

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI

**TURİZM SEKTÖRÜNÜN GELECEĞİ AÇISINDAN
SICAKLIK İNDİSLERİ İLE TERMAL BİYOKLİMATİK
İNDİSLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER: ANTALYA ÖRNEĞİ**

Doktora Tezi

Serhat ŞENSOY

Ankara-2020

**T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI**

**TURİZM SEKTÖRÜNÜN GELECEĞİ AÇISINDAN
SICAKLIK İNDİSLERİ İLE TERMAL BİYOKLİMATİK
İNDİSLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER: ANTALYA ÖRNEĞİ**

Doktora Tezi

Serhat ŞENSOY

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Ankara-2020

T.C.
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
COĞRAFYA (FİZİKİ COĞRAFYA)
ANABİLİM DALI

Serhat ŞENSOY

**TURİZM SEKTÖRÜNÜN GELECEĞİ AÇISINDAN
SICAKLIK İNDİSLERİ İLE TERMAL BİYOKLİMATİK
İNDİSLER ARASINDAKİ İLİŞKİLER: ANTALYA ÖRNEĞİ**

Doktora Tezi

Tez Danışmanı :Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU

Tez Jürisi Üyeleri

Adı ve Soyadı

İmzası

Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU

.....

Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK

.....

Prof. Dr. Ülkü ESER ÜNALDI

.....

Doç. Dr. Onur ÇALIŞKAN

.....

Doç. Dr. Salih ŞAHİN

.....

Tez Sınavı Tarihi: 12.08.2020

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu belge ile bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim.(08/09/2020)

Serhat ŞENSOY



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmamın başından sonuna kadar sabırla beni yönlendiren, engin bilgi birikimleri yanı sıra deneyimleri ve önerilerini esirgemeyen Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Coğrafya Anabilim Dalı öğretim üyelerinden danışmanım Sayın Prof. Dr. Necla TÜRKOĞLU'NA ve her zaman danışmanım olarak hissettiğim Sayın Prof. Dr. İhsan ÇİÇEK'e, engin bilgilerinden faydalandığım Prof. Dr. Hakan YİĞİTBAŞIOĞLU ve Prof. Dr. Uğur DOĞAN'a, Dr. Erkan YILMAZ, Dr. Rüya BAYAR ve Dr. Olgu AYDIN'a, Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Ülkü Eser ÜNALDI'ya ve Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi'nden Doç. Dr. Onur ÇALIŞKAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Araştırmada önemli katkısı olan Alman Meteoroloji Servisinden Sayın Prof. Dr. Andreas MATZARAKIS'e çok teşekkür ederim.

Verisin teminindeki yardımları nedeniyle Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve değerli çalışanlarından Osman ESKİOĞLU ve Hüdaverdi GÜRKAN'a, çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu zorlu süreçte beni çalışmaya motive eden arkadaşım Hülya Avşar ESENTÜRK ve sabırlarından dolayı değerli AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Serhat ŞENSOY

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	I
İÇİNDEKİLER.....	II
TABLolar LİSTESİ.....	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	V
KISALTMALAR, TANIMLAR	VIII
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın amacı	3
1.2. Çalışma alanının coğrafi özellikleri.....	5
1.2.1. Morfoloji.....	5
1.2.2. İklim	6
1.2.3. Nüfus.....	8
1.2.4. Turizm	9
1.3. Önceki çalışmalar	10
1.3.1. Termal konfor indislerinin tarihsel gelişimi	10
1.3.2. Zamansal ve mekânsal analizler	17
1.3.3. Şehir iklimi ve biyoklimatolojisi çalışmaları	18
1.3.4. Sağlık coğrafyası amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları	21
1.3.5. Turizm amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları	22
1.3.6. Spor amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları	24
1.3.7. İş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor	24
1.3.8. Termal konfor projeksiyonları	30
2. KURAMSAL ÇERÇEVE	31
2.1. Kuramsal tartışma	31
2.2. Kavram ve terimler	32
3. VERİ VE YