

**T.C.  
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI  
2015-YL-012**

**OTOMATİK KÖKLENDİRME SİSTEMİNDE  
ORTAM NEMİNİN SENSÖRLERLE HASSAS  
KONTROLÜ**

**Murat ÇAĞLAR**

**Tez Danışmanı:  
Doç. Dr. Saadettin YILDIRIM**

**AYDIN**



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Tarım Makinaları Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Murat ÇAĞLAR tarafından hazırlanan Otomatik Köklendirme Sisteminde Ortam Neminin Sensörlerle Hassas Kontrolü başlıklı tez, 11.12.2014 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

	Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan	: Doç.Dr. Saadettin YILDIRIM	Ziraat Fak.	.....
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Erkan ŞİMŞEK	Aydın MYO	.....
Üye	: Yrd.Doç.Dr. Taner AKBAŞ	Aydın MYO	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu yüksek lisans tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun ..... Sayılı kararıyla ..... tarihinde onaylanmıştır.

Prof.Dr. Aydın ÜNAY

Enstitü Müdürü



**T.C.**  
**ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE**  
**AYDIN**

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

11.12.2014

Murat ÇAĞLAR



**ÖZET****OTOMATİK KÖKLENDİRME SİSTEMİNDE ORTAM NEMİNİN  
SENSÖRLERLE HASSAS KONTROLÜ**

Murat ÇAĞLAR

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saadettin YILDIRIM  
2014, 65 sayfa

Vejetatif üretim yöntemlerinden birisi de çelikleme ile çoğaltmadır. Klasik yöntem ile yapılan çeliklemede ortam parametrelerinin istenilen düzeyde tutulamaması nedeni ile köklendirme başarısı yüzde olarak düşüktür. Yapılan çalışmalarda çeliklerin köklenme yüzdesinin artırılmasında önemli olan parametrelerden birisinin nem değeri olduğu bilinmektedir. Bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminde yapılan çalışmada ortam sıcaklığı ve nem değerinin istenilen düzeyde tutulması ile çeliklerin köklenme başarısının arttığı belirtilmiştir. Bu çalışmada otomatik köklendirme sisteminde perlit ortamındaki nem değerinin RSU adaptörlü tansiyometre, Watermark 200SS ve Waterscout SM100 nem sensörlerinin ölçümleri karşılaştırılmıştır. Denemeler, köklendirme masalarında düşük nem (%40), orta nem (%60) ve yüksek nem (%80) ile düşük sıcaklık (18 °C), orta sıcaklık (22 °C) ve yüksek sıcaklık (26 °C) değerlerindedir. Gravimetrik yöntem ile perlit ortamından alınan örneklerin nem değerinin tespiti yapılmıştır. Denemelerde iki nem sensöründe istatistiksel olarak nem ölçüm değerinin perlit sıcaklıkları arasındaki farklılığın anlamlı olduğu bulunmuştur. Otomatik köklendirme sisteminde perlit ortam nem değerini ölçen üç sensör karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda, en hassas ölçüm yapan sensörün RSU adaptörlü tansiyometre olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, RSU adaptörlü tansiyometrenin kullanılması önerilmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Köklendirme, Otomatik kontrol, nem sensörü





**ABSTRACT****PRECISE CONTROL OF COMPUTER CONTROLLED ROOTING  
SYSTEM BASED SENSOR MEASUREMENT**

Murat ÇAĞLAR

M.Sc. Thesis, Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Assist. Doç. Dr. Saadettin YILDIRIM

2014, 65 pages

One of vegetative production method is also reproduction with cutting. Inability kept at the desired level by conventional cutting methods of setting parameters rooting success is low as a percentage. In the studies, it is known that humidity value is the most important parameters on increasing the percentage of rooting ability of cuttings. Ambient temperature in the study of computer-aided automatic rooting system and kept at the desired level of humidity values are expressed with increased rooting success of cutting. In this study, measurements of the humidity value in the perlite media on automatic rooting system was compared with RSU adapter tensiometer, Watermark 200SS and Waterscout SM100 humidity sensors. Experiments were conducted in rooting table on low humidity (40%), moderate humidity (60%) and high humidity (80%) with low temperature (18 °C), moderate temperature (22 °C) and high temperature (26 °C) in value. Detecting the humidity of the sample taken from the perlite media were made by gravimetric method. Two moisture sensors in the experiment, it was found that the moisture measurement value was statistically significant differences between the perlite temperatures. The three sensors that measure perlite ambient humidity values on automatic rooting system were compared. As a result of the comparison, the most sensitive measurement of the sensor was RSU adapter tensiometer. Therefore, it is recommended to use the tensiometer RSU adapter tensiometer.

**Key words:** Rooting, automatic control, humidity sensor



## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilimsel katkıları ile bana yardımcı olan, eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen, tez danışman hocam Doç. Dr. Saadettin YILDIRIM'a,

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen mesai arkadaşlarım Öğr.Gör. Ahmet GÜNGÖR, Öğr.Gör. Ali TOSUN ve Öğr.Gör. M.Tayfun MAVİOĞLU'na,

Tez süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu tezin hazırlanmasında ZRF 13050 nolu proje ile maddi desteği sağlayan Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI .....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ÖNSÖZ .....	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1. Materyal .....	6
3.1.1. Bilgisayar Destekli Otomatik Köklendirme Sistemi .....	6
3.1.2. Nem Sensörleri.....	7
3.1.2.1. Watermark 200SS nem sensörü .....	7
3.1.2.2. RSU adaptörlü tansiyometre .....	8
3.1.2.3. Waterscout SM100 nem sensörü.....	10
3.1.3. Veri Kaydediciler .....	11
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Ortam Neminin Belirlenmesi .....	12
3.2.2. Sensör Kalibrasyonu .....	12
3.2.3. Nem Sensörlerinin Otomatik Kontrol Sisteminde Test Edilmesi .....	13
3.2.4. Nem Sensörlerinden Alınan Verilerin Analizi .....	13
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	15
4.1 Perlit Ortamının Tarla Kapasitesinin Belirlenmesi .....	15

4.2. Nem Sensörlerinin Kalibrasyon Eğrisinin Bulunması.....	15
4.2.1. Watermark 200SS Nem Sensörünün Kalibrasyonu.....	15
4.2.2. RSU Adaptörlü Tansiyometrenin Kalibrasyonu.....	16
4.2.3. Waterscout SM100 Nem Sensörünün Kalibrasyonu .....	17
4.3. Gravimetrik Yöntem ile Elde Edilen Bulgular .....	18
4.4. Denemeler.....	19
4.4.1. Düşük Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	20
4.4.2. Düşük Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	23
4.4.3 Düşük Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	26
4.4.4. Düşük Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular.....	29
4.4.5. Orta Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	33
4.4.6. Orta Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler.....	36
4.4.7. Orta Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler.....	39
4.4.8. Orta Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular .....	42
4.4.9. Yüksek Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	46
4.4.10. Yüksek Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler.....	49
4.4.11 Yüksek Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler .....	52
4.4.12. Yüksek Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular.....	55
5. SONUÇ.....	59
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	65

## SİMGELER DİZİNİ

Al	Alüminyum
Na	Sodyum
P	Fosfor
$\varepsilon$	Dielektrik Sabiti
TDR	Time-Domain Reflectometer
PID	Proportional-Integral-Derivative
PLC	Programmable Logic Controller
PT100	Platinum Resistance Thermometer
RSU	Remote Sensing Unit





## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Otomatik kontrol sistemi blok diyagramı .....	7
Şekil 3.2. Watermark 200SS nem sensörü .....	8
Şekil 3.3. RSU adaptörlü tansiyometre .....	9
Şekil 3.4. RSU adaptörlü tansiyometre bağlantısı.....	10
Şekil 3.5. Waterscout SM100 nem sensörü.....	10
Şekil 3.6. Watermark 900M veri kaydedici .....	11
Şekil 3.7. Hioki LR 8400-20 veri kaydedici .....	12
Şekil 4.1. Watermark 200SS nem sensörünün kalibrasyon eğrisi.....	16
Şekil 4.2. RSU adaptörlü tansiyometrenin kalibrasyon eğrisi.....	17
Şekil 4.3. Waterscout SM100 nem sensörünün kalibrasyon eğrisi .....	18
Şekil 4.4. %40 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi.....	21
Şekil 4.5. %40 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi	22
Şekil 4.6. %40 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi.....	24
Şekil 4.7. %40 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi	25
Şekil 4.8. %40 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi.....	27
Şekil 4.9. %40 nem ve 26 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi	28
Şekil 4.10. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	30
Şekil 4.11. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı.....	31
Şekil 4.12. %40 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı .....	31
Şekil 4.13. %60 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi.....	34
Şekil 4.14. %60 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	35
Şekil 4.15. %60 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi.....	37

Şekil 4.16. %60 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	38
Şekil 4.17. %60 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi .....	40
Şekil 4.18. %60 nem ve 26 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	41
Şekil 4.19. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	43
Şekil 4.20. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı .....	44
Şekil 4.21. %60 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı .....	44
Şekil 4.22. %80 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi .....	47
Şekil 4.23. %80 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	48
Şekil 4.24. %80 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi .....	50
Şekil 4.25. %80 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	51
Şekil 4.26. %80 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi .....	53
Şekil 4.27. %80 nem ve 26 °C değerinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi ...	54
Şekil 4.28. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi .....	56
Şekil 4.29. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı .....	57
Şekil 4.30. %80 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı .....	57

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

Çizelge 3.1. Denemeler için belirlenen sıcaklık ve nem değerleri.....	13
Çizelge 4.1. Perlit için gravimetrik yöntemle belirlenen tarla kapasitesi.....	15
Çizelge 4.2. 100 gram perlitteki su miktarları ve %nem değerleri.....	19
Çizelge 4.3. Denemeler.....	19
Çizelge 4.4. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri .....	29
Çizelge 4.5. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerlerinin analizi.....	32
Çizelge 4.6. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri .....	42
Çizelge 4.7. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerlerinin analizi.....	45
Çizelge 4.8. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri .....	55
Çizelge 4.9. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerlerinin analizi.....	58



## 1. GİRİŞ

Bitkilerin çimlenme, büyüme ve ürün verme işlemleri çeşitli fizyolojik faaliyetlere bağlıdır. Bu faaliyetler doğal faktörlere bağlı olduğu kadar yetiştiricinin yapacağı tarımsal uygulamalara da bağlıdır.

Bilindiği gibi meyve türlerinde iki çoğaltma tekniği vardır. Bunlar generatif ve vejetatif çoğaltmadır. Meyve türlerinde çekirdekleri ekilerek yapılan çoğaltmada çoğaltılan türün özelliklerini göstermeyebilir. Generatif üretimle standart üretim yapılamamaktadır. Standart üretim yapılabilmesi için vejetatif üretim tekniği kullanılmalıdır. Vejetatif üretim, çoğaltma yöntemleri içinde en ekonomik ve kolay olanıdır.

Ülkemizde birçok meyve türü yetiştirilmektedir. Üstün özelliklere sahip anaçların yetiştirilmesinde çelikle çoğaltma yöntemi kullanılmaktadır. Fakat meyve türlerinin bazılarında çelikle çoğaltma yüzdesi düşük seviyelerdedir.

Çelikleme ile köklendirmede toprak, toprak sıcaklığı, toprak nem değeri, ortam sıcaklığı, bağıl nem, ışık vb. parametreler hakkında bilgi sahibi olmak ve bu parametrelere bağlı olarak köklendirmenin gerçekleştirilmesi gereklidir.

Klasik yöntemlerle yapılan çelikle çoğaltma yönteminde nem, sıcaklık, ışık ve benzeri parametreler istenilen seviyelerde kontrol edilemediğinden köklenme yüzdesi ve kalitesi düşüktür. Köklendirmede köklenme oranı, kalitesi ve verimin artırılması için sıcaklık ve nemin optimum seviyede kontrol edilmesi gerekir.

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerin kullanımı ile tarımsal uygulamalar daha doğru ve hassas olarak yapılabilmektedir. Bu nedenle kaliteli ürün elde etmek amacıyla yapılan tarımsal uygulamaların otomasyon ile yapılması düşüncesi yaygınlaşmıştır. Günümüzdeki düşük maliyetli kişisel bilgisayarlar, veri toplayıcılar, kontrol sistemleri ve elektronik sensörler ile tarımsal sistemlerin otomasyonunu mümkün kılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bir vejetatif çoğaltma yöntemi olan çelikle çoğaltmada, bir gövde, kök veya yaprağı ana bitkiden kesilerek ve uygun çevre koşullarında kök ve sürgün vermesi sağlanmaktadır. Bu şekilde oluşan bağımsız yeni birey ana bitkideki tüm özellikleri aynen taşımaktadır. Çelikle çoğaltma, herdem yeşil, geniş ve iğne yapraklı bitki türlerinde olduğu kadar, yapraklarını döken meyve ağaçları ve çalı türlerinin de önemli ve pratik çoğaltma yöntemidir (Hartmann ve Kestler 1974).

Çelikle çoğaltma klonal rejenerasyon yeteneği olan bitkiler için en ucuz ve en pratik yöntemdir. Gövde çelikleri ile çoğaltmada istenilen şey, çelikten yeni bir kök sisteminin oluşmasıdır. Çünkü çelik üzerinde sürgünlerin meydana gelmesini sağlayacak tomurcuklar zaten bulunmaktadır (Çelik, 1992).

Çelikle çoğaltmada, çelik alınan ana bitkinin yaşı, çeliğin alınma zamanı, çelik tipi ve boyu, çelik üzerinde vejetatif göz veya yaprağın olup olmaması, ana bitki veya çeliğin su ve besin maddesi içeriği gibi faktörlerin başarıyı etkilediği kaydedilmiştir (Garner ve Chaudri, 1976; Hartmann ve ark., 1990). Hartmann ve Kester (1974), çelikle çoğaltmada yeterli köklenmeyi sağlamak için 3 koşulun önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bunlar, çelik kaynağı ve içsel durumu, çeliğin hazırlanması ile dikimi arasındaki uygulamalar ve köklenme dönemi içindeki çevre koşullarıdır.

Bazı araştırmacılar, çeliklerin dikildiği ortamın sıcaklık ve nem içeriğinin de köklenmede etkili olduğunu vurgulamışlardır. Özellikle yarı odun veya yeşil çeliklerle çoğaltmada; çeliğin köklenme süresince canlı kalabilmesi ve maksimum yenilenme yeteneğini elde edebilmesi için (özellikle zor köklenen tür ve çeşitlerde) su, sıcaklık, ışık ve köklenme ortamı gibi bazı koşulların optimum düzeyde tutulması gereklidir. Köklendirme ortamının çok değişik tipleri bulunmaktadır. Bunlar; peat yosunu, kum, vermikulit ve perlit ile bunların değişik oranlardaki karışımlarıdır. Perlit iyi bir köklendirme ortamı olup kolay ve ucuza temin edilebilmesi nedeniyle daha çok tercih edilmektedir (Ünsal, 2012).

Perlit Al, Na ve P silikatlarından oluşmuş volkanik bir cam köpüğüdür. Doğada çıkarılan ve perlit elde edilmesinde kullanılan volkanik kayalar, öncelikle öğütülür, sonra 900-1000 °C gibi yüksek sıcaklıklarda tutulur, bu sıcaklıklarda içerdiği suyun genişlemesi sonucu oluşan silis kürecikleri perlitli oluşturur. Perlitli

oluşturan bu silis küreciklerinin rengi beyazdır, hafif, steril ve nötr karakterdedir (Çoşgun, 1998).

Isı iletkenliği çok düşük olan perlitin tanecikleri elektriksel yük taşımadığından su ve besin elementleri bitki kökleri tarafından kolayca alınabilir. Ayrıca kimyasal ve biyolojik ayrışma göstermediğinden yapısı değişmez. Sıkışmadığından köklü çelik ve fideler perlitten kök kaybına uğramadan kolayca çıkarılabilir (Sevgican, 1996).

Toprak sıcaklığı, toprakta meydana gelen fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayları kontrol eden etmenlerden biridir. Çeliklemede toprak sıcaklığı verim için önemli bir faktördür. 5 °C'nin altındaki sıcaklıklarda çoğu bitkinin kök gelişimi durmaktadır (Dinç ve Şenol, 1998). Genellikle sıcaklığın artmasıyla birlikte aktivitelerde hızlanmaktadır. Uygun sıcaklık değeri köklendirmede gelişmeyi hızlandırmaktadır. Ayrıca kök gelişimi ile topraktaki bitki besin elementlerinin çözünmesi ve bitki tarafından alınmasında sıcaklığın önemli etkileri bulunmaktadır.

Çelik yastıklarında ortamın gündüz 21-27 °C ve gece 16-21 °C olması genellikle uygundur. Çeliklerin taban kısmında sıcaklığı 21 °C dolayında tutan termostatlı ısıtma sistemlerinin kullanılmasıyla köklendirmeden daha olumlu sonuçlar elde edilmektedir (İnan, 2002).

Bitkilerde su, hem miktar hem de kalite açısından oldukça önemlidir. Su, toprakta bulunan bitki için gerekli olan besin maddelerini eriyik halinde bulundurur. Bitki, kökleri yardımıyla hem suyu hem de suda erimiş halde bulunan besin maddelerini bünyesine alarak büyüme faaliyetlerini gerçekleştirir.(Anonim, 2013) Bu amaçla toprağa istenilen zamanda ve miktarda suyu uygun yöntemlerle verilmesi işleme sulama denir.

Sulamanın yapılacağı zamanın ve uygun miktarın tespit edilmesi için toprak nem miktarının ölçümü gereklidir. Bu ölçüm için kullanılan yöntemler gravimetrik, tansiyometrik, elektromanyetik, nötron yayılımı, alçı blokları ve benzerlerini kapsamaktadır. Bu yöntemlerin kendilerine göre çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır (Bloquist vd.,2006). Bu yöntemleri kullanarak çalışan çeşitli sensörler mevcuttur.

Gravimetrik yöntemlerde topraktaki su bir toprak örneğinden buharlaştırılmakta, yıkama veya kimyasal reaksiyon yoluyla uzaklaştırılmakta ve uzaklaştırılan miktar

tain edilmektedir (Demiralay, 1977; Gardner, 1986). Bu yöntem ile elde edilen sonuçlar gerçek zamanlı olarak değerlendirilememektedir. Gravimetrik yöntemin en önemli özelliği ise indirekt yöntemlerin kalibrasyonu için başvurulan standart bir yöntem olmasıdır (Tülün, 2005).

Tansiyometreler toprak nem tansiyonun ölçülmesini sağlar. Richard vd., (Richards ve Gardner, 1936; Richards ve Neal, 1936; Richards vd., 1937; Richards, 1942) tarafından geliştirilen tansiyometreler 0 ile 85 kPa aralığında toprak su potansiyelini ölçmede yaygın olarak kullanılan metotların başında gelmektedir. Son yıllarda bitkisel üretimde, toprak su potansiyelini belirlemek amacıyla tansiyometre de oluşan basınç değişimini ölçmede katı hal transdüserlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (Pogue ve Kline, 1995; Cassel ve Klute, 1986; Chirstal vd., 1985).

Taneli matriks sensörü (Granular Matrix Sensor) gözenekli bir malzemeden yapılmış olduğundan tansiyometreler gibi toprak nemi ile dengeye ulaşarak çalışır. Toprağa yerleştirilen gözenekli malzeme (Granular Matrix Block) içinde gömülü elektrotlar arasındaki elektriksel direnç değeri ile kalibrasyon denklemi kullanılarak toprak nemi tansiyonu ölçüm yapılır. Pamuk (Meron vd.,1996), soğan ve patates (Shock vd.,2002) için otomatik sulamada bu sensörler kullanılmıştır.

TDR yöntemi, birbirlerine paralel olarak toprağa yerleştirilen metal probalar vasıtasıyla bir voltaj kaynağından gönderilen elektromanyetik dalgaların (sinyallerin) toprak içerisinde iki nokta arasındaki seyahat zamanının ölçülmesi esasına dayanır. Elektromanyetik sinyalin, metal probun iki ucu arasındaki iletişim zamanı ortamın dielektrik sabiti ( $\epsilon$ ) ile ilişkilidir (Özdaş, 1997). Toprağın katı fazı için dielektrik sabite değeri 3 ile 5 arasında değişmektedir (Hartmann, 1996). Toprak katı, sıvı ve gaz fazından oluştuğuna göre katı faz sabit olduğu durumda bu karışımın  $\epsilon$  değeri doğrudan toprağın nem içeriğinin bir fonksiyonudur (Kutilek ve Nielsen, 1994). Dolayısıyla, dielektrik sabitenin ölçülmesi toprak neminin dolaylı yoldan belirlenmesine olanak sağlar.

