



**MARMARA BÖLGESİ
SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNİN
SICAKLIK-NEM GÖSTERGESİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPISAL ÖNLEMLER**

Hüseyin İLHAN



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MARMARA BÖLGESİ
SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNİN
SICAKLIK-NEM GÖSTERGESİ KULLANILARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPISAL ÖNLEMLER**

Hüseyin İLHAN

Doç. Dr. Erkan YASLIOĞLU
(Danışman)

DOKTORA TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2018

TEZ ONAYI

Hüseyin İLHAN tarafından hazırlanan "MARMARA BÖLGESİ SÜT SİĞİRCİLİĞİ İŞLETMELERİNİN SICAKLIK-NEM GÖSTERGESİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPISAL ÖNLEMLER" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Erkan YASLIOĞLU

Başkan : Doç. Dr. Erkan YASLIOĞLU
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ercaan ŞİMŞEK
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ünal KIZIL
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı




Üye : Prof. Dr. Can Burak ŞİŞMAN
Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. İker KILIÇ
Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof. Dr. Ali BAYRAM

Enstitü Müdürü

6 / 9 / 2018

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

/ /

Hüseyin İLHAN

ÖZET

Doktora Tezi

MARMARA BÖLGESİ SÜT SIĞIRCILIĞI İŞLETMELERİNİN SICAKLIK-NEM GÖSTERGESİ KULLANILARAK DEĞERLENDİRİLMESİ VE YAPISAL ÖNLEMLER

Hüseyin İLHAN

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Erkan YASLIOĞLU

Yüksek hava sıcaklığı ve hava nemi, süt sığırlarında rahatsızlığa sebep olmakta, bunun sonucunda yem ve süt verimini azaltmaktadır. Sıcaklık-nem indeksi (SNİ), ısı stresinin oluşturduğu rahatsızlığın seviyesinin ortaya konulmasında önemli bir ölçü olmaktadır. Marmara Bölgesi, süt sığircılığı için nüfus yoğunluğu ve gelişmiş sanayisi ile önemli bir bölge haline gelmiştir. Marmara Bölgesi, Karadeniz, Akdeniz ve karasal iklim özelliklerine sahip bir geçiş iklim bölgesidir.

Bu çalışmada, Marmara Bölgesi'nde, yaz dönemine ait haziran, temmuz ve ağustos ayları için SNİ değerleri hesaplanarak, zamansal ve konumsal düzeyde bölgenin durumu ortaya konulmuş ve yapısal önlemler üzerinde durulmuştur. Ayrıca, Hadley Küresel Çevre Modeli (HadGEM2-ES) ve Bölgesel İklim Modeli'nin (RegCM4.3.4), RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre benzetim çıktıları ve projeksiyonları kullanılarak bölgenin ısı stresi bakımından gelecekteki durumu analiz edilmiştir.

Sonuçta, günlük ortalama SNİ değerleri bakımından haziran, temmuz ve ağustos ayları için bölgenin en elverişli ve en elverişsiz kesimleri, sırasıyla, bölgenin güneydoğusu ve güneybatısı olarak belirlenmiştir. Günlük ortalama maksimum SNİ değerlerine göre de her üç ay için en elverişli kesimler ile en elverişsiz kesimler, sırasıyla, bölgenin güneydoğu kesimleri ile kuzeybatı kesimleri olmuştur. Projeksiyonlar, gelecek 2021–2050, 2051–2080 ve 2081–2099 dönemlerinde, bölge genelinde ortalama SNİ değerlerinde artışların azalışlardan fazla olacağını göstermiştir.

Isı stresine bağlı süt verimlerindeki azalmaların, en yüksek düzeyde her üç ay için de bölgenin kuzeybatı ve güneybatı kesimlerinde, en düşük düzeyde ise bölgenin güneydoğu kesimlerinde olduğu belirlenmiştir. Süt verimindeki azalmalar, haziran, temmuz ve ağustos ayları için günlük en yüksek, Uzunköprü dolaylarında, sırasıyla 6,7, 10,2, 9,4 kg/baş; bölge genelinde günlük ortalama olarak da 1,6, 4,1, 3,9 kg/baş olarak bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Sıcaklık-nem indeksi, Marmara Bölgesi, süt sığırları, HadGEM2-ES, RegCM4.3.4

2018, x+117 sayfa.

ABSTRACT

PhD Thesis

EVALUATION OF DAIRY CATTLE FARMS IN MARMARA REGION IN TERMS OF TEMPERATURE-HUMIDITY INDEX AND STRUCTURAL MEASURES

Hüseyin İLHAN

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Erkan YASLIOĞLU

High air temperature and air humidity cause discomfort in dairy cattle, resulting in reduced feed and milk yield. Temperature-humidity index (THI) is an important indicator of the level of discomfort due to heat stress. Marmara Region has become an important region with its population density and developed industry for dairy cattle. The Marmara Region is a transition climate region with characteristics of the Black Sea, Mediterranean and continental climate.

In this study, the THI values for June, July and August of the summer period in Marmara region were calculated and the situation of the region at the temporal and spatial level was revealed and structural measures against heat stress were emphasized. In addition, the future situation of the region in terms of heat stress was analyzed using the Hadley Global Environment Model (HadGEM2-ES) and Regional Climate Model (RegCM4.3.4) simulations and projections according to RCP4.5 and RCP8.5 scenarios.

As a result, the most suitable and the most unsuitable parts of the region for June, July and August months in terms of daily average THI values were determined as southeastern and southwestern parts of the region, respectively. According to the daily average maximum THI values, the most suitable parts and the most unsuitable parts for the three months were respectively the southeastern parts and the northwestern parts of the region. Projections show that in the next 2021-2050, 2051-2080 and 2081-2099 periods, the overall increase in mean SNI values will be greater than decreases.

Reductions in milk yield due to heat stress were determined to be highest in the northwestern and southwestern parts of the region for every three months and lowest in the southeastern parts of the region. The reductions in milk yield were found as maximum, 6.7, 10.2, 9.4 kg/head per day around Uzunkopru and as regional average, 1.6, 4.1, 3.9 kg/head per day, respectively, for June, July and August months.

Key words: Temperature-humidity index, Marmara Region, dairy cattle, HadGEM2-ES, RegCM4.3.4

2018, x+117 pages.

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her kademesinde özverili bir şekilde yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerini paylaşan, tez danışmanım Doç. Dr. Erkan YASLIOĞLU'na, tez izleme komitesi ve tez savunma sınavı jüri üyeleri Prof. Dr. Ercan ŞİMŞEK'e (U.Ü.), Prof. Dr. Ünal KIZIL'a (ÇOMÜ), Prof. Dr. Can Burak ŞİŞMAN'a (NKÜ), Doç. Dr. İlker KILIÇ'a (U.Ü.) sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Lisansüstü eğitimim konusunda beni teşvik eden ve her konuda bana destek olan bölüm başkanımız Prof. Dr. Ali Osman DEMİR'e, Biyosistem Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve öğretim elemanlarına,

Bu süreçte her zaman yanımda olan eşim Funda İLHAN'a, neşe ve moral kaynağım kızım Nil İLHAN' a, hayatım boyunca eğitimim konusunda bana destek olan babama, anneme ve kardeşlerime,

Yenişehir Meydan Meteoroloji Müdürlüğü'nden Tahir Engin ALDEMİR'e ve tüm işyeri arkadaşlarıma, Diyarbakır Meydan Meteoroloji Müdürü Yusuf ALTUNÇ'a, Eskişehir Meydan Meteoroloji Müdürlüğü'nden Barış SARI'ya,

Çalışmamda kullanılan meteorolojik verileri elde etmemi sağlayan MGM'ye ve yardımlarından dolayı Klimatoloji Şube Müdürlüğü'nden Hüdaverdi GÜRKAN'a,

Ayrıca, tüm bu süreçte öğrenim ve çalışma olanakları sağlayan U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'ne, enstitü müdürümüz Prof. Dr. Ali BAYRAM'a, enstitü yönetimi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Süt Sığırları için Isı Stresi ve Sıcaklık-Nem İndeksi Kavramı	4
2.1.1. Termonötral bölge kavramı	8
2.1.2. Üst kritik sıcaklık	9
2.1.3. Alt kritik sıcaklık	10
2.1.4. Çevre sıcaklığına uyum gösterme	11
2.2. Isı Stresinin Süt Sığırları Üzerine Etkileri	12
2.2.1. Isı stresinin üreme üzerine etkileri	13
2.2.2. Isı stresinin yem tüketimi üzerine etkileri.....	15
2.2.3. Isı stresinin süt verimi üzerine etkileri.....	15
2.4. Marmara Bölgesi'nde Süt Sığırcılığı	16
2.5. Türkiye'de Süt Sığırları için Yapılan Isı Stresi Çalışmaları	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Marmara Bölgesi konumu ve iklimi	19
3.1.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve meteorolojik veriler	20
3.1.3. Geleceğe yönelik iklim projeksiyonları için kullanılan iklim modelleri ve senaryolar	27
3.1.4. Çalışmada kullanılan yazılım ve programlar	28
3.2. Yöntem.....	29
3.2.1. Meteorolojik verilerin homojenlik testi	30
3.2.2. Sıcaklık-nem indeksi değerlerinin hesaplanması.....	30
3.2.3. SNİ verilerine göre süt verimi kayıplarının hesaplanması.....	32

3.2.4. Kriging enterpolasyon yöntemi.....	33
3.2.5. Sıcaklık-nem indeksi verilerinin eğilim analizi	35
3.2.6. Geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarının hazırlanması	35
4. BULGULAR	37
4.1. Günlük Ortalama Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ) Verilerinin Alansal Dağılımı.....	37
4.2. Günlük Ortalama Maksimum Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ) Verilerinin Alansal Dağılımı	39
4.3. Mann-Kendall Eğilim Testine göre SNİ Değerlendirmesi.....	42
4.3.1. Ortalama SNİ verilerine göre Mann-Kendall eğilim testi değerlendirilmesi	42
4.3.2. Maksimum SNİ verilerine göre Mann-Kendall eğilim testi değerlendirilmesi.....	49
4.4. Isı Stresine Bağlı Süt Verimlerindeki Kayıpların Değerlendirilmesi	55
4.5. Geleceğe Yönelik SNİ Projeksiyonları	59
4.5.1. RCP4.5 senaryosuna göre günlük ortalama SNİ değerlendirilmesi	62
4.5.2. RCP4.5 senaryosuna göre günlük ortalama maksimum SNİ değerlendirilmesi	69
4.5.3. RCP8.5 senaryosuna göre günlük ortalama SNİ değerlendirilmesi	75
4.5.4. RCP8.5 senaryosuna göre günlük ortalama maksimum SNİ değerlendirilmesi	81
4.5.5. Projeksiyonlar ile gözlem verilerine ait SNİ verilerinin karşılaştırılması	87
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	96
KAYNAKLAR	105
ÖZGEÇMİŞ	117

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

α	Önemlilik (İstatistiksel)
r	Korelasyon katsayısı

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
HadGEM2-ES	Hadley Global Environment Model 2-Earth System (Hadley Küresel Çevre Modeli 2-Yer Sistemi)
HTA	Haziran Temmuz Ağustos
IPCC	Intergovernmental Panel of Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi)
NRC	National Research Council (Ulusal Araştırma Konseyi)
RCP	Representative Concentration Pathway (Temsili Konsantrasyon Yolu)
RCP2.6	İşinimsal zorlamanın 2100 öncesinde en fazla $3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ olması ve düşmesini varsayan senaryo
RCP4.5	İşinimsal zorlamanın 2100 yılına kadar $4,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ hedefini aşmadan sabitleneceğini varsayan senaryo
RCP8.5	İşinimsal zorlamanın artarak 2100 yılına kadar $8,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 'ye ulaşacağını varsayan senaryo
RegCM4.3.4	Regional Climate Model version 4.3.4 (Bölgesel İklim Modeli sürüm 4.3.4)
SNİ	Sıcaklık-Nem İndeksi
THI	Temperature-Humidity Index (Sıcaklık-Nem İndeksi)
TNZ	Thermoneutral Zone (Termonötral Bölge)
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Termonötral ve termal konfor bölgelerini gösteren temsili şema	8
Şekil 2.2. Marmara Bölgesi'nde illere göre 2016 yılı süt sığırcılığı sayısı ve süt üretimi	17
Şekil 2.3. Marmara Bölgesi yıllık toplam sığır sütü üretimi (1995–2016)	17
Şekil 3.1. Marmara Bölgesi'nin konumu	19
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Marmara Bölgesi'ndeki meteoroloji istasyonlarının konumları	22
Şekil 3.3. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama sıcaklık haritası	23
Şekil 3.4. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama sıcaklık haritası	24
Şekil 3.5. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama sıcaklık haritası	24
Şekil 3.6. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama bağıl nem haritası	25
Şekil 3.7. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama bağıl nem haritası	26
Şekil 3.8. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama bağıl nem haritası	26
Şekil 3.9. Bölgesel İklim Modeli için kullanılan grid noktaları	27
Şekil 3.10. Çalışmanın akış diyagramı	29
Şekil 3.11. Sıcaklık-nem indeksi tablosu	31
Şekil 3.12. Gün içerisinde SNİ değerinin stres eşiğini geçtiği süre ve strese sebep olan toplam SNİ yükünü gösteren model	33
Şekil 4.1. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama SNİ haritası	37
Şekil 4.2. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama SNİ haritası	38
Şekil 4.3. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama SNİ haritası	39
Şekil 4.4. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama maksimum SNİ haritası	40
Şekil 4.5. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama maksimum SNİ haritası	41
Şekil 4.6. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama maksimum SNİ haritası	41
Şekil 4.7. Haziran ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	43
Şekil 4.8. Temmuz ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	45
Şekil 4.9. Ağustos ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	46
Şekil 4.10. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama SNİ eğilimi	48
Şekil 4.11. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama SNİ eğilimi	48
Şekil 4.12. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama SNİ eğilimi	49
Şekil 4.13. Haziran ayı ortalama maksimum SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	50
Şekil 4.14. Temmuz ayı ortalama maksimum SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	51
Şekil 4.15. Ağustos ayı ortalama maksimum SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası	53
Şekil 4.16. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama günlük maksimum SNİ eğilimi	54
Şekil 4.17. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama günlük maksimum SNİ eğilimi	54

Şekil 4.18. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama günlük maksimum SNİ eğilimi	55
Şekil 4.19. Haziran ayı ısı stresine bağlı süt verimlerindeki kayıpların alansal dağılımı	56
Şekil 4.20. Temmuz ayı ısı stresine bağlı süt verimlerindeki kayıpların alansal dağılımı	57
Şekil 4.21. Ağustos ayı ısı stresine bağlı süt verimlerindeki kayıpların alansal dağılımı	57
Şekil 4.22. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı SNİ haritası	63
Şekil 4.23. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	64
Şekil 4.24. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	64
Şekil 4.25. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ haritası	65
Şekil 4.26. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	66
Şekil 4.27. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	66
Şekil 4.28. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı SNİ haritası	67
Şekil 4.29. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	68
Şekil 4.30. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	68
Şekil 4.31. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	69
Şekil 4.32. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	70
Şekil 4.33. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ haritası	70
Şekil 4.34. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	71
Şekil 4.35. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	72
Şekil 4.36. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ haritası	72
Şekil 4.37. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	73
Şekil 4.38. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	74
Şekil 4.39. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ haritası	74
Şekil 4.40. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı SNİ haritası	75
Şekil 4.41. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	76
Şekil 4.42. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	76
Şekil 4.43. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ haritası	77
Şekil 4.44. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	78
Şekil 4.45. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	78
Şekil 4.46. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı SNİ haritası	79
Şekil 4.47. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı SNİ haritası	80
Şekil 4.48. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı SNİ haritası	80
Şekil 4.49. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	81
Şekil 4.50. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	82
Şekil 4.51. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ	

haritası	82
Şekil 4.52. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	83
Şekil 4.53. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	84
Şekil 4.54. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ haritası	84
Şekil 4.55. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası	85
Şekil 4.56. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ haritası	86
Şekil 4.57. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ haritası	86
Şekil 4.58. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ anomalisi	87
Şekil 4.59. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ anomalisi	88
Şekil 4.60. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ anomalisi	89
Şekil 4.61. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ anomalisi	90
Şekil 4.62. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ anomalisi	90
Şekil 4.63. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ anomalisi	91
Şekil 4.64. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ anomalisi	92
Şekil 4.65. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ anomalisi	92
Şekil 4.66. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ anomalisi	93
Şekil 4.67. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ anomalisi	94
Şekil 4.68. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ anomalisi	95
Şekil 4.69. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ anomalisi	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Süt sığırlarının kuru madde ve su tüketimi ile süt veriminde çevre sıcaklığındaki artışa bağlı azalmalar	13
Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının bazı özellikleri	21
Çizelge 4.1. Haziran ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi	44
Çizelge 4.2. Temmuz ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi	45
Çizelge 4.3. Ağustos ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi	47
Çizelge 4.4. Haziran ayı ortalama maksimum SNİ Mann-Kendall eğilim testi	50
Çizelge 4.5. Temmuz ayı ortalama maksimum SNİ Mann-Kendall eğilim testi	52
Çizelge 4.6. Ağustos ayı ortalama maksimum SNİ Mann-Kendall eğilim testi	53
Çizelge 4.7. Isı stresine bağlı süt verimindeki azalmalar	58
Çizelge 4.8. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-haziran ayı	59
Çizelge 4.9. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-temmuz ayı	60
Çizelge 4.10. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-ağustos ayı	60
Çizelge 4.11. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNİ verilerinin karşılaştırılması-haziran ayı	61
Çizelge 4.12. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNİ verilerinin karşılaştırılması-temmuz ayı	61
Çizelge 4.13. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNİ verilerinin karşılaştırılması-ağustos ayı	62

1. GİRİŞ

Nüfus yoğunluğu, gelişmiş sanayisi, süt sığırcılığı ve süt işletmeleri bakımından önemli bir bölge olan Marmara Bölgesi'nde süt sığırları için ısı stresinin zamansal ve konumsal boyutu, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin sektör üzerinde olası etkilerinin belirlenmesi, yeni işletmelerin planlanmasında, mevcut işletmeler için de önlem alınmasında büyük önem arz etmektedir.

Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), Beşinci Sentez Raporu'nda geçtiğimiz on yıllarda iklim sistemindeki değişikliklerin, tüm kara ve okyanuslarda, insanlar ve doğal sistem üzerinde önemli etkilere sahip olduğunu bildirmektedir. İklim bilim insanları tarafından, iklim sisteminde ısınmanın açık olduğu, 1950'lerden bu yana on binlerce yıl içinde ilk defa rastlanan değişimler gözlemlendiği, atmosfer ve okyanusların ısınmış, kar örtüsü ve buzul miktarlarının azalmış ve deniz seviyesinin yükselmiş olduğu belirtilmektedir (Anonim 2014a).

Sera gazı salımlarındaki artış, küresel ısınma ve iklim sisteminde meydana gelen değişiklikler canlıların yaşamı üzerinde önemli riskler doğurmakta ve önlem almayı gerektirmektedir.

Son yıllarda etkisi giderek artan küresel ısınma ve iklim değişiklikleri, diğer sektörleri etkilediği gibi süt sığırcılığını da olumsuz yönde etkilemekte ve önemli ölçüde ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

Sıcaklıklardaki değişim canlıların termal konforunu bozmakta ve strese girmelerine sebep olmaktadır. İklim elemanlarından hava sıcaklığının artması, süt sığırlarında ısı stresine sebep olmakta ve havanın nem içeriğiyle orantılı olarak da etkisini arttırmaktadır. Bu yüzden çiftlik hayvanları için ısı stresi ile ilgili çalışmaların çoğu, özellikle hava sıcaklığı ve bağıl neme odaklanmıştır (Igono ve ark.1985, Igono ve Johnson 1990, Ravagnolo ve Misztal 2000, Bouraoui ve ark. 2002, St-Pierre ve ark. 2003, West 2003, Correa-Calderon ve ark. 2004).

Tüm canlılarda olduğu gibi süt sığırlarında da çevre koşullarının etkisi çeşitli ve karmaşık bir yapı göstermektedir. Çevre koşulları, en basit anlamda bakım, besleme ve iklim elemanları olarak sıralanabilir. İklim elemanları içinde ise sıcaklık, nem, hava hareketi ve havanın temizliği öne çıkan unsurlardır (Mutaf ve Sönmez 1984).

Hayvan barınaklarının projelendirilmesinde iklimsel, mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal, sosyal vb. çevresel etmenler çok iyi değerlendirilmeli ve çevre koşullarının hayvan sağlığı ve veriminin yanı sıra, barınakların yapısal özellikleri ve maliyetleri üzerinde de etkili olduğu göz ardı edilmemelidir (Kocaman ve ark. 2007).

Özellikle iklimsel çevre koşulları, hayvanların fizyolojisi üzerinde etkili olup vücut sıcaklığını, solunum oranı ve diğer yaşamsal göstergelerini etkilemektedir. Bu özelliklerin değişimi ise yem ve su tüketim miktarını etkileyerek hayvanın performansında değişmeye neden olmaktadır (Şekerden ve Özkütük 1991).

Kadzere ve ark. (2002), West (2003), Hansen (2007) tarafından bildirildiğine göre, ısı stresi, süt sığırlarında süt verimi ve üreme üzerine olumsuz etkilere sahiptir (Dikmen ve Hansen 2009).

İnsanlar vücutları tarafından ürettikleri metabolik ısının %190'ını, sığırlar ise metabolik ısılarının ancak %105'ini buharlaşma ile dağıtabilmektedir (Bianca 1962).

Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı olarak küresel iklim değişikliklerinin ve iklimlerde küresel ölçekte kaymaların yaşandığı bilinen bir gerçektir. Bu olgu, diğer iklim parametrelerinde olduğu gibi sıcaklık ve bağıl nemde de önemli değişikliklere yol açmaktadır. Sıcaklıkların aşırı artışına yüksek bağıl nem de eklenince tüm canlılar için ısı stresiyle karşı karşıya kalmak kaçınılmaz olmaktadır. Isı stresi hayvanların sağlığı yanında verimlerini de olumsuz etkileyen dolayısıyla işletmenin başarısında doğrudan etkili olan önemli bir faktördür. Bu nedenle, ısı stresinin geçmişten günümüze nasıl bir değişim geçirdiği ve gelecekte de nasıl bir seyir izleyeceğinin sıcaklık nem indeksi değerleri aracılığıyla belirlenmesi ve daha başarılı bir işletmecilik için ısı stresinin

etkisini azaltmaya yönelik yapısal önlemler, politikalar ve stratejilerin geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Bu çalışma ile ülkemiz süt sığırcılığına önemli bir yere sahip olan Marmara Bölgesi'ndeki süt sığırcılığı için ısı stresinin boyutlarının, olası ekonomik kayıpların ve ısı stresine karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, Marmara Bölgesi'nde iklim değişikliği ve küresel ısınmanın gelecekte süt sığırcılığı üzerine olası etkileri belirlenmeye çalışılmış, bunun için de küresel iklim modelleri (genel dolaşım modelleri) ve bölgesel iklim modelleri kullanarak hazırlanan projeksiyon çıktılarından yararlanılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Süt Sığırları için Isı Stresi ve Sıcaklık-Nem İndeksi Kavramı

Canlıların yaşamlarını devam ettirebilmeleri için uygun çevre koşullarına sahip olmaları gerekmektedir. Çevre koşulları, iklimsel, fiziksel, biyolojik, kimyasal ve sosyal olarak sıralanabilir. Bunların içinden iklim ve bir iklim parametresi olan sıcaklık önemli bir yere sahiptir. Tüm canlıların yaşamlarını en uygun şekilde devam ettirebileceği bir sıcaklık aralığı vardır. Roenfeldt (1998), sağmal ineklerin tercih ettiği sıcaklık aralığının, 5–25 °C olduğunu ve bu aralığın termonötral bölge (TNZ) olarak adlandırıldığını bildirmektedir.

Süt sığırlarında normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan etkenlerin bileşkesine ısı stresi denilmektedir. Isı stresi olumsuz etkilerini temel olarak üreme verimi, süt verimi ve fonksiyonel özellikler üzerinde göstermektedir (Hansen 2007, Rhodas ve ark. 2009, Smith ve ark. 2013).

Kadzere ve ark. (2002), süt sığırlarında ve süt üretimindeki genetik gelişmelerin, yem tüketiminin artmasıyla yakından ilişkili olduğunu ve sığırlar için yüksek yem tüketiminin metabolik ısı üretiminde artışa yol açtığını belirtmektedir. Yüksek metabolik ısı üretimi, vücut sıcaklığını termonötral bölge ve fizyolojik iç dengede tutmak için etkin termal düzenleyici mekanizmaların bulunmasını zorunlu kılmaktadır. Sığırların, termonötralite koşullarını sürdüremedikleri takdirde aşırı ısıya dayanamayabilecekleri bildirilmektedir. Sığırların ısı stresine girdiği koşulları belirlemeye yönelik doğru ölçümlerin yapılması oldukça karmaşık bir hal almaktadır. Çünkü ısı stresine verilen tepki, yalnızca enerji dengesini değil su, sodyum, potasyum ve klor metabolizmasını da etkilemektedir. Su, sodyum, potasyum ve klor terlemenin en önemli bileşenleridir. Terleme, en önemlisi olmasa bile aşırı vücut ısısını düşürmede kullanılan önemli bir termal düzenleme mekanizmasıdır. Özellikle sıcak aylarda, yüksek metabolik ısı üretimi nedeniyle, yüksek verim yeteneğine sahip süt sığırları, düşük verim yeteneğine sahip eşdeğerlerine göre daha erken ısı stresine girebilir veya fazla ısı fizyolojik uyumla giderilir. Bu durum meydana geldiğinde, sığırların genetik

potansiyellerini tam anlamıyla ortaya koymalarını sağlamak için ısı stresini düşürecek stratejiler geliştirilmelidir (Kadzere ve ark. 2002).

Amerikan süt sığırcılığı endüstrisinin ısı stresinin süt sığırlarının üretim ve performansına olan etkileri nedeniyle oluşan yıllık kaybı 5–6 milyar Amerikan Doları'nı bulmaktadır (Ray ve ark. 1992).

Sığırlar, 26 °C'nin üzerindeki ortam sıcaklıklarında kendilerini yeterince serinletemeyeceği bir noktaya gelirler ve bu noktadan sonra ısı stresine girerler. Termal düzenleyici sistem, şiddetli ısı stresine yol açmayan çevre koşullarında, vücut sıcaklığının, genellikle normalin 1 °C civarında kalmasını sağlamaktadır (Bligh 1973). Isı stresi ve termal konfor vücut sıcaklığı ölçülerek belirlenmektedir (Fuquay ve ark. 1979). Süt sığırlarının vücut sıcaklıkları, sıcak havalara karşı aşırı duyarlılık göstermektedir (Akari ve ark. 1984). Bu nedenle, vücut sıcaklığı hassas bir ısı stresi göstergesidir.

McDowell ve ark. (1976), sıcaklık-nem indeksinin (SNİ) de termal iklim koşullarına ilişkin bir gösterge olarak kullanılabileceğini belirtmektedir. Bohmanova ve ark. (2007) ısı stresini hava sıcaklığı, bağıl nem, güneş radyasyonu, hava hareketi ve yağış gibi çeşitli çevresel faktörlerin bileşkesi olarak değerlendirmekte ve stresin büyüklüğünü belirlemede birbirinden farklı çevresel elemanların kullanıldığı birçok indeks olduğunu fakat bu verilerin elde edilmesinin zor olduğunu belirtmektedirler. Sıcaklık-nem indeksi (SNİ), sıcaklık ve nemin birleşmiş etkisini tek bir değerle temsil ederek ısı stresinin büyüklüğünü belirtmektedir. Bu indeks başta hava emniyet indeksi olarak ısı stresine bağlı kayıpları en aza indirmek için geliştirilmiştir. Farklı hayvan türleri ve insanlar, çevresel sıcaklığa ve hava nemine karşı farklı duyarlılıklar göstermektedir (Bohmanova ve ark. 2007).

Bohmanova ve ark. (2007), Amerika Birleşik Devletleri'nde yaptıkları bir çalışmada Phoenix ve Athens şehirlerinde süt sığırlarında ısı stresine bağlı olarak meydana gelen verim kayıplarını belirlemede aşağıda belirtilen yedi farklı sıcaklık-nem indeksi eşitliklerini kullanmış ve değerlendirmişlerdir.

$$\begin{aligned}
\text{THI1} &= (0,15 \times \text{Tdb} + 0,85 \times \text{Twb}) \times 1,8 + 32 \text{ (Bianca 1962),} \\
\text{THI2} &= (0,35 \times \text{Tdb} + 0,65 \times \text{Twb}) \times 1,8 + 32 \text{ (Bianca 1962),} \\
\text{THI3} &= [0,4 \times (\text{Tdb} + \text{Twb})] \times 1,8 + 32 + 15 \text{ (Thom 1959),} \\
\text{THI4} &= (0,55 \times \text{Tdb} + 0,2 \times \text{Tdp}) \times 1,8 + 32 + 17,5 \text{ (Anonim 1971),} \\
\text{THI5} &= (1,8 \times \text{Tdb} + 32) - (0,55 - 0,0055 \times \text{RH}) \times (1,8 \times \text{Tdb} - 26) \text{ (Anonim 1971),} \\
\text{THI6} &= (\text{Tdb} + \text{Twb}) \times 0,72 + 40,6 \text{ (Anonim 1971) ve} \\
\text{THI7} &= \text{Tdb} + 0,36 \times \text{Tdp} + 41,2 \text{ (Yousef 1985).}
\end{aligned}$$

Johnson (1985) ve Du Preez ve ark. (1990) tarafından bildirildiğine göre, Johnson (1980), sıcaklık-nem indeksi (SNİ) değerleri ortalama 35–72 arasında olduğunda, süt veriminin ısı stresinden etkilenmediğini, SNİ değerleri 72'ye ulaştığında yem tüketiminde ve süt veriminde azalma başladığını, SNİ değeri 76 ve üzerine çıktığında ise belirgin bir şekilde azalma olduğunu belirtmiştir.

Bouraoui ve ark. (2002), süt sığırları için Tunus'un Akdeniz iklimine sahip Kairouan bölgesinde bir çiftlikte, sıcaklık-nem indeksi ve süt verimi ilişkisini incelemişlerdir. Laktasyon döneminde siyah alaca süt sığırları için ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde ortalama SNİ değerlerini hesaplamışlar ve gün içinde SNİ değerleri ile süt verimi ve yem tüketimi arasında negatif bir korelasyon (sırasıyla $r=0,76$ ve $r=0,24$) bulmuşlardır. Ayrıca SNİ değeri 68'den 78'e yükseldiğinde süt veriminin %21, yem tüketiminin de %9,6 azaldığını, gün içinde SNİ değerinin 69'un üzerinde her birim artışında günlük sığır başına süt veriminin 0,41 kg azaldığını belirlemişlerdir. Bu çalışmada tropik, yarı tropik ve yarı-kurak iklim bölgelerinde yüksek çevre sıcaklığı, bağıl nem ve güneş radyasyonunun daha uzun dönemlerde etkili olduğu belirlenmiştir.

Gantner ve ark. (2011) Hırvatistan'ın üç iklim bölgesinde (Doğu, Batı ve Akdeniz) yaptıkları çalışmada süt sığırları üzerinde sıcaklık-nem indeksinin etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu amaçla Ocak 2005 ile Nisan 2010 tarihleri arasında yapılan çalışma ile üç iklim bölgesinde de ilkbahar ve yaz aylarında SNİ değerlerinin artışıyla süt veriminde, yağ ve protein içeriğinde önemli seviyede ($P<0,001$) azalmalar tespit etmişlerdir. Çalışmada ortalama en yüksek sıcaklık ve SNİ değerlerini Akdeniz iklim bölgesi için hesaplamışlardır. En yüksek bağıl nem ise iç kesimlerde belirlenmiştir.

Brouček ve ark. (2009) 2004–2006 yılları arası mayıs-eylül ayları arasında doğal havalandırılmalı serbest duraklı barınaklarda siyah alaca süt sığırlarının yüksek sıcaklıklardaki süt verimini incelemişlerdir. Çalışmada laktasyon döneminde 193 siyah alaca süt sığırları kullanılmıştır. Meteorolojik veriler barınak içerisine yerleştirilen elektronik ölçü aletleriyle 24 saat kesintisiz kaydedilmiştir. Maksimum sıcaklığın 25 °C ve 30 °C'yi geçtiği günlerin sayıları belirlenmiştir. Sıcaklık-nem indeksi değerleri, Nienaber ve ark. (1999) tarafından önerilen günlük maksimum sıcaklık ve ortalama bağıl nemin kullanıldığı eşitlikle $[(THI = (0,8 \times T_{max}) + ((\% \text{ ortalama RH}/100) \times (T_{max} - 14,4)) + 46,4]$ hesaplanmıştır. Süt sığırları laktasyon dönemlerine göre sınıflara ayrılmış ve çalışmanın sonucunda yüksek çevre sıcaklığının süt verimi üzerine etkisinin laktasyon dönemlerine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Erken laktasyon dönemindeki sığırlar geç laktasyon dönemindeki sığırlara göre yüksek sıcaklığa karşı daha hassas olmaktadır.

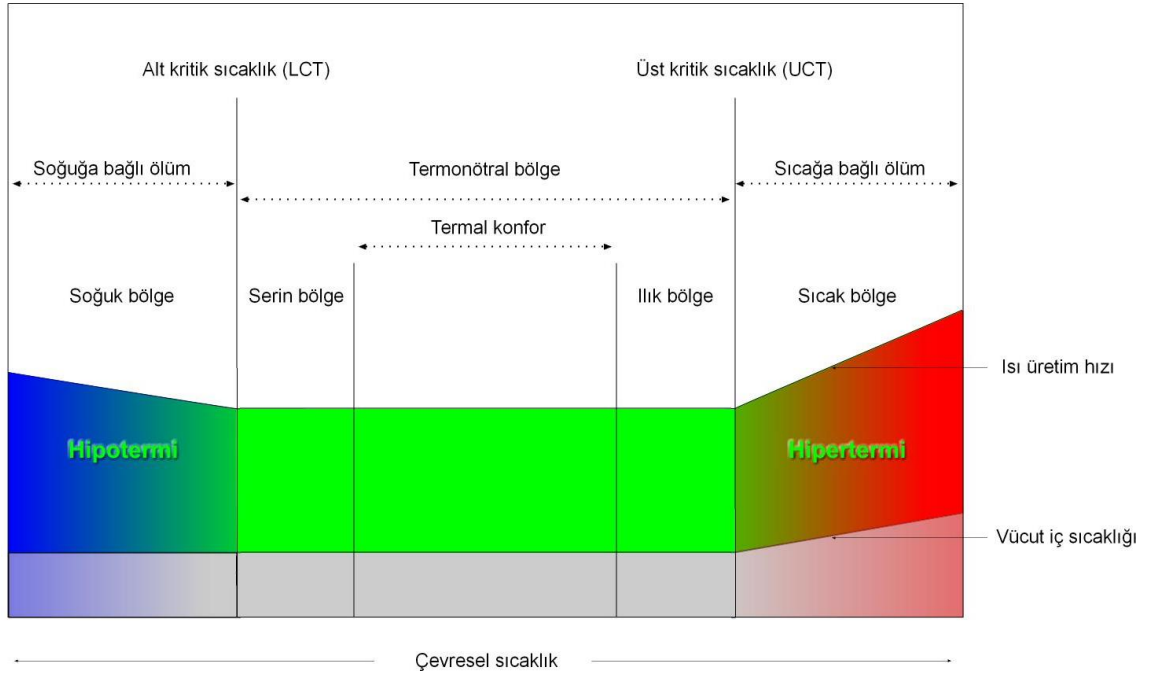
Spiers ve ark. (2004) ısı stresine girmiş süt sığırlarında süt veriminin ve yem tüketiminin hesaplanmasında fizyolojik parametrelerin kullanılması konusunda bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Holstein sığırları, 24–96 saatlik bir üretim periyodunca 19 ve 29 °C sabit sıcaklıkta, termal yükün hangi ölçülerinin daha iyi tahminleme aracı olduğunu belirlemek için test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda rektal sıcaklık ve solunum hızının her ikisi de 24 saat içinde artmış, bunu ısı stresinden 48 saat sonra süt verimi ve yem tüketimindeki azalma izlemiştir. Süt verimi, yem tüketimi ve rektal sıcaklık arasında önemli bir ilişki olduğu bulunmuştur. Bu akut koşullar altında üretimi tahmin etmede ölçümlerin kombinasyonunun, tek bir ölçümden daha iyi olup olmadığını belirlemek için çeşitli fizyolojik yük indisleri oluşturulmuştur. Süt sığırlarının üretimini tahminlemede kullanılan diğer termal durum göstergelerinin yanında, günlük ortalama rektal sıcaklığın, günlük maksimum ve minimum rektal sıcaklıktan daha yararlı olduğu bulunmuştur.

Key ve Sneeringer (2011) yaptıkları bir çalışmada, iklim değişikliğinin ABD'de üretim ve fiyatlar üzerine potansiyel etkilerini değerlendirirken sıcaklık-nem indeksini kullanmışlar ve sıcaklıklardaki artışlara karşı gerekli önlemlerin alınmaması durumunda 2090 yılı için süt verimindeki kayıpları, %5,1–6,8 arasında belirlemişlerdir.

St-Pierre ve ark. (2003), Amerika'da çiftlik hayvanları endüstrisindeki kayıpları belirlemede SNİ'yi kullanmışlardır. Çalışmanın süt sığırları için olan bölümünde Ravagnolo ve ark. (2000) tarafından kullanılan standart SNİ eşitliğini kullanmışlardır. Maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nemi hesaba katarak gün içerisinde SNİ eşik değerini ($SNİ > 70$) geçen süreyi hesaplayarak süt sığırlarında yem tüketiminde azalma ve süt veriminde azalmalara bağlı ekonomik kaybı yıllık 897 milyon Dolar olarak belirlemişlerdir.

2.1.1. Termonötral bölge kavramı

Termonötral bölge (TNZ) normal rektal sıcaklıkta minimum ısı üretiminin gerçekleştiği bölge olarak tanımlanabilir. Termonötral bölge içerisinde, normalde minimum fizyolojik harcamalar ve maksimum verimlilik elde edilebilir (Johnson 1987). Bu bölgenin dışında bazı rahatsızlıklar gözlemlenmeye başlayacaktır. Termal konfor bölgesi ise yaşamsal fonksiyonların optimum gerçekleştiği sıcaklık aralığı olarak anlaşılabilir. Termal bölgeler temsili olarak Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Termonötral ve termal konfor bölgelerini gösteren temsili şema (Curtis 1981)

Genelde, TNZ aralığı yaş, tür, ıslah, yem tüketimi, yem bileşimi, sıcaklığa uyum sağlama öncesi devre (durum), üretim, özel barındırma koşulları, doku yalıtımı (yağ, deri), dışsal yalıtım (kıl tabakası) ve hayvanın davranışına bağlı olmaktadır (Yousef 1985). Igono ve ark. (1992) çöl koşullarında, Holstein süt sığırlarından en yüksek süt veriminin, gün boyunca ortam sıcaklığının 21 °C'nin altında seyrettiği optimum termonötral dönemde elde edildiğini belirlemişlerdir. McArthur ve Clark (1988) TNZ'nin hayvanların ısı ve su dengesiyle ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. McDowell ve ark. (1976), iç sıcaklıktaki küçük yükselmelerin bile doku ve hormon (endokrin) fonksiyonları üzerine önemli etkileri olduğunu ve bu artışın sırasıyla verimlilik, büyüme, laktasyon ve çalışma yeteneğini azaltabildiğini belirtmektedir. Ayrıca süt sığırlarından maksimum verim elde etmek için, termonötral bölgede sabit bir vücut sıcaklığı sağlanmasının önkoşul olduğunu belirtmektedir.

Yüksek çevre sıcaklığı süt sığırlarının normal vücut sıcaklığını korumasını zorlaştırmaktadır. Süt sığırları, metabolizmaları tarafından üretilen fazla ısı vücuttan uzaklaştırılmadığında, artan vücut sıcaklığının etkisi ile strese girmektedir. Isı stresi olumsuz etkilerini temel olarak üreme verimi, süt verimi ve fonksiyonel özellikler üzerinde göstermektedir (Hansen 2007, Rhodas ve ark. 2009, Smith ve ark. 2013).

2.1.2. Üst kritik sıcaklık

Yousef (1985), üst kritik sıcaklığı, hayvanların yetersiz evaporatif ısı kaybı sonucunda vücut sıcaklığındaki artışa bağlı olarak ısı üretimini artırdıkları hava sıcaklığı olarak ifade etmiştir. Kibler'in (1964) belirttiğine göre üst kritik sıcaklık değeri, süt sığırlarının iklim çemberlerinde kısa bir süre için sabit sıcaklıklara maruz bırakıldığı çalışmalardan elde edilmektedir (Kadzere ve ark. 2002). Termal yük, evaporatif ısı kaybı kapasitesini aştığında vücut sıcaklığı yükselir ve eğer kontrol edilmezse hayvanlar hipertermiya nedeniyle ölür. Sıcak iklimlerde evaporatif olmayan ısı kaybı potansiyeli azalır ve hayvanlar metabolizma tarafından üretilen her tür aşırı ısıyı gidermek için suyun buharlaşmasına güvenmektedir (McArthur ve Clark 1988). Süt sığırları için üst kritik sıcaklık, önceki çevre koşullarına alışkanlıkları veya süt verimleri dikkate alınmaksızın

25–26 °C olarak verilmektedir (Berman ve ark. 1985). Üst kritik sıcaklığın tahmin edilmesi ve üst kritik sıcaklığın önceki çevre koşulları alışkanlıkları veya süt verimleri dikkate alınmaksızın 25–26 °C olarak tayin edilmesi, Yousef (1985) tarafından bulunan TNZ'nin fizyolojik durum ve diğer çevre koşullarına bağlı olarak değiştiği sonucuyla ters düşmektedir. Üst kritik sıcaklıkta ve altında ve alt kritik sıcaklığın üzerinde, Siyah Alaca (Holstein) sığırları vücut sıcaklıklarını sabit tutabilmektedir. Üst kritik sıcaklığın üzerinde vücut sıcaklığındaki artış, performansı olumsuz etkilemekte, süt üretimini düşürmekte ve sütün bileşimini değiştirmekte ve sığırlar ısı stresine girmektedir (Kadzere ve ark. 2002).

Kadzere ve ark. (2002) tarafından aktarıldığına göre; Berman ve ark. (1985), üst kritik sıcaklığın, terleme ve solunumla olan su kaybı ve vücut sıcaklığındaki artış gibi, termal düzenleyici fonksiyonlardan anlaşılabilirliğini belirtmişlerdir. Deriden evaporatif su kaybı 20 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda artmaktadır (Berman 1968). Igono ve Johnson (1990) erken laktasyondaki yüksek verimli sığırların ısı stresine daha duyarlı olduğunu ve rektal sıcaklık 39 °C'yi 16 saatten daha fazla aştığında süt üretiminin önemli ölçüde azaldığını bulmuşlardır. Ayrıca, Purwanto ve ark. (1990) yüksek (31,6 kg/gün) ve orta (18,5 kg/gün) seviyede süt üretimine sahip sığırların kurudaki sığırlardan sırasıyla %48,5 ve %27,3 daha fazla ısı ürettiğini bulmuşlardır. Bu durumu yüksek süt üretimiyle birlikte yem tüketiminin de yüksek olması ve bununla birlikte ısı üretiminin artmasına bağlamışlardır (Kadzere ve ark. 2002).

Armstrong (1993), sıcak bir ortamda uzun süre kalan yüksek verimli süt sığırlarının, gölgelik aradığını, daha fazla su ve daha az yem tükettiğini, zamanlarının önemli bir bölümünü ayakta geçirdiklerini, ayrıca solunum sayısı ile vücut sıcaklığının arttığını ve çok fazla salya ürettiklerini belirtmektedir.

2.1.3. Alt kritik sıcaklık

Vücut sıcaklığını ayarlayabilen bir canlının, dinlenme sırasında termal dengeyi sağlayabilmek için ısı üretim miktarını artırmak zorunda kaldıkları düşük çevre sıcaklığı alt kritik sıcaklık olarak tanımlanmaktadır. Yousef'e (1985) göre bu durum, düşük kritik

sıcaklığın altında ısı üretim miktarının, çevre sıcaklığı isteğine bağlı olduğunu göstermektedir (Kadzere ve ark. 2002). Düşük kritik sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda, vücut sıcaklığı üst kritik sıcaklığa kadar muhafaza edilir (Alexander 1974). Yağa göre düzeltilmiş süt verimi 30 kg/gün olan bir süt sığırı için düşük kritik sıcaklık, -16 ile -37 °C arasında tahmin edilmektedir (Hamada 1971). Kritik düşük sıcaklığın üzerinde çevre sıcaklığı arttığında evaporatif olmayan ısı kaybı azaldığından, sığırlar fazla ısıyı vermek ve vücut sıcaklığının yükselmesini önlemek için yüzeysel damar genişlemesi (vazodilatasyon) ve buharlaşmaya ihtiyaç duymaktadırlar.

2.1.4. Çevre sıcaklığına uyum gösterme

Sıcaklığı düzenleme yeteneği, vücut sıcaklığını ayarlayabilen hayvanların çevre sıcaklığındaki değişime rağmen fonksiyonlarını yerine getirebilmesini sağlayan evrimsel bir adaptasyondur (Bitman ve ark. 1984). Bu yetenek aynı zamanda sıcaklığın fizyolojik işlemlerin kontrolünde bir gösterge olarak kullanılmasına da olanak tanımaktadır. En yüksek süt üretiminin ılıman iklimlerde gerçekleştirildiği ve tropik iklimlere transfer edilen yüksek genetik potansiyele sahip sığırların, teorik üretim potansiyelini gerçekleştirmediği gerçeği, hayvan ve çevre arasındaki karşılıklı etkileşimin altını çizmektedir (Kadzere ve ark. 2002).

Mullick (1960), bufaloların sıcak tropik iklimlere ısı toleransları ve çeşitli hastalık ve zararlılara dirençleri nedeniyle sığırlardan daha iyi adapte olduğunu bulmuştur. Türler içinde bile farklı ırklar ısı stresine farklı düzeylerde adaptasyon göstermektedir. Ayrıca, *Bos taurus* tipi sığırların tropikal ve subtropikal sıcak ve aynı zamanda nemli ortamlara adaptasyonunun *B.indicus* ve *Zebu* tipi sığırlardan daha az olduğu genel bir kabul görmüştür. Yousef (1985), tropik sığırların ısıya adapte olabilme yeteneğini, diğer faktörler arasında düşük yem tüketimi ve metabolik hızı (orana) bağlamıştır. Buna ilave olarak, daha büyük yüzey alanlarından özellikle boynun altında sarkan deri bölgesinden olan ısı kaybı da daha fazla olmaktadır. Ter bezleri sayısının fazla olması, kısa kıl örtüsü ve yağ dağılımının *Zebu* sığırlarında olduğu gibi adaleler arasında veya hörgüçte olması da ısı kaybını artırmaktadır. Bu adaptasyonlar ısının kondüksiyon yoluyla vücut içinden deriye ve deriden de dışarıya iletilmesine yardımcı olur (Ledger 1959). Sharma ve ark.

(1983), *Bos taurus* sığırlarını karşılaştırdıkları çalışmada Jersey sığırlarının ısı stresinin süt üretimine olan etkisine Holstein sığırlarından daha dirençli olduklarını bulmuşlardır. Sharma ve ark.(1983), üretim varyasyon katsayısındaki azalmanın da Holstein sığırlarında Jersey sığırlarından daha büyük olduğunu ve bu değerlerin Holstein sığırları için günlük süt üretiminde %2,6 birimden, günlük protein üretiminde %6,3'e değişim gösterdiğini bulmuşlardır.

Değişen çevre sıcaklığının süt sığırları üzerine etkisini belirlemeye yönelik araştırmalar genellikle sığırların kısa bir süre için sabit sıcaklıklara maruz bırakıldığı iklim çemberlerinde yapılan çalışmalarla sınırlıdır (örneğin, Kibler 1964). Aynı sıcaklıkta kalma süresi uzatıldığında, verilen sıcaklıktaki stres etkisini azaltmaya yönelik adaptasyonlar gözlenmiştir (Kamal ve ark. 1962). Bununla birlikte, Kibler (1964), sağmal süt sığırlarının, 9 hafta süresince sabit yüksek sıcaklıklarda tutulduklarında tam bir adaptasyon gösteremediklerini bulmuştur. Weldy ve ark.(1964), hayvanların iklim çemberine ilk kez getirildiklerindeki mevsimin ısı stresine dayanımlarını etkilediğini ileri sürmektedirler. Ticari üretim koşullarındaki sağmal inekler için, yüksek gündüz çevre sıcaklıklarında yaşayabilecekleri ısı stresinin etkisi gece düşen sıcaklıkla giderilebilir gibi görünmektedir (Akari ve ark. 1987). Böylece, ısı stresine karşı kısa süreli bir toleranstan söz edilebilir.

Hayvanlar sıcak çevre koşullarına kademeli alışma yoluyla adapte olabildiklerinden (Prosser ve Brown 1969), yüksek verimli süt sığırlarının normal yaz aylarındaki kademeli sıcaklık artışlarına alışacağını kabul etmek mantıklı görünmektedir. Bununla birlikte, eğer sıcak koşullar Akdeniz'de ve ABD'nin bazı bölgelerinde çoğu kez olduğu gibi ani ve uzun süreli olursa sığırların alışma olasılığı daha düşük olacaktır. Yem tüketimindeki önemli azalmalar ve bunun sonucunda süt üretimindeki düşüşler bu tür ısı stresi koşullarını işaret etmektedir (Kadzere ve ark. 2002).

2.2. Isı Stresinin Süt Sığırları Üzerine Etkileri

Pennington ve ark. (2002) süt sığırlarında ısı stresinin bazı belirtilerinin, özellikle de süt veriminin azalması ve sığırların uyuşuk davranışlarının açık olduğunu belirtmektedir.

Pennington ve ark. (2002) ayrıca, ısı stresinin hafif belirtilerinin, 26,7–32,2 °C sıcaklıkta ve %50–90 oranında hava neminde ortaya çıkabileceğini ve bu belirtilerin hızlı, kesik kesik soluma, aşırı terleme ve süt verimi ve yem tüketiminde yaklaşık %10 azalmalar şeklinde olduğunu aktarmaktadır. Bağıl nem %50–90 arasında iken sıcaklık 32,2–37,8 °C'ye yükseldiğinde sığırların süt veriminde genellikle %25'ten fazla şiddetli bir düşüş ve vücut sıcaklıklarının yükselmesine bağlı olarak da yem tüketimlerinde bir azalma görülmektedir. Bu noktadan sonra sığırlar, hızlı kalp atışıyla birlikte ağzı açık nefes alıp verme ve dilini dışarıya çıkarma gibi daha belirgin belirtiler sergilemektedir. Genellikle, sıcaklık-nem indeksinin 90'dan yüksek olmasına neden olan sıcaklık-nem bileşimi yüksek verimli sığırlarda daha şiddetli ısı stresi belirtileri ve düşük verimli sığırlarda ise orta dereceli ısı stresi belirtileri görülmesine yol açmaktadır. Bazı durumlarda sığırlar, özellikle hastalık veya buzağılama gibi diğer stres faktörleriyle birleştiğinde aşırı ısıdan ölebilmektedir. Ulusal Araştırma Konseyi (NRC) kaynaklarına göre, süt sığırları için artan çevre sıcaklığına bağlı olarak beklenen kuru madde tüketimi, süt verimi ve su tüketimindeki göreceli değişim Çizelge 2.1'de verilmiştir (Anonim 1981).

Çizelge 2.1. Süt sığırlarının kuru madde ve su tüketimi ile süt veriminde çevre sıcaklığındaki artışa bağlı azalmalar (Anonim 1981)

Sıcaklık (°C)	Beklenen Tüketim ve Süt Verimi		
	Kuru Madde Tüketimi (kg)	Süt Verimi (kg)	Su Tüketimi (l)
20	18,05	26,78	68,04
25	17,55	24,79	73,71
30	16,79	22,82	79,00
35	16,56	17,87	119,83
40	10,13	11,93	105,84

2.2.1. Isı stresinin üreme üzerine etkileri

Isı stresi altında metabolizmanın vücut ısı regülasyonuna yönelmesi süt verimi ve üreme performansı gibi verime yönelik parametrelerin olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir (Meyer ve ark. 1998, Keister ve ark. 2002).

Topuzoğlu ve Baştan (2010), yaptıkları bir derleme çalışmasında ısı stresinin, süt sığırlarında üreme fonksiyonları, gebelik, östrus semptomları ve hipotalamus-hipofiz-ovaryum fonksiyonları üzerine etkilerini aktarmaktadırlar. Armstrong (1993) ve Ray ve ark. (1992), yüksek hava sıcaklıklarının sütü ineklerde gerek fertilitiyi gerekse süt üretimini olumsuz yönde etkilediğini belirtmektedirler (Topuzoğlu ve Baştan 2010). Ilık ve soğuk mevsimlerde %40–60 arasında seyreden gebelik oranları, yaz aylarında ısı stresinin şiddetine bağlı olarak %10–20 ve daha aşağılara düşmektedir (olak ve Sabuncuoğlu oban 2002, Peralta ve ark. 2005).

Hipotalamus-hipofiz-adrenal bezlerin ısı stresi ile uyarılmaları sonucu, plazma kortizol seviyesi artmaktadır. Bu artış, stres şartlarına karşı verilen bir cevaptır. Kortizol salgının artışı ile hayvanda oluşan ısı stresinin etkisini azaltmaya çalışan fizyolojik fonksiyonlar uyarılmaktadır (Armstrong 1993). Yine Topuzoğlu ve Baştan'ın (2010) aktardığına göre ısı stresi, ineklerde östrus davranışlarını da etkilemektedir. Yapılan çalışmalarda ısı stresinin, östrusun süresi ve şiddetinde azalmaya neden olduğu belirtilmektedir (Rutledge 2001). Isı stresi ile birlikte oosit, embriyo ve reproduktif zincirin tüm fonksiyonlarının zarar görmesi gebeliğin oluşmasını güçleştirmektedir (Armstrong 1993).

Yapılan bir çalışmada, Garcia-Ispierto ve ark. (2006), sıcak mevsimde tohumlanan sütü ineklerde soğuk mevsimde tohumlananlara göre 3,05 kat daha fazla gebelik kaybı olduğunu belirtmiştir. Kış aylarıyla karşılaştırıldığında yaz döneminde gebelik oranları %20–30 oranında azalmaktadır (Topuzoğlu ve Baştan 2010) .

Slanikove ve ark., (2009) tarafından bildirildiğine göre, yüksek süt verimine sahip ineklerin ısı stresine daha duyarlı oldukları ve dl verimi yeteneklerindeki düşüşün daha hızlı ve belirgin olduğu bilinmektedir (Dinçel ve Dikmen 2013). Isı stresine maruz kalan ineklerin kızgınlık süreleri kısaltmakta, gebelik oranı düşmekte ve erken embriyonik ölümler daha fazla görülmektedir (Leonel ve ark. 2010). Ayrıca, hormonal mekanizmadaki değişikliklere bağlı olarak ovaryum aktivitesi ve uterus fonksiyonları da olumsuz yönde etkilenmektedir. (Hansen 2009, J.R.S. ve ark. 2008, Roth 2008). Süt

sığırlarında üreme verimi performansına ilişkin önemli göstergelerden biri olan gebelik oranı ile ısı stresi düzeyi arasında çok önemli bir ilişki vardır. Vücut sıcaklığı da ısı stresinden etkilenme düzeyi hakkında önemli bir bilgi kaynağıdır (Dikmen ve ark. 2008). Isı stresinden etkilenen ineklerin vücut sıcaklıklarının arttığı bilinen bir durumdur (Tucker ve ark. 2008). Dinçel ve Dikmen (2013) tarafından aktarıldığına göre 38,5 °C vücut sıcaklığı ve 21 °C çevre sıcaklığı gibi optimum koşullarda yetiştirilen ineklerde, tohumlanma sonucunda %48 gebelik oranı elde edilirken; vücut sıcaklıklarının, 40 °C'ye ve çevre sıcaklığının 32,2 °C'ye çıktığı koşullarda, gebelik oranının %0'a kadar düştüğü belirlenmiştir. Isı stresinin etkisi altındaki ineklerde gebelik oranında azalmanın yanında, ovaryum aktivitesinin değişmesi, embriyonik gelişimin olumsuz yönde etkilenmesi, uterus fonksiyonları ve ortamının değişmesi gibi birçok ikincil derece değişikliklerin de olduğu bilinmektedir (Roth 2008, Hansen 2009).

2.2.2. Isı stresinin yem tüketimi üzerine etkileri

NRC'nin bildirdiğine göre sağmal ineklerin yem tüketimi 25–26 °C ortam sıcaklığında düşmeye başlamakta ve 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bu düşüş hızlanmaktadır (Anonim 1989). Ayrıca 40 °C sıcaklıkta yem tüketimi %40'a varan oranlarda azalabilmektedir (Kadzere ve ark. 2002). Isı stresi, lateral iştah merkezini engelleyen orta doyumluk merkezini uyarmak için hipotalamus merkezinin burun yoluyla soğutulmasına ve buna bağlı olarak yem tüketiminin azalmasına ve yem tüketimindeki azalmanın sonucunda da süt veriminin azalmasına neden olmaktadır (Albright ve Alliston 1972).

Yüksek verimli sağmal süt sığırları gibi yüksek verim düzeyindeki hayvanlar yaşama payından 2–4 kat daha yüksek yem tüketimi ve metabolik hıza sahip olabilirler (Anonim 1989). Bu kadar yüksek verimli sağmal süt sığırlarında ısı stresi kaba yem tüketimi ve geviş getirmede önemli azalmalara neden olmaktadır (Collier ve ark. 1982).

2.2.3. Isı stresinin süt verimi üzerine etkileri

Sharma ve ark. (1983), çevre koşullarından hava sıcaklığı, solar radyasyon, bağıl nem, rüzgâr gibi iklim faktörlerinin ve bunların etkileşiminin genellikle hayvanların performansını kısıtladığını belirtmektedir.

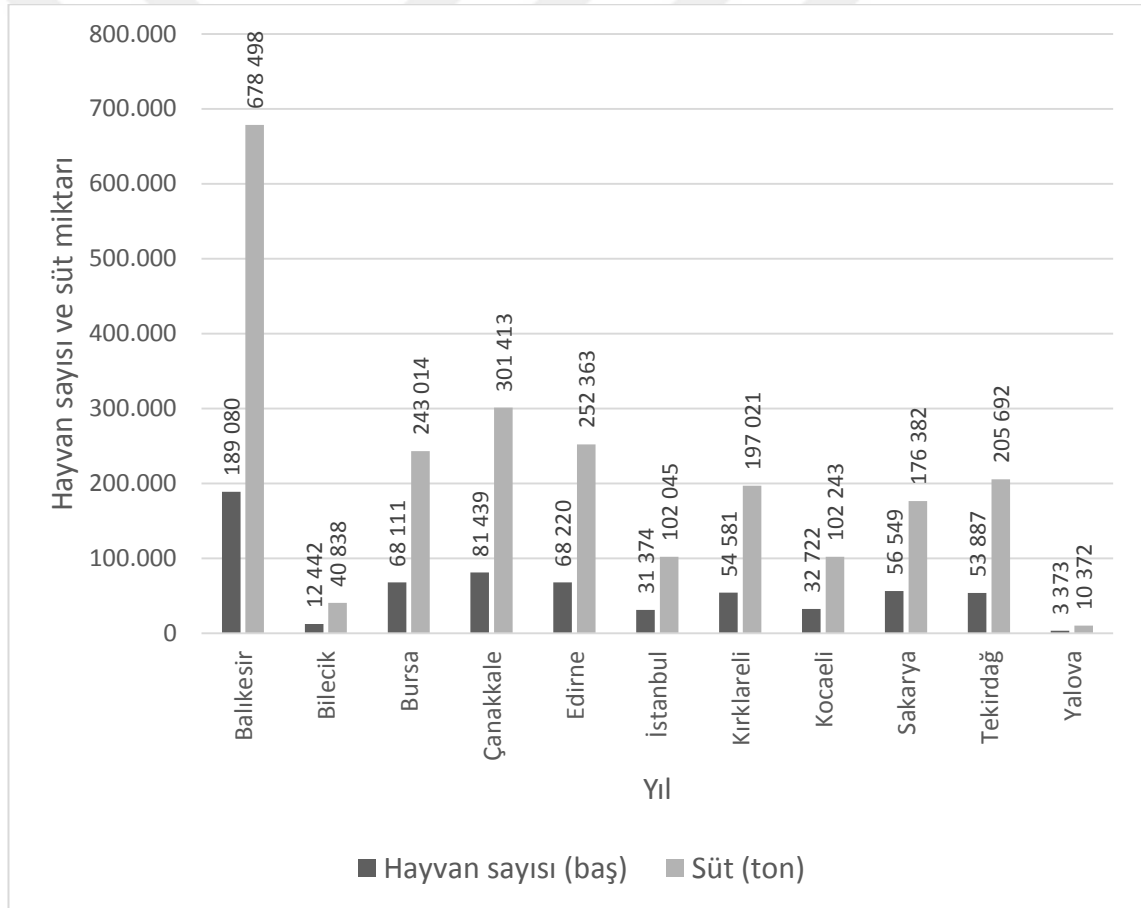
Thatcher (1974) ve Johnson (1976), yüksek çevre sıcaklığının doğrudan bir sonucu olarak süt ve yağ üretiminde bir azalma olduğunu belirtmektedirler. Bu durumun, ısı stresinin memenin salgılama fonksiyonu üzerine olan negatif etkisinin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Silanikove 1992). McDowell ve ark. (1976), sağmal bir Holstein sığırı 18 °C sıcaklığa sahip bir ortamdan 30 °C sıcaklığa sahip bir ortama transfer edildiğinde üretim amaçlı enerjiden yararlanma etkinliğindeki %35'lik azalmayla birlikte süt veriminde de %15 azalma olduğunu öne sürmektedir. Süt yağı, katı veya katı olmayan yağlar ve süt protein yüzdesi sırasıyla % 39,7, 18,9 ve 16,9 oranında azalmıştır. Ayrıca, Johnson (1976) laktasyon süt verimindeki değişimin %3–10'unu iklim faktörlerine bağlamıştır. Sığırların ısı stresinin biçim ve süresine göstermiş oldukları fizyolojik tepkilerindeki farklılıklar rapor edilmiş ve üretimsel tepkilerde de farklılık olduğu kaydedilmiştir. Bianca (1965) tarafından, sürekli olarak yüksek ortam sıcaklığına (35 °C) maruz bırakılan ılıman iklim sığırlarının süt veriminde %33'lük bir azalma olduğu ölçülmüştür.

Collier ve ark. (2006), Vermunt ve ark. (2010) tarafından bildirildiğine göre, bir laktasyon boyunca sadece yaz aylarında ısı stresine maruz kalan ineklerin toplam süt verimleri %10 ile %25 oranında azalabilmektedir (Dinçel ve Dikmen 2013). Süt verimindeki bu düşüşün yanı sıra bağışıklık sisteminin baskılanması da farklı hastalıkların (Mastitis gibi) ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Tao ve ark. 2011). Süt verimindeki azalmanın %35 oranında yem tüketimindeki azalmadan, %65 oranında ise diğer faktörlerden kaynaklandığı bilinmektedir (Rhoads ve ark. 2009, Wheelock ve ark. 2010).

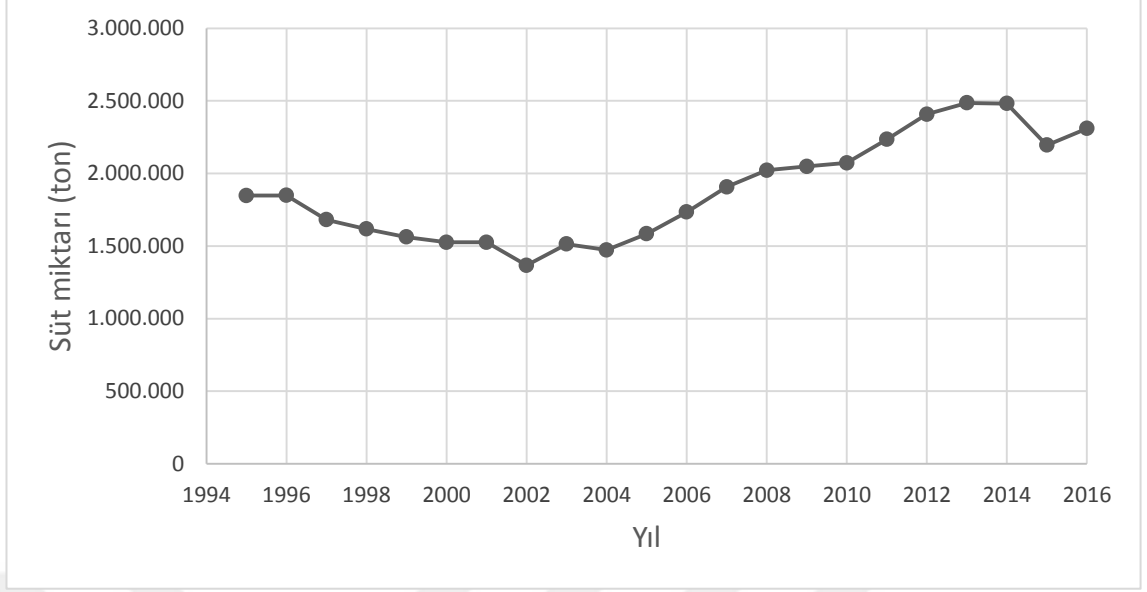
2.4. Marmara Bölgesi'nde Süt Sığırcılığı

Marmara Bölgesi, özellikle de Güney Marmara Bölgesi süt sığırı yetiştiriciliği ve süt üretimi bakımından önemli bir bölgedir. Yüksek nüfuslu gelişmiş kentleri barındıran bölgede süt sığırcılığının ayrı bir önemi vardır.

Marmara Bölgesi'nde 2016 yılı TÜİK verilerine göre ticari süt sığırı işletmelerindeki sağmal süt sığırı sayısı 651 778 baş, elde edilen süt miktarı ise 2 309 881 tondur. Türkiye'deki toplam sağmal süt sığırı sayısı ve elde edilen süt miktarı ise 2016 yılı için, 5 431 715 baş ve 16 786 263 tondur (Anonim 2017a). Marmara Bölgesi illere göre süt sığırı sayısı ve süt üretimi Şekil 2.2'de gösterilmiştir. Marmara Bölgesi'nde sığır sütü üretimi 2004 yılından 2014 yılına kadar sürekli artış göstermiş, 2015 yılında azalış olsa da 2016 yılında tekrar artışa geçmiştir (Şekil 2.3).



Şekil 2.2. Marmara Bölgesi'nde illere göre 2016 yılı süt sığırı sayısı ve süt üretimi (Anonim 2017a)



Şekil 2.3. Marmara Bölgesi yıllık toplam sığır sütü üretimi (1995–2016) (Anonim 2017a)

2.5. Türkiye’de Süt Sığırları için Yapılan Isı Stresi Çalışmaları

Akbulut ve Sabuncuoğlu (2003), sert iklim koşullarında yetişen Siyah Alaca ve Esmer dişi danalarda adaptasyon indeksini hesaplarken barınakların sıcaklık ve bağıl nem değerlerini ölçerek SNİ hesaplamaları yapmışlardır. Çalışma sonucunda, temmuz ve ağustos aylarında, yüksek SNİ değerlerinin, danaların iklime adaptasyon sürecine olumsuz etki gösterdiği sonucuna varmışlardır.

Serbester (2007), Akdeniz iklimine sahip Adana bölgesinde süt sığırlarının beslenmesinde rasyon enerji ve protein kaynağı ile duş uygulamasının, yüksek sıcaklık altında süt verim ve süt kompozisyonuna etkilerini araştırırken SNİ değerlerini hesaplamış ve kullanmıştır.

Kahramanmaraş’ta Akyüz ve ark. (2010), süt sığırları için ısı stresi bakımından kritik dönemleri belirlerken SNİ değerlerini hesaplamıştır. Çalışmada 30 süt sığırının olduğu bağılı duraklı hayvan barınağında iç ortam sıcaklıkları ve bağıl nemleri 07, 14 ve 21 saatlerinde ölçülmüştür. Aynı şekilde dış ortam sıcaklıkları ve bağıl nemleri de ölçülerek SNİ değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda SNİ değerleri, barınak dışında mayıs ortalarından ekim sonlarına kadar, barınak içinde ise haziran ayından

ekim başına kadar, süt üretimi ve yem tüketimin düşmeye başladığı eşik değerı olarak kabul edilen 72' den (Johnson 1985) büyük çıkmıştır.

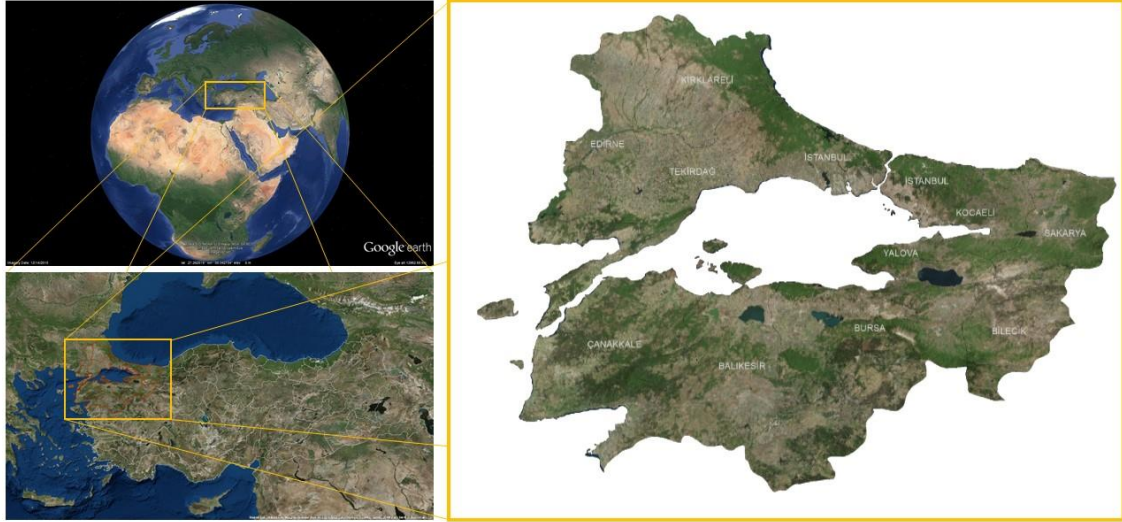


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Marmara Bölgesi konumu ve iklimi

Marmara Bölgesi, Balıkesir, Bilecik, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Tekirdağ ve Yalova illerinden oluşan Türkiye'nin kuzey batısında yer alan bir bölgedir (Şekil 3.1). Marmara Bölgesi, iklim olarak Akdeniz, Karadeniz ve karasal iklim özellikleri arasında geçiş özelliği gösteren yarı-nemli bir özelliğe sahiptir.



Şekil 3.1. Marmara Bölgesi'nin konumu

Marmara Bölgesi'nin güneyi, kışları Akdeniz iklimi kadar ılıman, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklime göre ise kışı daha az soğuk, yazı da daha yağışlı geçmemektedir. Marmara'nın güney kesimlerinde, en soğuk ay ocak ayı ortalama sıcaklığı ile en sıcak ay temmuz ayı ortalama sıcaklığı sırasıyla 4,9 ve 23,7 °C'dir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 14,0 °C'dir. Marmara Bölgesi'nin güney kesimlerinin yıllık ortalama toplam yağışı 595,2 mm olup yağışların çoğu kış mevsiminde gerçekleşir. Yaz yağışlarının toplam yağış içindeki payı %11,7'dir. Bölgenin güneyinde yıllık ortalama bağıl nem ise %73'dür (Anonim 2014b).

Marmara Bölgesi'nin kuzeybatısında ise daha karasal olan Trakya karasal iklimi görülür. Bu yüzden bölgenin kuzeybatısında yazlar daha sıcak ve kışlar da daha soğuk geçer. En soğuk ay ocak ayı ortalama sıcaklığı ile en sıcak ay temmuz ayı ortalama sıcaklığı sırasıyla 2,8 °C ve 23,9 °C olup yıllık ortalama sıcaklık ise 13,2 °C'dir. Bölgenin bu kesimlerinde yıllık ortalama toplam yağış 559,7 mm'dir ve yağışların çoğu kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimine yayılmıştır. Yaz mevsiminde düşen yağışların yıllık toplam yağışa oranı ise %17,6'dır. Bölgenin bu kısmında yıllık ortalama bağıl nem ise %69,6'dır (Anonim 2014b).

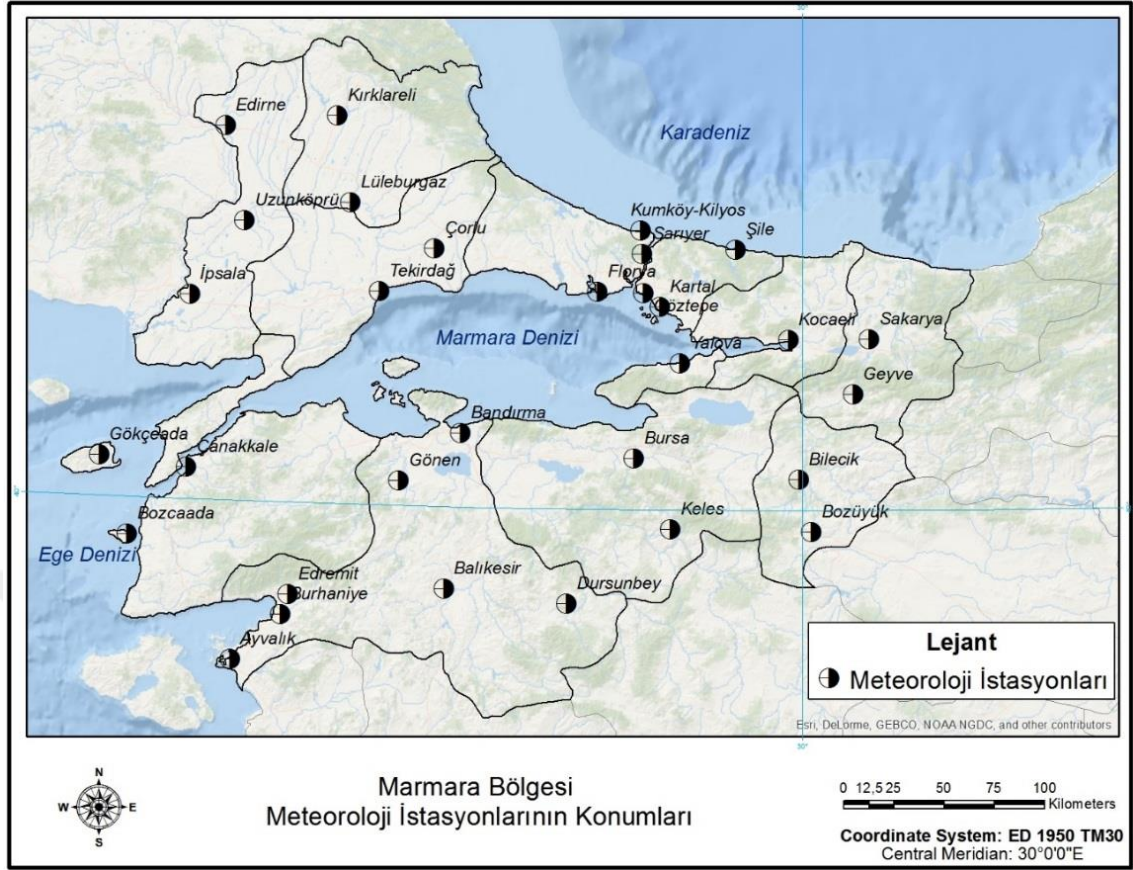
Marmara Bölgesi'nin Karadeniz kıyı kuşağında, Karadeniz iklimi etkili olmaktadır. Yaz ile kış mevsimi arasındaki sıcaklık farkı düşüktür. Yaz mevsimi görece serin, kış mevsimi ise kıyı kesiminde ılık, yüksek kesimlerde kar yağışlı ve soğuk geçer. Tüm mevsimler yağışlı olup, genellikle su sıkıntısı görülmez. En soğuk ay olan ocak ayı ortalama sıcaklığı ile en sıcak ay olan temmuz ayı ortalama sıcaklığı sırasıyla 4,2 °C ve 22,1 °C olup, yıllık ortalama sıcaklık 13,0 °C'dir. Bölgenin bu kısmında yıllık ortalama toplam yağış 842,6 mm'dir. Yıllık toplam yağış içerisinde yaz yağışlarının oranı, %19,4'dür. Bölgede yıllık ortalama bağıl nem ise %71'dir (Anonim 2014b).

3.1.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve meteorolojik veriler

Meteorolojik veriler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) elde edilmiştir. Marmara Bölgesi'nde düzenli kayıt yapan 31 adet meteoroloji istasyonundan yararlanılmıştır. Meteoroloji istasyonlarının seçiminde Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından tanımı yapılan (Anonim 2016a) klimatolojik normallerin oluşması için gereken en az 30 yıllık veriye sahip olması koşuluna dikkat edilmiştir. Bölgede hem meteoroloji istasyon sayısını fazla tutmak, hem de aynı dönemi kapsayan kayıtlara sahip en uzun dönem elde edilmeye çalışılmıştır. Bu yüzden 1974–2013 yılları arasında 40 yıllık süre içerisinde iklim verileri elde edilmiştir. Bu veriler, saatlik ve günlük ortalamalardan hesaplanan aylık ortalama sıcaklık, aylık ortalama maksimum sıcaklık, aylık ortalama bağıl nem, aylık ortalama en düşük bağıl nem şeklindedir. Bu meteoroloji istasyonlarına ait bazı özellikler, Çizelge 3.1'de, konumları da Şekil 3.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Meteoroloji istasyonlarının bazı özellikleri

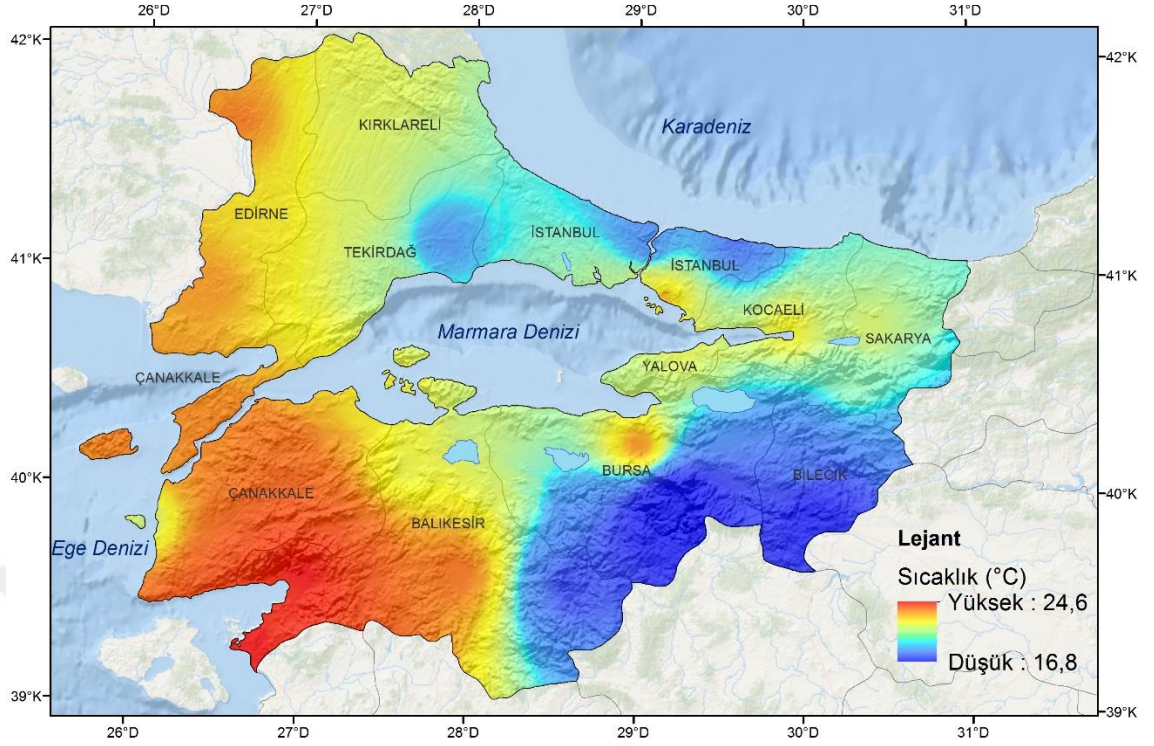
Sıra no	Meteoroloji istasyon no	Meteoroloji istasyon adı	Enlem (Kuzey) (Ondalıklı derece)	Boylam (Doğu) (Ondalıklı derece)	Rakım (m)
1	17050	Edirne	41,68	26,55	51
2	17052	Kırklareli	41,74	27,22	232
3	17054	Çorlu	41,16	27,82	183
4	17056	Tekirdağ	40,96	27,50	4
5	17059	Kumköy-Kilyos	41,25	29,04	38
6	17061	Sarıyer	41,15	29,05	59
7	17062	İstanbul-Göztepe	40,97	29,08	33
8	17066	Kocaeli	40,77	29,92	74
9	17069	Sakarya	40,77	30,39	30
10	17110	Gökçeada	40,19	25,91	79
11	17111	Bozcaada	39,83	26,07	30
12	17112	Çanakkale	40,14	26,40	6
13	17114	Bandırma	40,33	28,00	63
14	17116	Bursa	40,23	29,01	100
15	17119	Yalova	40,66	29,28	4
16	17120	Bilecik	40,14	29,98	538
17	17145	Edremit	39,56	27,03	19
18	17150	Balıkesir	39,63	27,92	102
19	17175	Ayvalık	39,31	26,69	4
20	17608	Uzunköprü	41,26	26,69	52
21	17610	Şile	41,17	29,60	83
22	17631	Lüleburgaz	41,35	27,31	46
23	17632	İpsala	40,92	26,38	10
24	17636	Florya	40,98	28,79	37
25	17638	Kartal	40,91	29,16	18
26	17662	Geyve	40,52	30,30	100
27	17674	Gönen	40,11	27,64	37
28	17695	Keles	39,92	29,23	1063
29	17700	Dursunbey	39,58	28,63	637
30	17702	Bozüyük	39,90	30,05	754
31	17722	Burhaniye	39,50	29,98	20



Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan Marmara Bölgesi'ndeki meteoroloji istasyonlarının konumları

Bölgede ısı stresinin en çok hissedildiği haziran, temmuz ve ağustos aylarına ait aylık sıcaklık ve bağıl nem ortalamaları 1974–2013 dönemi için hesaplanmış, enterpolasyon yöntemi kullanılarak alansal dağılımı haritalar üzerinde gösterilmiştir.

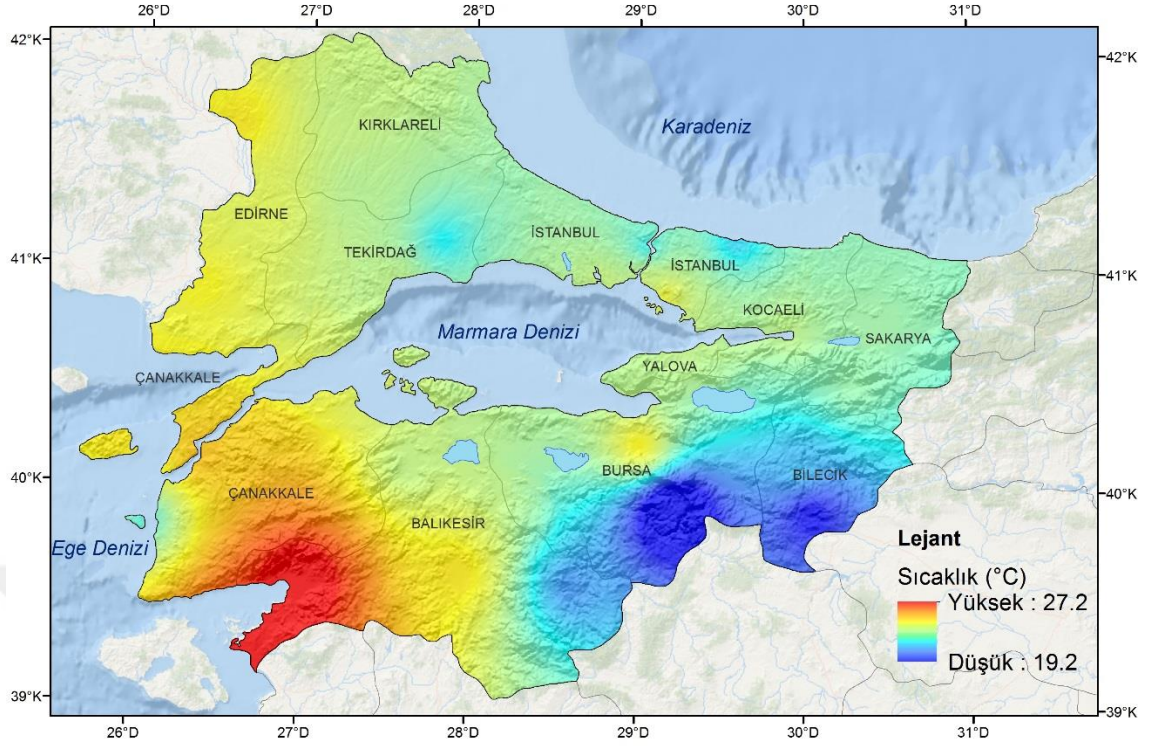
Haritalar incelendiğinde haziran ayı için Marmara Bölgesi'nin güneybatısında sıcaklıkların en yüksek olduğu, Trakya'nın batı kesimlerinde de ortalamaların görece yüksek olduğu görülmektedir. Sıcaklık ortalamalarının en düşük olduğu kesimler ise bölgenin güneydoğusudur. Haziran ayında bölgenin güneybatı kesimlerinde sıcaklık ortalamaları 25 °C, güneydoğu kesimlerinde ise 17 °C civarındadır (Şekil 3.3).



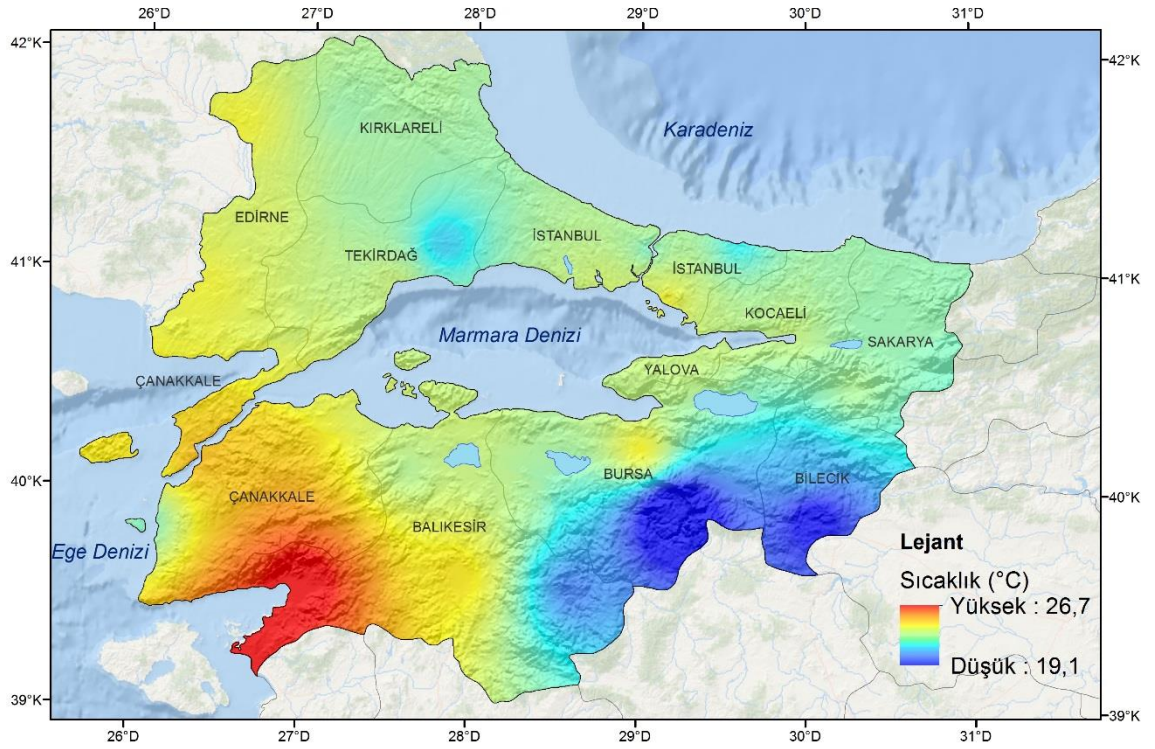
Şekil 3.3. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama sıcaklık haritası

Temmuz ve ağustos ayı için ise sıcaklık alansal dağılımı benzer olmakla birlikte sıcaklık ortalamaları bölgenin güneybatısında 27 °C'lere kadar çıkmaktadır. Daha serin olan güneydoğu kesimlerde ise ortalamalar 19 °C civarına kadar düşmektedir (Şekil 3.4, Şekil 3.5).

Her üç ayda da bölgenin karadenize kıyı olan kuzey kesimlerinde sıcaklık ortalamalarının göreceli olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Bölgenin bu kısımlarında Karadeniz'den esen kuzeyli rüzgârlar sıcaklık ortalamalarını düşürmektedir. Bölgenin güneydoğu kesimlerinde sıcaklık ortalamalarının görece düşük olmasının en önemli sebebi ise yükseltinin fazla olması ve karasal iklimin daha etkin olmasına bağlı olarak geceleri sıcaklığın denize yakın kesimlere göre daha fazla düşmesi olarak düşünülebilir.



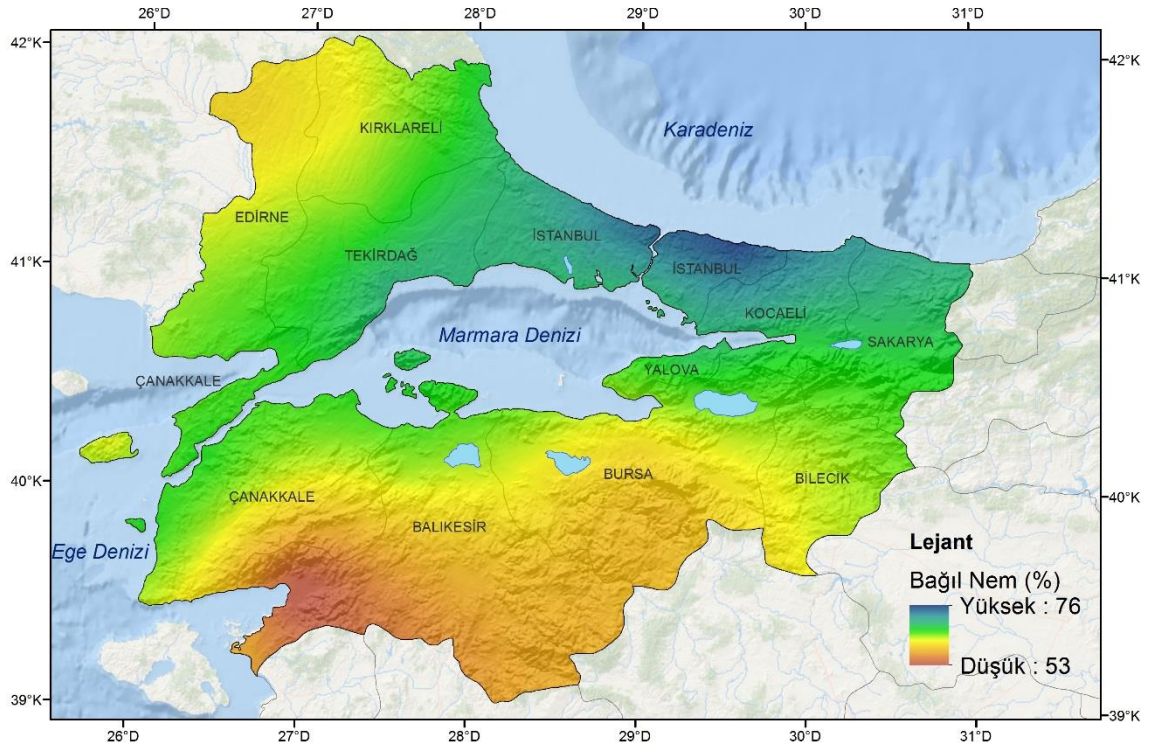
Şekil 3.4. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama sıcaklık haritası



Şekil 3.5. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama sıcaklık haritası

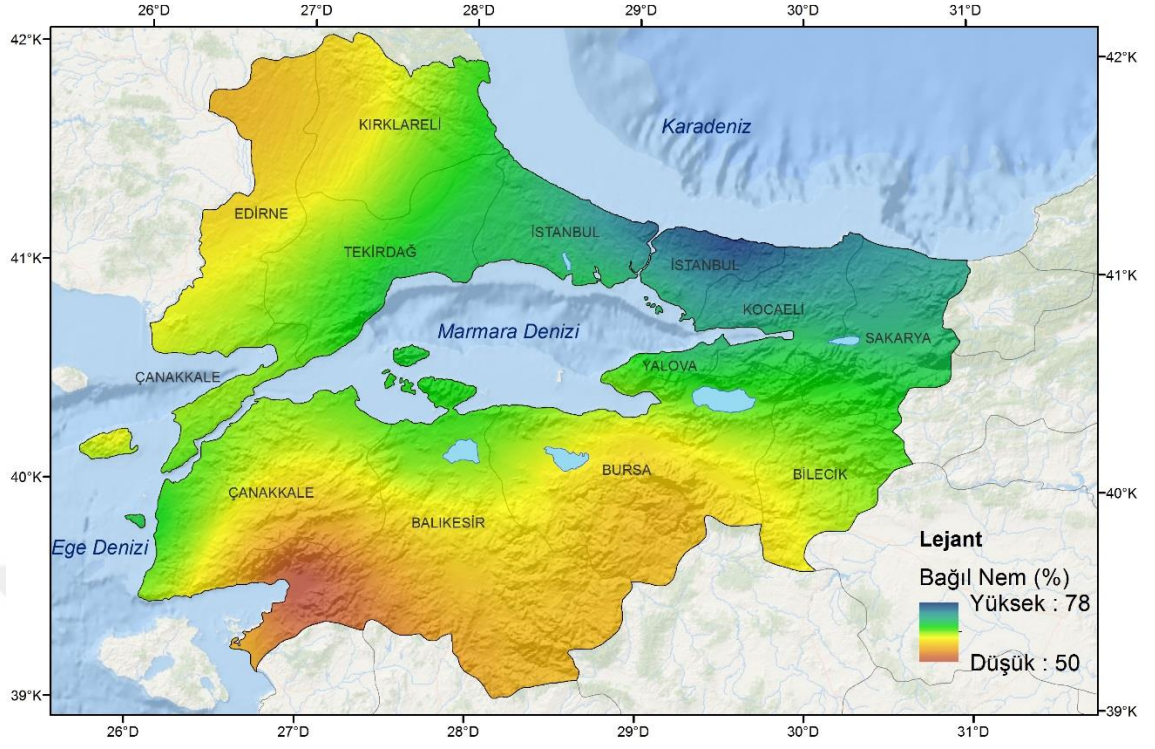
Bölgenin bağıl nem haritalarına bakıldığında alansal dağılımın üç ay için de çok benzer olduğu görülmektedir. Marmara Denizi ve Karadeniz'e kıyı olan kesimlerde bağıl nemin görece yüksek olduğu, Ege Denizi'ne kıyı olan kuzeybatı kesimlerde yüksek fakat güneybatı kesimlerde düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bölgenin deniz etkisinden uzak iç kesimlerinde ise bağıl nem ortalamalarının görece düşük olduğu görülmektedir.

Haziran ayında ortalama bağıl nem değerleri bölgenin Karadeniz ve Marmara Denizi'ne kıyı olan kesimlerinde göreceli olarak yüksek olup, en yüksek %76'ya kadar çıkmaktadır. Bölgenin iç, güney ve Trakya'nın batı kesimlerinde ise bağıl nem değerlerinin daha düşük olduğu ve %53 civarına kadar düştüğü görülmektedir (Şekil 3.6).

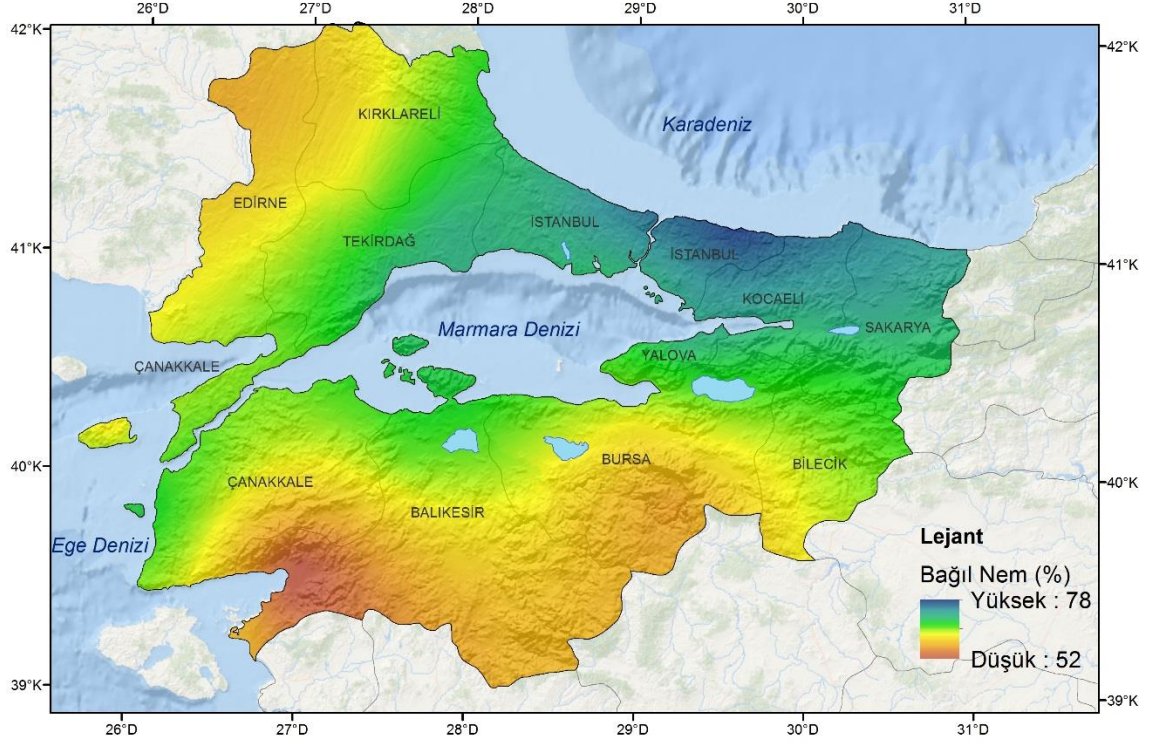


Şekil 3.6. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama bağıl nem haritası

Temmuz ve ağustos aylarında ise benzer durum olduğu görülmekte olup, ortalama bağıl nem en yüksek %78, en düşük ise %50 civarlarındadır (Şekil 3.7, Şekil 3.8).



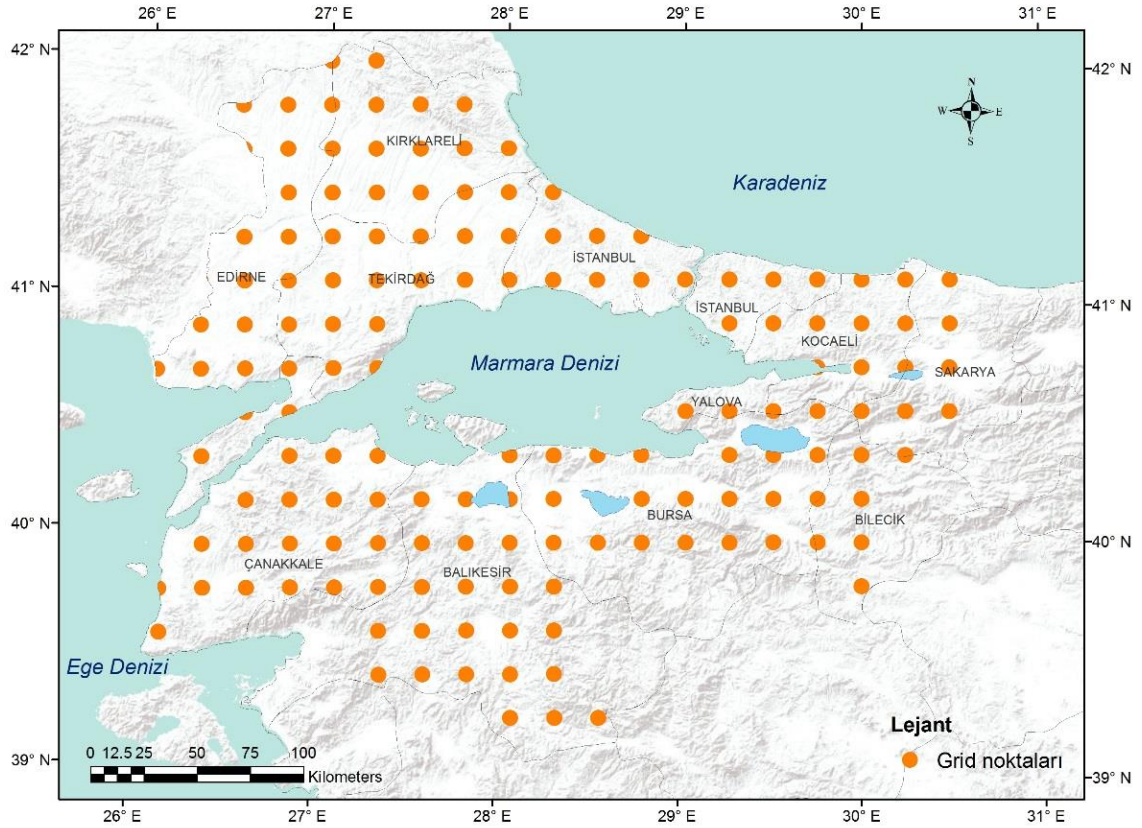
Şekil 3.7. Marmara Bölgesi temmuz ayı bağıl nem haritası



Şekil 3.8. Marmara Bölgesi ağustos ayı bağıl nem haritası

3.1.3. Geleceğe yönelik iklim projeksiyonları için kullanılan iklim modelleri ve senaryolar

Geleceğe yönelik SNI hesaplamalarında kullanılmak üzere sıcaklık ve bağıl nem verilerini elde etmek için, “Hadley Küresel Çevre Modeli 2-Yer Sistemi” (HadGEM2-ES) küresel iklim modeli kullanılmıştır. HadGEM2-ES, İngiltere Meteoroloji Servisi Hadley Merkezi tarafından yüzyılın “Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi Faz 5” (CMIP5) simülasyonları için kullanılmakta olan, Yer Sistemi Modeli’dir (Anonim 2016b). Model ile elde edilen düşük çözünürlüklü verilerin çözünürlüğünün artırılması için Bölgesel İklim Model (RegCM) sisteminin son sürümü olan RegCM4.3.4 modeli kullanılmıştır. Senaryo olarak da IPCC Beşinci Sentez Raporunda belirtilen yeni nesil senaryolardan orta dereceli senaryo RCP4.5 ve kötümser senaryo RCP8.5 kullanılmıştır (Anonim 2014a). Çalışma için Marmara Bölgesi’nde seçilen grid noktaları Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Bölgesel İklim Modeli için kullanılan grid noktaları

3.1.4. Çalışmada kullanılan yazılım ve programlar

Uzun yıllar meteorolojik verilerinin homojenlik testi için Wang ve Feng (2013) tarafından geliştirilen R dilinde yazılmış RHtestsV4 yazılımı kullanılmıştır. RHtestsV4 yazılımının çalıştırılması için de R (version 3.2.2) programı kullanılmıştır. R, istatistiksel hesaplama yapan ve grafik hazırlayan bir sistem olarak tanımlanabilir. Sistem, bir dil, grafikli çalışma zamanı ortamından, bir hata ayıklayıcıdan, bazı sistem işlevlerine erişimden ve komut dosyalarında saklanan programları çalıştırma yeteneğinden oluşmaktadır.

R'nin çekirdeği, işlevleri kullanarak modüler programlamanın yanı sıra, dallanma ve döngüye izin veren yorumlanmış bir bilgisayar dilinden oluşmaktadır. R'deki kullanıcı tarafından görülebilen işlevlerin çoğu R dili ile yazılmıştır. Kullanıcı, verimlilik için C, C ++ veya FORTRAN dillerinde yazılmış işlemlere bağlanabilir. R dağıtımı, çok sayıda istatistiksel yöntem için işlevsellik içerir. Bunlardan bazıları, doğrusal ve genelleştirilmiş doğrusal modeller, doğrusal olmayan regresyon modelleri, zaman serileri analizi, klasik parametrik ve parametrik olmayan testler, kümeleme ve pürüzsüzleştirme olarak sıralanabilir.

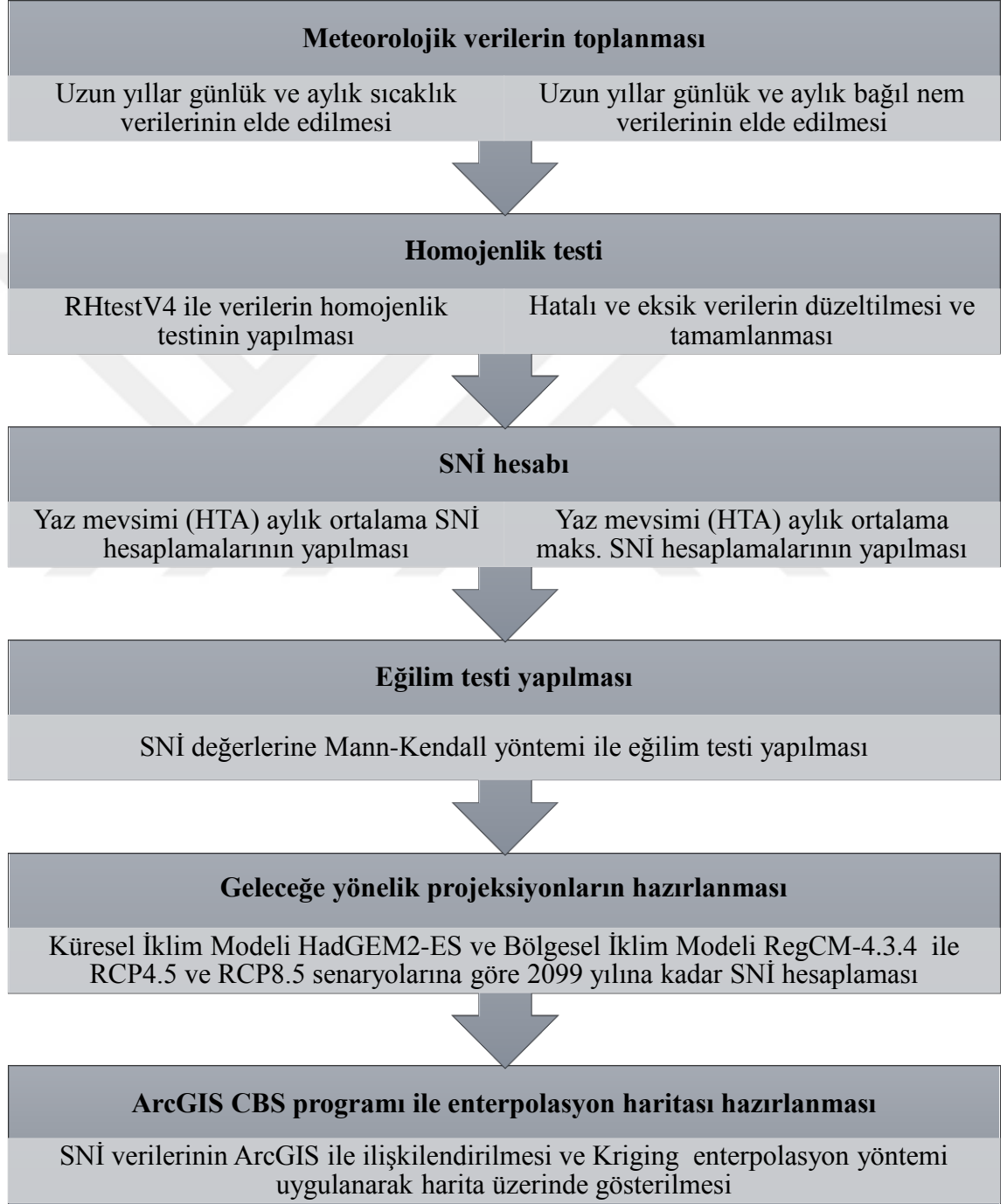
Bu çalışma için hesaplanan SNİ değerlerinin harita üzerinde gösterilmesi ve veri alınamayan alanlara enterpole edilmesi için ArcGIS 10.3 CBS programı kullanılmıştır.

ArcGIS 10.3 programında Marmara Bölgesi'ne yerleştirilen meteoroloji istasyonlarının öz nitelik tablosu ile çizelge halinde SNİ değerlerinin ilişkilendirilmesi ve birleştirilmesi için M.S. Office Ev ve Öğrenci (2013) paket programı (Excel) kullanılmıştır.

Ayrıca sıcaklık ve bağıl nem değerlerinden hesaplanan SNİ veri setlerinin eğilim analizleri için Salmi ve ark. (2002) tarafından geliştirilen MAKESENS 1.0 Excel programından yararlanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada izlenen yol ana hatları ile Şekil 3.10'de gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Çalışmanın akış diyagramı

3.2.1. Meteorolojik verilerin homojenlik testi

Meteorolojik veri setlerine (1974–2013) hata ve kalite kontrolü için homojenlik testi uygulanmıştır. Bunun için Kanada İklim Araştırma Bölümü'nden Wang ve Feng (2013) tarafından geliştirilen ve istatistiksel hesaplama ve grafikler için bilgisayar programlama dili olan R dilinde yazılmış RHTestsV4 yazılımı kullanılmıştır.

RHtestsV4, yazılım paketi, birinci derece otoregresif hatalara sahip olabilecek bir veri serisinde (günlük yağış veri serileri hariç) çoklu değişim noktalarını belirlemede ve düzeltmede kullanılabilir. Yazılım, deneysel olarak hesaba katılan *gecikme-1* otokorelasyonlu zaman serilerinin tekrarlanan test algoritmasına (Wang 2008a) gömülü penalize maksimum t-testi (Wang ve ark. 2007) ve penalize maksimum F-testini temel almaktadır (Wang 2008b).

Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veri setleri için homojenlik testi uygulanmış, hatalı ve eksik verilerin olup olmadığı incelenmiş, varsa düzeltilmiş, eksik veriler de tamamlanmıştır.

3.2.2. Sıcaklık-nem indeksi değerlerinin hesaplanması

Sıcaklık-nem indeksinin hesaplanmasında sıcaklık ve havanın nem içeriğini esas alan birçok eşitlik mevcuttur. Bu eşitliklerin bazıları hava sıcaklığının yanında direk ölçülmüş hava nemini esas alırken, bazıları ıslak termometre sıcaklığı veya çiğlenme noktası sıcaklığını kullanmaktadır. Meteoroloji istasyonlarından elde edilebilir verilerin durumuna göre bu eşitliklerden havanın sıcaklığı ve bağıl nemini esas alan aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Anonim 1971, NOAA 1976).

$$THI = (1,8T_{db} + 32) - (0,55 - 0,0055RH)(1,8T_{db} - 26) \quad (3.1)$$

THI: Sıcaklık-nem indeksi (SNI)

T_{db}: Kuru termometre sıcaklığı (°C)

RH: Havanın bağıl nem içeriği (%)

Sıcaklık-nem indeksine göre ısı stresi dereceleri Şekil 3.11’ de gösterilmiştir.

SICAKLIK		BAĞIL NEM (%)																		
°F	°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
72	22.0	64	65	65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	70	71	71
73	23.0	65	65	66	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	71	72	72
74	23.5	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	70	70	70	71	71	72	72	73	73
75	24.0	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74
76	24.5	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75
77	25.0	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76
78	25.5	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
79	26.0	67	68	69	69	70	70	71	71	72	73	73	74	74	75	76	76	77	77	78
80	26.5	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	76	77	78	78	79
81	27.0	68	69	70	70	71	72	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	78	79	80
82	28.0	69	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81
83	28.5	69	70	71	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82
84	29.0	70	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	80	81	82	83
85	29.5	70	71	72	72	73	74	75	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84
86	30.0	71	71	72	73	74	74	75	76	77	78	78	79	80	81	81	82	83	84	84
87	30.5	71	72	73	73	74	75	76	77	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	85
88	31.0	72	72	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	81	82	83	84	85	86	86
89	31.5	72	73	74	75	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	84	85	86	86	87
90	32.0	72	73	74	75	76	77	78	79	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88
91	33.0	73	74	75	76	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	86	87	88	89
92	33.5	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	85	86	87	88	89	90
93	34.0	74	75	76	77	78	79	80	80	81	82	83	85	85	86	87	88	89	90	91
94	34.5	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	86	86	87	88	89	90	91	92
95	35.0	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
96	35.5	75	76	77	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94
97	36.0	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	91	92	93	94	95
98	36.5	76	77	78	80	80	82	83	83	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95
99	37.0	76	78	79	80	81	82	83	84	85	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
100	38.0	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
101	38.5	77	79	80	81	82	83	84	86	87	88	89	90	92	93	94	95	96	98	99
102	39.0	78	79	80	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	94	95	96	97	98	100
103	39.5	78	79	81	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	94	96	97	98	99	101
104	40.0	79	80	81	83	84	85	86	88	89	90	91	93	94	95	96	98	99	100	101
105	40.5	80	80	82	83	84	86	87	88	89	91	92	93	95	96	97	99	100	101	102
106	41.0	80	81	82	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	97	98	99	101	102	103
107	41.5	80	81	83	84	85	87	88	89	91	92	94	95	96	98	99	100	102	103	104

Şekil 3.11. Sıcaklık-nem indeksi tablosu; stres eşiği (68–71), hafif-orta (72–79), orta-şiddetli (80–89), şiddetli (90–98). Kaynak: Collier ve ark. (2012)

3.2.3. SNİ verilerine göre süt verimi kayıplarının hesaplanması

St-Pierre ve ark. (2003) Amerika Birleşik Devletleri'nde çiftlik hayvanlarındaki verim kayıplarına bağlı olarak ekonomik kayıpları belirlediği çalışmasında, süt sığırları için SNİ verilerinin kullanıldığı aşağıdaki eşitliği kullanmıştır.

$$S\ddot{U}T_{kaybl} = 0,0695 \cdot (SNI_{maks.} - SNI_{eşik})^2 \cdot D \quad (3.2)$$

$S\ddot{U}T_{kaybl}$: Süt veriminde azalma (kg),

D : Gün içinde toplam stres süresinin 24 saate oranı, ($SNI_{maks.} > SNI_{eşik}$, olduğunda)

$SNI_{maks.}$: Gün içindeki maksimum SNİ değeri

$SNI_{eşik}$: Stres başlangıcı için SNİ eşik değeri

Süt sığırları için SNİ eşik değeri 70 olarak alınmıştır (St-Pierre ve ark. 2003).

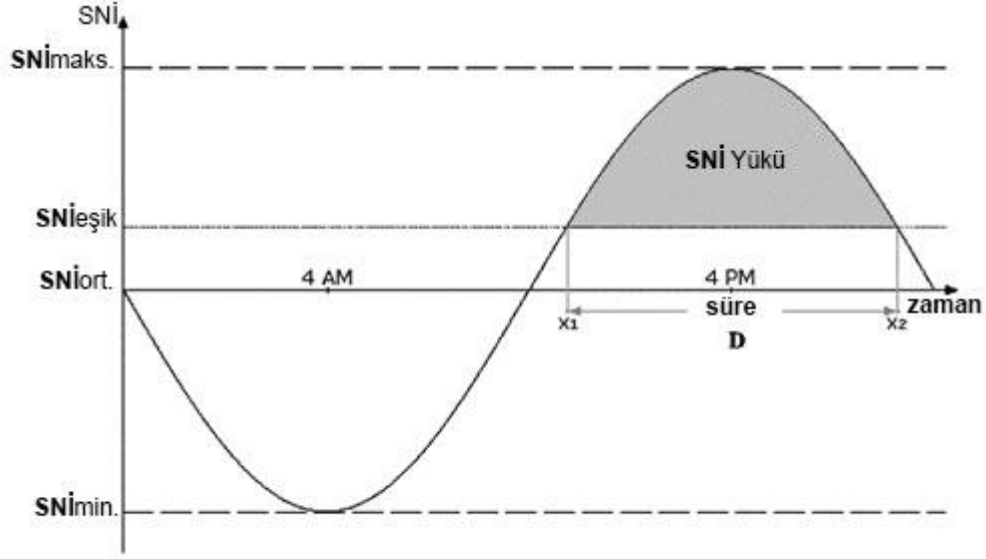
Eşitlikte kullanılan maksimum SNİ değerleri aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (St-Pierre ve ark 2003).

$$THI = (1,8T_{maks} + 32) - (0,55 - 0,0055RH_{min})(1,8T_{maks} - 26) \quad (3.3)$$

T_{maks} : Gün içerisindeki maksimum hava sıcaklığı

RH_{min} : Gün içerisindeki minimum bağıl nem

Gün içerisinde, SNİ değerinin eşik değeri geçtiği sürenin hesaplanması ve ısı stresinin boyutunu gösteren model, Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Gün içerisinde SNİ değerinin stres eşiğini geçtiği süre ve strese sebep olan toplam SNİ yükünü gösteren model

3.2.4. Kriging enterpolasyon yöntemi

Kriging, çevresini temsil eden ölçülmüş değerlerin, ölçüm yapılmayan alanlar için tahmini değer elde etmek için ağırlık kazanmasına dayanan bir kestirim (enterpolasyon) tekniğidir. Ağırlıklar, ölçülmüş noktalarla tahmin yerleri ve tüm ölçülmüş noktalar arasındaki konumsal mesafeye dayanmaktadır.

Kriging, dağınık z-değerli noktalardan kestirim ile bir yüzey oluşturan gelişmiş bir jeostatistiksel işlemdir. Kriging, örnek noktaları arasındaki mesafe veya yönün, yüzeydeki değişimi açıklamak için kullanılabilen bir konumsal korelasyonu yansıttığını varsaymaktadır. Kriging yöntemi, her bir konum için çıktı değerini belirlemek amacıyla belirli bir sayıdaki noktalara veya belirli bir yarıçap içindeki tüm noktalara matematiksel bir işlev uygulamaktadır. Kriging çok adımlı bir süreçtir; verilerin keşifsel istatistiksel analizini, varyogram modellemeyi, yüzey oluşturmaya ve (isteğe bağlı olarak) bir varyans yüzeyini araştırmayı içermektedir. Kriging, verilerde konumsal olarak korelasyonlu bir mesafe veya yönsel sapma olduğu durumlarda daha uygun bir yöntemdir.

Kriging genel formülü;

$$\hat{Z}(S_o) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad (3.4)$$

$Z(S_i)$: i ile belirtilen noktada ölçülen değer

λ_i : i ile belirtilen noktada ölçülen değerlerin bilinmeyen ağırlığı

S_o : Kestirim yapılan nokta

N : Ölçülmüş değerlerin sayısı

Tosunoğlu (2007), Kriging yöntemi ile yapılan enterpolasyon teorisinin arkasında Fransız matematikçi Georges Matheron'un geliştirdiği Güney Afrikalı Danie G. Krige'in Witwatersrand bölgesindeki maden cevherlerinin dağılımlarının tanımlanması için yapmış olduğu master çalışmasının yattığını bildirmiştir (Başbozkurt 2015). Mantık olarak en küçük kareler yöntemine dayanan Kriging yöntemi, en iyi ve yansız tahmin edici olup maden bilimi, meteoroloji, ekonomi ve daha birçok alanda kullanılmıştır.

Uyguçgil (2007) tarafından bildirildiğine göre Kriging yöntemi, doğrusal, sistematik olarak sapması olmayan yansız en iyi tahmin edici olarak bilinmektedir (Başbozkurt 2015). Diğer bir ifade ile yapılan kestirimde ağırlık değerlerinin, kestirim hatalarının sıfır ortalamalı ve en küçük varyanslı olma işlemi Kriging olarak tanımlanabilir.

Tosunoğlu (2007) tarafından bildirildiğine göre Kriging yönteminin diğer yöntemlere göre daha fazla tercih edilmesinin en önemli sebebi esnek bir yapıda olmasıdır. Kriging yönteminde ağırlıklar belli kurallara göre oluşturulur ve veriler sistematik bir şekilde analiz edilerek variogram fonksiyonu oluşturulur. Oluşturulan variogram fonksiyonu ise ağırlıkların oluşturulmasında kullanılır (Başbozkurt 2015).

Kriging yönteminin temeli bölgesel değişkenler teorisine dayanır. Yükseklikler tarafından temsil edilen olaylarda konumsal değişim yüzey boyunca istatistiksel olarak homojendir. Yüzey, sabit bir ortalama ya da eğilimden oluşan yapısal bir bileşen,

rastgele fakat konumsal olarak korelasyonlu bileşen ve konumsal olarak korelasyonsuz kalıntı hata terimi olmak üzere üç ana bileşenin toplamı olarak ifade edilir (Köroğlu 2006).

3.2.5. Sıcaklık-nem indeksi verilerinin eğilim analizi

Hesaplanarak elde edilen sıcaklık nem indeksi değerlerinin zaman serisi şeklinde artış veya azalış eğilimi testleri parametrik olmayan Mann-Kendall istatistik yöntemi, eğilimin büyüklüğü ise parametrik olmayan doğrusal eğim tahmini yapan Sen'in tahmin yöntemi kullanılarak Salmi ve ark. (2002) tarafından geliştirilen MAKESENS (1.0) yazılımı ile yapılmıştır.

Mann-Kendall testi klimatolojik ve hidrolojik zaman serilerinin analizinde çok yaygın olarak kullanılan bir istatistik testidir (Yue ve Wang 2004, Mavromatis ve Stathis 2011). Bu testin iki avantajı vardır. Birincisi parametrik olmayan bir test olup verilerde normal dağılım koşulu aramamaktadır. İkincisi, test homojen olmayan zaman serilerinde keskin kırıklıklar için düşük hassasiyete sahiptir (Tabari ve ark. 2012).

Mann-Kendall testi ile bir zaman serisinde eğilim olup olmadığı sıfır hipotezi ile; " H_0 : eğilim yok" ile kontrol edilmektedir (Bayazıt 1996). Kalaycı ve Kahya (1998), bu testte veri serilerini zamana göre sıralanmış (X_1, X_2, \dots, X_n) serileri, H_0 hipotezine göre zamandan bağımsız ve benzer dağılmış rasgele değişkenler olarak açıklamaktadır. H_1 alternatif hipotezine göre ise $(k \neq j)$ ve $n \geq k, j$ (n , veri kayıt uzunluğu) olmak üzere seride X_k ve X_j ardışık veri değerlerinin dağılımı benzer değildir. Yani seride doğrusal bir eğilim vardır.

3.2.6. Geleceğe yönelik iklim projeksiyonlarının hazırlanması

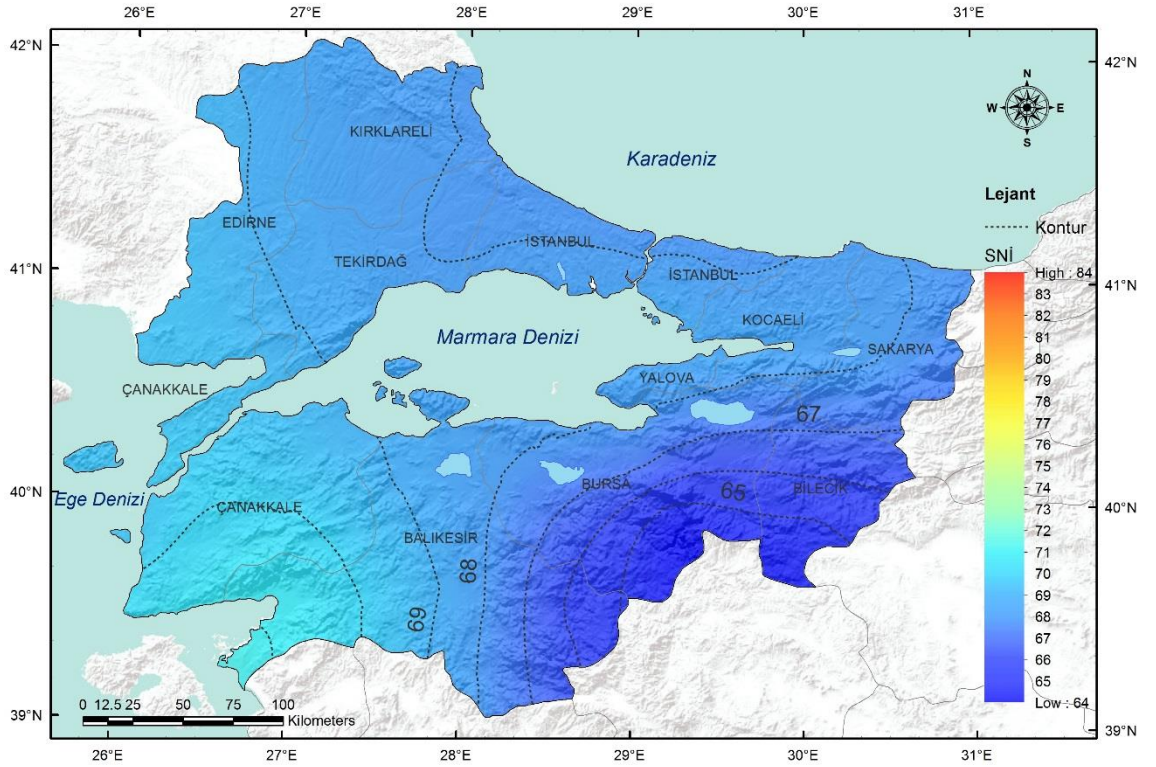
Çalışmada kullanılan HadGEM2-ES küresel iklim modeli, standart atmosfer birleşimi, 40 km'ye kadar yükselen 38 seviyeden oluşmaktadır. Modelin küresel olarak yatayda çözünürlüğü 1,25 enlem ve 1,875 boylam olup 192×145 adet grid noktasından oluşmaktadır (Anonim 2017c).

Öncelikle, küresel iklim modeli HadGem2-ES verilerini kullanarak bölgesel iklim modeli RegCM4.3.4 modelinden veri almak için Marmara Bölgesi'ni kapsayan grid noktaları belirlenmiştir. Bu grid noktalarına ait 2017–2099 periyodunda her yıla ait haziran, temmuz ve ağustos ayları için sıcaklık ve bağıl nem verileri MGM'den elde edilmiştir. Bu veriler, SNİ hesaplamaları için gerekli olan günlük ortalamalardan hesaplanan aylık ortalama sıcaklık ve bağıl nem, günlük maksimum sıcaklıkların ve günlük minimum bağıl nemlerin aylık ortalamalarından oluşmaktadır. Geleceğe yönelik dönemlerin belirlenmesinde WMO tarafından (Anonim 2017b) belirtilen en son standart iklim dönemi olan 1961–1990 döneminden sonra gelecek olan 2021–2050, 2051–2080 dönemleri ve yüzyılın geriye kalan kısmı 2081–2099 dönemi dikkate alınmış olup bu dönemler için SNİ hesaplamaları yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Günlük Ortalama Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ) Verilerinin Alansal Dağılımı

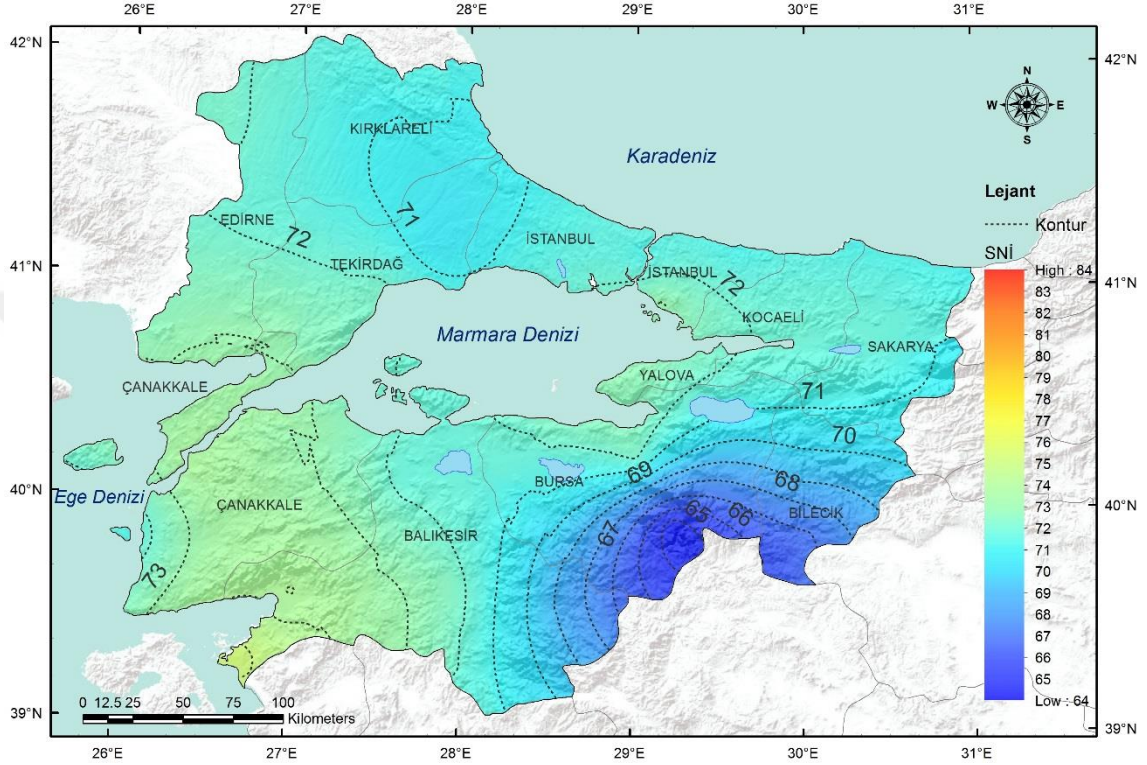
Kriging yöntemi ile enterpolasyon yapılarak hazırlanan haziran ayı ortalama SNİ haritası incelendiğinde Marmara Bölgesi'nin güneydoğu kesimlerinde SNİ değerlerinin en düşük olduğu ($SNİ < 65$), güneybatı kesimlerinde ise en yüksek değerlere ($SNİ > 70$) ulaştığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.1). Trakya'nın batı kesimlerinde ise SNİ değerleri, bölgenin kuzey, doğu ve güneydoğu kesimlerine göre daha yüksek durumdadır. Ayrıca Marmara Denizi'ne kıyılı olan Yalova, Kocaeli ve İstanbul ve Sakarya civarında da SNİ değerlerinin Karadeniz'e kıyılı olan kesimlere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama SNİ haritası

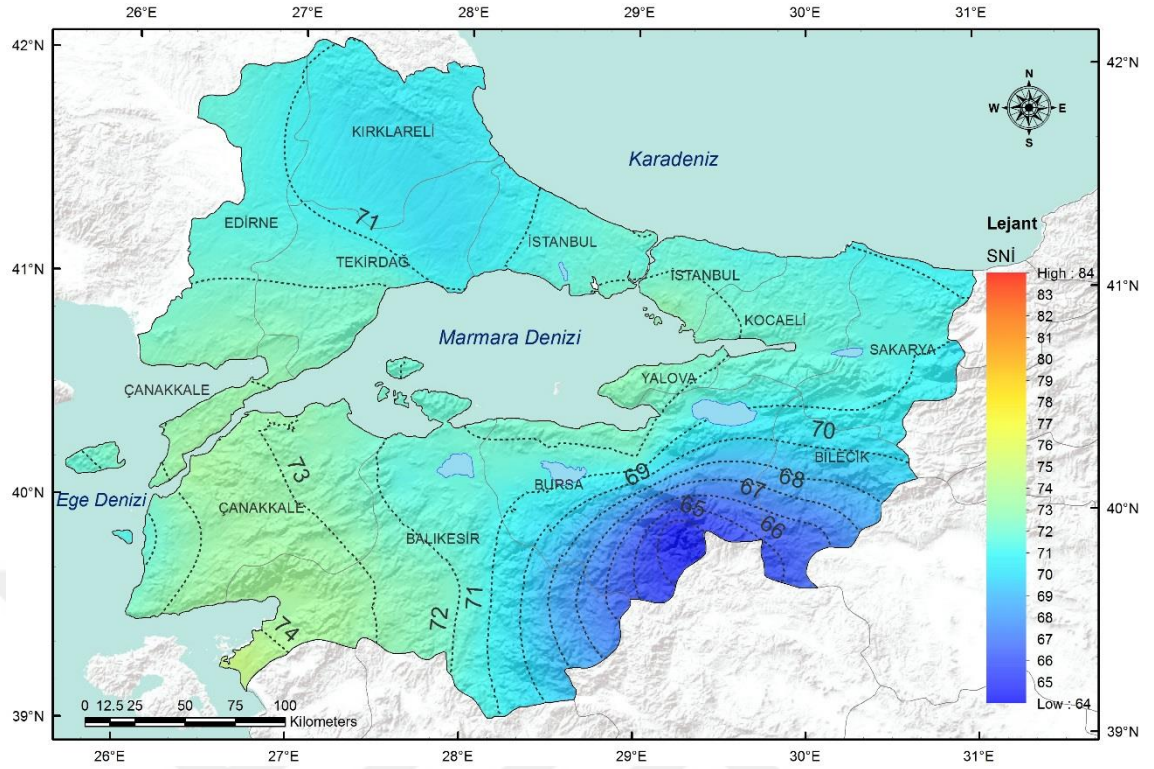
Temmuz ayı ortalama SNİ haritası incelendiğinde, değerlerin en düşük olduğu kesimler bölgenin güneydoğu kesimleri, en yüksek olduğu kesimler ise güneybatı kesimleri olmakla birlikte ($SNİ > 75$) Marmara Denizi'nin doğu kıyılarına yakın bölgelerde de SNİ değerlerinin görece yüksek olduğu ($SNİ = 73$) görülmektedir (Şekil 4.2). Temmuz ayında

ortalama SNİ değerlerinin bölgenin güneydoğu kesimleri hariç stres başlangıcı sayılan eşik değerleri geçtiği, gün içerisinde hava sıcaklığının en yüksek seviyeye çıktığı öğle saatleri ve öğleden sonrası için SNİ değerlerinin daha da artacağı ve kritik seviyelere çıkacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.2. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama SNİ haritası

Ağustos ayı ortalama SNİ haritasında ise temmuz ayına çok benzer bir durum görülmektedir (Şekil 4.3). SNİ değerleri bölgenin güneydoğusunda düşük, güneybatısında 74'ü aşan değerlere ulaşmaktadır. Bölgenin güneydoğu kesimlerinde ise SNİ değerleri 65'lere kadar düşmektedir. Yine temmuz ayında olduğu gibi günlük en yüksek SNİ değerlerine öğle ve öğleden sonra ulaşılacağı ve bu değerlerin kritik seviyelere çıkabileceği ve kritik seviyelerde kalma süresinin uzunluğunun da stres koşullarının etkisini belirlemede önemli rol oynayacağı düşünülmektedir.

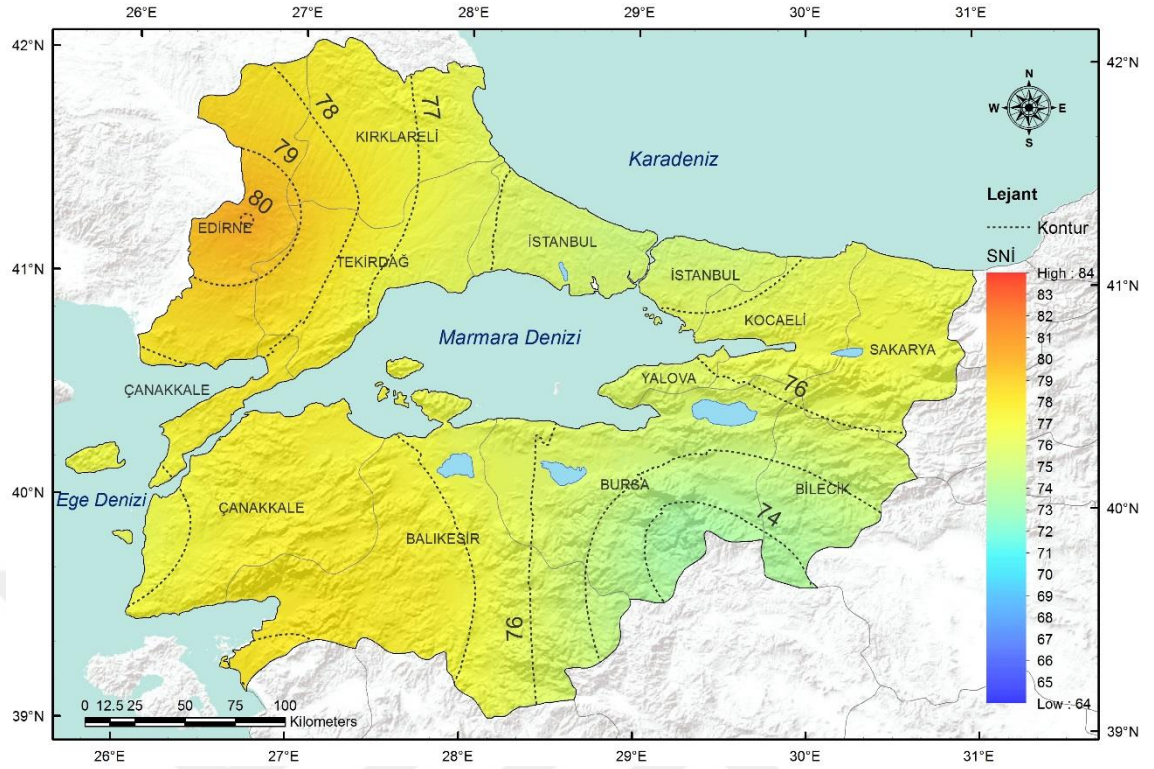


Şekil 4.3. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama SNİ haritası

4.2. Günlük Ortalama Maksimum Sıcaklık-Nem İndeksi (SNİ) Verilerinin Alansal Dağılımı

Haziran ayı için günlük ortalama maksimum SNİ verileri haritasını incelediğimizde en yüksek değerlerin Trakya'nın batısında Edirne bölgesinde ($SNİ=80$) olduğu görülmektedir (Şekil 4.4). SNİ değerlerin en düşük olduğu güneydoğu kesimlerde bile değerlerin stres eşiğinin üzerinde olduğu ($SNİ>73$) anlaşılmaktadır. Sakarya, Balıkesir, Çanakkale ve Trakya'nın genelinde SNİ değerlerinin 76'yı aştığı görülmektedir.

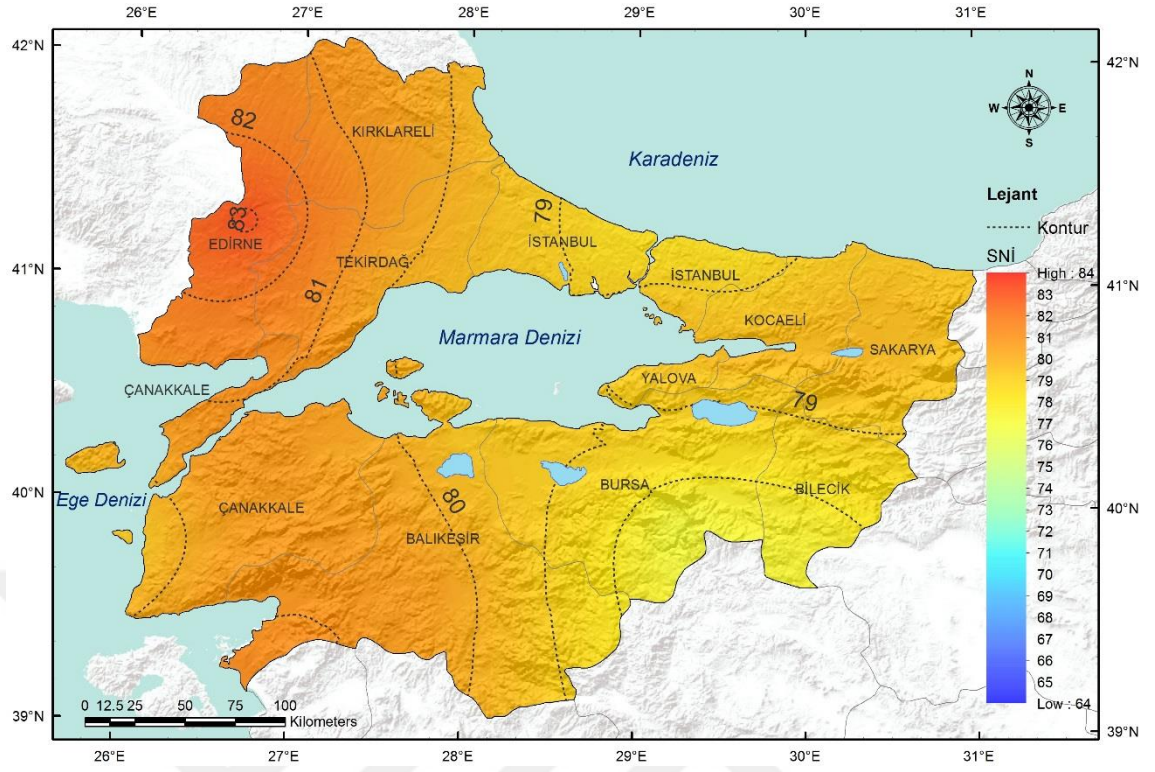
Marmara'nın güneydoğusunda yükseltinin fazla, bağıl nemin düşük olması, İstanbul'un Karadeniz'e kıyı kesimlerinde ise Karadeniz üzerinden esen kuzeyli serin rüzgârlar nedeniyle SNİ değerlerinin görece düşük olduğu düşünülmektedir.



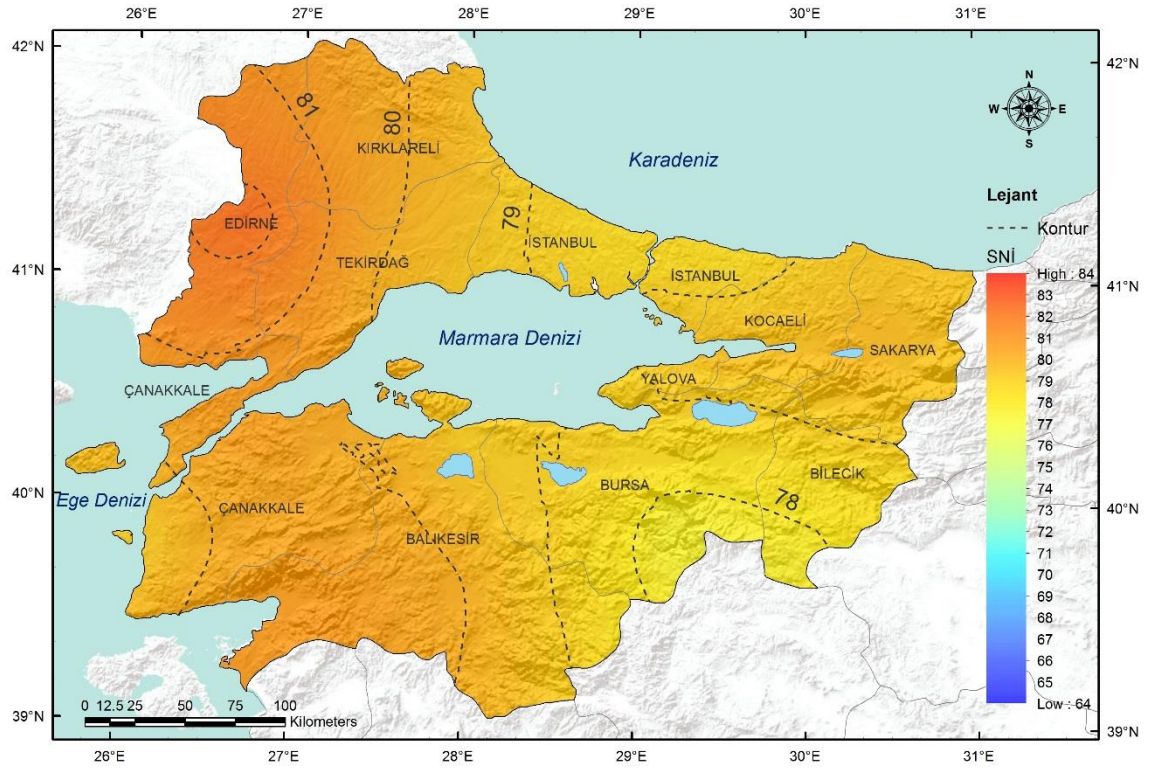
Şekil 4.4. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama maksimum SNI haritası

Temmuz ayı günlük ortalama maksimum SNI haritası incelendiğinde ise SNI değerlerinin en düşük ve en yüksek olduğu bölgelerde haziran ayına göre önemli bir değişiklik olmamakla birlikte Trakya'nın batısında, Edirne'nin iç kesimlerinde değerlerin 83'ün üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 4.5). En düşük değerlerin görüldüğü güneydoğu kesimlerde ise SNI değerlerinin 77 ve üzerinde olduğu anlaşılmaktadır. Yine, Sakarya, Balıkesir, Çanakkale ve Trakya'nın genelinde SNI değerlerinin görece yüksek olduğu ve 79'u aştığı ve Balıkesir ilinin güneybatısında 81'e ulaştığı görülmektedir.

Ağustos ayı SNI haritası temmuz ayı haritasına çok benzemekle birlikte Trakya ve bölgenin güneybatısında değerlerin temmuz ayına göre biraz daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.6). Harita incelendiğinde SNI değerlerinin en yüksek olduğu kesimlerin yine Trakya'nın batısı ($SNI > 81$), en düşük olduğu kesimlerin ise bölgenin güneydoğu kesimleri ($SNI > 77$) olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.5. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama maksimum SNİ haritası



Şekil 4.6. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama maksimum SNİ haritası

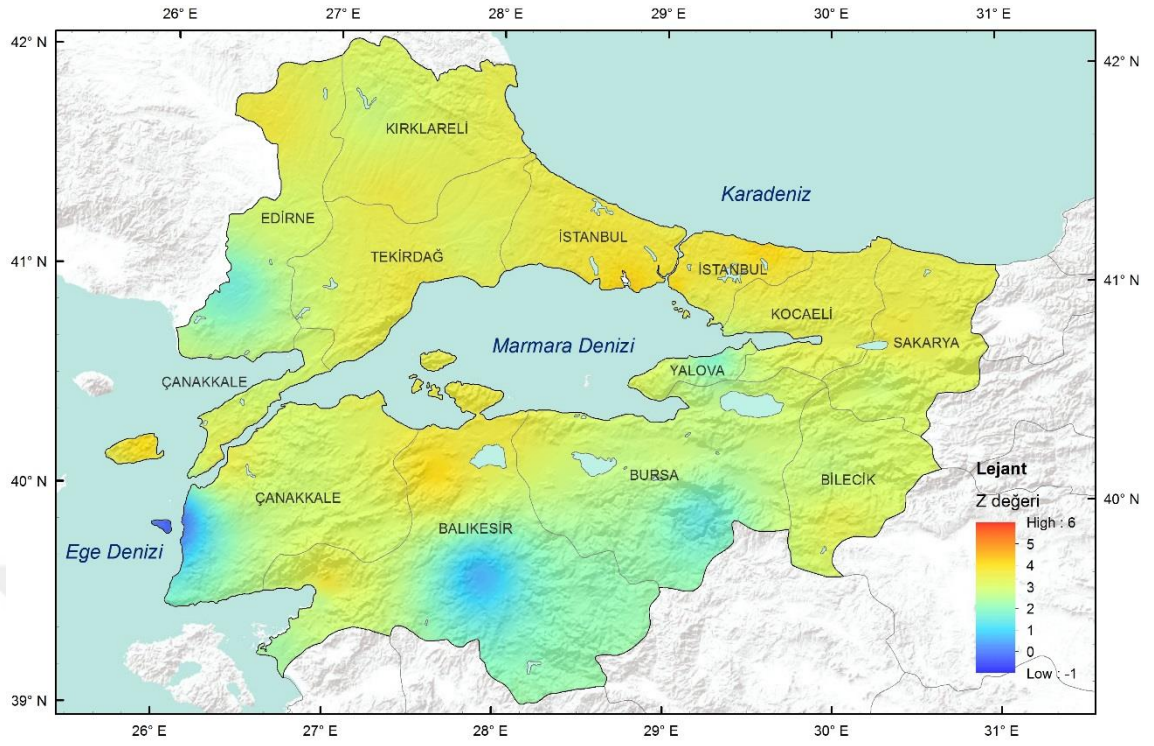
Her üç ay da incelendiğinde maksimum SNİ değerlerinin stres eşiği değerlerini tüm bölge genelinde geçtiği görülmektedir. Özellikle şiddetli stres eşik değeri olan $SNİ > 78$ (Anonim 1971, NOAA 1976) üzerine çıkan bölgelerde ısı stresinin kritik düzeylerde olduğu görülmekte ve bu bölgelerde stres azaltıcı önlemlerin alınmasının gerektiği anlaşılmaktadır.

4.3. Mann-Kendall Eğilim Testine göre Alansal SNİ Değerlendirmesi

Aylık ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinden aylık ortalama SNİ değerleri, günlük ortalama maksimum sıcaklık ve günlük ortalama minimum bağıl nem değerlerinden ise günlük maksimum SNİ değerlerinin aylık ortalaması hesaplanmıştır. Hesaplamalar zaman serisi şeklinde 1974–2013 arası 40 yıllık dönemi kapsamaktadır. Zaman serisi şeklinde elde edilen veri setlerinin eğilimlerini ve önemlilik derecesini belirlemek için Mann-Kendall eğilim testi uygulanmıştır. Uygulama bütün meteoroloji istasyonlarına ait veri setleri ve her ay için ayrı ayrı yapılmış ve alansal dağılımı harita üzerinde gösterilmiştir.

4.3.1. Ortalama SNİ verilerine göre Mann-Kendall eğilim testi değerlendirilmesi

Elde edilen aylık ortalama SNİ ve aylık ortalama maksimum SNİ değerlerinden Mann-Kendall istatistik yöntemi ile eğilim analizi haritaları elde edilmiştir. Bu haritalardan haziran ayı ortalama SNİ eğilim haritası incelendiğinde 1974–2013 yıllar döneminde SNİ değerlerinin en çok İstanbul çevresinde ve Balıkesir ilinin kuzey kesimleri ve batı kesimlerinin bir kısmında artış eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.7). Balıkesir'in iç ve güney kesimleri, Bursa'nın güney kesimleri ile Çanakkale ve Edirne'nin güneybatı kesimlerinde, Yalova çevrelerinde istatistiksel olarak önemli bir azalış veya artış eğilimine rastlanmamıştır.



Şekil 4.7. Haziran ayı ortalama SN1 verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

İstasyon bazında bakıldığında Bozcaada, Yalova, Balıkesir, İpsala ve Keles için istatistiksel olarak önemli bir artış veya azalış eğilimi belirlenmemiştir. Diğer yerlerde ise artış eğilimlerinin, istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde önemli, yüksek düzeyde önemli ve önemli ($\alpha=0,05$, $\alpha=0,01$, $\alpha=0.001$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Genel olarak nüfusun yoğun, kentleşme ve sanayileşmenin yüksek olduğu bölgelerde SN1 değerlerinin artış eğiliminin istatistiksel olarak daha yüksek düzeyde önemliliğe sahip olduğu görülmektedir.

Bölge genelinin ortalama Z değeri ise 3,6 olup, istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde önemliliğe sahiptir.

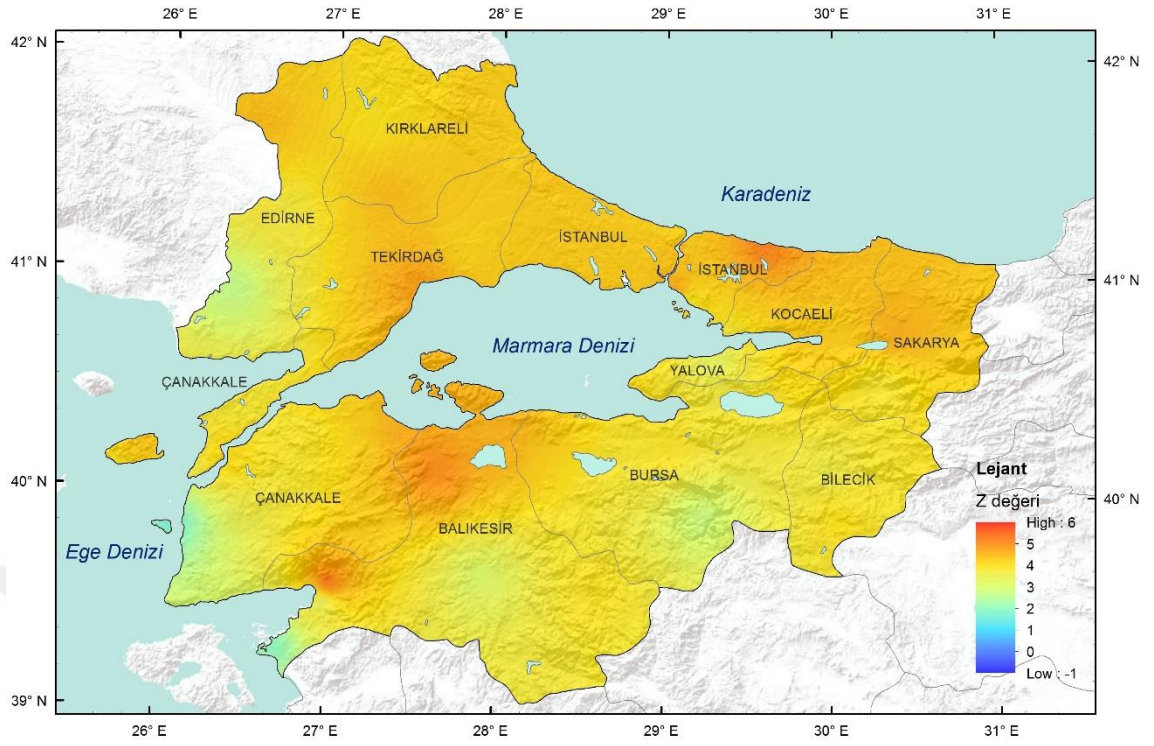
Çizelge 4.1. Haziran ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi

İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	3,69	***	Edremit	1974–2013	40	3,69	***
Kırklareli	1974–2013	40	2,83	**	Balıkesir	1974–2013	40	0,64	
Çorlu	1974–2013	40	3,11	**	Ayvahk	1974–2013	40	2,32	*
Tekirdağ	1974–2013	40	3,62	***	Uzunköprü	1974–2013	40	2,98	**
Kumköy–Kilyos	1974–2013	40	3,47	***	Şile	1974–2013	40	4,15	***
Sarıyer	1974–2013	40	3,79	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	3,58	***
İstanbul–Göztepe	1974–2013	40	4,09	***	İpsala	1974–2013	40	1,61	
Kocaeli	1974–2013	40	3,36	***	Florya	1974–2013	40	4,18	***
Sakarya	1974–2013	40	3,61	***	Kartal	1974–2013	40	3,36	***
Gökçeada	1974–2013	40	4	***	Geyve	1974–2013	40	2,87	**
Bozcaada	1974–2013	40	-0,28		Gönen	1974–2013	40	4,04	***
Çanakkale	1974–2013	40	3,44	***	Keles	1974–2013	40	1,48	
Bandırma	1974–2013	40	3,65	***	Dursunbey	1974–2013	40	2,10	*
Bursa	1974–2013	40	2,81	**	Bozüyük	1974–2013	40	3,34	***
Yalova	1974–2013	40	1,83	+	Burhaniye	1974–2013	40	2,64	**
Bilecik	1974–2013	40	2,74	**	Ortalama	1974–2013	40	3,60	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

Temmuz ayı haritası incelendiğinde ise İstanbul Anadolu yakasının Karadeniz’e kıyı kesimleri ile Balıkesir ve Tekirdağ illerinin Marmara Denizi’ne kıyı kesimlerinde ve Balıkesir’in güneybatısındaki küçük bir bölgede SNİ değerlerinin artış eğiliminin en yüksek seviyede olduğu görülmektedir (Şekil 4.8). Bursa ve Balıkesir’in güneyi ile Edirne ve Çanakkale’nin güneybatı kesimlerinde ise artış eğiliminin diğer yerlere göre daha düşük seviyede olduğu anlaşılmaktadır.

İstasyon bazında eğilim özetlerini incelediğimizde tüm istasyonlara ait verilerden elde edilen SNİ değerlerinde, Bozcaada dışında istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde önemli, yüksek düzeyde önemli ve önemli ($\alpha=0,05$, $\alpha=0,01$, $\alpha=0,001$) artış eğilimi olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).



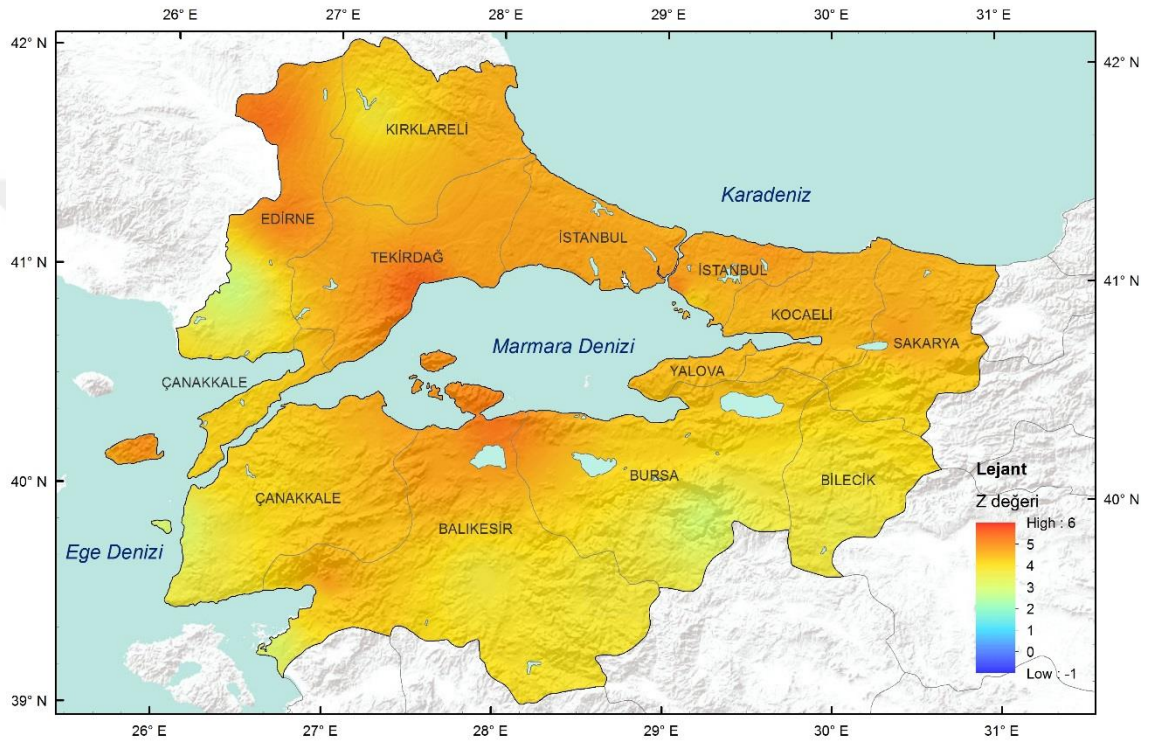
Şekil 4.8. Temmuz ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

Çizelge 4.2. Temmuz ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi

İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	4,44	***	Edremit	1974–2013	40	5,18	***
Kırklareli	1974–2013	40	3,97	***	Balıkesir	1974–2013	40	3,11	**
Çorlu	1974–2013	40	4,14	***	Ayvahk	1974–2013	40	2,02	*
Tekirdağ	1974–2013	40	4,74	***	Üzünköprü	1974–2013	40	3,74	***
Kumköy-Kilyos	1974–2013	40	4,09	***	Şile	1974–2013	40	5,18	***
Sarıyer	1974–2013	40	4,37	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	4,43	***
İstanbul-Göztepe	1974–2013	40	4,63	***	İpsala	1974–2013	40	2,69	**
Kocaeli	1974–2013	40	4,30	***	Florya	1974–2013	40	4,25	***
Sakarya	1974–2013	40	4,60	***	Kartal	1974–2013	40	3,94	***
Gökçeada	1974–2013	40	4,32	***	Geyve	1974–2013	40	3,81	***
Bozcaada	1974–2013	40	1,76	+	Gönen	1974–2013	40	4,97	***
Çanakkale	1974–2013	40	4,09	***	Keles	1974–2013	40	2,83	**
Bandırma	1974–2013	40	4,58	***	Dursunbey	1974–2013	40	3,93	***
Bursa	1974–2013	40	3,93	***	Bozüyük	1974–2013	40	4,00	***
Yalova	1974–2013	40	3,25	**	Burhaniye	1974–2013	40	3,44	***
Bilecik	1974–2013	40	3,62	***	Ortalama	1974–2013	40	4,53	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

Ağustos ayı ortalama SNİ eğilim haritasında ise artış eğilimlerinin yüksek olduğu, Z değerinin 2,8 ile 5,5 arasında değiştiği ve en yüksek artış eğiliminin Edirne'nin kuzeybatısı ile Balıkesir'in ve Tekirdağ'ın Marmara Denizi'ne yakın kesimlerinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.9). Bölgenin güneybatı kesimleri ile güneydoğu kesimleri ve Edirne'nin güneybatısında ise artış eğilimi önemli seviyede olmasına rağmen diğer bölgelere göre daha düşük seviyededir.



Şekil 4.9. Ağustos ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

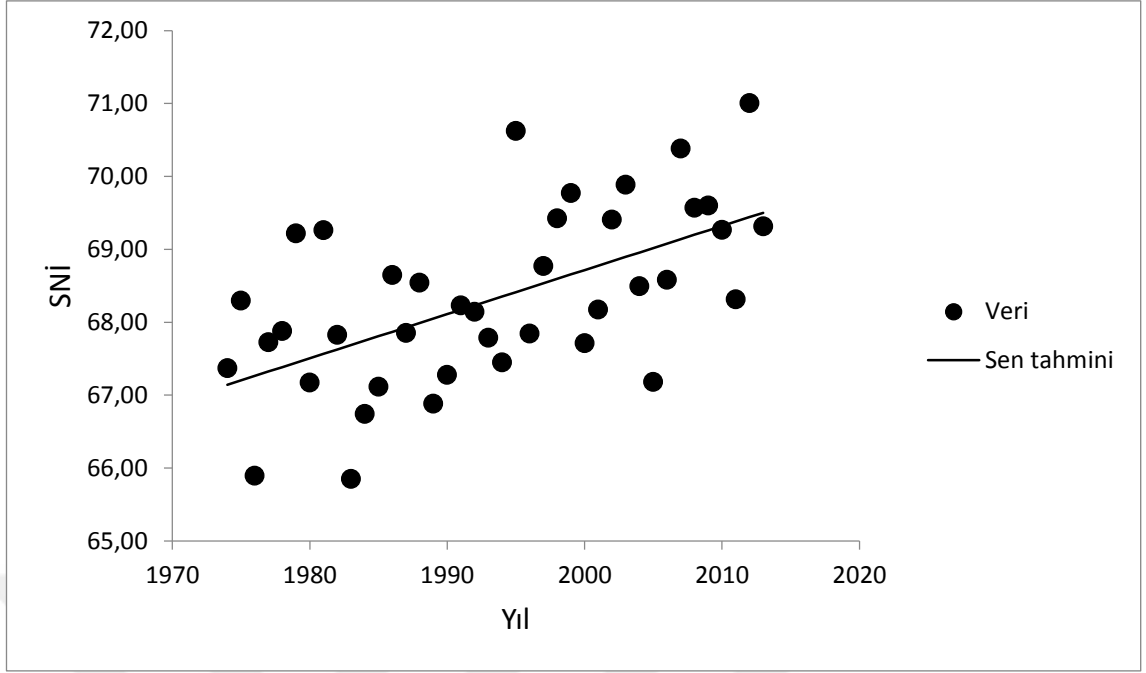
Çizelge 4.3 incelendiğinde ise istasyon bazında tüm istasyonlardaki SNİ değerlerindeki artışın istatistiksel olarak çok yüksek ve yüksek düzeyde önemliliğe ($\alpha=0,001$, $\alpha=0,01$) sahip olduğu görülmektedir. En yüksek Z değerine 5,3 ile Edirne sahip olup, istatistiksel olarak önemli düzeyde artış olmasına rağmen artışın en düşük olduğu yer ise 2.84 Z değeri ile İpsala'dır. Bölgenin ortalama Z değeri ise 4.79 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Ağustos ayı ortalama SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi

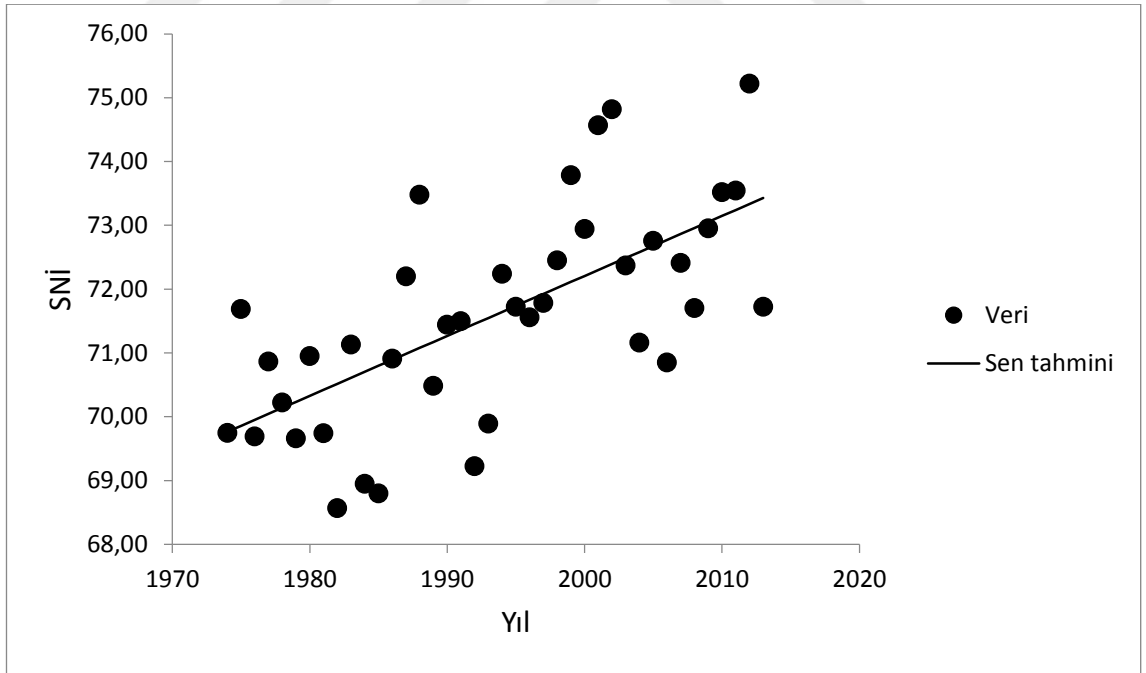
İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	5,30	***	Edremit	1974–2013	40	4,72	***
Kırklareli	1974–2013	40	3,82	***	Bahkesir	1974–2013	40	3,74	***
Çorlu	1974–2013	40	4,68	***	Ayvahk	1974–2013	40	3,11	**
Tekirdağ	1974–2013	40	5,46	***	Uzunköprü	1974–2013	40	5,11	***
Kumköy-Kilyos	1974–2013	40	4,53	***	Şile	1974–2013	40	4,87	***
Sarıyer	1974–2013	40	4,77	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	4,37	***
İstanbul-Göztepe	1974–2013	40	5,07	***	İpsala	1974–2013	40	2,84	**
Kocaeli	1974–2013	40	4,46	***	Florya	1974–2013	40	4,66	***
Sakarya	1974–2013	40	4,72	***	Kartal	1974–2013	40	4,13	***
Gökçeada	1974–2013	40	4,95	***	Geyve	1974–2013	40	4,00	***
Bozcaada	1974–2013	40	2,97	**	Gönen	1974–2013	40	4,72	***
Çanakkale	1974–2013	40	4,16	***	Keles	1974–2013	40	2,95	**
Bandırma	1974–2013	40	5,25	***	Dursunbey	1974–2013	40	3,76	***
Bursa	1974–2013	40	4,17	***	Bozüyük	1974–2013	40	3,60	***
Yalova	1974–2013	40	4,43	***	Burhaniye	1974–2013	40	4,14	***
Bilecik	1974–2013	40	3,83	***	Ortalama	1974–2013	40	4,79	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

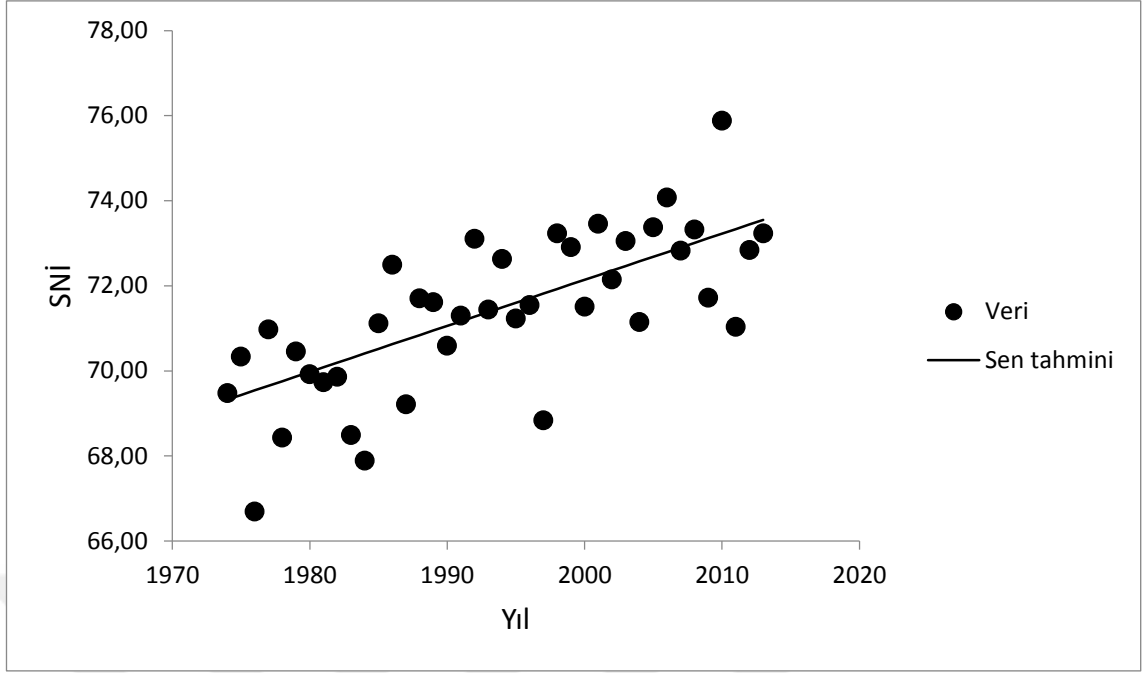
Marmara Bölgesi bir bütün olarak ele alınarak, bölge genel ortalama SNİ değerleri için de Mann-Kendall eğilim testleri yapılmıştır. Zaman serisi grafiği şeklinde elde edilen test sonuçları incelendiğinde, Marmara Bölgesi ortalama SNİ değerlerinin, her üç ay için de (haziran, temmuz, ağustos) istatistiksel olarak çok yüksek önemlilik düzeyinde ($\alpha=0,001$) artış eğilimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12).



Şekil 4.10. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama SNİ eğilimi



Şekil 4.11. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama SNİ eğilimi

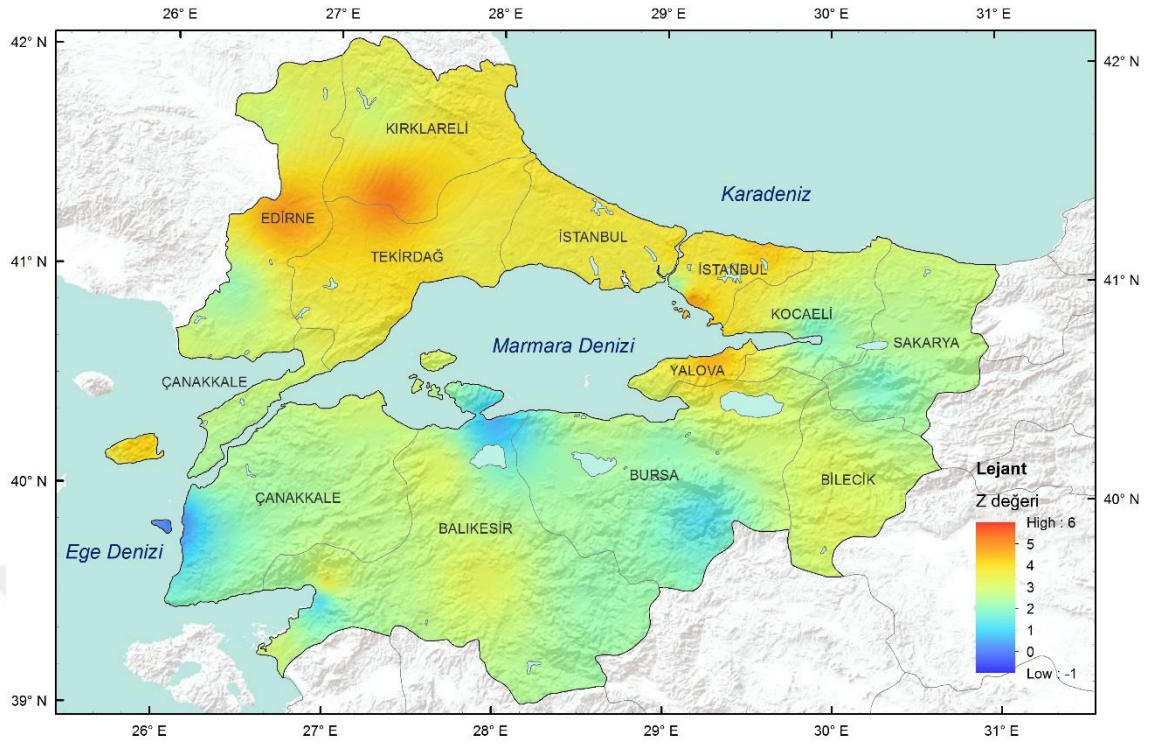


Şekil 4.12. Marmara Bölgesi ağustos ayı ortalama SNİ eğilimi

4.3.2. Maksimum SNİ verilerine göre Mann-Kendall eğilim testi değerlendirmesi

Günlük ortalama maksimum SNİ değerlerine göre eğilim haritaları incelendiğinde haziran ayı için en yüksek artış eğiliminin olduğu bölgelerin İstanbul Anadolu yakası, Yalova çevresi ile Trakya'nın iç kesimleri olduğu görülmektedir (Şekil 4.13). Bursa'nın güneyi, Çanakkale'nin güneybatısı, Bozcaada ve Erdek civarının ise artış eğilimlerinin en düşük düzeyde olduğu veya artış ya da azalış eğiliminin olmadığı bölgeler olduğu görülmektedir.

Meteoroloji istasyonlarının ayrı ayrı 1974–2013 yılları arası günlük ortalama maksimum SNİ eğilim testi sonuçlarına baktığımızda haziran ayı için Kocaeli, Bozcaada, Bandırma, Geyve, Keles, Dursunbey ve Burhaniye'de istatistiksel olarak önemli artış veya azalış eğilimine rastlanmamıştır. Diğer tüm istasyonlarda ise çok yüksek düzeyde önemli, yüksek düzeyde önemli ve önemli ($\alpha=0,001$, $\alpha=0,01$, $\alpha=0,05$) artış eğilimleri belirlenmiştir (Çizelge 4.4).



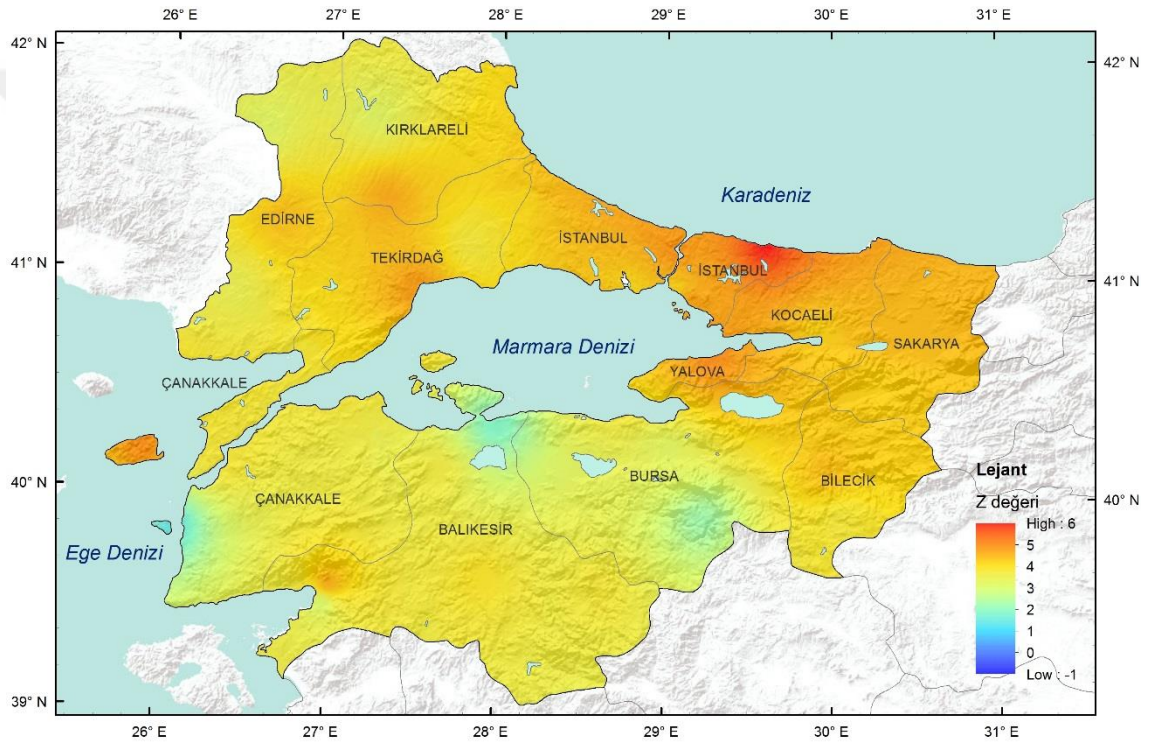
Şekil 4.13. Haziran ayı ortalama maksimum SNI verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

Çizelge 4.4. Haziran ayı ortalama maksimum SNI Mann-Kendall eğilim testi

İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	2,87	**	Edremit	1974–2013	40	3,38	***
Kırklareli	1974–2013	40	2,93	**	Balıkesir	1974–2013	40	3,28	**
Çorlu	1974–2013	40	3,49	***	Ayvalık	1974–2013	40	2,87	**
Tekirdağ	1974–2013	40	3,98	***	Uzunköprü	1974–2013	40	4,91	***
Kumköy-Kilyos	1974–2013	40	3,71	***	Şile	1974–2013	40	4,34	***
Sarıyer	1974–2013	40	4,01	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	5,22	***
İstanbul-Göztepe	1974–2013	40	2,14	*	İpsala	1974–2013	40	2,22	*
Kocaeli	1974–2013	40	1,84	+	Florya	1974–2013	40	3,70	***
Sakarya	1974–2013	40	2,56	*	Kartal	1974–2013	40	4,80	***
Gökçeada	1974–2013	40	4,19	***	Geyve	1974–2013	40	1,83	+
Bozcaada	1974–2013	40	0,08		Gönen	1974–2013	40	3,12	**
Çanakkale	1974–2013	40	2,44	*	Keles	1974–2013	40	1,26	
Bandırma	1974–2013	40	0,67		Dursunbey	1974–2013	40	2,17	*
Bursa	1974–2013	40	2,06	*	Bozüyük	1974–2013	40	3,25	**
Yalova	1974–2013	40	4,59	***	Burhaniye	1974–2013	40	1,25	
Bilecik	1974–2013	40	3,15	**	Ortalama	1974–2013	40	4,28	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

Temmuz ayı incelendiğinde ise hemen hemen tüm bölgede SNİ değerlerinin, istatistiksel olarak önemli düzeyde artış eğiliminde olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.14). En yüksek artışlar ise İstanbul Anadolu yakası ile Yalova çevrelerinde görülmektedir. Ayrıca Sakarya bölgesinde, Trakya'nın iç kesimlerinde, Bilecik ve Gökçeada bölgelerinde ve Balıkesir'in güneybatısında da artışların görece yüksek olduğu görülmektedir. Harita incelendiğinde Bursa'nın güneyinde, Balıkesir'in kuzey kesimleri ile Çanakkale'nin güneybatı kıyı kesimlerinde artışların görece düşük olduğu ve istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4.14. Temmuz ayı ortalama maksimum SNİ verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

Meteorolojik istasyon bazında Çizelge 4.5'i incelediğimizde, Bozcaada ve Bandırma'da istatistiksel olarak önemli düzeyde artış veya azalış eğilimi tespit edilmezken diğer tüm istasyon verilerinde çok yüksek düzeyde önemli, yüksek düzeyde önemli ve önemli ($\alpha=0,001$, $\alpha=0.01$, $\alpha=0,05$) artış eğilimleri belirlenmiştir.

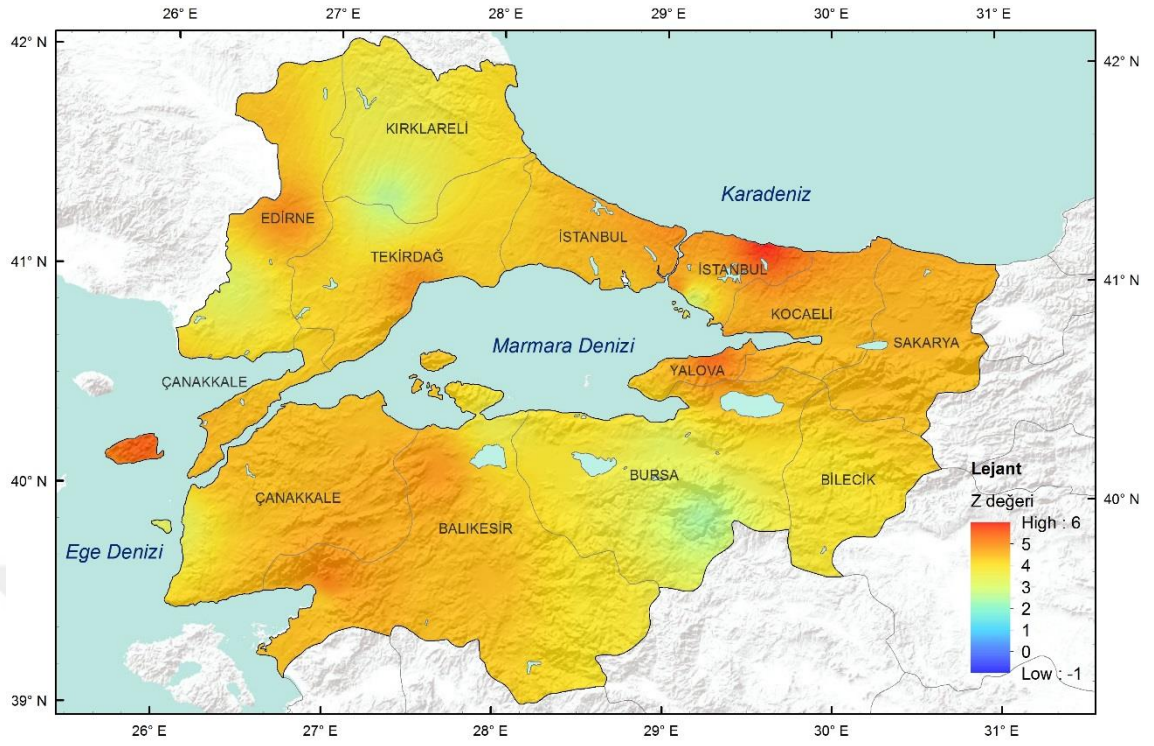
Çizelge 4.5. Temmuz ayı ortalama maksimum SNİ Mann-Kendall eğilim testi

İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	3,21	**	Edremit	1974–2013	40	4,58	***
Kırklareli	1974–2013	40	3,22	**	Balıkesir	1974–2013	40	3,92	***
Çorlu	1974–2013	40	3,74	***	Ayvalık	1974–2013	40	3,57	***
Tekirdağ	1974–2013	40	4,79	***	Uzunköprü	1974–2013	40	4,40	***
Kumköy-Kilyos	1974–2013	40	4,82	***	Şile	1974–2013	40	6,02	***
Sarıyer	1974–2013	40	4,93	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	4,64	***
İstanbul-Göztepe	1974–2013	40	4,15	***	İpsala	1974–2013	40	3,45	***
Kocaeli	1974–2013	40	4,21	***	Florya	1974–2013	40	4,11	***
Sakarya	1974–2013	40	4,44	***	Kartal	1974–2013	40	4,73	***
Gökçeada	1974–2013	40	4,98	***	Geyve	1974–2013	40	4,15	***
Bozcaada	1974–2013	40	1,39		Gönen	1974–2013	40	3,64	***
Çanakkale	1974–2013	40	3,79	***	Keles	1974–2013	40	2,23	*
Bandırma	1974–2013	40	1,87	+	Dursunbey	1974–2013	40	3,74	***
Bursa	1974–2013	40	3,23	**	Bozüyük	1974–2013	40	3,75	***
Yalova	1974–2013	40	5,04	***	Burhaniye	1974–2013	40	3,06	**
Bilecik	1974–2013	40	4,40	***	Ortalama	1974–2013	40	4,72	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

Ağustos ayı SNİ eğilim haritasında en yüksek artışların İstanbul Anadolu yakasının Karadeniz'e kıyı kesimleriyle, Gökçeada ve Yalova bölgesinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.15). Ayrıca Edirne merkezde, Tekirdağ'ın güney kesimlerinde, Sakarya bölgesinde, Çanakkale ile Balıkesir sınırında yer alan bölgede artışların yüksek olduğu belirlenmiştir. Artış eğilimlerinin görece düşük olduğu bölgeler ise Bursa'nın iç ve güney kesimleri ile Kırklareli bölgesi olduğu görülmektedir.

İstasyonların uzun yıllar verilerine göre ağustos ayı için aylık ortalama maksimum SNİ eğilim testlerine baktığımızda tüm bölgelerde istatistiksel olarak çok yüksek düzeyde önemli, yüksek düzeyde önemli ve önemli ($\alpha=0,001$, $\alpha=0,01$, $\alpha=0,05$) artış eğiliminin olduğu anlaşılmaktadır (Çizelge 4.6).



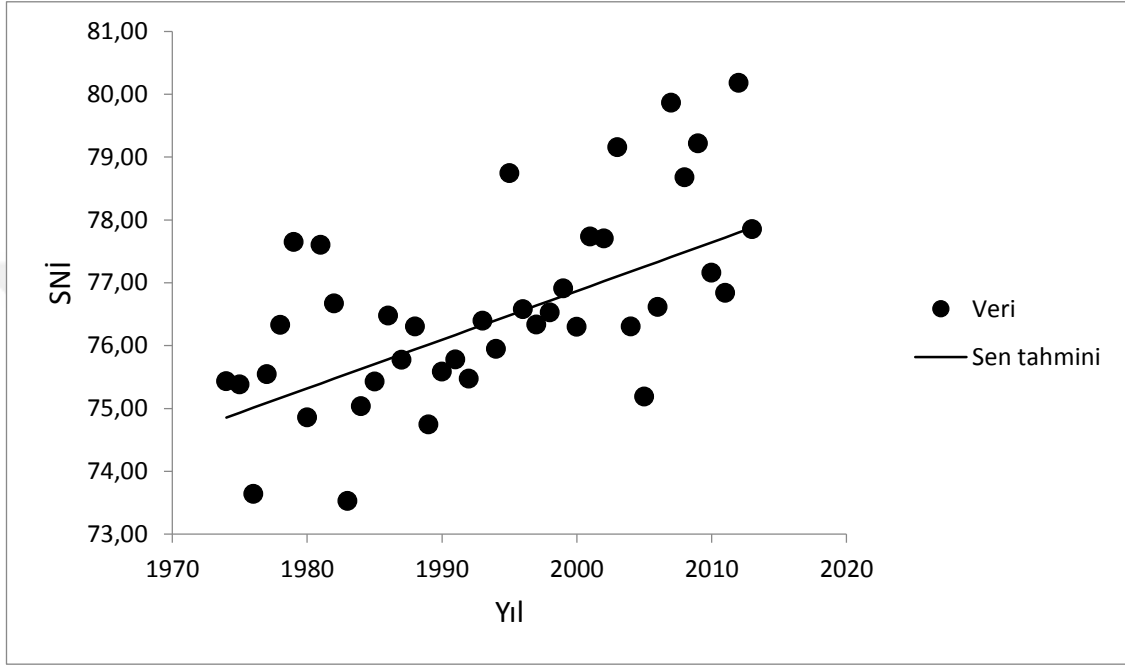
Şekil 4.15. Ağustos ayı ortalama maksimum SN1 verileri için Mann-Kendall eğilim testi haritası

Çizelge 4.6. Ağustos ayı ortalama maksimum SN1 Mann-Kendall eğilim testi

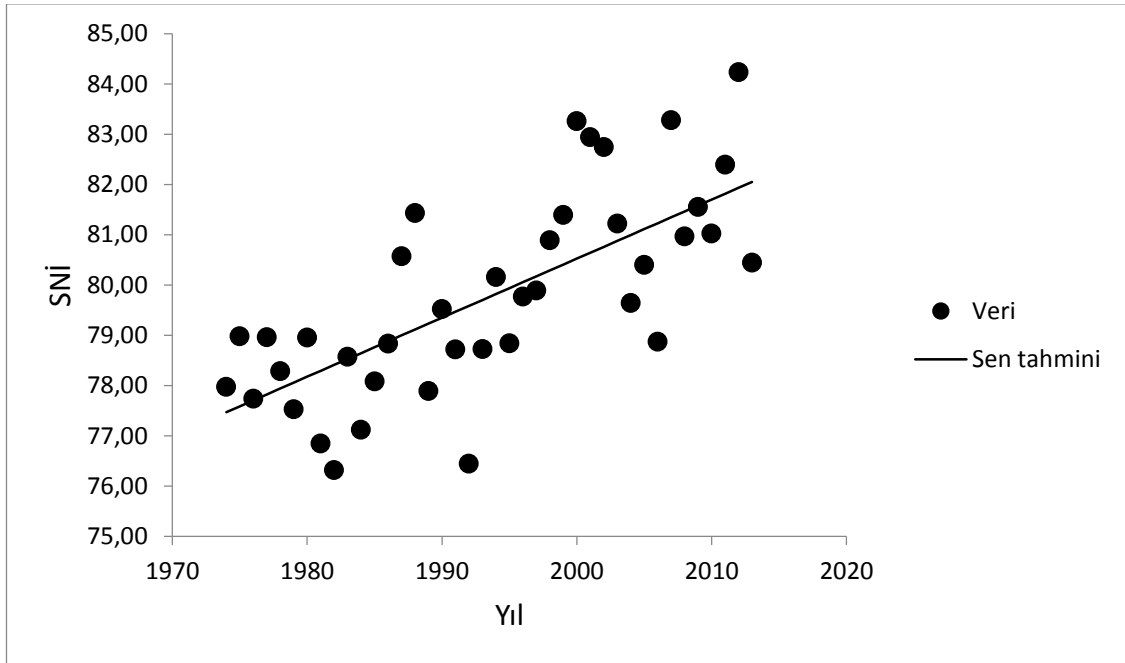
İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik	İstasyonlar	Dönem	n	Z testi	Önemlilik
Edirne	1974–2013	40	4,38	***	Edremit	1974–2013	40	5,10	***
Kırklareli	1974–2013	40	3,56	***	Balıkesir	1974–2013	40	4,48	***
Çorlu	1974–2013	40	4,16	***	Ayvalık	1974–2013	40	4,39	***
Tekirdağ	1974–2013	40	4,88	***	Uzunköprü	1974–2013	40	5,02	***
Kumköy-Kilyos	1974–2013	40	5,08	***	Şile	1974–2013	40	5,98	***
Sarıyer	1974–2013	40	4,80	***	Lüleburgaz	1974–2013	40	2,60	**
İstanbul-Göztepe	1974–2013	40	4,92	***	İpsala	1974–2013	40	3,23	**
Kocaeli	1974–2013	40	4,40	***	Florya	1974–2013	40	4,29	***
Sakarya	1974–2013	40	4,50	***	Kartal	1974–2013	40	3,02	**
Gökçeada	1974–2013	40	5,52	***	Geyve	1974–2013	40	4,49	***
Bozcaada	1974–2013	40	3,25	**	Gönen	1974–2013	40	4,85	***
Çanakkale	1974–2013	40	4,44	***	Keles	1974–2013	40	2,45	*
Bandırma	1974–2013	40	3,59	***	Dursunbey	1974–2013	40	3,93	***
Bursa	1974–2013	40	3,29	**	Bozüyük	1974–2013	40	3,93	***
Yalova	1974–2013	40	5,45	***	Burhaniye	1974–2013	40	4,26	***
Bilecik	1974–2013	40	3,91	***	Ortalama	1974–2013	40	4,84	***

*** ($\alpha=0,001$), ** ($\alpha=0,01$), * ($\alpha=0,05$), + ($\alpha=0,1$)

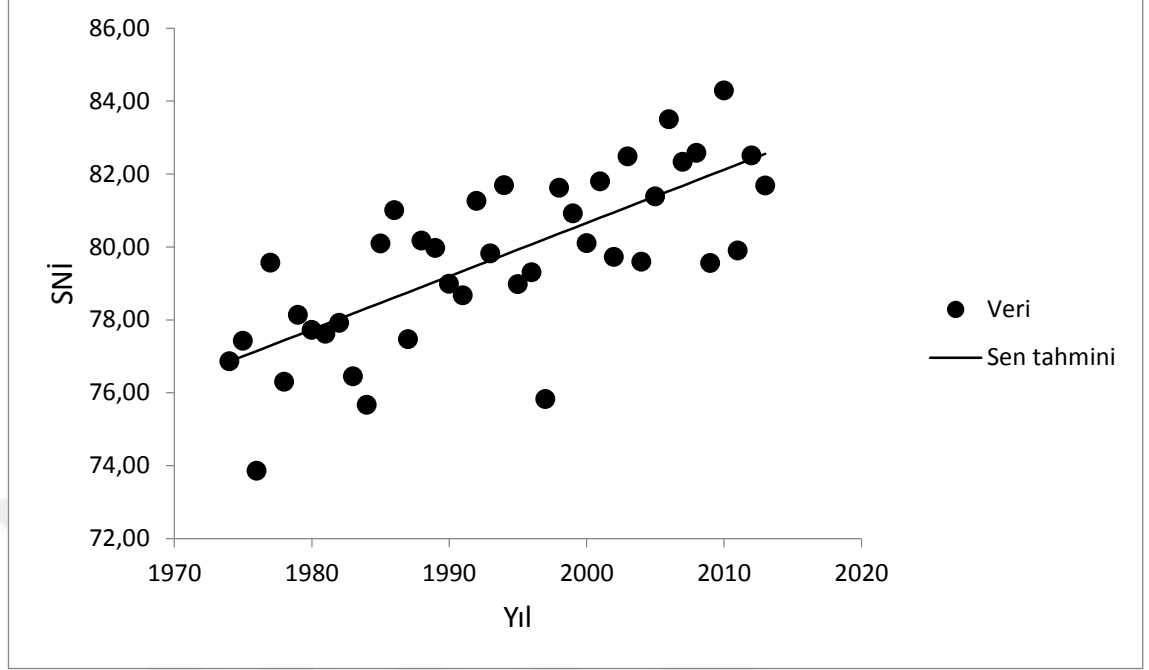
Mann-Kendall eğilim testleri Marmara Bölgesi'nin ortalama maksimum SNI değerleri için de yapılmıştır. Test sonuçları incelendiğinde Marmara Bölgesi ortalamasına göre de ortalama maksimum SNI değerlerinin her üç ay için de çok yüksek önemlilikte ($\alpha=0,001$) artış eğilimine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18).



Şekil 4.16. Marmara Bölgesi haziran ayı ortalama günlük maksimum SNI eğilimi



Şekil 4.17. Marmara Bölgesi temmuz ayı ortalama günlük maksimum SNI eğilimi

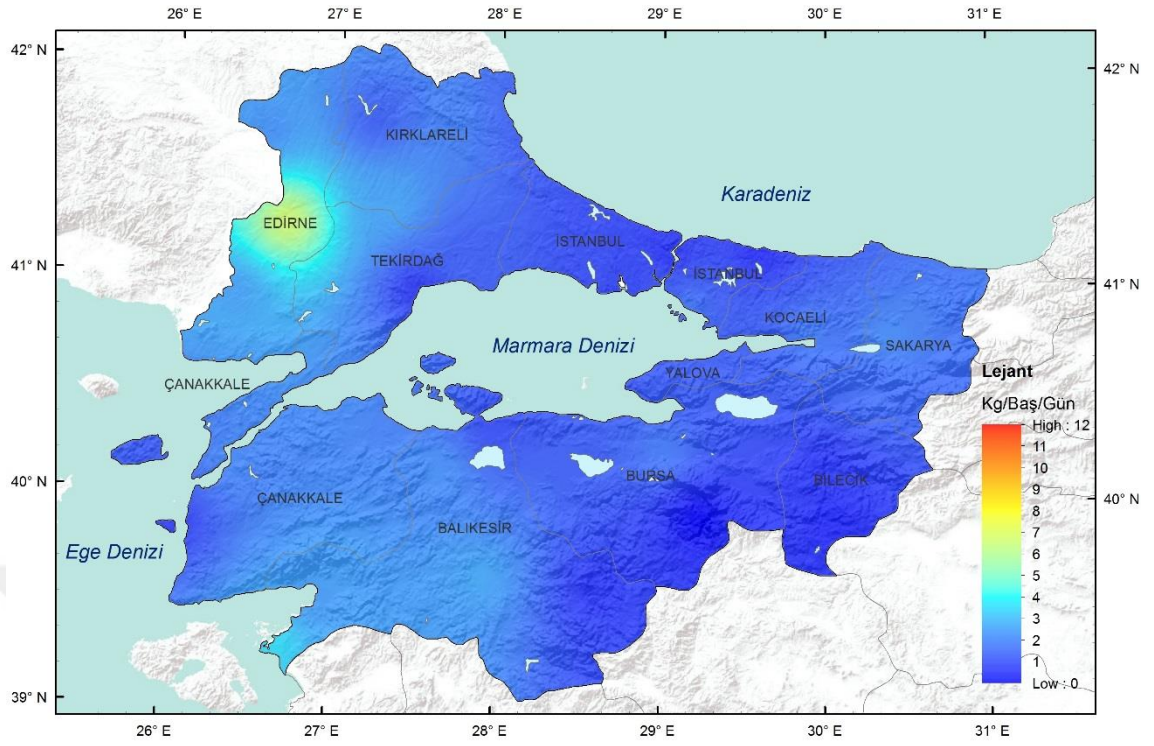


Şekil 4.18. Marmara Bölgesi ağustos ayı günlük ortalama maksimum SNI eğilimi

4.4. Isı Stresine Bağlı Süt Verimlerindeki Kayıpların Değerlendirilmesi

Süt sığırlarında ısı stresine bağlı olarak yem tüketimi ve süt veriminde azalmalar meydana gelmektedir. Süt verimindeki azalmaları hesaplamak için St-Pierre ve ark. (2003) tarafından kullanılan, sıcaklık nem-indeksine dayalı eşitlik ile hesaplanan değerler, haritalar üzerinde alansal enterpolasyon yapılarak gösterilmiştir. Meteorolojik verilerin elde edildiği tüm istasyonlar için hesaplanan bu değerler Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Haziran ayında süt sığırı başına süt verimindeki kayıpların Marmara Bölgesi’nin güneydoğusunda en az, kuzeybatısında ve güneybatısında ise en fazla olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle Edirne ili çevresinde kayıplar sığır başına günlük 6 kg’ın üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.19).

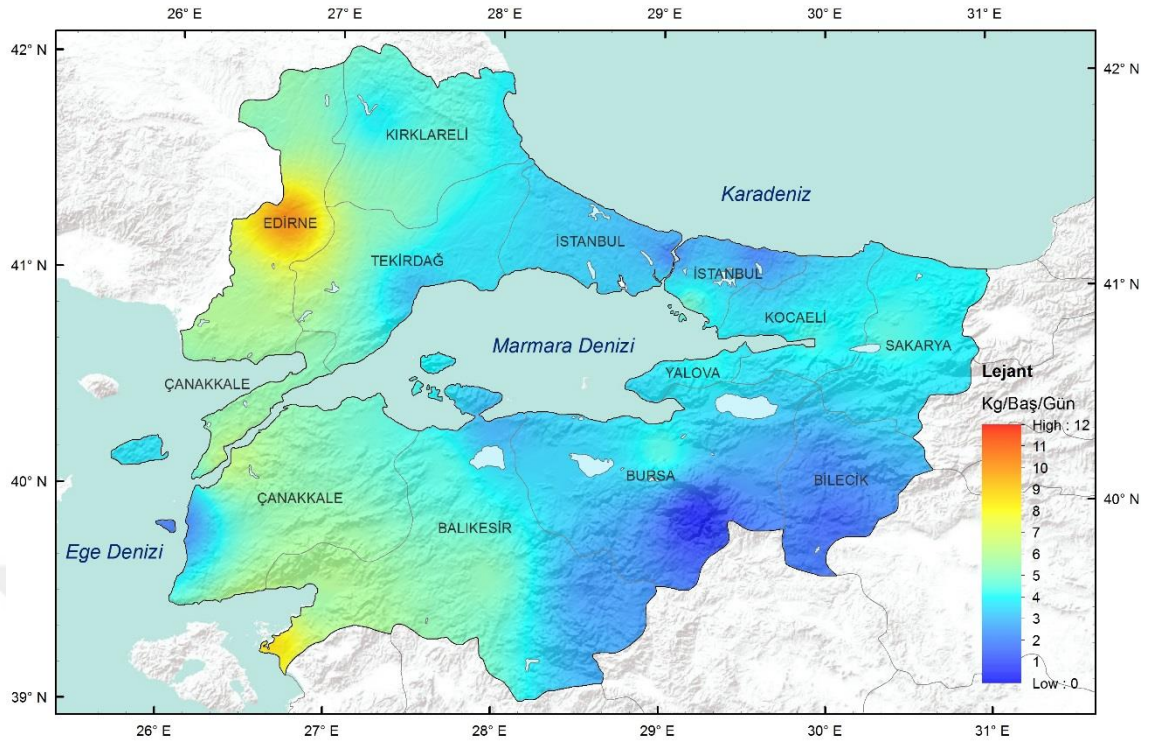


Şekil 4.19. Haziran ayı ısı stresine bağlı süt verimindeki kayıpların alansal dağılımı

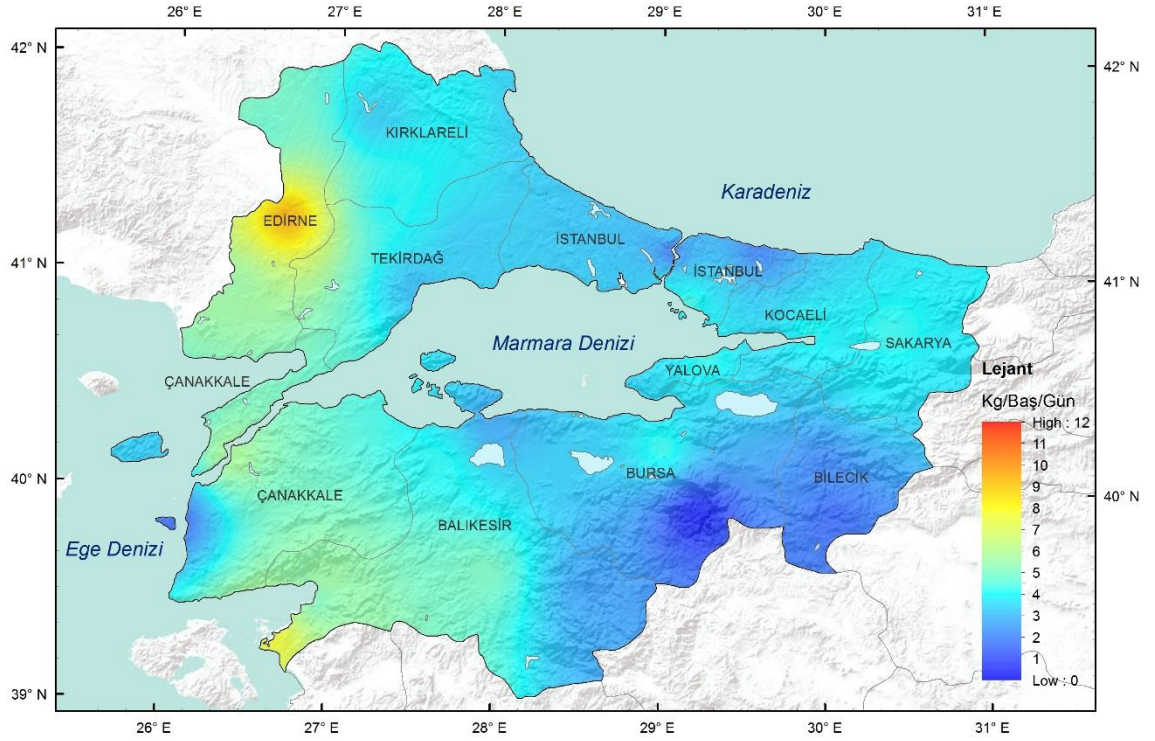
En çok etkilenen illerin Edirne, Balıkesir ve Çanakkale olduğu ve kısmen de Kırklareli, Tekirdağ ve Sakarya illerinin olduğu anlaşılmaktadır.

Temmuz ayında ise sığır başına süt verimi kayıplarının, sığır başına günlük 10 kg'ı geçtiği görülmektedir (Şekil 4.20). En düşük kayıpların SNİ değerlerinin daha düşük olduğu Marmara Bölgesi'nin güneydoğusu, Bursa, Bilecik bölgeleri ile İstanbul'un kuzey kısımları olduğu anlaşılmaktadır. En fazla etkilenen bölgeler ise yine Edirne, Balıkesir, Çanakkale bölgeleri olup Kırklareli, Tekirdağ ve Sakarya çevreleri de önemli ölçüde etkilenmektedir.

Ağustos ayı değerlendirmesinde ise temmuz ayına benzer bir durum gözlenmektedir (Şekil 4.21). Görece çok az da olsa temmuz ayına göre kayıplar daha az olmakla birlikte Edirne civarında sığır başına günlük 9 kg'ı geçmektedir. Bursa'nın güney kesimlerinde ve Bilecik civarında yükseltinin fazla, sıcaklık ve bağıl nem ortalamasının görece düşük olması, İstanbul'da ise kuzeyli serin rüzgârların hâkim olması ısı stresini azaltıcı faktörlerdir.



Şekil 4.20. Temmuz ayı ısı stresine bağlı süt verimlerindeki kayıpların alansal dağılımı



Şekil 4.21. Ağustos ayı ısı stresine bağlı süt verimlerindeki kayıpların alansal dağılımı

Çizelge 4.7. Isı stresine bağlı süt verimindeki azalmalar

Sıra no	Meteoroloji istasyon no	Meteoroloji istasyon adı	Süt kaybı (kg/baş/gün)		
			Haziran	Temmuz	Ağustos
1	17050	Edirne	2,20	5,18	4,76
2	17052	Kırklareli	1,30	3,91	3,39
3	17054	Çorlu	1,26	3,62	3,27
4	17056	Tekirdağ	0,62	3,10	3,09
5	17059	Kumköy-Kilyos	0,62	2,85	3,19
6	17061	Sarıyer	0,42	1,97	2,05
7	17062	İstanbul-Göztepe	1,18	3,82	3,78
8	17066	Kocaeli	1,81	4,27	4,08
9	17069	Sakarya	2,07	4,44	4,20
10	17110	Gökçeada	1,20	3,65	3,31
11	17111	Bozcaada	0,66	1,82	1,62
12	17112	Çanakkale	2,02	6,28	5,80
13	17114	Bandırma	0,94	2,86	2,73
14	17116	Bursa	1,78	4,40	4,21
15	17119	Yalova	1,29	4,16	4,19
16	17120	Bilecik	0,48	2,05	2,09
17	17145	Edremit	2,47	5,94	5,57
18	17150	Balıkesir	2,60	5,24	4,99
19	17175	Ayvalık	3,58	8,46	7,62
20	17608	Uzunköprü	6,66	10,23	9,39
21	17610	Şile	0,34	1,97	2,00
22	17631	Lüleburgaz	2,57	5,13	4,02
23	17632	İpsala	2,50	5,90	5,55
24	17636	Florya	0,75	3,23	3,20
25	17638	Kartal	1,75	4,84	4,32
26	17662	Geyve	1,57	3,73	3,91
27	17674	Gönen	2,17	4,48	4,13
28	17695	Keles	0,00	0,33	0,42
29	17700	Dursunbey	0,58	2,42	2,53
30	17702	Bozüyük	0,25	1,42	1,55
31	17722	Burhaniye	2,35	5,58	5,14
Ortalama			1,61	4,11	3,87

4.5. Geleceğe Yönelik SNİ Projeksiyonları

Küresel ve bölgesel iklim modelleri ile geleceğe yönelik oluşturulan projeksiyonlardan elde edilen sıcaklık ve bağıl nem verileri ile her bir grid noktası için haziran, temmuz ve ağustos ayları için hesaplanan SNİ değerleri, 2021–2050, 2051–2080 ve 2081–2099 dönemleri için harita üzerinde enterpolasyon yapılarak gösterilmiştir.

Ayrıca çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarına en yakın grid noktaları seçilmiş ve bu grid noktalarına ait projeksiyon verileri ile 1981–2010 iklim normali dönemine ait SNİ verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır (Çizelge 4.8, 4.9, 5.0, 5.1, 5.2, 5.3). Bunun için 1981–2010 referans dönemi için günlük ortalama ve günlük ortalama maksimum SNİ verilerinin aylık ortalamaları hesaplanmış ve yine aynı şekilde projeksiyona ait üç dönem (2021–2050, 2051–2080, 2081–2099) için SNİ verileri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-haziran ayı

Haziran	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	69,7	70,4	70,9	71,5	73,3	72,0	75,1
Bilecik	66,1	67,5	68,3	69,0	70,6	69,3	72,6
Bursa	69,2	68,5	69,1	69,8	71,5	70,2	73,4
Çanakkale	70,3	70,5	70,8	71,5	73,4	72,1	75,2
Edirne	69,5	72,0	72,2	73,0	74,7	73,5	76,6
İst-Kartal	69,7	68,5	69,0	69,6	71,3	70,1	73,2
İst-Sarıyer	67,4	70,4	71,0	70,4	72,5	71,0	74,3
Kırklareli	68,4	69,9	70,3	71,1	72,7	71,5	74,6
Kocaeli	69	69,6	70,3	71,0	72,6	71,4	74,5
Sakarya	68,6	69,3	70,1	70,8	72,5	71,1	74,3
Tekirdağ	68,7	71,2	71,6	72,3	74,0	72,8	75,8
Yalova	69	69,7	70,4	71,0	72,7	71,4	74,5
Ortalama	68,8	69,8	70,3	70,9	72,7	71,4	74,5
1981–2010 Dönemi ile fark	-	+1,0	+1,5	+2,1	+3,9	+2,6	+5,7

Çizelge 4.9. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-temmuz ayı

Temmuz	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	72,7	74,0	74,7	75,2	76,6	75,4	78,3
Bilecik	69,3	71,2	72,0	72,4	73,9	72,6	75,5
Bursa	72,3	72,3	73,0	73,5	74,9	73,7	76,6
Çanakkale	74	74,2	74,8	75,4	76,9	75,7	78,6
Edirne	72,2	75,2	75,9	76,4	77,9	76,7	79,6
İst-Kartal	73,2	73,0	73,5	74,3	75,9	74,7	77,6
İst-Sarıyer	71,2	73,4	74,1	74,7	76,1	74,9	77,9
Kırklareli	71,4	73,4	74,2	74,6	76,1	74,9	77,9
Kocaeli	72,1	73,2	73,9	74,4	75,9	74,7	77,6
Sakarya	71,9	72,7	73,5	74,0	75,5	74,2	77,2
Tekirdağ	72,3	74,6	75,3	75,8	77,3	76,1	78,9
Yalova	72,4	73,2	73,9	74,5	76,0	74,7	77,6
Ortalama	72,1	73,4	74,1	74,6	76,1	74,9	77,8
1981–2010 Dönemi ile fark	–	+1,3	+2,0	+2,5	+4,0	+2,8	+5,7

Çizelge 4.10. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama SNİ verilerinin karşılaştırılması-ağustos ayı

Ağustos	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	72,8	72,8	73,0	73,8	75,8	74,3	77,4
Bilecik	69,4	69,7	69,8	70,6	72,7	71,0	74,3
Bursa	72,3	70,9	71,0	71,8	73,9	72,3	75,5
Çanakkale	72,6	73,1	73,3	74,2	76,2	74,8	77,9
Edirne	71,9	73,6	73,9	74,7	76,6	75,3	78,4
İst-Kartal	73,3	73,4	73,5	74,6	76,6	75,1	78,3
İst-Sarıyer	71,7	72,1	72,2	73,2	75,3	73,8	77,0
Kırklareli	70,8	72,0	72,2	73,1	75,1	73,6	76,8
Kocaeli	72,3	72,0	72,2	73,1	75,1	73,6	76,8
Sakarya	71,8	71,5	71,6	72,5	74,6	73,0	76,2
Tekirdağ	72,5	73,4	73,6	74,4	76,4	75,0	78,0
Yalova	72,6	72,0	72,1	73,1	75,1	73,6	76,8
Ortalama	72,0	72,2	72,4	73,3	75,3	73,8	77,0
1981–2010 Dönemi farkı	–	+0,2	+0,4	+1,3	+3,3	+1,8	+5,0

Çizelge 4.11. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNI verilerinin karşılaştırılması-haziran ayı

Haziran	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	78,9	76,1	76,5	76,9	78,3	77,1	79,7
Bilecik	74,5	73,7	74,4	74,7	76,0	74,7	77,4
Bursa	77,4	73,6	74,2	74,4	75,9	74,6	77,1
Çanakkale	77,5	75,5	75,6	76,2	77,6	76,3	78,9
Edirne	78	77,0	77,1	77,6	79,0	77,9	80,7
İst-Kartal	77	69,8	70,3	70,9	72,2	71,2	73,8
İst-Sarıyer	74,3	75,9	76,3	76,8	78,0	76,9	79,5
Kırklareli	76,8	74,9	75,1	75,7	77,1	76,1	78,7
Kocaeli	77,5	75,8	76,4	76,8	78,2	77,0	79,5
Sakarya	78	75,8	76,4	76,8	78,2	76,9	79,7
Tekirdağ	74,5	76,7	76,6	77,2	78,6	77,5	80,0
Yalova	76,6	75,6	76,2	76,5	77,9	76,7	79,2
Ortalama	78,9	75,0	75,4	75,9	77,3	76,1	78,7
1981–2010 Dönemi ile fark	–	-1,7	-1,3	-0,9	+0,5	-0,7	+1,9

Çizelge 4.12. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNI verilerinin karşılaştırılması-temmuz ayı

Temmuz	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	81,3	80,6	81,2	81,4	82,6	81,6	84,1
Bilecik	78	78,2	78,9	79,2	80,4	79,4	81,7
Bursa	80,4	78,0	78,6	78,9	80,1	79,1	81,5
Çanakkale	81,7	79,4	80,1	80,3	81,5	80,7	83,0
Edirne	81,2	81,6	82,2	82,5	83,6	82,7	85,4
İst-Kartal	80,6	74,3	74,5	75,3	76,5	75,7	78,0
İst-Sarıyer	77,3	79,5	79,9	80,3	81,5	80,6	82,9
Kırklareli	80,4	79,1	79,7	80,1	81,3	80,3	83,0
Kocaeli	80,2	80,1	80,7	80,9	82,3	81,3	83,6
Sakarya	80,5	80,2	80,8	81,1	82,4	81,5	83,7
Tekirdağ	78,6	80,9	81,5	81,9	83,1	82,1	84,6
Yalova	80,2	80,2	80,6	80,9	82,3	81,3	83,6
Ortalama	80,0	79,3	79,9	80,2	81,5	80,5	82,9
1981–2010 Dönemi ile fark	–	-0,7	-0,1	+0,2	+1,4	+0,5	+2,9

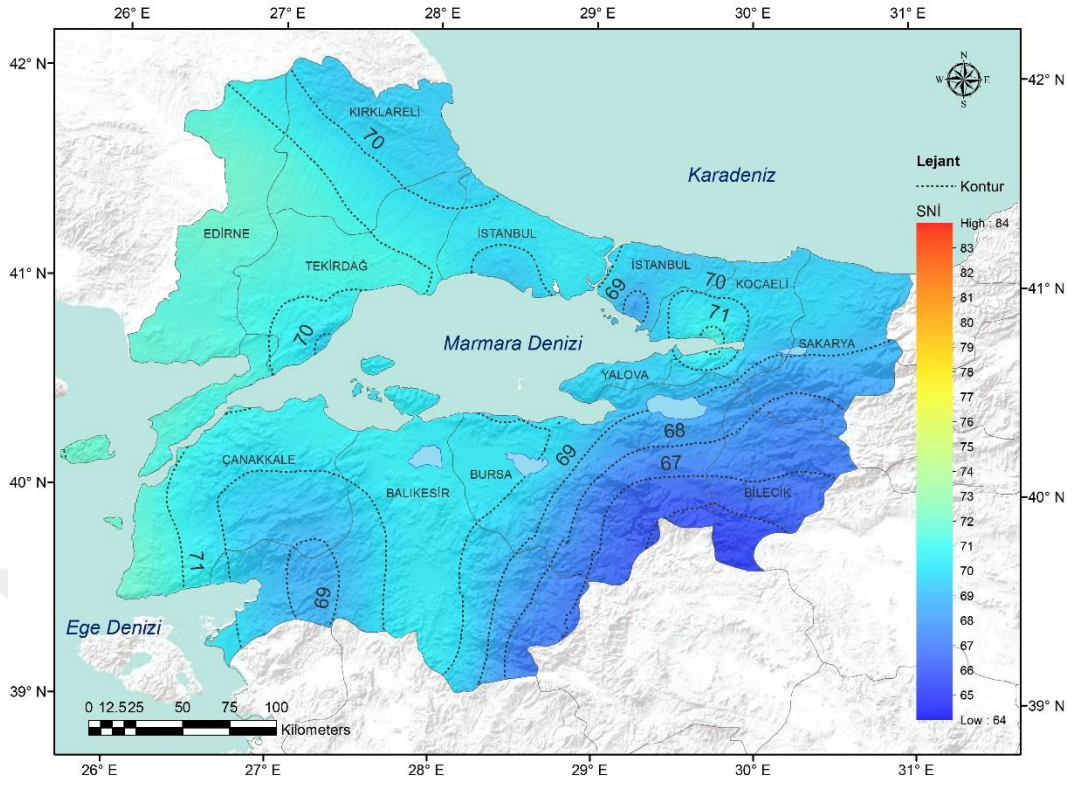
Çizelge 4.13. Projeksiyon ile gözlem verilerinden hesaplanan ortalama maksimum SNİ verilerinin karşılaştırılması-ağustos ayı

Ağustos	Dönem						
	1981–2010	2021–2050		2051–2080		2081–2099	
İstasyon		RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Balıkesir	81,4	79,4	79,7	80,2	82,1	80,6	83,6
Bilecik	78,6	77,0	77,0	77,5	79,6	77,9	81,2
Bursa	80,6	76,7	76,9	77,3	79,2	77,8	80,9
Çanakkale	81,6	78,2	78,5	78,8	80,8	79,6	82,3
Edirne	81,3	79,9	80,3	80,9	82,6	81,5	84,4
İst-Kartal	80,7	74,4	74,6	75,4	77,2	75,9	78,8
İst-Sarıyer	77,7	78,8	78,9	79,4	81,2	80,1	82,8
Kırklareli	80,2	77,8	78,0	78,6	80,3	79,1	82,1
Kocaeli	80,5	78,9	79,2	79,4	81,6	80,1	83,1
Sakarya	80,7	79,1	79,2	79,6	81,7	80,2	83,2
Tekirdağ	78,7	79,8	80,0	80,5	82,2	81,2	84,0
Yalova	80,7	78,8	79,0	79,4	81,5	80,0	83,2
Ortalama	80,2	78,2	78,4	78,9	80,8	79,5	82,5
1981–2010 Dönemi ile fark	–	-2,0	-1,8	-1,3	+0,6	-0,7	+2,2

4.5.1. RCP4.5 senaryosuna göre günlük ortalama SNİ değerlendirilmesi

2021–2050 dönemi;

RCP4.5 senaryosuna göre 2021–2050 döneminde SNİ değerlerinin, bölgenin batı kesimlerinde ve Marmara Denizi'nin doğu kıyılarında İzmit körfezi civarında daha yüksek (71–72) olduğu görülmektedir. SNİ değerleri, bölgenin güneydoğusu ve Balıkesir ilinin güneybatı kesimlerinde ise 65–69 civarındadır (Şekil 4.22). Bu dönemde, bölge genelinde günlük ortalama SNİ değerlerinin, stres başlangıcı (Collier ve ark 2012) olan eşik değerleri geçmediği anlaşılmaktadır ($SNİ \leq 72$).

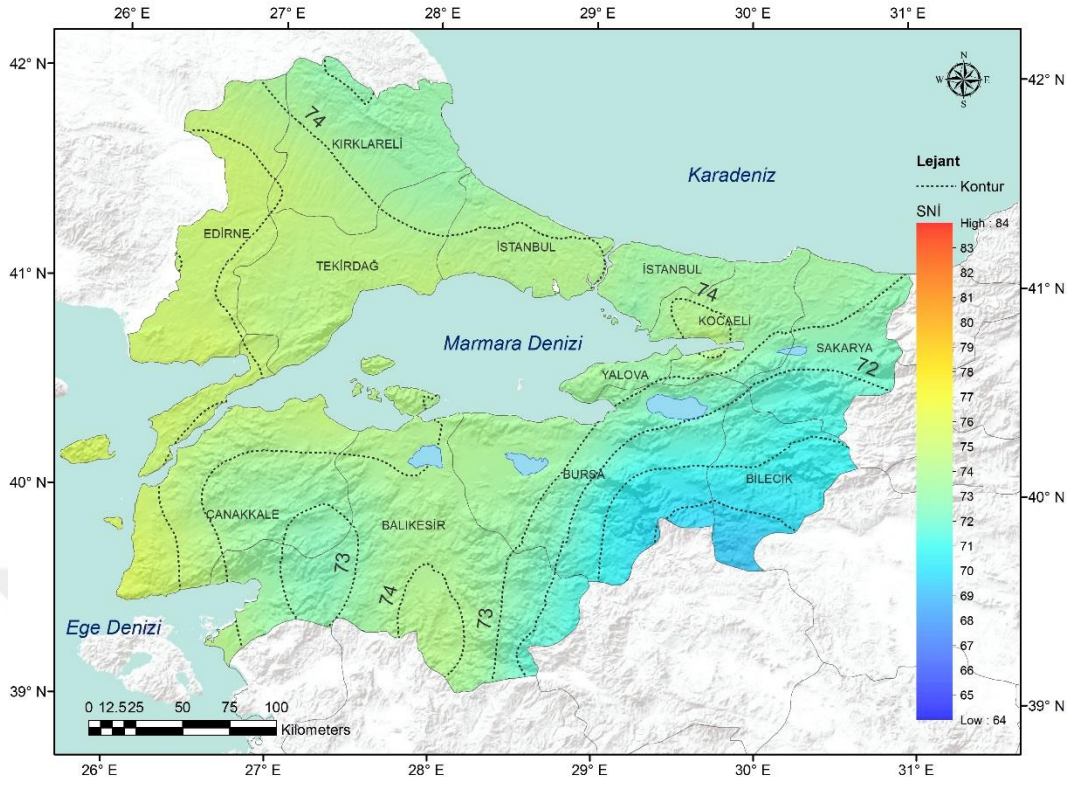


Şekil 4.22. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı SNİ haritası

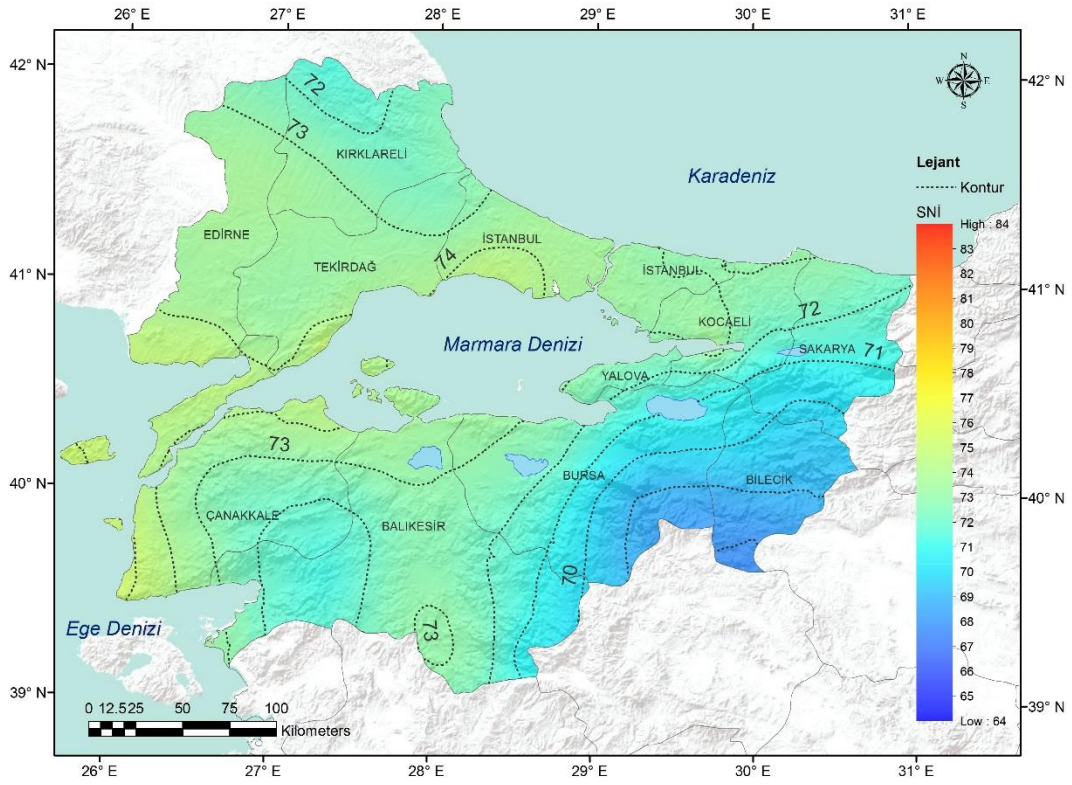
Temmuz ayına bakıldığında ise SNİ bakımından yüksek ve düşük olan yerler haziran ayı ile benzerlik göstermektedir. En yüksek SNİ değerleri bölgenin batı kesimleri olup değerler 76 birime kadar çıkmaktadır (Şekil 4.23).

Ağustos ayında ise SNİ değerleri en yüksek Çanakkale'nin batı kesimlerinde olup 75 birime kadar çıkmaktadır. İstanbul'un batı yakasında SNİ değerleri 74 birim civarı iken SNİ değerlerinin en düşük olduğu yerler yine bölgenin güneydoğu kesimleri olmaktadır (Şekil 4.24).

Ayrıca, temmuz ve ağustos ayı için de, haziran ayında olduğu gibi Balıkesir'in güneybatı kesimlerinde SNİ değerlerinin, bölgenin güneydoğusu hariç diğer bölgelere göre göreceli olarak daha düşük olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.23. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı SNI haritası



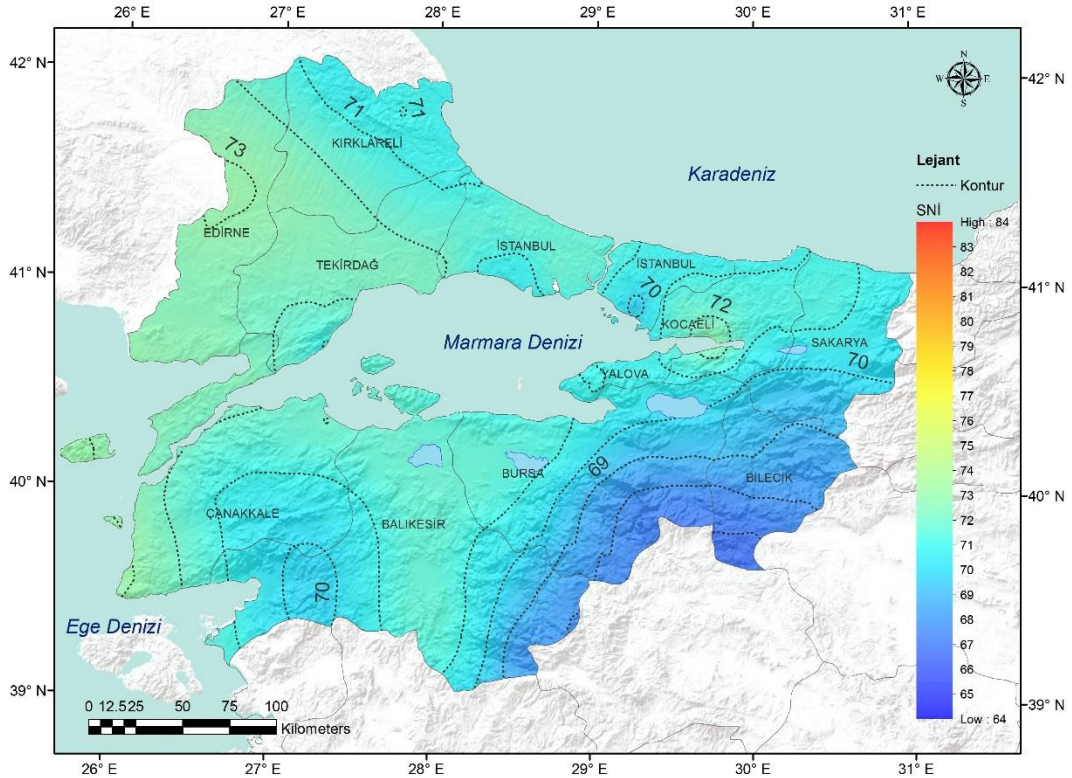
Şekil 4.24. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı SNI haritası

2051–2080 dönemi;

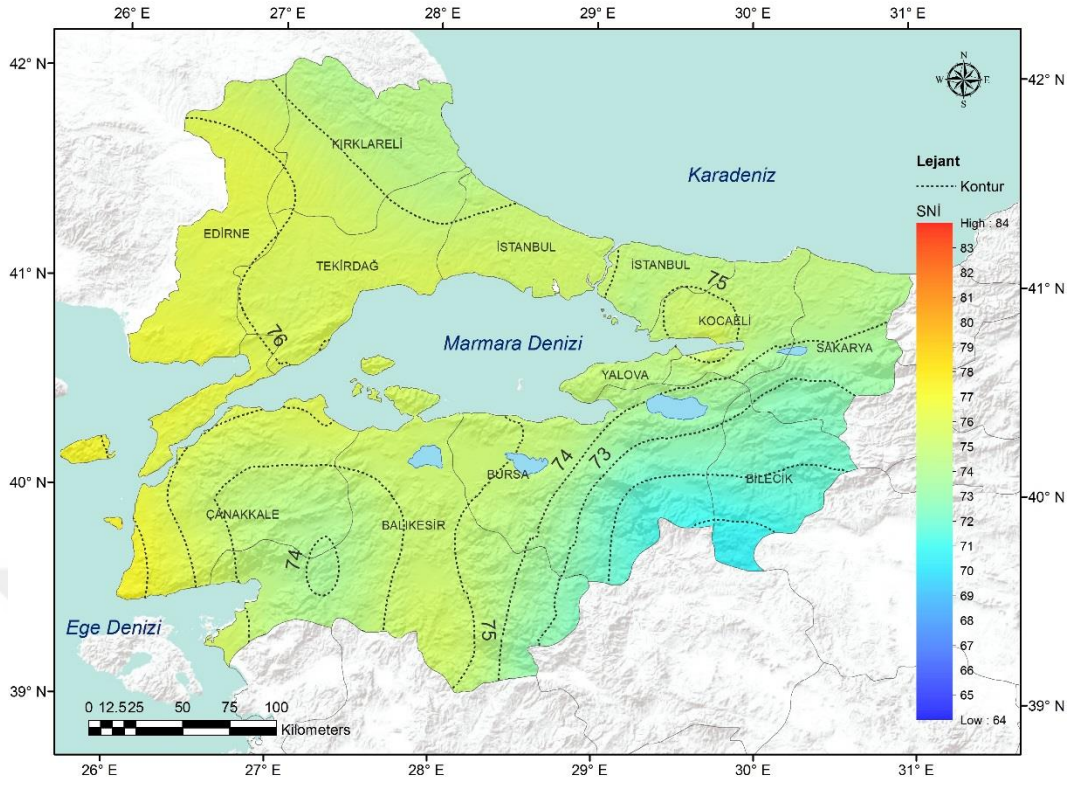
Aynı senaryonun 2051–2080 standart iklim normali dönemini incelediğimizde genel olarak SNİ değerlerinde her üç ay için 1'er birimlik artışların olduğu görülmektedir. Haziran ayı için bölgenin batı kesimlerinde SNİ değerlerinin 73'ü, temmuz ve ağustos ayları için ise sırasıyla 76 ve 77'yi aştığı anlaşılmaktadır (Şekil 4.25, 4.26, 4.27).

Haziran ayında SNİ değerleri Edirne'nin batısında maksimum seviyelere çıkarken, temmuz ayında bölgenin batısında, ağustos ayında ise Çanakkale ilinin batısında en yüksek seviyelere çıkmaktadır.

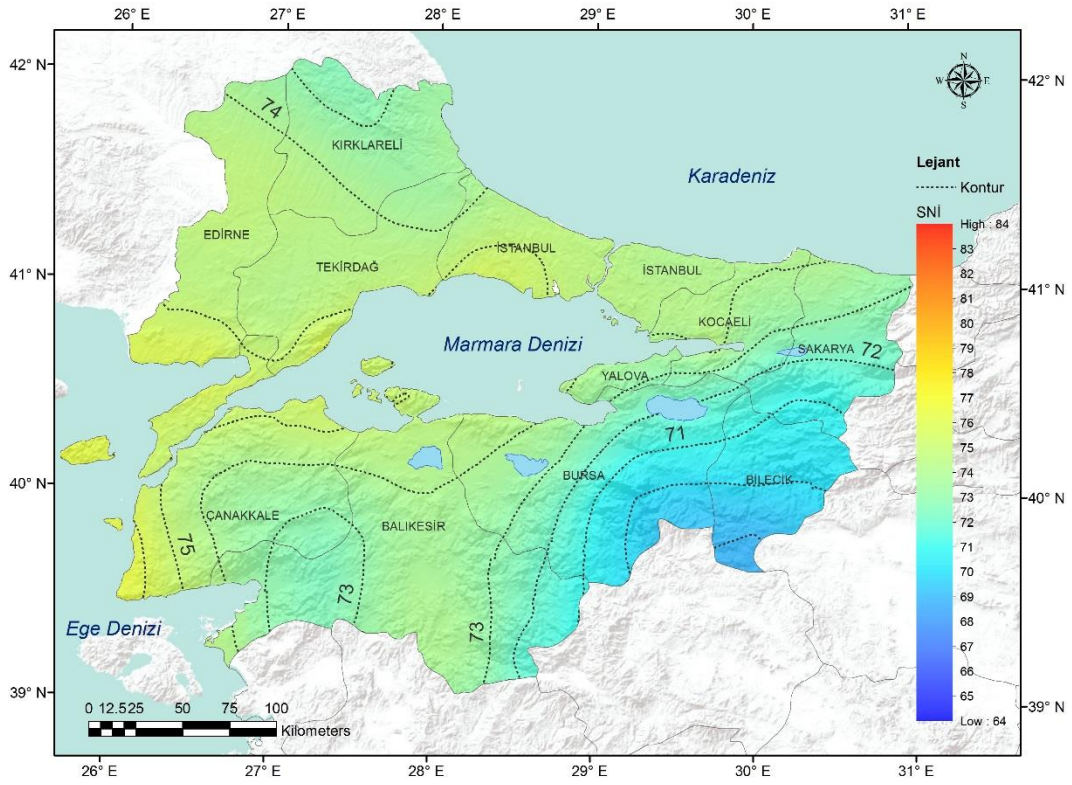
Bölgenin yükseltisi yüksek olan güneydoğu kesimleri ile Balıkesir'in güneybatı kesimlerinin her üç ay için de göreceli olarak daha düşük SNİ değerlerine sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 4.25. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ haritası



Şekil 4.26. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNI haritası

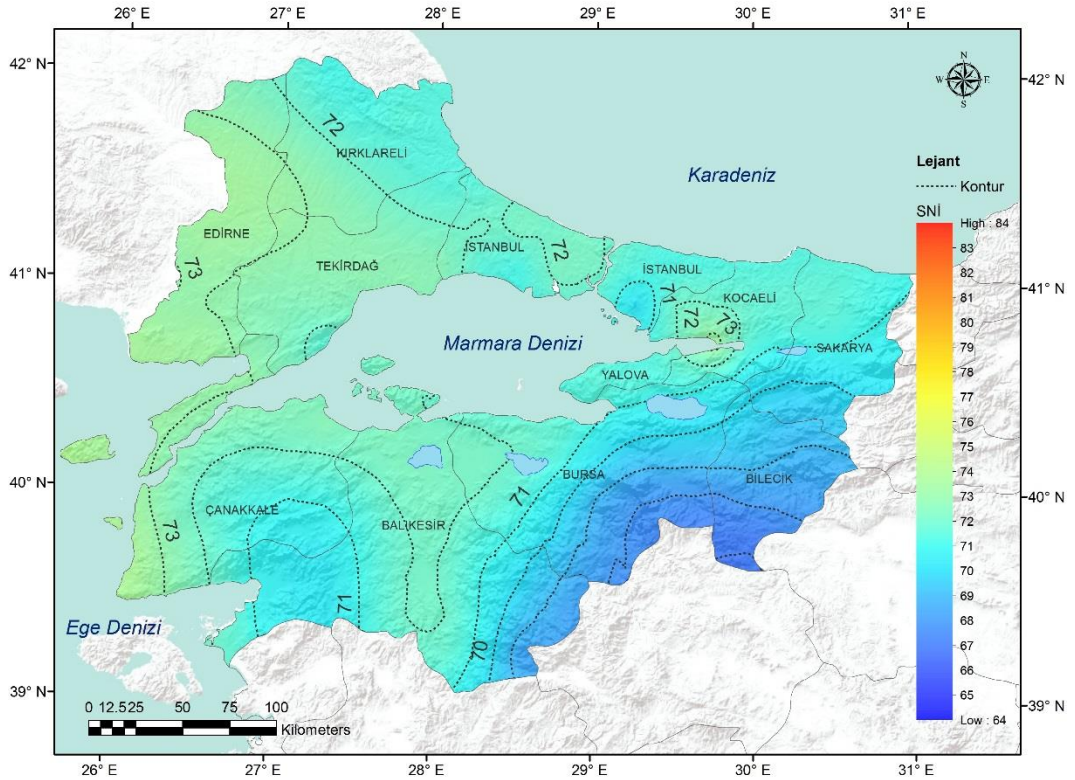


Şekil 4.27. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNI haritası

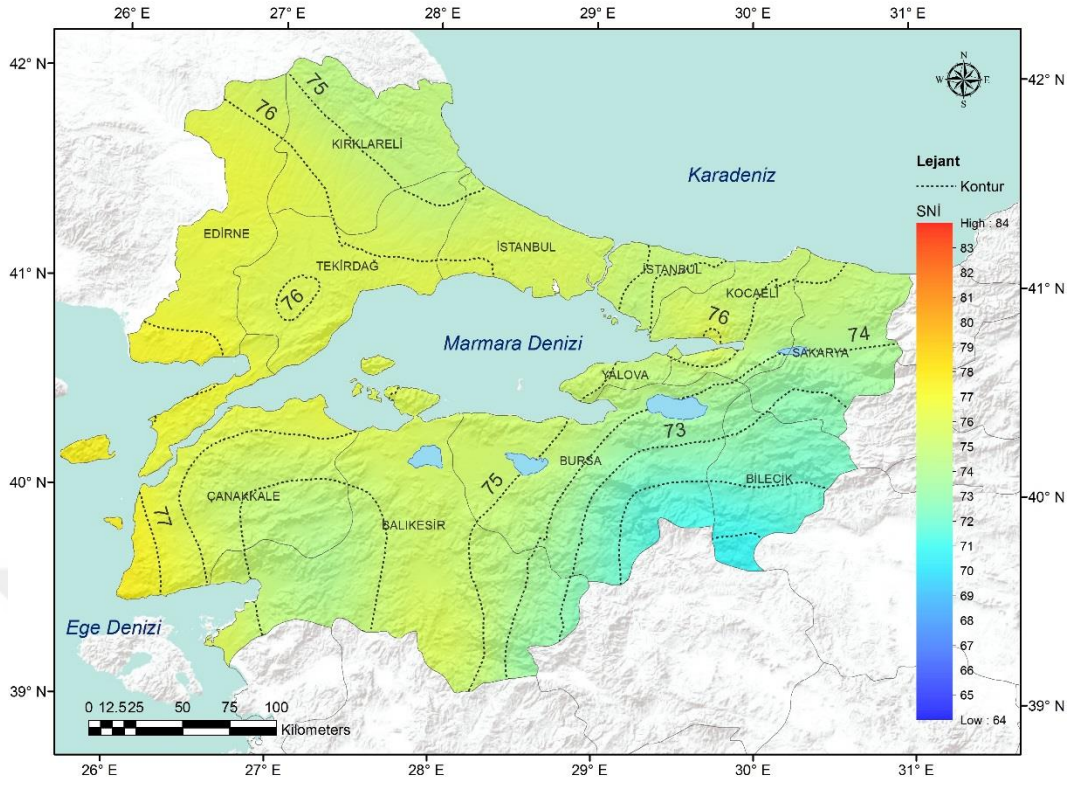
2081–2099 dönemi;

Son olarak 2081–2099 dönemini incelediğimizde, bir önceki dönem olan 2051–2080 dönemine göre önemli düzeyde değişiklikler olmadığı görülmektedir (Şekil 4.28, 4.29, 4.30). Yine haziran ayında bölgenin batı kesimleri, İzmit Körfezi civarında yüksek SNI değerleri, bölgenin güneydoğu kesimlerinde ise göreceli olarak daha düşük SNI değerleri görülmektedir.

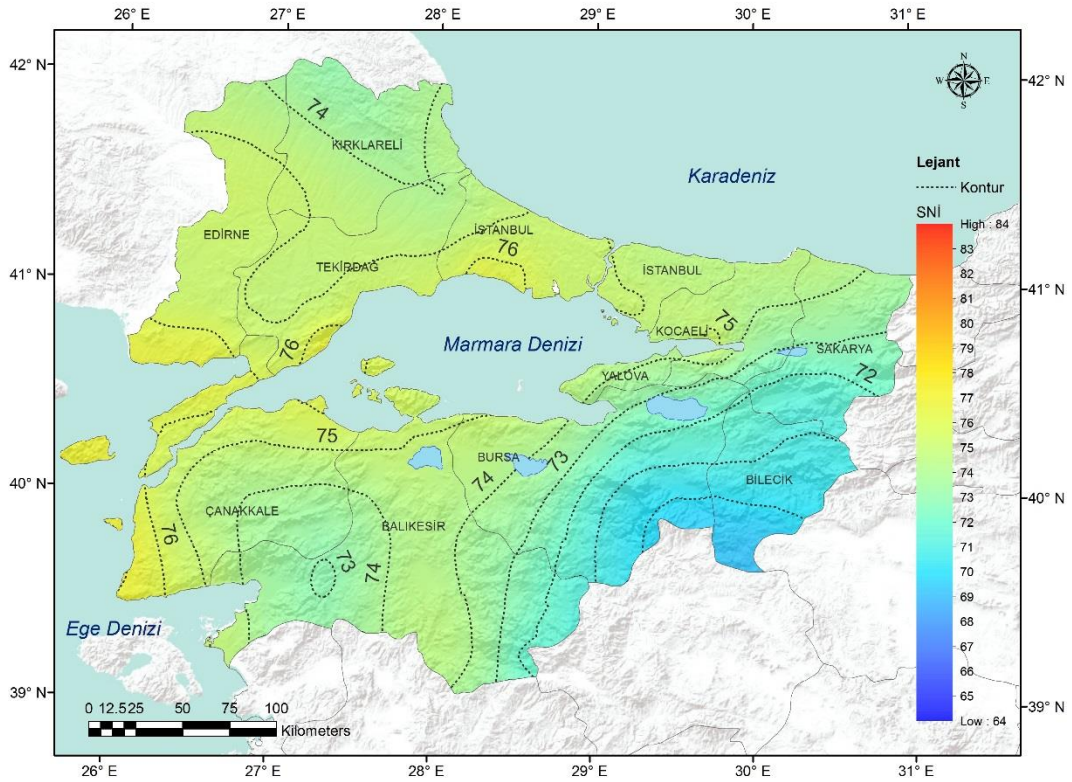
SNI değerlerinin en yüksek 74, en düşük 67 civarında olduğu, Collier ve ark. (2012) tarafından revize edilen stres derecelendirme çizelgesine göre hafif stres başlangıç değeri olan 72 birimin üzerine sadece İzmit Körfezi civarında, İstanbul Avrupa yakasının kuzey kesimlerinde, Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli'nin bir kısmını içine alan, bölgenin batı kesimleri, Balıkesir'in iç ve kuzey kesimlerinde çıkmaktadır.



Şekil 4.28. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı SNI haritası



Şekil 4.29. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı SNI haritası



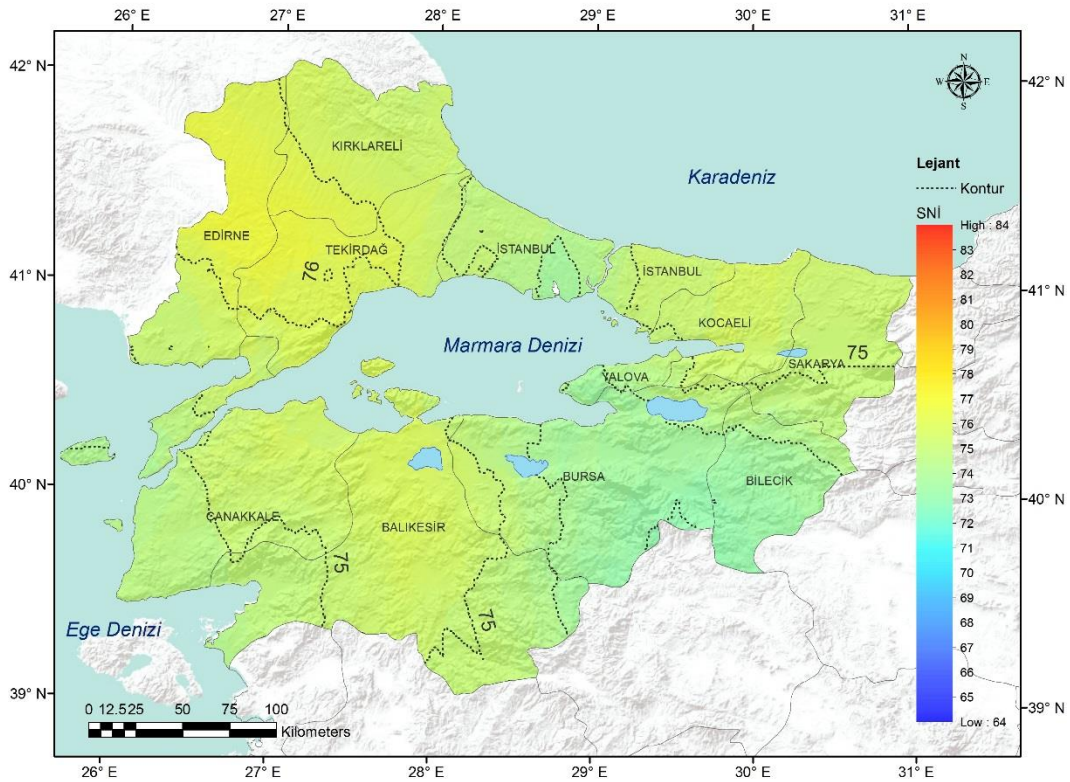
Şekil 4.30. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı SNI haritası

4.5.2. RCP4.5 senaryosuna göre günlük ortalama maksimum SNI değerlendirmesi

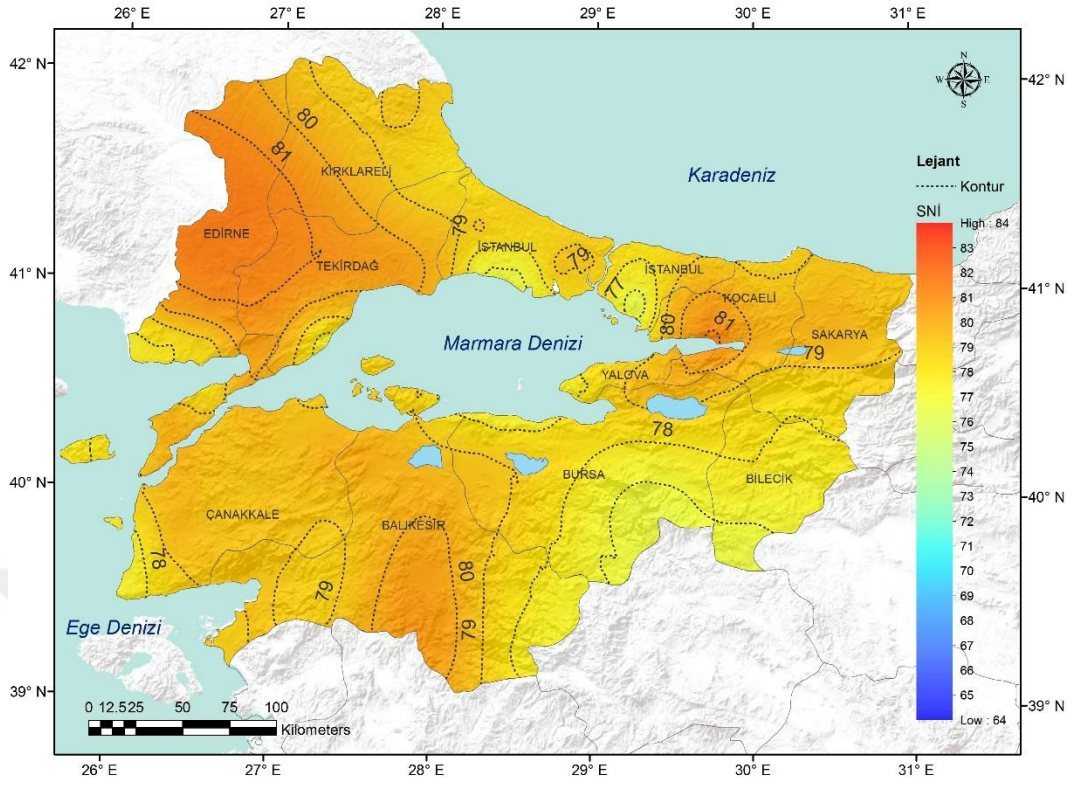
2021–2050 dönemi;

Haziran ayı ortalama maksimum SNI haritasında değerlerin yaklaşık 73–77 birim arasında değiştiği, en yüksek değerlerin Trakya'nın kuzeybatısında Edirne bölgesinde olduğu, ayrıca Kocaeli, Sakarya, Balıkesir ve Çanakkale'nin doğu ve kuzey kesimlerinde göreceli olarak yüksek olduğu görülmektedir. Bölgenin güneydoğusunda değerler göreceli olarak düşük olmasına rağmen kritik eşik değerinin üzerinde seyretmektedir (Şekil 4.31).

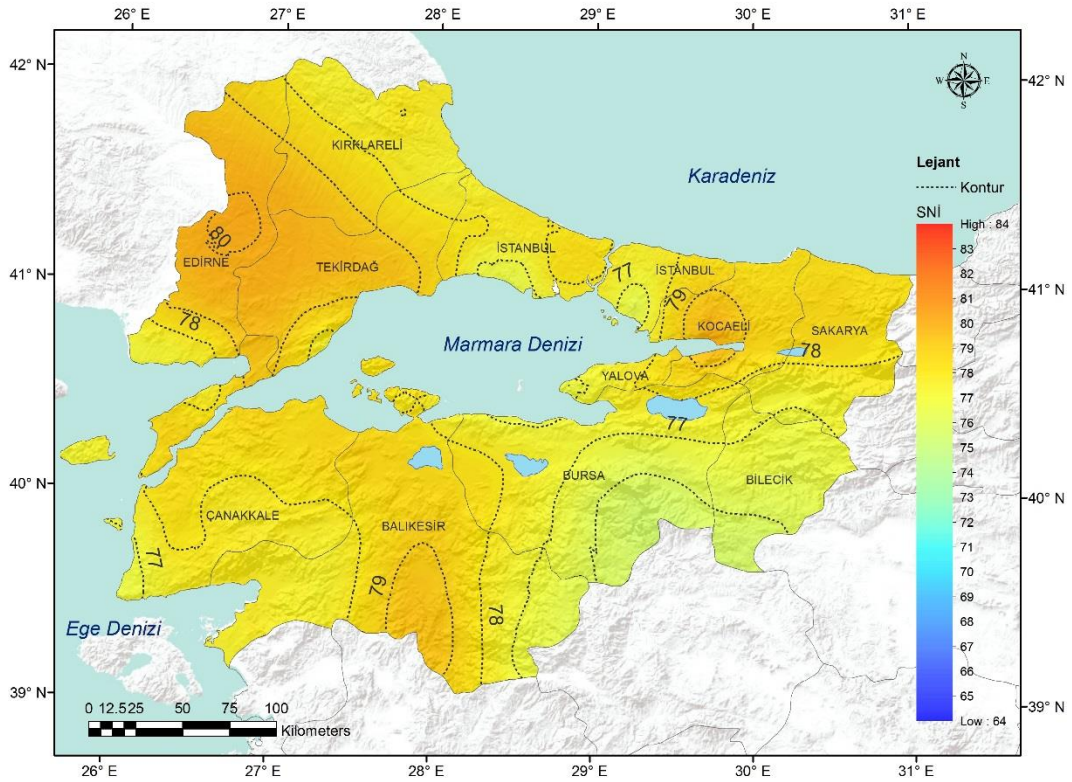
Temmuz ve ağustos ayında ise SNI değerlerinin 75–82 birim arasında değişmekte ve değerlerin en yüksek olduğu bölgeler ile en düşük olduğu bölgeler haziran ayı ile benzerlik göstermektedir. Bölge genelinde SNI değerlerinin stres bakımından “hafif-orta ve orta-şiddetli” aralıklarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.32, 4.33).



Şekil 4.31. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı maksimum SNI haritası



Şekil 4.32. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası

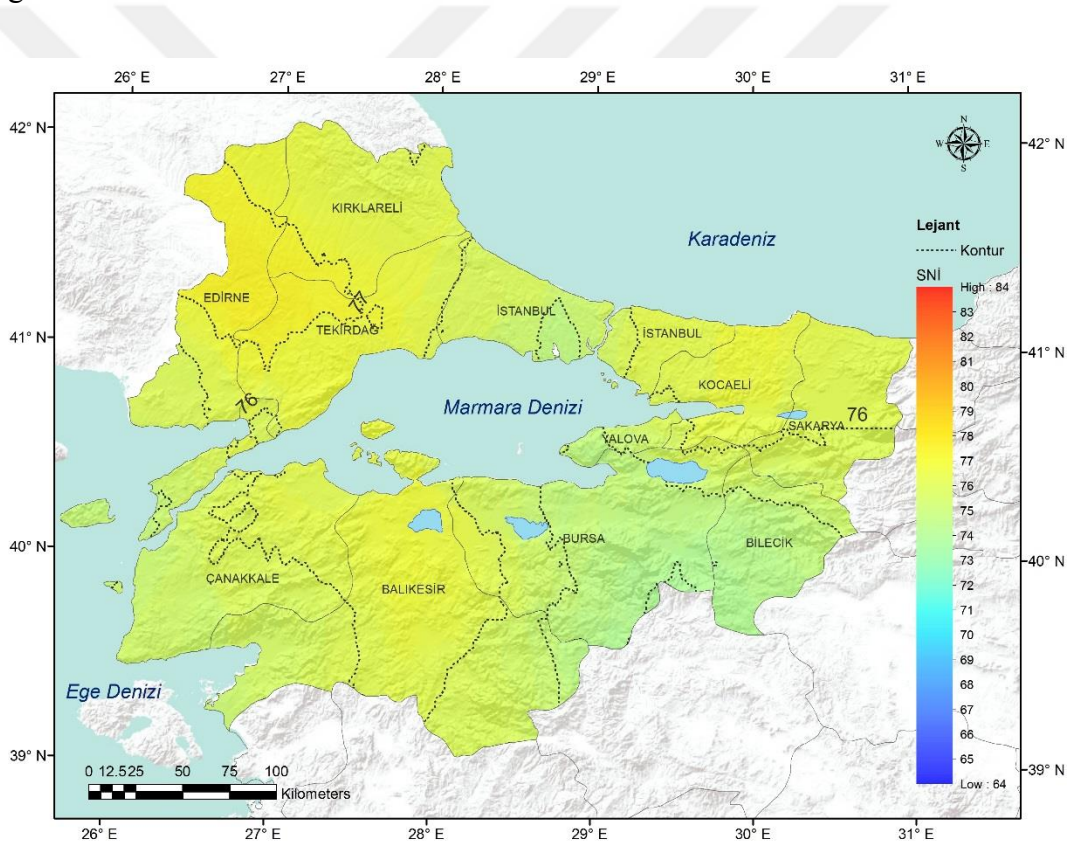


Şekil 4.33. RCP4.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

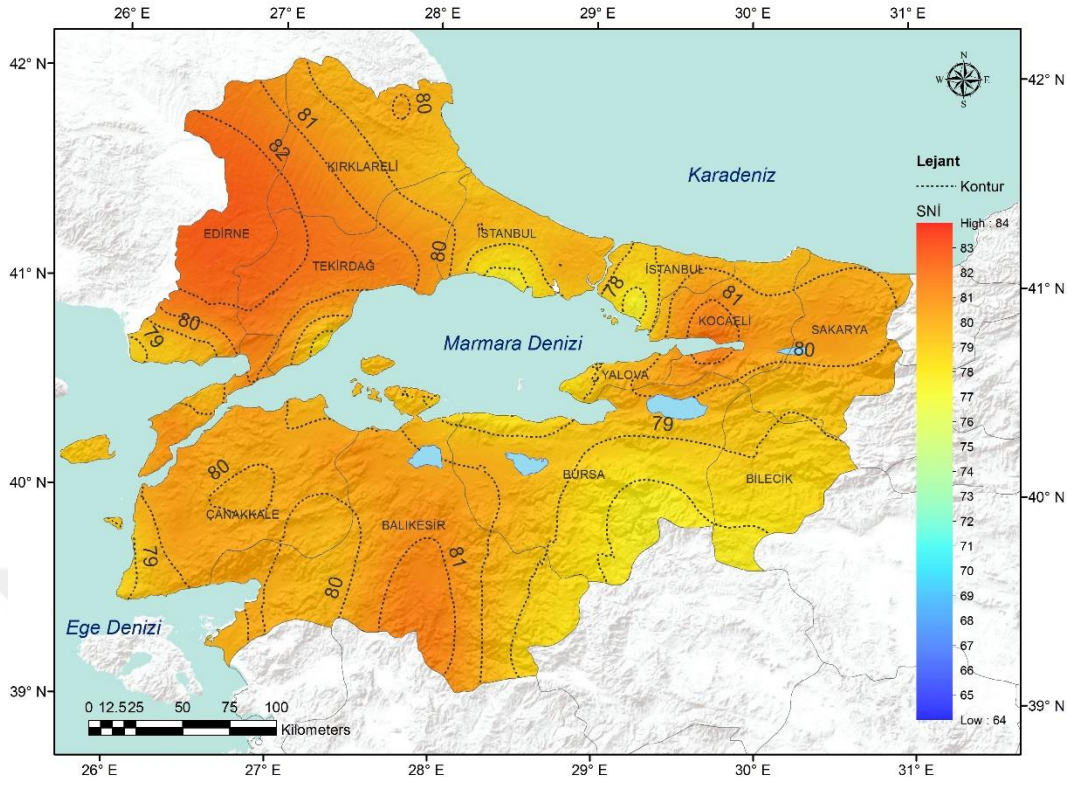
2051–2080 dönemi;

İkinci dönemde ise genel olarak 2021–2050 dönemine göre her üç ay için de SNİ değerlerinde yaklaşık 1 birimlik artışların olduğu görülmektedir (Şekil 4.34, 4.35, 4.36). Harita incelendiğinde, değerlerin en yüksek ve en düşük olduğu bölgelerde de önemli bir değişiklik olmadığı anlaşılmaktadır.

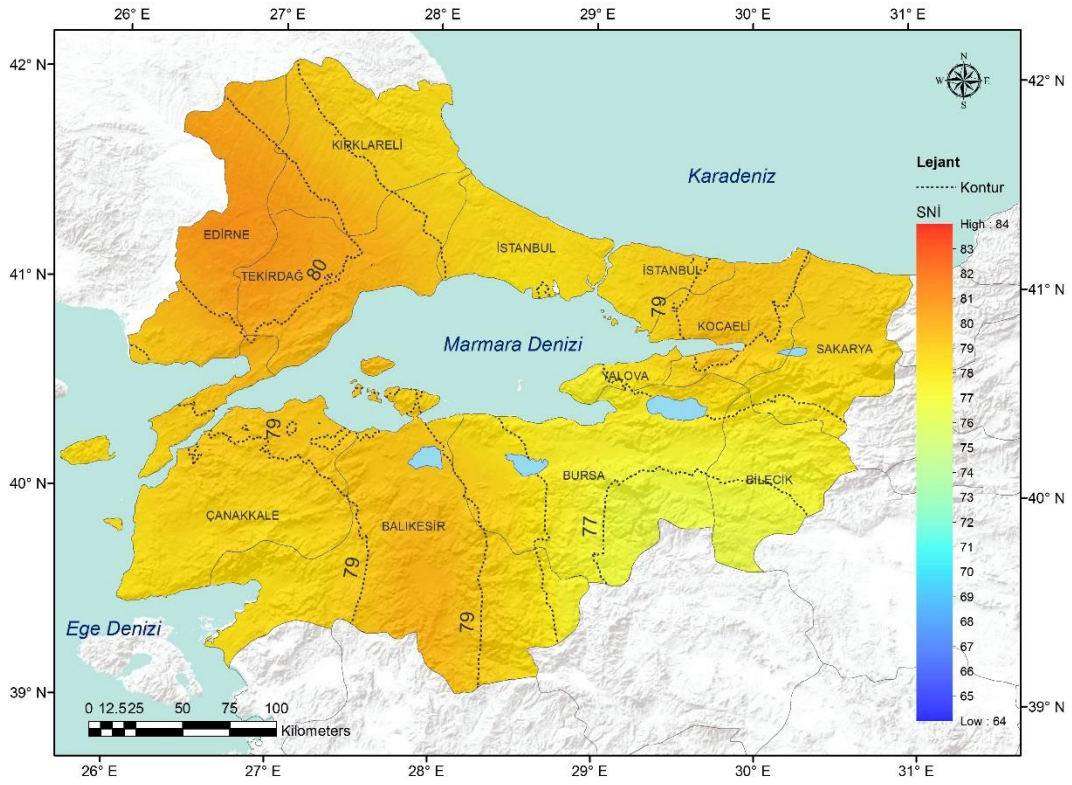
SNİ değerlerinin en yüksek olduğu bölgeler, her üç ay (HTA) için de Trakya'nın iç ve kuzeybatı kesimleri, Balıkesir'in iç kesimleri ve Kocaeli civarları olup, özellikle Edirne civarında değerlerin HTA ayları için sırasıyla 77, 82, 80 değerlerini aştığı görülmektedir.



