

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Figen IRMAK

**SELÜLOZ ESASLI BİR EVAPORATİF SERİNLETME PEDİNDE HAVANIN
PEDDEN GEÇİŞ HIZI İLE HAVANIN DOYMA DÜZEYİ VE
BUHARLAŞTIRILAN SU MİKTARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ADANA, 2013

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SELÜLOZ ESASLI BİR EVAPORATİF SERİNLETME PEDİNDE HAVANIN
PEDDEN GEÇİŞ HIZI İLE HAVANIN DOYMA DÜZEYİ VE BUHARLAŞTIRILAN
SU MİKTARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Figen IRMAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Bu tez 28/06/2013 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu
İle Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNGELİK Yrd. Dr. Metin DAĞTEKİN
DANIŞMAN ÜYE ÜYE

Bu tez Enstitümüz Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

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

**SELÜLOZ ESASLI BİR EVAPORATİF SERİNLETME PEDİNDE HAVANIN
PEDDEN GEÇİŞ HIZI İLE HAVANIN DOYMA DÜZEYİ VE
BUHARLAŞTIRILAN SU MİKTARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Figen IRMAK

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

Danışman :Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ

Yıl: 2013, Sayfa: 49

Jüri :Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ

:Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNCİLİK

:Yrd. Doç. Dr. Metin DAĞTEKİN

Sıcak iklim koşullarında kapalı ortamlarda yetiştirilen bitki ve hayvanlarda ısı stresi oluşur.Bunun sonucunda işletmelerde ekonomik kayıplar ortaya çıkar.Bu durumun önlenmesi için son yıllarda pedli evaporatif serinletme sistemlerinden geniş oranda yararlanılmaktadır.Bunlar arasında en yaygını selüloz esaslı olanıdır.

Bu çalışmada, Çukurova koşullarında selüloz esaslı bir pedde hava hızına bağlı olarak pedi geçen havanın doyma düzeyi ve buharlaştırılan su miktarı arasındaki ilişki belirlenmiştir. Denemelerde havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 1,5 m/s olmak üzere üç farklı değer seçilmiştir. Ped ıslatma suyu akış debisi ise, yapımcı firmanın önerisi doğrultusunda 4 L/min-m olarak sabit tutulmuştur.Temmuz ayında üç tekrarlı olarak tamamlanan deneme sonucuna göre; havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su miktarı artmış, havanın doyma düzeyi azalmıştır. Fakat doyma düzeyi en az 1,5 m/s hava hızında beklenirken 0,5 m/s hava hızında olmuştur. Bunun nedeni farklı hızlarda pedi geçen havanın akış karakterlerinin aynı olmamasıdır.

Anahtar Kelimeler: Evaporatif Serinletme, Ped, Doyma Düzeyi, Buharlaştırılan Su Miktarı

ABSTRACT

MSc THESIS

THE RELATIONSHIP BETWEEN THE AMOUNT OF EVAPORATED WATER AND THE RATE OF SATURATION LEVEL OF AIR PASSING THROUGH THE PAD DEPENDENT ON THE AIR SPEED IN CELLULOSE-BASED PAD

Figen IRMAK

**CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY**

Supervisor :Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ

Year: 2013, Pages: 49

Jury :Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ

:Prof. Dr. Ali BAŞÇETİNCİLİK

:Asst. Prof. Dr. Metin DAĞTEKİN

Heat stress develops in the plants and animals which grow indoors and in hot climate conditions. As a result of this, economic losses emerge. Recently, evaporative cooling systems with pads have widely been used in order to prevent such a condition. Among such conditions, the most common of these are cellulose-based ones.

In this study, the relationship between the amount of evaporated water and the rate of saturation level of air passing through the pad depending on the air speed in cellulose-based pad were determined. In the experiments, the speed of air passing through a scrub pad have been selected in three different values as 0.5 m / s, 1.0 m / s and 1.5 m / s. As for pad soaking water flow rate, 4 L / min-m was kept constant in accordance with the contractor's recommendation. In July, according to the results of the experiment completed in triplicate, it showed that depending on the rate of passage of air through a scrub pad unit surface area due to the increase per unit time increased and the amount of heated water increased, air saturation level decreased. However, while the saturation level was expected as at least 1.5 m / s, air velocity was 0.5 m / s. The reason why this happened was that the flow of air passing through the pad is the same as characters of air flow.

Key Words: Evaporative cooling, Pad, The rate of saturation level, The amount of evaporated water.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın konusunu belirleyen ve çalışmanın her aşamasında yardım ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Prof. Dr. Yılmaz YILDIZ' a, ayrıca çalışmamda yardımcı olan Tarım Makineleri Bölüm Atölyesi çalışanlarına ve bölüm akademik ve idari personeline, tez jürimde görev alan değerli hocalarıma ve bu çalışmanın yürütülmesinde her zaman yanımda olan ailem, arkadaşlarım ve emeği geçen herkese çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
1.GİRİŞ	1
1.1.Evaporatif Serinletme Teorisi	1
1.2.Evaporatif Serinletme Sistemleri	3
1.3.Pedli Evaporatif Serinletme Sistemlerinin Yapısal Elemanları	5
1.3.1.Ped Malzemesi	5
1.3.2.Ped Yüzey Alanı Ped Kalınlığı ve Yoğunluğu	6
1.3.3.Pedlerin Konumlandırılması	7
1.3.4.Hava Hızı	9
1.3.5.Su Akış Debisi	10
1.3.6.Su Deposu	12
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	15
3.MATERYAL VE METOD.....	25
3.1.Materyal	25
3.2.Metod	26
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	31
5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
KAYNAKLAR	43
ÖZGEÇMİŞ	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Farklı pedler için önerilen hava hızı değerleri	9
Çizelge 1.2. Farklı tip pedler için önerilen su akış debileri.....	11
Çizelge 4.1. Havanın pedden geçiş hızı ile doyurulma düzeyi için Varyans Analiz sonucu.....	34
Çizelge 4.2. Hava hızının doyurulma düzeyine etkisi için Duncan Test sonuçları.....	35
Çizelge 4.3. Havanın pedden geçiş hızı ile buharlaştırılan su miktarı için Varyans Analiz sonucu	38
Çizelge 4.4. Hava hızının buharlaştırılan su miktarına etkisi için Duncan Test sonuçları	39

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Evaporatif serinletme teorisi	2
Şekil 1.2. Pedli evaporatif serinletme teorisi.....	2
Şekil 1.3. Yapı üzerinde pedlerin yerleşimi	7
Şekil 1.4. Düşey pedli evaporatif serinletme sistemleri	8
Şekil 1.5. Yatay pedli evaporatif serinletme sistemleri.....	8
Şekil 3.1. CEL dek 7060-15 ped	25
Şekil 3.2. CEL dek 7060-15 pedinin farklı hava hızlarında yarattığı basınç düşmesi değerleri	26
Şekil 3.3. Deneme düzeninden birinin genel ölçüleri	27
Şekil 3.4. Deneme düzenlerinin yerleşimi.....	27
Şekil 3.5. Veri kayıt cihazı	28
Şekil 3.6. Hava hızı ölçüm cihazı.....	29
Şekil 4.1. Ölçüm yapılan günlerde dış ortam sıcaklığının değişimi.....	31
Şekil 4.2. Ölçüm yapılan günlerde dış ortam bağıl neminin değişimi	31
Şekil 4.3. Seçilen hava hızlarında 1. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi	32
Şekil 4.4. Seçilen hava hızlarında 2. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi	32
Şekil 4.5. Seçilen hava hızlarında 3. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi	33
Şekil 4.6. Seçilen hava hızlarında 1. günde buharlaştırılan su miktarı	36
Şekil 4.7. Seçilen hava hızlarında 2. günde buharlaştırılan su miktarı	36
Şekil 4.8. Seçilen hava hızlarında 3. günde buharlaştırılan su miktarı	37

1. GİRİŞ

Sıcak iklim koşullarında yaz aylarında sera, kümes, gibi kapalı tarımsal üretim alanlarında ortam sıcaklığı çok yüksek değerlere ulaşabilir. Bu durum, üretimi yapılan canlılarda ısı stresine neden olur. Buna bağlı olarak da, canlıların verimleri düşer, gelişme ve sağlıkları olumsuz yönde etkilenir. Bu tür yapılarda üretimin karlı şekilde devam ettirilebilmesi için ortam sıcaklığının o canlılar için uygun değerlere çekilmesi gerekir. Bu amaçla, çeşitli uygulama olanaklarından yararlanılabilir. Tarımsal üretim yapılarının hava hareketi olan yüksek ve çevresi açık yerlerde yapılması ve yapı içerisine güneş ışınlarının doğrudan girişinin önlenmesi için uygun gölgeliklerin oluşturulması bunlar arasında en basit olanıdır. Ancak, ortam sıcaklığının 30 °C' nin üzerine çıkması durumunda uygulamadan istenilen verim sağlanamayabilir.

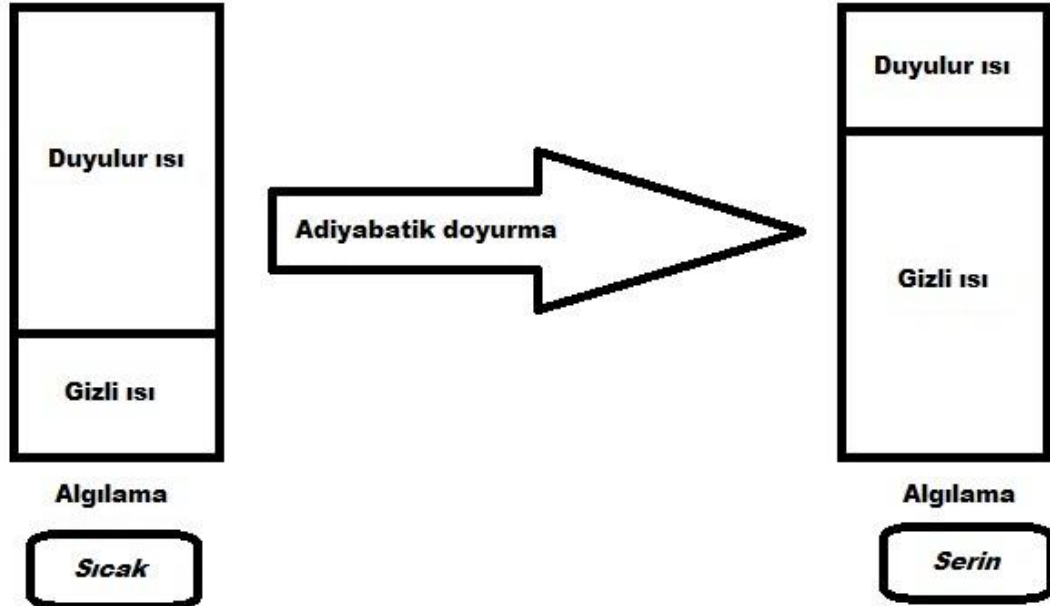
Çok sıcak iklim koşullarında, bu üretim yapılarında iç ortam sıcaklığının o canlılar için uygun olan sınırlara çekilmesinde, diğer bir uygulama yöntemi serinletmedir. Serinletme, iç ortam havasının duyulur ısısının yapı dışına atılması (Kompresyonlu soğutma) şeklinde olabileceği gibi, ortam havası duyulur ısısının gizli ısıya dönüştürülmesi (Evaporatif serinletme) şeklinde de olabilir.

Ekonomik nedenlerle, kapalı tarımsal üretim yapılarında ortam sıcaklığının düşürülmesi 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 birçok araştırmacılar tarafından bildirilmektedir.

1.1. Evaporatif Serinletme Teorisi

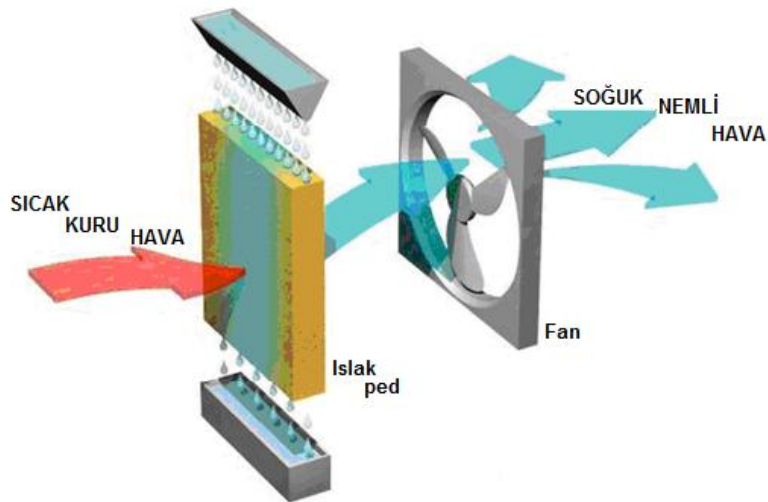
Isı transferine karşı yalıtılmış kapalı bir ortamdaki doymamış hava sistem olarak düşünülün. Bu doymamış hava içerisine küçük damlacıklar şeklinde su püskürtüldüğünde bu su damlacıkları buharlaşır. Buharlaşmaya bağlı olarak ortam havasının duyulur ısısı suyun buharlaşmada gizli ısıya (buharlaşma gizli ısısına)

dönüşür. Ortam havasının azalan duyulur ısısı nedeniyle kuru termometre sıcaklığı düşer (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Evaporatif serinletme teorisi

İşlem sırasında sistem dış ortamla ısı alışverişinde bulunamayacağı için (yalıtıldığı için), sistemin toplam ısısı değişmez. İşlem duyulur ısıнын gizli ısıya dönüştüğü basit bir adiyabatik işlemdir(Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Pedli Evaporatif Serinletme Teorisi

1.2. Evaporatif Serinletme Sistemleri

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

Su püskürtmeli sistemlerde, su küçük damlacıklar şeklinde serinletilecek ortama püskürtülür. Oluşturulan bu damlacıklar ortamda buharlaşır. Buharlaşma esnasında, havanın duyulur ısısı, suyun buharlaşmasında gizli ısıya dönüşür ve hava soğur.

Su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemleri oluşturdukları damla çaplarına göre; dumanlama ($VMD = 10..30 \mu m$), sisleme ($VMD = 30..100 \mu m$) ve yağmurlama ($VMD > 100 \mu m$) olarak isimlendirilir(Tamer, 1990).

Dumanlama sistemleriyle oluşturulan damlacıkların çapı daha küçük olduğundan havada asılı kalma süresi daha fazladır. Bu nedenle de su damlacıkları yere düşmeye fırsat bulmadan buharlaşır. Dumanlama sistemi ortamın serinletilmesinde çok etkin olmasına karşın, sisleme sistemine kıyasla daha pahalıdır ve daha fazla bakım gerektirir. Dumanlama ve sisleme sistemleri, rüzgarlı ya da hava hareketinin olduğu yerlerde başarılı sonuç vermez. Bu nedenle de kapalı ortamlarda kullanılması önerilir.

Yağmurlama sisteminde, oluşturulan damla çapları daha büyüktür. Hava içerisine gönderilen (Püskürtülen) bu büyük çaplı su damlaları buharlaşmadan yere düşer. Buharlaşma tam gerçekleşmediği için de ortam havası soğumaz. Ancak, elde edilecek büyük çaplı damlalarla serinletilecek yüzeyler ıslatılır. Bu yüzeylerdeki suyun buharlaşması ile yüzey serinleme etkisi yaratılır.

Ortam havasının hareketli olması koşulunda hava içerisine püskürtülen su damlacıkları daha uzun süre yere düşmeden hava içerisinde askıda kalacağından sistemin etkinliği artar. Bu yüzden su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemlerinde hava hareketlendirici fanların kullanılması önerilmektedir(Tamer, 1990; Yıldız ve ark., 2010).

Evaporatif serinletme grubunda yer alan fan/pedli serinletme sistemleri, kümes ve sera gibi kapalı tarımsal üretim yapıları için önerilmektedir. Bu sistemde yer alan poroz yapılı pedler, yapının çatı veya duvarları üzerine yerleştirilir. Pedler

üst taraflarındaki delikli borularla damlatılan su ile sürekli ıslak tutulur. Bazen pedler, belirli açılarla konumlandırılmış memelerden su püskürtülerek de ıslatılabilir. Sistemin diğer elemanı olan fanlar ise, yapının kısa duvarlarına ya da ona bitişik uzun duvarlar üzerine yerleştirilir. Fanlarla (Aspiratörler ile) yapı içerisindeki hava dış ortama atılırken, iç ortamda oluşan düşük basıncın etkisiyle sıcak dış ortam havası pedlerden geçerek yapı içerisine girer. Bu geçiş sırasında ıslak ped yüzeylerinden bir miktar suyu da buharlaştırarak yapı içerisine girer. Bu buharlaşmaya bağlı olarak havanın duyulur ısısı, gizli ısıya dönüşür ve hava soğumuş olarak yapı içerisine alınır.

Evaporatif serinletme sistemlerinin performansı, buharlaştırılan su miktarına bağlıdır. Buharlaştırılan su miktarı arttıkça, daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanacağından sistemin performansı da o düzeyde artar. Bu da büyük oranda soğutulmaya çalışılan havanın, bağıl nem düzeyine bağlıdır. Hava bağıl nem düzeyi azaldıkça daha fazla suyun buharlaştırılmasına olanak yaratılacağı için sistemin performansı da o düzeyde artacaktır.

Evaporatif serinletme sistemlerinin performansının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik önerilmektedir. Ancak, su püskürtmeli evaporatif serinletme sistemlerinde eşitlikte yer alan sıcaklık değerlerinin ölçülmesi çok sağlıklı yapılamamaktadır. Bu nedenle bu eşitlik yalnızca pedli evaporatif serinletme sistemleri için önerilmektedir(ASAE, 1983; ASHRAE, 1983; Benham ve Wiersma, 1974).

$$h = \frac{t_{kd} - t_{ki}}{t_{kd} - t_{yd}} \cdot 100$$

Eşitlikte;

η = Serinletme etkinliği (%)

t_{kd} = Ped girişinde havanın kuru termometre sıcaklığı (°C)

t_{ki} = Ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığı (°C)

t_{yd} = Ped girişinde havanın yaş termometre sıcaklığı (°C) dır.

Yukarıdaki eşitlikte hesaplanan serinletme etkinliğinin değeri, pedin yapısal özellikleri yanında havanın ped içerisinden geçiş hızına, pedin ısıtılma homojenliğine, fanlar yardımıyla yaratılan iç ve dış ortam arasındaki statik basınç farkına ve pedin ıslak bölgelerinden geçirilen hava miktarına bağlıdır.

Pedlerin, içerisinden geçirilen hava akımına karşı gösterdiği direnç minimum düzeyde olmalıdır. Bu direnç, pedlerin yapısal özellikleri ile birlikte havanın pedlerden geçiş hızına da bağlıdır. Havanın pedlerden geçiş hızı arttıkça pedler, içerisinden geçirilen havaya karşı daha fazla direnç gösterir. Başka bir deyişle daha fazla statik basınç düşmesine neden olur(ASAE, 1983; ASAE, 1987).

1.3. Pedli Evaporatif Serinletme Sistemlerinin Yapısal Elemanları

1.3.1. Ped Malzemesi

Pedlerin yapımında ahşap, kağıt, metal, mineral, cam ve son yıllarda plastik ve çimento gibi malzemeler kullanılmaktadır. Her ne kadar ahşap ve kağıttan daha uzun ömürlü malzemeler bulunsun da, bunların çoğu suyun yüzey üzerinde dağılımını kolaylaştıracak özellikte değildir. Bu tür yüzeylerde su damlaları dağılmadan aşağı doğru hareket eder, dolayısıyla istenilenden daha küçük bir ped yüzey alanını ıslatmış olur.

Aspen (kavağa benzer ağaç) testere talaşı ya da yongası, ped yapımı için en uygun malzemeler olarak önerilmektedir. Ancak, çürümelere karşı diğer ped malzemelerine kıyasla daha dayanıklı olsalar da şekilsel bozulmaların meydana gelmesi önemli bir problemdir. Bu malzemelerden yapılan pedlerin sezon ortasında temiz su ile yıkanması (ped üzerinde biriken tozlardan arındırılması) ve pedlerin çökme olan yerlerinin onarılması ile pedlerin etkinliklerinin korunabileceği ve ömürlerinin uzatılabileceği bildirilmektedir.

Sert pedler, polivinil klorid (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 düzenlemelerde yapılırken, kağıt pedlerde çapraz akış tercih edilmektedir. Bu

pedlerin kalınlıkları 10..30 cm aras ında değişir. Birim yüzey alanı başına fiyatları, talaş ve yonga pedlere göre daha pahalıdır. Ancak, bu pedlerde daha yüksek hava hızları uygulanarak daha yüksek serinletme etkinliği elde edilir. Dolayısıyla daha küçük ped yüzey alanından daha fazla sıcaklık düşmesi sağlanabildiği bildirilmektedir. Ayrıca bu pedler, her yıl değiştirilmesi önerilen aspen pedlere göre daha uzun ömürlüdür(Yıldız ve ark., 2010).

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 biçimde seğilmesidir. Ped yüzey alanının küçük seğilmesi, havanın pedden geçiş hızını artırır. Böylece hem serinletme sisteminin etkinliği azalır, hem de fanlar daha yüksek statik basınç farkı değerinde çalışacağı için, havalandırma debileri düşer.

Ped yüzey alanının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılır;

$$A = \frac{V}{v}$$

Eşitlikte;

A = Birim 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 geçirilen havanın ped yüzeyi ile temas süresini artırırken, pedin hava akımına karşı göstereceği direnci de artırır. Bununla birlikte hava, pedin iğinden geçerken buhar basıncı farkı (ped içerisinden 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 su akış debisini ve pedin iğinden geçen hava akımına göstereceği direnci artırır.

Pedler düşey ve yatay olarak konumlandırılabilir. Düşey olarak konumlandırılan pedler zamanla ped malzemesinin aşağı katmanlara doğru birikerek ped yoğunluğu değişebilir. Bu durumda ped üzerinde havanın kolayca geçebileceği yarık ve delikler oluşur, böylece sistemin serinletme etkinliği düşer.

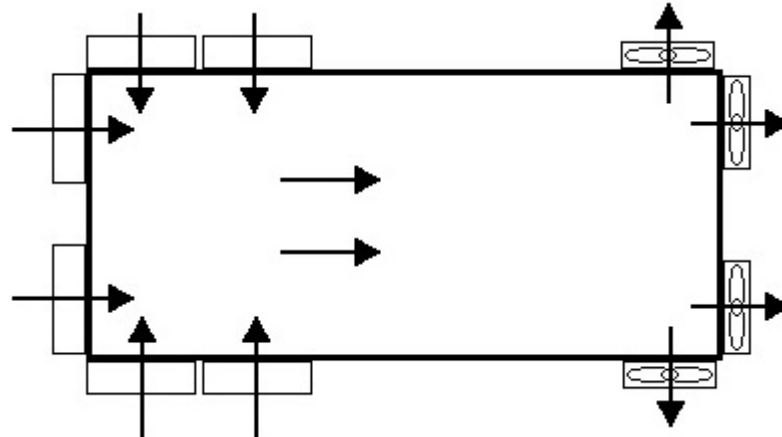
Ped kalınlığı ve yoğunluğu uygun biçimde seçildiğinde istenen doyma etkinliğine dolayısıyla, tüketilen enerji başına en yüksek serinletme etkinliğine ulaşılabilir.

Pedler yatay olarak konumlandırıldığında kalınlık ve yoğunluklarının fazla önemi yoktur. Yatay tel ızgaralar üzerine ped malzemelerinin belirli bir kalınlıkta serilmesi yeterlidir.

1.3.3. Pedlerin Konumlandırılması

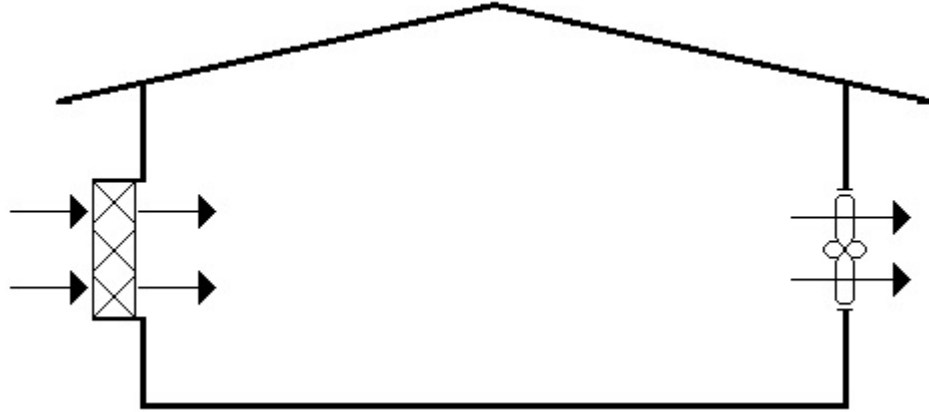
Tarımsal uygulamalarda pedler ya çatı mahyasına ya da duvarlar üzerine yerleştirilebilir. Çatı mahyasına konumlandırılan ped düzenekleri uygulamada yaygın olmamakla birlikte en yaygın uygulama şekli, pedlerin yapı duvarları üzerine yerleştirilmesidir.