Otomasyon, bir imalat dizinini, her noktasında insanın işe karışmasına gerek kalmaksızın yapan, denetleyen ve özgün olarak negatif bir geri besleme sistemi kullanan kontrol sistemidir (Yule,1989).



Birçok araştırmacı tarafından otomatik sulama sistemleri ve tansiyometre gibi toprak nem algılama cihazlarının kullanımını çalışmışlardır. Domates (Smajstrla and Locascio, 1994), narenciye (Smajstrla ve Koo, 1986), ve Bermuda iminde (Augustin ve Snyder, 1984) otomatik kontrollü sulamanın yapıldığı çeşitli uygulamalarda tansiyometreler kullanılmıştır. Shock vd., (2002) birçok tansiyometre kontrollü otomatik sulama sistemlerine benzer, granül matriks sensörünün kullanıldığı zamanlanmış sulama olayını başlatılan bir sistemi tarif etmişlerdir.

Dukes vd., (2003) tarafından yapılan “Nem Algılayıcı Otomatik Sulama Sistemi” adlı çalışma ile aynı cins ürün ve rekolte değeri için %50 oranında su tasarrufu sağlanmıştır. Muñoz ve Dukes (2005) tarafından araştırmalarda farklı algılayıcı tiplerinin aynı şartlarda farklı sonuçlar ortaya koyduğunu fakat yine de aynı ürün kalitesi için sağlanan su tasarrufunun önemli olduğu vurgulanmıştır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Bilgisayar Destekli Otomatik Köklendirme Sistemi**

Çalışma 1080424 nolu Tübitak projesi kapsamında geliştirilen bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminde gerçekleştirilmiştir (Yıldırım, vd., 2011).

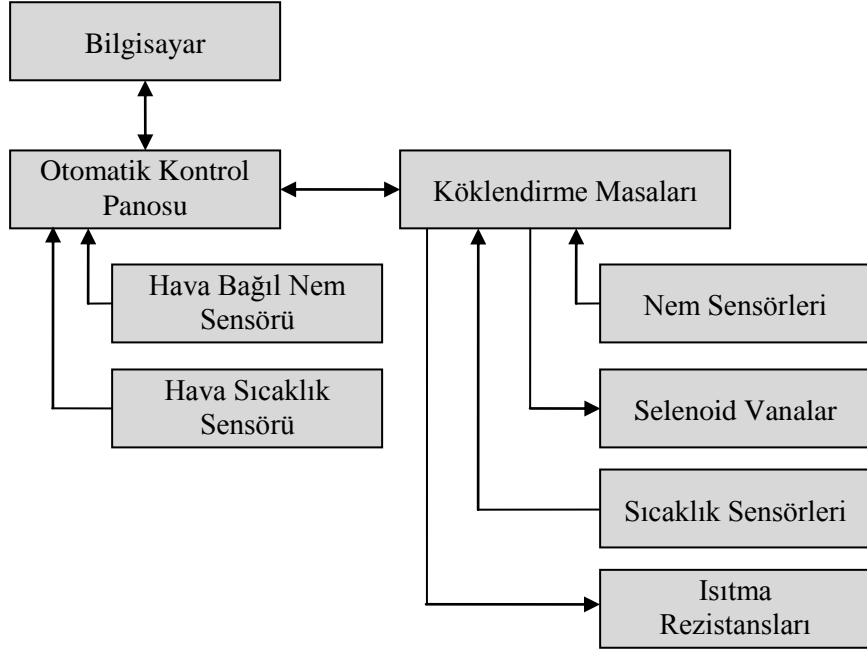
Sistem; bir adet bilgisayar, bir adet otomatik kontrol panosu ve 10 adet köklendirme masasından oluşmaktadır. Masalarda bulunan nem ve sıcaklık sensöründen elde edilen ölçümler PID tabanlı bir kontrolörde işlenmiştir. Otomatik kontrol panosunda, sisteminin kontrolü için Siemens marka S7-300 PLC ünitesi kullanılmıştır. Ayrıca panoda 40 digital giriş/çıkış, 24 analog giriş, PLC güç kaynağı, sulama ve ısıtma sistemi kontrol röleleri, güç analizörü, ısıtma sistemi besleme transformatörleri ve sigorta elemanları bulunmaktadır.

PLC ünitesindeki yazılım ile masalardan alınan nem ve sıcaklık verileri ile damla sulama ve ısıtma sistemlerinin kontrolü sağlanmıştır. Bilgisayarda bulunan PLC ünitesi yazılımı ile ekranda masalardan alınan veriler anlık olarak izlenmektedir. Ayrıca bu veriler bilgisayar ortamında saklanmaktadır. Yazılım ile masaların nem ve sıcaklık değerlerinin ayarlanması mümkündür. Otomatik kontrol sisteminin blok diyagramı Şekil 3.1’de verilmiştir.

Köklendirme masası, boy, en ve yükseklik olarak 1000x1000x800 mm’dir. Köklendirmenin yapılacağı tava derinliği 300 mm’dir. Masa üzerinde bulunan pano ile sıcaklık ve nemin anlık değerleri görülebilmektedir.

Isıtma sisteminde 10 metre uzunluğunda, 200 watt gücünde ve 50 volt alternatif gerilim ile çalışan elektrik ısıtma kabloları kullanılmıştır. Tavadan kaynaklanabilecek ısı kaybını önlemek için ısı yalıtımı yapılmıştır. Isıtma sistemi tavanın tabanına yerleştirilmiştir. Isıtma kablolarını perlit ortamından ayırmak için üzerine 2 mm kalınlığında alüminyum levha yerleştirilmiştir. Köklendirme ortam sıcaklığı değerini ölçmek için PT100 sıcaklık sensörü kullanılmıştır.

Sulama sistemi sulama boruları, damlatıcılar ve selenoid vandan oluşmaktadır. Ortam için belirlenen nem değeri, nem sensöründen alınan okumalara bağlı olarak PLC ünitesi tarafından kontrol edilen selenoid vana ile sağlanmıştır.



Şekil 3.1. Otomatik kontrol sistemi blok diyagramı

### 3.1.2. Nem Sensörleri

Otomatik kontrol sisteminden bağımsız olarak köklendirme ortam nemini ölçmek için üç adet nem sensörü sisteme dahil edilmiştir. Bunlar Watermark 200SS nem sensörü, Irrrometer marka RSU adaptörle birleştirilmiş tansiyometre ve Waterscout SM100 nem sensörüdür.

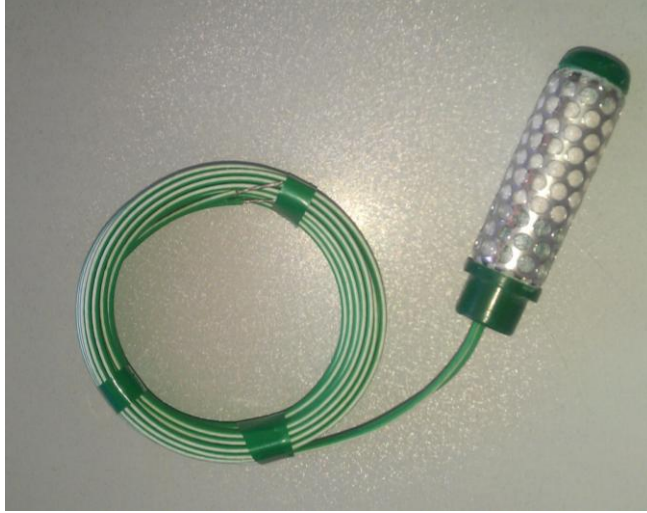
#### 3.1.2.1. Watermark 200SS nem sensörleri

Watermark 200SS nem sensörü (Şekil 3.2), bir alçı blok içerisine birbirine belirli mesafede yerleştirilmiş olan iki elektrot arasında, uygulanan elektrik akımının topraktaki farklı su düzeylerinde gösterdiği direnç değişimi prensibine göre çalışmaktadır.

Alçı bloklar, toprağa yerleştirildiği zaman, eğer toprak su düzeyi elverişli ise, iyonlarına ayrışmaktadır. Toprakta su miktarı arttıkça alçının iyonlara ayrışması artarak direnci değeri düşmektedir. Toprakta su azaldığı zaman ise alçının iyonlara ayrışması azalmakta ve buna karşılık bloğun direnci ise artmaktadır.

İnce kum, tınlı kum, kumlu tın, ince kumlu tın, milli tın, milli kil ve milli killi tın bünyeli topraklarda Watermark 200SS nem sensörünün kullanıldığı bilinmektedir.

Watermark 200SS nem sensörü iki telli olup, Watermark 900M veri kaydedicisine ek bir işlem yapılmasına gerek kalmadan bağlanmıştır. Nem sensörünün çıkış büyüklüğü elektriksel direnç değeriinde olmasına karşın Watermark 900M veri kaydedicisi ile bu değerleri 0 ile 239 kPa arasındaki değerlere otomatik olarak dönüşmektedir.



Şekil 3.2. Watermark 200SS nem sensörü

### 3.1.2.2. RSU adaptörlü tansiyometre

Suyla doymun olmayan topraklarda, büyük gözenekler hava ile doludur. Mevcut toprak suyu, toprak tanecikleri tarafından ince film şeritleri şeklinde tutulmaktadır. Tarla kapasitesi altında, toprak ve su arasında adhezyon kuvveti hakimdir.

Toprak gözeneklerindeki su azaldıkça, suyu toprağa bağlayan adhezyon ve kohezyon kuvvetleri artmaktadır. Dolayısıyla böyle bir topraktan suyu çıkarmak

için daha fazla enerji gerekmektedir. İşte tansiyometreler, belli bir miktar su içeren topraktaki suyun ne kadar bir kuvvetle tutulduğunu veya bu suyu ekstrakte edebilmek için ne kadar enerji gerektiğini göstermektedir (Kırda, 1976).

Tansiyometreler, özellikle suya doymamış koşullarda, toplam toprak suyu özgül enerjisinin temel bir ögesi olan basınç enerjisini ölçmekte kullanılmaktadır. Suyla doymamış koşullarda toprak suyu basınç enerjisi negatif olup, çoğu kez “tansiyon” olarak adlandırılmaktadır.

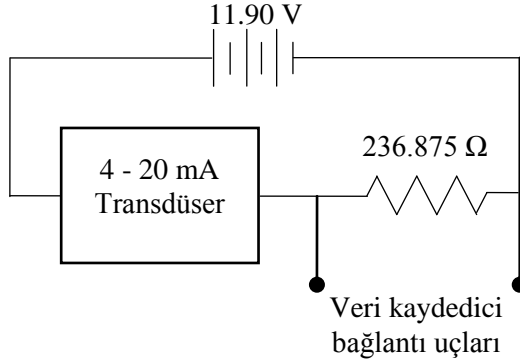
Bir tansiyometre, basit olarak, en altta toprakla temas halinde geçirgen (gözenekli) seramik bir uç, içi su dolu tüp ve üstte vakum göstergesinden oluşmaktadır. Topraktaki su hareketleri dolayısıyla tansiyometre seramik kabı civarındaki tansiyon değişmelerine paralel olarak vakum göstergesi dışarıdaki tansiyona denk bir okuma vererek, seramik uç ile toprak gözenekleri arasındaki su alışverişine engel olmaktadır. Uygulamalarda daha doğru ve hassas ölçüm için vakum göstergesi yerine elektronik basınç transdüserleri kullanılmaktadır (Şekil 3.3).

Tınlı, killi, ve milli killi kum bünyeli topraklarda tansiyometrenin kullanıldığı bilinmektedir.



Şekil 3.3. RSU adaptörlü tansiyometre

RSU adaptörlü tansiyometre iki telli olup, 4 – 20 miliamperlik akım çevrim sinyali üretmektedir. 4 – 20 miliamperlik transdüserle 11,90 volt gerilim uygulanarak, transdüserle 236,875 ohmluk direnç Hioki LR 8400-20 veri kaydedicisinin ölçmesi için seri bağlanmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. RSU adaptörlü tansiyometre bağlantısı

### 3.1.2.3. Waterscout SM100 nem sensörü

Elektrik kapasite blokları da alçı bloklarından pek farklı değildir. Kapasite bloklarında, direnç yerine metal iletkenler arasındaki ortamın dielektrik sabitesi değişmektedir. Dielektrik sabitesinin değişmesi ise göreceli olarak ortamdaki su içeriğinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. Çünkü suyun dielektrik sabitesi bilinen diğer kimyasallara göre daha yüksektir. Dolayısıyla elektrik kapasite blokları ile ölçülen değerler toprak nem içeriği ile ilişkilidir.

Waterscout SM100 nem sensörü (Şekil 3.5) üç telli olup, besleme gerilimi olarak 2,67 volt uygulanarak Hioki LR8400-20 veri kaydedicisine bağlanmıştır.



Şekil 3.5. Waterscout SM100 nem sensörü

### 3.1.3. Veri Kaydediciler

Watermark 900M veri kaydedici 9 voltluk bir pil ile çalışmaktadır. On/off anahtar, sıcaklık, nem ve RSU adaptörlü tansiyometre gibi sensör çeşitlerinden 8 adet bağlanabilmektedir. Her bir sensör bağlantısı için isim verilerek veri kaydedici ekranından görülebilmektedir. Veri kaydedici ile 1, 5, 10, 15 ve 30 dakikada ya da 1, 2, 4, 8, 12 ve 24 saatte bir olacak şekilde okuma yaparak veriler kendi hafızasına kaydedilmektedir. Kayıtlı veriler seri port bağlantısı ile bilgisayar ortamına aktarılmaktadır.

Watermark 200SS nem sensöründen alınan ölçümler Watermark 900M veri kaydedici ile kaydedilmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Watermark 900M veri kaydedici

Hioki LR 8400-20 veri kaydedicininin 30 analog kanal ve 8 kanal puls ve dijital girişi vardır. Termokupl ile sıcaklık, nem ve voltaj ölçümleri yapılmaktadır. Her bir sensör bağlantısı için isim verilerek veri kaydedici ekranından görülebilmektedir. Veri kaydedici ile 10 ms ile 1 saat arasındaki zaman aralıklarında kayıt yapabilmektedir. Kayıtlar gerçek zamanlı olarak bilgisayara, USB belleğe yada CF karta yapılabilmektedir.

RSU adaptörlü tansiyometre ve Waterscout SM100 nem sensöründen alınan ölçümler Hioki LR 8400-20 veri kaydedici ile kaydedilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Hioki LR 8400-20 veri kaydedici

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Ortam Neminin Belirlenmesi

Çalışmada köklendirme ortamı için kullanılacak olan perlitin tarla kapasitesini belirlemek, denemeler sonunda alınan numunelerin nem değerlerinin tespit edilmesinde ve nem sensörlerinin tarla kapasitesine göre kalibrasyonu için gravimetrik yöntem kullanılmıştır.

### 3.2.2. Sensör Kalibrasyonu

Denemelerde kullanılacak olan sensörlerin ölçümlerinin perlit ortamının tarla kapasitesine göre kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Kalibrasyonda perlit için tarla kapasitesinin belirlenmiştir. Tarla kapasitesine göre %0 ile %100 nem aralığında örnekler hazırlanmış ve sensör ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına regresyon analizi yapılarak ikinci dereceden kalibrasyon denklemi elde edilmiştir. Sensörler için kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur.



### 3.2.3. Nem Sensörlerinin Otomatik Kontrol Sisteminde Test Edilmesi

Denemelerde köklendirme masalarındaki ortam için üç farklı sıcaklık ve üç farklı nem değeri için işlem yapılmıştır. Köklendirme ortamı olarak perlit kullanılmıştır. Ortam sıcaklığı için düşük (18 °C), orta (22 °C) ve yüksek (26 °C) değerleri ile ortam nemi için tarla kapasitesinin %40 (düşük), %60 (orta) ve %80 (yüksek) değerleri seçilmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Denemeler için belirlenen sıcaklık ve nem değerleri

Sıcaklık (°C)			Nem (% Tarla Kapasitesi)		
Düşük	Orta	Yüksek	Düşük	Orta	Yüksek
18	22	26	%40	%60	%80

Denemeler laboratuvar ortamında ve bilgisayar destekli otomatik köklendirme sistemi ile kontrol edilen bir masada yapılmıştır. Nem sensörleri masa zemininden beş santimetre yukarıda ve birbirlerinden ise beş santimetre mesafede olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Farklı nem ve sıcaklık değerlerindeki denemeler için bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminde değerler ayarlanmıştır. Sistem değerleri kararlı hale geldikten sonra Waterscout SM100 nem sensörü, Watermark 200SS nem sensörü ve RSU adaptörlü tansiyometreye ait altı saatlik ölçümler veri kaydediciler tarafından kaydedilmiştir. Perlit ortamından alınan örneklerle gravimetrik yöntem uygulanarak sensörlerden ölçülen değerler karşılaştırılmıştır.

### 3.2.4. Nem Sensörlerinden Alınan Verilerin Analizi

Sıcaklık değerleri için belirlenen düşük (18 °C), orta (22 °C) ve yüksek (26 °C) ortam sıcaklığında SM100 ve tansiyometre tarafından ölçülen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla SPSS 19 paket programında tekrarlı ölçümler için tek yönlü varyans analizi (repeated measurement ANOVA) yapılmıştır. Yapılan analizlerde Mauchy'nin küresellik testi ihlal edildiği için Greenhouse-Geisser katsayısının değeri dikkate alınmıştır. Yapılan analizlerde anlamlılık farklılık için p değeri .05 olarak kabul edilmiştir. Benzer analizler düşük (%40), orta (%60) ve yüksek (%80) nem değerinde de tekrar edilmiştir. Değişkenler arasında hesaplanan

anlamlılık değerinin  $p < .05$  olması durumunda farklılığın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla ikili karşılaştırma (pairwise comparasion) analizi yapılmıştır. Yapılan ölçümlerde elde edilen değerlerin birbirine çok yakın değer alması ve bu sebeple ölçme sonuçlarının standart sapmaları analiz kapsamına alınmıştır.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Perlit Ortamının Tarla Kapasitesinin Belirlenmesi

Perlit ortamının tarla kapasitesinin belirlenmesi için beş tekerrürlü deneme yapılmıştır. Denemelerde elek içerisindeki perlit tamamen suya daldırılmıştır. Sızma işleminin gerçekleşmesi için sudan çıkarılan perlit, elek içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Bekletilen perlitin mevcut ağırlığı tartılmış ve 105 °C 'deki etüv cihazında 24 saatliğine kurutulmuştur. Kurutulan perlitin ağırlığı tartılmıştır. Perlitin ağırlık esasına göre tarla kapasitesi ortalama %410,90 (standart sapma = 0,19) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). perlitin su tutma kapasitesinin yüksek olduğu bilinmektedir.