Şekil 4.34. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası



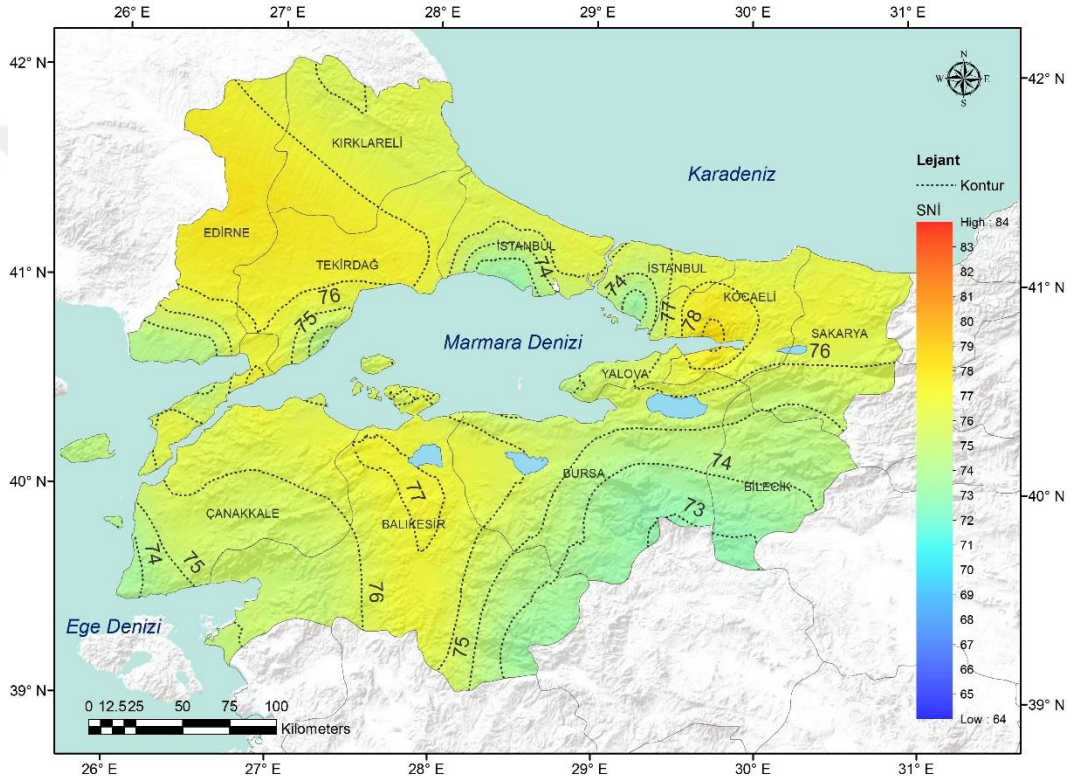
Şekil 4.35. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası



Şekil 4.36. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

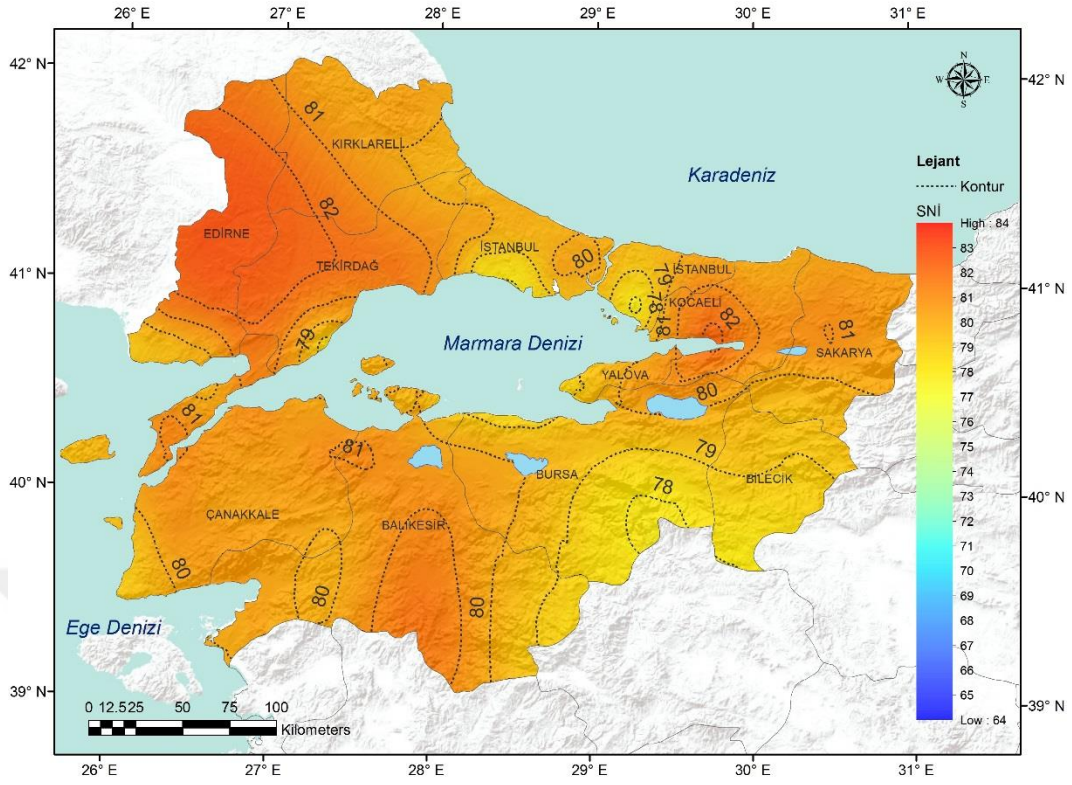
2081–2099 dönemi;

Projeksiyonların 2081–2099 döneminde, haziran ayı için SNİ değerleri bölge genelinde 72–78 aralığında değişmektedir. Kocaeli ve Edirne bölgesinde SNİ değerleri 78 civarında olup bölgenin güneydoğusu, İstanbul'un Marmara Denizi'ne kıyı olan kesimleri ve Trakya'nın Ege Denizi'ne kıyı kesimleri ile bölgenin güneybatı kesimlerinde SNİ değerlerinin göreceli olarak düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.37).

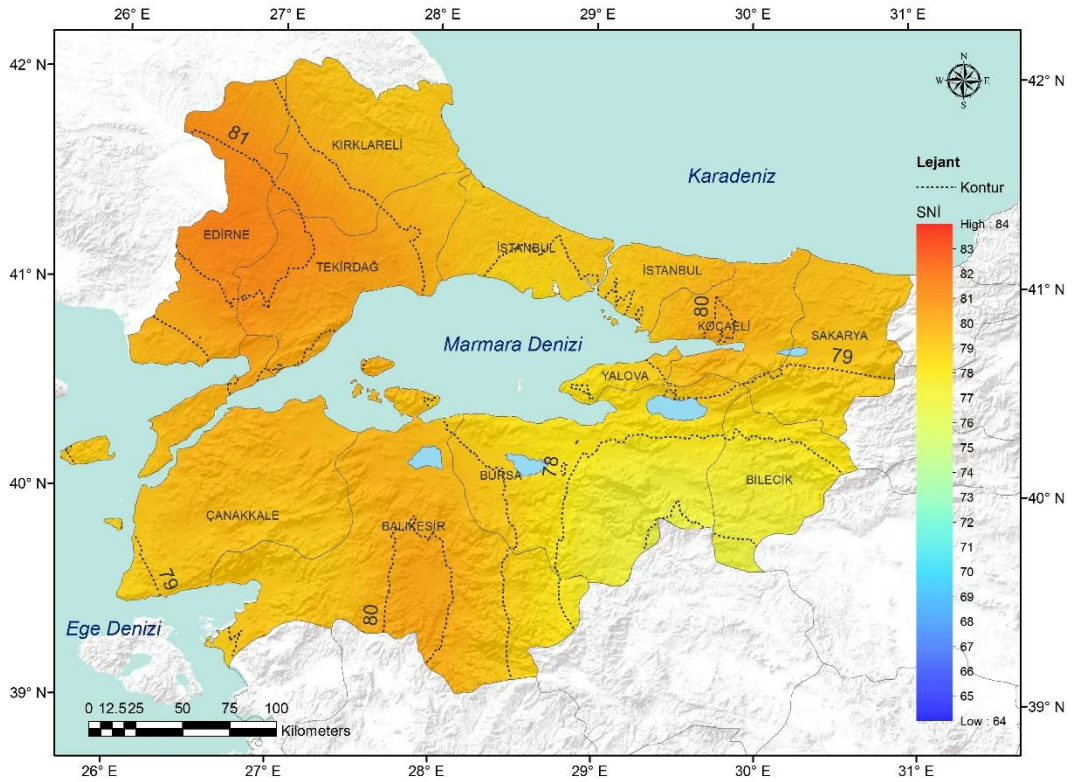


Şekil 4.37. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası

Temmuz ve Ağustos ayları günlük ortalama maksimum SNİ haritalarını incelediğimizde ise her iki ay için de SNİ değerlerinin dağılımı benzerlik göstermektedir (Şekil 4.38, 4.39). Temmuz ayı için en yüksek SNİ değerleri, Kocaeli ve Edirne bölgesinde 82 birimi aşmakta olup İstanbul'un Marmara Denizi'ne yakın kesimlerinde 77 birime, bölgenin güneydoğu kesimlerinde ise 76 birime kadar düşmektedir. Ağustos ayı için SNİ değerleri en yüksek yine Kocaeli bölgesinde 80 birim civarı, Edirne taraflarında ise 81 birimi aşmakta olduğu görülmektedir. Değerlerin en düşük olduğu bölgenin güneydoğu kesimlerinde ise SNİ değerleri 76 birimin biraz üzerinde seyretmektedir.



Şekil 4.38. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası

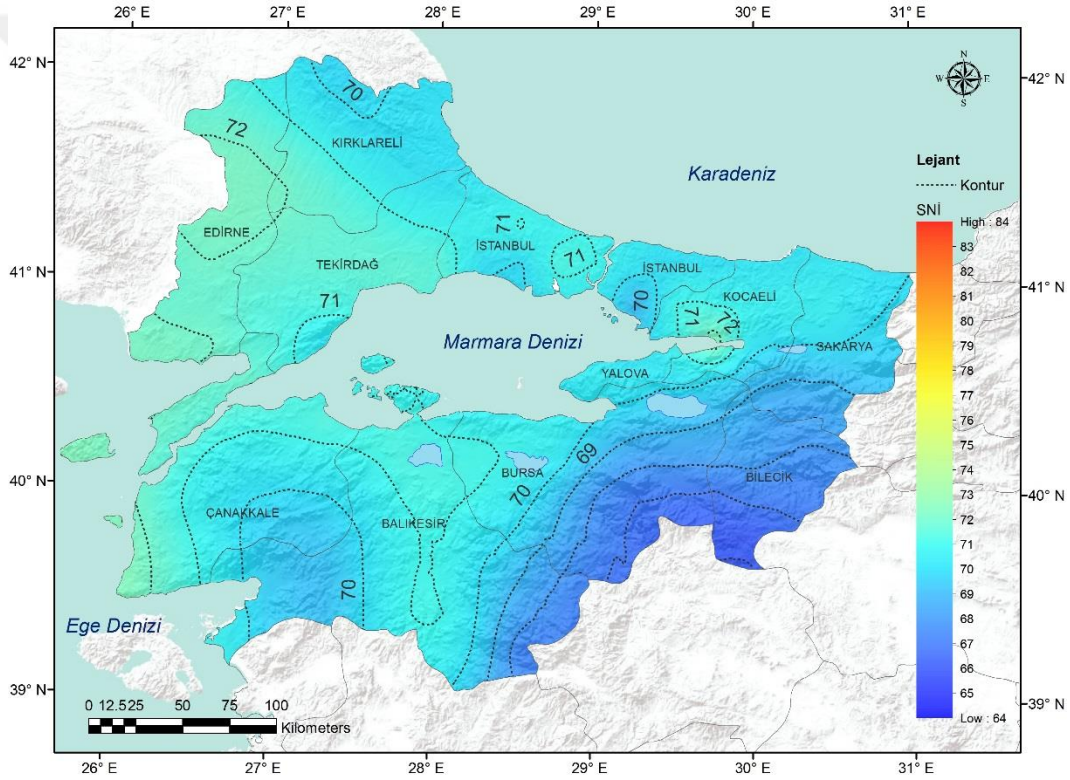


Şekil 4.39. RCP4.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

4.5.3. RCP8.5 senaryosuna göre günlük ortalama SNİ değerlendirilmesi

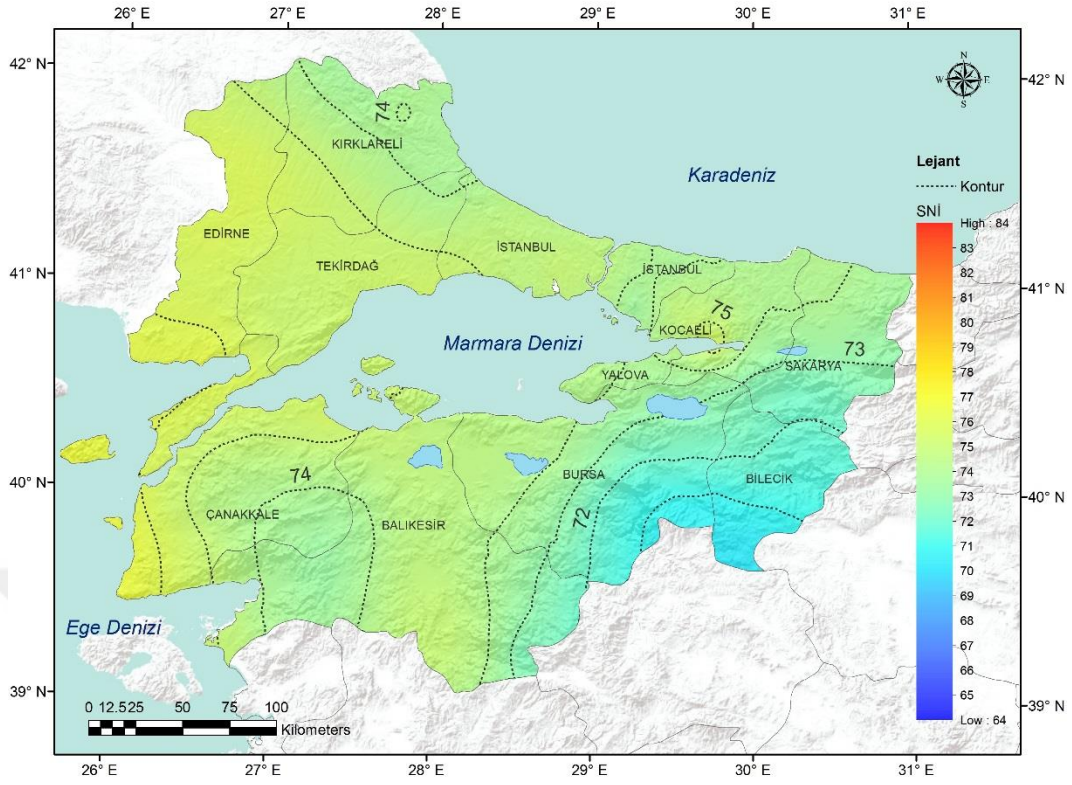
2021–2050 dönemi;

Haziran ayı ortalama SNİ değerlerinin, bölgenin batısında özellikle Edirne çevreleri ve Çanakkale'nin kıyıya yakın kesimlerinde 72 birimin üzerine, İzmit Körfezi civarında ise 72 birime kadar çıktığı görülmektedir. Bölgenin güneydoğu kesimlerinde ise Sapanca-İznik-Uluabat gölü hattının altında kalan bölgede ve Balıkesir-Çanakkale güney sınır bölgesinde, Trakya'nın kuzey kesimleri ile İstanbul Anadolu yakasının Marmara Denizi'ne kıyı kesimlerinde değerlerin 70 ve altında kaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.40).

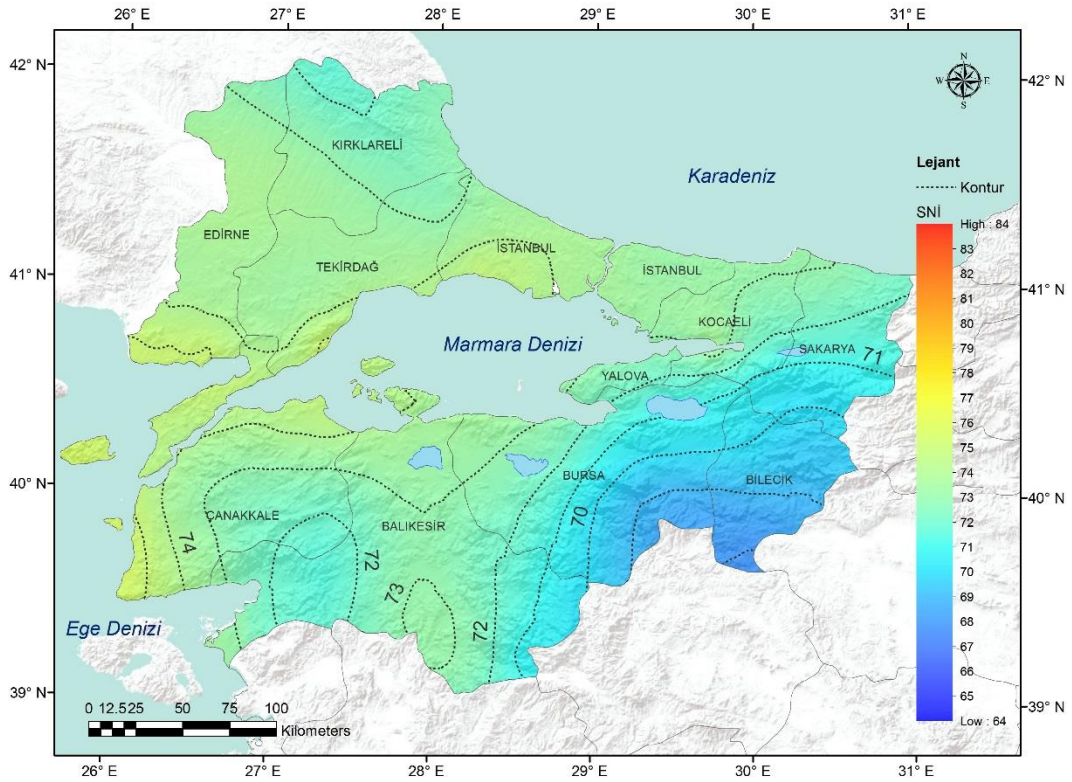


Şekil 4.40. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı SNİ haritası

Temmuz ayı incelendiğinde SNİ değerlerinin en düşük 70, en yüksek ise 77, ağustos ayında ise en düşük 68, en yüksek ise 76 birim civarında olduğu görülmektedir (Şekil 4.41, 4.42). Temmuz ayında, en yüksek SNİ değerlerinin görüldüğü yerler, bölgenin batısı ve İzmit Körfezi civarı iken, ağustos ayında ise Çanakkale'nin güneybatı kesimleri ile Trakya'nın Ege Denizi'ne kıyı olan kesimlerinde değerlerin en yüksek seviyeye çıktığı görülmektedir.



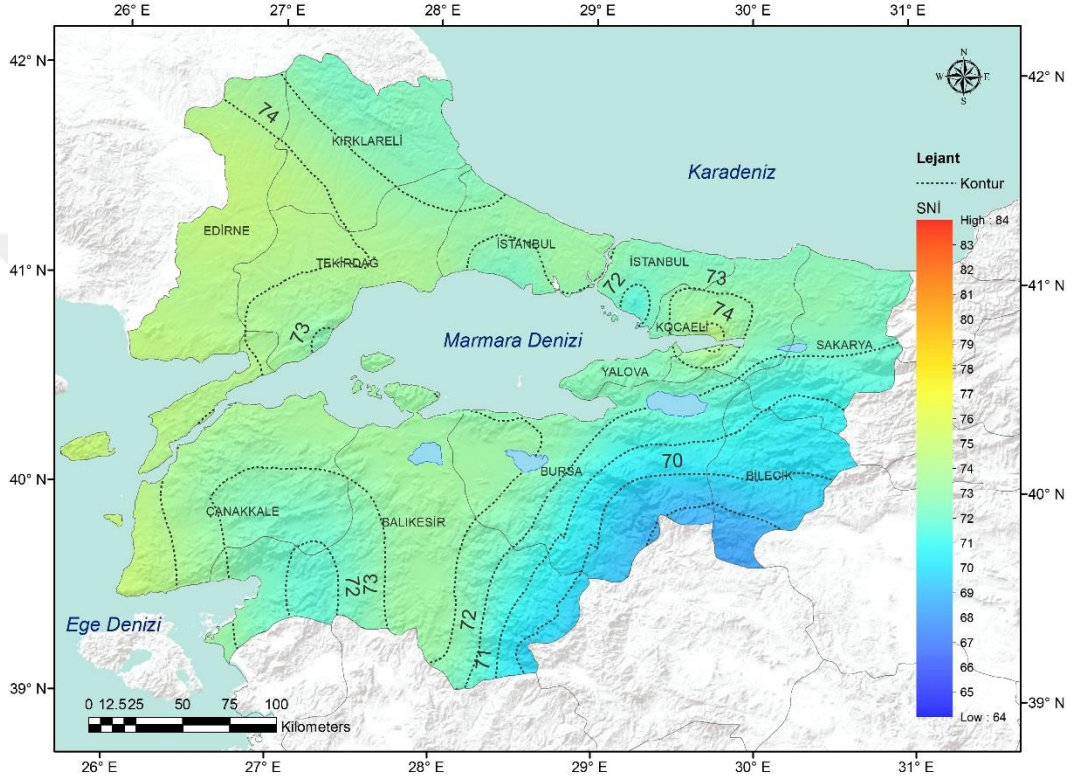
Şekil 4.41. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı SNI haritası



Şekil 4.42. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı SNI haritası

2051–2080 dönemi;

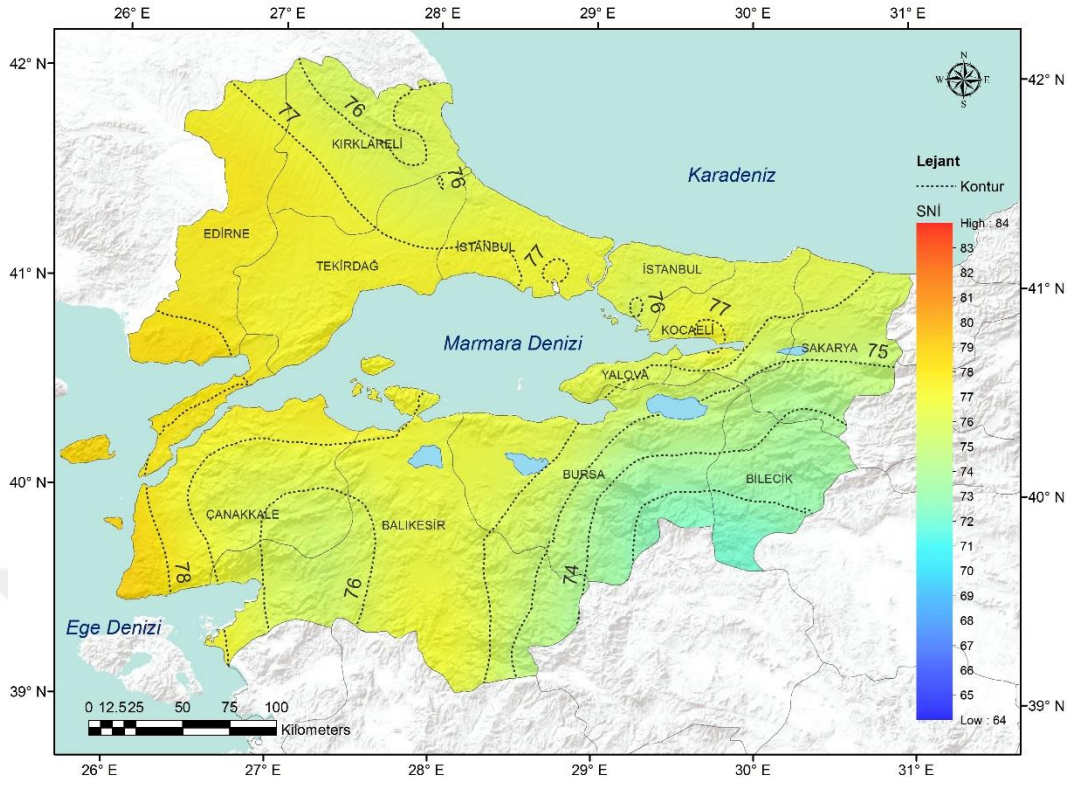
Bu dönemde, haziran ayında SNİ değerlerinin 68–75 aralığında olduğu, en yüksek değerlerin bölgenin batı kesimlerinde 75, İzmit Körfezi civarında ise 74 birim olduğu görülmektedir (Şekil 4.43).



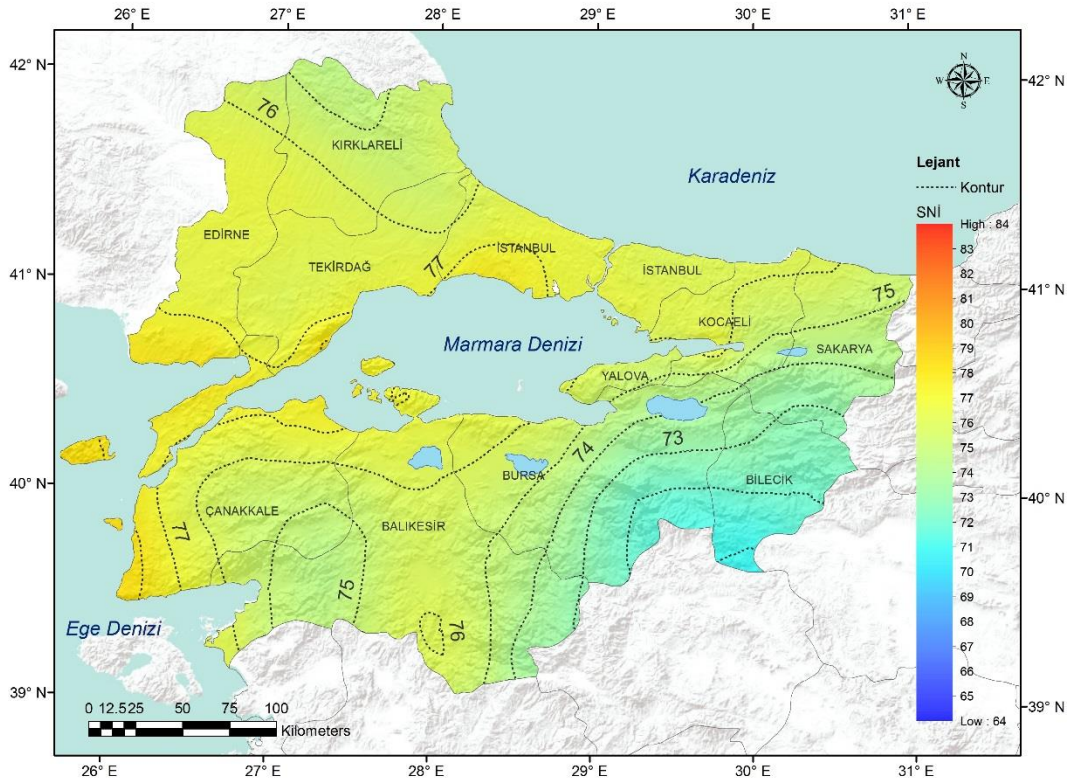
Şekil 4.43. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ haritası

Temmuz ayına bakıldığında ise SNİ değerlerinin, bölgenin güneydoğusunda en düşük 72 civarı, Çanakkale'nin batı kesimlerinde ise 79 birime kadar çıktığı görülmektedir (Şekil 4.44). Değerlerin tüm bölgede stres eşiğinin üzerinde olduğu, ısı stresi bakımından göreceli olarak en uygun yerlerin, bölgenin güneydoğu kesimleri olduğu anlaşılmaktadır.

Ağustos ayı SNİ ortalama haritasını incelendiğinde, temmuz ayına benzer bir durum olduğu görülmektedir (Şekil 4.45). SNİ değerlerinin en düşük bölgenin güneydoğusunda 71, en yüksek ise batı kesimlerinde 78 birimi aştığı anlaşılmaktadır.



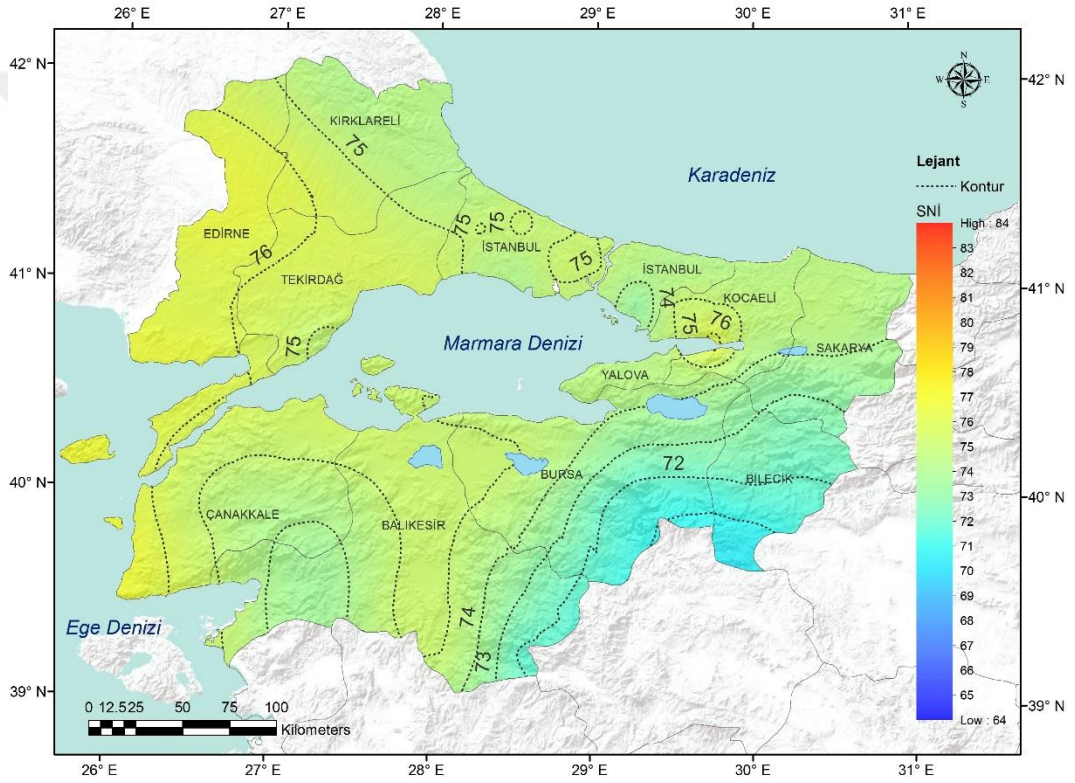
Şekil 4.44. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNI haritası



Şekil 4.45. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNI haritası

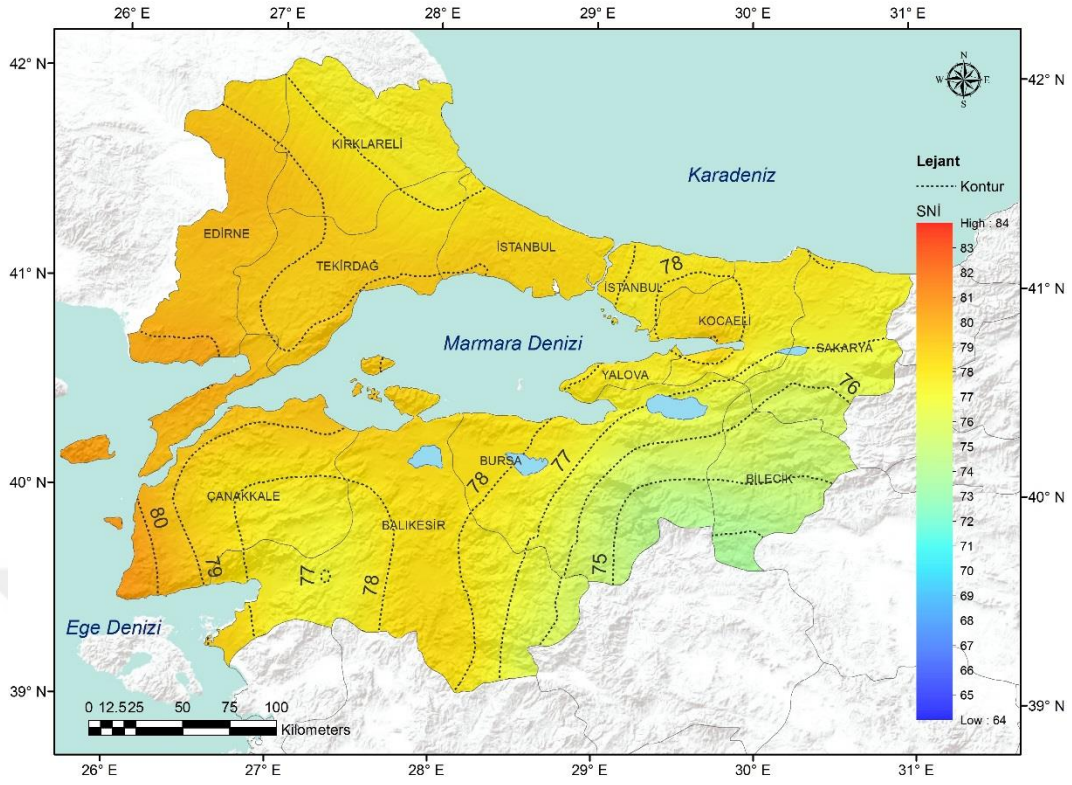
2081–2099 dönemi;

Bu dönemde, haziran ayı SNI değerleri 70–77 aralığında olup, en yüksek değerlerin bölgenin batısında 77 civarı, İzmit Körfezi civarında ise 76 civarında olduğu görülmektedir. Bir önceki dönemin haziran ayı ile karşılaştırıldığında genel olarak 2 birim kadar artışın olduğu belirlenmiştir. Isı stresi bakımından göreceli olarak daha elverişli olan bölgeler, bölgenin güneydoğu kesimleri ile Balıkesir-Çanakkale güney sınır hattı ve Trakya'nın kuzey kesimleridir (Şekil 4.46).

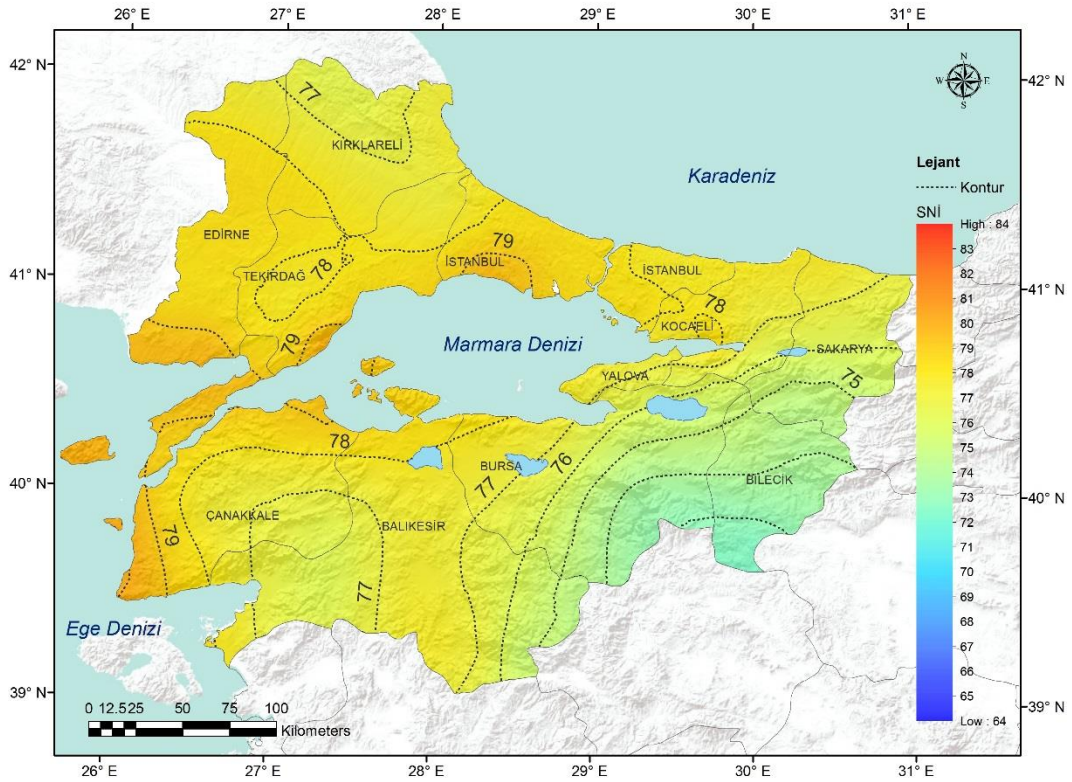


Şekil 4.46. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı SNI haritası

Temmuz ayı haritası incelendiğinde ise SNI değerlerinin 74–81 arasında değiştiği, Çanakkale'nin batısında en yüksek olduğu ve 80 birimi aştığı görülmektedir (Şekil 4.47). Ağustos ayı haritasına bakıldığında ise temmuz ayına benzer bir durum olmakla beraber değerlerin genel olarak 1–2 birim daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.48).



Şekil 4.47. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı SNI haritası

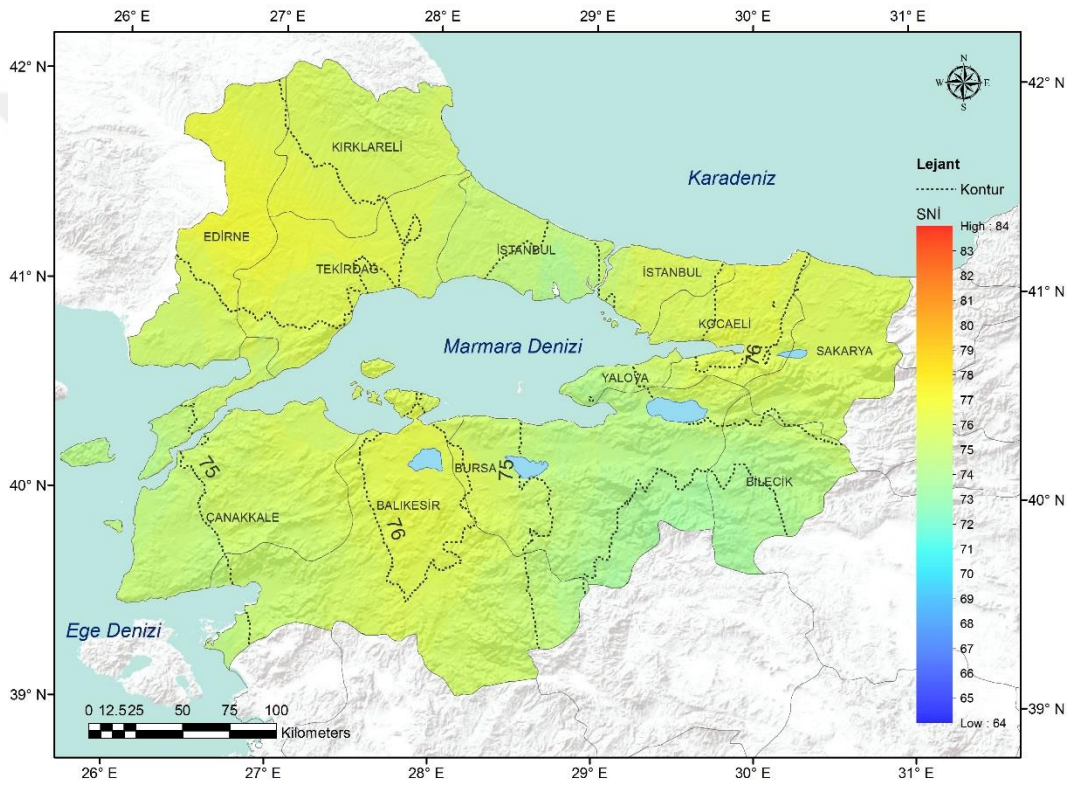


Şekil 4.48. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı SNI haritası

4.5.4. RCP8.5 senaryosuna göre günlük ortalama maksimum SNİ değerlendirilmesi

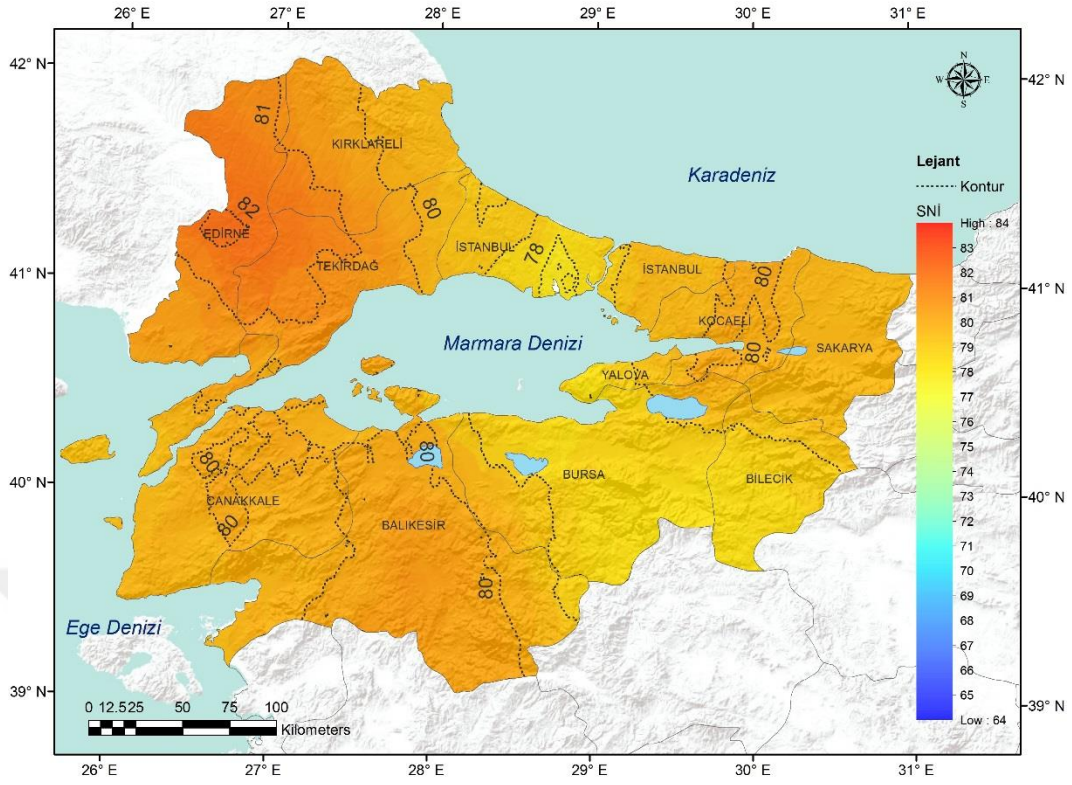
2021–2050 dönemi;

Haziran ayı maksimum SNİ değerleri Trakya'nın kuzeybatısında 77, Balıkesir'in iç kesimleri ve kuzey kesimleri ile Kocaeli'de 76 civarında olup göreceli olarak düşük olan bölgelerin İstanbul Avrupa yakası, Çanakkale'nin batısı ve Yalova'dan itibaren bölgenin güneydoğu kesimlerine doğru olan alanlar olduğu görülmektedir (Şekil 4.49).

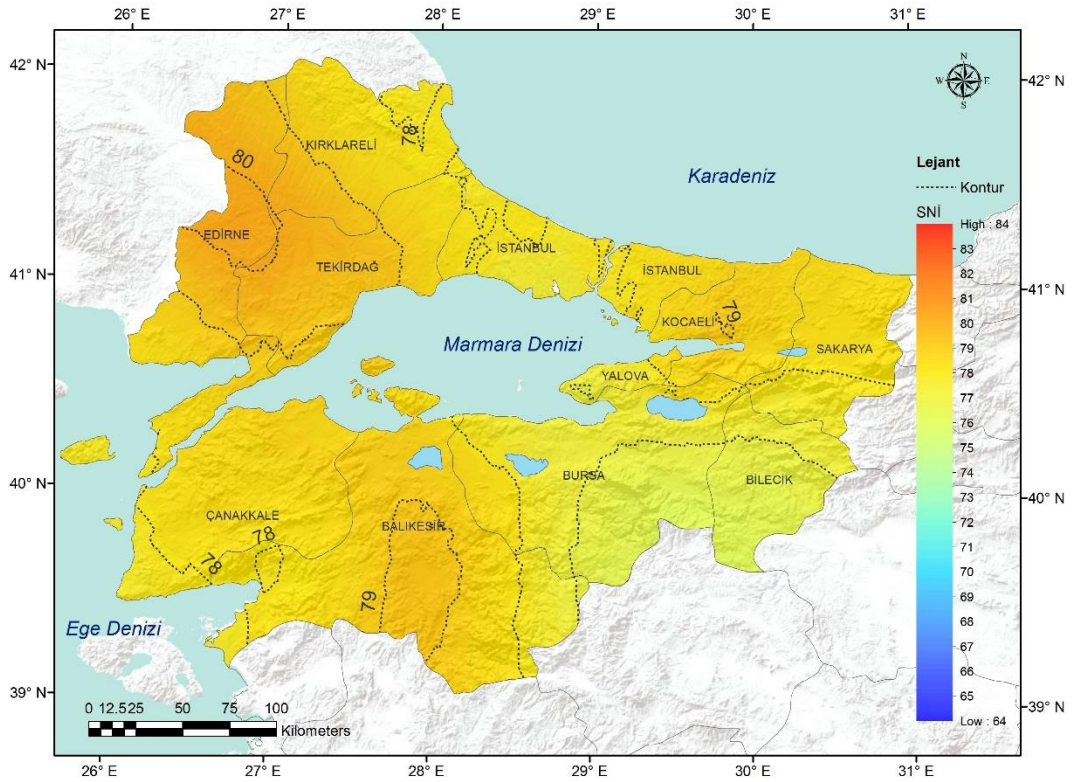


Şekil 4.49. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası

Temmuz ve ağustos ayları SNİ haritaları incelendiğinde ise SNİ değerlerinin temmuz ayında 77–82, ağustos ayında ise 76–80 arasında olduğu ve bu değerler ile tüm bölgede “hafif-orta”, “orta-şiddetli” düzeyde ısı stresi oluşacağı anlaşılmaktadır (Şekil 4.50, 4.51).



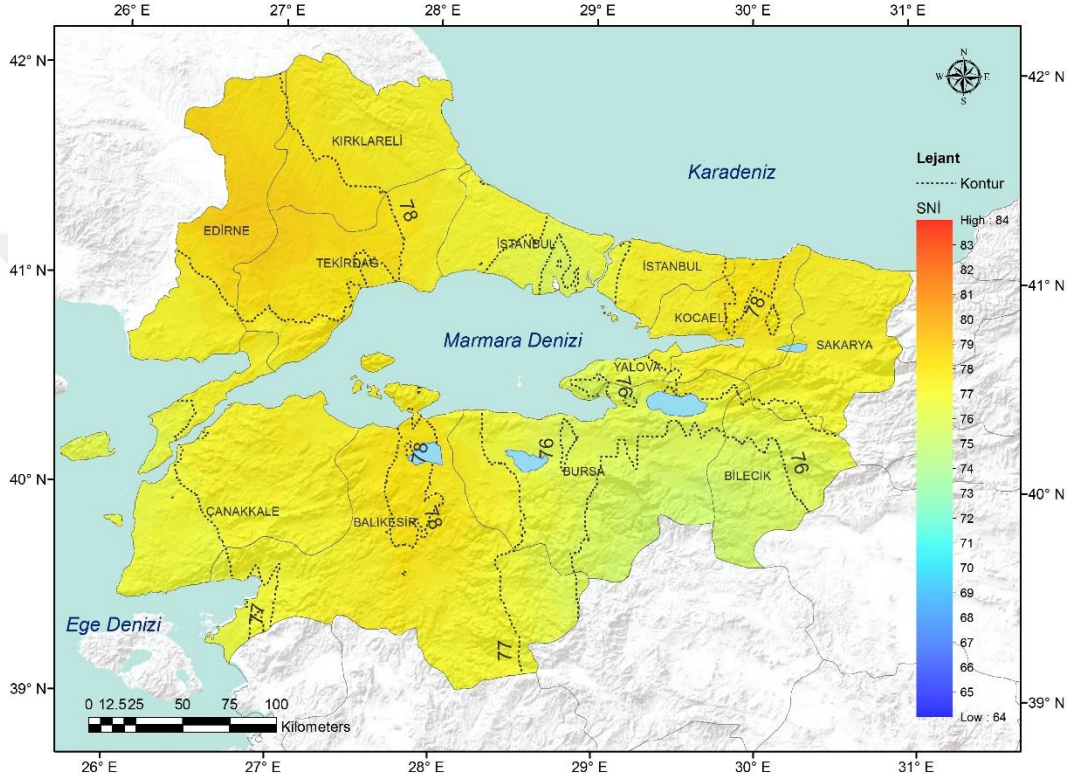
Şekil 4.50. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası



Şekil 4.51. RCP8.5 senaryosu 2021–2050 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

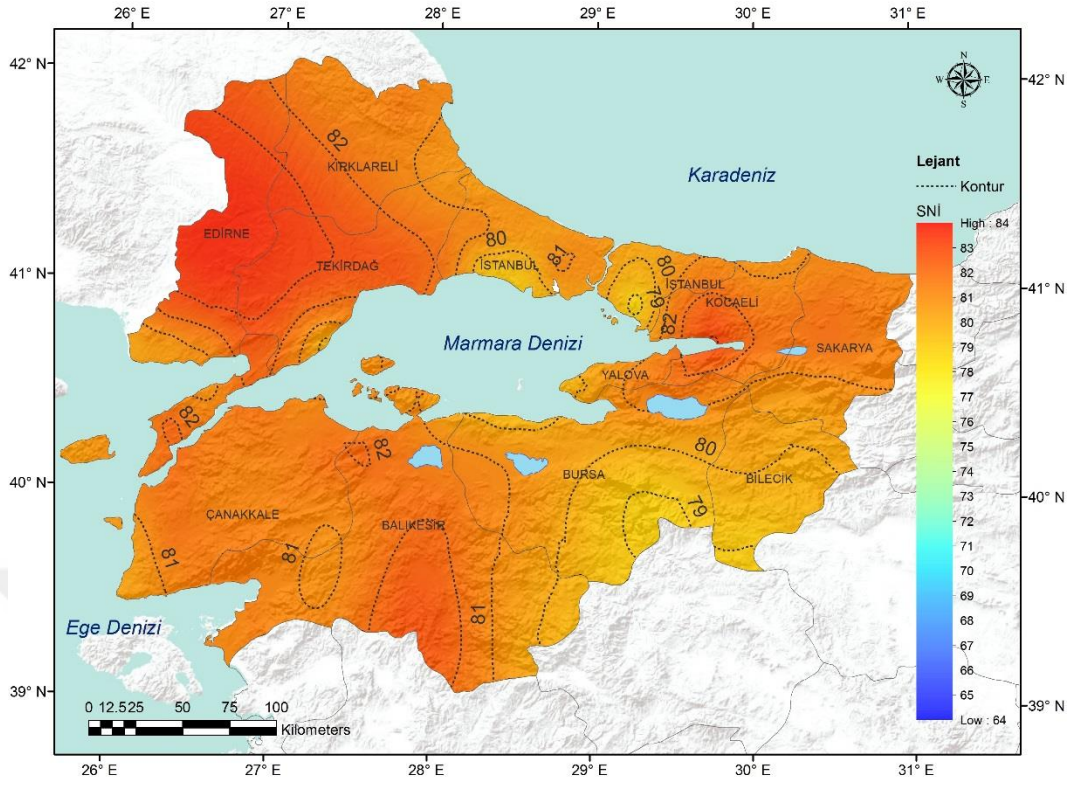
2051–2080 dönemi;

Haziran ayı SNİ haritasına göre SNİ değerlerinin, bölgenin güneydoğusunda 75, kuzeybatısında ise 79 civarında olduğu, ayrıca Balıkesir'in kuzey ve iç kesimleri ile Kocaeli'nin kuzey kesimlerinde ise 78 civarında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.52).

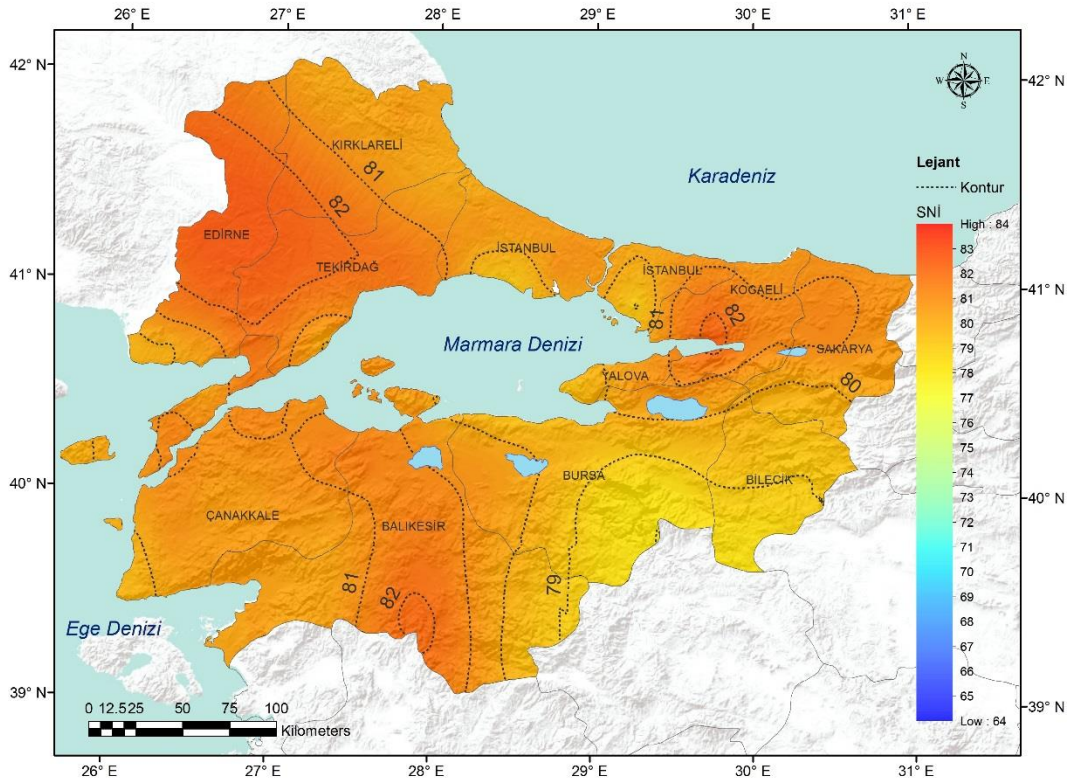


Şekil 4.52. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası

Temmuz ve ağustos aylarına göre ise SNİ değerleri sırasıyla 77–84 ve 78–83 arasında değişmektedir (Şekil 4.53, 4.54). Her iki ayda da en yüksek değerler, Trakya'nın kuzeybatısı, İzmit Körfezi civarı ve Balıkesir'in iç ve güney kesimlerinde görülmektedir. Göreceli olarak daha düşük SNİ değerleri ise bölgenin güneydoğusundan Marmara Denizi'ne kadar olan alanlar, İstanbul'un Anadolu yakası ve Avrupa yakasının Marmara Denizi'ne kıyı olan kesimlerinde görülmektedir.