Yapının duvarları üzerine yerleştirilen sistemlerde pedler, hakim rüzgarların yönü dikkate alınarak yerleştirilir. Pedler, fanların karşısına gelecek şekilde kısa duvar üzerine ya da bu kısa duvara bitişik olan iki uzun duvarlar üzerine yerleştirilir (Şekil 1.3).



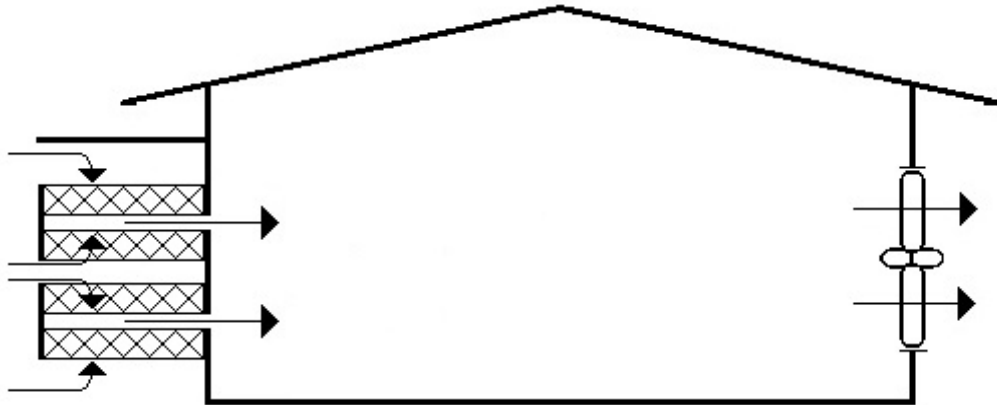
Şekil 1.3. Yapı üzerinde pedlerin yerleşimi

Pedler yapı üzerine yatay ve düşey olarak konumlandırılabilir. Düşey konumlandırma daha yaygın bir uygulamadır. Şekil 1.4`de düşey pedli bir evaporatif serinletme sisteminin yapı üzerine yerleşimi verilmiştir.



Şekil 1.4. Düşey pedli evaporatif serinletme sistemi

Tozlanmaya bağlı olarak pedlerde ortaya çıkan tıkanma problemleri, pedler yatay olarak konumlandırılarak büyük oranda aşılabilir. Şekil 1.5.`de yatay pedli evaporatif serinletme sistemi verilmiştir.



Şekil 1.5. Yatay pedli evaporatif serinletme sistemi

Yatay konumlandırmada, gevşek ped materyali, yatay olarak konumlandırılmış dokuma tel elek şeklindeki ağ sistemi üzerine belirli kalınlıkta dağıtılır. Pedlerin üzerine su, damlalar şeklinde değil, bir kenardan tüm ped üzerine püskürtülerek verilir. Bu işlem sırasında, püskürtme ile aynı zamanda pedlerin yıkanması (temizlenmesi) da sağlanmış olur. Pedlerden geçirilen hava (pedden aşağı

ya da yukarı doğru çekilen) 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.

1.3.4. Hava Hızı

Pedlerin farklı noktalarında havanın pedden geçiş hızı değişir. Bu nedenle ölçülmesi de zordur. Pratik ve kolay olması nedeniyle hava hızı ölçümlerinin, havanın pede giriş ve çıkış yaptığı noktalardan yapılması önerilmektedir. Ped yüzeyinde ölçülen bu hava hızı değerleri, havanın pedden geçiş hızı olarak kabul edilir. Hava hızı, ped yüzey alanının hesaplanmasında kullanılan basit bir tasarım parametresidir. Tipik 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; Yıldız ve ark., 2010)

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

Havanın pedden geçiş hızı, hava akımının ped içerisinde izleyeceği yolu belirlediği gibi, hava akımının ıslak yüzey ile temas süresini de etkiler. Çok düşük hızlarda, hava akışı laminar karakterlidir. Bu tip bir akışta, nemli ped yüzeyi ile temas eden çok az bir kalınlıktaki hava katmanı nem alma fırsatı yakalar. Hava hızı arttığında laminar akım tabakaları kırılacağından, akım türbülans karakter kazanır. Böylece daha fazla hava katmanı ıslak ped yüzeyi ile temas eder. Bu da havanın pedden geçerken daha fazla nem alması anlamı taşır.

Hava hızı yüksek olduğunda ($v > 1,5$ m/s) ıslak ped yüzeyi üzerindeki buharlaşmayan suyun, hava yardımı ile iç ortama taşınacağı da göz önünde bulundurulmalıdır.

1.3.5. Su Akış Debisi

Belirli kapasitedeki bir serinletme sistemi için doyma etkinliği, 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 olduğu durumlarda sistemin doyma etkinliği değişebilir. Bu sebeple, su sirkülasyon sisteminin pedi ıslatmak için su akış debisi belirlenirken o bölgedeki en ekstrem durumlar dikkate alınır.

Ped yüzeyindeki suyun sirkülasyon debisi, doyma seviyesinden daha az ise sistemin serinletme etkinliği hızla azalır. Böylece, ped ıslatma suyu akış debisinin az olmasından dolayı ped yüzeyinde suyun tamamı buharlaşır. Sirkülasyon suyu içerisindeki mineral maddeler ped üzerinde birikerek tıkanmalara neden olur. Diğer bir deyişle, ped ıslatma suyu akış debisinin çok düşük olması, suyun içerisindeki mineral maddelerin ped yüzeyindeki birikmesine neden olur. Bu durum da sonraki zamanlarda sistemin etkinliğinin büyük ölçüde azalmasına neden olur.

Pedler üzerinde su akışının fazla olması durumunda ped yüzeyindeki dalgali yapı su ile kaplanarak düz bir şekil alır. Bunun bir sonucu olarak da toplam ped yüzey alanını azaltır. Ayrıca, birbirlerine yakın ped gözeneklerinin olduğu yerlerde (küçük delikli pedlerde) ıslatma suyu gözenekler arasında köprüler oluşturarak hava ile temas eden ped yüzey alanını azaltır.

Ped yüzey alanının azalması hem sistemin etkinliğinin azalmasına hem de toplam soğutma kapasitesinin düşmesine neden olur.

Fazla su akış debisinin bu sakıncalarına karşın, özellikle yatay konumlu pedlerde, bir anlamda yıkama işini gerçekleştirerek, pedlerin toz, tuz ve diğer mineral çökeltileri ile tıkanmalarını önlemek gibi bir yararda 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 (ASAE, 1983; Yıldız ve ark., 2010)

Ped Tipi	En Düşük Su akış Debisi (L/min-m)	En Düşük Su Deposu Kapasitesi (L/m²)
50..100 mm kal ınlığında aspen fiber	4	20
50..100 mm kal ınlığında aspen fiber (Kurak iklim koşulları için)	5	20
100 mm kalınlığında oluklu selüloz	6	30
150 mm kalınlığında oluklu selüloz	10	40

Düşey konumlu ve farklı kalınlıktaki aspen pedlerle yapılan çalışmalarda, 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 1 m ped uzunluğu başına 6 L/min su sirkülasyon debisinin yeterli olduğu bildirilmiştir (Welchert ve Wiersma; ASAE, 1983`den). Yatay ve düşey olarak konumlandırılmış aspen pedlerde 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/min-m² olarak dikkate alınabileceği bildirilmiştir (Benham ve Wiersma, 1974; ASAE 1983`den). Ped yapımcısı bazı kuruluşlar tarafından yatay olarak konumlandırılmış, selüloz esaslı oluklu pedler için 6 L/min-m<sup>2</sup> su akış debisinin yeterli olduğu, ped genişliğinin 2 m`den fazla olması durumunda bu değerin %10..20 oran ında arttırılabileceği bildirilmiştir. Çimento kaplamalı pedler için ise, birim ped yüzey alanı başına 7,2 L/min-m² su akış debisini önerilmiştir.

Pedlerin ıslatılması için gerekli su akış debisi, pedlerden buharlaştırılan su miktarı dikkate alınarak kabaca hesaplanabilir. Bunun için pedlerin kullanılacağı bölgelerde yapılacak denemelerle birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su miktarları belirlenir. Deneysel olarak bulunan değerin 3..7 kat ı alınarak pedlerin ıslatılması için gerekli su akış debisi belirlenebilir.

1.3.6. Su Deposu

Selüloz esaslı bir evoparatif serinletme sistemlerinde suyun dikkatli kullanılması ve çalışma süresince pedlerin ıslak tutulması bağlamında serinletme sistemlerinde bir su deposuna gerek duyulmaktadır. Kullanılacak deponun hacmi, pompanın özellikleri, ped tipi ve artık su debisine bağlıdır. Bununla birlikte farklı tipteki pedler için önerilen su deposu kapasiteleri Çizelge 1.2`de verilmiştir.

Pompa aracılığıyla pedler üzerine gönderilen suyun fazla olan kısmı, buharlaşmadan pedlerin alt tarafındaki depoda toplanır. Bu fazla su, ped yüzeyinden aşağı doğru akarken buharlaşmaya bağlı olarak suyun içerisindeki mineral maddelerin ped üzerine birikmeden depoya taşınmasını sağlar. Fazla su debisi, kullanılan suyun mineral madde içeriğine bağlıdır. Depoda biriken suyun mineral madde içeriği, çalışma süresine bağlı olarak artış gösterir. Depoların uzun süre temizlenmemesi durumunda sirkülasyon suyundaki mineral madde konsantrasyonu istenmeyen düzeye ulaşır. 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.

Çukurova Bölgesinde hava sıcaklığı, yaz döneminde (Haziran..Eylül) uzunca bir süre 30°C ve üzerine çıkabilmektedir. Kapalı ortamlarda bulunan bitki, hayvan ve insanların performansları bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durumun önlenmesi için çeşitli soğutma sistemlerinden yararlanma olanakları vardır. Ancak, işletme giderlerinin düşük olması, ortama sürekli taze ve temiz hava gönderilmesi gibi nedenlerle evoparatif serinletme sistemleri daha fazla tercih edilmektedir. Evoparatif serinletme sistemlerinden etkin biçimde yararlanabilmenin ilk koşulu, kullanılacak bölgede hava bağıl neminin düşük olmasıdır. Aynı zamanda

bu sistemler, nemli bölgelerde hava sıcaklığının yüksek olduğu saatlerde de kullanılabilir.

Nemli ve sıcak iklim kuşağında yer alan Çukurova Bölgesinde bazı kapalı çalışma alanları yanında, sera ve kümes gibi tarımsal üretim yapılarında da evaporatif serinletme sistemleri kullanılmaktadır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Pedli evaporatif serinletme sistemleri ve bu sistemlerin tarımsal üretim alanlarındaki uygulamalarına ilişkin bazı çalışmalar aşağıda özetle belirtilmiştir.

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

Çalışmada optimum değerler olarak ped kalınlığı için 7,5 cm ve havanın ped içerisinden geçiş hızı için 1,02 m/s değerleri belirlenmiştir. Ayrıca, pedlerin yatay olarak konumlandırılması ile serinletme etkinliğinin yaklaşık %5 oranında arttığı bildirilmiştir.

Buffington ve ark. (1978), yaptıkları bir çalışmada dört farklı malzemeden yapılmış pedler, serinletme etkinlikleri bakımından kıyaslanmıştır. Çalışmada, 2,5 cm kalınlığında kavak talaşı, 2,5 cm kalınlığında kauçuklaştırılmış domuz kılı, 2,5 cm kalınlığında çimento karıştırılmış şeker kamışı posası ve biri 10 cm, diğeri 15 cm kalınlığında selüloz esaslı oluklu malzemeden yapılmış olmak üzere beş adet farklı ped kullanılmıştır. Havanın ped içerisinden geçiş hızı 0,75 m/s olarak sabit tutulduğu çalışmada çimento karışımı şeker kamışı posasından yapılmış pedden en yüksek serinletme etkinliği elde edilmiştir. Bunu ikinci sırada selüloz esaslı ped ve en düşük serinletme etkinliği ise kauçuklaştırılmış domuz kılından yapılan pedde elde edildiği belirlenmiştir.

Timmos ve ark. (1981), Kuzey Karolina' daki bir kümeste pedli evaporatif serinletme sisteminin kullanıldığı iki yaz dönemini kapsayan çalışma sonucunda, serinletme etkinliğini %82 olarak belirlemişlerdir.

McNeill ve ark. (1983), ABD' nin orta güney bölgesindeki bir domuz barınağında yaptıkları çalışmada, serinletilmesinde kullanılan pedli evaporatif serinletme sisteminin serinletme etkinliği ile teorik hesaplanan serinletme etkinliği karşılaştırılmıştır. Barınağın bir kısa duvarı üzerinde 91,4 cm çapında tek hız kademeli fan (aspiratör), karşı kısa duvar üzerinde ise 1,47x4,57 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/min) ve havanın pedden geçiş hızı 0,65 m/s olarak belirlenmiştir. Pedlerin ıslatılmasında kullanılan suyun akış debisi, yapımcı kuruluşların önerileri doğrultusunda 28,4 L/min olarak alınmıştır. Termohigrograflarla ped girişi, ped çıkışı ve fan girişi olmak üzere üç farklı noktada hava sıcaklık ve bağıl nem değerleri ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda; dış ortam sıcaklığının 36,1..39,4 °C gibi çok yüksek değerlere ulaştığı dönemlerde dış ortam hava bağıl neminin %26..36 arasında değiştiği, bu dönemde serinletme etkinliği %85 olan bir evaporatif serinletme sistemi ile hava sıcaklığında 11..13 °C' ılık sıcaklık düşmelerinin sağlanabildiği belirlenmiştir

Dış ortam 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 hava bağıl nem değerleri ped çıkışında %86..100 arasında, fan çıkışında ise %63..78 arasında değiştiği ölçülmüştür.

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. Ped için yapımcı kuruluş tarafından bildirilen özelliklere (havanın pedden 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.

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 sağlamak için bir çalışma yapmışlardır. ABD' nin güney doğu bölgesinde yürütülen bu çalışmada, 24,4 m uzunluğunda; 7,9 m genişliğinde olan bu 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, 30x40 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. Pedlerden geçen havanın kümes içerisine girişi, kümesin kanala bitişik uzun duvarları üzerindeki açıklıklardan

sağlanmıştır. Deneme kümesi için hava kanalı ve hava giriş açıklıkları oluşturulurken, yüksek serinletme etkinliğinin sağlanabilmesi için havanın pedlerden geçiş hızının olabildiğince düşük olması, kümes içerisine giren serin 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 bölgesi olarak ayrılan kümes doğal havalandırılmalı olup, uzun duvarlar üzerindeki havalandırma açıklıkları elle açılıp kapanan pedlerle donatılmıştır. Bu bölmede, karıştırma fanları hava hareketini sağlamıştır. 1981 yılında iki üretim dönemini kapsayan denemeler sonucunda ortalama değerler olarak serinletme etkinliği %80, havanın kanaldan kümes içerisine giriş hızı 3,1 m/s, kümes içerisinde ve tavuklar seviyesindeki havanın hızı 0,9 m/s olarak gerçekleşmiştir. Bunun dışında değerlendirmede, pedler ve su deposunda gölgeleme yapılmaması durumunda, serinletme etkinliğinde %15 ve üzeri düzeylerde azalmalar olabileceği belirlenmiştir.

Koca ve ark. (1991), ticari anlamda değişik özelliklerde evaporatif serinletme pedlerinin bulunduğu, ancak pedlerin serinletme etkinliği, statik basınç düşmesi gibi performans özellikleri konusunda yeterli bilgi olmadığını bildirmişlerdir. Performans özellikleri belirlenirken bir deneme düzeni geliştirilmiştir. 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.

Çalışmada selüloz esaslı üç farklı pedin denemesi yapılmıştır. Bunlardan birisi 10 cm kalınlığında ve oluk açıları 45°x45°, diğeri 15 cm kalınlığında ve oluk açıları 45°x45° ve sonuncusu 15 cm kalınlığında ve oluk açıları 30°x30°' dir. Ele alınan pedlerde, havanın pedlerden geçiş hızına bağlı olarak meydana gelen basınç düşmesi ve serinletme etkinliği değerlerinin değişimi incelenmiştir. Yapılan denemeler sonucunda 0,5 ve 24 saat kullanılmış pedlerde yinelenerek, ped kullanım yaşına bağlı olarak hava akımında yaratılan basınç düşmesi ve serinletme etkinlik değerlerinin değişimi incelenmiştir.

Deneme sonucunda ulaşılan bilgiler; geliştirilen deneme düzeni, pedlerin serinletme etkinliği ve hava akımına karşı gösterdiği direnç değerlerinin belirlenmesinde yeterli olup, duyarlılık düzeyi yaklaşık %2,5' dir.

Oluk açısı 45°x45° olan pedlerde 1,5..2,5 m/s hava hızlarında ölçülen statik basınç düşmesi değerinin 17..77 Pa aralığında değiştiği, oluk açıları 30°x30° olan pedlerde, normal çalışma hızları için önerilen hava hızlarında statik basınç düşmesi değerinin 22..30 kPa arasında değiştiği görülmüştür.

Oluk açısı 45°x45° olan pedlerde, normal çalışma koşulları için önerilen hava koşullarında, serinletme etkinliğinin %73..90 arasında değiştiği görülmüştür. Oluk açısı 45°x45° olan ve 15 cm kalınlığındaki pedde hesaplanan serinletme etkinliğinin 30°x30° oluk açısında ve 15 cm kalınlığındaki pede kıyasla %3..10 daha büyük olduğu bulunmuştur.

Genceli (1993), uygulamada yer alan evaporatif serinletme sistemlerinin özellikleri ve kullanım alanları konusunda hazırladığı makalesinde, bu sistemlerin konfor iklimlendirilmesi yanında tekstil fabrikalarında, güç santralleri, dökümhane ve fırın gibi yüksek sıcaklıkta çalışan ortamlarda uygun koşullarının oluşturulmasında geniş uygulama alanı bulunduğu bildirilmiştir. Ayrıca makalede, bu sistemlerinin yaş termometre sıcaklığının 24°C' nin altında, kuru termometre sıcaklığının 32°C' nin üstünde olduğu yerlerde başarılı biçimde kullanılabildiğini, doğru bir sistemin seçilebilmesi için ayrıntılı bir mühendislik çalışmasının yapılabilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Dağtekin ve Yıldız (1996), Çukurova Bölgesinde kümes içi sıcaklık problemlerinin 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 sistemlerinde 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' lik 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 2,5m uzunluğunda ve enine kesiti 1,3x1,3 m olan bir kanalda yapılmıştır. Kontrplaktan yapılan kanalın bir ucuna 47 cm çapında ve 62,3 m³/min havalandırma debisinde bir aspiratör, diğer ucuna ise ped yerleştirilmiştir. Denemelerde 10,2 cm kalınlığında 0,9x0,9 m yüzey alanına sahip Munters firması tarafında yapılıp pazarlanan ve CELdek olarak isimlendirilen selüloz esaslı bir ped kullanılmıştır. Deneme düzeni, termostat kontrollü bir ısıtıcı ile ortam sıcaklığının istenilen değerlerde tutulabildiği bir odaya yerleştirilmiştir. Denemelerde üç farklı hava sıcaklığı (32°C, 35°C ve 38°C) ve 10°C..50 °C arasında değişen sekiz farklı su sıcaklığında (yaklaşık 5,5°C' lik artışlarla) yapılmıştır. Denemeler sırasında havanın pedden geçiş hızı 1,24m/s ve ped ıslatma suyu debisi 6,8L/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 artışa (yaklaşık 5,5°C) bağlı olarak ped çıkışında havanın kuru termometre sıcaklığının 2,2°C, bağıl nemin %3,2 ve pedde buharlaşan su miktarının %73 oranında arttığı, buna karşın serinletme etkinliğinin %16 oranında düştüğü belirlenmiştir.

Dağtekin ve ark. (1998), tarafında 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 kokuşmalara karşı dayanıklı olması nedeniyle fındık kabuğundan yapılan pedlerin de kullanılabileceğini 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), ABD ve AB ülkelerinde yaygın olarak kullanılan evaporatif serinletme sistemlerinin çevre kirliliği yapmaması, ilk yatırım ve işletme giderlerinin düşük olması, serinletilecek ortama sürekli taze havanın gönderilmesi gibi avantajları nedeniyle, bu sistemlerden en yüksek düzeyde yararlanılabilmesi için serinletilecek dış ortam havasının bağıl nem değerinin olabildiğince düşük olması gerektiğini hazırladıkları makalede 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 alıcılarının kullanıldığı

konuların yer aldığı makalede Desesif-Evaporatif serinletme (DES) olarak adlandırılan ve havanın nemi alındıktan sonra evaporatif serinletme işleminin uygulandığı bu sistemlerinin ülkemizde de yaygınlaşması gerektiği vurgulanmıştır. Hava neminin alınmasında kullanılan katı ve sıvı nem alıcılarının özelliklerinin yer aldığı makalede, DES sistemlerinin çalışma özellikleri psikrometrik çizelgeler yardımıyla açıklanmıştır.

Uğurlu ve Kara (2000), gerçekleştirdikleri bir çalışmada, ticari boyutta üretim yapılan bir kümesteki pedli evaporatif serinletme sistemlerinin bazı performans özellikleri belirlenmiştir. Taban alanı 70x17 m ve yan duvar yüksekliği 5,4 m olan kümesin uzun yan duvarı üzerinde, 12'şer adet ped bulunmaktadır. Pedler 120x180x10 cm boyutlarında olup, kimyasal katkıli selülozik malzemeden yapılmıştır. Kümesin kısa duvarları üzerinde ise her biri 40000 m³/h kapasiteli, 4' er adet fan (aspiratör) bulunmaktadır. Temmuz..A ğustos aylarını kapsayan çalışmada pedlerden geçirilen dış ortam havasının sıcaklığında 4,2..16,2 °C (ortalama 10,6°C) arasında değişen düşmelerin sağlandığı, sistemin serinletme etkinliğinin ise %77..92 (ortalama %87,5) arasında değiştiği belirlenmiştir.

Cruz ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada üç farklı ped materyalinin, farklı sıcaklık ve hava hızlarında serinletme etkinliklerini Evora/Portekiz' de değerlendirmişlerdir. 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), yaptıkları bir çalışmada, Çukurova Bölgesinde bir broiler kümesindeki pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özelliklerini iki farklı hava hızında incelemişlerdir. Ele alınan serinletme sisteminin kullanım yaşı 5 yıl olup, ped tipi çimento katkılidir. 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 etkinliğini %70, sağlanan en yüksek sıcaklık düşmesi 10°C olarak belirlenmiştir.

Kaydar ve Yıldız (2007), Çukurova Bölgesinde evaporatif serinletme sistemi bulunan bir etlik piliç kümesinde, sistemin serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerlerini incelemişlerdir.

15000 baş kapasiteli kümeste yürütülen çalışmada havanın pedden geçiş hızı 1,41 m/s olarak belirlenmiştir. Temmuz..A ğustos döneminde yapılan ölçüm sonuçlarına göre ortalama değerler olarak serinletme etkinliği %71,3; pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme 5,0°C ve pedi geçen havanın bağıl ne değeri (doyma düzeyi) %86 olarak belirlenmiştir.

Kocatürk ve Yıldız (2007), yaptıkları bir çalışmada Çukurova Bölgesi koşullarında selüloz esaslı bir evaporatif serinletme pedinin farklı hava hızlarında bazı performans özellikleri belirlenmiştir. Çalışmada havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s değerleri seçilmiş olup ped ıslatma suyu akış debisi (4 L/min-m) sabit tutulmuştur. Haziran..Eylül dönemini kapsayan çalışmada serinletme etkinliği, yaratılan sıcaklık düşmesi ve buharlaştırılan su miktarları değerlerinin değişimi incelenmiştir. Çalışma sonunda, seçilen hava hızlarında ortalama değer olarak serinletme etkinliğinin % 77,00..83,71; sağlanan sıcaklık düşmesinin 5,59..6,71 °C; ve buharlaştırılan su miktarının 0,078..0,210 L/min-m² arasında değiştiğini belirlemiştir.

Öz (2007), yaptığı bir çalışmada, pedli evaporatif serinletme sistemlerinin Isparta yöresi seralarında kullanılabilirliğini irdelemiştir. Sıcak yörelerde sera iç ortam sıcaklığının 40°C'ın üzerine çıkabildiği, bu düzeydeki sıcaklığın seralardaki bitki kalitesini ve çalışanların verimlerini azalttığı, bu durumun önlenmesi bağlamında pedli evaporatif serinletme sistemlerinin yaygın biçimde kullanıldığı bildirilen çalışmada, bu serinletme sistemleri ile Isparta koşullarında sera iç ortam sıcaklığının 10..12°C kadar azaltılabilirdiği belirlenmiştir.

Yıldız ve ark. (2007), Çukurova Bölgesinde pedli evaporatif serinletme sistemi bulunan bir etlik piliç kümesinde yaptıkları bir çalışmada, kümesin uzun eksen boyuncası hava sıcaklık değerinin değişimini incelemişlerdir. Çalışma, uzunluğu 70 m olan kümeste yapılmıştır. Ölçümler pedlerin önünde, kümesin ortasında ve fanların önünde olmak üzere üç noktada yapılmıştır. Ağustos..Eylül-2007 döneminde yapılan ölçüm sonucunda pedlerden geçirilen dış ortam havası

sıcaklığında 12°C' ye varan ve ortalama 5,6°C' lik düşmelerin sağlandığı, kümesin içerisine çekilen havanın kümesin uzun eksen boyunca ilerleyerek dış ortama atılma noktasında sıcaklığında en fazla 2°C ve ortalama 1,5°C' lik artışların olduğunu, bu dönemdeki bir artışın tavukların gelişimleri üzerine olumsuz etkisi olmayacağını bildirmişlerdir.

Dağtekin ve ark. (2009) Çukurova Bölgesindeki bir etlik piliç kümesinde yaptıkları çalışmada, kümeste yer alan pedli evaporatif serinletme sisteminin bazı performans özelliklerini incelemişlerdir. Temmuz..A ğustos döneminde tamamlanan deneme sonucunda, bu süreci temsil edecek biçimde seçilen 18; 19; 25; 29 Temmuz ve 3 A ğustos günlerine ilişkin ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bu günler için serinletme etkinliğini sırasıyla %69,2; %70,1; %69,4; %70,8 ve %72,0 olarak, pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerlerini ise 6,1°C; 7,3°C; 4,4°C; 5,0°C ve 5,9°C olarak hesaplamışlardır.

Dağtekin ve ark. (2010), yaptıkları bir çalışmada, selüloz esaslı bir evaporatif serinletme pedinde havanın pedden geçiş hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişkiyi ele almışlardır. Atölye koşullarında yapılan denemelerde, Munters firması tarafından üretilen bir ped (CELdek^R 7060-15) kullanılmıştır. Denemeler üç farklı hava hızında (0,5 m/s; 1,0 m/s ve 2,0 m/s) yapılmıştır. Ölçümler Haziran..Eylül arasında ve 6 dönemde tamamlanmıştır.

Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde II. dönem dışında hava hızı ile serinletme etkinliği arasındaki ilişki istatistiksel anlamda önemli ($p>0,01$) bulunmuştur. Hava hızı ile pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişki ise II. ve III. dönemler dışında istatistiksel anlamda önemli ($p>0,01$) bulunmuştur.

En yüksek serinletme etkinliği ve sağlanan sıcaklık düşmesi değerlerine 0,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında ulaşıldığı bildirilen çalışmada, bölge koşullarında pedli evaporatif serinletme sistemleri için havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5..1,0 m/s aralığındaki değerlerin seçilebileceği bildirilmiştir.

Erbil (2010), yaptığı bir çalışmada, Antalya ilinde sıcaklığın yüksek olduğu Temmuz, A ğustos ve Eylül aylarında fan-ped sistemi yardımıyla sera içi sıcaklıkların

bitkiler için önerilen düzeylere indirilmesine çalışılmıştır. Araştırmada kontrol serası ve fan-ped serinletmeli sera olarak iki tip seradan yararlanılmıştır. Araştırma boyunca kontrol serası iç ortam sıcaklığının 45°C ' ye kadar çıktığı gözlenmiştir. Bu durum bitki yetiştiriciliği bakımından çok yüksek bir sıcaklıktır. Sera iç sıcaklıklarının üretim için uygun olan değerlere indirilmesinde doğal havalandırmanın yetersiz kalması özel serinletme uygulamalarına başvurulmuştur. Serada doğal havalandırmayla ulaşılabileceklerden daha düşük iç ortam sıcaklığı istenildiğinden, seraya giren havanın sıcaklığını azaltmak ve oransal nem değerini artırarak bitki su stresini önlemek için, nemlendirmeli serinletme sistemi kullanılmıştır. Özellikle Antalya gibi sıcak iklim bölgelerinde fan-ped sistemi ile iç ortam sıcaklığı 7 ile 14°C ' ye kadar düşütülebileceği belirlenmiştir.

Dağtekin ve ark. (2011), yaptıkları bir çalışmada, selüloz esaslı bir evaporatif serinletme pedinde (CELdek^R 7060-15), havanın pedden geçiş hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Atölye koşullarında yapılan denemeler 2 dönemde tamamlanmıştır. Havanın pedden geçiş hızı olarak birinci dönemde $0,5$ m/s; $1,0$ m/s ve $1,5$ m/s değerleri, ikinci dönemde ise $0,75$ m/s; $1,25$ m/s ve $1,75$ m/s değerleri seçilmiştir.

Araştırmacılar çalışma sonucunda, seçilen hava hızlarında hava hızı ile serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme arasında matematiksel bir ilişkinin kurulamadığını, ancak, havanın pedden geçiş hızı olarak $0,5$ m/s ve $1,5$ m/s arasındaki bir değer seçilebileceğini bildirmişlerdir.

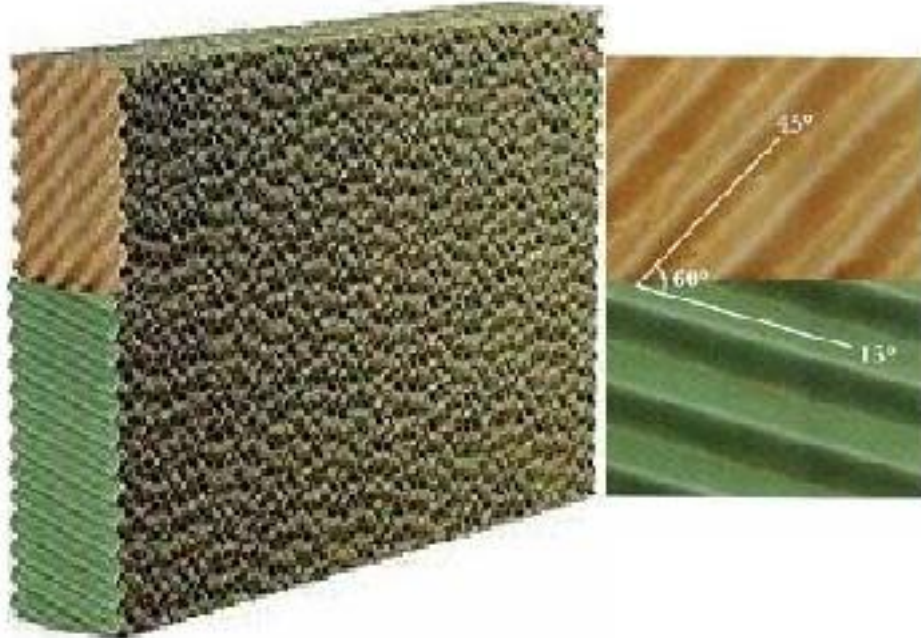
Literatür özetlerinde görüleceği üzere, pedli evaporatif serinletme sistemleri konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda daha çok değişen hava hızı ve su akış debisi koşullarında sisteme ilişkin serinletme etkinliği ve pedi geçen havanın sıcaklığında sağlanan düşme değerleri incelenmiştir.

Bu çalışmada ise, ülkemizde sera ve kümes gibi tarımsal yapılarında hızla yaygınlaşan pedli evaporatif serinletme sistemlerinde ped ıslatma suyu akış debisi ile pedi geçen havanın doyurulma düzeyi ve buharlaştırılan su miktarları arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilecek bilgilerin gerek bu sistemleri tasarımıyla gerekse kullanan kişilere yardımcı olacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

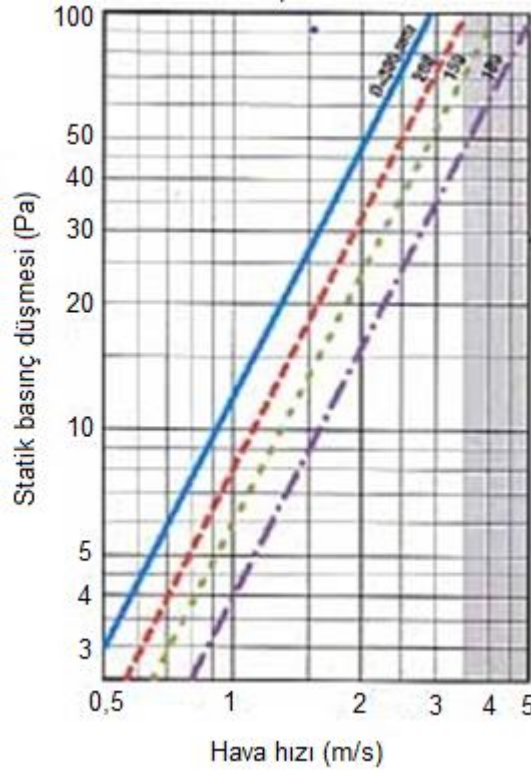
3.1. Materyal

Çalışmada Munters firması tarafından üretim ve pazarlaması yapılan **CEL dek^R 7060-15** tipi selüloz esaslı bir ped, materyal olarak kullanılmıştır. Çürümelere karşı korumalı olan pedin kalınlığı 10 cm olup, oluk açıları $45^{\circ} \times 15^{\circ}$ dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1.CEL dek 7060-15 ped (Munters, 2000)

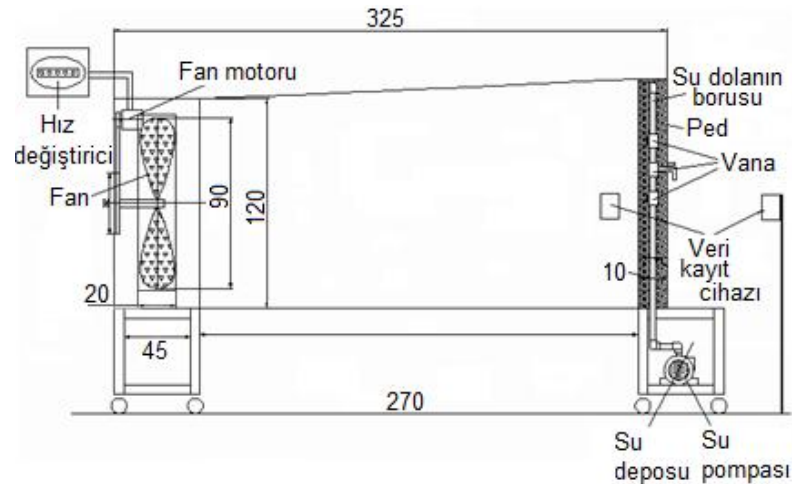
Selüloz esaslı bu pedler; 10, 15, 20 ve 30 cm kalınlıklarında imal edilmekte olup, içerisinden geçirilen hava akımına karşı gösterdikleri direnç (statik basınç düşmesi) değerleri Şekil 3.2' de verilmiştir. Katalog değerlerine göre çalışmamızda materyal olarak 10 cm kalınlığındaki pedin 0,5..4,0 m/s hava hızlarında meydana getirdiği basınç düşmesi yaklaşık 2..90 Pa arası nda değişmektedir.



Şekil 3.2.CEL dek 7060-15 pedinin farklı hava hızlarında yarattığı basınç düşmesi değerleri (Munters, 2000)

3.2. Metod

Denemeler Ç. Ü. Z. F. Tarım Makinaları Bölümü' nde, üzeri kapalı bir sundurma altında yapılmıştır. Çalışmada belirlenen amaç doğrultusunda geliştirilen üç adet deneme düzeni kullanılmıştır. Her bir deneme düzeni yaklaşık 2,5 m uzunluğunda bir kanaldan oluşmaktadır(Şekil 3.3). Metal destekli çatının buranda ile kaplanması şeklinde yapılan kanalın bir ucunda 1,2x1,2 m² yüzey alanında çerçeveli ped, diğer ucunda ise 95 cm çapında bir fan (EM-30 Munters) bulunmaktadır. Hava kapasitesi 15000 m³/h olan fana hareket 0,5 kW gücündeki elektrik motorundan verilmektedir. Hareket iletimi kayış kasnakla yapılmaktadır. Fan motoruna bağlı bir elektronik devir değiştirici ile fanın devri kademesiz olarak değiştirilebilmektedir. Bu olanak yardımıyla havanın pedden geçiş hızı istenilen değerlerde ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.3. Deneme düzeninden birinin genel ölçüleri



Şekil 3.4. Deneme düzenlerinin yerleşim

Kanalın bir ucundaki pedin alt kısmı su deposu şeklinde yapılmıştır. Depodaki su seviyesi şamandıralı bir vana ile kontrol edilmiştir. Depodan elektrik

motorlu bir pompa ile alınan su, pedin üst tarafındaki delikli borudan ped üzerine dökülmektedir. Pedde buharlaşmayan fazla su, pedin alt kısmındaki olukta toplanarak tekrar depoya geri dönmektedir. Padi ısılatmak amacıyla gönderilen suyun debisi, su dolanım sistemi üzerindeki 3 adet küresel vana ile ayarlanabilmektedir. Denemede su akış debisi yapımcı kuruluşun önerisi doğrultusunda 4L/min-m olarak seçilmiştir.

Denemelerde havanın pedden geçiş hızı olarak 0,5 m/s; 1,0 m/s ve 1,5 m/s olmak üzere üç farklı değer seçilmiştir. Bu değerler literatürde bildirilen 0,75..1,75m/s s nır değerler arasındadır.

Havanın pede giriş ve pedden çıkıştaki kuru termometre sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin ölçülmesinde HOB0 marka ölçme ve veri kayıt cihazları (HOB0 U12 Temp/Rh/2 External Data Logger) kullanılmıştır. Ölçüm için algılayıcılar pedin her iki tarafına (Havanın pede giriş ve çıkış yaptığı taraflara) ve yüzeylere yakın biçimde yerleştirilmiştir. Sıcaklık ölçüm aralığı -20..50 °C, nem ölçüm aralığı %5..90 olan cihazların duyarlılıkları $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ ve $\pm \%2,5$ olarak bildirilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Veri kayıt cihazı

Havanın pedden geçiş hızının ölçülmesinde $\pm 0,01$ m/s duyarlılıktaki portatif bir anemometre (OMEGA HHF710) kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Hava hızı ölçüm cihazı

Hava sıcaklığı ve bağıl nem değerleri 5 dakika aralıklarla ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Daha sonra ölçülen değerler bilgisayara aktarılarak değerlendirilmiştir. Havanın ped içerisinden geçiş hızı ise seçilen her bir çalışma konumunda ve bir kez yapılmıştır.

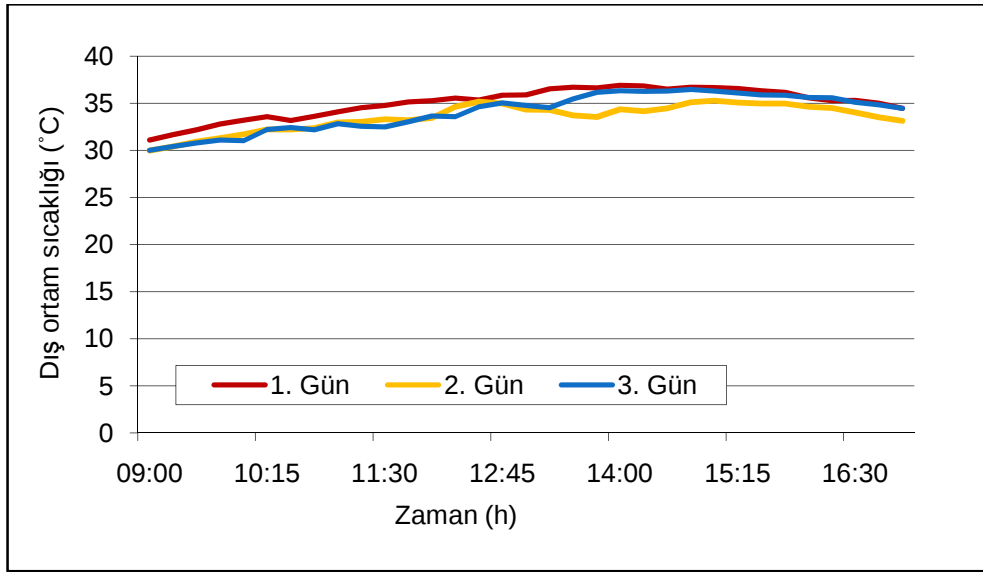
Denemeler Temmuz ayında gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme düzeni, 0,5; 1,0 ve 1,5 m/s hava hızı değerlerine ayarlandıktan sonra 4 L/min-m su akış debisinde 08:30..17:30 saatleri arasında ölçümler yapılmıştır. Olası ölçme hatalarının azaltılması bakımından ölçümler üç kez tekrarlanmıştır.

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 doyurulma düzeyi ve ped yüzeyinden buharlaştırılan su miktarı hesaplanmıştır. Padi geçen havanın duyurulma düzeyi ve buharlaştırılan su miktarlarının zamana bağlı olarak değişimleri grafik şekline getirilmiştir.

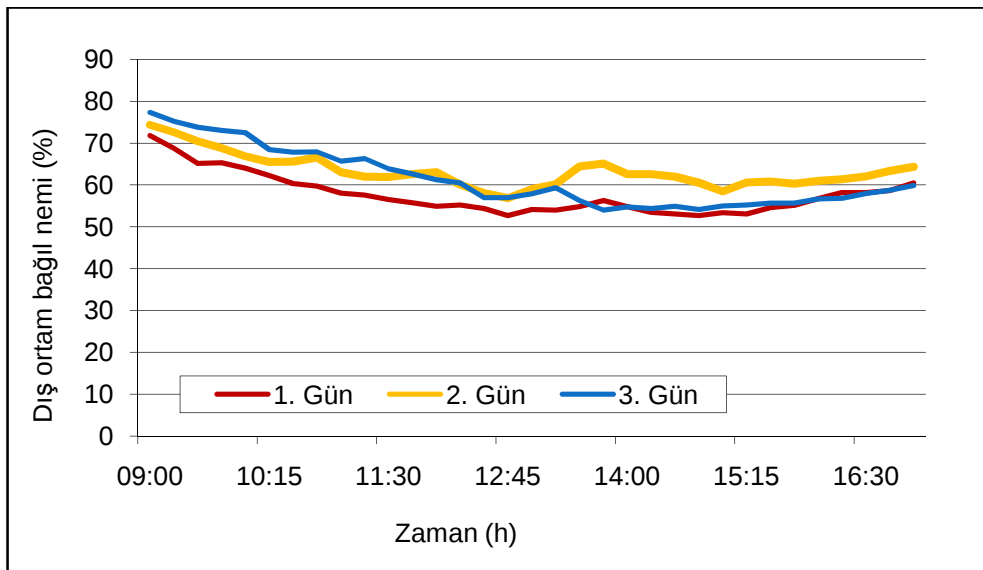
Daha sonra pedi geçen havanın doyurulma düzeyi ile havanın pedden geçiş hızı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla istatistiksel analiz yapılmıştır. Bu işlem hava hızı ile buharlaştırılan su miktarı için de tekrarlanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları çizelgeler şekline getirilerek yorumlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Denemeler Temmuz 2010 yılında, üç günde tamamlanmıştır. Ölçüm yapılan günlere ilişkin dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de verilmiştir.



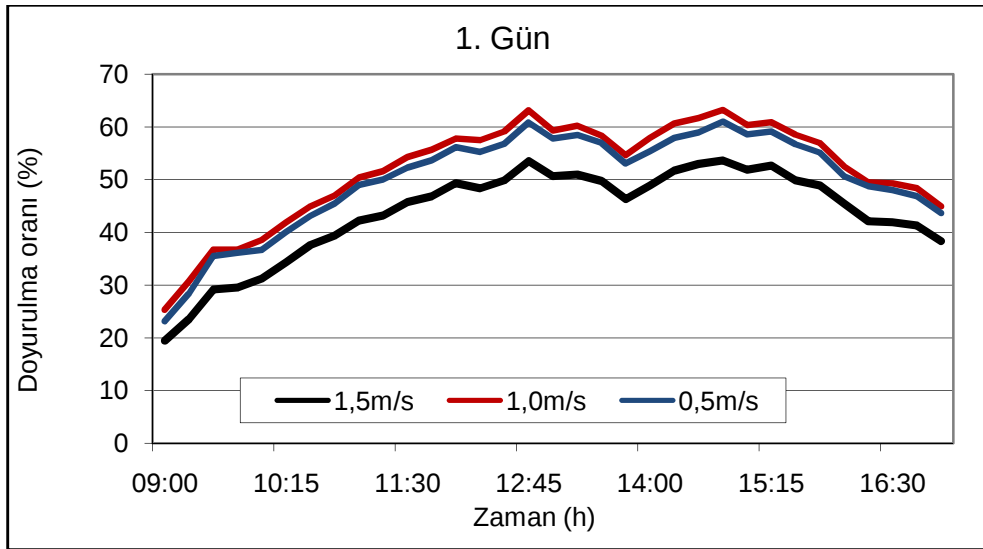
Şekil 4.1. Ölçüm yapılan günlerde dış ortam sıcaklığının değişimi



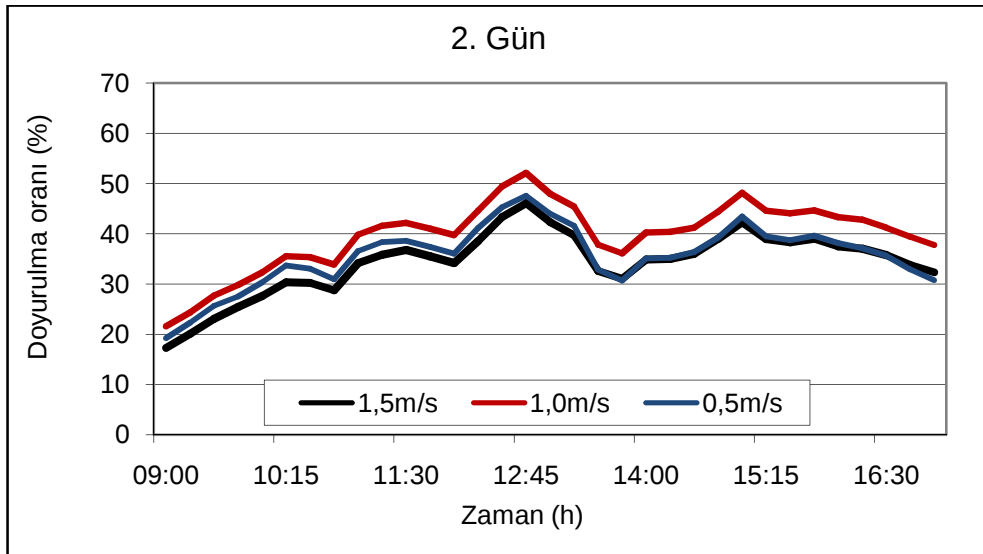
Şekil 4.2. Ölçüm yapılan günlerde dış ortam bağıl neminin değişimi

Ölçüm yapılan günlerde dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri 2. ve 3. günlerde birbirlerine yakın özellikte olmasına karşın, 1. günde sıcaklık değerleri 1...2 derece daha yüksek, buna bağlı olarak da bağıl nem değerleri ise yaklaşık %5 düzeyinde daha düşük gerçekleşmiştir.