Çizelge 4.1. Perlit için gravimetrik yöntemle belirlenen tarla kapasitesi

Deneme	Kuru Örnek	Islak Örnek	Su Miktarı	% ( $\frac{\text{Su}}{\text{Kuru Örnek}}$ )
1	85,20	432,70	347,50	%407,86
2	88,30	474,80	386,50	%437,71
3	82,40	408,50	326,10	%395,75
4	85,00	417,80	332,80	%391,53
5	86,90	453,30	366,40	%421,63
Ortalama	85,56	437,42	351,86	%410,90

### 4.2. Nem Sensörlerinin Kalibrasyon Eğrisinin Bulunması

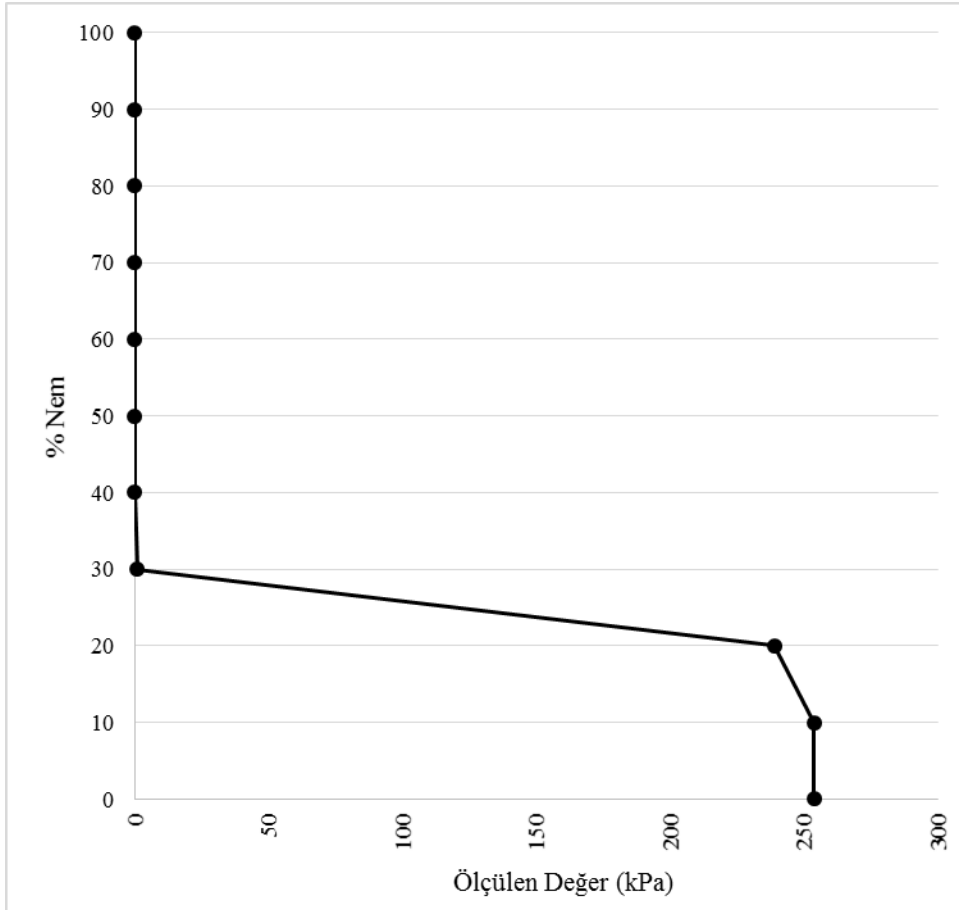
Sensörler ölçümlerinin yüzde nem değerlerine kalibre edilmesi için kullanılacak denklemin belirlenmesinde perlitin tarla kapasitesine göre %0, %10, %20, %30, %40, %50, %60, %70, %80, %90 ve %100 nem değerlerinde 300 gram kuru perlit için numuneler hazırlanmıştır. Her bir nem sensörü için numunelerde ölçüm yapılmıştır. Ölçüm verileri incelenerek sensörün nem değeri için dengeye ulaştığı 10 dakikalık veriler kullanılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre kalibrasyon eğrisi çizilmiş ve regresyon analizi ile kalibrasyon denklemi elde edilmiştir.

#### 4.2.1. Watermark 200SS Nem Sensörünün Kalibrasyonu

Yapılan ölçümler ile oluşturulan kalibrasyon eğrisinden anlaşıldığı üzere %40 ile %100 nem değerleri arasındaki kalibrasyon denemelerinde ve çalışma için yapılan

tüm denemelerde Watermark 200SS nem sensörü yapısı nedeni ile nemi içerisine hapsederek %100 nem değerini korumuştur (Şekil 4.1). Bunun nedeni ise perlitin su tutma kapasitesinin fazla olmasıdır.

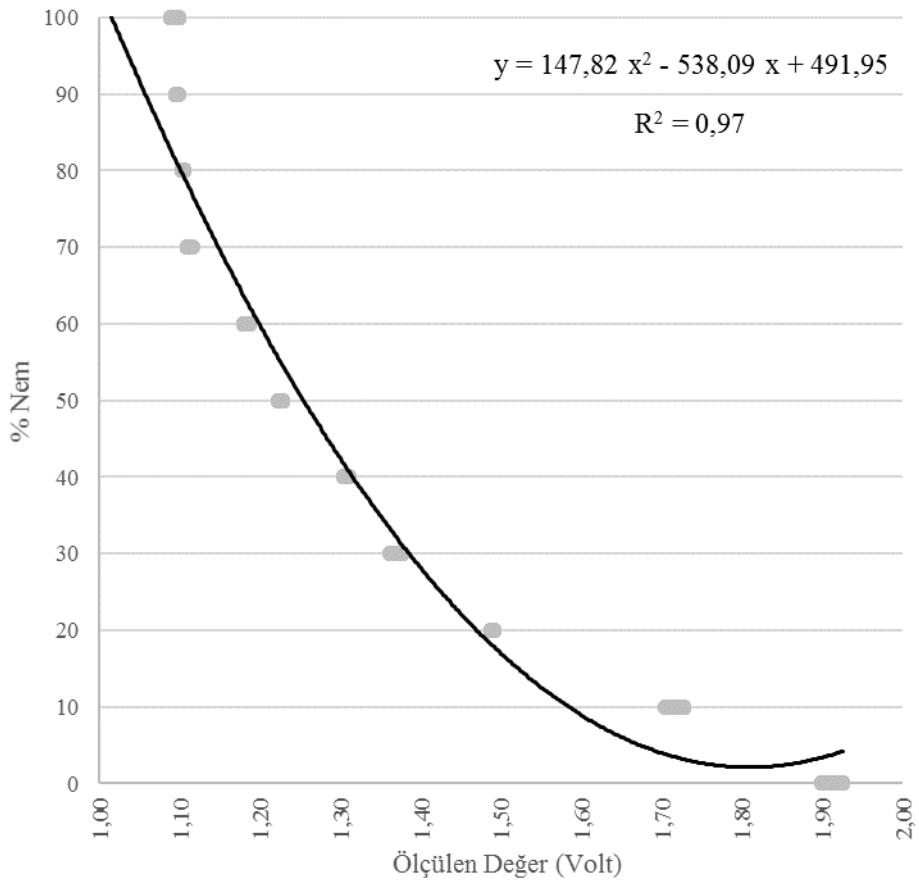
Sonuçta perlit ortamında Watermark 200SS nem sensörünün kullanımının uygun olmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle, bu sensöre ait veriler çalışma içerisinde yer almamıştır.



Şekil 4.1. Watermark 200SS nem sensörünün kalibrasyon eğrisi

#### 4.2.2. RSU Adaptörlü Tansiyometrenin Kalibrasyonu

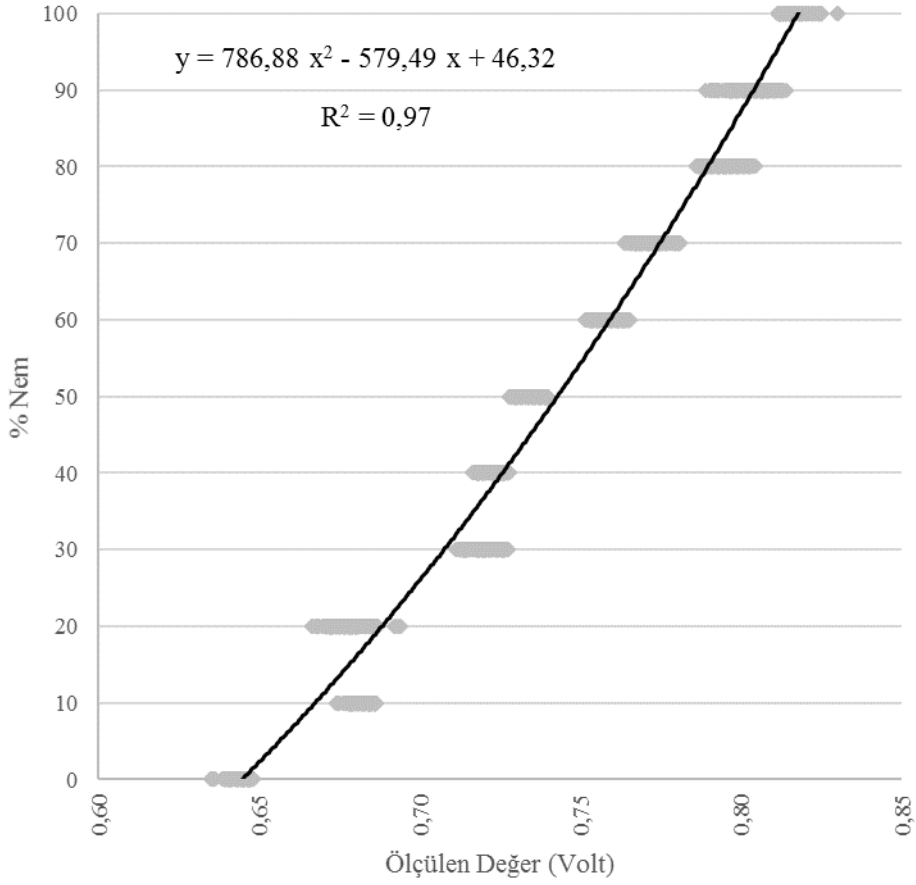
Yapılan ölçümler ile RSU adaptörlü tansiyometre için kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.2). Microsoft Excel programı ile “ $y = 147,82x^2 - 538,09x + 491,95$ ” ( $R^2 = 0,97$ ) kalibrasyon denklemi elde edilmiştir.



Şekil 4.2. RSU adaptörlü tansiyometrenin kalibrasyon eğrisi

#### 4.2.3. Waterscout SM100 Nem Sensörünün Kalibrasyonu

Yapılan ölçümler ile Waterscout SM100 nem sensörü için kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Microsoft Excel programı ile “ $y = 786,88x^2 - 579,49x + 46,32$ ” ( $R^2 = 0,97$ ) kalibrasyon denklemi elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Waterscout SM100 nem sensörünün kalibrasyon eğrisi

### 4.3. Gravimetrik Yöntem ile Elde Edilen Bulgular

Yapılan denemelerde verilerin kaydedilmesinden sonra perlitten derinlemesine alınan numunelerde gravimetrik yöntem ile ölçüm yapılmıştır. Hesaplamalar sonunda 100 gram kuru perlit için toplam su miktarının kaç gram olduğu ve yüzde nem değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü üzere denemelerde köklendirme ortam nemi, sistem tarafından ayarlanan değerlere yakın tutulmuştur.

Çizelge 4.2. 100 gram perlitteki su miktarları ve %nem değerleri

	%40 Nem		%60 Nem		%80 Nem	
	Su Miktarı	%Nem	Su Miktarı	%Nem	Su Miktarı	%Nem
<b>18 °C</b>	159,6	%38,84	250,4	%60,94	318,5	%77,51
<b>22 °C</b>	175,2	%42,64	255,8	%62,25	315,2	%76,71
<b>26 °C</b>	172,4	%41,96	238,7	%58,09	326,7	%79,51

#### 4.4. Denemeler

Çalışmada 9 deneme yapılmıştır (Çizelge 4.3). Denemelerde köklendirme ortamı için belirlenen nem ve sıcaklık değerlerine ulaşıldıktan sonraki altı saatlik veriler dakikalık olarak incelenmiştir. Her bir deneme için perlit – ortam sıcaklığı ve SM100 – tansiyometre grafikleri oluşturulmuş ve minimum, maksimum ve ortalama değerleri ile standart sapma değerleri verilmiştir.

Her bir nem değeri için yapılan farklı sıcaklıktaki üç deneme için SM100 – tansiyometre grafikleri oluşturulmuştur. Sensör verilerinin analizleri yapılarak istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olup olmadığı incelenmiştir.

Çizelge 4.3. Denemeler

Deneme	Nem Değeri	Sıcaklık Değeri
1	Düşük (%40)	Düşük (18 °C)
2	Düşük (%40)	Orta (22 °C)
3	Düşük (%40)	Yüksek (26 °C)
4	Orta (%60)	Düşük (18 °C)
5	Orta (%60)	Orta (22 °C)
6	Orta (%60)	Yüksek (26 °C)
7	Yüksek (%80)	Düşük (18 °C)
8	Yüksek (%80)	Orta (22 °C)
9	Yüksek (%80)	Yüksek (26 °C)

#### 4.4.1. Düşük Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

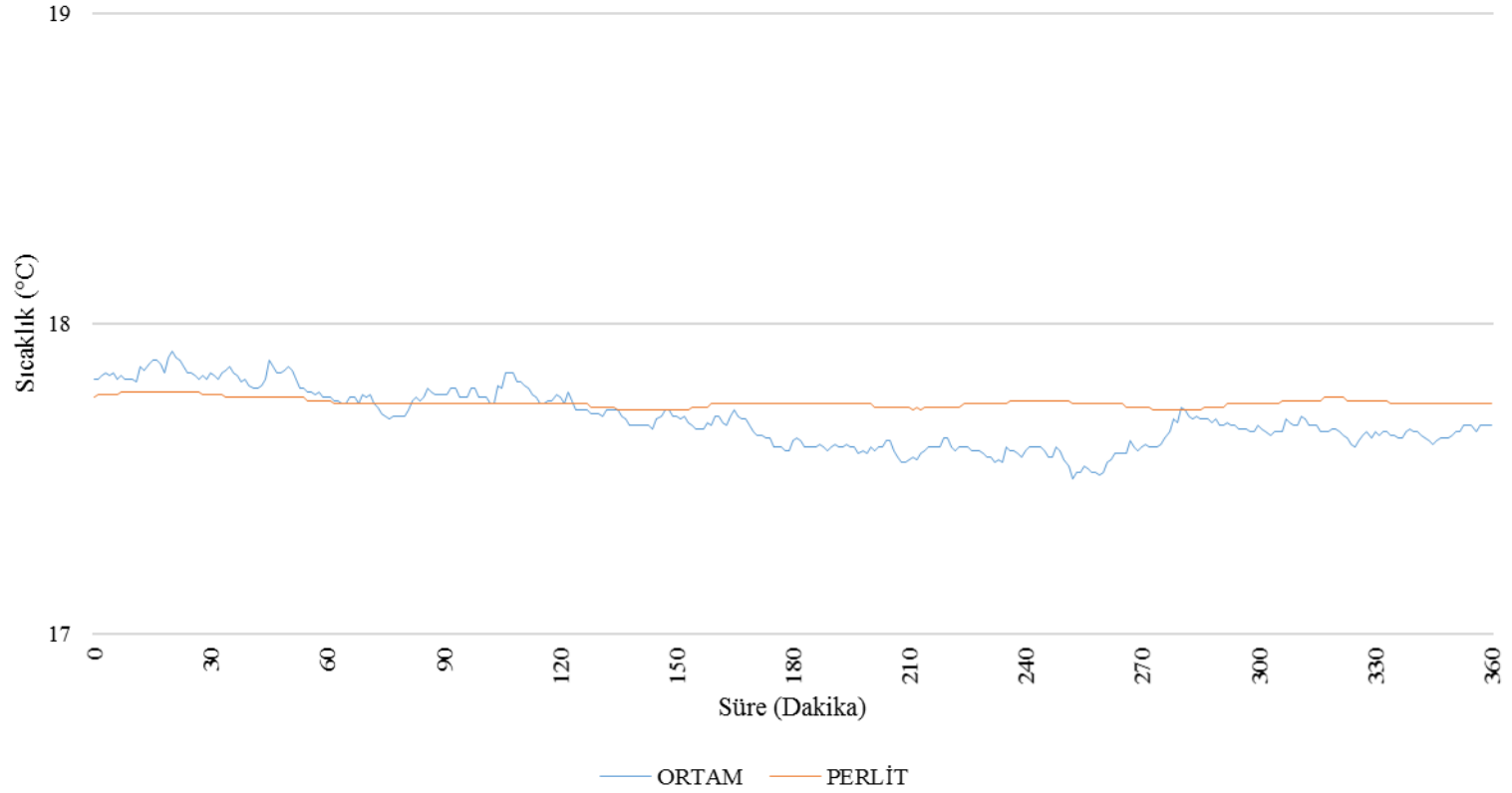
Otomatik köklendirme sistemi düşük nem (%40) ve düşük sıcaklık (18°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.4'te ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 17,50 °C, en yüksek değer ise 17,91 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 17,69 °C (standart sapma = 0,09) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 17,72 °C, en yüksek değer ise 17,78 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 17,74 °C (standart sapma = 0,01) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer altında, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

Şekil 4.5'te SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %10,16, en yüksek nem değeri ise %30,00 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %23,16 (standart sapma = 4,24) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %39,34, en yüksek nem değeri ise %40,83 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %40,11 (standart sapma = 0,44) olarak belirlenmiştir.

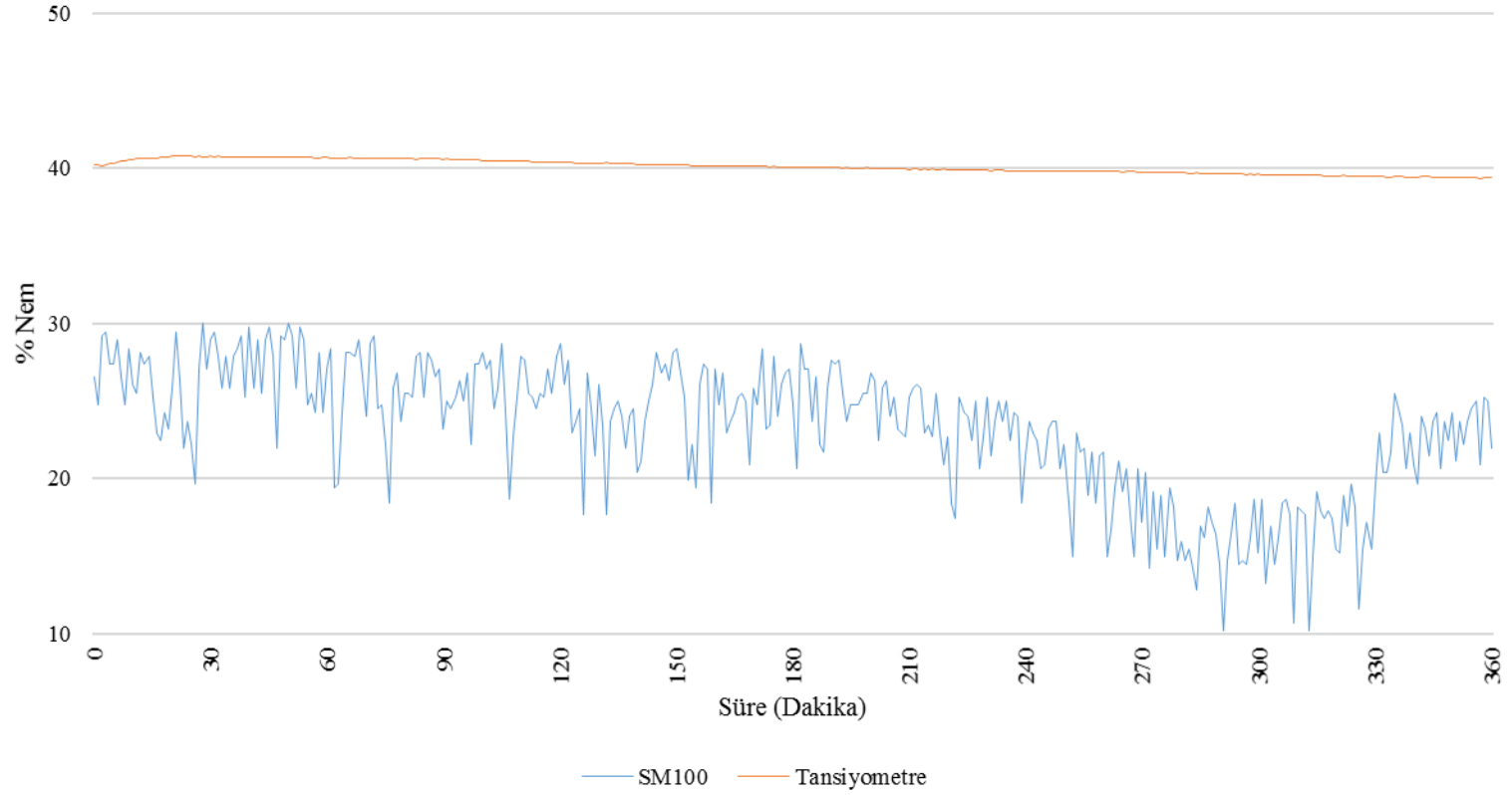
SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %40'ın oldukça altındadır. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise köklendirme ortamında kullanılan perlitte su hareketine bağlı dielektrik değerinin sürekli değiştiğinden olabilir. Bu değişim, yapılan tüm denemelerde de gözlemlenmiştir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %40 seviyesinde olduğu görülmektedir. Bu denemede tansiyometre ile ortam nemi daha hassas ve kararlı olarak ölçülmüştür.





Şekil 4.4. %40 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.5. %40 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

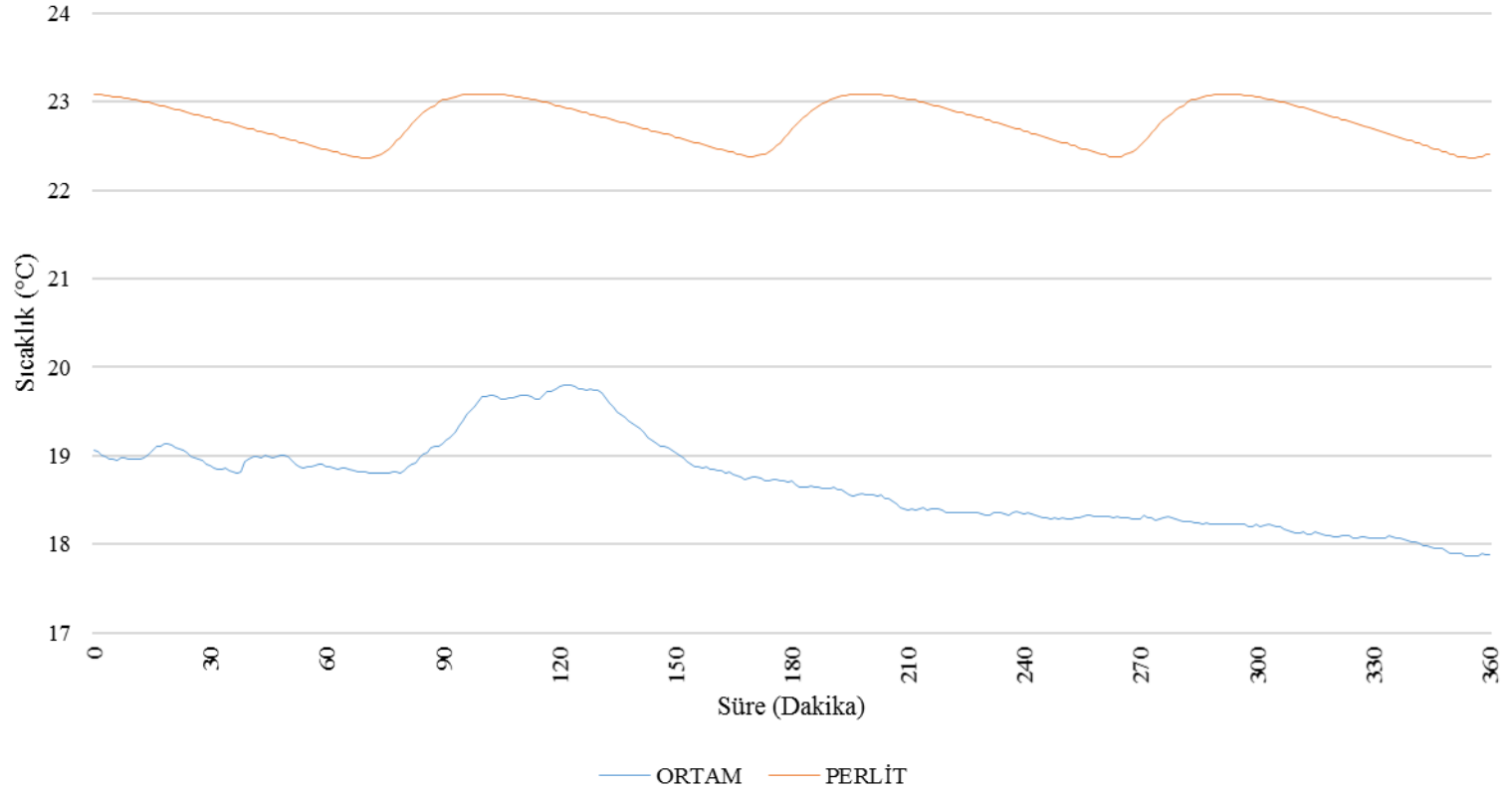
#### 4.4.2. Düşük Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

Otomatik köklendirme sistemi düşük nem (%40) ve orta sıcaklık (22°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.6'da ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 17,86 °C, en yüksek değer ise 19,79 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 18,69 °C (standart sapma = 0,51) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 22,36 °C, en yüksek değer ise 23,09 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 22,77 °C (standart sapma = 0,24) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer üstünde, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

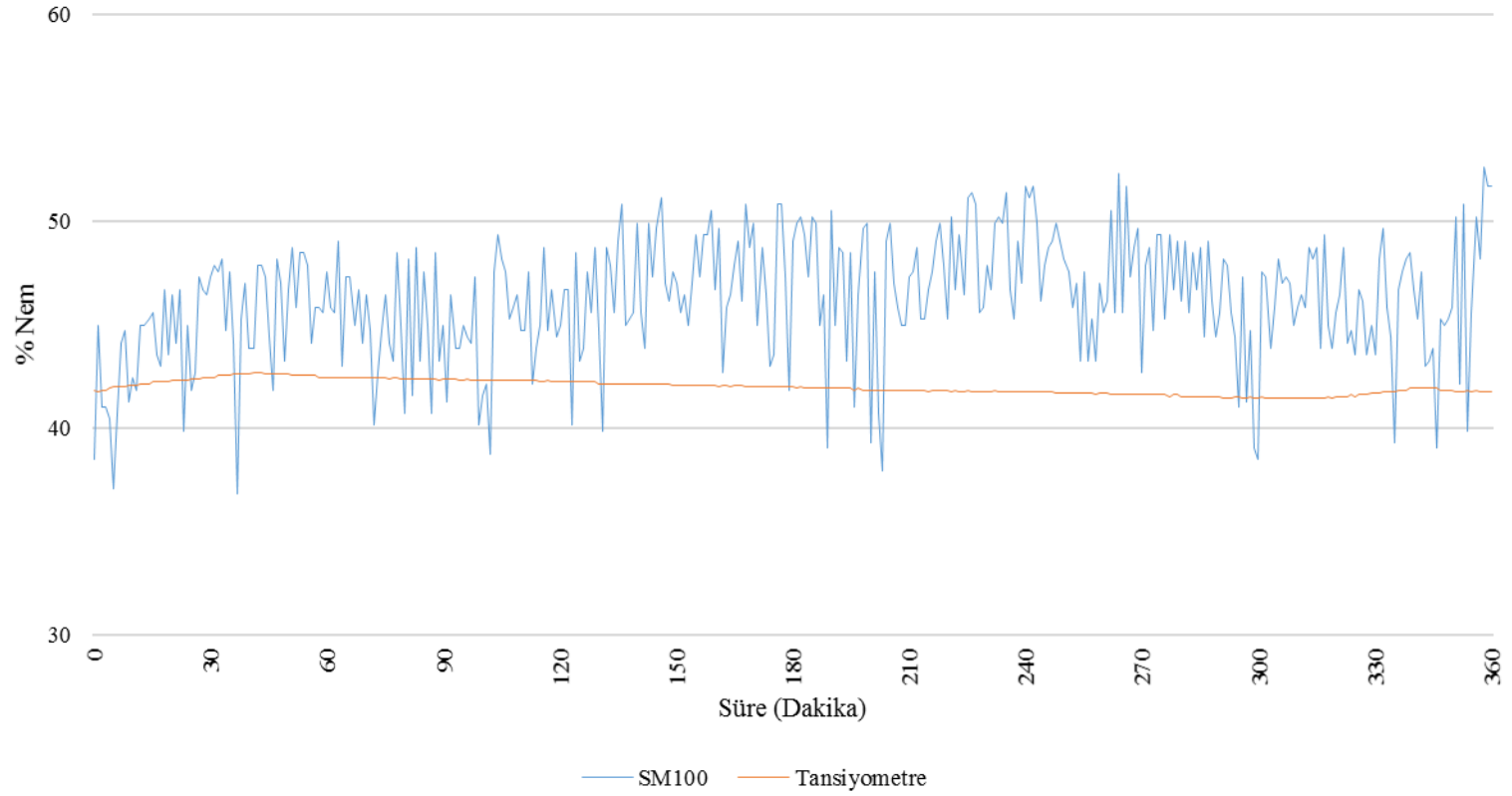
Şekil 4.7'de SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %36,79, en yüksek nem değeri ise %52,59 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %46,17 (standart sapma = 2,97) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %41,44, en yüksek nem değeri ise %42,67 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %41,97 (standart sapma = 0,34) olarak belirlenmiştir.

SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %40'ın oldukça üstündedir. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %40'ın üstünde olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür. Nem eğrisinin tamamına bakıldığında sulama zamanları görülebilmektedir.



Şekil 4.6. %40 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.7. %40 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

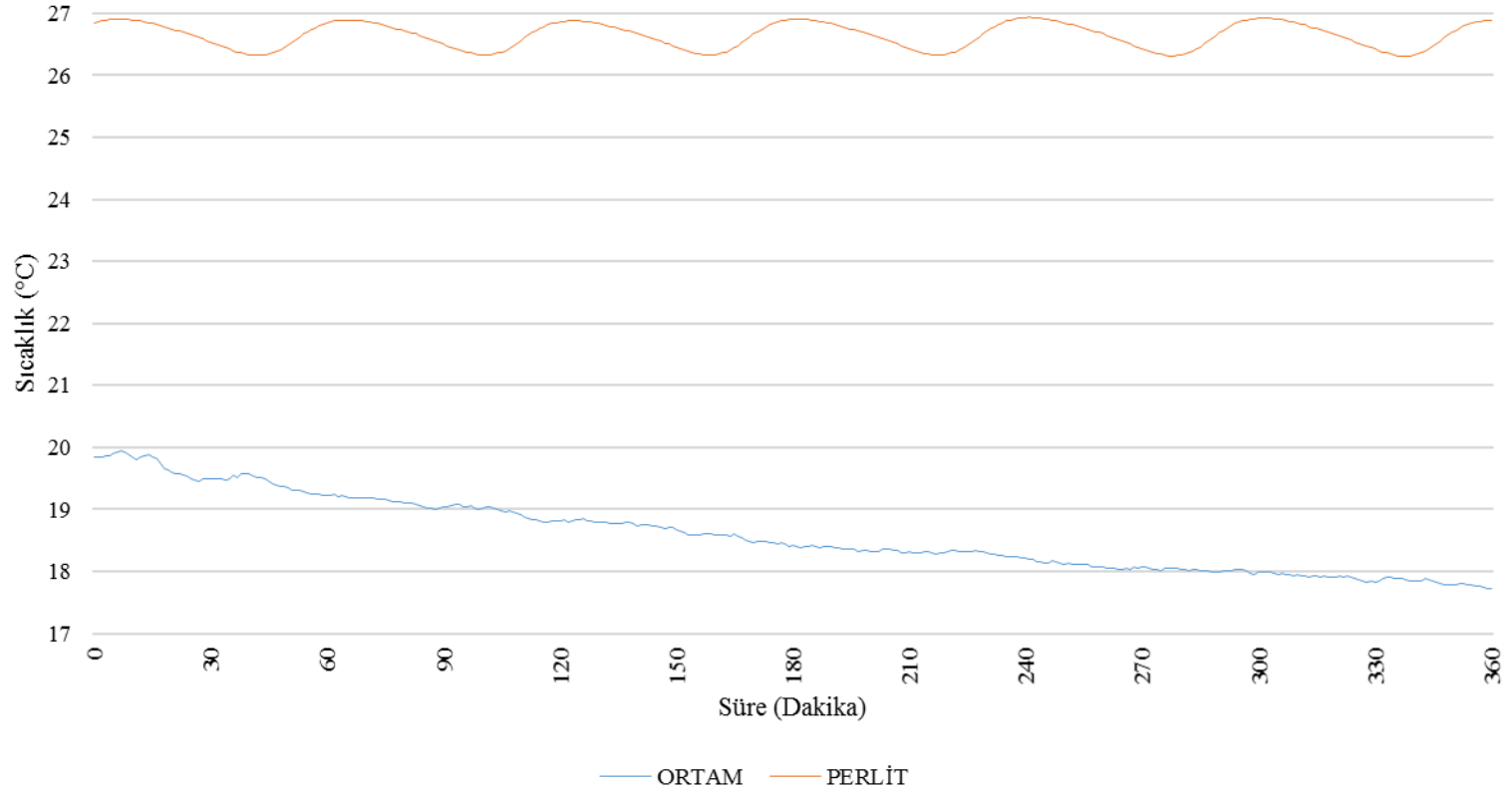
#### 4.4.3. Düşük Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

Otomatik köklendirme sistemi düşük nem (%40) ve yüksek sıcaklık (26°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.8’de ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 17,73 °C, en yüksek değer ise 19,94 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 18,59 °C (standart sapma = 0,60) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 26,30 °C, en yüksek değer ise 26,94 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 26,64 °C (standart sapma = 0,20) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer üstünde, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

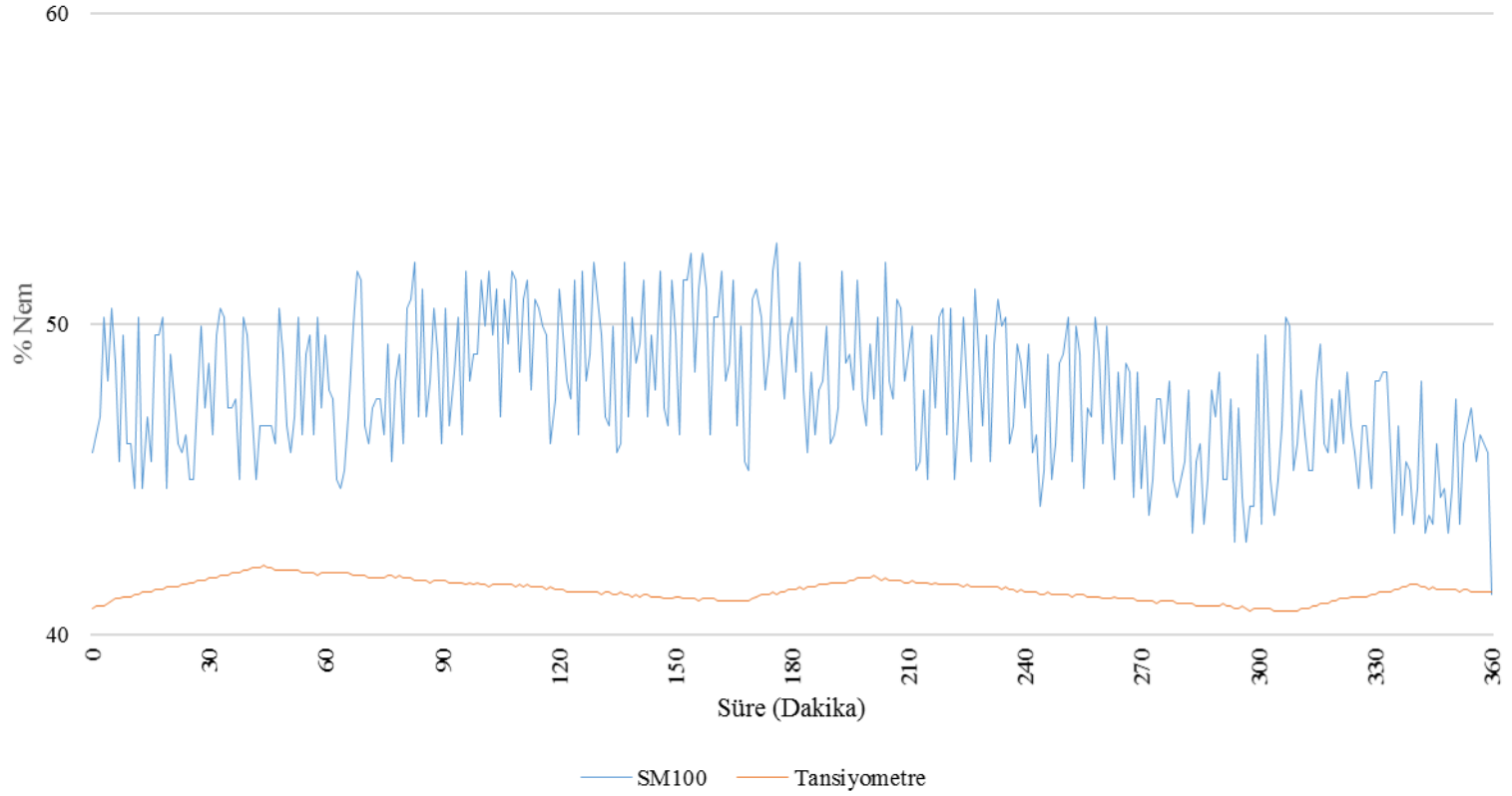
Şekil 4.9’da SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %41,26, en yüksek nem değeri ise %52,59 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %47,78 (standart sapma = 2,29) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %40,76, en yüksek nem değeri ise %42,20 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %41,42 (standart sapma = 0,34) olarak belirlenmiştir.

SM100’e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %40’ın oldukça üstündedir. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %40’ın üstünde olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür. Nem eğrisinin tamamına bakıldığında sulamanın yapıldığı zaman aralıkları, %40 nem ve 22 °C sıcaklıkta yapılan denemeye göre daha belirgin olarak görülebilmektedir.



Şekil 4.8. %40 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.9. %40 nem ve 26 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi



#### 4.4.4. Düşük Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular

18, 22 ve 26 °C derece ve %40 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometrenden alınan altı saatlik verilerine göre nem eğrileri Şekil 4.10'da görülmektedir. SM100 sensörünün 22 ve 26 °C derecedeki ölçümlerinin birbirine benzer olduğu ama 18 °C derecedeki ölçümlerinin diğer nem değerlerinde de olduğu gibi daha düşük olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometrenin tüm sıcaklık değerlerindeki ölçümlerinin birbirine yakın ve dalgalanmanın daha az olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini daha hassas ölçmüştür.

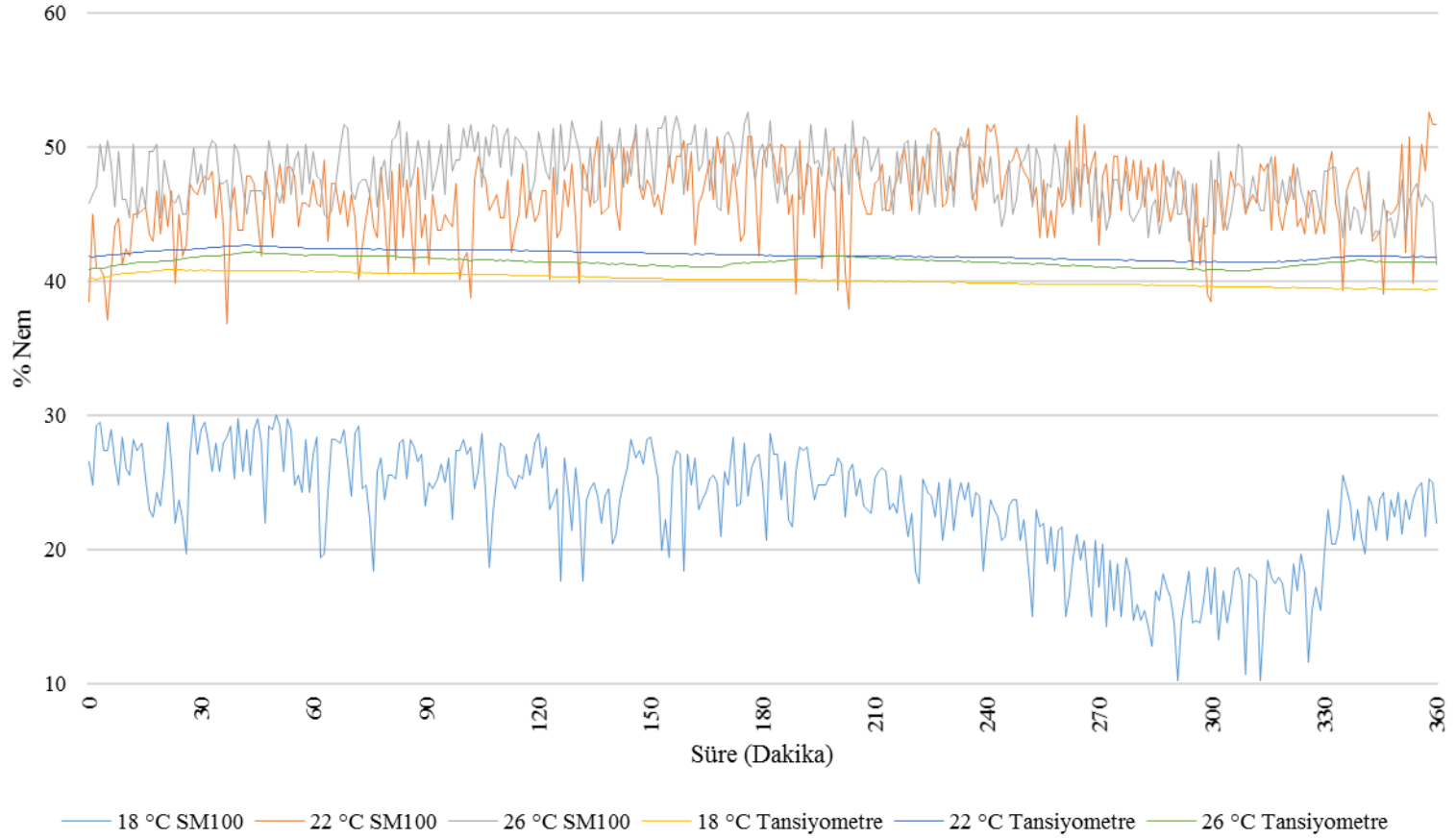
18, 22 ve 26 °C derece ve %40 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometrenden elde edilen ortalama değerler ve bunlara ilişkin standart sapma değerleri Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri

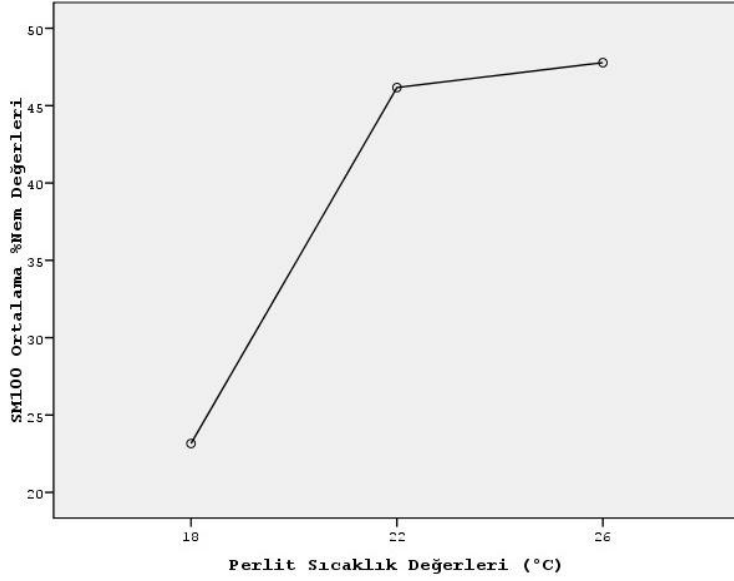
	SM100		Tansiyometre	
	$\bar{x}$	ss	$\bar{x}$	ss
18 °C (1)	23,16	4,244871	40,11	0,439278
22 °C (2)	46,17	2,971874	41,97	0,335386
26 °C (3)	47,78	2,288537	41,42	0,339168

18, 22 ve 26 °C derece ve %40 nem değerindeki SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre tarafından hesaplanan ortalama değerlere ilişkin sonuçlar Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de gösterilmiştir.

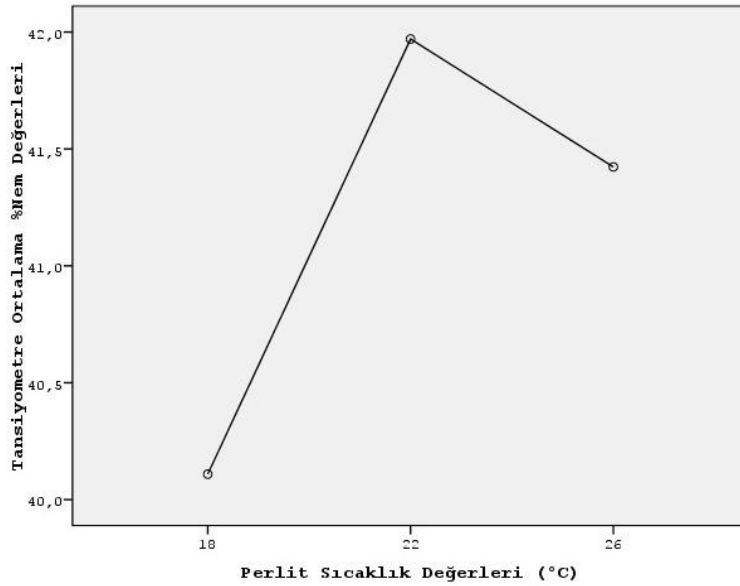
30



Şekil 4.10. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi



Şekil 4.11. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı



Şekil 4.12. %40 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı

SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden elde edilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla tekrarlı (repeated measurement) analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. %40 nem değerindeki denemelerde SM100 sensörü ve tansiyometreden ölçülen nem değerlerinin analizi

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark
SM100	Ölçümler arası	191192,165	360	0,000	6936,733	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	137011,463	1,616	84783,754			
	Hata	7110,570	581,764	0,000			
	Toplam	335314,20	943,38	84783,754			
Tansiyometre	Ölçümler arası	1251,149	360	0,000	9510,079	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	660,947	1,325	498,946			
	Hata	25,020	476,887	0,000			
	Toplam	1937,12	838,212	498,946			

Analiz sonuçlarına göre 18, 22 ve 26 °C derece ve %40 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre sensörlerinin ölçtüğü değerler arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağının belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda SM100 sensörü için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda RSU adaptörlü tansiyometre için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur.

Her ne kadar SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunsada ölçümlere göre standart sapma değerleri incelendiğinde RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçümlerin değişkenliğinin daha az olduğu görülmektedir.

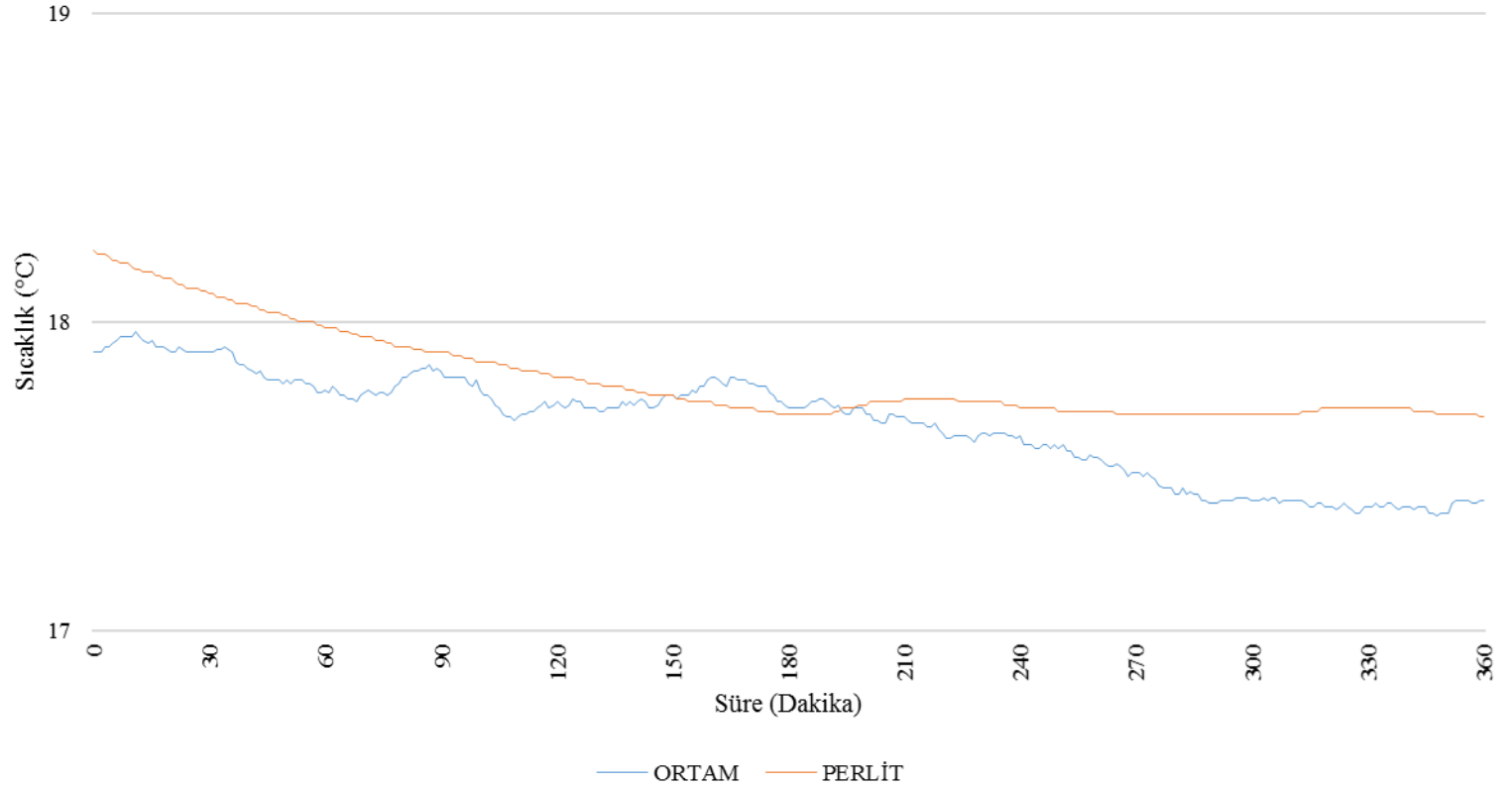
#### 4.4.5. Orta Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

Otomatik köklendirme sistemi orta nem (%60) ve düşük sıcaklık (18°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.13'te ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 17,37 °C, en yüksek değer ise 17,97 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 17,67 °C (standart sapma = 0,17) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 17,69 °C, en yüksek değer ise 18,23 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 17,82 °C (standart sapma = 0,15) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer altında, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

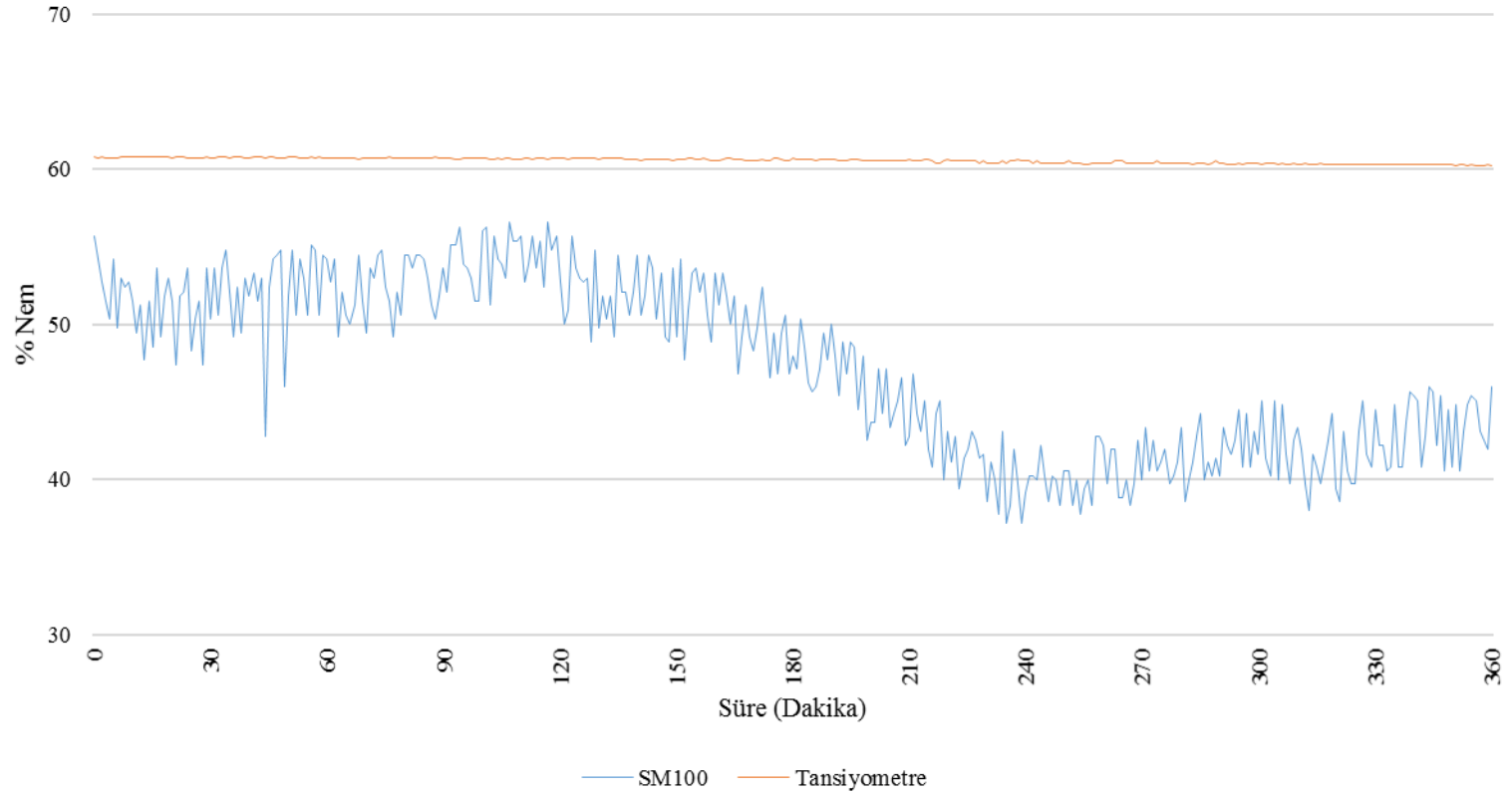
Şekil 4.14'te SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %37,17, en yüksek nem değeri ise %56,62 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %47,26 (standart sapma = 5,51) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %60,25, en yüksek nem değeri ise %60,81 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %60,57 (standart sapma = 0,16) olarak belirlenmiştir.

SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %60'ın oldukça altındadır. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %60'ın üstünde olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.



Şekil 4.13. %60 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.14. %60 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.6. Orta Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

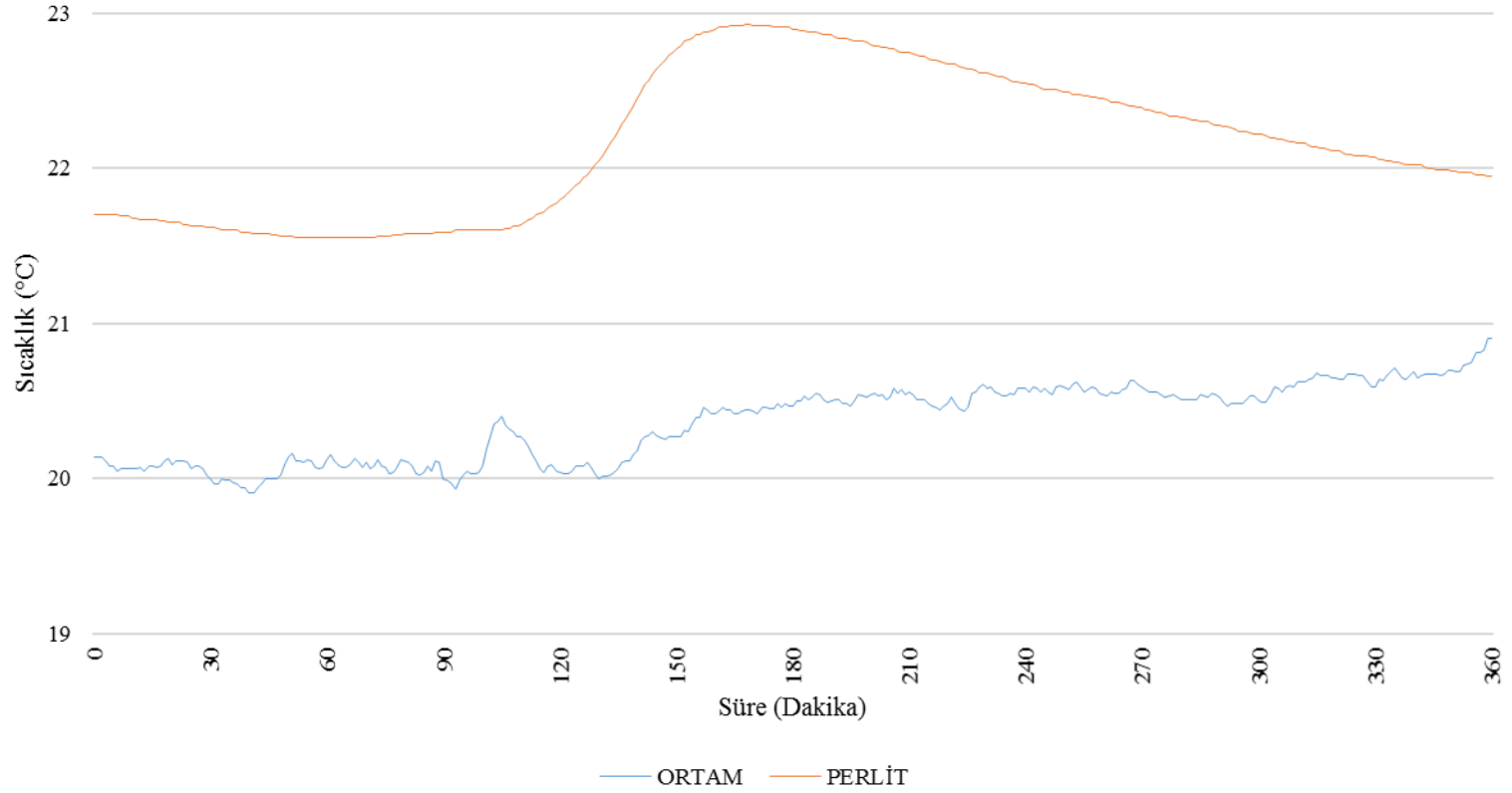
Otomatik köklendirme sistemi orta nem (%60) ve orta sıcaklık (22°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.15'te ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 19,91 °C, en yüksek değer ise 20,90 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 20,36 °C (standart sapma = 0,25) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 21,55 °C, en yüksek değer ise 22,93 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 22,17 °C (standart sapma = 0,47) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığı ayarlanan değer altında başlamıştır. Isıtma sistemi devre girdiğinde ise ortam sıcaklığı artmış ve dengeye gelmesi uzun sürmüştür.

Şekil 4.16'da SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %52,71, en yüksek nem değeri ise %78,82 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %69,57 (standart sapma = 6,38) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %59,88, en yüksek nem değeri ise %60,90 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %60,51 (standart sapma = 0,19) olarak belirlenmiştir.

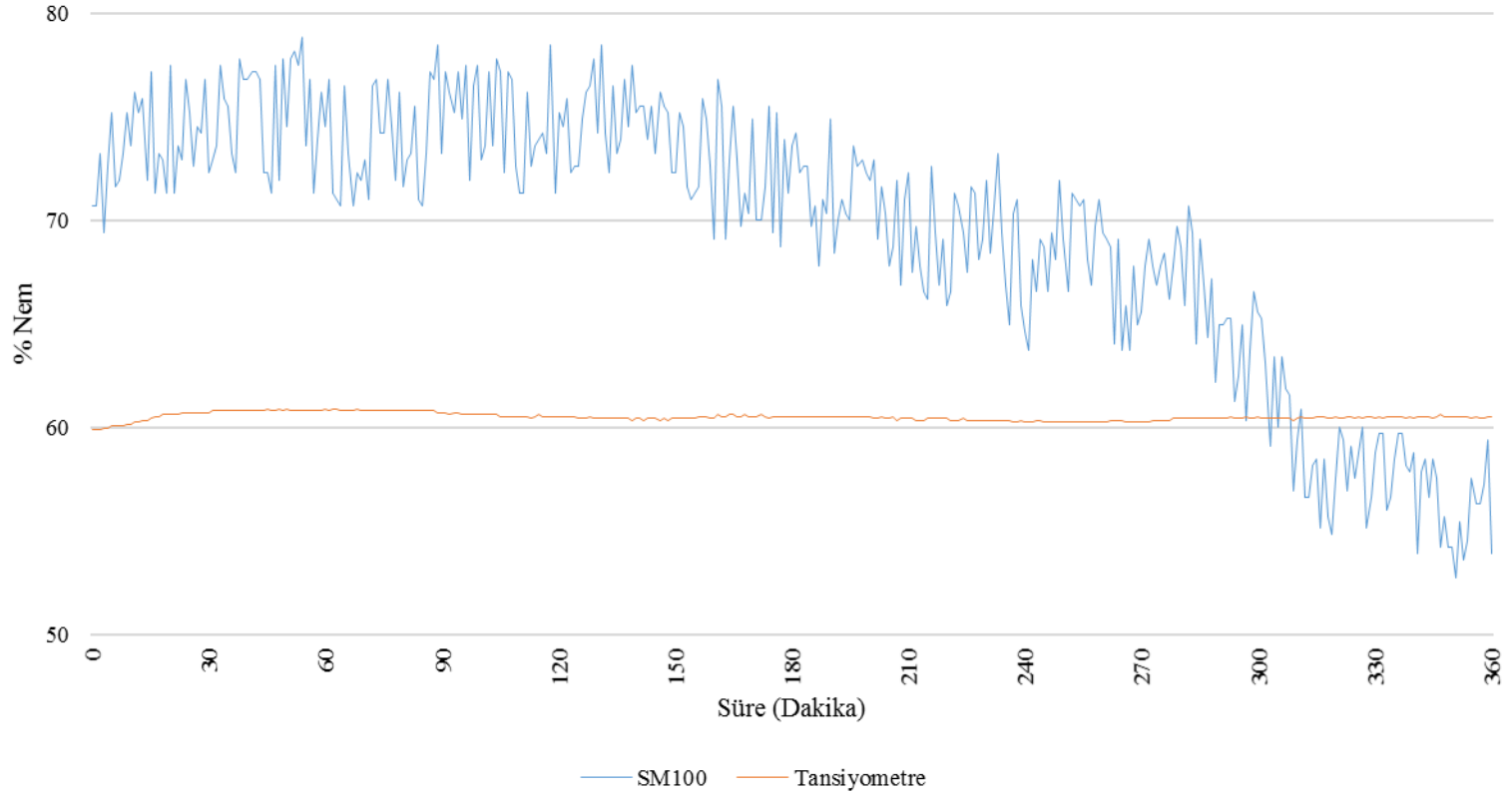
SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %60'ın oldukça üstündedir. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %60'ın üstünde olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.





