serinletme etkinliği %80, havanın kanaldan kümes içerisine giriş hızı 3,1 m/s ve kümes içerisinde, tavuklar seviyesindeki havanın hızı 0,9 m/s olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca yapılan değerlendirmede, pedler ve su deposunun doğrudan güneş ışınları etkisinde kalması (gölgeleme yapılmaması) durumunda, serinletme etkinliğinde % 15 ve üzeri düzeylerde azalmalar olabileceği belirlenmiştir.

Koca ve ark. (1991), ticari anlamda değişik özelliklerde evaporatif serinletme pedlerinin bulunduğunu, kalınlık ve yapım özellikleri farklı olan bu pedlerde yapım malzemesi olarak domuz kılı, kauçuklaştırılmış domuz kılı, alüminyum, plastik fiber,

çimento katkılı üzüm ve şeker kamışı posası, çapraz oluklu ve tutkal ile muamele edilmiş kağıt vb malzemelerin kullanıldığını, ancak pedlerin serinletme etkinliği, statik basınç düşmesi gibi performans özellikleri konusunda yeterli bilgi olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, uygulamada yer alan pedlerin farklı koşullarda (konumlandırma şekli, su akış debisi ve hava hız) performans özelliklerinin belirlenmesi için bir deneme düzeni geliştirmişlerdir. Deneme düzeni oluşturulurken AMCA (Air Movement and Control Association) ve ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) standartlarına uygun olarak düzenlenmiş fan deneme odasından yararlanmışlardır. Fan deneme odası 18 x 18 x 5 m boyutlarında olup, ortam sıcaklığı termostat denetimli bir ısıtıcı ile seçilen değerlerde sabit tutulabilmektedir. Bu odanın içerisinde 9 x 3 x 3 m boyutlarında fan deneme kanalı bulunmaktadır. Deneme kanalının bir başında hızı değiştirilebilen bir fan (Vantilatör), diğer başında ise denemesi yapılacak pedlerin yerleştirileceği 1,22 x 1,22 m boyutlarında ped yuvası (çerçeve) bulunmaktadır. Ped yuvasının üst tarafında pedlerin ıslatılmasında kullanılan su sirkülasyon pompasına bağlı delikli bir boru vardır. Fan ve ped arasında, hava doğrultucuları vardır. Bu doğrultucular, fan tarafından pede doğru basılan havanın ped yüzeyine düzgün biçimde dağıtılması ve hava hızı ölçümlerinin doğru olarak yapılmasını sağlamak amacıyla yöneliktir. Serinletme etkinliğinin hesaplanması için gerekli olan hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri ile pedin hava akımında yarattığı basınç düşmesi değerleri, ped önü ve arkasına yerleştirilen algılayıcılarla ölçülmüştür.

Çalışmada selüloz esaslı üç farklı pedin denemesi yapılmıştır. Bunlardan birisi 10 cm kalınlığında ve oluk açıları $45^\circ - 45^\circ$, diğeri 15 cm kalınlığında ve oluk açıları $45^\circ - 45^\circ$ ve sonuncusu da 15 cm kalınlığında ve oluk açıları $30^\circ - 30^\circ$ 'dir. Ele alınan pedlerde, havanın pedlerden geçiş hızına bağlı olarak meydana gelen basınç düşmesi ile serinletme etkinliği değerlerinin değişimi incelenmiştir. Denemeler 0,5 ve 24 saat kullanılmış pedlerde yinelenerek ped kullanım yaşına bağlı olarak hava akımında yaratılan basınç düşmesi ve serinletme etkinliği değerlerinin değişimi değerlendirilmiştir. Deneme sonucunda ulaşılan bilgiler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Geliştirilen deneme düzeni, pedlerde serinletme etkinliği ve hava akımına karşı gösterdiği direnç değerlerinin belirlenmesinde yeterli olup, serinletme etkinliğinin belirlenmesinde duyarlılık düzeyi $\pm \% 2,5$ 'dir.

-Oluk açısı $45^\circ - 45^\circ$ olan pedde 1,5....2,5 m/s hava hızlarında, ölçülen statik basınç düşmesi değeri 17...77 Pa aralığında değişmiştir. Uygulamada kullanılan ve oluk açıları $30^\circ - 30^\circ$ olan pedde, normal çalışma koşulları için önerilen hava hızlarında statik basınç düşmesi değeri 22...30 Pa arasında değişmiştir.

- Oluk açısı $45^\circ - 45^\circ$ olan pedde, normal çalışma koşulları için önerilen hava hızlarında, serinletme etkinliği $\%73...90$ arasında değişmiştir. Oluk açısı $45^\circ - 45^\circ$ olan ve 15 cm kalınlığındaki pedde hesaplanan serinletme etkinliği değeri, $30^\circ - 30^\circ$ oluk açısında ve 15 cm kalınlığındaki pede kıyasla $\% 3...10$ daha büyük bulunmuştur.

-Ped denemelerinde en uygun sonuçlar, dış ve iç ortam yaş termometre sıcaklık farkının $8,3^\circ\text{C}$ ve daha büyük olduğu koşullarda elde edilmiştir. Ped önü ve arkasında hava sıcaklık ve bağıl nem ölçümlerine, sistem çalıştırıldıktan 5 dakika sonra başlanmalıdır. Pede girişte havanın yaş ve kuru termometre sıcaklık değerleri, pede olabildiğince yakın bir noktadan yapılmalıdır.

Genceli (1993), uygulamada yer alan evaporatif serinletme sistemlerinin özellikleri ve kullanım alanları konusunda hazırladığı makalesinde, bu sistemlerin konfor iklimlendirmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santrali, dökümhane ve fırın gibi yüksek sıcaklıkta çalışılan ortamlarda uygun koşulların oluşturulmasında geniş uygulama alanı bulduğunu bildirmiştir. Makalede ayrıca, bu sistemlerin yaş termometre sıcaklığının 24°C 'nin altında, kuru termometre sıcaklığının 32°C 'nin üzerinde olduğu yerlerde başarılı biçimde kullanılabildiğini, doğru bir sistemin seçilebilmesi için ayrıntılı bir mühendislik çalışmasının yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Dağtekin ve Yıldız (1996), Çukurova Bölgesinde kümes içi sıcaklık probleminin çözümüne yönelik alternatif serinletme yöntemleri konusunda yaptıkları bir çalışmada, kümes ortamının serinletilmesi amacıyla üç farklı yöntemi denemişlerdir. Bu yöntemlerden birisi toprak altında nemli bir bölgeye yerleştirilen kanallardan yapı içerisine serinletilmiş hava çekilmesi, diğeri yapı içerisine tarımsal

savaş uygulamalarında kullanılan döner diskli bir meme ile tavana yakın bir noktadan yapı içerisine ince damlacıklar şeklinde suyun püskürtüldüğü evaporatif serinletme ve sonuncusu da pedli evaporatif serinletmedir.

Araştırmacılar çalışma sonucunda, toprak altına yerleştirilen kanallardan kümes içerisine serin hava çekilmesi yönteminin, ortam sıcaklığının azaltılmasında yetersiz kaldığını, su püskürtmeli evaporatif serinletme yönteminde ise, hava bağıl neminin yüksek olduğu dönemlerde püskürtülen su damlacıklarının buharlaşmadan yere düşerek altlığın ıslanmasına neden olabildiğini, pedli evaporatif serinletme sistemi ile kümes içerisine alınan dış ortam havasının sıcaklığında 5...10 °C'lık düşmelerin sağlandığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, su püskürtmeli evaporatif serinletme yönteminde olduğu gibi altlığın ıslatılma sorununun olmaması, kümes içerisine alınan dış ortam havası sıcaklığında küçümsenmeyecek düzeylerde düşmelerin sağlanması nedeniyle bölgedeki kümeslerin serinletilmesinde en uygun yöntemin pedli evaporatif serinletme yöntemi olduğunu bildirmişlerdir.

Simmons ve Lott (1996), yaptıkları bir çalışmada pedli evaporatif serinletme sistemlerinde ped ıslatma suyu sıcaklığının serinletme etkinliğine etkisini incelemişlerdir. Çalışma için 2,5 m uzunluğunda ve enine kesiti 1,3 x 1,3 m olan bir kanalda yapılmıştır. Kontrplaktan yapılan kanalın bir ucuna 47 cm çapında ve 62,3 m³/dak havalandırma debisinde bir aspiratör, diğer ucuna ise ped yerleştirilmiştir. Denemede 10,2 cm kalınlığında 0,9 x 0,9 m yüzey alanına sahip Munters firması tarafından yapılıp pazarlanan ve CEL dek olarak isimlendirilen selüloz esaslı bir ped kullanılmıştır. Deneme düzeni, termostad kontrollü bir ısıtıcı ile ortam sıcaklığının istenilen değerlerde tutulabildiği bir odaya yerleştirilmiştir.

Denemeler üç farklı hava sıcaklığı (32 °C, 35 °C ve 38 °C) ve 10 °C....50 °C arasında değişen (yaklaşık 5,5 °C'lık artışlarla) sekiz farklı su sıcaklığında yapılmıştır. Denemeler sırasında havanın pedden geçiş hızı 1,24 m/s ve ped ıslatma suyu debisi 6,8 L/min olarak sabit tutulmuştur.

Deneme sonuçlarına göre, her bir hava sıcaklığında ped ıslatma suyu sıcaklığındaki artışa bağlı olarak serinletme etkinliğinin düştüğü, ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerleri ile buharlaşan su miktarının arttığı belirlenmiştir. Ortalama değerler olarak su sıcaklığındaki her bir kademelik

(yaklaşık 5,5 °C) artışa bağlı olarak ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığının 2,2 °C, bağıl neminin % 3,2 ve pedde buharlaşan su miktarının % 73 oranında arttığı, buna karşın serinletme etkinliğinin % 16 oranında düştüğü belirlenmiştir.

Dağtekin ve ark (1998), tarafından Çukurova koşullarında pedli evaporatif serinletme sistemleri için en uygun ped materyalinin belirlenmesine yönelik yapılan bir çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğinin selüloz esaslı ticari pedde elde edildiği, ucuz ve kokusmalara karşı dayanıklı olması nedeniyle fındikkabuğundan yapılan pedlerin de kullanılabileceği bildirmişlerdir.

Bilge ve Bilge (1999), kapalı ortamların soğutulmasında tüketilen enerjinin azaltılması bağlamında, iki farklı soğutma sistemini teorik olarak kıyaslamışlardır. Ankara yöresi iklim koşulları dikkate alınarak yapılan kıyaslamada, havanın direk ve indirek olmak üzere iki aşamada soğutulduğu bir kombine evaporatif soğutma sistemi ve klasik kompresyonlu soğutma sistemi ele alınmıştır. Çalışma sonunda Ankara koşullarında direk/indirek evaporatif soğutma sisteminin soğutma etkinliği değerinin (COP=15,78), klasik soğutma sistemine kıyasla daha yüksek (COP=3,5) olduğu, dolayısıyla direk/indirek evaporatif soğutma sistemi ile küçümsenmeyecek düzeyde enerji tasarrufu sağlanacağı, sistemin %100 taze hava ile çalışması ve ilk yatırım giderinin çok düşük olması nedeniyle ilgililerin bu hususu dikkate almaları gerektiği bildirilmiştir.

Çalışmada ayrıca, evaporatif soğutma sistemlerinin soğutma etkinliği ve tüketilen enerji miktarının, dış ortam havasının yaş termometre sıcaklığına bağlı olduğu, bu değer artması durumunda sistemin soğutma etkinliğinin düşeceği ve tüketilen enerji miktarının artacağı, bu nedenle de sistem seçimi ve analizi yapılırken, bölgede dış ortam yaş termometre sıcaklık değerinin dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir.

Yılmaz ve Büyükalaca (1999), hazırladıkları makalede, çevre kirliliği yapmaması, ilk yatırım ve işletme giderlerinin düşük olması, serinletilecek ortama sürekli taze havanın gönderilmesi gibi avantajları nedeniyle evaporatif serinletme sistemlerinin ABD ve AB ülkelerinde yaygın olarak kullanıldığını, bu sistemlerden en yüksek düzeyde yararlanılabilmesi için serinletilecek dış ortam havasının bağıl

nem değerinin olabildiğince düşük olması gerektiği bildirmişlerdir. Dış ortam hava bağıl nem değerinin yüksek olduğu koşullarda evaporatif serinletme işleminin uygulanabilmesi için öncelikle dış ortam havasının nem içeriğinin azaltılması gerektiği, bunun için değişik sıvı ve katı nem alıcıların kullanıldığı konularının yer aldığı makalede Desesif-Evaporatif Serinletme (DES) olarak adlandırılan ve havanın nemi alındıktan sonra evaporatif serinletme işleminin uygulandığı bu sistemlerin ülkemizde de yaygınlaşması gerektiği vurgulanmıştır. Hava neminin alınmasında kullanılan katı ve sıvı nem alıcıların özelliklerinin yer aldığı makalede, DES sistemlerinin çalışma özellikleri psikrometrik çizelgeler yardımıyla açıklanmıştır.