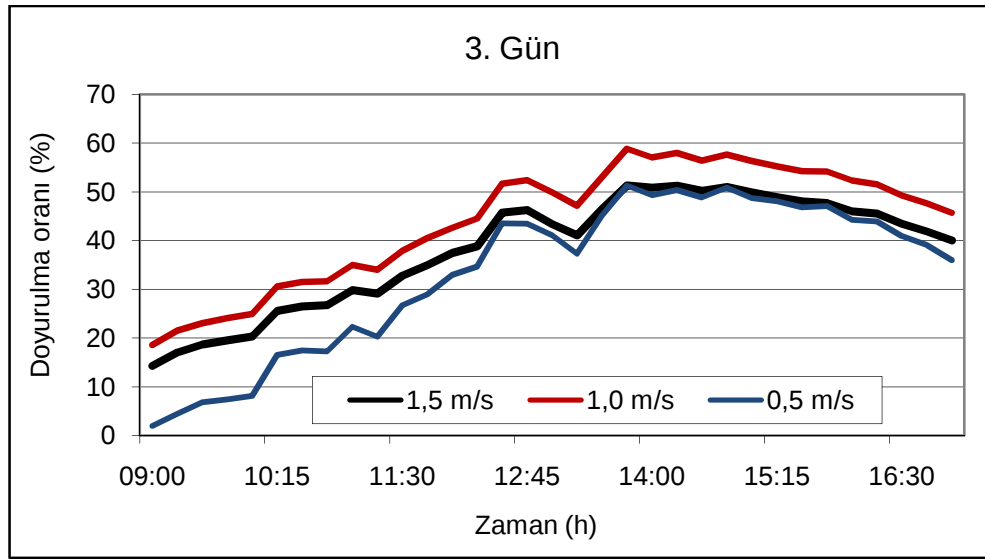
Seçilen hava hızlarında her üç deneme günü için hesaplanan pedi geçen havanın doyurulma düzeyleri Şekil 4.3; Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’ de verilmiştir.



Şekil 4.3. Seçilen hava hızlarında 1. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi



Şekil 4.4. Seçilen hava hızlarında 2. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi



Şekil 4.5. Seçilen hava hızlarında 3. günde pedi geçen havanın doyma düzeyi

Şekil 4.3; 4.4 ve 4.5’ de görüldüğü üzere, seçilen hava hızlarında pedi geçen havanın doyurulma düzeyleri benzer bir değişim göstermiştir. 1,0 m/s hava hızında pedi geçen havanın doyurulma düzeyi 1,5 m/s hava hızına göre daha yüksek bulunmuştur. Bu durum literatür bildirişleri ile uyumludur (ASHRAE, 1983; Yıldız ve ark., 2010). Havanın pedden geçiş hızı arttıkça, ped yüzeyindeki nemin buharlaşarak havaya karışması için yeterli zaman olmaz ve hava pedi tam olarak doymadan terk eder. 1,0 m/s ve 1,5 m/s hava hızlarında gerçekleşen durum doyurulma düzeyleri bu şekilde açıklanabilir.

Ancak, 0,5 m/s hava hızında doyurulma düzeyi en yüksek çıkması beklenirken 1. ve 2. günlerde 1,0 m/s ve 1,5 m/s hava hızlarında gerçekleşen değerlerin arasında yer alırken, 3. günde en düşük değerlerde gerçekleşmiştir. Literatür bildirişlerine ters düşen bu durumun 0,5 m/s hava hızında akış karakterinin diğer iki hava hızlarındaki akış karakterinden farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer bir deyişle, 0,5 m/s hava hızında, havanın pedden geçişinde akış karakterinin laminar, 1,0 m/s ve 1,5 m/s hızlarında ise türbülanslı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi, havanın pedden geçiş hızı, hava akımının ped içerisinde izleyeceği yolu belirler ve hava akımının ıslak yüzey ile temas süresini de etkiler. Çok düşük hızlarda, hava akışı laminar karakterlidir. Bu tip bir akışta, nemli ped yüzeyi ile temas eden çok az bir kalınlıktaki hava katmanı nem

alma fırsatı yakalar. Hava hızı arttığında laminar akım tabakaları kırılacağından, akım türbülans karakter kazanır. Böylece daha fazla hava katmanı ıslak ped yüzeyi ile temas eder. Bu da havanın pedden geçerken daha fazla nem olması anlamı taşır (Anonymous, 1983; Anonymous, 1987; ASHRAE, 1983; Yıldız ve ark., 2010).

Havanın doyurulma düzeyi ile havanın pedden geçiş hızı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla yapılan varyans analiz sonucu Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Havanın Pedden Geçiş Hızı İle Doyurulma Düzeyi İçin Varyans Analiz Sonucu

Ölçümler	Varyasyon katsayısı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması
1. Gün	Gruplar arası	2	604,253**
	hata	96	90,335
2. Gün	Gruplar arası	2	260,485**
	hata	96	42,704
3. Gün	Gruplar arası	2	930,010**
	hata	96	178,862

**: $P < 0,01$

Çizelge 4.1’ de görüldüğü üzere, 1.; 2. ve 3. günlerde hava hızının doyurulma düzeyine etkisi önemli çıkmıştır ($P < 0,01$). Dolayısıyla havanın pedden geçiş hızının, pedi geçen havanın doyurulma düzeyine olan etkisi ($P < 0,01$) önem düzeyinde önemli bulunmuştur.

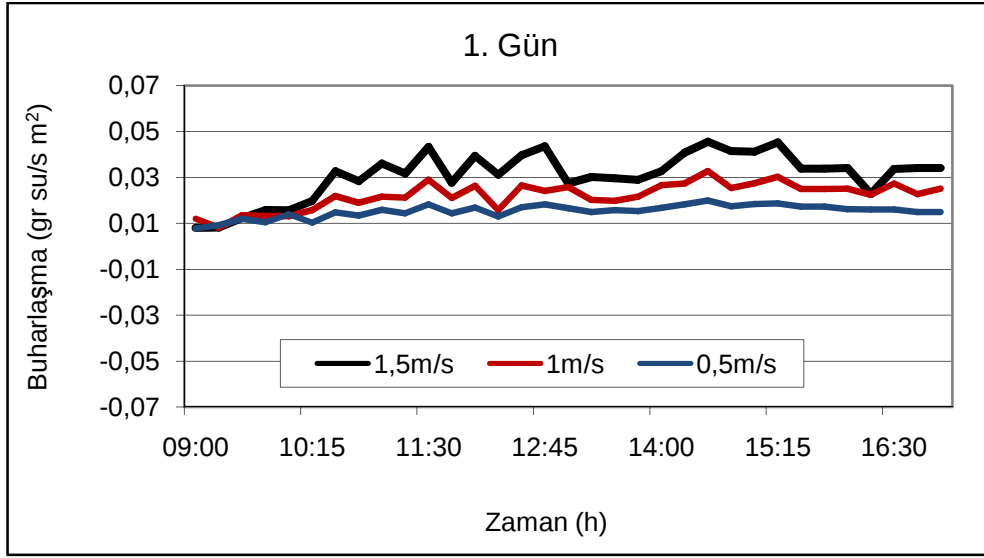
Hangi ortalamaların birbirinden farklı olduğunu tespit etmek için yapılan DUNCAN Testi sonuçları Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Hava Hızının Doyurulma Düzeyine Etkisi İçin DUNCAN Test Sonuçları

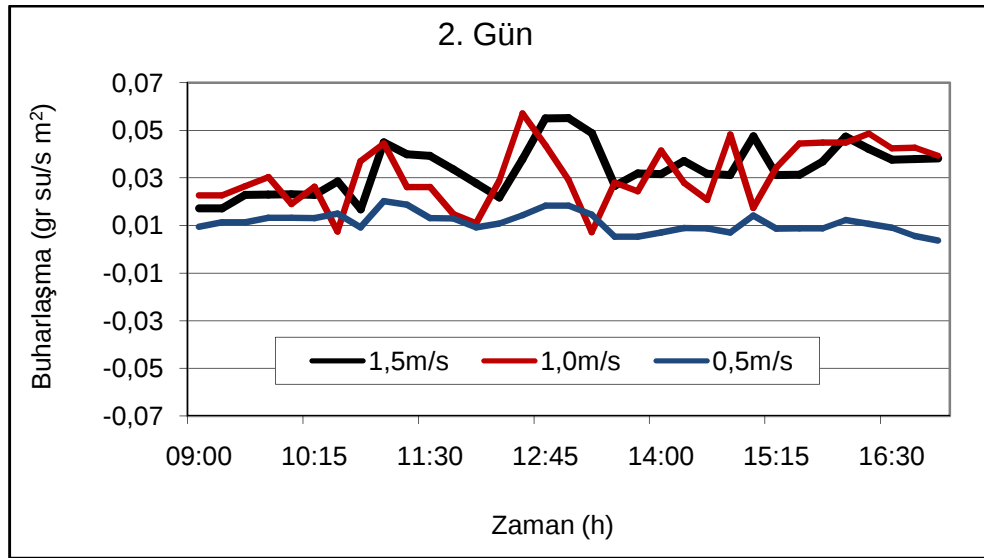
Ölçümler	Hava hızı (m/s)		
	1,5	1,0	0,5
1. Gün	43,63±9,12 ^b	51,79±9,71 ^a	49,97±9,68 ^a
2. Gün	34,30±6,47 ^b	39,70±6,85 ^a	35,64±6,27 ^b
3. Gün	38,21±11,56 ^{ab}	43,94±12,36 ^a	33,33±15,82 ^b

Çizelge 4.2’ de görüldüğü üzere, 1. ve 2. günlerde en düşük doyurulma düzeyi 1,5 m/s hava hızında, 3. gün ise en düşük doyurulma düzeyi 0,5 m/s hava hızında gerçekleşmiştir. 1. gün, 1,0 ve 0,5 m/s hava hızlarında hesaplanan doyurulma düzeyleri birbirlerine yakın olup, etkileri benzer özellik taşımaktadır. 2. gün, 1,5 ve 0,5 m/s hava hızlarında hesaplanan doyurulma düzeyleri birbirlerine yakın olup, etkileri benzer özellik göstermektedir. 3. gün ise, 1,5 m/s hava hızında sağlanan ortalama doyurulma düzeyi değeri, diğer iki hava hızında sağlanan değerlerle ortak özelliğe sahiptir. Havanın pedden geçiş hızı arttıkça, doyurulma düzeyi azalır. Bu gerçek dikkate alındığında 1,5 m/s hava hızında en düşük doyurulma düzeyi beklenir. Oysaki 3. gün 0,5 m/s hava hızında doyurulma düzeyi en düşük çıkmıştır. Bunun tahmini nedeni, bu hızda akım karakterinin laminar olması, dolayısıyla ped yüzeyi ile pedden geçen havanın temas yüzey alanının düşük olmasıdır. Bu nedenle doyurulma düzeyi de düşmektedir.

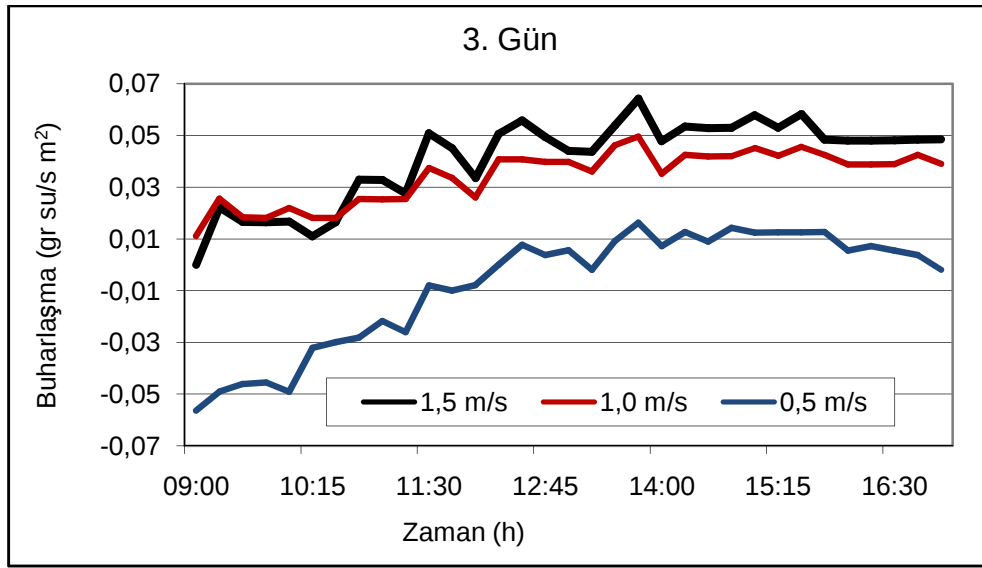
Aynı dönemde birim ped yüzey alanından, birim zamanda buharlaştırılan su miktarları Şekil 4.6; Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’ de verilmiştir.