Şekil 4.15. %60 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.16. %60 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.7. Orta Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

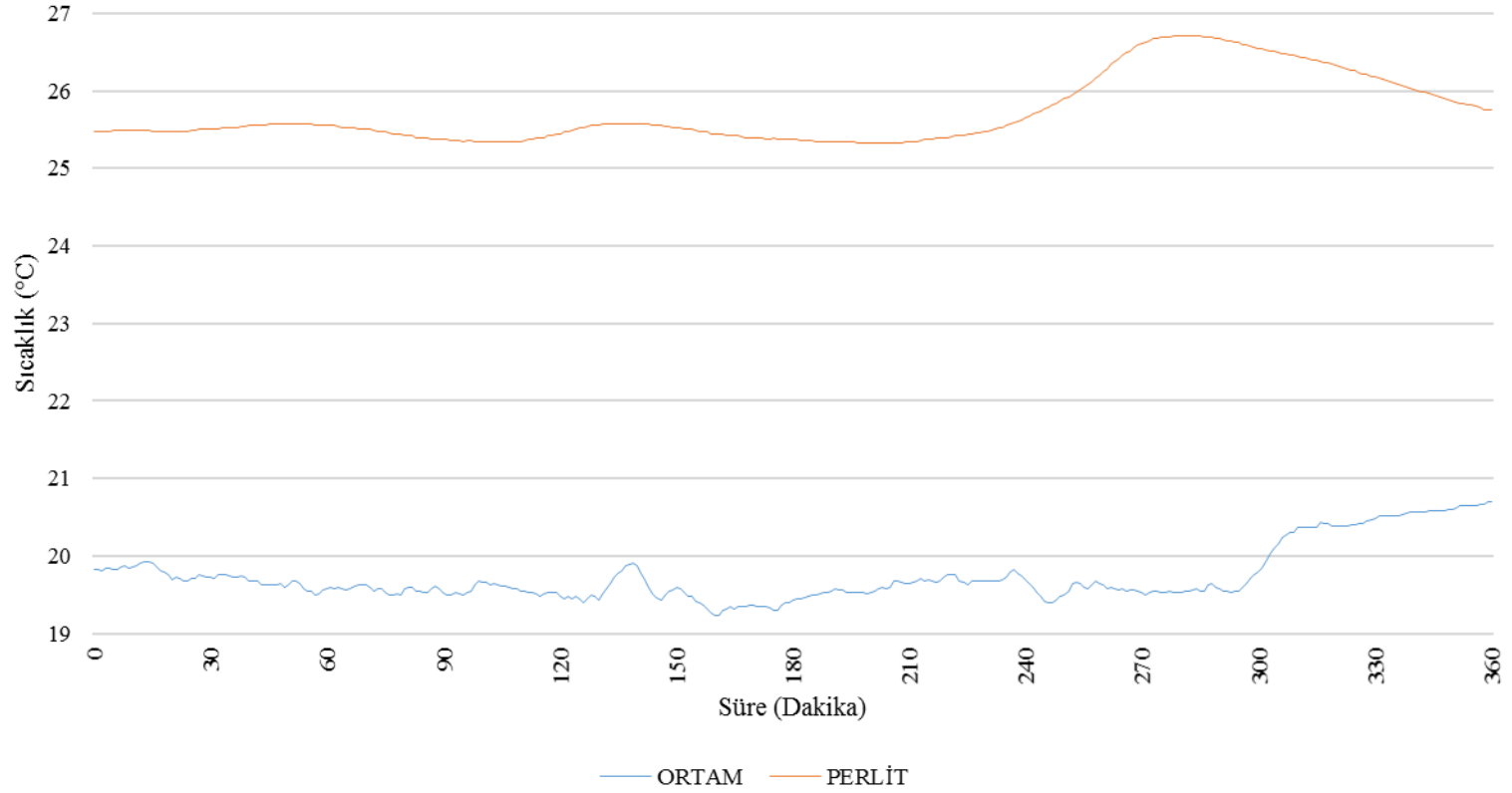
Otomatik köklendirme sistemi orta nem (%60) ve yüksek sıcaklık (26°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.17’de ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklık eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 19,23 °C, en yüksek değer ise 20,69 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 19,73 °C (standart sapma = 0,35) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 25,32 °C, en yüksek değer ise 26,71 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 25,73 °C (standart sapma = 0,43) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığı ayarlanan değer altında başlamıştır. Isıtma sistemi deneme sonuna doğru devre girdiğinde ise ortam sıcaklığı artmış ve dengeye gelmesi uzun sürmüştür.

Şekil 4.18’de SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %47,99, en yüksek nem değeri ise %72,60 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %59,26 (standart sapma = 6,20) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %59,51, en yüksek nem değeri ise %60,34 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %59,92 (standart sapma = 0,21) olarak belirlenmiştir.

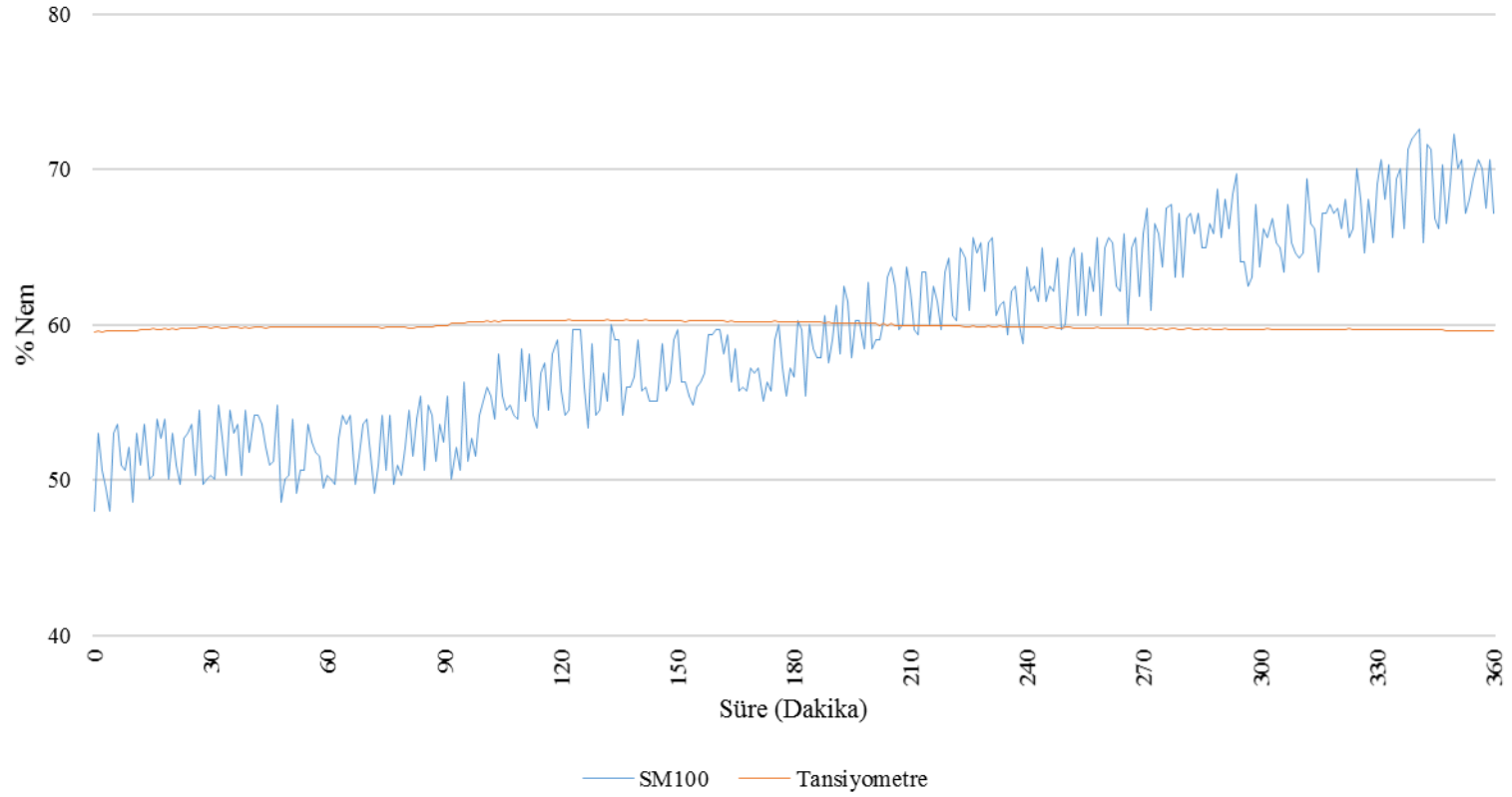
SM100’e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri sürekli artış yapmıştır. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %60’ın seviyesinde olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.

40



Şekil 4.17. %60 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.18. %60 nem ve 26 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.8. Orta Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular

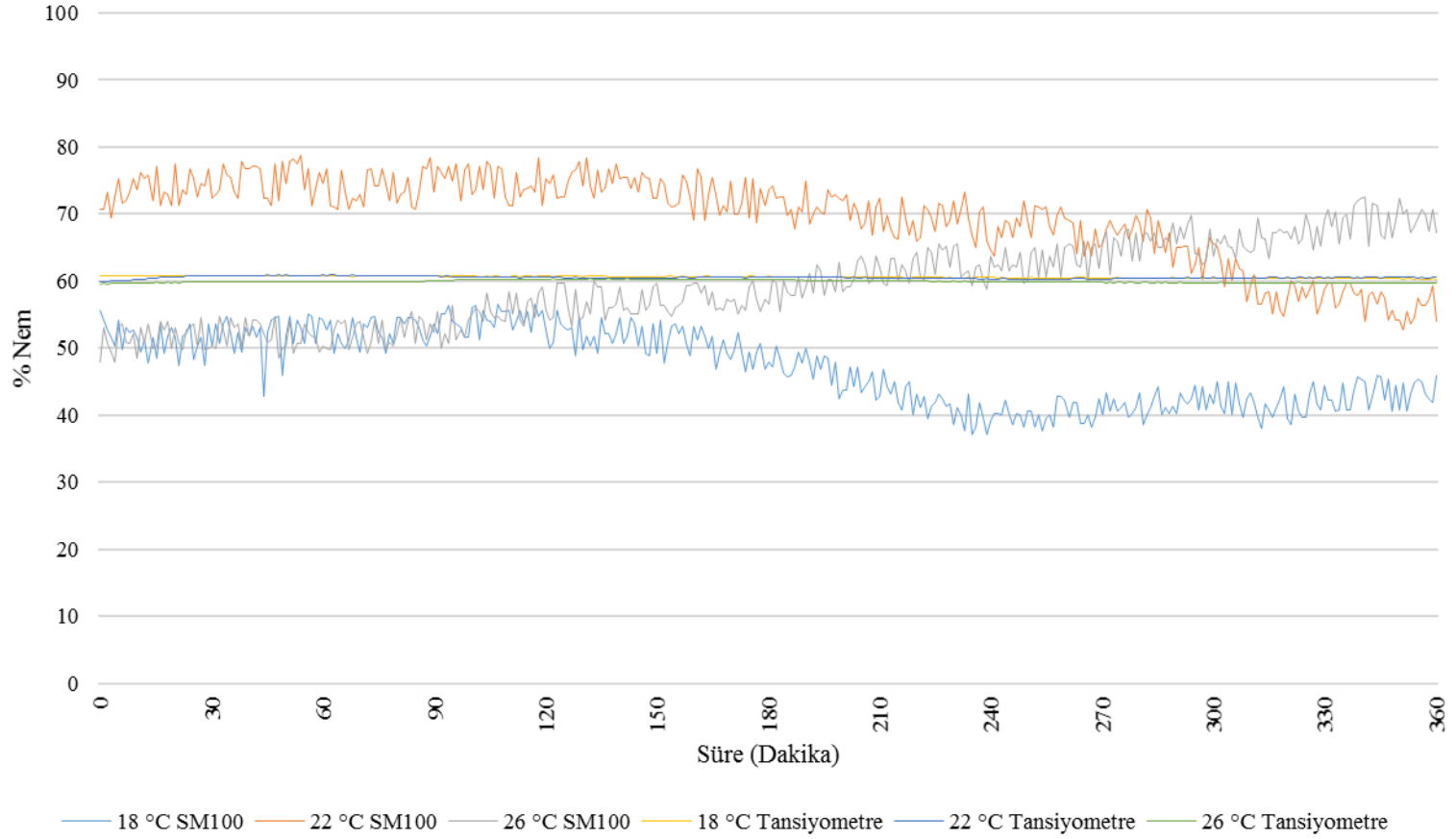
18, 22 ve 26 °C derece ve %60 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden ölçülen altı saatlik verilere göre nem eğrileri Şekil 4.19'da görülmektedir. SM100 sensörünün tüm sıcaklık değerlerindeki ölçümlerinin birbirinden farklı olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometrenin tüm sıcaklık değerlerindeki ölçümlerinin birbirine yakın ve dalgalanmanın daha az olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini daha hassas ölçmüştür.

18, 22 ve 26 °C derece ve %60 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden elde edilen ortalama değerler ve bunlara ilişkin standart sapma değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

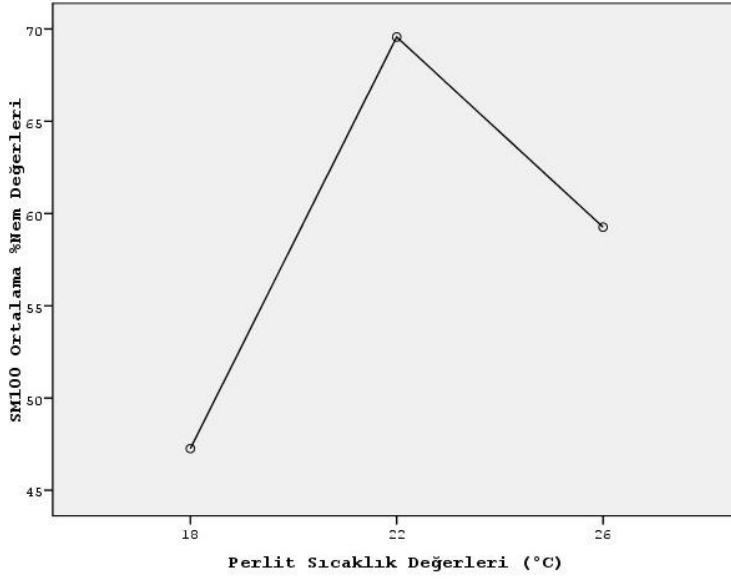
Çizelge 4.6. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri

	SM100		Tansiyometre	
	$\bar{x}$	ss	$\bar{x}$	ss
18 °C	47,26	5,506398	60,57	0,156201
22 °C	69,57	6,380907	60,51	0,189202
26 °C	59,26	6,195676	59,92	0,213702

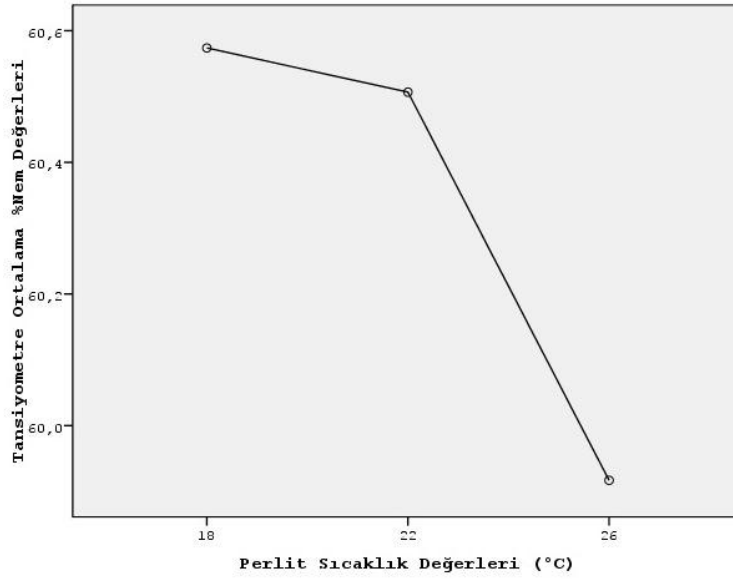
18, 22 ve 26 °C derece ve %60 nem değerindeki SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre tarafından hesaplanan ortalama değerlere ilişkin sonuçlar Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.19. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi



Şekil 4.20. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı



Şekil 4.21. %60 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı



SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden elde edilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla tekrarlı (repeated measurement) analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. %60 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerlerinin analizi

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark
SM100	Ölçümler arası	258,562	360	0,000	933,584	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	89981,070	1,270	70878,022			
	Hata	34697,662	457,027	0,000			
	Toplam	124937,29	818,297	70878,022			
Tansiyometre	Ölçümler arası	1,629	360	0,000	1893,174	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	94,359	1,741	54,212			
	Hata	17,943	626,597	0,000			
	Toplam	113,93	988,338	54,212			

Analiz sonuçlarına göre 18, 22 ve 26 °C derece ve %60 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre sensörlerinin ölçtüğü değerler arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda SM100 sensörü için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda RSU adaptörlü tansiyometre için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur.

Her ne kadar SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunsa da ölçümlere göre standart sapma değerleri incelendiğinde RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçümlerin değişkenliğinin daha az olduğu görülmektedir.

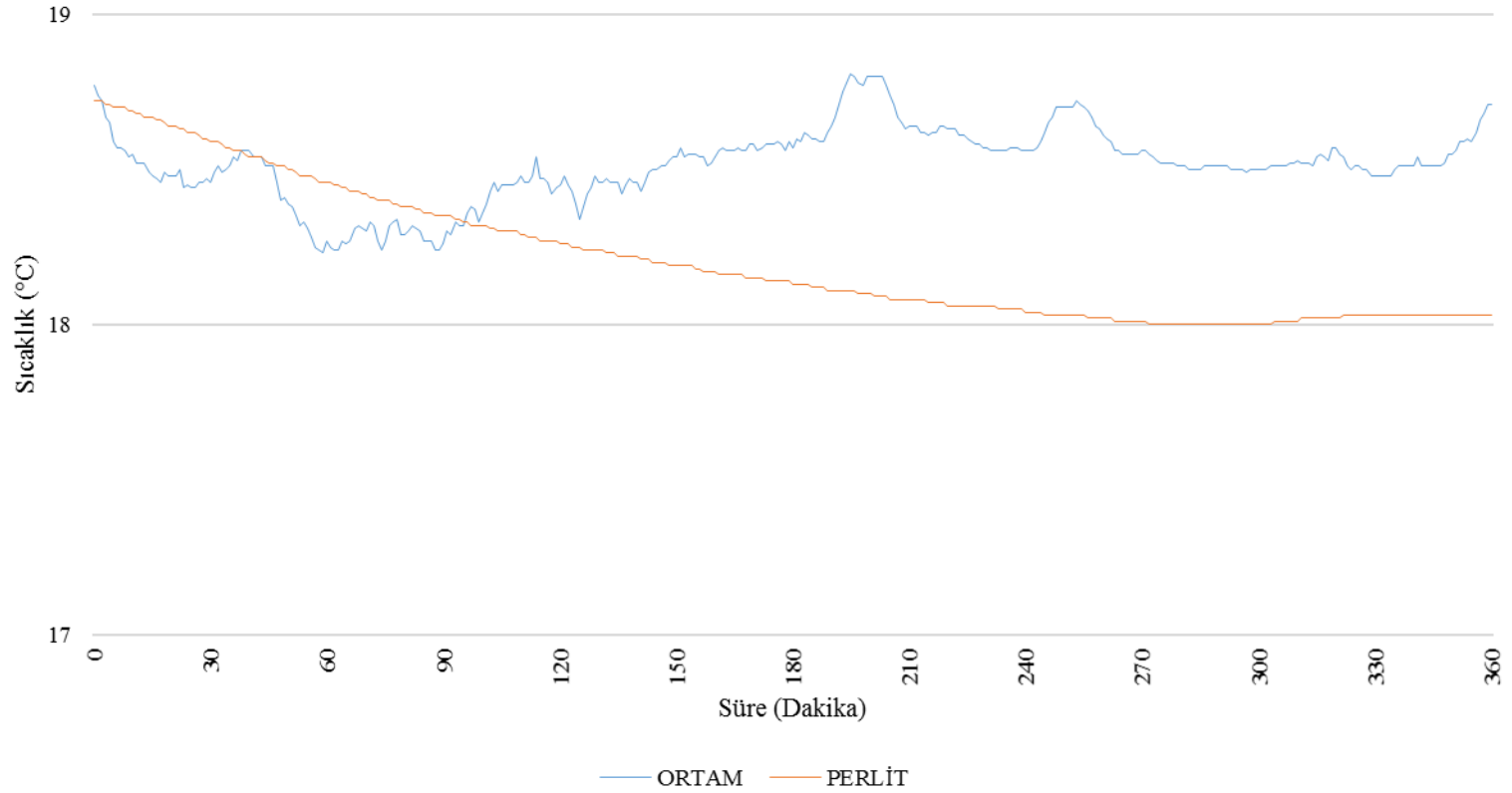
#### 4.4.9. Yüksek Nem ve Düşük Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

Otomatik köklendirme sistemi yüksek nem (%80) ve düşük sıcaklık (18°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.22’de ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklığı eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 18,23 °C, en yüksek değer ise 18,81 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 18,51 °C (standart sapma = 0,12) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 18,00 °C, en yüksek değer ise 18,72 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 18,21 °C (standart sapma = 0,21) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ayarlanan değerinde başlamıştır. Deneme sonuna doğru ayarlanan değere gelmiş ve ısıtma sisteminin devreye girdiği görülmektedir.