Uğurlu ve ark (2000), tarafından yapılan bir çalışmada, ticari boyutta üretim yapılan bir kümesteki pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özellikleri belirlenmiştir. Taban alanı 70 x 17 m ve yan duvar yüksekliği 5,4 m olan kümesin uzun yan duvarları üzerinde, 12'şer adet ped bulunmaktadır. Pedler 120 x 180 x 10 cm boyutlarında olup, kimyasal katkıli selülozik malzemeden yapılmıştır. Kümesin kısa duvarları üzerinde ise her biri, 40 000 m³/h kapasiteli, 4'er adet fan (aspiratör) bulunmaktadır. Temmuz-Ağustos aylarını kapsayan çalışmada pedlerden geçirilen dış ortam havasının sıcaklığında 4,2...16,2 °C (Ortalama 10,6 °C) arasında değişen düşmelerin sağlandığı, sisteminin serinletme etkinliğinin ise % 77...92 (Ortalama % 87,5) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Atikol ve Hacışevki (2001), Lefkoşe-Kıbrıs bölgesi 1996 ve 1997 yılı iklim verilerinden yola çıkarak bölgede kapalı ortamların serinletilmesinde evaporatif serinletme sistemlerinin kullanılabilirliğini teorik anlamda irdilemişlerdir. Çalışma sonucunda Lefkoşe bölgesinde evaporatif serinletme sistemlerinin özellikle Mayıs ve Eylül aylarında kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmada ayrıca bu sistemlerin Haziran ayında yalnızca 12:00...15:00 saatleri arasında kullanılabileceğini, Temmuz ve Ağustos aylarında ise evaporatif serinletme sistemlerinin tek başına yetersiz kalacağı, bu nedenle kompresyonlu soğutma sistemlerinin desteğine gereksinim olacağı bildirilmiştir.

Cruz ve ark (2006), tarafından Evora-Portekizde yapılan bir çalışmada üç farklı ped materyalinin, farklı sıcaklık ve hava hızlarında serinletme etkinlikleri değerlendirilmiştir. Dört farklı sıcaklık aralığı ve 1,6 m/s; 3,2 m/s; 4,8 m/s ve 5,6

m/s olmak üzere dört farklı hava hızında yapılan çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğine (%80 ve üzeri) 3,2 m/s hava hızında ve 32...34 °C sıcaklık aralığında ulaşıldığı belirlenmiştir.

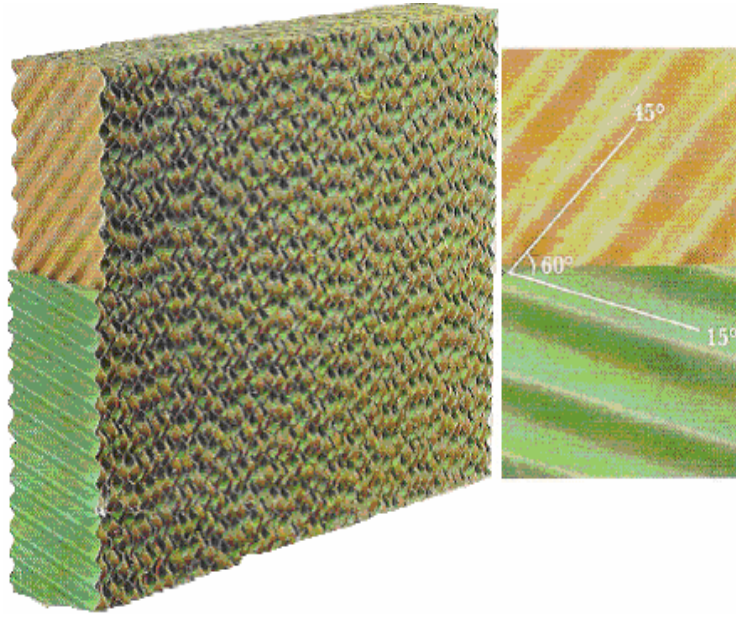
Yıldız ve ark, (2006), Çukurova Bölgesinde bir broiler kümesindeki pedli evaporatif serinletme sisteminin iki farklı hava hızında bazı performans özelliklerini incelemişlerdir. Ele alınan serinletme sisteminin kullanım yaşı 5 yıl olup, ped tipi çimento katkılıdır. Havanın pedlerden geçiş hızı olarak 1,28 m/s ve 1,41 m/s değerlerinin seçildiği çalışmada, havanın ped içerisinden geçiş hızının serinletme etkinliğine etkisi ($P<0,05$) güven aralığında önemli bulunmuştur. Çalışmada ayrıca, her iki hava hızı için ortalama bir değer olarak serinletme etkinliği %70, sağlanan en yüksek sıcaklık düşmesi 10 oC olarak belirlenmiştir.

Yıldız ve Dağtekin (Baskıda), Çukurova Bölgesindeki bir broiler kümesinde yaptığı çalışmada, kümesteki pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özelliklerini konu olarak ele almıştır. Çalışmanın yapıldığı kümes 15 000 adet kapasiteli olup, serinletme sisteminin pedi çimento katkılıdır. Temmuz - Ağustos üretim döneminde tamamlanan çalışma sonucunda, sistemin serinletme etkinliğinin % 70...80 aralığında değiştiği ve günün belirli saatlerinde, ped içerisinden geçirilerek kümes içerisine çekilen dış ortam havasının sıcaklığında yaklaşık 10 °C'ye ulaşan düşmelerin sağlanabildiği belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOD

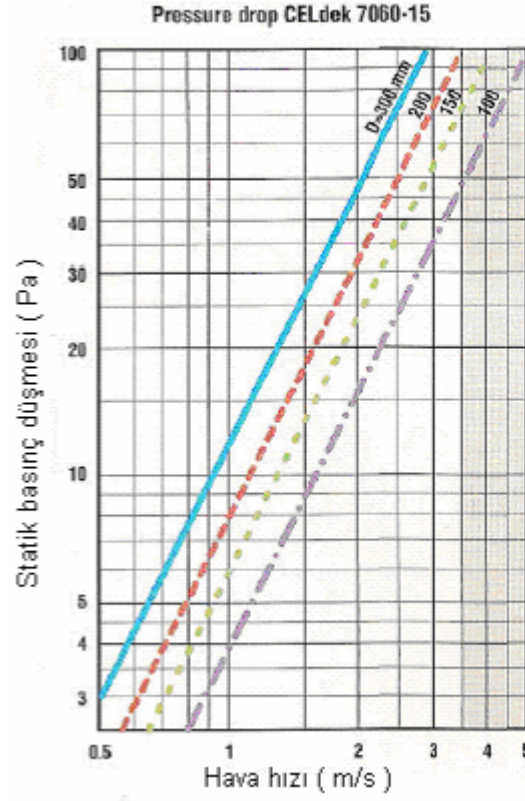
3.1. Materyal

Materyal olarak üretim ve pazarlaması Munters firması tarafından yapılan **CELdek^R 7060-15** tipi selüloz esaslı ped ele alınmıştır. Çürümelere karşı önlem alınmış pedin kalınlığı 10 cm olup, oluk açılı 45° – 15°'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. CEL dek 7060-15 ped

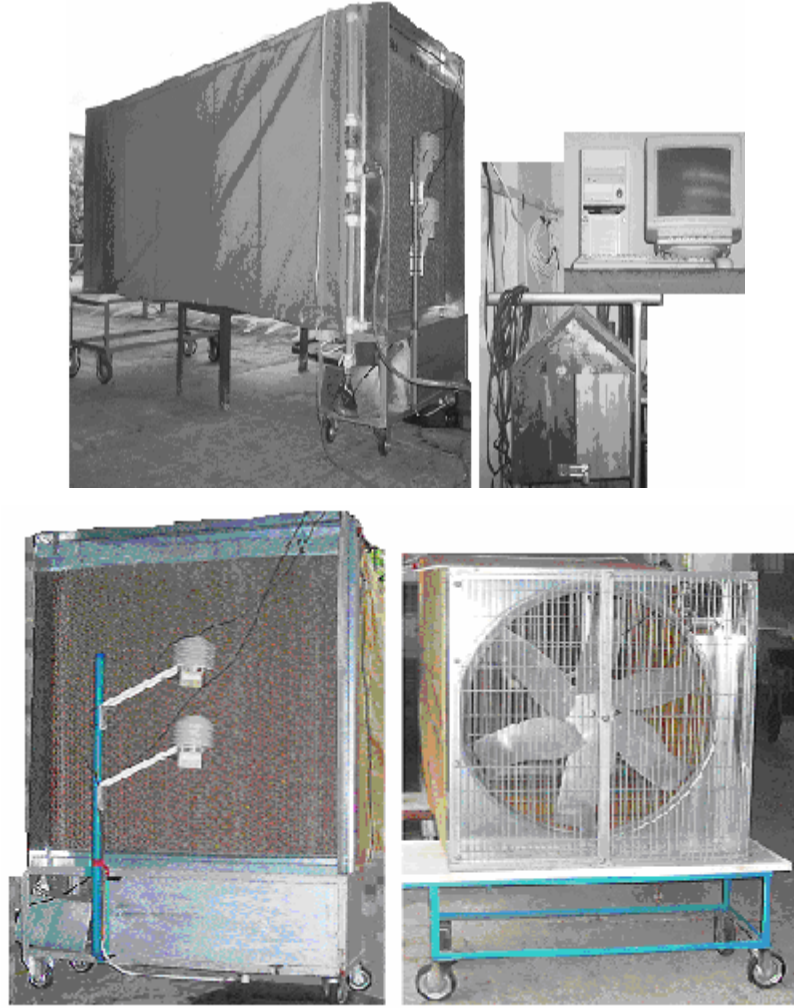
Şekil 3.2’de katalog değeri olarak 10, 15, 20 ve 30 cm kalınlıklarında imal edilen bu tip pedlerin, içerisinden geçirilen hava akımında yarattığı basınç düşmesi değerleri verilmiştir. Katalog değerlerine göre çalışmamızda materyal olarak ele alınan 10 cm kalınlığındaki pedin 0,5...4 m/s hava hızlarında meydana getirdiği basınç düşmesi yaklaşık 2...90 Pa arasında değişmektedir.



Şekil 3.2.CEL dek 7060–15 pedinin farklı hava hızlarında yarattığı basınç düşmesi değerleri

3.2. Metod

Ele alınan pedin Çukurova iklim koşullarında üç farklı hava hızında bazı performans özelliklerinin belirlenmesinde şekil 3.3’de verilen deneme düzeninden yararlanılmıştır. Deneme düzeni yaklaşık 2,5 m uzunluğunda bir kanaldan oluşmaktadır. Metal destekli bir çatının buranda ile kaplanması şeklinde yapılan kanalın bir ucunda 95 cm çapında bir fan (EM-30 Munters) ve diğer ucunda ise 1,2 x 1,2 m² yüzey alanında çerçeveli ped vardır. Hava kapasitesi 15 000 m³/h olan fana hareket 0,5 kW gücündeki elektrik motorundan kayış kasnakla iletilmektedir. Fan motoruna bağlı bir elektronik devir değiştirici ile fanın devri kademesiz olarak değiştirilebilmektedir. Bu olanak yardımıyla denemelerde seçilen hava hızı değerleri kolayca elde edilebilmiştir.



Şekil 3.3.Deneme düzeni

Kanalın diğer ucundaki çerçevesiz pedin alt kısmı su deposu şeklinde yapılmıştır. Su şebekesine bağlı olan depodaki su seviyesi, şamandıralı bir vana ile kontrol edilmiştir. Depodan elektrik motorlu bir pompa ile alınan su, pedin üst tarafındaki delikli borular yardımıyla ped üzerine dökülmektedir. Pedde buharlaşmayan fazla su, pedin alt kısmındaki olukta toplanarak tekrar depoya geri dönmektedir. Pedin ıslatılması amacıyla pedin üst tarafındaki delikli boruya gönderilen suyun debisi, su dolanım sistemi üzerindeki 3 adet küresel vana ile ayarlanabilmektedir. Çalışmada su akış debisi yapımcı kuruluşun önerisi doğrultusunda 4 L/dak-m değeri seçilmiştir.

Denemelerde havanın ped içerisinden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s olmak üzere üç farklı değer seçilmiştir. Bu değerler literatürde bildirilen sınır değerler arasındadır.

Birim zamanda ped içerisinden buharlaştırılan su miktarını belirlemek için deponun alt kısmına bağlı ve bileşik kaplar prensibine göre çalışan 0,5 cm çapındaki şeffaf bir borudan yararlanılmıştır. Deponun yan tarafına düşey pozisyonda yerleştirilen bu borudaki suyun seviyesi cm olarak okunmaktadır.

Havanın pede giriş ve pedden çıkıştaki kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ölçülmesinde elektronik veri kaydedici (Delta-T Logger DL2e) kullanılmıştır. Ölçüm için algılayıcılar ped yüzeylerine yakın biçimde yerleştirilmiştir. Hava bağıl nem değerleri $\pm 2,1$ % duyarlılıktaki RH1 algılayıcıları ile, sıcaklık değerleri ise $\pm 0,1$ °C duyarlılıktaki TM1 algılayıcıları ile ölçülmüştür. Havanın ped içerisinden geçiş hızının ölçülmesinde $\pm 0,01$ m/s duyarlılıktaki portatif bir anemometre (OMEGA HHF710) kullanılmıştır.

Hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri bir dakika aralıklarda ölçülmüş ve 5 dakikada bir ortalaması alınarak kaydedilmiştir. Havanın ped içerisinden geçiş hızı ise seçilen her bir çalışma konumunda ve bir kez yapılmıştır.

Pedin dış yüzeyinde ölçülen havanın kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerlerinden yararlanılarak pede girişteki havanın yaş termometre sıcaklıkları psikrometrik diyagramdan yararlanılarak bulunmuştur. Bu değerler 1 nolu eşitlikte yerine konularak serinletme etkinlikleri hesaplanmıştır.

Bölgede evaporatif serinletme sistemleri Haziran – Eylül arası dönemde çalıştırılmaktadır. Bu nedenle denemeler, Haziran ayının ilk haftasında başlatılmış ve 15 gün aralıklarda tekrarlanarak Eylül ayının son haftasında (toplam 6 ölçme döneminde) tamamlanmıştır. Ölçümler seçilen her bir hava hızında 08:30...17:30 arasındaki süreçte yapılmıştır.