Şekil 4.6. Seçilen hava hızlarında 1. günde buharlaştırılan su miktarı



Şekil 4.7. Seçilen hava hızlarında 2. günde buharlaştırılan su miktarı



Şekil 4.8. Seçilen hava hızlarında 3. günde buharlaştırılan su miktarı

Şekil 4.6;4.7 ve 4.8’ de görüldüğü üzere, her üç deneme gününde, seçilen hava hızlarında birim ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su miktarı değerleri benzer bir değişim göstermiştir. Buharlaştırılan su miktarı 0,5 m/s hava hızında en az, 1,5 m/s hava hızında en yüksek ve 1,0 m/s hava hızında ise bu iki değer arasında gerçekleşmiştir. Diğer deyişle havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su miktarı artmıştır.

Havanın pedden geçiş hızı arttıkça, doğal olarak da birim zamanda pedi geçen hava miktarı da artar. Yüksek hava hızlarında ıslak ped yüzeyinden suyun buharlaşarak havaya karışması için yeterli zaman olmadığından havanın doyma düzeyi düşer. Ancak, doyma düzeyine ulaşmasa bile pedin diğer tarafına geçen hava miktarı fazla olduğundan bu hava ile buharlaşmaya bağlı olarak pedin diğer tarafına geçen su miktarı da artar. Her üç deneme gününde görülen yüksek hava hızlarında birim ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su değerlerinin fazla olması bu şekilde açıklanabilir.

3. deneme gününde 0,5 m/s hava hızında ped yüzeyinden buharlaştırılan su miktarı, sabahleyin (9:00...11:30 saatleri arasında) eksi olarak gerçekleşmiştir. Bu durum bu saatler arasında pedi geçen havanın taşıdığı nemin bir kısmını ped yüzeyine bıraktıktan sonra pedi terk ettiği anlamını taşımaktadır.

Şekil 4.1 ve 4.2’ de görülebilen üzere 3. deneme gününde 9:00..11:30 saatleri arasında hava sıcaklığı diğer günlere kıyasla biraz daha (1,0..1,5 °C) düşük, bağıl nem düzeyi ise biraz daha (%5..8) yüksektir. Bu saatler arasında %65..80 bağıl nemli hava pedi geçerken soğuk ped yüzeyi ile daha uzun süre temas etmektedir. Dolayısıyla havaya kıyasla daha soğuk olan ped yüzeyi ile temas eden havanın sıcaklığı düşmekte ve nem taşıma kapasitesi azalmaktadır. Diğer deyişle hava ped girerken taşıdığı nemin bir kısmını bırakarak pedi terk etmektedir. 1,0 m/s ve 1,5 m/s hava hızlarında böyle bir durum olmamıştır. Bunun nedeni havanın pedi geçiş hızının yüksek olması, dolayısıyla soğuk ped yüzeyi ile havanın temas süresinin kısa olması olarak değerlendirilmektedir.

Aynı dönemde hesaplanan değerlere bağlı olarak hava hızının buharlaştırılan su miktarına etkisi için yapılan analiz sonucu Çizelge 4.3’ de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Havanın Pedden Geçiş Hızı İle Buharlaştırılan Su Miktarı İçin Varyans Analiz Sonucu

Ölçümler	Varyasyon katsayısı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması
1. Gün	Gruplar arası	2	0,002**
	hata	96	0,000
2. Gün	Gruplar arası	2	0,005**
	hata	96	0,000
3. Gün	Gruplar arası	2	0,021**
	hata	96	0,000

** : P<0,01

Çizelgede görüldüğü üzere her üç gün için seçilen hava hızlarının birim ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su miktarına etkisi önemli çıkmıştır (P<0,01).

Hangi ortalama ve standart sapmaların birbirinden farklı olduğunu tespit etmek için yapılan DUNCAN Test sonuçları Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Hava Hızının Buharlaştırılan Su Miktarına Etkisi İçin DUNCAN Test Sonuçları

Ölçümler	Hava hızı (m/s)		
	1,5	1,0	0,5
1. Gün	0,031±0,010 ^a	0,022±0,006 ^b	0,016±0,003 ^c
2. Gün	0,033±0,010 ^a	0,031±0,013 ^a	0,011±0,004 ^b
3. Gün	0,040±0,016 ^a	0,034±0,010 ^a	-0,005±0,020 ^b

Çizelge 4.4’ de görüldüğü üzere 1. gün havanın pedden geçiş hızının ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su miktarına etkisi farklı çıkmış olup, en yüksek değer 1,5 m/s hava hızında, en düşük değer ise 0,5 m/s hava hızında gerçekleşmiştir.

2. ve 3. günlerde 1,5 m/s ve 1,0 m/s hava hızlarında hesaplanan buharlaştırılan su miktarları birbirine yakın ve benzer özellik taşıırken 0,5 m/s hava hızında oldukça farklı bulunmuştur. Bu durum hava hızının düşük olması yanı sıra ve dış ortam hava sıcaklığının düşük, bağıl nem düzeyinin de yüksek olmasına bağlanabilir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Havanın pedden geçiş hızı ile pedi geçen havanın doyurulma düzeyi ve birim ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su miktarı arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışma sonuçları aşağıdaki biçimde özetlenebilir.

-1. ve 2. günlerde, pedi geçen havanın doyurulma düzeyi 1,5 m/s hava hızında en düşük; 1,0 m/s hava hızında en yüksek ve 0,5 m/s hava hızında ise bu iki değer arasında gerçekleşmiştir. 3. gün ise en düşük doyurulma düzeyi 0,5 m/s hava hızında gerçekleşmiştir.

-Bilimsel anlamda havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak havanın doyurulma düzeyinin düşmesi gerekirken 0,5 m/s hava hızında bir sapma olmuştur. Bu durum pedi geçen havanın akış karakterinin 1,0 m/s ve 1,5 m/s hızlardan farklı olmasıyla açıklanabilmektedir. Diğer deyişle 1,5 m/s ve 1,0 m/s hızlarda havanın pedi geçişteki akım karakterinin türbülans, 0,5 m/s hızında ise laminer karakterde olması ile açıklanabilir.

-Yapılan varyans analizinde havanın pedden geçiş hızının, pedi geçen havanın doyurulma düzeyine olan etkisi ($P<0,01$) önem düzeyinde önemli bulunmuştur. Ancak, seçilen hız değerlerinde havanın pedden geçişteki akış karakterinin aynı olmamasının istatistiksel sonuçların yorumunu güçleştirmektedir.

- Her üç deneme gününde, buharlaştırılan su miktarı 0,5 m/s hava hızında en az; 1,5 m/s hava hızında en yüksek ve 1,0 m/s hava hızında ise bu iki değer arasında gerçekleşmiştir. Diğer deyişle havanın pedden geçiş hızındaki artışa bağlı olarak birim ped yüzey alanından birim zamanda buharlaştırılan su miktarı artmıştır.

-3. deneme gününde 0,5 m/s hava hızında ped yüzeyinden buharlaştırılan su miktarı, sabah saatlerinde (9:00..11:30 saatleri arasında) eksi olarak gerçekleşmiştir. Bu durum bu günde hava bağıl neminin yüksek olması, yüksek nemli havanın soğuk ped yüzeyi ile temas süresinin artması ve soğuyan havanın nem taşıma kapasitesinin düşmesi ile açıklanabilir.

- Buna göre, hava bağıl neminin yüksek olduğu koşullarda pedi geçen havanın taşıdığı nemin yoğunlaşmasını önlemek için havanın pedden geçiş hızının artırılması önerilebilir.
- Her üç deneme günü için seçilen hava hızlarının birim ped yüzey alanı başına birim zamanda buharlaştırılan su miktarına etkisi önemli çıkmıştır ($P<0,01$). Havanın pedden geçiş hızı arttıkça ped yüzeyinden buharlaştırılan nem miktarı da artmıştır.
- Havanın pedden geçiş hızı ile pedi geçen havanın doyurulma düzeyi ve buharlaştırılan su miktarı arasındaki ilişkiyi doğru olarak tespit edebilmek için seçilen hava hızlarında havanın pedden geçişteki akım karakterlerinin aynı olması gerekir.

KAYNAKLAR

- ASAE, 1983. Ventilation of Agricultural Structures (Edited: Mylo A. Hellickson and John N. Walker). ASAE Monograph, Numbers:6, St. Joseph, Michigan.
- ASAE, 1987. Standards, 34th Edition, EP270.5. Design of Ventilation Systems for Poultry and Livestock shelters. St. Joseph, Mich.
- ASHRAE, 1983. Equipment Handbook. Am. Soc. Of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering, New York.
- BENHAM, D. S., F. WIERSMA, 1974. Design Criteria of Evaporative Cooling. American 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 Southeast-Southwest Regional Meeting of ASAE at Houston, TX. February 5-8.
- CRUZ, V. F., M. PERISSINOTTO, E. M. LUCAS, D. J. DE 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, Uluslararası 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.

- DAĞTEKİN, M., C. KARACA, Y. YILDIZ, 2009. Performance Characteristics of a Pad Evaporative Cooling System in a Broiler House in a Mediterranean Climate. *Biosystem Engineering*, 103(2009), 100-104.
- DAĞTEKİN, M., C. KARACA, L. SANGÜN, Y. YILDIZ, 2010. Determination of the Relationship Among Air Velocity, Cooling Efficiency and Temperature Decrease at a Cellulose Based Evaporative Cooling Pad. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 5(24), pp. 3477-3482.
- DAĞTEKİN, M., C. KARACA, Y. YILDIZ, A. BAŞÇETİNÇELİK, Ö. PAYDAK, 2011. The Effect of Air Velocity on the Performance of Pad Evaporative Cooling Systems. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 6(7), pp. 1813-1822.
- ERBİL, F. G., 2010. Seralarda Yaz Koşullarında Fan-Ped Sisteminin Etkinliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Isparta.
- GENCELİ, O. F. 1993. Buharlaştırma Serinletme Özellikleri ve Uygulanması. I. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Bildiriler, S: 281-303, İzmir.
- KAYDAR, Z., Y. YILDIZ, 2007. Çukurova Bölgesinde Bir Etlik Piliç Kümesinde Bulunan Pedli Evaporatif Serinletme Sisteminin Serinletme Etkinliği ve Sağlanan Sıcaklık Düşmesi Değerlerinin Belirlenmesi. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 22(1): 99-108, Adana.
- 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.
- KOCATURK, Ü., Y. YILDIZ, 2007. Çukurova Koşullarında Selüloz Esaslı Evaporatif Serinletme Pedinin Üç Farklı Hava Hızlarında Bazı Performans Özellikleri. *Ç.Ü.Z.F. Dergisi*, 21(4): 101-108, Adana.
- 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.
- MUNTERS, 2000. A Climate Handbook for Grovers (Katalog). Adana, Türkiye.

- ÖZ, H., 2007. Isparta Yöresindeki Seralarda Fan-Ped Sisteminin Etkinliğinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. S.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Isparta.
- 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.
- TAMER, Ş., 1990. Klima ve Havalandırma, Cilt I: (Genişletilmiş 2. Baskı), METEKSAN A: Ş.,Ankara.
- TIMMONS, M. B., G. R. BAUGHMAN. 1984. A Plenum Concept Applied to Evaporative Pad Cooling for Broiler Housing. Transaction of the ASAE, 27(6):1877-1881.
- TIMMONS, 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.
- 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): 73-78, Adana.
- YILDIZ, Y., M. DAĞTEKİN, C. KARACA, 2007. Çukurova Bölgesinde Pedli Evaporatif Serinletme Sistemi Bulunan Bir Etlik Piliç Kümesinde Uzun Eksendeki Sıcaklık Dağılımı. Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 22(1): 89-93, Adana.
- YILDIZ, Y., C. KARACA, M. DAĞTEKİN, 2010. Hayvan Barınaklarında Çevre Denetimi (Havalandırma, Isıtma, Serinletme ve Aydınlatma). ISBN: 978-975-8377-75-6. Hasad Yayıncılık LTD. ŞTİ., Ümraniye-34760-İstanbul.
- YILMAZ, T., O. BÜYÜKALACA, 1999. Desesif-Evaporatif Soğutma Sistemleri. IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bildiriler, s: 165-181, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

07/01/1985 yılında Almanya’ da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’ da tamamladı 2003 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Bölümünü kazandı.2008 yılında Tarım Makineleri Bölümünden Ziraat Mühendisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitime başladı.