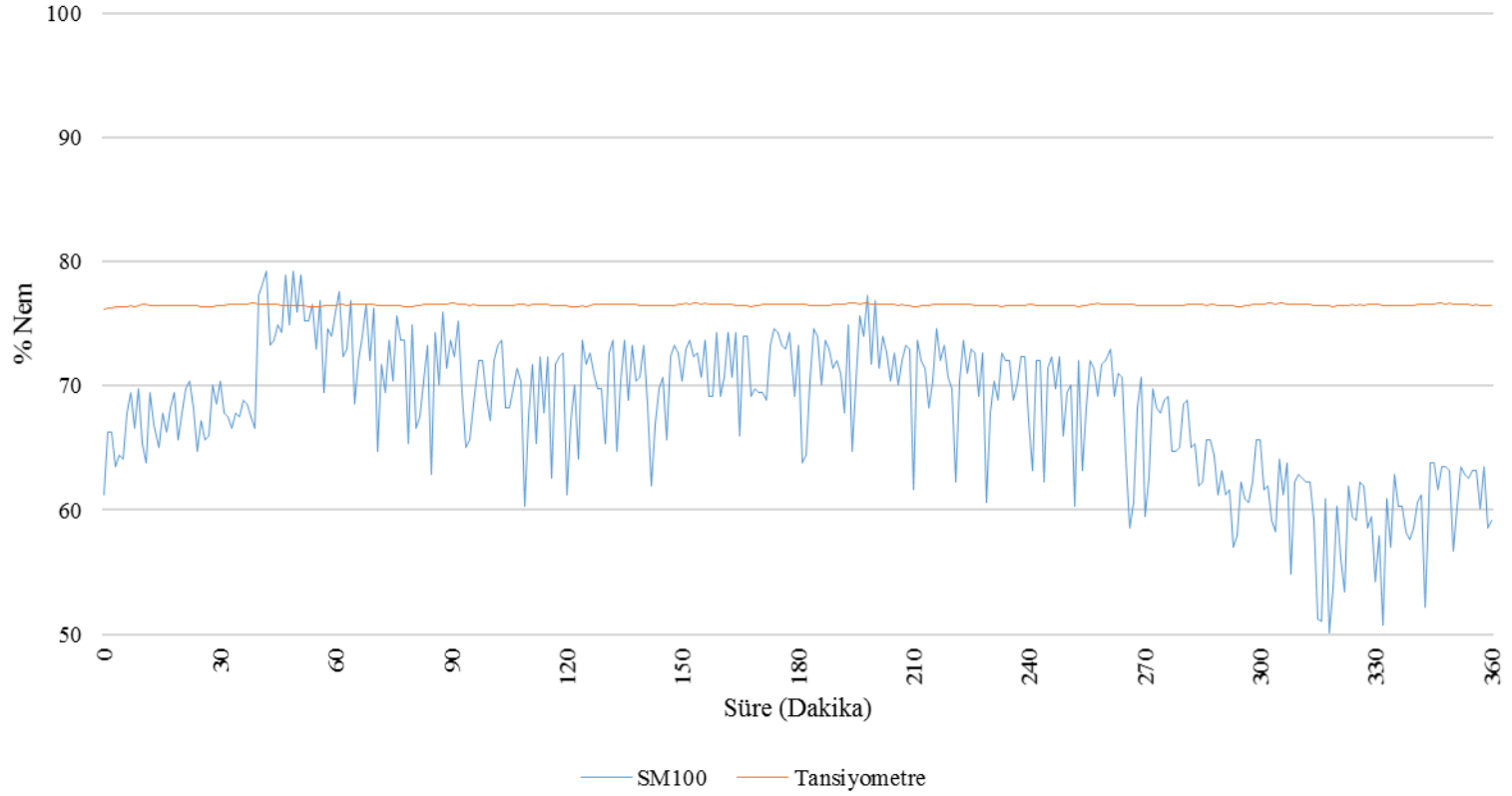
Şekil 4.23’te SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %50,10, en yüksek nem değeri ise %79,22 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %68,09 (standart sapma = 5,64) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %76,14, en yüksek nem değeri ise %76,66 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %76,50 (standart sapma = 0,08) olarak belirlenmiştir.

SM100’e ait nem eğrisinde görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %80’in altındadır. Bu düşük değerlerdeki ölçümler, 18 °C yapılan %40 ve %60 nem denemelerinde de görülmektedir. SM100 nem sensörünün düşük sıcaklıklardaki ölçümlerinin doğru olmadığını düşündürmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %80’in altında olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.



Şekil 4.22. %80 nem ve 18 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.23. %80 nem ve 18 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.10. Yüksek Nem ve Orta Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

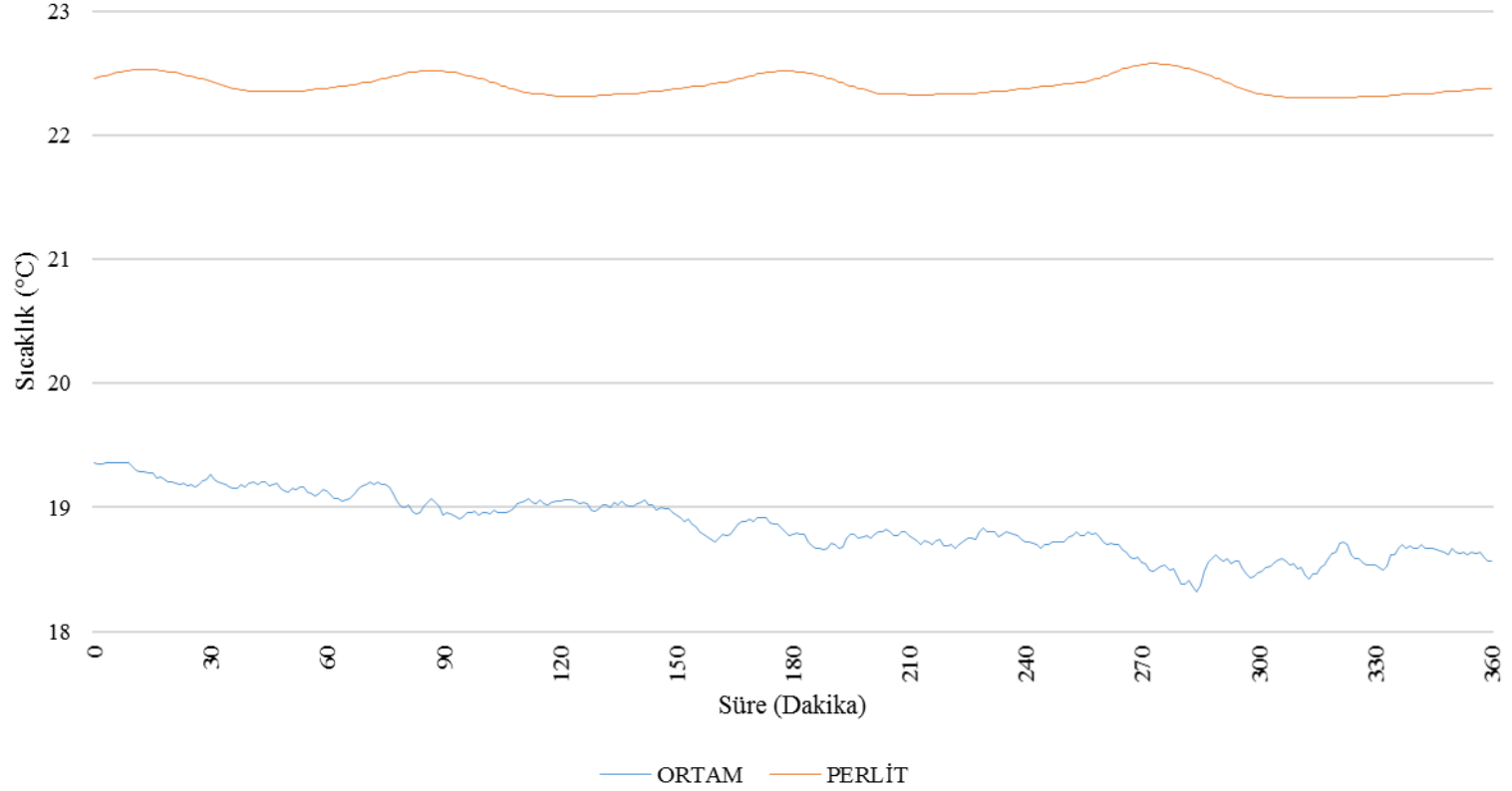
Otomatik köklendirme sistemi yüksek nem (%80) ve orta sıcaklık (22°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.24'te ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklığı eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 18,32 °C, en yüksek değer ise 19,36 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 18,86 °C (standart sapma = 0,25) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 22,30 °C, en yüksek değer ise 22,58 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 22,41 °C (standart sapma = 0,08) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer üstünde, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

Şekil 4.25'te SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %72,99, en yüksek nem değeri ise %98,04 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %89,65 (standart sapma = 4,47) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %75,30, en yüksek nem değeri ise %75,72 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %75,50 (standart sapma = 0,10) olarak belirlenmiştir.

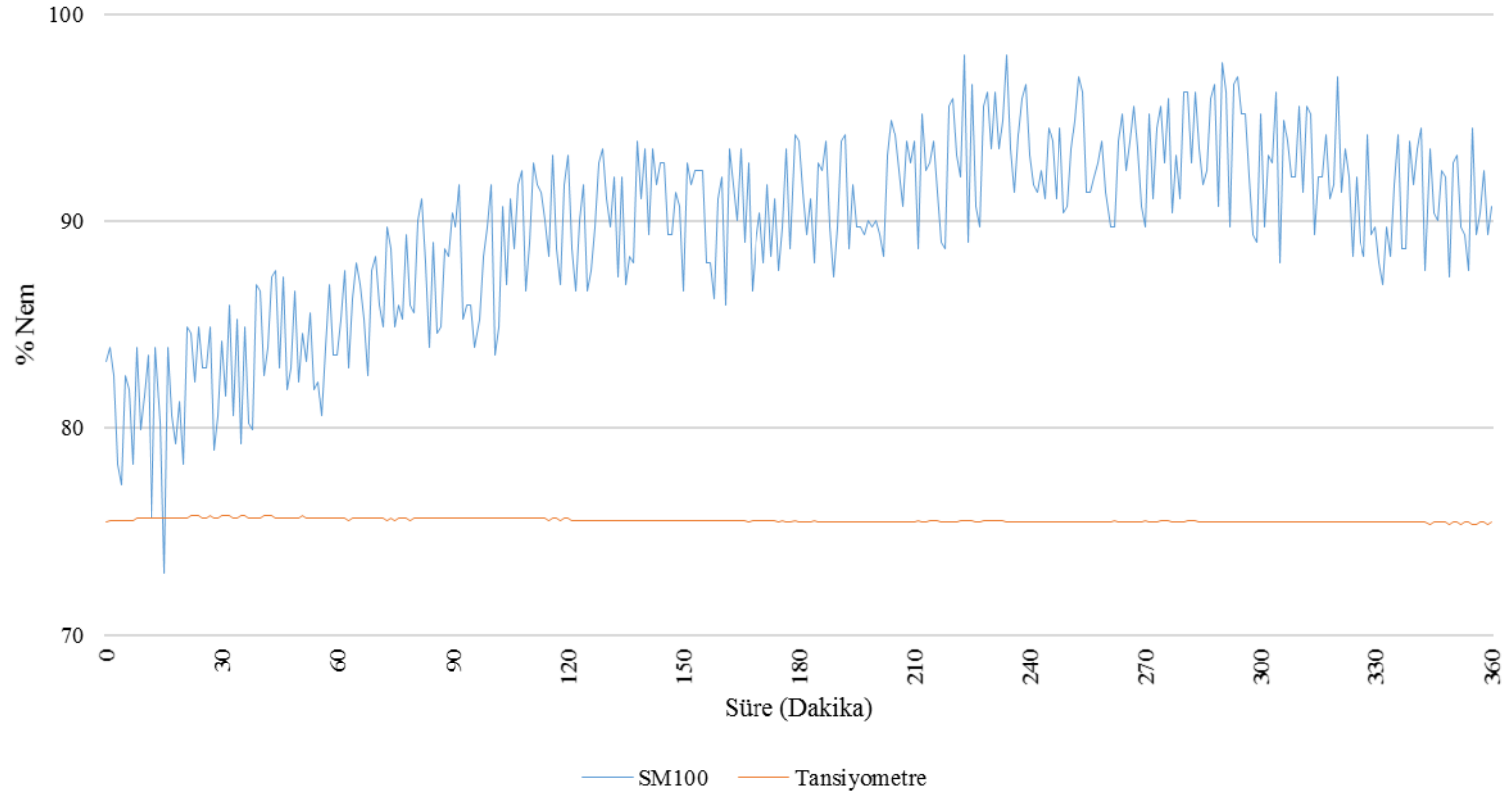
SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için sensör ile ölçülen nem değerleri %80'den başlayarak artış yaptığı görülmektedir. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %80'in altında olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.

50



Şekil 4.24. %80 nem ve 22 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.25. %80 nem ve 22 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.11. Yüksek Nem ve Yüksek Sıcaklık Denemesinde Elde Edilen Veriler

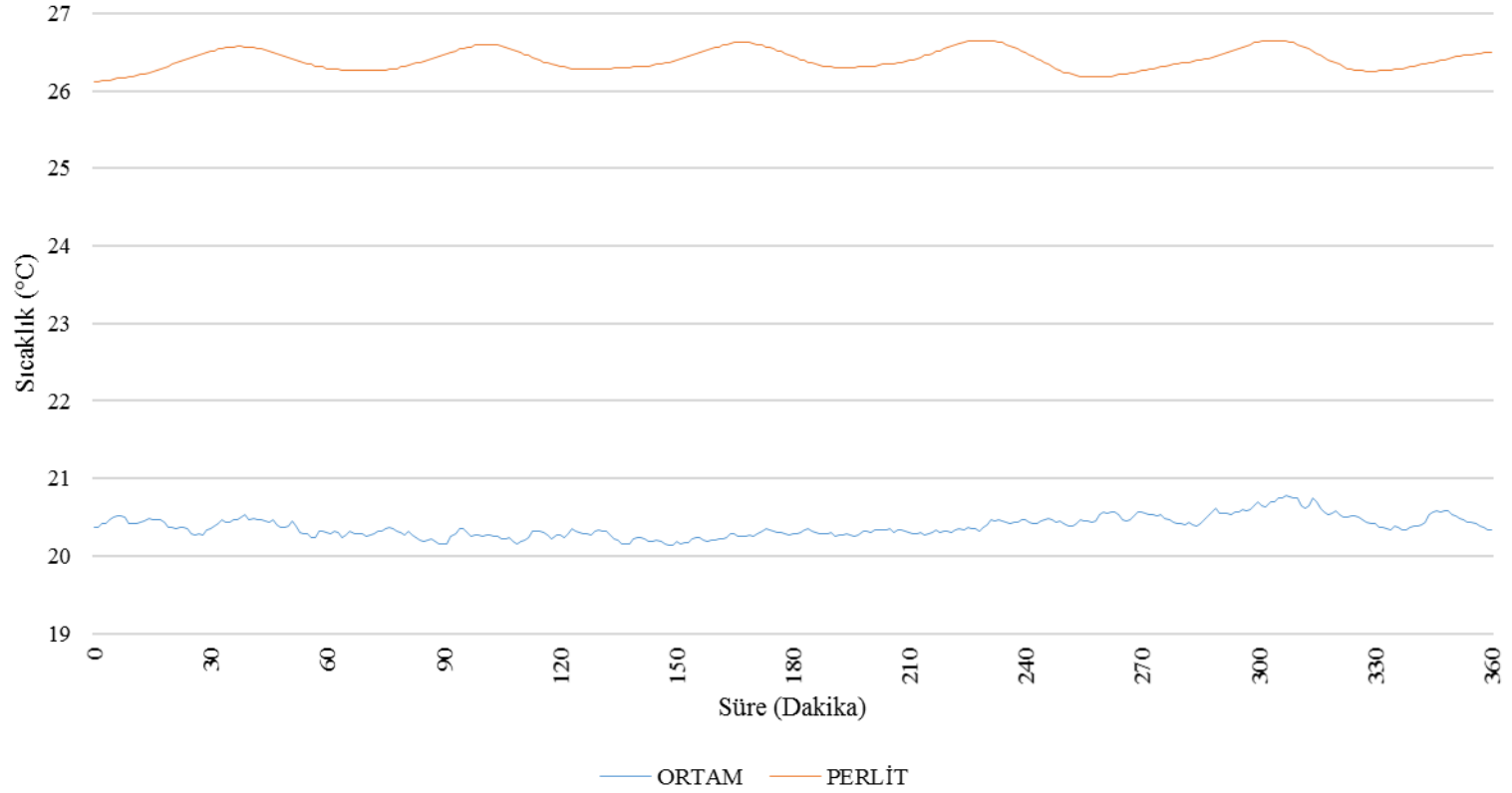
Otomatik köklendirme sistemi yüksek nem (%80) ve yüksek sıcaklık (26°C) değerlerine ayarlanmıştır. Altı saatlik verilere göre Şekil 4.26'da ortam sıcaklığı ile perlit sıcaklığı eğrileri görülmektedir. Veriler incelendiğinde ortam sıcaklığının en düşük değeri 20,13 °C, en yüksek değer ise 20,78 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 20,38 °C (standart sapma = 0,13) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının en düşük değeri 26,11 °C, en yüksek değer ise 26,65 °C ölçülmüştür. Ortalama sıcaklık 26,40 °C (standart sapma = 0,13) olarak belirlenmiştir. Perlit sıcaklığının ortam sıcaklığından bağımsız olarak ayarlanan değer üstünde, fakat sistem tarafından dengede tutulduğu görülmektedir.

Şekil 4.27'de SM100 nem sensörü ile RSU adaptörlü tansiyometre nem eğrileri görülmektedir. SM100 nem sensöründen okunan en düşük nem değeri %69,45, en yüksek nem değeri ise %100,88 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %88,38 (standart sapma = 5,94) olarak belirlenmiştir. RSU adaptörlü tansiyometreden okunan en düşük nem değeri %75,51, en yüksek nem değeri ise %76,66 olarak ölçülmüştür. Ortalama nem değeri %76,18 (standart sapma = 0,34) olarak belirlenmiştir.