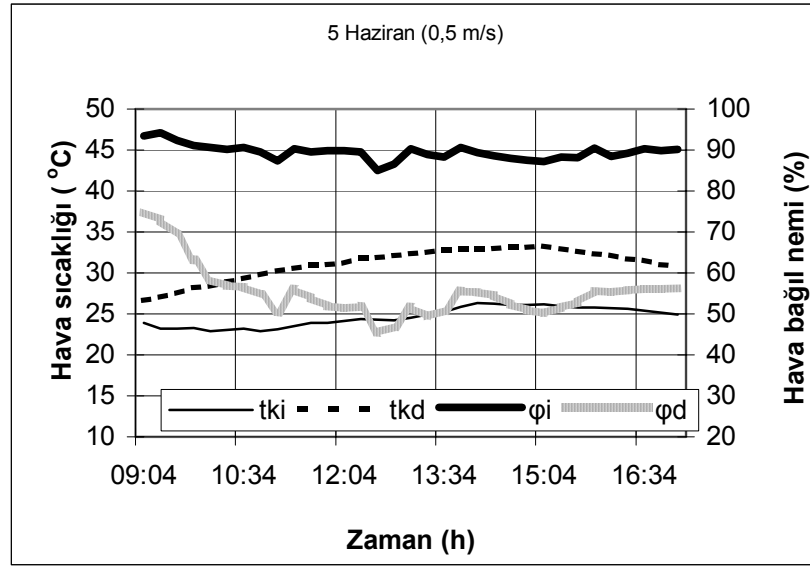
Ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklığı ve bağıl nem değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi grafik şekline getirilmiştir. Daha sonra ölçülen değerlere bağlı olarak serinletme etkinliği ve dış ortam havasının kuru termometre sıcaklığında yaratılan sıcaklık düşmesi değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin zamana bağlı olarak değişimi grafikler şekline getirilmiştir. Ayrıca, tüm

ölçme dönemlerinin ortalaması olarak ped çıkışında ulaşılan doyma düzeyi, yaratılan sıcaklık düşmesi ve serinletme etkinlikleri çizelge şekline getirilerek değerlendirilmiştir.

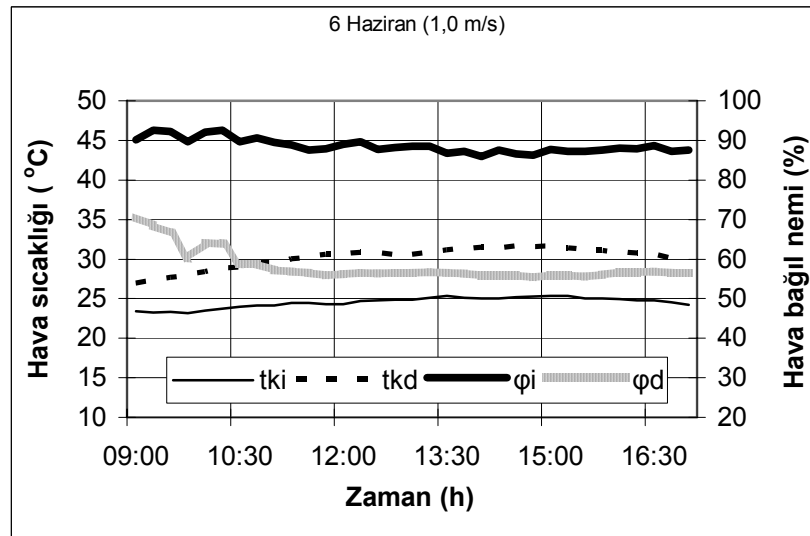
Pedden buharlaştırılan su miktarının belirlenmesine yönelik ölçümler sabah (09:30..10:30 saatleri arasında), öğle (13:30...14:30 saatleri arasında) ve akşam üzeri (15:45...16:45 saatleri arasında) olmak üzere günde üç kez tekrarlanmıştır. Deneme sürecinde her bir hava hızında ölçülen değerler birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su değerine dönüştürülerek en düşük, en yüksek ve ortalama değerleri kapsayan bir çizelge şekline getirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

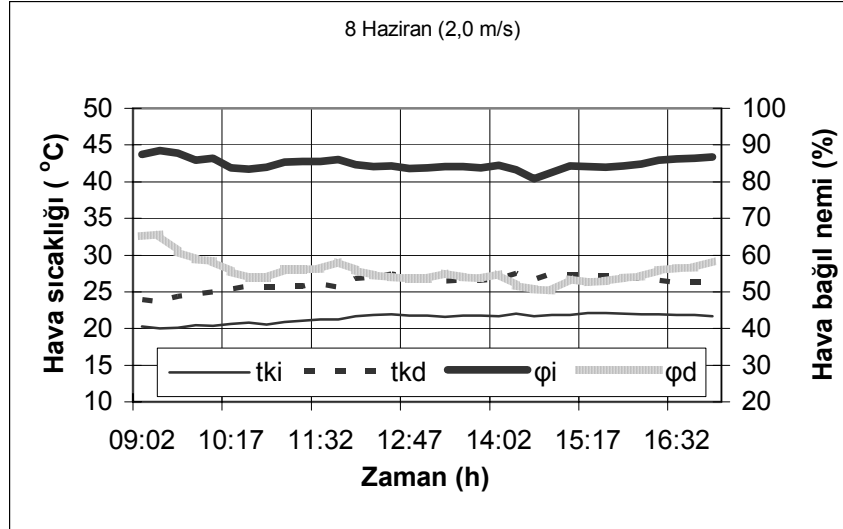
I. deneme döneminde, seçilen hava hızlarında (0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s) ped girişi ve ped çıkışında ölçülen havanın kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi sırasıyla şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.1.I. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.2.I. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

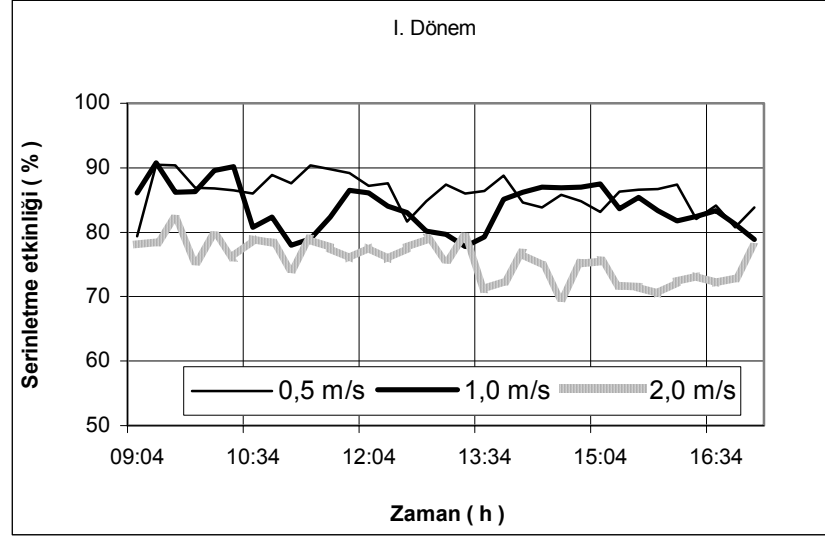


Şekil 4.3. I. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

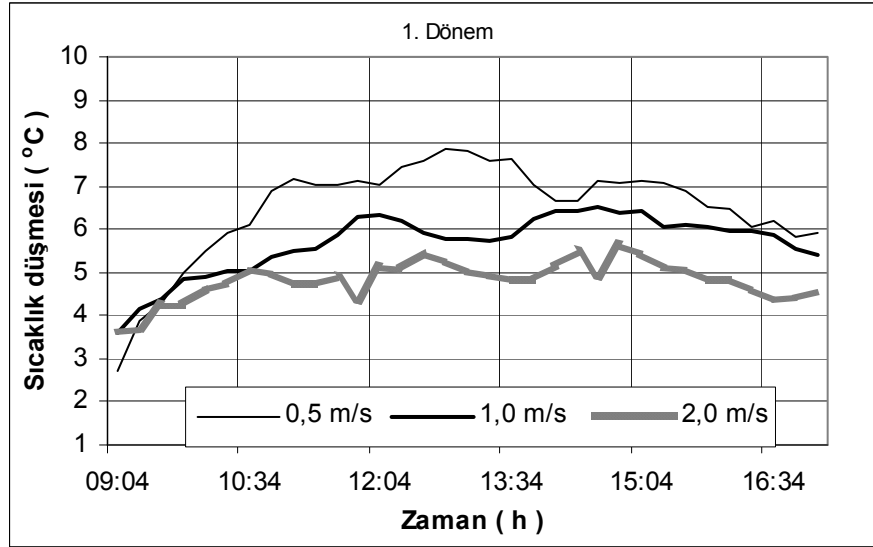
Şekillerde görüleceği üzere, ölçüm yapılan her üç günde ped girişinde ölçülen hava bağıl nem değerleri (yaklaşık % 55) benzer bir değişim göstermiştir. Dış ortam kuru termometre sıcaklık değerleri 1. ve 2. ölçüm günlerinde (5 ve 6 Haziran) 26...35 °C aralığında olmak üzere benzer bir değişim gösterirken, 3. ölçüm gününde (8 Haziran) ise daha düşük ve 25...27 °C aralığında değişmiştir.

Ped çıkışında ölçülen hava bağıl nem değerleri 1. (0,5 m/s hava hızında) ve 2. (1,0 m/s hava hızında) günlerde yaklaşık % 88...90 arasında değişirken, 3. gün (2,0 m/s hava hızında) bu değer biraz daha düşük ve yaklaşık % 85 dolaylarında gerçekleşmiştir. Aynı noktalarda havanın kuru termometre sıcaklıkları 1. ve 2. günlerde yaklaşık değerler olarak 24...26 °C aralığında, 3. gün ise biraz daha düşük ve 20...22 °C aralığında değişmiştir.

Bu dönemde yapılan ölçüm sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan serinletme etkinliği ve havanın kuru termometre sıcaklığında meydana gelen düşmeler şekil 4.4 ve 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.4. I. dönemde farklı hava hızlarında hesaplanan serinletme etkinlikleri



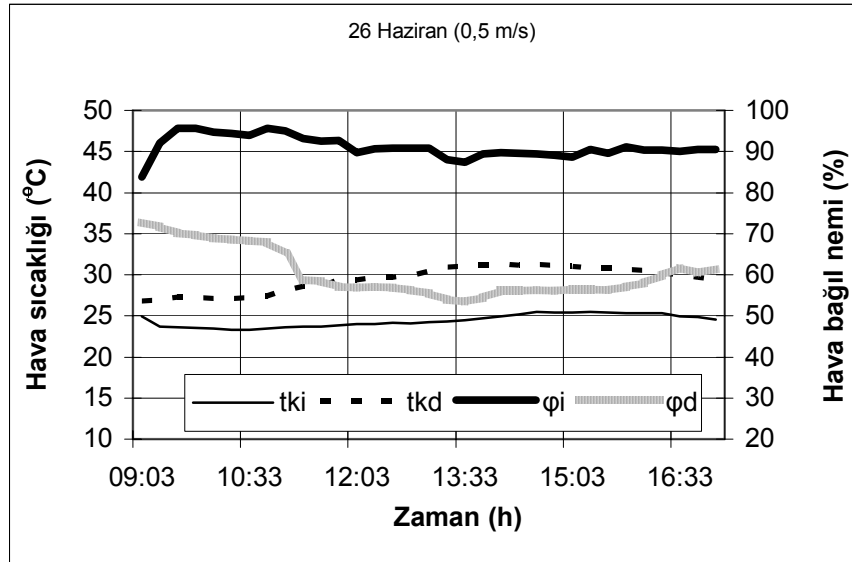
Şekil 4.5. I.dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

Şekil 13'de görüleceği üzere, serinletme etkinliği 1. gün (0,5 m/s hava hızında) % 85...90 aralığında, 2. gün (1,0 m/s hava hızında) biraz daha düşük ve % 80...85 aralığında değişirken, 3. gün (2,0 m/s hava hızında) en düşük ve %70...80 aralığında değişmiştir. Üçüncü günde serinletme etkinliğinin düşük olmasında, dış ortam hava sıcaklığının diğer günlere kıyasla düşük olması ve seçilen yüksek hava hızının birlikte etkisi olduğu düşünülmektedir.

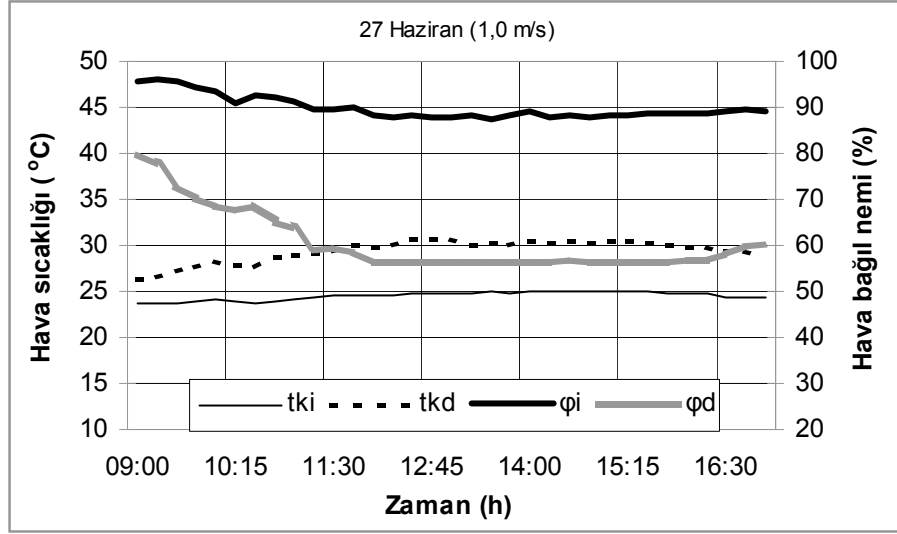
Aynı şekilde havanın kuru termometre sıcaklığında meydana gelen düşme 1. gün, günün değişen saatlerine bağlı olarak 3,0...8,0 oC arasında çan eğrisine benzer bir değişim gösterirken, 2. gün 4,0...6,5 oC arasında ve daha az kavisli bir değişim göstermiştir. 3. deneme gününde meydana gelen sıcaklık düşmesi yaklaşık 5,0 oC dolaylarında ve daha düz (Kavisli olmayan) bir yörünge izlemiştir (Şekil 4.5). 3 gün meydana gelen sıcaklık düşmesinin diğer iki güne kıyasla daha düşük olmasına neden olarak, hava hızındaki artış, dış ortam hava sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin önceki günlere kıyasla daha düşük olması gösterilebilir.

II. deneme döneminde, seçilen hava hızlarında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi sırasıyla şekil 4.6; 4.7 ve 4.8’de verilmiştir.

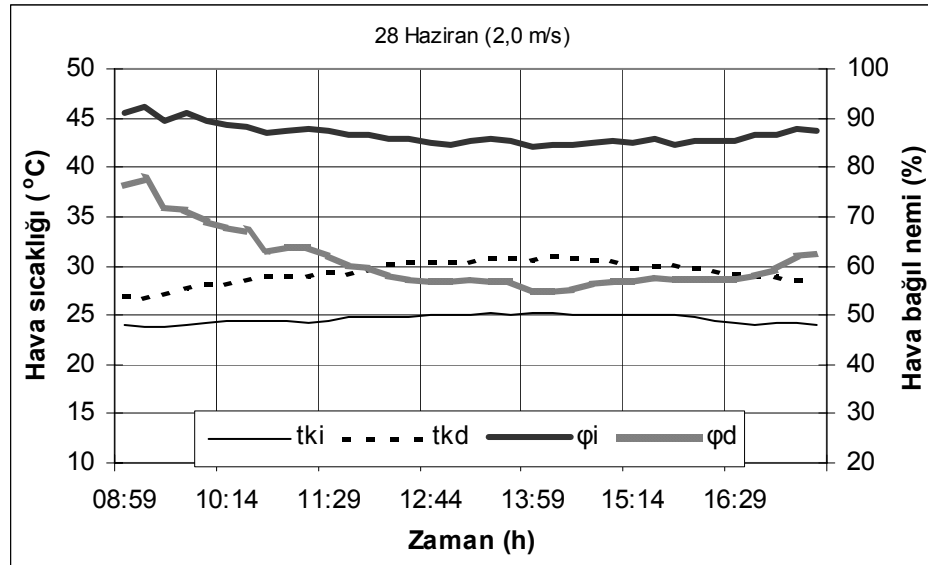
Şekillerde görüldüğü üzere II. deneme döneminde yapılan ölçümlerde, dış ortam havasının kuru termometre sıcaklığı yaklaşık 25...30 °C aralığında, bağıl nemi ise % 55...75 aralığında olmak üzere her üç günde de benzer bir değişim göstermiştir. Bu dönemde ped çıkışında ölçülen havanın kuru termometre sıcaklığı yaklaşık 25 °C, bağıl nemi ise % 90 civarında ve benzer biçimde değişmiştir.



Şekil 4.6. II. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

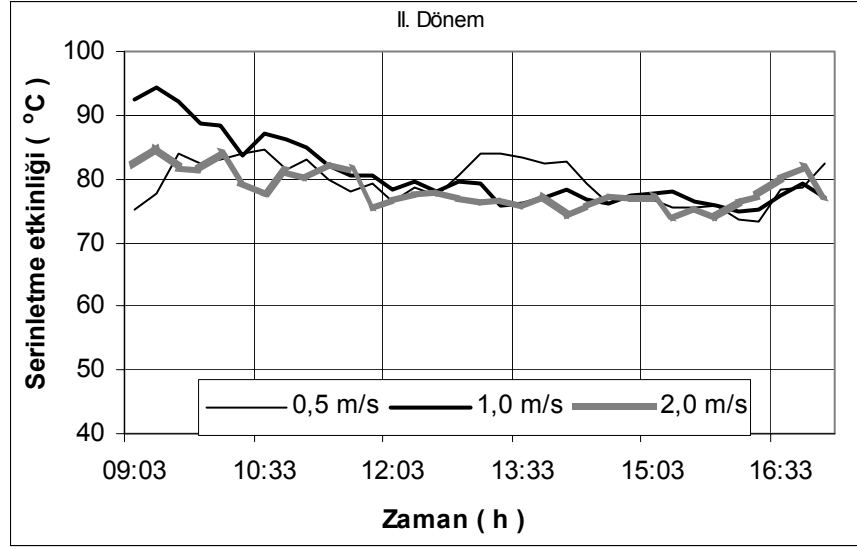


Şekil 4.7. II. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

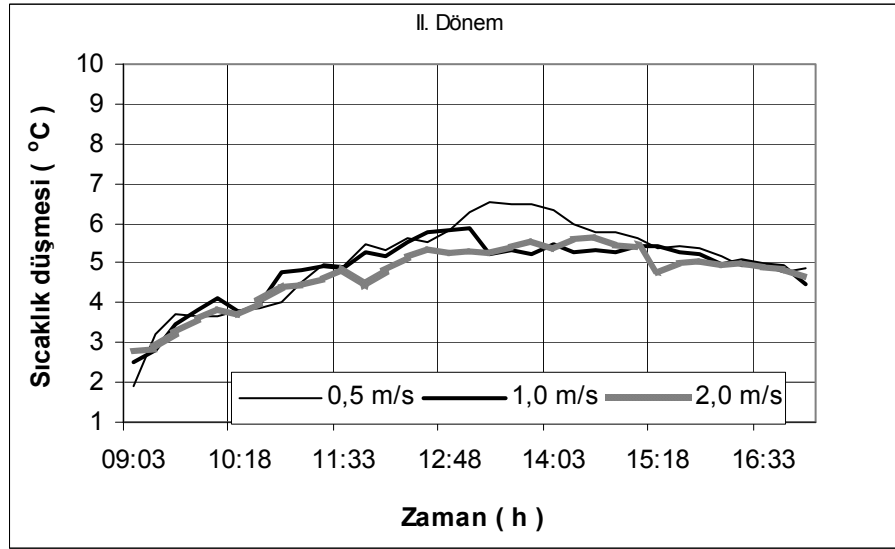


Şekil 4.8. II. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

Bu dönemde gerçekleşen serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerleri şekil 4.9 ve 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. II. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri



Şekil 4.10. II. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

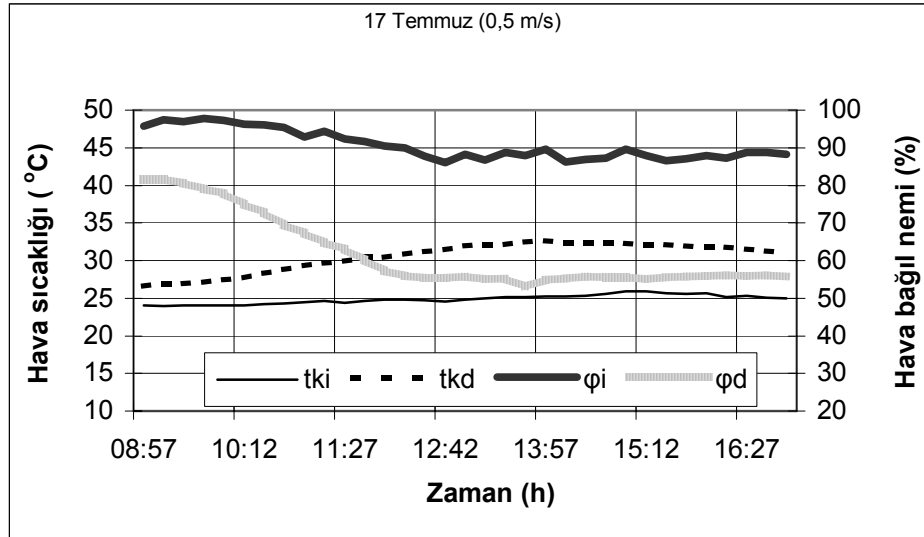
Şekil 4.9.'da görüldüğü üzere farklı hava hızlarında hesaplanan serinletme etkinliği değerleri yaklaşık % 75...85 arasında değişmiştir. Hesaplanan serinletme etkinliği değerlerinin gün içerisindeki değişimi, seçilen her üç hava hızı için de birbirine yakındır.

Aynı şekilde ölçüm yapılan günlerde havanın kuru termometre sıcaklığında meydana gelen düşme yaklaşık olarak 3,0...6,0 °C arasında değişmiştir (Şekil 4.10).

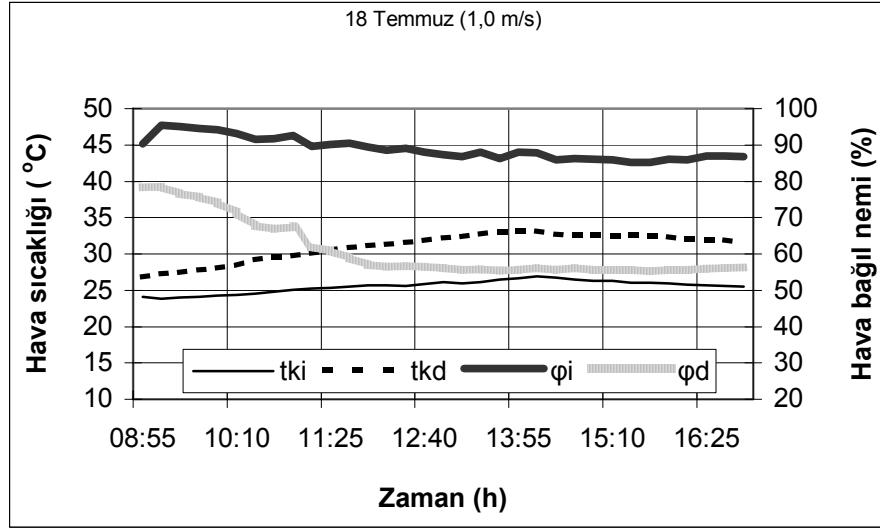
Diğer deyişle hava hızındaki değişimin serinletme etkinliği ve sağlanan sıcaklık düşmesi değerlerinde gözlemlenebilir bir etkisi olmadığı düşünölebilir.

III. deneme döneminde, seçilen hava hızlarında ped girişi ve ped çıkışında ölçölen kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamana bağlı olarak değişimi sırasıyla şekil 4.11; 4.12 ve 4.13’de verilmiştir.

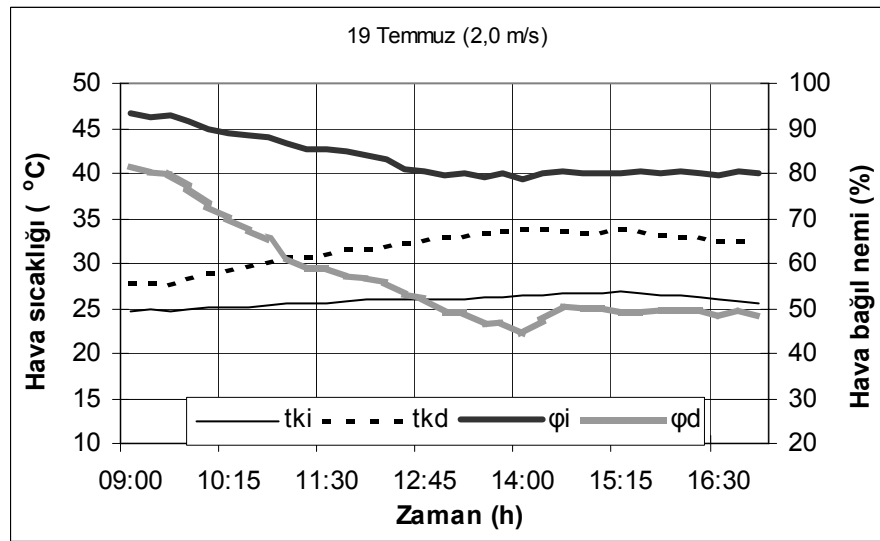
Şekillerde izlendiği üzere denemelerin yapıldığı her üç günde de kuru termometre sıcaklık değerleri ped girişinde 27...34 °C, ped çıkışında 25...26 °C aralığında ve benzer biçimde değişmiştir. Bağıl nem değerleri ilk iki günde (0,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında yapılan deneme günlerinde) ped girişinde %55...80 aralığında benzer şekilde değişirken, 2,0 m/s hava hızında yapılan deneme gününde ped girişinde ölçölen bağıl nem değeri yaklaşık saat 13:00’dan sonra %50 düzeylerine düşmüştür. Ped çıkışında ölçölen bağıl nem değerleri de ilk iki gün benzer biçimde (% 88...95) değişirken, üçüncü gün daha düşük ve % 80...93 aralığında değişmiştir. Ped girişinde ölçölen hava bağıl nem değerinin % 50’lere indiği saat 13:00’dan sonra ped çıkışında ölçölen bağıl nem değeri de % 80’lere düşmüştür.