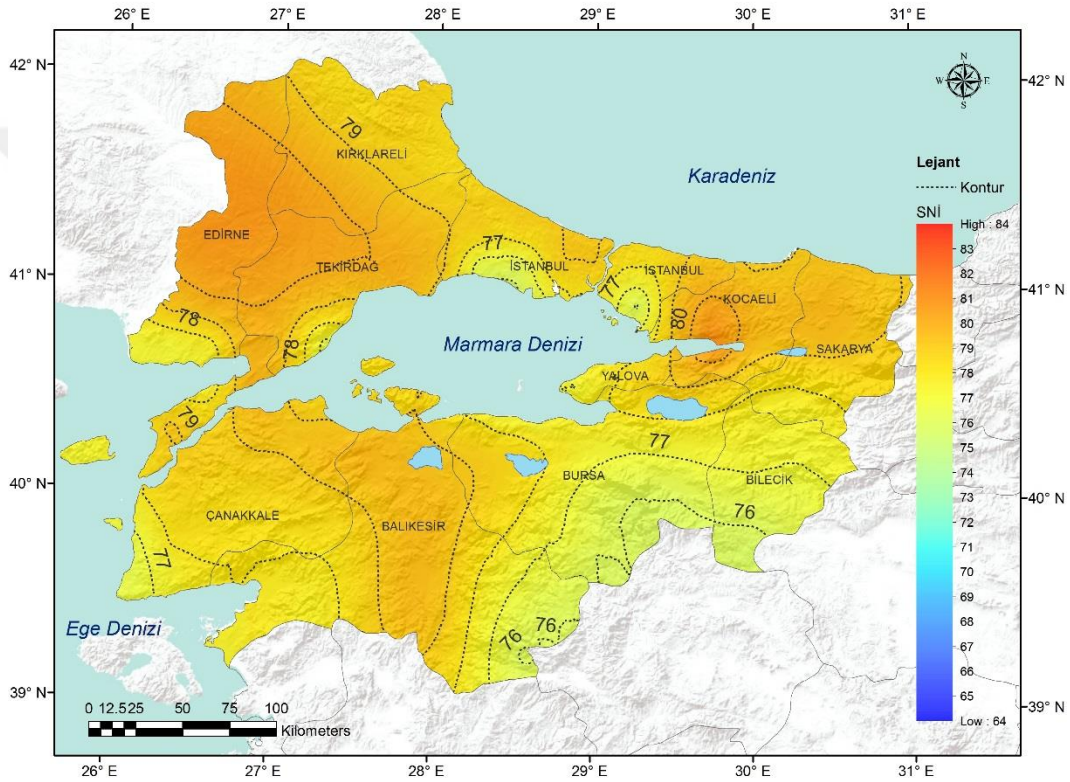
Şekil 4.53. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası



Şekil 4.54. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

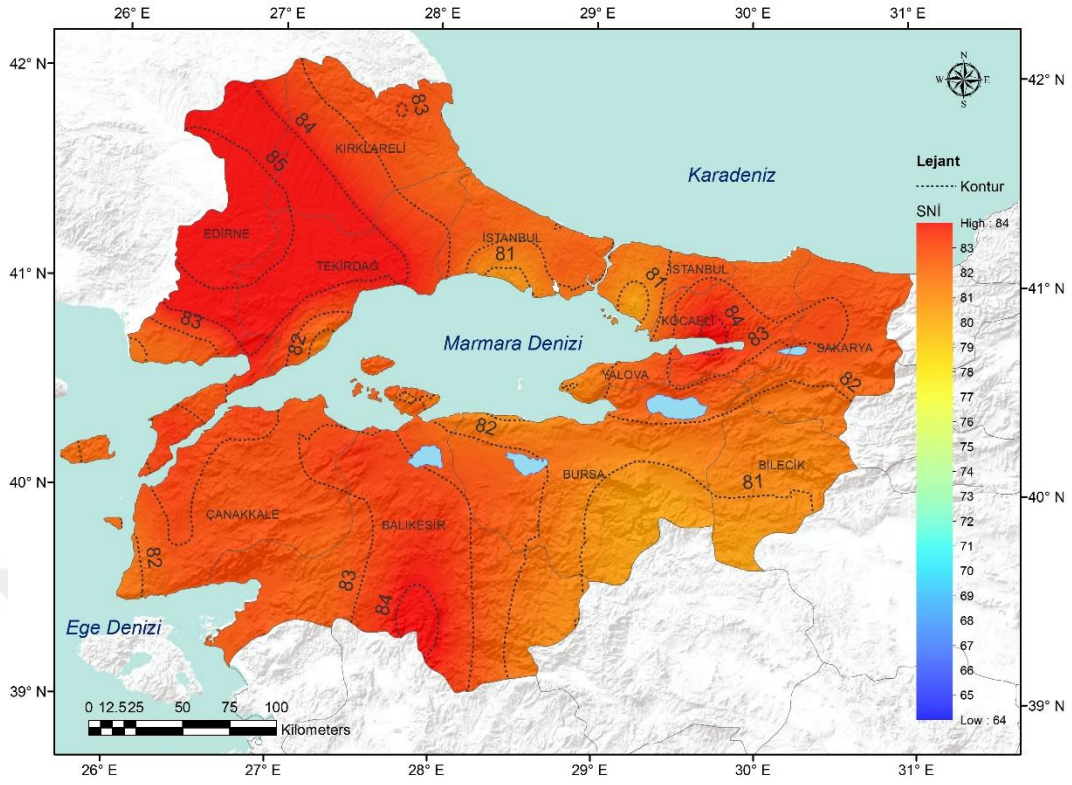
2081–2099 dönemi;

Haziran ayı maksimum SNİ haritasında en yüksek değerlerin Trakya'nın kuzey batısında ve İzmit Körfezi civarında olduğu ve 80 birimi aştığı görülmektedir (Şekil 4.55). Daha düşük değerlerin ise bölgenin güneydoğusunda, Çanakkale'nin güneybatısında, Trakya'nın Ege Denizi'ne kıyı olan kesimlerinde ve İstanbul'un Marmara Denizi'ne kıyı kesimlerinde olduğu belirlenmiştir.

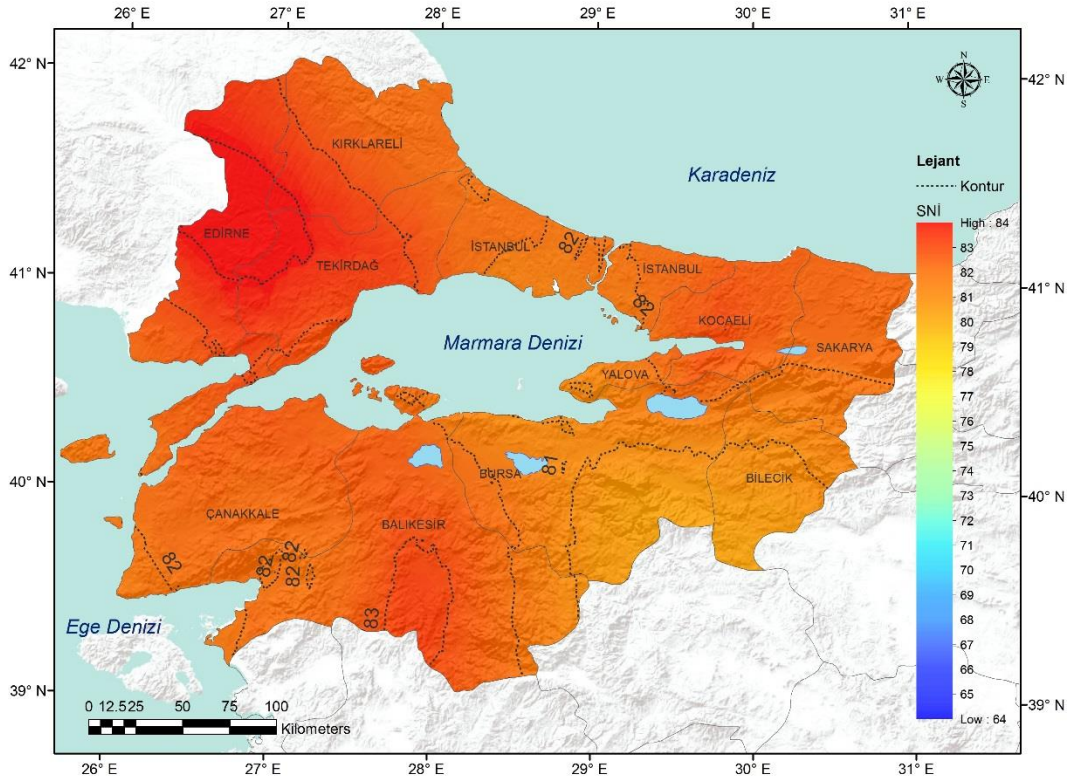


Şekil 4.55. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi haziran ayı maksimum SNİ haritası

Temmuz ve ağustos aylarına bakıldığında ise Trakya'nın kuzeybatısında temmuz ayı için SNİ değerlerinin en yüksek 85, ağustos ayı için ise 84 birimi aştığı görülmektedir (Şekil 4.56, 4.57). Ayrıca İzmit Körfezi civarı ve Balıkesir'in güney kesimlerinde SNİ değerleri temmuz ve ağustos ayları için sırasıyla 83 ve 84 birimi geçmektedir. Bölgenin büyük çoğunluğunda ısı stresinin “orta-şiddetli” seviyesinde olduğu ve göreceli olarak ısı stresinin daha düşük olduğu yerlerin bölgenin güneydoğusundan Marmara Denizi'ne doğru olan alanlar olduğu görülmektedir.



Şekil 4.56. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi temmuz ayı maksimum SNI haritası



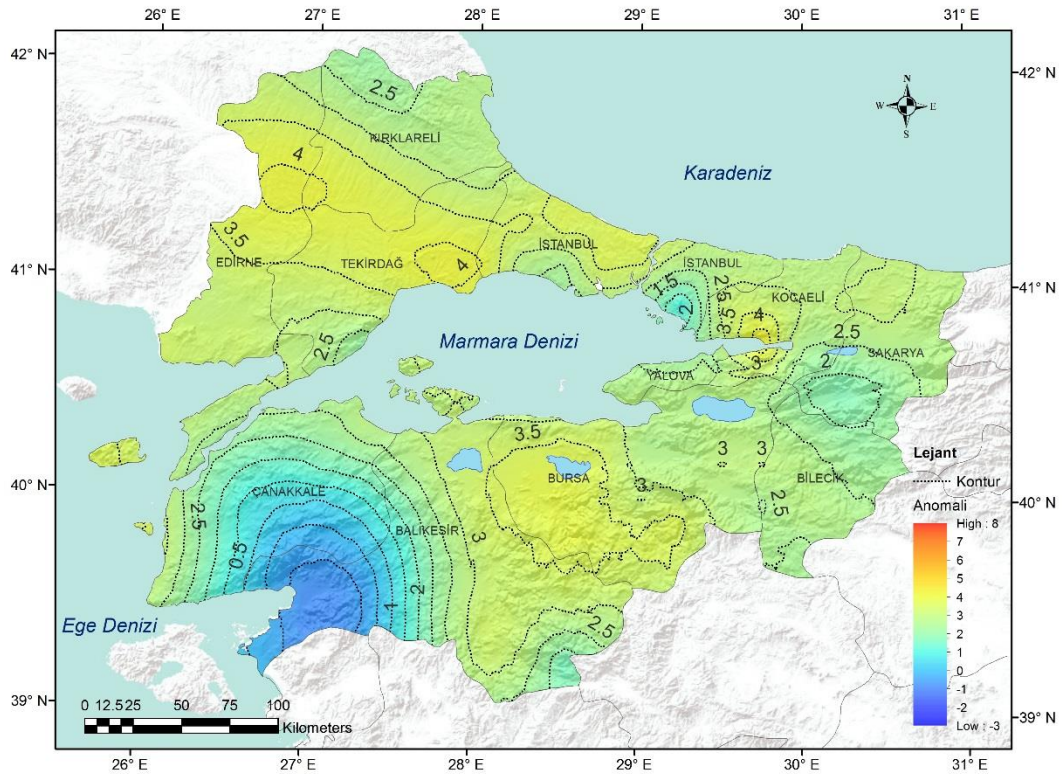
Şekil 4.57. RCP8.5 senaryosu 2081–2099 dönemi ağustos ayı maksimum SNI haritası

4.5.5. Projeksiyonlar ile gözlem verilerine ait SNİ verilerinin karşılaştırılması

Projeksiyonlar ile elde edilen meteorolojik verilerden hesaplanan SNİ verileri ile gözlem sonucunda ölçülmüş meteorolojik veriler ile hesaplanan SNİ verileri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için referans olarak seçilen 1981–2010 iklim normali dönemine ait SNİ verileri ile WMO'ya göre yüzyılın son standart iklim normali dönemi olan 2051–2080 (Anonim 2016a) dönemi için RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre hesaplanan SNİ verileri kullanılmıştır.

RCP4.5 senaryosuna göre 2051–2080 dönemi ortalama SNİ verilerinin 1981–2010 referans dönemine göre karşılaştırılması;

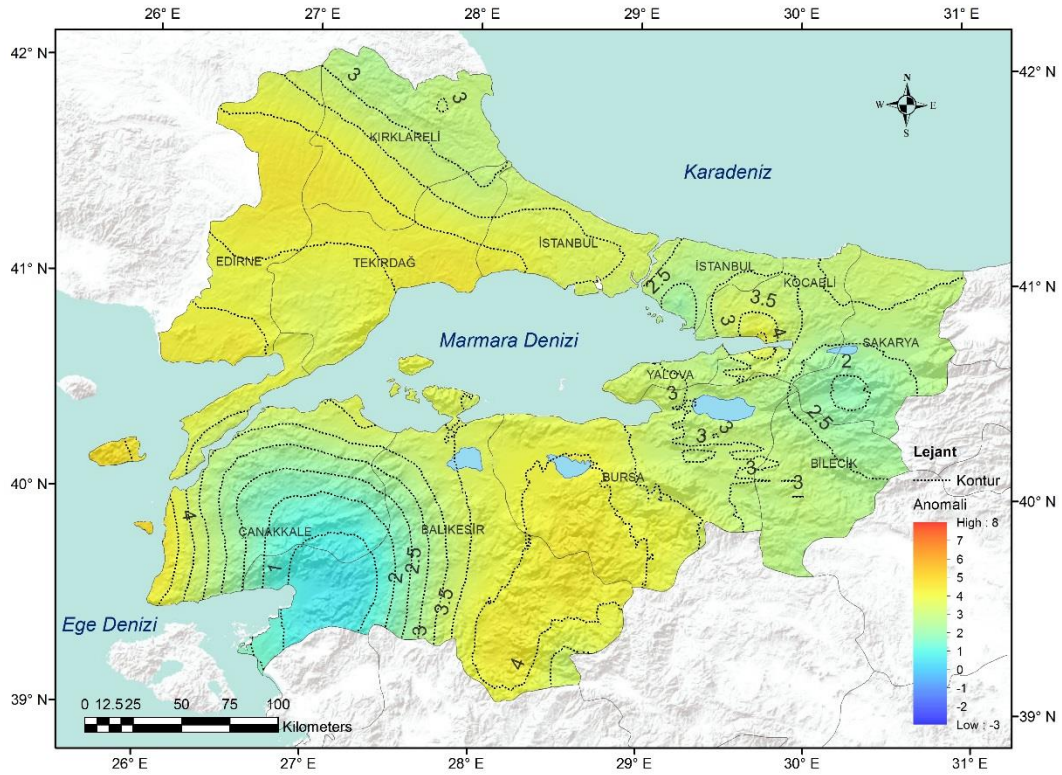
Orta dereceli senaryo olan RCP4.5'e göre 2051–2080 iklim normali dönemi için 1981–2010 dönemi referans alınarak hesaplanan SNİ anomali haritalarına bakıldığında, haziran ayı için Trakya bölgesinin iç kesimleri, Bursa ve Kocaeli çevrelerinde artışların en yüksek olduğu, bölgenin güneybatı kesimlerinde ise artışların azaldığı hatta dar bir alanda da olsa azalış olduğu görülmektedir (Şekil 4.58).



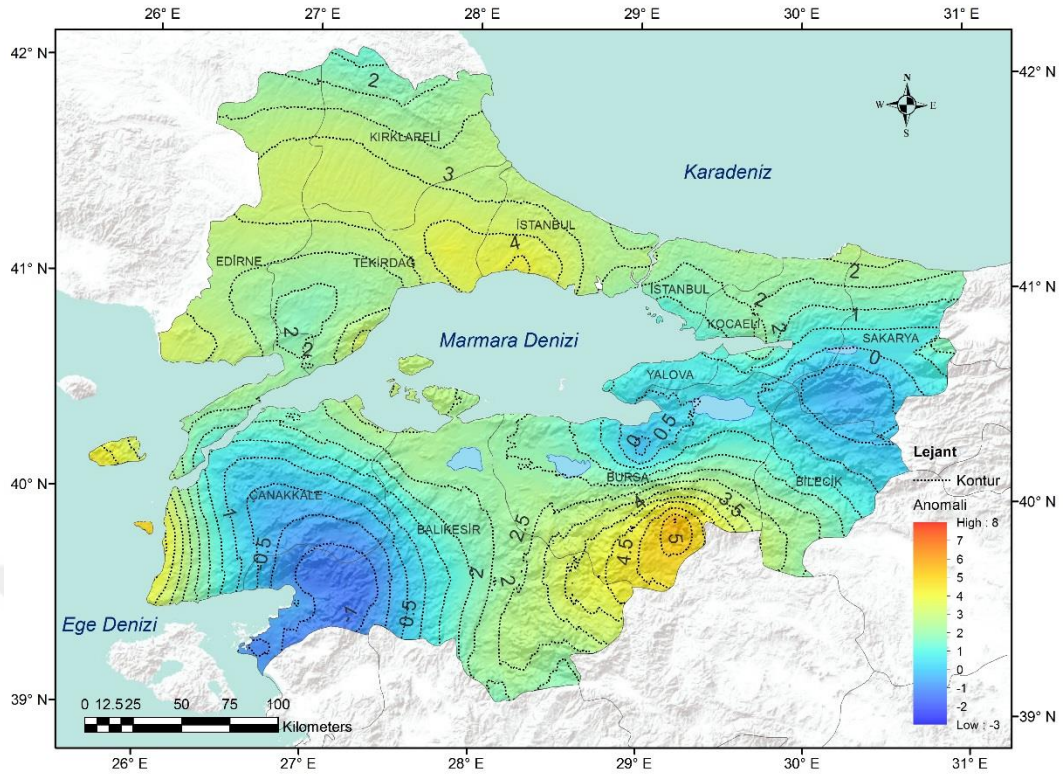
Şekil 4.58. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ anomali

Temmuz ayı incelendiğinde SNİ değerlerindeki artışların en yüksek Trakya'nın iç kesimleri, Çanakkale'nin batı kıyıları Bursa ve Kocaeli çevrelerinde en yüksek, bölgenin güneybatı kesimlerinde (Balıkesir-Çanakkale sınırı) en düşük düzeyde olduğu görülmektedir (Şekil 4.59). Farkların en yüksek 4,9 en düşük de 0,6 birim olduğu anlaşılmaktadır.

Ağustos ayı SNİ anomali haritasına bakıldığında ise SNİ değerlerindeki artışların Bursa'nın güneyinde en yüksek düzeyde olduğu ve 5 birimi geçtiği görülmekte olup, ayrıca İstanbul'un Avrupa yakasının Marmara Denizi'ne kıyılı olan kesimleri ile bölgenin batı kıyılı kesimlerinde görece yüksek olduğu, bölgenin güneybatı kesimlerinde ise 1 birimi geçen azalışların olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.60).



Şekil 4.59. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ anomali

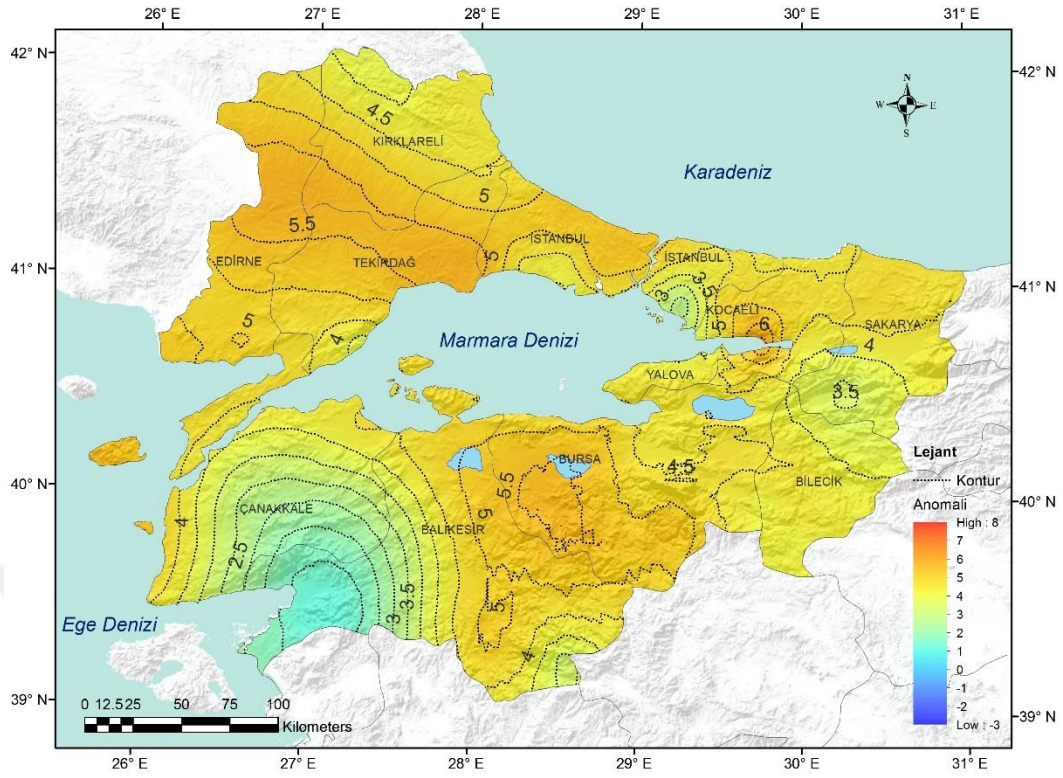


Şekil 4.60. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ anomalisi

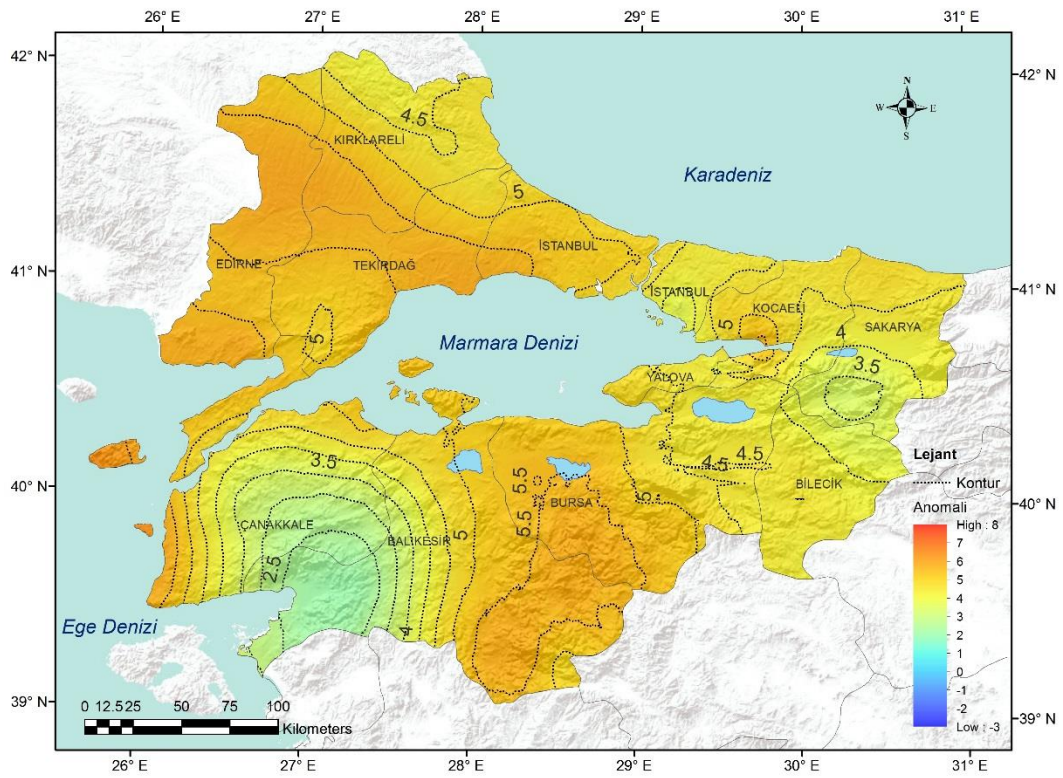
RCP8.5 senaryosuna göre 2051–2080 dönemi ortalama SNİ verilerinin 1981–2010 referans dönemine göre karşılaştırılması;

Kötümser senaryo RCP8.5 ile hazırlanan haziran ayı ortalama SNİ anomalisi haritası incelendiğinde tüm bölge genelinde SNİ değerlerinde artışların olduğu ve değerlerin yaklaşık 1 ile 6 birim arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.61). Artışların en yüksek Trakya'nın iç kesimlerinde, Kocaeli ve Bursa çevrelerinde olduğu, en düşük ise bölgenin güneybatı kesimlerinde olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca artışların, Trakya'nın kuzeyi, İstanbul Anadolu Yakası'nın Marmara Denizi'ne kıyı olan kesimleri ve Bilecik-Sakarya arasında kalan kısımda daha düşük olduğu görülmektedir.

Temmuz ayı SNİ anomalisi haritasına bakıldığında ise bölgenin tamamında artışların olduğu, en yüksek ve en düşük artışların olduğu bölgelerin haziran ayı ile benzerlik gösterdiği ve SNİ değerlerindeki artışların yaklaşık 2–6,5 birim arasında değiştiği görülmektedir (Şekil 4.62).

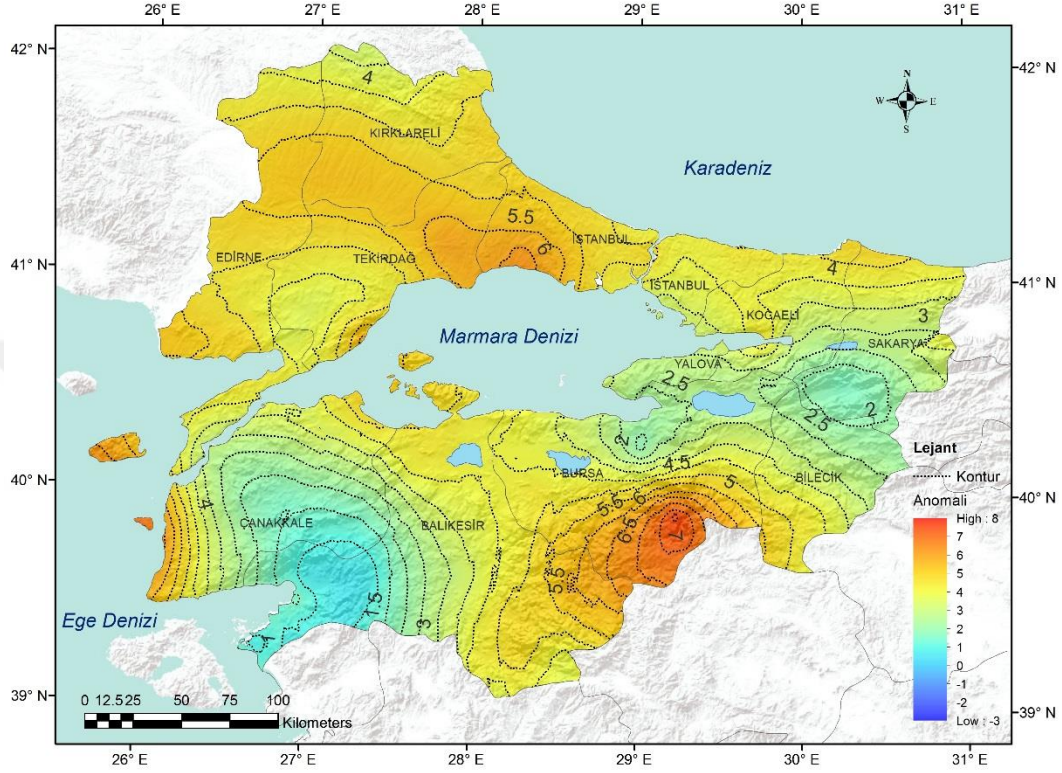


Şekil 4.61. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı SNİ anomalisi



Şekil 4.62. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı SNİ anomalisi

Ağustos ayı incelendiğinde ise SNİ değerlerindeki artışların, Bursa'nın güneyinde 7 birimi geçtiği İstanbul Avrupa yakasının güneyinde 6 civarında olduğu göreceli olarak bölgenin güneybatısı ile doğu kesimlerinde daha az olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.63).

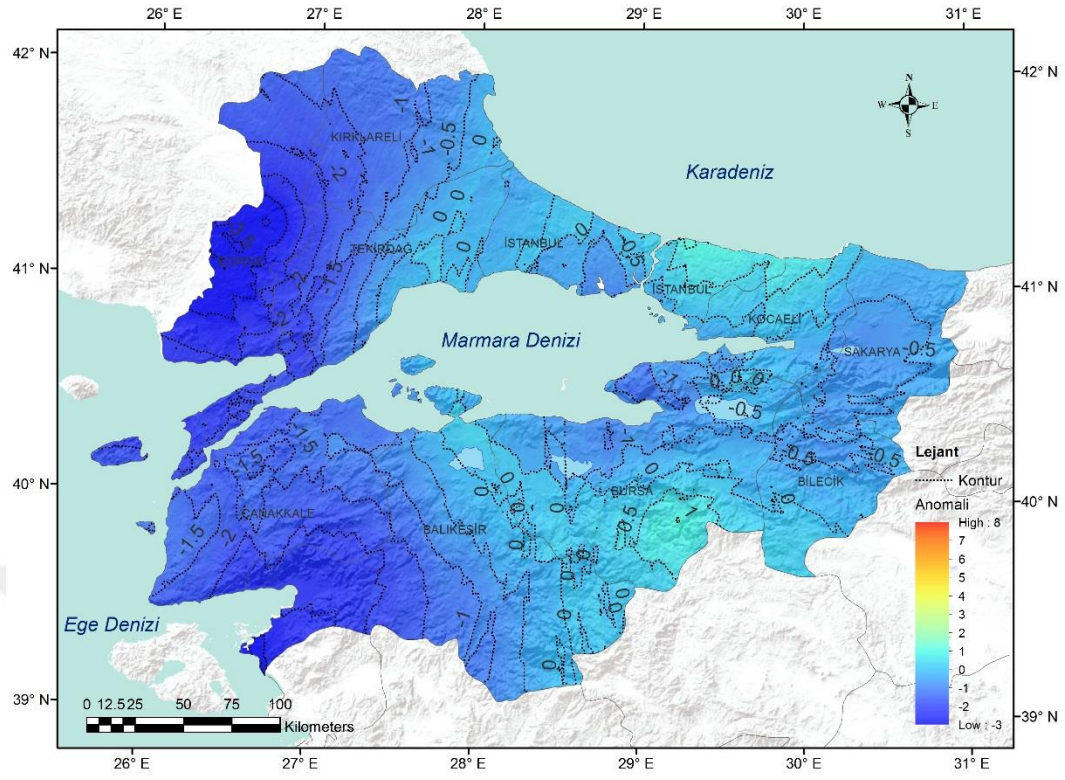


Şekil 4.63. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı SNİ anomalisi

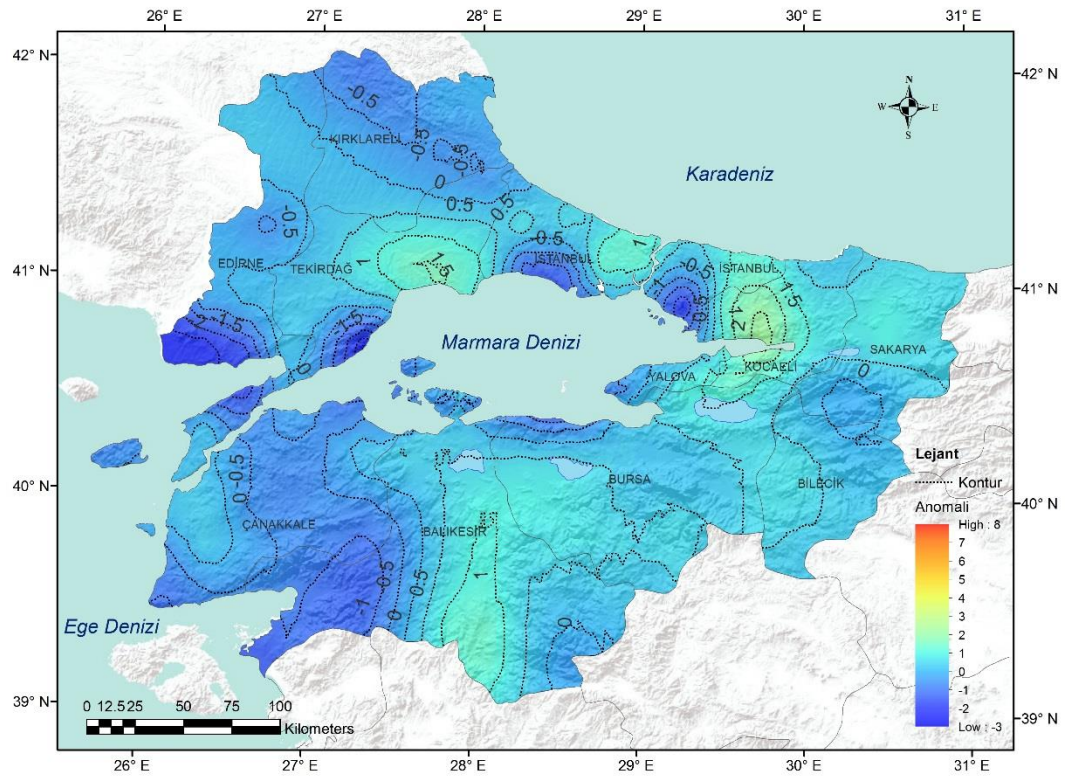
RCP4.5 senaryosuna göre 2051–2080 dönemi ortalama maksimum SNİ verilerinin 1981–2010 referans dönemine göre karşılaştırılması;

RCP4.5 senaryosu haziran ayı ortalama maksimum SNİ haritası incelendiğinde, SNİ değerlerinde artıştan çok azalışların olduğu görülmektedir. Artışların Bursa çevresi, İstanbul Anadolu yakasının ve Kocaeli'nin kuzeyinde olduğu, en fazla azalışın da Trakya'nı batısı ile bölgenin güneybatısında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.64).

Temmuz ayı ele alındığında SNİ değerlerinde Tekirdağ'ın güneydoğu kesimleri, İstanbul-Avrupa yakasının kuzeyi, İstanbul-Anadolu yakasının doğusu, Kocaeli çevreleri ve Balıkesir'in iç ve güneydoğu kesimlerinde artış olduğu, bölgenin diğer kısımlarında ise azalış olduğu görülmektedir (Şekil 4.65).

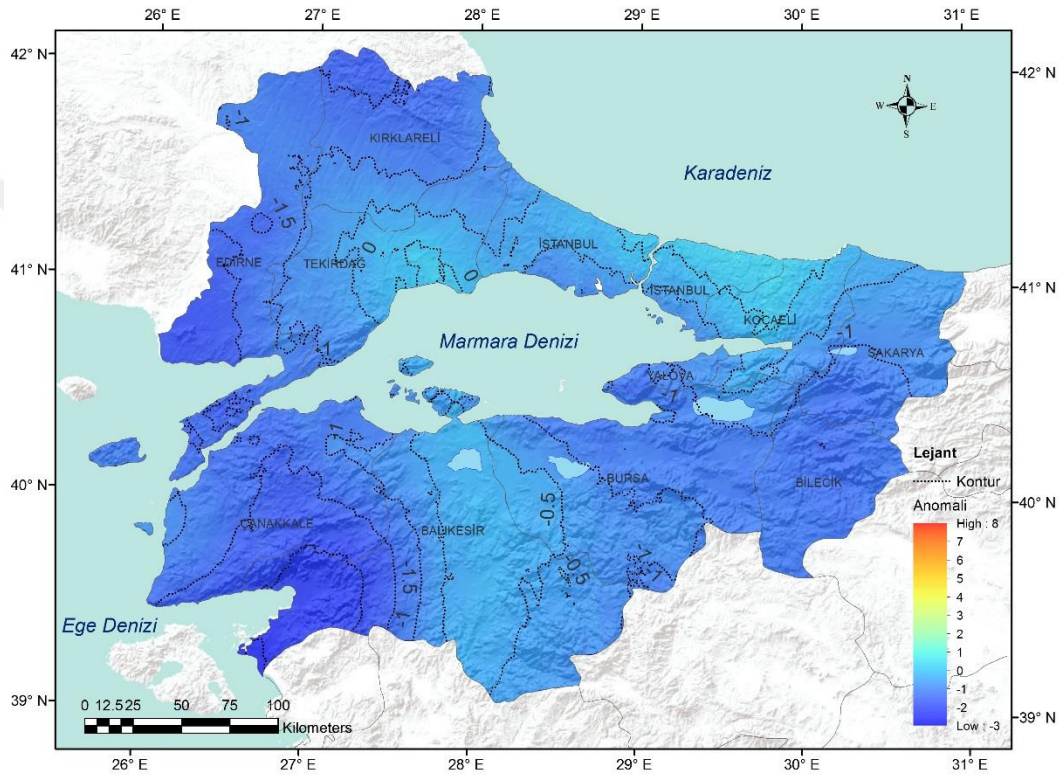


Şekil 4.64. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ anomali



Şekil 4.65. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNİ anomalisi

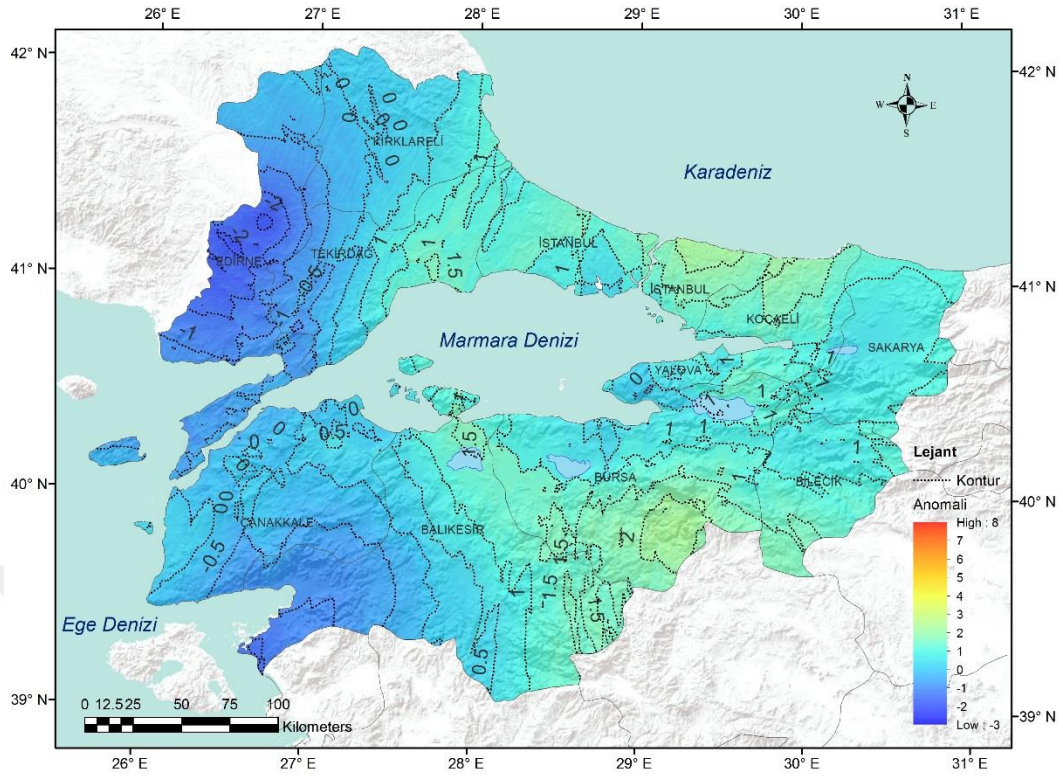
Ağustos ayı maksimum ortalamalarına göre SNİ anomali haritası incelendiğinde ise İstanbul-Anadolu yakası ve Kocaeli civarı ile Tekirdağ'ın güney kesimlerinde dar bir bölge dışında SNİ değerlerinde 1981–2010 ortalama değerlerine göre azalış olduğu görülmektedir (Şekil 4.66).



Şekil 4.66. RCP4.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ anomalisi

RCP8.5 senaryosuna göre 2051–2080 dönemi ortalama maksimum SNİ verilerinin 1981–2010 referans dönemine göre karşılaştırılması;

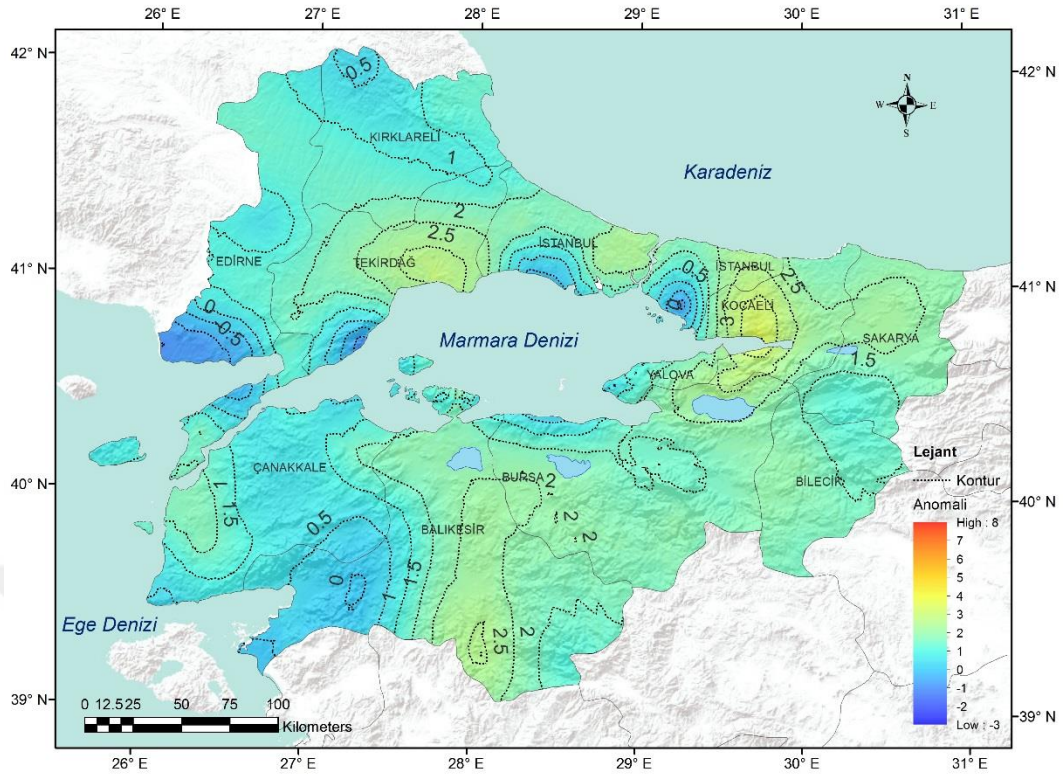
RCP8.5 senaryosu haziran ayı ortalama maksimum SNİ haritasında, bölgenin kuzeybatısında Edirne, Kırklareli-Tekirdağ hattının batısı ve Çanakkale'nin güney kesimlerinde SNİ değerlerinde azalışların, bölgenin diğer kesimlerinde de artışların olduğu görülmektedir. Artışların, en yüksek bölgenin güneydoğusunda; azalışların ise en çok bölgenin kuzeybatısında olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.67).



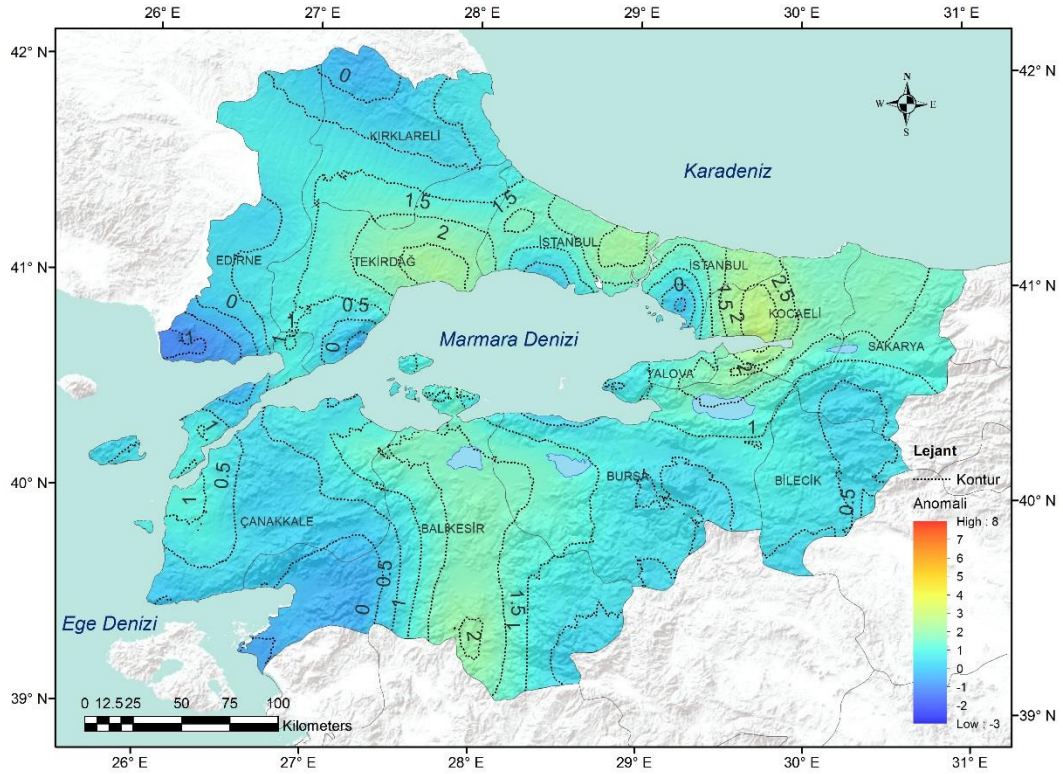
Şekil 4.67. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi haziran ayı maksimum SNİ anomalisi

Temmuz ayı haritası incelendiğinde Kocaeli, Balıkesir'in güneyinde ve Tekirdağ civarında SNİ değerlerindeki artışların en yüksek olduğu; Trakya'nın Ege Denizi'ne kıyı kesimlerinde, İstanbul'un Marmara Denizi'ne kıyı bazı bölgelerinde ve Tekirdağ-Çanakkale sınır bölgesinde ise azalışların olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.68).

Ağustos ayı incelendiğinde ise temmuz ayına benzer bir durum olduğu, SNİ değerlerindeki azalış ve artışların göreceli olarak daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 4.69). En yüksek artışların, Kocaeli, Tekirdağ çevresi, İstanbul'un kuzey kesimleri, Balıkesir'in iç ve güney kesimlerinde olduğu anlaşılmaktadır. Azalışların ise en çok Trakya bölgesinin Ege Denizi'ne yakın kesimlerinde olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.68. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi temmuz ayı maksimum SNI anomalisi



Şekil 4.69. RCP8.5 senaryosu 2051–2080 dönemi ağustos ayı maksimum SNİ anomalisi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sonuç olarak, süt sığırları için ısı stresinin en şiddetli görüldüğü yaz dönemi için elde edilen SNİ haritalarından, bölgenin ısı stresi bakımından elverişli ve elverişsiz kesimleri aylık dönemler halinde belirlenmiştir. Ayrıca, küresel ve bölgesel iklim modeli ve senaryolara göre projeksiyon verilerinden yararlanarak küresel iklim değişikliğinin yüzyılın sonuna kadar bölgede ısı stresi bakımından etkileri belirlenmiştir.

Uzun yıllar SNİ ortalamalarına göre yaz mevsiminde günlük ortalama SNİ değerlerinin, haziran ayında Marmara Bölgesi'nin genelinde kritik seviyenin ($SNİ \geq 72$) altında olduğu belirlenmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında ise günlük ortalama SNİ değerlerinin, Marmara Bölgesi'nin kuzey, doğu ve güneydoğu kesimleri dışında kalan kısımlarında kritik eşik değerin üzerinde olduğu, özellikle bölgenin güneybatısında en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir.

Günlük ortalama maksimum SNİ verilerine göre hazırlanan haritalara bakıldığında ise SNİ kritik eşik seviyesi her üç ay için de aşılmaktadır. Özellikle Trakya'nın batısında, Çanakkale, Balıkesir, Yalova, Kocaeli ve Sakarya bölgelerinde SNİ değerlerinin “şiddetli stres” seviyesine çıktığı görülmektedir. Bölgenin güneydoğu ve kuzey kesimlerinin ise ısı stresi bakımından görece daha elverişli olduğu anlaşılmaktadır.

Bölgeyi temsil eden meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler ile hesaplanan SNİ verilerinin eğilim analizlerine bakıldığında, Marmara Bölgesi'nin genel ortalamasında, istatistiksel olarak çok yüksek önemlilik düzeyinde ($\alpha=0,001$) artış olduğu bulunmuştur. Hem günlük ortalama SNİ, hem de günlük ortalama maksimum SNİ değerlerine göre her üç ay için de çok yüksek önemlilik düzeyinde artışlar olduğu belirlenmiştir.

Marmara Bölgesi'nde ısı stresine bağlı olarak ortalama süt kayıpları sığır başına günlük, haziran, temmuz ve ağustos ayları için sırasıyla 1,61, 4,11 ve 3,87 kg olarak bulunmuştur. Bölge genelinde, haziran, temmuz ve ağustos ayları için toplam günlük

ekonomik kayıplar, güncel çiğ süt fiyatlarına (Anonim 2017b) göre sırasıyla, 1 364 171, 3 482 450, 3 279 095 ₺ olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada, SNİ hesaplamalarında günlük ortalama sıcaklık ve bağıl nem kullanılarak elde edilen değerlerin, gün içinde ısı stresinin seviyesini ve etki süresini göstermede yetersiz kaldığı anlaşılmaktadır. Günlük ortalama SNİ verileri yerine, günlük maksimum SNİ verilerinin ısı stresinin büyüklüğünü ve süresini belirlemede daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Genellikle gün içerisinde maksimum sıcaklığın gerçekleştiği saatlerde, SNİ değerlerinin de maksimum seviyeye çıktığı ve kritik SNİ eşik değerlerinin aşıldığı toplam etki süresinin de önemli seviyelere ulaştığı belirlenmiştir. Yaslıoğlu ve İlhan (2016), Güney Marmara Bölgesi'nde Balıkesir, Bursa ve Çanakkale illerini kapsayan bir çalışmada, yaz döneminde ısı stresinin seviyesini ve süt verim kayıplarını belirlemede günlük maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nem verilerinden hesapladıkları SNİ değerlerinin, gün içinde en yüksek 14–18 yerel saatleri arasında olduğunu bulmuşlardır.

St-Pierre ve ark (2003), ABD'de çiftlik hayvanlarında ısı stresine bağlı verim ve ekonomik kayıpları, Güler (2014) ise Türkiye'nin kuzeyinde Samsun, Amasya, Çorum, Tokat bölgelerinde süt sığırları için ısı stresinin seviyesini belirlemek için günlük maksimum SNİ değerlerini hesaplamışlar ve kullanmışlardır. Ravagnola ve ark. (2000), ABD'nin güneydoğusunda süt sığırlarında ısı stresinin genetik bileşenleri ve ısı indeksi fonksiyonunun geliştirilmesi konulu çalışmalarında ısı stresini temsil etmede maksimum SNİ değerlerinin önemli olduğunu belirtmişler ve hesaplamışlardır. Yine, Ravagnola ve Misztal (2002), Georgia, Tennessee ve Florida bölgelerinde siyah alaca sığırlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada maksimum SNİ değerlerini hesaplamak için günlük maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nemi kullanmışlardır.