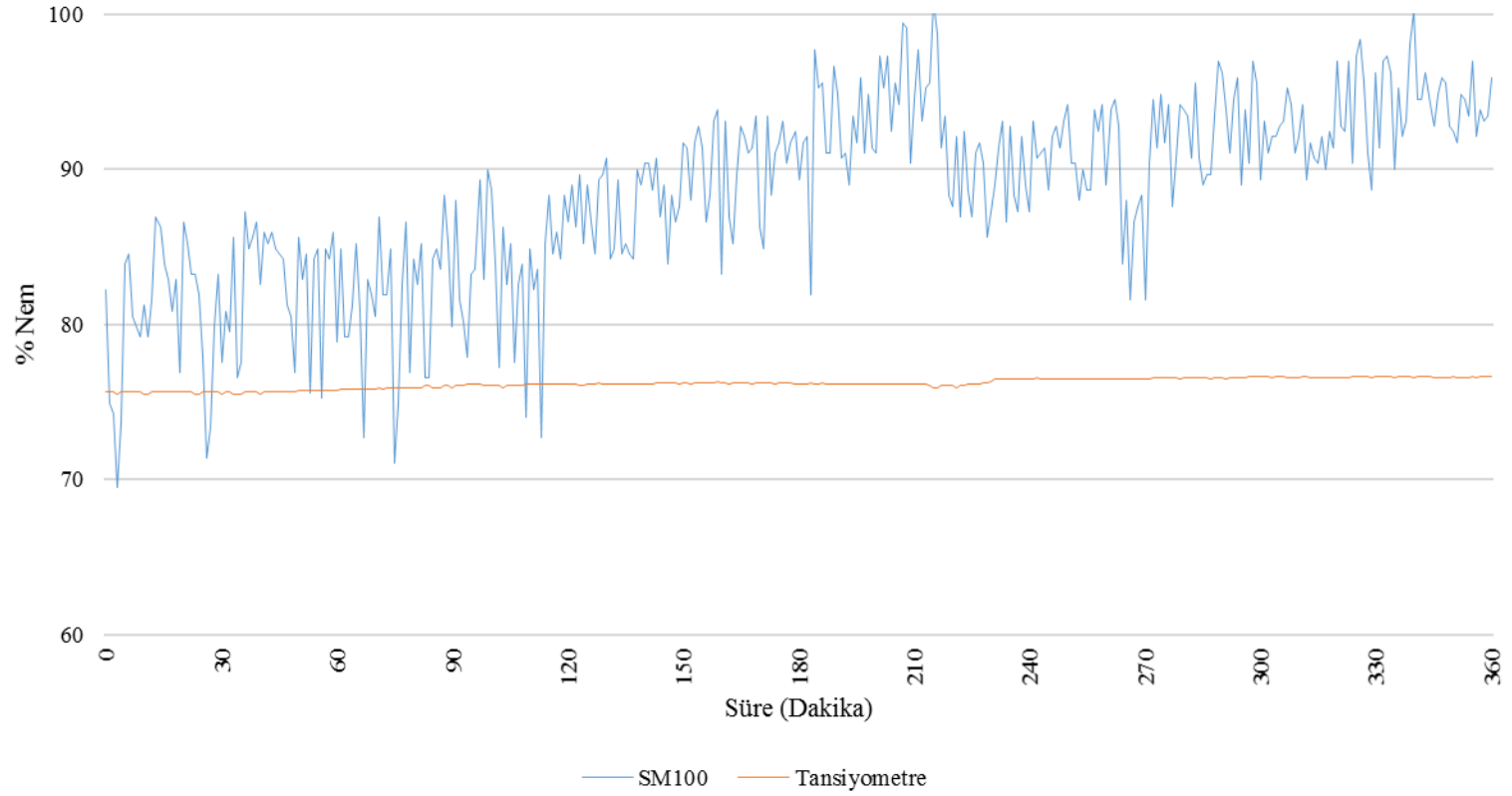
SM100'e ait nem eğrisinden görüldüğü üzere sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için SM100 nem sensörü ile ölçülen nem değerleri %80'den başlayarak artış yaptığı görülmektedir. Ayrıca ölçümlerdeki dalgalanmaların da fazla olduğu görülmektedir.

Sistemde ayarlanan köklendirme ortam nemi için RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen nem değerlerinin %80'in altında olduğu görülmektedir. Ölçüm değerlerinde dalgalanmaların az olduğu hem nem eğrisinden görülmekte hem de standart sapma değerinden anlaşılmaktadır. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini hassas olarak ölçmüştür.





Şekil 4.26. %80 nem ve 26 °C denemesinde ortam ve perlit sıcaklık eğrisi



Şekil 4.27. %80 nem ve 26 °C denemesinde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi

#### 4.4.12. Yüksek Nem Denemesinde Elde Edilen Bulgular

18, 22 ve 26 °C derece ve %80 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden altı saatlik verilere göre nem eğrileri Şekil 4.28’de görülmektedir. SM100 sensörünün 22 ve 26 °C derecedeki ölçümlerinin birbirine benzer olduğu ama 18 °C derecedeki ölçümlerinin diğer nem değerlerinde de olduğu gibi daha düşük olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometrenin tüm sıcaklık değerlerindeki ölçümlerinin birbirine yakın ve dalgalanmanın daha az olduğu görülmektedir. RSU adaptörlü tansiyometre ile ortam nemini daha hassas ölçmüştür.

18, 22 ve 26 °C derece ve %80 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden elde edilen ortalama değerler ve bunlara ilişkin standart sapma değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

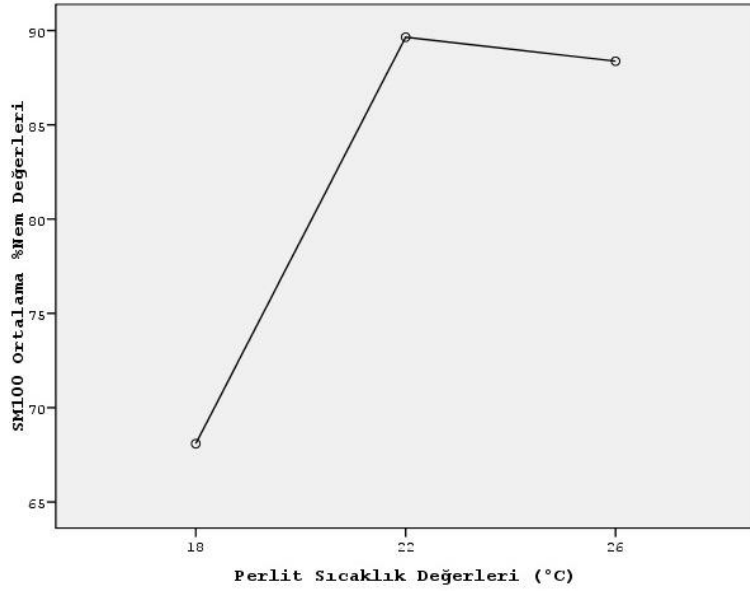
Çizelge 4.8. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerleri

	SM100		Tansiyometre	
	$\bar{x}$	ss	$\bar{x}$	ss
18 °C	68,09	5,642267	76,50	0,080059
22 °C	89,65	4,467748	75,50	0,098175
26 °C	88,38	5,935225	76,18	0,340043

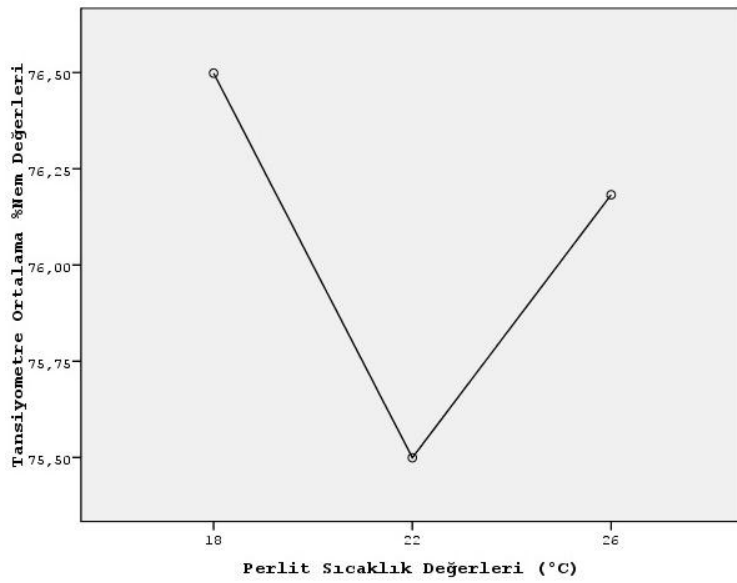
18, 22 ve 26 °C derece ve %80 nem değerindeki SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre tarafından hesaplanan ortalama değerlere ilişkin sonuçlar Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da gösterilmiştir.



Şekil 4.28. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre nem eğrisi



Şekil 4.29. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 sensöründen ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı



Şekil 4.30. %80 nem değerindeki denemelerde tansiyometreden ölçülen ortalama nem değerlerinin perlit sıcaklığına göre dağılımı

SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometreden elde edilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla tekrarlı (repeated measurement) analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. %80 nem değerindeki denemelerde SM100 ve tansiyometre değerlerinin analizi

	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	Sd	Kareler Ortalaması	F	p	Fark
SM100	Ölçümler arası	32631,915	360	0,000	1831,825	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	105645,955	1,433	73715,185			
	Hata	20762,100	515,939	0,000			
	Toplam	159039,97	877,372	73715,185			
Tansiyometre	Ölçümler arası	360,440	360	0,000	1831,462	0,000	1-2 1-3 2-3
	Ölçüm	188,330	1,100	171,179			
	Hata	37,019	396,070	0,000			
	Toplam	585,79	757,17	171,179			

Analiz sonuçlarına göre 18, 22 ve 26 °C derece ve %80 nem değerinde SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre sensörlerinin ölçtüğü değerler arasında anlamlı bir farklılık belirlenmiştir. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda SM100 sensörü için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur. Ölçümler arasındaki farklılığın kaynağını belirlemek amacı ile yapılan ikili karşılaştırma sonucunda RSU adaptörlü tansiyometre için 18 ve 22 °C derece sıcaklıklar, 18 ve 26 °C derece sıcaklıklar ile 22 ve 26 °C derece sıcaklıklar arasındaki farklılık anlamlı bulunmuştur.

Her ne kadar SM100 ve RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçülen değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunsada ölçümlere göre standart sapma değerleri incelendiğinde RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçümlerin değişkenliğinin daha az olduğu görülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminde düşük, orta ve yüksek (%40, %60, %80) nem değerleri ile düşük, orta ve yüksek (18 °C, 22 °C, 26 °C) perlit ortam sıcaklığında 9 farklı deneme için RSU adaptörlü tansiyometre, Watermark 200SS ve Waterscout SM100 nem sensörleri ile ölçümler yapılmıştır. Ölçümler sonucunda bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminde perlit ortamındaki nem değerini hassas ölçen nem sensörünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

Perlitin su tutma kapasitesinin yüksek olması nedeni ile Watermark 200SS nem sensörü yapılan tüm denemelerde nemi içerisinde hapsederek %100 nem değerine ulaştığı ve ölçüm süresince nem değerini koruduğu kaydedilen verilerle anlaşılmıştır. Watermark 200SS nem sensörünün perlit ortamında yapılacak denemeler için uygun olmadığı tespit edilmiş ve kullanımı uygun değildir.

Waterscout SM100 nem sensörü ile yapılan tüm denemelerde istatistiksel olarak nem ölçüm değerinin perlit sıcaklıkları arasındaki farklılığın anlamlı olduğu bulunmuştur. Nem değerlerinin standart sapma değerlerine ve çizelgelerine bakıldığında ölçümler arasında farklılığın fazla olduğu görülmüştür.

Yapılan denemelerde, bilgisayar destekli otomatik köklendirme sisteminden alınan veriler ve gözlemlenen masa nem değerlerinde anlık sıçramaların olduğu belirlenmiştir. Perlitin su tutma kapasitesinin fazla olması nedeni ile nemin sızma yaparak sensör ölçümünü etkilediğini düşündürmüştür.

Sensörün hafif ve bağlantısının basit olması, deneme öncesinde ayar gerektirmemesi ve ortam nemine tepki süresinin hızlı olması ise avantajlarıdır. Ancak perlit ortamındaki nem ölçümlerinin oldukça hassas olması ise dezavantajdır.

RSU adaptörlü tansiyometre ile yapılan tüm denemelerde istatistiksel olarak nem ölçüm değerinin perlit sıcaklıkları arasındaki farklılığın anlamlı olduğu bulunmuştur. Nem ölçümlerinin standart sapma değerlerine ve çizelgelerine bakıldığında ölçümler arasında farklılığın az olduğu görülmüştür.

Tansiyometrenin denemelerde kullanıma hazırlanmasının uzun sürmesi, her hazırlama sonrasında ölçüm için kalibre edilmesi gerekliliği ve bağlantısının yapılmasında ek işlemlere gerek duyulması ise birer dezavantajdır.

Çok düşük nem değerlerinde RSU adaptörlü tansiyometre ile yapılan denemelerde ölçümün gerçekleşmesi için geçen sürenin çok uzun olması ise bir dezavantajdır. Yüksek nem değerlerinde ise bu süre kısalmaktadır.

Ancak ölçüm değerlerinin ayarlanan değerlere yakınlığı ve şekillerde de görüldüğü üzere stabil olması ise avantajdır.

Sonuç olarak; denemeleri yapılan üç farklı yapıdaki nem sensörleri arasından RSU adaptörlü tansiyometre ile ölçümlerin yapılması tavsiye edilir.



## 6. KAYNAKLAR

- Anonim, (18.07.2013). Sulamanın önemi toprak bitki su ilişkisi [http://hobibahcemiz.net/viewtopic.php?f=169&t=9015#p12560], Erişim Tarihi: 15.01.2013.
- Augustin, B.J., Snyder, G.H. 1984. Moisture sensor controlled irrigation for maintaining bermudagrass turf. **Agronomy Journal**, 76(5):848-850.
- Blonquist J. M. Jr, Jones S. B., Robinson D. A. 2006. Precise Irrigation Scheduling for Turfgrass Using a Subsurface Electromagnetic Soil Moisture Sensor. **Agricultural Water Management**, 84:153-165.
- Burrage S.W., 1998, Soilless culture and water use efficiency for greenhouses in arid, hot climates, **International Workshop on Protected Agriculture in the Arabian Peninsula**, (15-18 Şubat 1998), pp. 64-70, Doha, Katar.
- Cassell, D. K., Klute, A. 1986. Water potentials tensiometry. Amer. Soc. Agron. - Soil Sci. Soc. Amer., Agron. Monograph No. 9, Method of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods, pp. 563-596, Amerika.
- Chirstal, B.J., Rehm, B.W., Lowery, B. 1985. Field performance of pressure-transducer equipped tensiometers in fly ash. **Proc. NWWA Conf. on Characterization and Monitoring of the Vadose Zone**, pp. 182-197, Denver.
- Coşgun, S., 1998. Adi porsuk (*Taxus baccata L.*)'ün çelikle üretilmesi üzerine araştırmalar, T. C. Orman Bakanlığı, Batı Karadeniz Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Teknik Rapor No. 1, Bolu.
- Çelik, A. 1992. Cevizlerin (*Juglans regia L*) çeliklerle üretilebilirlikleri üzerine bir araştırma. YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Van.
- Demiralay, İ. 1977. Toprak Fiziği Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Dinç, U., Şenol, S., 1998. Toprak Etüd ve Haritalama. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 161, Ders Kitapları Yayın No: A-50, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Ofset Atölyesi. Adana.
- Dukes, D.M., Simonne, H.E., Davis E.W., Studstill, D. W. Hochmuth, R. 2003. Effect of sensor-based high frequency irrigation on bell pepper yield and water use. **Proceedings 2nd International Conference on Irrigation and Drainage**, (12-15 Mayıs 2003), pp. 665-674, Phoenix.

- Gardner, W.H. 1986. Water content, In methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. ASA-SSSA. Agronomy No.9 (Klute A. (ed)), pp. 493-544, Madison, Wisconsin, Amerika.
- Garner, R.J., Chaudri, S.A. 1976. The Propagation of Tropical Fruit Trees. Hort. Rev. No.5. Comm. Bureau of Hort. And Plant. Crops. East Malling, England. FAO and Commonwealth Agr. Bureau.
- Gül, A. 2008, Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İzmir.
- Hartmann, H.T., Kestler, D.E. 1974. Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği (Çevirenler: N. Kaşka, M. Yılmaz). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay. No:79, Adana.
- Hartmann, H. T., Kester, D. H., Davies, F. T. Jr., 1990. Plant Propagation, Principles and Practices. 5th Ed. Prentice Hall Inc., pp. 647, Englewood Cliffs, New Jersey, Amerika.
- Hartmann, R. 1996. Soil Water Content and Potential Measuring Techniques. In Advanced Short Course on Soil Water Balance and Transport Processes, (9-20 Eylül 1996), pp. 59-105, Adana.
- İnan, S. A. 2012. Meyve fidanı çoğaltılmasında kullanılan köklendirme seralarının otomasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Isparta.
- Kırda, C. 1976. Tansiyometreler ve kullanım alanları. Toprak Su Genel Müdürlüğü, Eskişehir Bölge Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 133, Teknik Yayın No: 14, Eskişehir.
- Kutilek, M., Nielsen, D.R. 1994. Soil Hydrology. Catena Verlag. Cremlingen-Destedt. pp.370, Germany.
- Meron, M., Hallel, R., Shay, G., Feuer, R., Yoder, R.E. 1996. Soil sensor actuated automatic drip irrigation of cotton. In: **Evapotranspiration and Irr. Scheduling Proc. of the Intl. Conf.** (C.R. Camp and E.J. Sadler (eds.)), pp. 886-891, San Antonio, Texas.
- Muñoz, C.R., Dukes, D.M. 2005. Automatic irrigation based on soil moisture for vegetable crops, University of Florida. Department of Agricultural and Biological Engineering, Florida, [<http://edis.ifas.ufl.edu>], Erisim Tarihi: 21.03.2007.
- Öztaş, T. 1997. Toprağın nem tayininde kullanılan yeni bir yöntem TDR (Time Domain Reflectometry). **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 28 (2): 331-339.

- Pogue, W. R., Kline, J. L. 1995. Watermark moisture sensors - use with ET based scheduling models. **Proceedings of the Fifth International Microirrigation Congress**, (2-6 Nisan 1995), pp. 969-974, Orlando, Florida.
- Richards, L. A., Gardner, W. 1936. Tensiometers for measuring the capillary tension of soil water. **J. Am. Soc. Agron.**, 28:352-358.
- Richards, L. A., Neal, O. R. 1936. Some field observations with tensiometers. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 1:71-91.
- Richards, L. A. 1942. Soil moisture tensiometer materials and construction. **Soil Sci.**, 53: 241-247.
- Richards, L. A., Russell, M.B. Neal, O. R. 1937. Further development on apparatus for field moisture studies. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, 2: 55-64.
- Sevgican, A., 1996. Seracılıkta Yeni Yetiştirme Teknikleri (Topraksız Tarım). Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İzmir.
- Shock, C.C., Feibert, E.B.G., Saunders, L.D., Eldredge, E.P. 2002. Automation of subsurface drip irrigation for crop research, In: **Proc. World Congr. Computers in Agr. and Natural Resources**, (F.S. Zazueta and J. Xin (eds.)) (13-15 Mart 2002), pp. 809-816, Iguacu Falls, Brezilya.
- Smajstrla, A.G., Locascio, S.J. 1994. Irrigation cutback effects on dripirrigated tomato yields. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, 107:113-118.
- Smajstrla, A.G., Koo, R.C., 1986. Use of tensiometers for scheduling of citrus irrigation. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, 99:51-56.
- Tülün, Y. 2005. Toprak su içeriğinin ve yarıyıllı su düzeylerinin TDR (time domain reflectometry) ile ölçülmesi ve aletin çeşitli toprak bünye sınıflarında kalibrasyonu. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Adana.
- Ünsal, G., 2012. Alıcın ( *Crataegus orientalis* Pallas ex. Bieb. var. *Orientalis*) odun ve yarı odun çelikleriyle çoğaltılma performansının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), Tokat.
- Yıldırım, S., Yıldız, K., Zafer, N. 2011. Gerçek zaman ölçümlerine dayalı bilgisayar kontrollü geri beslemeli otomatik köklendirme sisteminin

tasarımı geliştirilmesi ve karadutun çoğaltılmasında test edilmesi. 1080424 nolu Tübitak Projesi.

Yule, D., 1989. Temel Bilim Ansiklopedisi. Milliyet, pp.313, 314, İstanbul

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Murat ÇAĞLAR  
Doğum Yeri ve Tarihi : Eimsbüttee/ALMANYA – 06.04.1977

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Y.T.Ü. Elektrik Elektronik Fakültesi Elektrik  
Mühendisliği Bölümü  
Yüksek Lisans Öğrenimi : A.D.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü  
Bildiği Yabancı Diller :

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- a) Makaleler
  - SCI
  - Diğer
- b) Bildiriler
  - Uluslararası
  - Ulusal
- c) Katıldığı Projeler

### İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Aydın Meslek Yüksekokulu 2003  
MET-KA A.Ş. 2002-2003  
BİLTEK Bilgisayar 2001-2002

### İLETİŞİM

E-posta Adresi : mcaglar@adu.edu.tr  
Tarih : Eylül 2014