Şekil 4.11. III. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçölen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

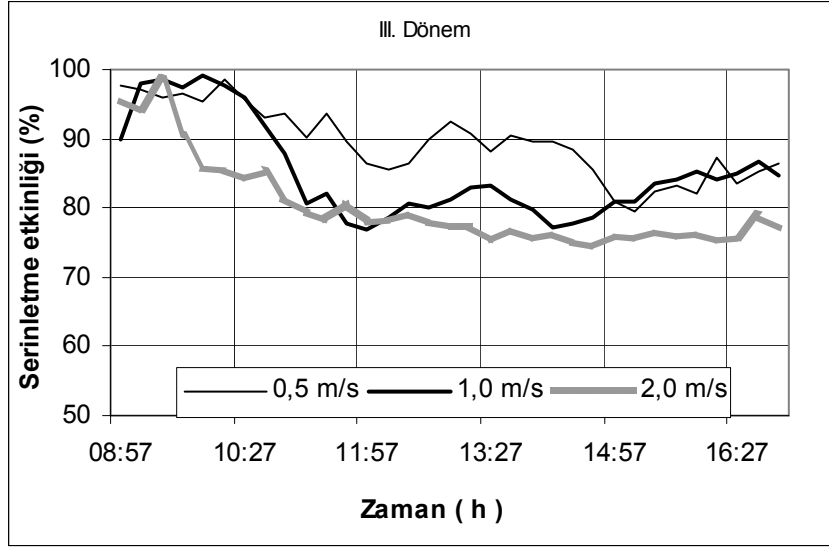


Şekil 4.12. III. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

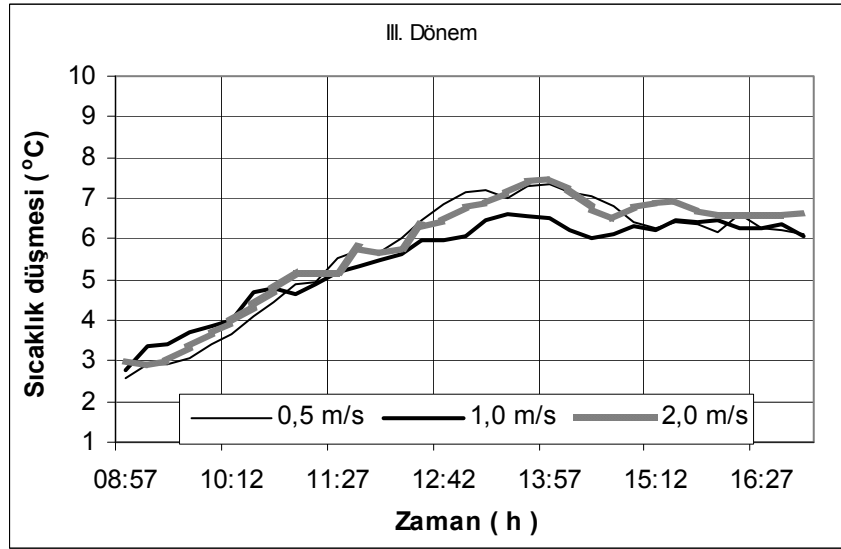


Şekil 4.13. III. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

Bu dönemde zamana bağlı olarak hesaplanan serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerlerinin değişimi şekil 4.14 ve 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.14. III. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri



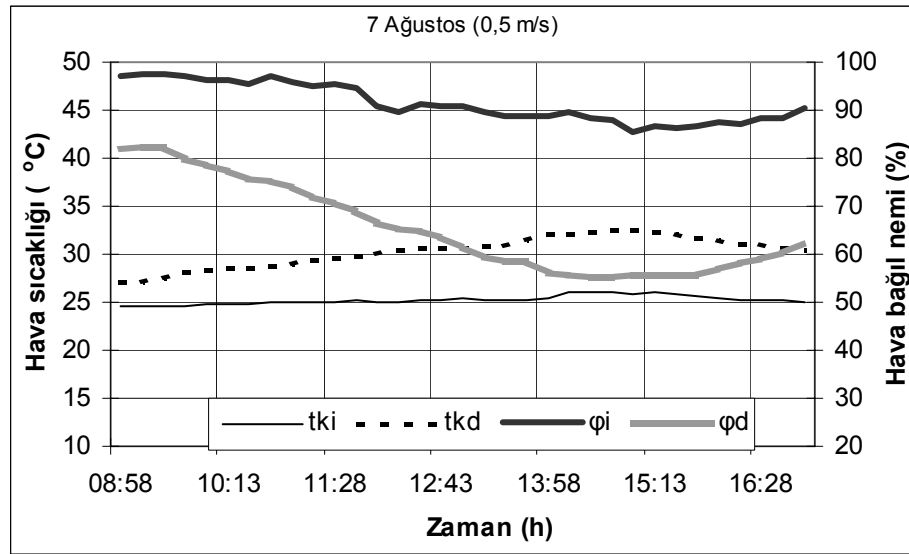
Şekil 4.15. III. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

Serinletme etkinliğinin zamana bağlı olarak değişimi 0,5 m/s hava hızında en yüksek, 2,0 m/s hava hızında en düşük ve 1,0 m/s hava hızında ise bu iki değer arasında değiştiği görülmektedir. Diğer deyişle, havanın pedden geçiş hızının artmasına bağlı olarak serinletme etkinliği de düşmüştür (Şekil 4.13).

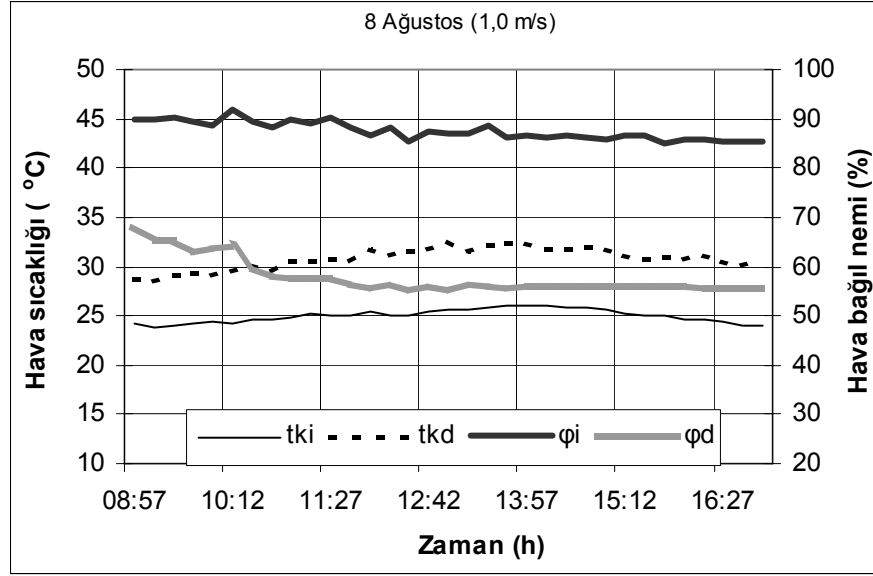
Sağlanan sıcaklık düşmeleri yaklaşık bir değer olarak 0,5 m/s hava hızında 3,0...7,2 °C arasında, 1,0 m/s hava hızında biraz daha düşük ve 3,0...6,5 °C arasında, 2,0 m/s hava hızında ise en yüksek ve 3,0...7,5 °C arasında değişmiştir (Şekil 4.14).

Havanın ped içerisinden geçiş hızı azaldıkça, pedi terk eden hava daha yüksek doyma düzeylerine ulaşır. Dolayısıyla serinletme etkinliği ve sağlanan sıcaklık düşmesi değerleri artar. Ped girişinde ölçülen kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin çok yakın bir değişim gösterdiği günlerde (17 ve 18 Temmuz) 0,5 m/s hava hızında sağlanan sıcaklık düşmesinin 1,0 m/s hava hızında sağlanan değerden daha yüksek olması yukarıdaki cümle ile açıklanabilir.

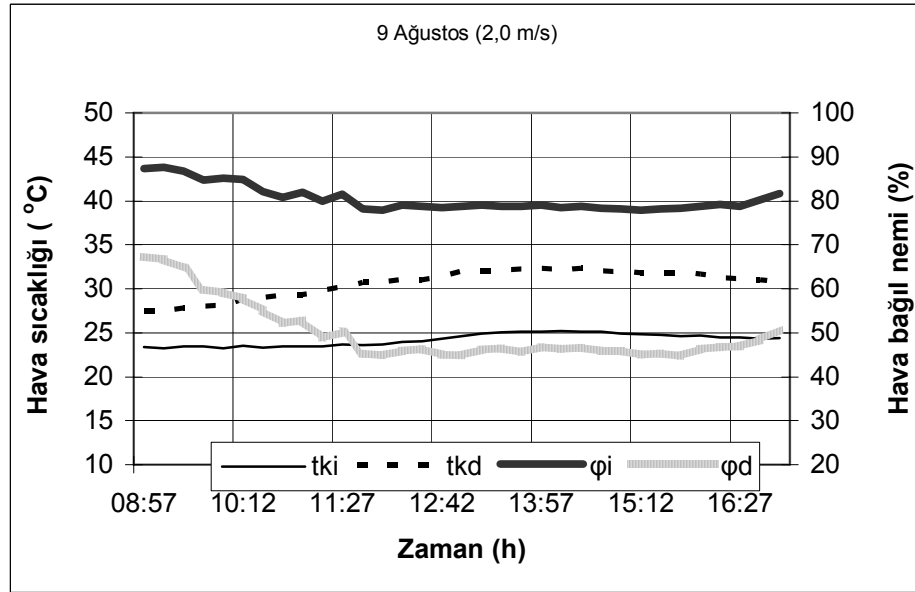
IV. dönemde ped girişi ve ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerleri şekil 4.16; 4.17 ve 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.16. IV. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.17. IV. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

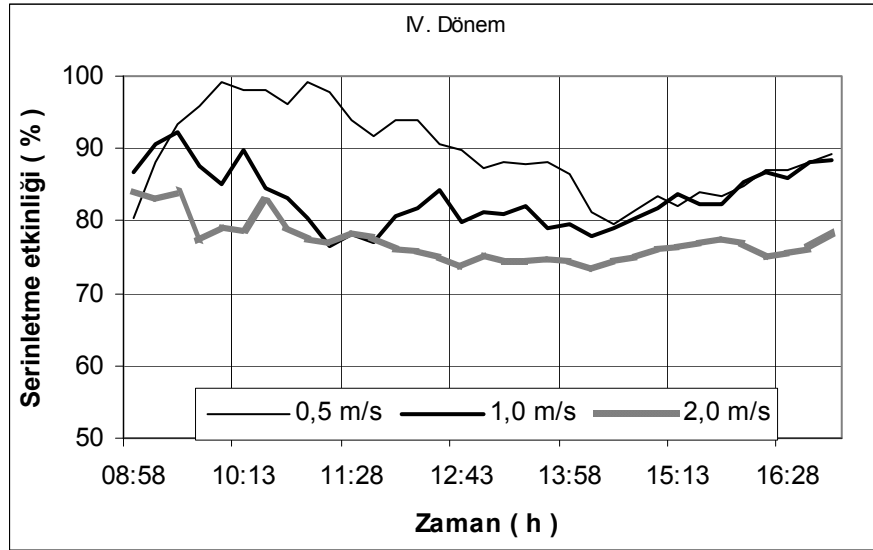


Şekil 4.18. IV. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

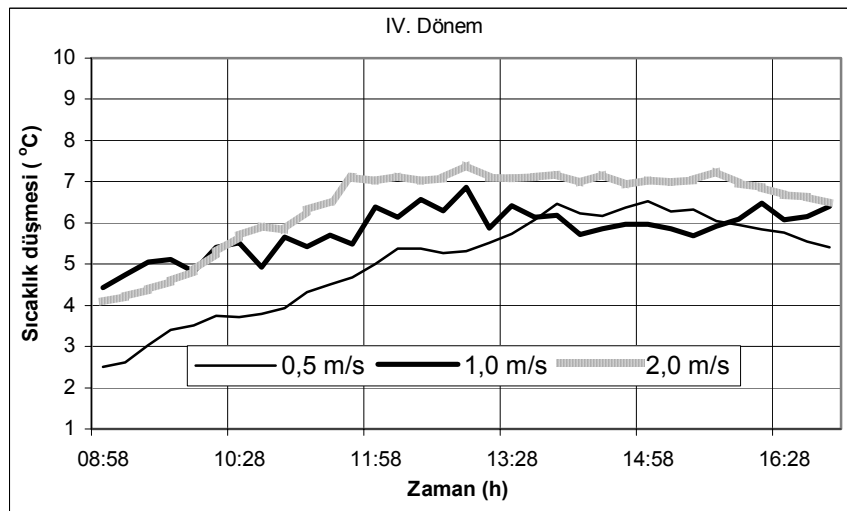
IV. ölçüm döneminde ped girişinde ölçülen sıcaklık değerleri her üç günde yaklaşık 28...33 °C aralığında ve benzer bir değişim gösterirken, bağıl nem değerleri birinci gün sabah saatlerinde % 80 dolaylarında olmasına rağmen öğleden sonra % 60... 50'lara düşmüştür. İkinci gün sabah saatlerinde yaklaşık % 65 olan hava bağıl

nemi, saat 10:00...17:00 arasında % 58 civarında seyretmiştir. Üçüncü gün ise sabah saatlerinde % 68 dolaylarında olan bağıl nem, saat 11:30'da % 50'ye düşerken, sonraki süreçte saat 17:00'ye kadar % 45'ler düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu değerlerden yola çıkılarak aynı havalandırma koşullarında en yüksek serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerlerine üçüncü gün ulaşılacağı söylenebilir.

Bu dönemde hesaplanan serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerlerinin değişimi şekil 4.19 ve 4.20'de verilmiştir.