Yaslıoğlu ve Arıcı (2005) birim hayvan başına süt veriminin artırılmasının, genetik olarak süt verim yeteneği yüksek kültür ırkı sığırlarına uygun çevre koşullarının sağlanması ile mümkün olacağını belirtmişlerdir. Çevre koşullarının başında iklim parametrelerinin gelmesi sıcaklık-nem indeksinin (SNİ) önemini ortaya koymaktadır. Bu bakımdan süt sığırcılığı yetiştiriciliğinin yoğun yapıldığı bölgelerde SNİ hesaplamalarının yapılması ve SNİ haritalarının çıkarılması, yeni çiftliklerin planlaması

ve mevcut çiftlikler için de önlem alınması bakımından yararlı olacaktır. Yer seçiminde SNİ bakımından risksiz veya daha düşük riskli yerlerin tercih edilmesi ileride ısı stresine bağlı süt verimindeki azalmaları en aza indirecektir. Mevcut işletmeler, bölgedeki ısı stresinin şiddetini göz önünde bulundurarak bir takım stres azaltıcı önlemler alma konusunda daha bilinçli adımlar atacaktır.

Hükümetler Arası İklim Paneli (IPCC) (2014) Beşinci Sentez Raporunda, en iyimser ve en kötümser senaryolara (RCP2.6 ve RCP8.5) ve sıcaklık projeksiyonlarına göre, Marmara Bölgesi'nde sıcaklıklardaki artışın, 1986–2005 normallerine göre 2081–2100 döneminde sırasıyla, 1–1,5 °C ve 4–5 °C arasında olacağı belirtilmektedir.

Ayrıca, IPCC (2014) Beşinci Sentez Raporunda, dünya genelinde küresel yer sıcaklıklarındaki değişimin, 21. yüzyılın sonuna kadar (2081–2100), 1850–1900 dönemine ve RCP4.5, RCP6.0 ve RCP8.5 senaryolarına göre 1,5 °C'yi (yüksek güven aralığında) aşacağını öngörülmesi belirtilmektedir. Küresel yer sıcaklıklarının, RCP6.0 ve RCP8.5 için yüksek güven aralığında, RCP4.5 için ise orta derece güven aralığında 2 °C'yi aşma olasılığı olduğu bildirilmektedir.

Marmara bölgesi uzun yıllar sıcaklık ve bağıl nem ortalamaları sonucunda hesaplanan SNİ değerlerinin yaz dönemi için yapılan eğilim testleri de SNİ değerlerinde istatistiksel olarak önemli düzeyde artış olduğunu göstermektedir.

Küresel iklim modellerinden HadGEM2-ES ve bölgesel iklim modeli RegCM4.3.4 ile elde edilen projeksiyonlar, gelecekte küresel ısınma ve iklim değişikliğine bağlı olarak SNİ değerlerinde 1981–2010 referans dönemine göre değişimlerin ve çoğunlukla artışların olacağını göstermektedir. Söz konusu artışların, Marmara Bölgesi genel ortalamasına göre günlük ortalama SNİ değerleri için en düşük, RCP4.5 senaryosuna göre 2021–2050 döneminde haziran ayı için 0,2 birim; en yüksek ise RCP8.5 senaryosuna göre 2081–2099 döneminde haziran ve temmuz ayları için 5,7 birim olduğu belirlenmiştir. Günlük ortalama maksimum SNİ değerleri için RCP4.5 senaryosuna göre 2021–2050 döneminde ağustos ayında -2,0 birimlik değişim yani

azalma, RCP8.5 senaryosuna göre 2081–2099 dönemi için temmuz ayında ise 2,9 birimlik artışın olduğu bulunmuştur.

İklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın devam etmesinin, tüm canlılar gibi süt sığırlarını da olumsuz etkileyeceği ortadadır.

Marmara Bölgesi'nde, süt sığırları için yaz döneminde ısı stresi koşullarının olduğu belirlenmiş olup gelecekte de ısı stresinin artarak devam edeceği öngörülmektedir. Bölgedeki çiftlik sahipleri ve üreticiler için ısı stresi bakımından riskli bölgelerde stresi azaltmada alınabilecek önlemler genel hatları ile aşağıda belirtilmiştir.

Isı stresini azaltmada alınabilecek önlemler, pasif ve aktif önlemler olarak iki gruba ayrılabilir. Burada önemli olan çiftliklerde alınacak önlemlerin ekonomik olarak iyi analiz edilmesi ve ısı stresinin etkilerini azaltmada oluşacak ek maliyetin, verimde meydana gelecek artışın ekonomik boyutundan küçük olmasıdır.

Pasif yöntemler

Gölgelendirme yapıları: Pasif yöntemlerden gölgelendirme, uygulanması en kolay ve ekonomik olan yöntemlerden biri olmasına rağmen, bu çalışmada SNİ hesaplamalarında gölgede ölçülen sıcaklıklar kullanıldığı ve çevre sıcaklığını etkilemeyeceği için etkili bir çözüm olmayacaktır. Yine de gölgelendirme ile ısı stresinin doğrudan güneş gören alanlara göre daha düşük olacağı gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır.

Dinçel ve Dikmen (2013), bu yöntemin, çevre sıcaklığının çok yüksek olduğu durumlarda etkinliğinin azaldığını ve Silanikove ve ark.'nın (2009) ısı stresinin süt sığırlarında verime etkisi ile ilgili çalışmalarından aktardıklarına göre, özellikle çevre sıcaklığının 32 °C'nin üzerine çıktığı koşullarda yararsız olduğunu belirtmişlerdir.

Fournel ve ark. (2017) tarafından hazırlanan nemli-karasal iklim bölgelerinde süt sığırlarında ısı stresini azaltma uygulamaları üzerine bir derleme çalışmasında, Bond ve Kelly (1955), Blackshaw ve Blackshaw (1994), iyi tasarlanmış bir gölgelik ile dış ortamda ısı yükünün %30 ve daha fazla düşürülebileceğini belirtmektedirler. Ağaçlar,

net radyasyonun, kuru termometre sıcaklığının ve rüzgâr hızının etkilerini birleştiren “siyah küre sıcaklığı” bakımından gölgelik olarak oldukça etkili olabilmektedir (Armstrong 1994, Renaudeau 2012). İki ağaç arasında gölgede ölçülen sıcaklık (29–30,2 °C), açık alanlarda ölçülen sıcaklığa (35,5 °C) göre önemli derecede düşük olmaktadır. Valtorta ve ark. (1997), Arjantin’de süt sığırlarının refahını artırmak için farklı gölgelendirme yapılarının değerlendirildiği bir çalışmada, gölgelenmiş ve gölgelenmemiş alanlarda laktasyon dönemindeki bir ineğin rektal sıcaklığının (sırasıyla 39,3 ve 40,1 °C) ve solunum hızlarının (sırasıyla dakikada 61 ve 79 nefes) önemli derecede azaldığını belirlemişlerdir.

Aşırı güneş ısısının binaya girmesini önlemek, hayvanın üzerindeki ısı yükünü azaltmaya yardımcı olabilmektedir. Göz önünde bulundurulması gereken ilk tasarım ölçütü, yapının yönlendirilmesi olmalıdır. Kuzey-güney yönelimli doğal havalandırmalı ahırlarda güneş ışığı, sabah ve öğleden sonra doğrudan girebileceğinden, doğu-batı doğrultularındaki ahırlardan daha fazla güneş radyasyonuna maruz kalmaktadır (Smith ve Harner 2012). Smith ve ark.’nın (2012) California’da yaptıkları bir deneme, doğu-batı yönünde konumlandırılan ahırlarda, kuzey-güney yönünde konumlandırılan ahırlara göre, süt sığırlarının solunum hızlarını, sabah (dakikada 4 nefes) ve öğleden sonra (dakikada 9 nefes) oranında artırdığını göstermiştir. Ayrıca soğutma ihtiyacını ortadan kaldırmak veya azaltmak için uygun havalandırma aralıkları, pencere camları ve çıkıntılar, tenteler ve ağaçlar gibi sabit veya mevsimlik gölgelendirme seçenekleri kullanılabilir.

Çatı yalıtımı: Barınak tavanının ısı yalıtımı, barınak ortamını fiziksel olarak değiştiren ve yüksek ortam sıcaklığının olumsuz etkilerini sınırlayabilen bir diğer yöntemdir (Calegari ve ark. 2012). Fuguay ve ark. (1979) tarafından Missisipi’de yapılan bir çalışmada, açık barınağın çatısının altına yalıtım eklenmesinin, hava sıcaklığında ve siyah küre sıcaklığında sırasıyla 1,2 ve 2,0 °C, SNİ ve siyah küre-nem indeksi değerlerinde ise sırasıyla 1,3 ve 2,2 birim azalma olduğunu belirtmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada Daniel ve ark. (1973), yalıtılmış bölgedeki süt sığırlarının yem tüketiminde (0,2 kg·gün⁻¹) ve süt üretiminde (0,6 kg·gün⁻¹) artış belirlemişlerdir.

Aktif yöntemler

Hava soğutma sistemleri

Klima ve kısmi soğutma: Klima, SNİ bileşenlerinden hava sıcaklığını soğutmada ve bağıl nemi azaltmada en etkili yöntemlerden biridir. Bucklin ve ark. (2009) klimalı barınaklar ve evaporatif olarak soğutulan yağmurlama, fan ve tünel havalandırmalı barınaklardaki çevresel koşulları karşılaştırmış ve sonuçta tüm soğutma yöntemleri genellikle dış ortamdan daha konforlu koşullar sağlamıştır. Bununla birlikte, yalnızca klimalı barınak, SNİ değerinin sürekli olarak 72'nin altında kalmasını sağlamıştır.

Bölgesel veya refah sağlayıcı hava soğutma, soğutulmuş bir hava akımının hayvanların baş ve boyun bölgesine uygulanmasıdır (West 2003). Kleiber ve Regan (1935), Hahn (1962) tarafından erken dönemlerde yapılan çalışmalarda, sıcak havaya (32,2–40,5 °C) maruz kalan laktasyon dönemindeki Siyah Alaca (Holstein) süt sığırları, çevre sıcaklığından düşük (19,4–27,8 °C) hava ile baş ve boyun bölgelerine olan hava akımı ile serinletilmişlerdir. Bu çalışma, sığırların rektal sıcaklıklarının ve solunum oranlarının azaldığını göstermiştir. Yine, Canton ve ark. (1982) tarafından yapılan benzer bir çalışmada 8,5–15,5 °C sıcaklığa sahip hava ile yapılan serinletme uygulamaları sonucunda, sığırların rektal sıcaklığında ve solunum oranında etkili bir azalma bulunmuştur. Fuquay ve ark. (1979), bölgesel soğutma yapılan sığırların rektal sıcaklıklarında ve solunum oranlarında önemli derecede azalmalar olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, Roussel ve Beatty (1970), Gomila ve ark. (1977), refah sağlayıcı soğutma yöntemi ile rahatlayan süt sığırlarının süt veriminde %7–19 arasında artış olduğunu belirlemişlerdir.

Püskürtme yöntemi (sisleme ve püslama): Evaporatif soğutma sistemleri, havanın sahip olduğu enerji ile suyun buharlaşmasını sağlamaktadır. Suyun sıcak hava içerisinde buharlaşması çevreden aldığı ısı ile hava sıcaklığını düşürürken, havanın bağıl nemini yükseltmektedir (Renaudeau ve ark. 2012). Sisleme ve püslama su zerreciklerinin büyüklükleri bakımından birbirinden ayrılırlar. Sisleme ile havaya karışan su zerrecikleri fanlar tarafından oluşturulan hava akımının içerisinde hızlıca buharlaşmakta ve havanın soğumasına sebep olmaktadır. Hayvanlar vücutlarına gelen bu soğutulmuş hava ile arzu ettikleri serinliğe ulaşırlar (Shearer 1999, Jones ve Stallings 1999, Worley

1999, Anonim 2017d) Pusulama sistemleri sisleme sistemlerine göre daha büyük çapta (15–50 µm) su zerrecikleri üretmektedir ve aynı yöntemle havanın soğutulmasını sağlamaktadır (Renaudeau ve ark. 2012, Aggarwal ve Upadhyay 2013). Puslama sistemi bağıl nemin düşük olduğu Suudi Arabistan’da ve ABD’de (Kansas, Arizona, California) başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Ryan ve ark. 1992, Anderson ve ark. 2013, Ortiz ve ark. 2015). Birçok alışmada (Takamitsu ve ark. 1987, Chan ve ark. 1997, Lin ve ark. 1998, Tarazn-Herrera ve ark. 1999, Frazzi ve ark 2000, Frazzi ve ark 2002, Correa-Calderon ve ark. 2004, Boonsanit ve ark. 2012, Calegari ve ark. 2016), süt sığırlarının evre koşulları ve fizyolojik tepkilerini belirleme amacı ile açık ve puslama sistemi ile donatılmış barınaklar, fanlı ve fansız olarak karşılaştırılmıştır. Dünya genelinde, puslama teknolojisini kullanan barınaklarda evre sıcaklığı, evaporatif soğutma sistemi olmayan barınaklara göre puslama ile bağıl nem 8–50 birim artmasına rağmen 2–9 °C daha düşük olmuştur. Genel olarak puslama sistemleri SNİ değerini 1 ila 5 birim azaltmıştır (Lin ve ark. 1998, Tarazn-Herrera ve ark 1999, Brouk ve ark 2003, Boonsanit ve ark. 2012). Çeşitli araştırma çalışmalarında (Takamitsu ve ark. 1987, Lin ve ark. 1998, Tarazn-Herrera ve ark 1999, Frazzi ve ark. 2002, Calegari ve ark. 2016), puslama sistemlerinin süt verimini olumlu yönde (+1,7 kg/baş/gün) etkilediği sonucuna varılmıştır.

Marmara Bölgesi’nin göreceli olarak bağıl nemi düşük olan özellikle bölgenin deniz etkisinden uzak i, güney ve kuzeybatı kesimlerinde evaporatif soğutma yöntemleri yerinde bir tercih olacaktır. Sisleme ve puslama yöntemi, bulunduğu çevrenin bağıl nemini yükselteceği için bağıl nemin yüksek olduğu bölgelerde bu yöntemler istenilen etkiyi sağlamayabilir.

Hava akımı ile serinletme

Hava akımı, ısı stresini hafifletmede önemli bir faktör olup, konvektif ve evaporatif yollarla ısı kayıplarında etkili olmaktadır. Hayvan barınaklarında doğal veya mekanik havalandırma yönteminin yetersiz kaldığı durumlarda ilave fan sistemleriyle hava akımı yeterli düzeye çıkarılabilir.

Panel ve sepet tipi fanlar: Soğutma için genellikle panel veya sepet tipi fanlar seçilir. Tipik olarak, bu düşük hacimli ($235\text{--}470 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$), yüksek hızdaki ($1,0\text{--}2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) fanlar çapları $0,6\text{--}1,2 \text{ m}$ 'dir. Çaplarının 10 katı kadar aralıklarla ve hava akışını bir sonraki hattın hemen altındaki bir noktaya yönlendirecek şekilde aşağı doğru eğimli şekilde konumlandırılmalıdır (Smith ve Harner 2012, Holmes ve ark. 2013). Folman ve ark. (1979), Berman ve ark. (1985), Takamitsu ve ark (1987), Frazzi ve ark. (2000), Calegari ve ark. (2014), bu tip fanlarla hava akımı sağlanan açık hayvan barınaklarında süt sığırlarının rektal sıcaklıklarında ($0,4 \text{ }^\circ\text{C}$), solunum hızlarında (dakikada 11 nefes) azalma, gebe kalma oranlarında ise (%30) artma belirlemiştir. Ayrıca yem tüketimlerinde sığır başına ($0,6 \text{ kg}\cdot\text{gün}^{-1}$) ve süt verimlerinde ($1 \text{ kg}\cdot\text{gün}^{-1}$) artış olmuştur (Fournel ve ark. 2017).

Büyük tavan fanları: Sıcak havalarda havalandırma için panel veya sepet tipi fanlara alternatif olarak yüksek hacimli, düşük hızlı fanlar bulunmaktadır. Tipik olarak, $2,4\text{--}7,5 \text{ m}$ çapında tavan fanları bir barınağın uzunluğu boyunca $12\text{--}18 \text{ m}$ aralıklarla kurulur. Fanlar dakikada 50 devirde çalışmakta ve $50.000\text{--}200.000 \text{ l}\cdot\text{sn}^{-1}$ havayı taşımaktadır (Kammel ve ark. 2003, Kuczynski ve ark. 2011, Smith ve Harner 2012, Aggarwal ve Upadhyay 2013, Holmes ve ark. 2013). Bucklin ve ark. (2009) yağmurlama sistemi ile donatılmış açık taraflı bir barınak içinde tavan fanının kullanıldığı bir denemede barınak içi koşulların dış ortama göre büyük ölçüde iyileştiğini (SNİ' de 4,7 birim azalma) belirlemiştir.

Tünel tipi havalandırma: Tünel tipi havalandırma, ısı stresini azaltmak için hava akışını artıran bir başka seçenektir. Tünel tipi havalandırma sistemi ile barınaktaki havayı sığırlar üzerinde konveksiyon ile serinleme sağlayacak kadar hızla ($1\text{--}3 \text{ m}\cdot\text{sn}^{-1}$) hareket ettirecek kadar büyük fanlar ($1,2\text{--}1,8 \text{ m}$ çapında) kullanılır. Barınak içine hava hareketi, karşılıklı iki duvar üzerindeki hava giriş-çıkışını sağlayan fanlar ile olmaktadır (Smith ve Harner 2012, Anonim 2017e).

Fournel ve ark. (2017) aktardığına göre, Smith ve ark. (2006), Chaiyabutr ve ark. (2008) ve Shiao ve ark. (2011), süt ineklerinde ısı stresini azaltmak için tünel havalandırma, su yalıtımlı serbest durak barınaklarının etkinliğini araştırmışlardır. Genel olarak, bu

sistemin, fanlı ve/veya yağmurlama ile donatılmış açık alanlı ahırlara oranla, çevresel koşulları ve hayvan performansını geliştirdiği belirlenmiştir. Ayrıca, buharlaşmalı soğutma yastıkları ile donatılmış tünel tipi havalandırmalı barınaklarda, SNİ değerlerinin 4,9 birim kadar düştüğü, rektal sıcaklıkların (0,4–1,0 ° C) ve solunum hızlarının (dakikada 2–22 nefes) azaldığı, kuru yem madde alımının (0,3–2,0 kg·gün⁻¹) ve süt veriminin de (0,3–5,3 kg·gün⁻¹) arttığı belirlenmiştir.

Yağmurlama

Aktif yöntemlerden olan yağmurlama sistemi ile ıslatılan sığırların vücudundan buharlaşma yolu ile ısı kaybı olmaktadır. Fanların oluşturduğu hava akımı ise bu süreci hızlandırarak yağmurlama sisteminin etkinliğini arttırmaktadır. Ayrıca fan sistemleri, sığırların terleme yolu ile vücutlarından fazla ısıyı uzaklaştırmalarında etkin bir rol oynamaktadır. Dinçel ve Dikmen (2013), sığırlarda fazla ısının atılmasında, terlemenin, radyasyon, kondüksiyon ve konveksiyona göre çok daha etkili olduğunu ve fazla ısının %85'inin bu yolla uzaklaştırıldığını bildirmişlerdir.

Flamenbaum ve ark. (1986), Igono ve ark. (1987), Her ve ark. (1988), Turner ve ark. (1992), Lin ve ark. (1998), Frazzi ve ark. (2002), Keister ve ark. (2002), Brouk ve ark. (2003), Valtorta ve Gallardo (2004), Correa-Calderon ve ark. (2004), Bucklin ve ark. (2009), Strickland (2013), Karimi ve ark. (2015) tarafından, ABD, Arjantin, İsrail, İtalya ve İran'ın birçok bölgesinde süt sığırları için ısı stresini azaltmada yağmurlama ve fan sisteminin birlikte kullanılması değerlendirilmiştir. Genel olarak soğutma sistemleri, sıcaklıkta azalış (0,2–4,9 °C), bağıl nem de artış (%0,6–24,4) ve SNİ'de (0,2–5,9 birim) azalış şeklinde termal ortamı değiştirmektedir. Çalışmalarda, farklı püskürtme sürelerine göre (20 sn–30 dk), yağmurlama ve fan sistemi ile sığırların vücut ısısında (0,3–1,1 °C) ve solunum hızlarında (7–55 nefes·dk⁻¹) azalış belirlenirken, kuru yem tüketiminde ve süt veriminde sırasıyla sığır başına 0,9–3,0 kg·gün⁻¹ ve 1,0–4,1 kg·gün⁻¹ artış gözlemlenmiştir (Fournel ve ark. 2017).

Küresel ısınmanın günden güne arttığı bilinen bir gerçektir. Küresel ısınma sonucunda iklim parametrelerinde gelecekte nasıl bir değişikliğin gözleneceğine yönelik çalışmaların bir an önce yapılması ve belirlenen senaryolara göre uygun önlemlerin vakit geçirmeden gerçekleştirilmesi oldukça önemlidir. Bu anlamda, sadece dar bir

bölgede ve süt sığırcılığı sektöründe yapılan bu çalışmanın tarımsal üretimin tümünü kapsayacak biçimde genişletilerek tüm ülkeye yayılması ve elde edilen sonuçlara göre uygun tarım politikalarının hayata geçirilmesi sürdürülebilir ve güvenilir gıdaya erişim açısından oldukça önemlidir.



KAYNAKLAR

- Aggarwal, A.; Upadhyay, R. 2013.** Shelter management for alleviation of heat stress in cows and buffaloes: In Heat Stress and Animal Productivity, Aggarwal, A., Upadhyay, R.,; Springer: New Delhi, India, 2013; pp. 169–183.
- Akari, C.T., Nakamura, R.M., Kam, L.W.G., Clarke, N. 1984.** The effect of level of lactation diurnal temperature patterns of dairy cattle in hot environments. *J. Dairy Sci.*, 67: 1752–1760.
- Akari, C.T., Nakamura, R.M., Kam, L.W.G. 1987.** Diurnal temperature sensitivity of dairy cattle in a naturally cycling environment. *J. Therm. Biol.*, 12 (1): 23–26.
- Akbulut, Ö., Sabuncuoğlu, N. 2003.** Sert İklim Şartlarında Yetiştirilen Esmer ve Siyah Alaca Irkı Dişi Danalarda Adaptasyon İndeksi Üzerine Bir Çalışma. *Lalahan Hay.Araşt. Enst. Derg.*, 43 (2): 15–22.
- Akyüz, A., Boyacı, S., Çaylı, A. 2010.** Determination of Critical Period for Dairy Cows Using Temperature Humidity Index. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9 (13): 1824–1827.
- Albright, J.L., Alliston, C.W. 1972.** Effects of varying the environment upon performance of dairy cattle. *J. Anim. Sci.* 32: 566–577.
- Alexander, G. 1974.** Heat loss from sheep. In: Monteith, J.L., Mount, L.E. (Eds.), Heat Loss From Animals and Man.
- Altınçekiç, Ş.Ö., Koyuncu, M. 2012.** Derleme: Çiftlik Hayvanları ve Stres. *Hayvansal Üretim*, 53: 1, 27–37.
- Anderson S.D., Bradford B.J., Harner J.P., Tucker C.B., Choi C.Y., Allen J.D., Hall L.W., Rungruang S., Collier R.J., Smith J.F. 2013.** Effects of adjustable and stationary fans with misters on core body temperature and lying behavior of lactating dairy cows in a semiarid climate. *J. Dairy Sci.* 96: 4738–4750.
- Anonim, 1971.** A guide to environmental research on animals. *Natl. Acad. Sci.*, Washington, DC.
- Anonim, 1981.** Effect of Environment on Nutrient Requirements of Domestic Animals. *National Academy Press*, Washington D. C. Dr. Joe West, Extension Dairy Specialist, University of Georgia.
- Anonim, 1989.** In: 6th Revised Edition Update. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. *National Academy Press*, Washington, DC.
- Anonim, 2014a.** IPCC, Climate Change 2014. Synthesis Report. Summary for Policymakers. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf-(Erişim tarihi: 16.05.2015).

Anonim, 2014b. MGM, Türkiye İklimi, 2014. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf-(Erişim tarihi: 12.12.2014).

Anonim, 2016a. WMO Climatological Normals. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/GCDS_1.php-(Erişim tarihi: 25.10.2016).

Anonim, 2016b. HadGEM2 Met Office Hadley Centre ESM. <https://portal.enes.org/models/earthsystem-models/metoffice-hadley-centre/hadgem2-es-> (Erişim tarihi: 16.12.2016)

Anonim, 2017a. TÜİK, Hayvancılık istatistikleri, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/hayvancilikapp/hayvancilik.zul>-(Erişim tarihi: 23.07.2017).

Anonim, 2017b. Ulusal süt konseyi, 2017 yılı çiğ süt fiyatları, 2017. <http://www.ulusalsutkonseyi.org.tr/2017-yili-cig-sut-fiyatlari/>-(Erişim tarihi: 16.08.2017).

Anonim, 2017c. Yeni Senaryolar İle Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-projeksiyon2015.pdf>-(Erişim tarihi: 01.12.2017).

Anonim, 2017d. Dairy Housing—Ventilation Options for Free Stall Barns. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/15-017.htm>-(Erişim tarihi: 25.12.2017).

Anonim, 2017e. Tunnel Ventilation in Livestock Barns—With and Without Evaporative Cooling. <http://www.omafra.gov.on.ca/english/engineer/facts/13-073.htm>-(Erişim tarihi: 27.12.2017).

Armstrong, D.V. 1993. Environmental modification to reduce heat stress. Western large herd management conference, Las Vegas Nevada, 1–8.

Armstrong D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044–2050.

Başbozkurt, H. 2015. Mekânsal Regresyon Metotları Kullanımı ile Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal özelliklerinin Analizi. *Doktora Tezi*, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Konya.

Bayazıt, M. 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası.

Berman, A. 1968. Nychthermeral and seasonal patterns of ther moregulation in cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 19, 181–188.

Berman, A. Folman, Y., Kaim, M., Mamen, M., Herz, Z., Wolfenson, D., Arieli, A., Graber, Y., 1985. Upper critical temperatures and forced ventilation effects for high-yielding dairy cows in a subtropical environment. *J. Dairy Sci.*, 68: 1488–1495.

- Bianca, W. 1962.** Relative importance of dry and wet-bulb temperatures in causing heat stress in cattle. *Nature* 195:251–252.
- Bianca, W. 1965.** Reviews of the progress in dairy science. Cattle in hot environment. *J. Dairy Res.* 32, 291–345.
- Bitman, J.A., Lefcourt, D.L., Stroud, B. 1984.** Circadian and ultradian temperature rhythms of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 67 (5), 1014–1023.
- Blackshaw J.K., Blackshaw A.W. 1994.** Heat-stress in cattle and the effect of shade on production and behavior. *Aust. J. Exp. Agric.* 34: 285–295.
- Bligh, J. 1973.** In: Bligh, J. (Ed.), *Temperature Regulation in Mammals and Other Vertebrates.* North Holland, Amsterdam, pp. 351–354.
- Bohmanova, J., Misztal, I., Cole, J. B. 2007.** Temperature-Humidity Indices as Indicators of Milk Production Losses due to Heat Stres. *J. Dairy Science*, 90: 1947–1956.
- Bond T.E., Kelly C.E. 1955.** The globe thermometer in agricultural research. *Agric. Eng.* 36: 251–255.
- Boonsanit D., Chanpongsang S., Chaiyabutr N. 2012.** Effects of supplemental recombinant bovine somatotropin and mist-fan cooling on the renal tubular handling of sodium in different stages of lactation in crossbred Holstein cattle. *Res. Vet. Sci.*, 93: 417–426.
- Bouraoui, R., Lahmar, M., Majdoub A., Djemali, M., Belyea, R. 2002.** The relationship of temperature-humidity index with milk production of dairy cows in a Mediterranean climate. *Anim. Res.* 51: 479–491.
- Brouček, J., Novak, P., Vokralova, J., Soch, M., Kísac, P., Uhrincat, M. 2009.** Effect of high temperature on milk production of cows from free-stall housing with natural ventilation. *Slovak J. Anim. Sci.*, 42, (4): 167 – 173.
- Brouk M.J., Harner J.P., Smith J.F., Hammond A.K., Miller W.F., Park A.F. 2003.** Effect of soaking and misting on respiration rate, body surface temperature, and body temperature of heat stress dairy cattle: KSU Dairy Day Report of Progress. Volume: 919. Kansas State University, Manhattan, KS, USA.
- Bucklin R.A., Bray D.R., Martin J.G., Carlos L., Carvalho V. 2009.** Environmental temperatures in Florida dairy housing. *Appl. Eng. Agric.*, 25: 727–735.
- Calegari F., Calamari L., Frazzi E. 2012.** Misting and fan cooling of the rest area in a dairy barn. *Int. J. Biometeorol*, 56: 287–295.
- Calegari F., Calamari L., Frazzi E. 2014.** Fan cooling of the resting area in a free stalls dairy barn. *Int. J. Biometeorol*, 58: 1225–1236.

Chaiyabutr, N., Chanpongsang, S., Suadsong, S. 2008. Effects of evaporative cooling on the regulation of body water and milk production in crossbred Holstein cattle in a tropical environment. *Int. J. Biometeorol*, 52: 575–585.

Chan S.C., Huber J.T., Chen K.H., Simas J.M., Wu Z. 1997. Effects of ruminally inert fat and evaporative cooling on dairy cows in hot environmental temperatures. *J. Dairy Sci.*, 80: 1172–1178.

Collier, R.J., Beede, D.K., Thatcher, W.W., Israel, L.A., Wilcox, C.J. 1982. Influences of environment and its modification on dairy animal health and production. *J. Dairy Sci.*, 65: 2213–2227.

Collier, R.J., Hall, L.W., Rungruang, S., Zimbleman, R.B. 2012. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. 23rd Florida Ruminant Nutrition Symposium Proceedings.

Collier, R. J., Dahl, G. E., VanBaale, M. J. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 89: 1244–1253.

Correa-Calderon, A., Armstrong, D., Ray, D., DeNise, S., Enns, M., Howison, C. 2004. Thermoregulatory responses of Holstein and Brown Swiss heat-stressed dairy cows to two different cooling systems. *Int. J. Biometeorol.* 48: 142–148.

Curtis, S.E. 1981. Environmental management in animal agriculture. Iowa State University Press, Ames, IA.

Çolak, A., Sabuncuoğlu Çoban, N. (2002). Isı stresinin fertilité ve embriyonik ölümler üzerine etkisi. *Bültendif*, 18: 6–8

Daniel, J.W., Fuquay, J.W., Brown, W.H., Cardwell, J.T. 1973. Roof insulation in a freestall barn for lactating cows during the summer. *J. Dairy Sci.* 56: 303–316.

Dikmen, S., Alava, E., Pontes, E., Fear, J.M., Dikmen, B.Y., Olson, T.A., Hansen, P.J. 2008. Differences in thermoregulatory ability between slick-haired and wild-type lactating Holstein cows in response to acute heat stress. *J. Dairy Sci.*, 91: 1–8.

Dikmen, S., Hansen, P. J. 2009. Is the temperature-humidity index the best indicator of heat stress in lactating dairy cows in a subtropical environment? *J. Dairy Sci.* 92: 109–116 doi:10.3168/jds.2008–1370.

Dinçel, D., Dikmen, S. 2013. Süt Sığırlarında Sıcak Stresinin Tespiti, Verim Özellikleri Üzerine Etkileri ve Korunma Yöntemleri. *Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med.* 32, 1: 19–29.

Du Preez J.H., Giesecke W.H., Hattingh P.J. 1990. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. I. Temperature-humidity index mean values during the four main seasons, Onderstepoort *J. Vet. Res.* 57: 77–86.

Flamenbaum I., Wolfenson D., Mamen M., Berman A. 1986. Cooling dairy cattle by a combination of sprinkling and forced ventilation and its implementation in the shelter system. *J. Dairy Sci.*, 69: 3140–3147.

- Folman Y., Berman A., Herz Z., Kaim M., Rosenberg M., Mamen M., Gordin S. 1979.** Milk yield and fertility of high-yielding dairy cows in a sub-tropical climate during summer and winter. *J. Dairy Res.*, 46: 411–425.
- Fournel S., Ouellet V., Charbonneau E. 2017.** Practices for alleviating heat stress of dairy cows in humid continental climates: A literature review. *Animals* 7(5):37.
- Frazzi E., Calamari L., Calegari F., Stefanini L. 2000.** Behavior of dairy cows in response to different barn cooling systems. *Trans. ASAE.* 43: 387–394.
- Frazzi E., Calamari L., Calegari F. 2002.** Productive response of dairy cows to different barn cooling systems. *Trans. ASAE*, 45: 395–405.
- Fuquay, J.W., Zook, A.B., Daniel, J.W., Brown, W.H., Poe, W.E. 1979.** Modifications in freestall housing for dairy cows during the summer. *J. Dairy Sci.*, 62:577–583.
- Gantner, V., Mijić, P., Kuterovac, K., Solić, D., Gantner, R. 2011.** Temperature-humidity index values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo.* 61: 56–63.
- Garcia-Ispierdo, I., Lopez-Gatius, F., Santolaria, P., Yaniz, JL., Nogareda, C., Lopez-Bejar, M., De Rensis, F. (2006).** Relationship between heat stress during the peri-implantation period and early fetal loss in dairy cattle. *Theriogenology*, 65: 799–807.
- Gomila L.F., Roussel J.D., Beatty J.F. 1977.** Effect of zone cooling on milk yield, thyroid activity and stress indicators. *J. Dairy Sci.*, 60: 129–132.
- Güler, M., 2014.** An evaluation of risky sites for cattle production in northern Turkey based on temperature/humidity index calculated using GIS and indicator Kriging. Royal Meteorological Society *Meteorol. Appl.* 22: 360–367.
- Hahn G.L. 1962.** Cooling Inspired-Air for Dairy Cattle. *USDA-ARS*; Columbia, MO, USA.
- Hamada, T. 1971.** Estimation of lower critical temperatures for dry and lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 54: 1704–1705.
- Hansen, P.J. 2007.** Exploitation of genetic and physiological determinants of embryonic resistance to elevated temperature to improve embryonic survival in dairy cattle during heat stress. *Theriogenology.* 68: S242–S249.
- Hansen, Peter., J. 2009.** Review: Effects of heat stress on mammalian reproduction. *Phil. Trans. R. Soc. B.*, 364: 3341–3350.
- Her E., Wolfenson D., Flamenbaum I., Folman Y., Kaim M., Berman A.1988.** Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. *J. Dairy Sci.*, 71: 1085–1092.

Holmes B., Cook N.B., Funk T., Graves R., Kammel D.W., Reinemann D.J., Zulovich J.M. 2013. Dairy Freestall Housing and Equipment. 8th ed. MidWest Plan Service; Ames, IA, USA.

Igono, M.O., Steevens, B.J., Shanklin M.D., Johnson, H.D. 1985. Spray cooling effects on milk production, milk, and rectal temperatures of cows during a moderate temperate summer season. *J. Dairy Sci.* 68:979–985.

Igono M.O., Johnson H.D., Steevens B.J., Krause G.F., Shanklin M.D.1987. Physiological, productive, and economic benefits of shade, spray, and fan system versus shade for Holstein cows during summer heat. *J. Dairy Sci.*, 70: 1069–1079.

Igono, M.O. and Johnson, H.D. 1990. Physiological stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. *J. Interdiscip. Cycle Res.* 21: 303–320.

Igono, M.O., Bjotvedt, G., Sanford-Crane, H.T. 1992. Environmental profile and critical temperature effects on milk production of Holstein cows in desert climate. *Int. J. Biometeorol.* 36: 77–87.

J., Ax, R. L. 2002. Physiological Responses in Thermal Stressed Jersey Cows Subjected to Different Management Strategies. *J. Dairy Sci.*, 85:3217–3224.

Johnson, H.D. 1976. World climate and milk production. *Biometeorology* 6: 171–175.

Johnson, H.D. 1980. Depressed chemical thermogenesis and hormonal functions in heat. In: Environmental Physiology: Aging, Heat, and Altitude. Elsevier /North Holland, New York, pp. 3–9.

Johnson H.D. 1985. Physiological responses and productivity of cattle, in: Yousef M.K. (Ed.), Stress physiology in livestock. Basic principles, Vol. 1, 4–19, CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 4–19.

Johnson, H.D. 1987. Bioclimate effects on growth, reproduction and milk production. In: Johnson, H.D. (Ed.), Bioclimatology and the Adaptation of Livestock. Elsevier, Amsterdam, pp. 35–57.

Jones G.M., Stallings C.C. 1999. Reducing Heat Stress for Dairy Cattle. *Virginia Cooperative Extension*; Blacksburg, VA, USA: pp. 1–6.

J.R.S. Torres-Ju´nior, M. F.A. Pires, W.F. Sa, A.M. Ferreira, J.H.M. Viana, L.S.A. Camargo, A.A. Ramos, I.M. Folhadella, J. Polisseni, C. Freitas, C.A.A. Clemente, M.F. Sa´ Filho, F.F. Paula-Lopes, P.S. Baruselli. 2008. Effect of maternal heat-stress on follicular growth and oocyte competence in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*, 69: 155–166.

Kamal, T.H., Johnson, H.D., Ragsdale, A.C., 1962. Metabolic reactions during thermal stress in dairy animals acclimated to 50 and 80 8F. Univ. Missouri Agric. Exp. Stat. Res. Bull. No. 785.

Kammel D.W., Raabe M.E., Kappelman J.J. 2003. Design of high volume low speed fan supplemental cooling system in dairy freestall barns; Proceedings of the Fifth International Dairy Housing Conference (ASAE); Fort Worth, TX, USA. 29–31 January, pp. 243–254.

Kalaycı S., Kahya E. 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, *J. of Engineering and Environmental Science*. 22: 503–514.

Kadzere, C. T., Murphy, M. R., Silanikove, N., Maltz, E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: A review. *Livest. Prod. Sci.* 77: 59–91.

Karimi M.T., Ghorbani G.R., Kargar S., Drackley J.K. 2015. Late-gestation heat stress abatement on performance and behavior of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 98: 6865–6875.

Keckler, D. 1995. The Surfer Manual. Golden, CO.: Golden Software, Inc.

Keister Z.O., Moss K.D., Zhang H.M., Teegerstrom T., Edling R.A., Collier R.J., Ax R.L. 2002. Physiological responses in thermal stressed Jersey cows subjected to different management strategies. *J. Dairy Sci.* 85: 3217–3224.

Keister, Z. O., Moss, K. D., Zhang, H. M., Teegerstrom, T., Edling, R.A., Collier, R. Key, N., Sneeringer, S. 2011. The Potential Effects of Climate Change on the Productivity, Costs, and Returns of U.S. Dairy Production. Annual Meeting of the AAEP, Pittsburgh, Pennsylvania, July 24–26.

Kibler, H. H. 1964. Environmental Physiology and Shelter Engineering. LXVII. Thermal Effects of Various Temperature-Humidity Combinations on Holstein Cattle as Measured by Eight Physiological Responses. Missouri Agric. Exp. Stn. Res. Bull. 862, Mt. Vernon.

Kleiber M., Regan W. 1935. Influence of temperature on respiration of cows. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 33: 10–14.

Kocaman, İ., Konukçu, F., İstanbulluoğlu, A. 2007. Hayvan Barınaklarında Isı ve Nem Dengesi. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(1): 134–140.

Köroğlu, S. 2006. Farklı Enterpolasyon Yöntemlerinin Hacim Hesabına Etkisinin Araştırılması. *Yüksek Lisans*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tezi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, 75s, İstanbul.

Kuczynski T., Blanes-Vidal V., Li B.M., Gates R.S., Nääs I.A., Moura D.J., Berckmans D., Banhazi T.M. 2011. Impact of global climate change on the health, welfare and productivity of intensively housed livestock. *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 4:1–22.

Ledger, H.P., 1959. A possible explanation for part of the heat tolerance exhibited by *Bos taurus* and *Bos indicus* beef cattle. *Nature*, 184: 1405–1406.

Leonel Avendaño-Reyes, Fuquay, J.W., Moore R.B., Liu, Z., Clark B.L., Vierhout, C. 2010. Relationship between accumulated heat stress during the dry period, body condition score and reproduction parameters of Holstein cows in tropical conditions. *Trop Anim Health Prod*, 42: 265–273.

Lin J.C., Moss B.R., Koon J.L., Flood C.A., Smith R.C., III, Cummins K.A., Coleman D.A. 1998. Comparison of various fan, sprinkler, and mister systems in reducing heat stress in dairy cows. *Appl. Eng. Agric.*, 14: 177–182.

Mavromatis T., Stathis D. 2011. Response of the Water Balance in Greece to Temperature and Precipitation Trends. *Theoretical and Applied Climatology*, 104: 13–24.

McArthur, A.J., Clark, J.A. 1988. Body temperature of homeotherms and the conservation of energy and water. *J. Therm. Biol.* 3: 9–13.

McDowell, R.E., Hooven, N.W., Camoens, J.K. 1976. Effects of climate on performance of Holsteins in first lactation. *J. Dairy Sci.*, 59: 965–973.

Meyer, M. J., Smith, J. F., Harner III, J.P., Shirley, J. E., Titgemeyer, E. C. 1998. Performance of Lactating Dairy Cattle in Three Different Cooling Systems. *Report of Progress*, 821:12–15, K.S.U., Manhattan, USA.

Mutaf. S., Sönmez. R. 1984. Hayvan Barınaklarında İklimsel Çevre ve Denetimi. Ege. Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları. Yayın No: 438. İzmir.

Mullick, D.N. 1960. Effect of humidity and exposure to sun on the pulse rate, respiration rate, rectal temperature and haemoglobin level in different sexes of cattle and buffalo. *J. Agric. Sci.* 54: 391–402.

Nienaber J.A., Hahn G.L., Eigenberg R.A. 1999. Quantifying livestock responses for heat stress management: a review. *Int. J. Biometeorol.* 42: 183–188.

NOAA, 1976. Livestock Hot Weather Stress. Oper Man Lett C-31-76, Kansas City, MO.

Ortiz X.A., Smith J.F., Villar F., Hall L., Allen J., Oddy A., al-Haddad A., Lyle P., Collier R.J. 2015. A comparison of 2 evaporative cooling systems on a commercial dairy farm in Saudi Arabia. *J. Dairy Sci.* 98: 8710–8722.

Pennington, J. A. and K. VanDevender. 2002. Heat Stress in Dairy Cattle. Agriculture and Natural Resources, University of Arkansas, Division of Agriculture, Cooperative Extension Service. 6 s.

Peralta OA, Pearson RE, Nebel RL. 2005. Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Anim. Reprod. Sci.*, 88: 155–167.

Prosser, C.L., Brown, F.A. 1969. Comparative Animal Physiology. Saunders Co, London.

- Purwanto, B.P., Abo, Y., Sakamoto, R., Furumoto, F., Yamamoto, S. 1990.** Diurnal patterns of heat production and HR under thermoneutral conditions in Holstein Friesian cows differing in milk production. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 114: 139–142.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. 2000.** Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. *J. Dairy Sci.*, 83: 2126–2130.
- Ravagnolo, O., Misztal, I., Hoogenboom, G. 2000.** Genetic component of heat stress in dairy cattle, development of heat index function. *J. Dairy Sci.*, 83: 2120– 2125.
- Ravagnolo, O., Misztal, I. 2002.** Effect of heat stress on nonreturn rate in Holsteins: Fixed-model analyses. *J Dairy Sci.*, 85: 3101–3106.
- Ray DE, Halbach T.J., Armstrong DV 1992.** Season and lactation number effects on milk production and reproduction of dairy cattle in Arizona. *J. Dairy Sci.*, 75: 2976–2983.
- Renaudeau D., Collin A., Yahav S., de Basilio V., Gourdine J.L., Collier R.J. 2012.** Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*. 6:707–728. doi: 10.1017/S1751731111002448.
- Rhoads, M.L., R.P. Rhoads, M.J. Van Baale, R.J. Collier, S.R. Sanders, W.J. Shwartz, G., R.P. Rhoads, L.H. Baumgard. 2009.** Effects of a supplemental yeast culture on heat-stressed lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 92: 935–942.
- Rhoads, M. L., Rhoads, R. P., VanBaale, M. J. , Collier R. J. , Sanders S. R., Weber, W. J., Crooker B. A. 2009.** Effects of heat stress and plane of nutrition on lactating Holstein cows: I. Production, metabolism, and aspects of circulating somatotropin. *J. Dairy Sci.*, 92: 1986–1997.
- Roenfeldt, S. 1998.** You can't afford to ignore heat stress. *Dairy manage*, 35(5), 6–12.
- Roth, Z. 2008.** Heat Stress, the Follicle, and Its Enclosed Oocyte: Mechanisms and Potential Strategies to Improve Fertility in Dairy Cows. *Reprod Dom Anim*, 43:2, 238–244.
- Roussel J.D., Beatty J.F. 1970.** Influence of zone cooling on performance of cows lactating during stressful summer conditions. *J. Dairy Sci.* 53:1085–1088.
- Rutledge JJ (2001).** Use of embryo transfer and IVF to bypass effects of heat stress. *Theriogenology*, 55: 105–111.
- Ryan D.P., Boland M.P., Kopel E., Armstrong D., Munyakazi L., Godke R.A., Ingraham R.H. 1992.** Evaluating two different evaporative cooling management systems for dairy cows in a hot, dry climate. *J. Dairy Sci.* 75: 1052–1059.
- Salmi, T., Määttä, A., Anttila, P., Ruoho-Airola, T., Amnell T. 2002.** Makesens 1.0. http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/julkaisu/pdf/MAKESENS-Manual_2002.pdf- (Erişim: 04.11.2014)

Serbester, U. 2007. Süt sığırlarının beslenmesinde rasyon enerji ve protein kaynağı ile duş uygulamasının yüksek sıcaklık altında süt verim ve süt kompozisyonuna etkileri. *Doktora Tezi*, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Adana.

Sharma, A.K., Rodriguez, L.A., Mekonnen, G., Wilcox, C.J., Bachman, K.C., Collier, R.J. 1983. Climatological and genetic effects on milk composition and yield. *J. Dairy Sci.*, 66: 119–126.

Shiao T.F., Chen J.C., Yang D.W., Lee S.N., Lee C.F., Cheng W.T.K. 2011. Feasibility assessment of a tunnel-ventilated, water-padded barn on alleviation of heat stress for lactating holstein cows in a humid area. *J. Dairy Sci.*, 94: 5393–5404.

Silanikove, N., 1992. Effects of water scarcity and hot environment on appetite and digestion in ruminants: a review. *Livest. Prod. Sci.*, 30: 175–194.

Silanikove, N., Shapiro, F., Shinder, D. 2009. Acute heat stress brings down milk secretion in dairy cows by up-regulating the activity of the milk-borne negative feedback regulatory system. *BMC Physiology*, 9–13.

Smith, T.R., Chapa, A., Willard, S., Herndon, C., Jr., Williams, R.J., Crouch, J., Riley, T., Pogue, D. 2006. Evaporative tunnel cooling of dairy cows in the Southeast. II: Impact on lactation performance. *J. Dairy Sci.*, 89: 3915–3923.

Smith, D.L., Smith, T., Rude, B. J., Ward, S. H. 2013. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *J. Dairy Sci.*, *J Dairy Sci.*, 96(5):3028–33.

Smith J.F., Harner J.P. 2012. Strategies to reduce the impact of heat and cold stress in dairy cattle facilities. In: Collier R.J., Collier J.L., editors. *Environmental Physiology of Livestock*. Wiley-Blackwell; Chichester, UK., pp. 267–288.

Song, J. and J. V. DePinto. 1995. A GIS-based Data Query System. Presented at the International Association for Great Lakes Research (IAGLR) Conference, Windsor, Ontario.

Spiers, D. E., J. N. Spain, J. D. Sampson, and R. P. Rhoads. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. *J. Therm. Biol.* 29: 759–764.

St-Pierre, N. R., B. Cobanov, and G. Schnitkey. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. *J. Dairy Sci.*, 86(E Suppl.):E52–E77.

Strickland J.T., Bucklin R.A., Nordstedt R.A., Beede D.K., Bray D.R. 1989. Sprinkler and fan cooling system for dairy cows in hot, humid climates. *Appl. Eng. Agric.*, 5: 231–236.

Şekerden, Ö., Özkütük, K. 1991. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Samsun 65s.

Tabari, H., Marofi, S., Aeini, A., Talaei, P.H., Mohammadi, K. 2011. Eğilim Analysis of Reference Evapotranspiration in the Western half of Iran. *Agricultural and Forest Meteorology*. 151: 128–136.

Takamitsu A., Takahashi S., Kurihara M., Kume S. 1987. Effect of an evaporative cooling procedure on the physiological responses of lactating dairy cows in a hot, humid climate. *Jpn. J. Zootech. Sci.*, 58: 790–796.

Tao, S., Bubolz, J. W., Amaral, B. C., Thompson, M., Hayen, M. J., Johnson, S. E., Dahl, G. E. 2011. Effect of heat stress during the dry period on mammary gland development. *J. Dairy Sci.*, 94: 5976–5986.

Tarazón-Herrera M., Huber J.T., Santos J., Mena H., Nusso L., Nussio C. 1999. Effects of bovine somatotropin and evaporative cooling plus shade on lactation performance of cows during summer heat stress. *J. Dairy Sci.*, 82: 2352–2357.

Thatcher, W.W. 1974. Effects of season, climate and temperature on reproduction and lactation. *J. Dairy Sci.* 57: 360–368.

Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12:57–60.

Tosunoğlu, N.G. 2007. Mekânsal İstatistikte Bulanık Uyarlamalı Ağ Yaklaşımı ile Depremi Oluşturan Yer kabuğu Hareket Hızlarının Kestirimi, İstatistik, Ankara Üniversitesi, Ankara.

Topuzoğlu, A., ve Baştan, B. 2010. Sütçü İneklerde Isı Stresinin Döl Verimi Üzerine Etkisi. *Vet. Hekim Der. Derg.*, 81(2): 29–32.

Tucker C. B., Rogers A. R., Schütz, K. E. 2008. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. *Animal Behaviour Science*, 109: 141–154.

Turner L.W., Chastain J.P., Hemken R.W., Gates R.S., Crist W.L. 1992. Reducing heat stress in dairy cows through sprinkler and fan cooling. *Appl. Eng. Agric.*, 8: 251–256.

Uyguçgil, H. 2007. Çok Değişkenli Maden Yataklarında Rezerv Tenör Tahmininde Jeostatistik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Tekniklerinin Kullanımı, Maden Mühendisliği, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Valtorta S.E., Leva P.E., Gallardo M.R. 1997. Evaluation of different shades to improve dairy cattle well-being in Argentina. *Int. J. Biometeorol.*, 41: 65–67.

Valtorta S.E., Gallardo M.R. 2004. Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. *Int. J. Biometeorol.*, 48: 213–217.

Vermunt, Jos J., Tranter Bill P. 2010. Heat stress in dairy cattle, A review, and some of the potential risks associated with the nutritional management of this condition. *Large Animal Stream*, 212–221

Wang, X. L., Q. H. Wen, ve Y. Wu. 2007: Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 46 (No. 6): 916–931. DOI:10.1175/JAM2504.1

Wang, X. L. 2008a. Accounting for autocorrelation in detecting mean-shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 47: 2423–2444.

Wang, X. L. 2008b. Penalized maximal F-test for detecting undocumented meanshifts without trend-change. *J. Atmos. Oceanic Tech.*, 25 (No. 3): 368–384. DOI:10.1175/2007/JTECHA982.1.

Wang, X. L. ve Feng, Y. 2013. RHTestV4 User Manual. Climate Research Division Atmospheric Science and Technology Directorate Science and Technology Branch, Environment Canada Toronto, Ontario, Canada.

Weldy, J.R., McDowell, R.E., Bond, J., Van Soest, P.J. 1964. Responses of winter-conditioned heifers under prolonged heat stress. *J. Dairy Sci.* 47: 691–692.

West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 86: 2131–2144.

Wheelock, J.B., R.P Rhoads, M.J. Vanbaale, S.R. Sanders, L.H. Baumgard. 2010. Effects of heat stress on energetic metabolism in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 93: 644–655.

Worley, J.W. 1999. Cooling Systems for Georgia Dairy Cattle. *The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences:* Athens, GE, USA, pp. 1–8.

Yashoğlu, E., Arıcı İ. 2005. Bursa Bölgesinde Süt Sığırcılığına Uygun Soğuk Ahır Tiplerinin Geliştirilmesi Üzerine Bir Araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(2): 95–114.

Yashoğlu, E., İlhan, H . 2016. Güney Marmara Süt Sığırı Yetiştiriciliğinin Isı Stresi Yönünden Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (4): 12–19.

Yousef, M. K. 1985. Stress physiology in livestock. *CRC Press*, Volume 2: 357–358. Boca Raton, FL.

Yue S., Wang, C. 2004. The Mann-Kendall Test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. *Water Resources Management*, 18: 201–218

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin İLHAN
Doğum Yeri ve Tarihi : Banaz, 30.03.1974
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Ankara Anadolu Meteoroloji Meslek Lisesi-1993
Lisans : Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-2002
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı-2007

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 1993-halen
İletişim (e-posta) : hilhanka@gmail.com
Yayınları :

Yashoğlu, E., İlhan, H . 2016. Güney Marmara Süt Sığırını Yetiştiriciliğinin Isı Stresi Yönünden Değerlendirilmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13 (4): 12–19.

Yashoğlu, E. İlhan, H., Şimşek, E., Kılıç, İ. 2016. Future Trends of Global Warming in Terms of Heat Stress in Dairy Cattle: Case of Aydın, Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*, 30: 307–312.

Yashoğlu, E., İlhan, H . 2018. Effects of Global Climate Changes on Broiler Production in Turkey: Case of the Marmara Region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27: 196–203.