Şekil 4.19. IV. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri

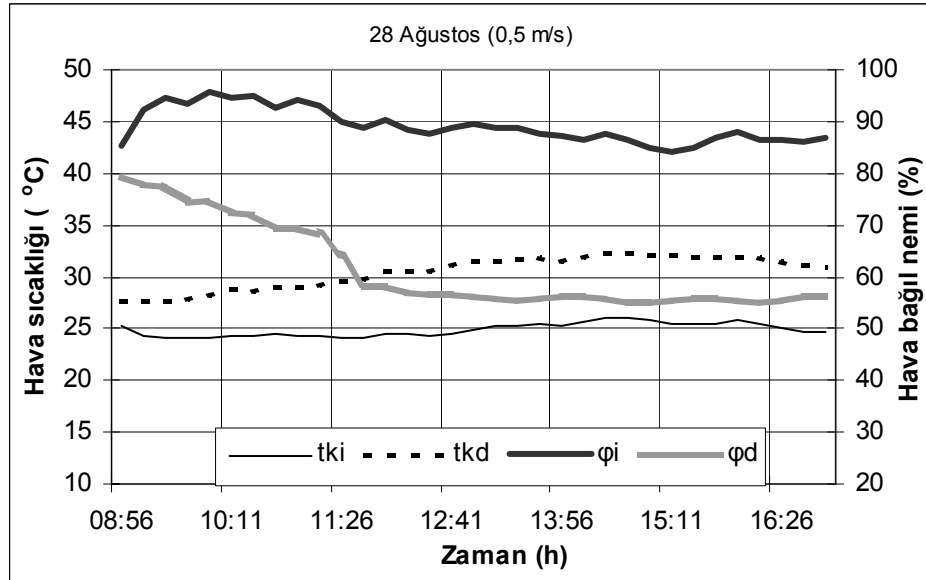


Şekil 4.20. IV. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

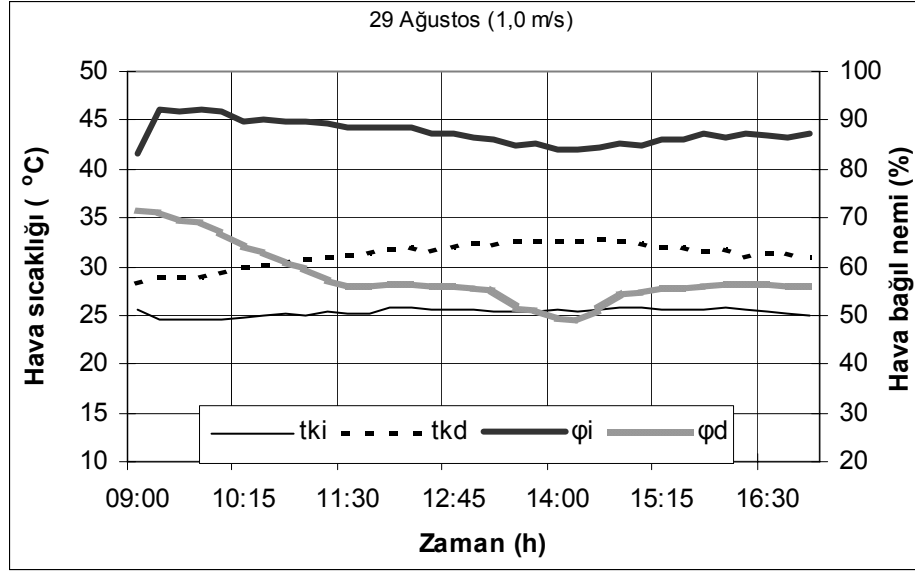
Şekil 4.19’da izlendiği üzere, bu dönemde serinletme etkinliği değerleri, en düşük hava hızının (0,5 m/s) seçildiği birinci gün % 80... 95 arasında ve en yüksek değerlerde gerçekleşirken, en yüksek hava hızının (2,0 m/s) seçildiği üçüncü gün % 75...80 arasında ve en düşük değerlerde gerçekleşmiştir.

Konu, yaratılan sıcaklık düşmesi bakımından değerlendirildiğinde, en düşük hava hızında yaratılan sıcaklık düşmesi 2,5....6,3 °C arasında ve en düşük değerde iken, en yüksek hava hızında 4,0...7,0 °C arasında ve en yüksek değerlerde gerçekleşmiştir (Şekil 4.20). Teorik bakımdan düşük hava hızlarında daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanması gerekirken, bunun tersi bir durum gerçekleşmiştir. Bu durum, yüksek havalandırma debisinin seçildiği üçüncü günün dış ortam hava bağıl nem değerinin, birinci güne oranla daha düşük olmasıdır. Çünkü, evaporatif serinletme sistemleri düşük bağıl nem değerlerinde daha yüksek sıcaklık düşmesi sağlarlar.

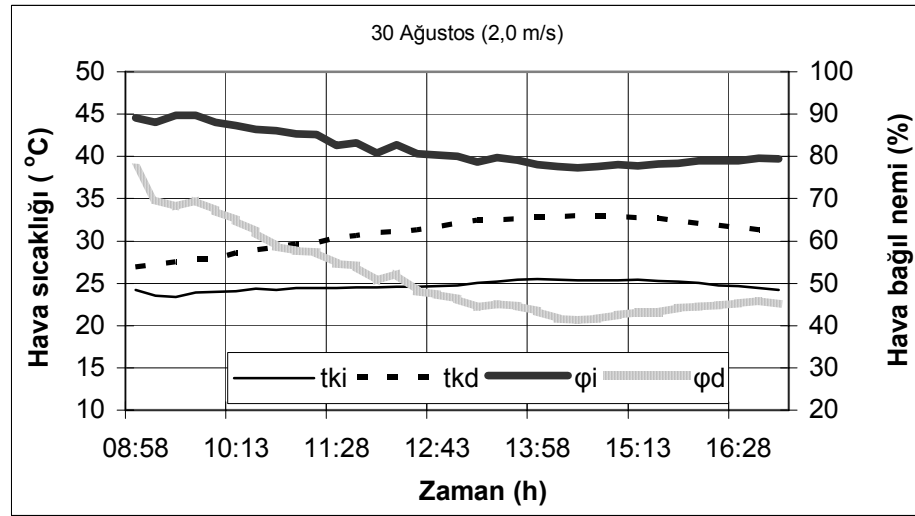
V. ölçüm döneminde ped girişi ve ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerleri şekil 4.21; 4.22 ve 4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.21. V. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.22. V. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.23. V. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

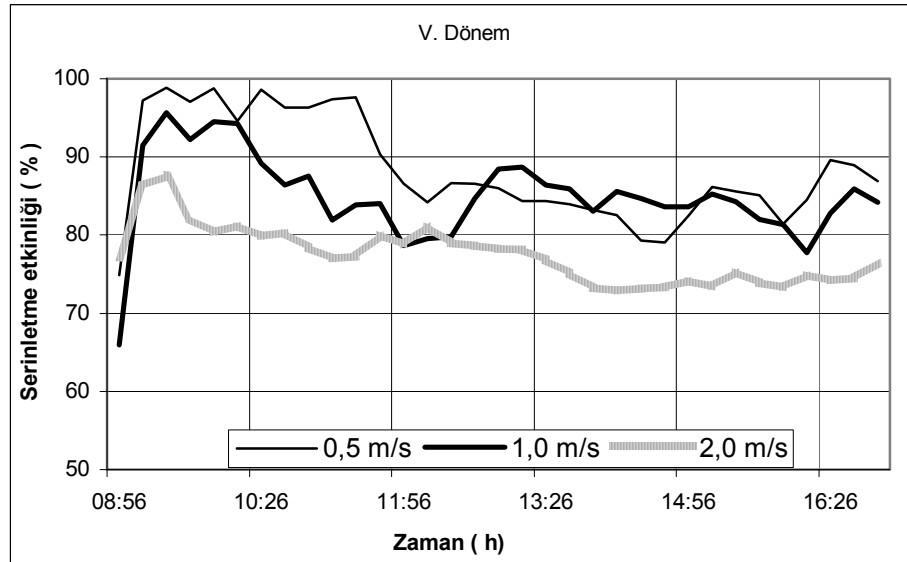
Şekillerde izleneceği üzere, bu dönemde ölçüm yapılan günlerde dış ortam sıcaklıkları yaklaşık 27...33 °C arasında ve benzer biçimde değişmiştir. Hava bağıl nem değerleri ise birinci gün % 78'den, saat 12:00'a kadar % 55 dolaylarına düşmüş ve saat 17:00'ye kadar yaklaşık bu değerinde sabit kalmıştır. İkinci gün ölçüm başlangıcı olan saat 09:00'da yaklaşık %70 olan hava bağıl nemi saat 12:00'de % 55'e düşmüş ve saat 17:00'a kadar bu düzeyini korumuştur. Üçüncü gün ise ölçüm

başlangıcında % 80 olan değer, öğleden sonra da azalmaya devam ederek % 40'lara kadar düşmüştür. Diğer deyişle, üçüncü gün dış ortam hava bağıl nem düzeyi evaporatif serinletme için oldukça uygun duruma gelmiştir.

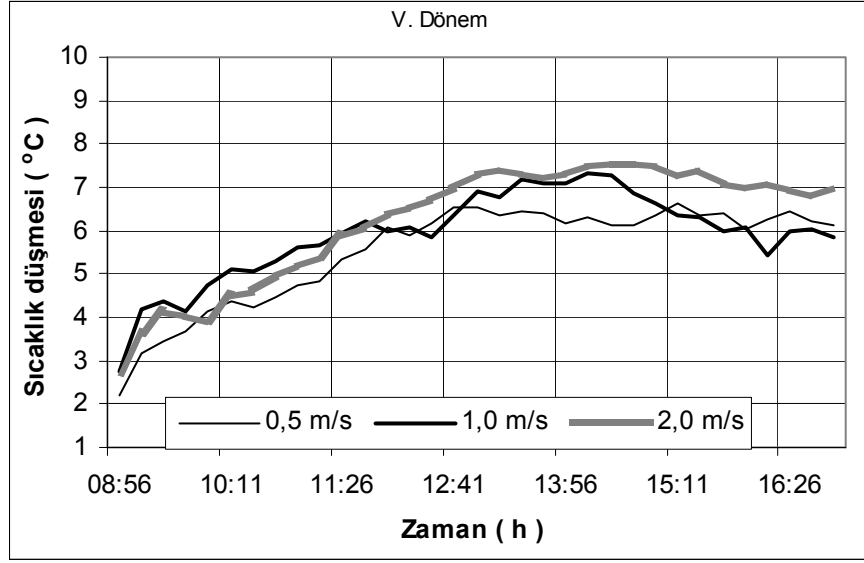
Ped çıkışında ölçülen hava bağıl nem değerleri birinci gün % 85...95 arasında en yüksek, üçüncü gün % 80...90 arasında ve en düşük değerlerde gerçekleşmiştir. İkinci gün ölçülen değerler ise diğer iki gün arasında yer almıştır. Ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklık değerleri her üç günde de yaklaşık 25 °C dolaylarında gerçekleşmiştir.

Bu dönemde hesaplanan serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerlerinin değişimi ise şekil 4.24 ve 4.25'de verilmiştir.

V. dönemde 0,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında yapılan denemelerde serinletme etkinliği bakımından belirgin bir fark yoktur. Bu iki günde serinletme etkinliği yaklaşık % 80...95 arasında değişmiştir. 2,0 m/s hava hızında yapılan denemede ise serinletme etkinliği % 75...80 arasında değişmiş olup, genel olarak diğer iki güne kıyasla daha düşük değerlerde gerçekleşmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. V. dönemde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri

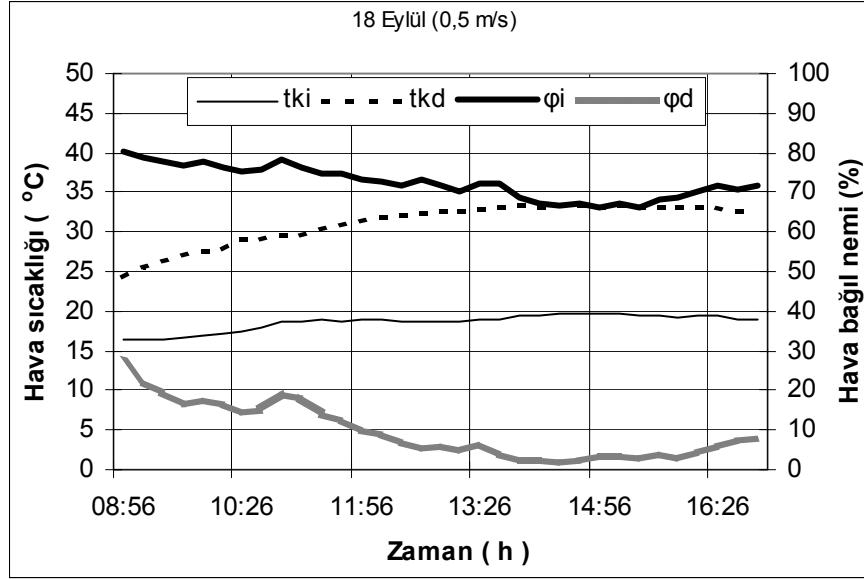


Şekil 4.25. V. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

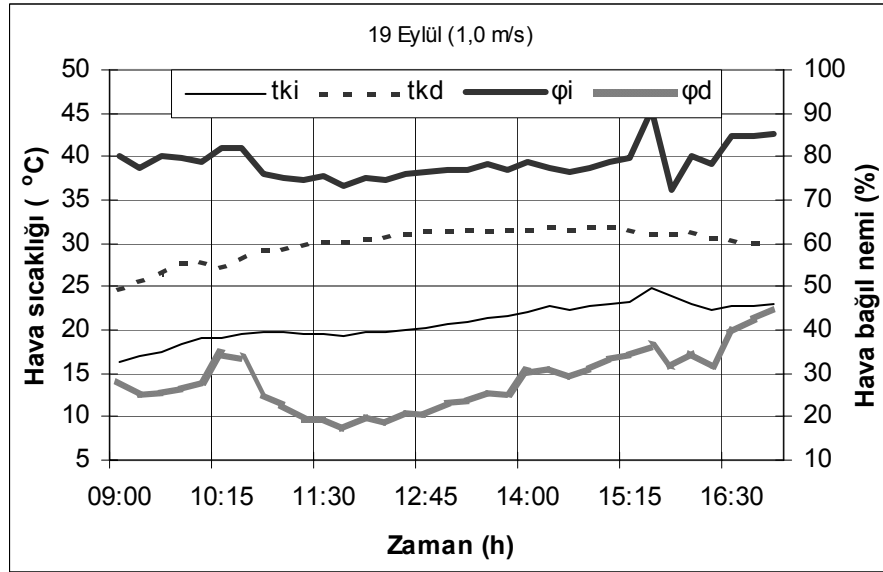
Bu dönemde 3,0...7,5 °C arasında değişen sıcaklık düşmeleri sağlanmıştır. Sağlanan sıcaklık düşmeleri bakımından denemeler arasında belirgin bir fark bulunmamasına karşın 2,0 m/s hava hızında sağlanan sıcaklık düşmesi diğer denemelere kıyasla yaklaşık 1 °C daha yüksektir (Şekil 4.25).

Genel bir düşünce olarak 2,0 m/s hava hızında yapılan denemede hesaplanan serinletme etkinliğinin, diğer (0,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında yapılan) denemelere kıyasla daha düşük ve sağlanan sıcaklık düşmesinin biraz daha yüksek olduğu söylenebilir. Buna neden olarak da bu günde dış ortam hava bağıl neminin diğer iki güne kıyasla daha düşük olması gösterilebilir.

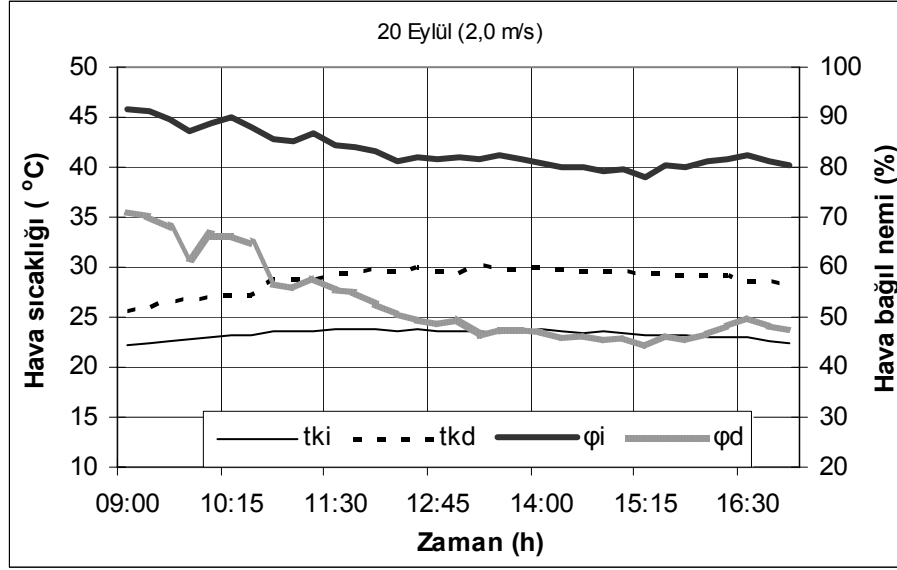
VI. deneme döneminde ped girişi ve ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi şekil 4.26; 4.27 ve 4.28’de verilmiştir.



Şekil 4.26. VI. dönemde 0,5 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri



Şekil 4.27. VI. dönemde 1,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

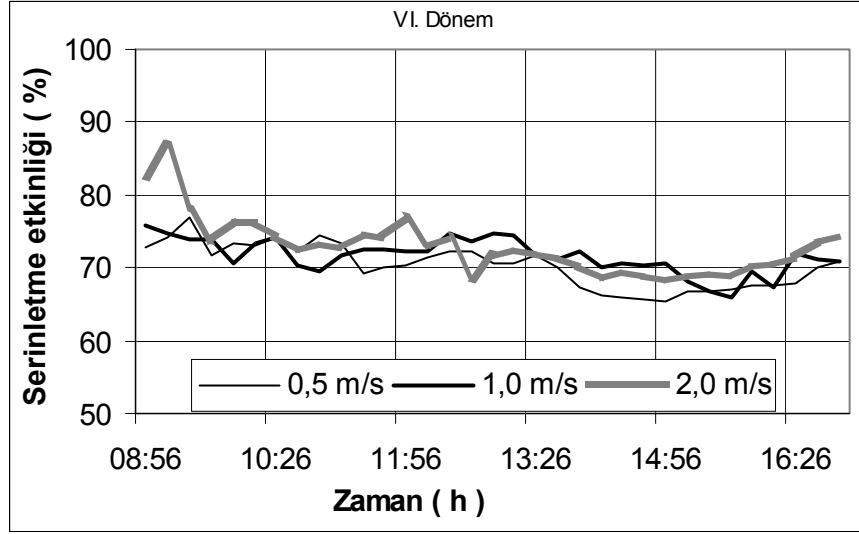


Şekil 4.28. VI. dönemde 2,0 m/s hava hızında ped girişi ve ped çıkışında ölçülen hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri

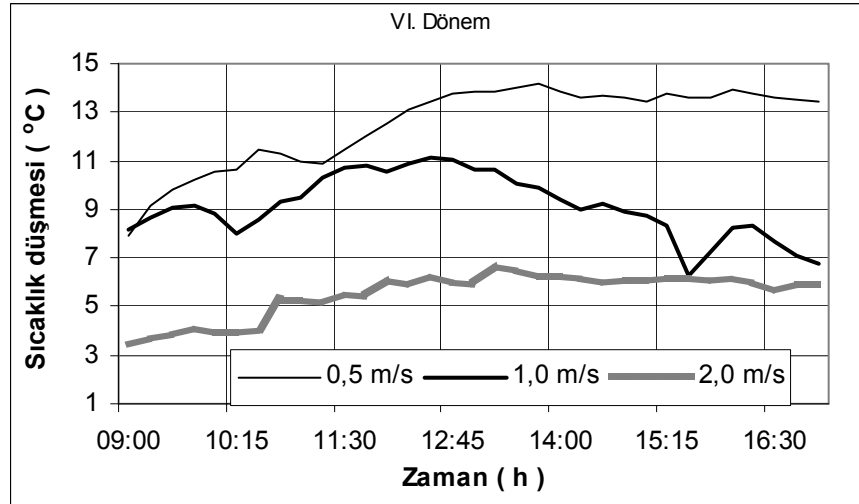
VI. dönem birinci deneme gününde dış ortam hava bağıl nemi sabah saatlerinde % 25 olup, günün ilerleyen saatlerinde % 5'e kadar düşmüştür. Bu günde ped çıkışında hava bağıl nemi % 70...80 arasında değişmiştir. İkinci deneme gününde dış ortam hava bağıl nemi % 20...35 ped çıkışında ise yaklaşık % 80 olarak ölçülmüştür. Üçüncü deneme gününde hava bağıl nem değerleri ped girişinde (Dış ortam) % 70...45, ped çıkışında ise % 80...90 arasında değişmiştir. Genel anlamda her üç deneme gününde pedden geçen havanın doyma oranının % 70...85 arasında değiştiği söylenebilir.

Ped girişinde ölçülen kuru termometre sıcaklık değerleri ilk iki gün 25...33 °C aralığında değişirken üçüncü gün biraz daha düşük (25...30 °C) değerlerde gerçekleşmiştir. Ped çıkışında ölçülen kuru termometre sıcaklığı yaklaşık değerlerde olmak üzere birinci deneme gününde 17...20 °C, ikinci gün 17...23 °C ve üçüncü gün ise daha dar aralıkta (22...23 °C) değişmiştir.

Bu dönemde hesaplanan serinletme etkinliği ve sıcaklık düşmesi değerlerinin değişimi şekil 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.29. VI. ölçüm döneminde farklı hava hızlarında serinletme etkinlikleri



Şekil 4.30. VI. dönemde farklı hava hızlarında meydana gelen sıcaklık düşmeleri

VI. dönem ölçüm sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan serinletme etkinlikleri her üç deneme günü için yaklaşık % 68...75 arasında değişmiştir.

Sağlanan sıcaklık düşmeleri birinci gün en yüksek (8,0...14,0 °C), üçüncü gün en düşük (3,5...6,5 °C) ve ikinci gün ise ara (7,0...11,0 °C) değerlerde gerçekleşmiştir. Bu değerlere bakarak havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak sağlanan sıcaklık düşmesi değerlerinin azaldığı sonucunu çıkarmak olası olmakla birlikte, bunda dış ortam havası sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin farklı olmasının da etkili olduğu unutulmamalıdır.

VI. dönemde sağlanan sıcaklık düşmeleri, diğer dönemlere kıyasla oldukça yüksektir. Bu dönemde dış ortam hava bağıl neminin diğer dönemlere kıyasla daha düşük olması, sağlanan yüksek sıcaklık düşmesinin nedeni olarak gösterilebilir.

Tüm dönemlerin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirildiği şekliyle pedi geçen havanın doyma düzeyleri çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Pedi Geçen Havanın Doyma Düzeyleri

Havanın doyma düzeyi (%)									
Hava hızı	0,5 m/s			1,0 m/s			2,0 m/s		
Dönem	En büyük.	En küçk.	Ort.	En büyük.	En küçk.	Ort.	En büyük.	En küçk.	Ort.
I.	94,27	85,06	89,51	92,54	86,21	88,61	81,92	69,84	84,87
II.	95,68	83,84	91,10	96,00	87,30	89,93	92,16	84,03	86,68
III.	97,73	86,02	90,66	95,49	85,25	88,95	98,69	74,46	83,50
IV.	97,66	85,50	91,44	91,77	84,80	87,52	87,62	77,89	80,50
V.	99,63	74,92	89,19	91,78	83,26	85,50	89,79	77,63	81,87
VI.	80,26	66,11	72,36	90,94	72,32	78,52	91,65	78,14	83,45
Genel			87,38			86,51			83,48

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, seçilen hava hızlarında tüm dönemlerin ortalaması olarak, pedi geçen havanın doyma düzeyleri sırasıyla % 87,38; % 86,51 ve % 83,48 olarak gerçekleşmiştir. McNeill ve ark. (1983), tarafından ABD’nin orta güney bölgesindeki bir domuz barınağında yapılan çalışmada, dış ortam hava sıcaklığının 21...39 °C arasında değiştiği zamanlarda, pedi geçen havanın doyma düzeyinin % 86...100 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Diğer taraftan, havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak ulaşılan doyma düzeyi azalmıştır. Literatür bilgileri ile uyumlu olan bu durum, yüksek hızlarda havanın yeterli buharlaşmayı gerçekleştirilmeden pedi terk etmesinin bir sonucu olarak açıklanabilir (Anonymous, 1983; Tamer, 1990; Yılmaz ve Büyükalaca, 1999).

Tüm dönemlerin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirildiği şekliyle hesaplanan serinletme etkinlikleri çizelge 4.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Serinletme etkinlikleri

Serinletme etkinliği (%)									
Hava hızı	0,5 m/s			1,0 m/s			2,0 m/s		
Dönem	En büyük.	En küçük.	Ort.	En büyük.	En küçük.	Ort.	En büyük.	En küçük.	Ort.
I.	90,36	79,36	86,12	90,81	77,81	83,88	81,92	69,84	75,63
II.	84,50	73,35	79,52	92,04	75,07	80,76	85,07	73,94	78,37
III.	97,57	79,54	89,40	99,22	76,89	85,18	98,69	74,46	80,31
IV.	99,15	79,69	89,36	92,15	77,14	83,11	84,07	73,55	77,22
V.	98,86	75,92	88,35	95,62	70,05	84,95	87,58	77,05	77,46
VI.	76,94	65,46	70,30	75,83	66,07	71,63	86,95	68,45	73,05
Genel			83,84			81,59			77,00

Çizelgede görüldüğü üzere seçilen hava hızlarında ortalama değerler olarak hesaplanan serinletme etkinlikleri sırasıyla % 83,84; %81,59 ve % 77,00 olarak bulunmuştur. Diğer deyişle havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak serinletme etkinliği azalmıştır.

Timmos ve ark. (1981), tarafından Kuzey Karolina’daki bir kümeste yapılan çalışmada, pedli evaporatif serinletme sisteminin serinletme etkinliği % 82 olarak belirlemişlerdir. McNeill ve ark. (1983), tarafından ABD’nin orta güney bölgesinde bulunan bir domuz barınağındaki pedli evaporatif serinletme sisteminin ele alındığı çalışmada 0,65 m/s hava hızı ve dış ortam hava sıcaklığının 36,0...39,4 °C arasında olduğu koşullarda serinletme etkinliği % 85 olarak belirlenmiştir. Timmos ve Baughman (1984), pedli evaporatif serinletme sistemi bulunan bir kümeste yaptıkları ve iki üretim dönemini kapsayan çalışmalarında serinletme etkinliğini % 80 olarak belirlemişlerdir. Koca ve ark. (1991), geliştirdikleri bir deneme düzeninde selüloz esaslı üç farklı kalınlıktaki pedin işlevsel özelliklerini belirlemişlerdir. Farklı kalınlık

ve oluk açılarındaki pedlerle yapılan deneme sonucunda, 45° – 45° oluk açısına sahip pedin serinletme etkinliğinin 1,5...2,5 m/s hava hızlarında % 73...90 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uğurlu ve ark (2000), Konya ilinde ticari boyutta üretim yapılan bir kümesteki pedli evaporatif serinletme sisteminin serinletme etkinliğinin % 77...92 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Cruz ve ark. (2006), üç farklı ped materyalinin, farklı sıcaklık ve hava hızlarında performans özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, en yüksek serinletme etkinliğine (%80 ve üzeri), 3,2 m/s hava hızı ve 32...34 °C sıcaklık aralığında ulaşıldığını belirlemişlerdir. Yıldız ve ark. (2006), Çukurova Bölgesindeki bir broiler kümesinde çimento katkılı pedlerin kullanıldığı serinletme sisteminde iki farklı hava hızlarında (1,28 m/s ve 1,41 m/s) ortalama bir değer olarak serinletme etkinliğini %70 olarak belirlemişlerdir. Yıldız (2006), Çukurova Bölgesindeki bir broiler kümesinde yürüttüğü çalışmada, çimento katkılı pedli evaporatif serinletme sisteminin Temmuz - Ağustos üretim döneminde serinletme etkinliğinin % 70...80 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

Araştırmamızda tüm dönemlerin ortalaması olarak hesaplanan serinletme etkinliği değerleri literatür verileri ile uyumludur.

Tüm dönemlerin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirildiği şekliyle hesaplanan serinletme etkinlikleri çizelge 4.3’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı Hava Hızlarında Ortalama Değerler Olarak Sağlanan Sıcaklık Düşmeleri

Sıcaklık düşmesi (°C)									
Hava hızı	0,5 m/s			1,0 m/s			2,0 m/s		
Dönem	En büyük.	En küçük.	Ort.	En büyük.	En küçük.	Ort.	En büyük.	En küçük.	Ort.
I.	7,88	2,73	6,49	6,50	3,63	5,68	5,62	3,63	4,82
II.	6,48	1,89	5,03	5,88	2,53	4,86	5,64	2,80	4,73
III.	7,18	2,55	5,66	6,59	2,75	5,49	7,48	2,90	5,80
IV.	6,46	2,50	5,04	6,86	4,43	5,80	7,41	4,09	6,42
V.	6,56	2,21	5,52	7,32	2,77	5,90	7,57	2,72	6,22
VI.	14,20	8,19	12,50	11,16	6,20	9,12	6,66	3,44	5,54
Genel			6,71			6,14			5,59

Seçilen hava hızlarında ortalama değerler olarak ped içerisinden geçen havanın kuru termometre sıcaklığında meydana gelen düşmeler sırasıyla 6,71 °C; 6,14 °C ve 5,59 °C olarak gerçekleşmiş olup, havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak serinletme etkinliği azalmıştır. McNeill ve ark. (1983), ABD'nin orta güney bölgesindeki bir domuz barınağında yaptıkları ve 12 Haziran - 9 Ağustos dönemini kapsayan çalışmalarında pedli evaporatif serinletme sistemi ile barınak içerisine alınan dış ortam havasının sıcaklığında 5...13 °C arasında değişen düşmelerin sağlanabildiğini belirlemişlerdir. Dağtekin ve Yıldız (1996), Çukurova Bölgesinde kümes içi sıcaklık probleminin çözümüne yönelik alternatif serinletme yöntemleri konusunda yaptıkları bir çalışmada, selüloz esaslı ped ile dış ortam sıcaklığında 5...10 °C'lik düşmeler sağlanabileceğini bildirmişlerdir. Uğurlu ve ark (2000) tarafından, Konya ilindeki bir üretim kümesinde yapılan ve temmuz-Ağustos dönemini kapsayan çalışmalarında pedlerden geçirilen dış ortam havasının sıcaklığında 4,2...16,2 °C (Ortalama 10,6 °C) arasında değişen düşmeler sağlanabildiğini belirlemişlerdir. Yıldız ve ark. (2006), Çukurova Bölgesindeki bir broiler kümesinde çimento katkılı pedlerin kullanıldığı serinletme sistemiyle, 1,28 m/s ve 1,41 m/s hava hızlarında, 10 °C'ye ulaşılan sıcaklık düşmelerinin sağlandığını belirlemişlerdir. Yıldız ve ark. (2006), Çukurova Bölgesindeki bir broiler kümesinde yürüttüğü bir çalışmada, çimento katkılı pedli evaporatif serinletme sistemiyle Temmuz - Ağustos üretim döneminde, 10 °C'ye kadar ulaşan sıcaklık düşmesinin sağlanabileceğini bildirilmiştir.

Farklı hava hızlarında çalışma koşullarında pedden buharlaştırılan su miktarlarının değişimi çizelge 4.4'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı Hava Hızlarında Buharlaştırılan Su Miktarları

Hava hızı (m/s)	Buharlaştırılan su miktarı (L /min-m ²)		
	En düşük	En yüksek	Ortalama
0,5	0,038	0,165	0,078
1,0	0,071	0,189	0,119
2,0	0,132	0,279	0,210

Çizelgede görüldüğü üzere 0,5 m/s hava hızında birim ped yüzey alanı başına buharlaştırılan su miktarı en yüksek 0,165 L / dak-m², ortalama 0,078 L / dak-m² olarak belirlenmiştir. 1,0 m/s hava hızında bu değerler sırasıyla 0,189 L / dak-m² ve 0,119 L / dak-m² olarak; 2,0 m/s hava hızında ise 0,279 L / dak-m² ve 0,210 L / dak-m²'dir.

Düşey konumlu farklı kalınlıktaki aspen pedlerle yapılan bir çalışmada, 5 cm kalınlığındaki pedler için pedden geçen 40 kg hava başına 1 kg sirkülasyon suyunun yeterli olduğu, diğer pedleri de kapsayacak biçimde, sirkülasyon pompasının kapasitesi belirlenirken pedlerde buharlaştırılan her kg su başına 7,1 kg sirkülasyon suyuna gerek olduğu düşüncesinden hareket edilmesi gerektiği bildirilmiştir (Watt, 1963: Anonymous 1983'den). Arizona koşullarında yapılan bir çalışmada pedli evaporatif serinletme sistemleri için, 1 m ped uzunluğu başına 6 L/dak su sirkülasyon debisinin yeterli olduğu bildirilmiştir (Welchert ve Wiersma...: Anonymous 1983'den). Yatay ve düşey olarak konumlandırılmış aspen pedlerle yapılan çalışma sonuçlarına bağlı olarak pedlere gönderilecek sirkülasyon suyu miktarının buharlaştırılan her bir kg su için 7,5 kg, ya da ped yüzey alanı başına 2,4 L/dak-m² olarak dikkate alınabileceğini bildirilmiştir. (Wiersma ve Benham, 1974: Anonymous 1983'den). Ped yapımcısı bazı kuruluşlar tarafından yatay olarak konumlandırılmış selüloz esaslı oluklu pedler için 6 L/dak-m² su akış debisinin yeterli olduğu, ped genişliğinin 2 m'den fazla olması durumunda bu değer %10...20 oranında artırılabilirliği bildirilmiştir. Çimento katkılı pedler için ise birim ped yüzeyi başına 7,2 L/dak-m² su akış debisini önermişlerdir.

Çalışmada, belirlenen birim ped yüzey alanı başına buharlaştırılan su miktarları dikkate alınarak Çukurova bölgesinde kullanılacak serinletme sistemleri için ped ıslatma suyu akış debileri belirlenebilir. Bu amaçla ped ıslatma suyu olarak kullanılacak suyun özellikleri dikkate alınarak çizelgede verilen ortalama ya da en yüksek değerlerin 3...7 katı su akış debisi olarak önerilebilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Haziran-Eylül dönemini kapsayan ve üç farklı hava hızında gerçekleştirilen deneme sonuçlarına bağlı olarak aşağıdaki öneriler getirilebilir;

-Ortalama değerler olarak pedi geçen havanın doyma düzeyi 0,5 m/s hava hızında % 87,38; 1,0 m/s hava hızında % 86,51 ve 2,0 m/s hava hızında % 83,48 olarak hesaplanmıştır.

-Ped serinletme etkinliği 0,5 m/s hava hızında % 83,84; 1,0 m/s hava hızında % 81,59 ve 2,0 m/s hava hızında % 77 olarak hesaplanmıştır.

Genel olarak, havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak ulaşılan doyma düzeyi ve serinletme etkinliği değerlerinde bir miktar azalma olmuştur. Farklı günlerde ve farklı dış ortam koşullarında gerçekleştirilen deneme sonuçlarına bakılarak bu azalmanın tümüyle hava hızındaki artışa bağlanması doğru bir yaklaşım olamaz.

-Pedden geçirilen havanın kuru termometre sıcaklığında meydana gelen azalma, seçilen hava hızlarında sırasıyla 6,71 °C; 6,14 °C ve 5,59 °C olarak belirlenmiştir. Eylül ayının son haftasına rastlayan VI. deneme döneminde, dış ortam hava bağıl nemi oldukça düşük değerlerde olduğu için sağlanan sıcaklık düşmesi 14 °C'ye kadar ulaşmıştır. Genel bir değerlendirme olarak, Bölge koşullarında ve seçilen hava hızlarında ele alınan ped ile 3...10 °C arasında değişen sıcaklık düşmeleri sağlanabileceği sonucuna varılabilir.

-En büyük değer olarak birim ped yüzey alanından buharlaştırılan su miktarları 0,5 m/s hava hızında 0,165 L/dak-m²; 1,0 m/s hava hızında 0,189 L/dak-m² ve 2,0 m/s hava hızında 0,279 L/dak-m² olarak belirlenmiştir. Bölge koşullarında çalıştırılacak pedli evaporatif serinletme sistemleri için bu değerlerin 3...7 katları alınarak birim ped yüzey alanı başına yaklaşık su akış debileri, 0,5 m/s hava hızı için 0,50...1,16 L/dak-m²; 1,0 m/s hava hızı için 0,57...1,32 L/dak-m² ve 2,0 m/s hava hızı için 0,84...1,95 L/dak-m² olarak belirlenebilir.

-Ele alınan pedin Bölge koşullarındaki performans özelliklerinin tam olarak belirlenmesi bağlamında, benzer bir çalışmanın farklı su akış debilerinde de yapılmasında yarar görülmektedir.

KAYNAKLAR

- ANONYMOUS, 1983. Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker). ASAE Monograph, Nombres:6, St. Joseoh, Michigan.
- ATİKOL, U., H. HACIŞEVKİ, 2001. Lefkoşe Bölgesi İçin Evaporatif Soğutma Fizibilite Çalışması. V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler, s:421-425, İzmir.
- BENHAM, D. S., F. WIER SMA, 1974. Desing Criteria of Evaporative Cooling. Aerican Society of Agricultural Engineers. Paper No. 74-4527. St. Joseph, Michigan 49085.
- BİLGE, D., M. BİLGE, 1999. İndirek/Direk Evaporatif Soğutma Sistemleri Kombinasyonu. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler, s: 197-204, İzmir.
- BUFFINGTON. D. E., T. C. SKINNER, B. COLLETTE, D. BORER, 1978. Evaporative Cooling for Hot, Humid Climates. Paper Presented at the Scutheast – Scuthwest Regional Meeting of ASAE at Hoston, TX. February 5-8.
- CRUZ, V.F., M. PERISSINOTTO, E.M. LUCAS, D.J. MOURA, 2006. Efficiency Evaluation of Pad Cooling Systems Design with Different Pad Materials. XVI. CIGR World Congress, AgEng Bonn 2006, Book of Abstracts, P:403,404.
- DAĞTEKİN, M., Y. YILDIZ,1996. Çukurova Bölgesinde Kümes İçi Sıcaklık Probleminin Çözümüne Yönelik Alternatif Serinletme Yöntemleri. UTMEK'96, Uluslar arası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, Bildiriler, S:142-151, ANKARA.
- DAĞTEKİN, M., G.A.K. GÜRDİL, Y. YILDIZ,1998. Determination of Suitable Pad Material for Evaporative Cooling of Broiler Houses in Turkey. AgEng Oslo-98, International Conference on Agricultural Engineering, P:271-272, August 24-27, Oslo.

- GENCELİ, O. F.,1993. Buharlaşmalı Serinletme Özellikleri ve Uygulanması. I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler, s: 281-303, İzmir.
- KOCA, R. W., W. C. HUGHES, L. L. CHRISTIANSON, 1991. Evaporative Cooling Pads: Test Procedure and Evaluation. Transaction of the ASAE, 7(4):485 - 490.
- MCNEILL, S. G., R. L. FEHR, J. N. WALKER, G. R. PARKER,1983. Performans of Evaporative Coolers for Mid-South Gestation Housing. Transaction of the ASAE, 26(1):219.- 222.
- SIMMONS, J. D., B. D. LOTT, 1996. Evaporative Cooling Performance Resulting from Changes in Water Temperature. Applied Engineering in Agriculture, 12(4), S: 497-500.
- SCARBOROUGH, J. N., N. E. COLLINGS, P. S. DUFFY, 1988. Misting Effects on Poultry Litter Wetting. Applied Engineering in Agriculture, Vol: 4(1), S: 62-65.
- TAMER, Ş., 1990. Klima ve Havalandırma, Cilt I: (Genişletilmiş 2. Baskı), METEKSAN A: Ş., Ankara.
- TIMMOS, M. B., G. R. BAUGHMAN,1984. A Plenum Concept Appliedd to Evaporative Pad Cooling for Broiler Housing. Transaction of the ASAE, 27(6):1877 – 1881.
- TIMMOS, M. B., G. R. BAUGHMAN, C. R. PARKHURST, 1981. Use of Evaporative Cooling to Reduce Poultr Heat Stress. ASAE Paper No. 81-4558, ASAE, St. Joseph, MI 49085.
- UĞURLU, N., M. KARA, 2000. Islak Ped Sistemiyle Serinletmenin Performans Verileri ve Kafes Sistem Kümes İç Sıcaklığının Düşürülmesine Etkisi. Turk J Agric For, 24 (2000) 79-86. TÜBİTAK.
- WATT, J. R., (1963). Evaporative Air Conditioning. The Industrial Press.
- WELCHERT, W. T., F. WIERSMAN, (...) Evaporative Cooling for Laying Houses in Arizona. ASAE Paper 72-914.
- WIERSMA, F., D. S. BENHAM, 1974. Design Criteria for Evaporative Cooling. ASAE paper No. 74-4527, ASAE, St. Joseph, MI 49085.

- YILDIZ, Y., (Baskıda). Çukurova Bölgesindeki Bir Broiler Kümesinde Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin Bazı İşlevsel Özellikleri. Ç. Ü. Z. F. Dergisi, ADANA.
- YILDIZ, Y., A.K.G.GÜRDİL, K. EKİNCİ, D. AKBOLAT, 2006. Çukurova Koşullarında Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin İki Farklı Hava Hızında Bazı Performans Özellikleri. Ç. Ü. Z. F. Dergisi, 21(1): 65-72, ADANA.
- YILMAZ, T., O. BÜYÜKALACA, 1999. Desesif-Evaporatif Soğutma Sistemleri. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler, s: 165-181, İzmir

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Adana’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Adana’da tamamladım. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Programını kazandım.2003 yılında lisans eğitimimi tamamlayarak 2004 yılında yüksek lisans eğitime başladım.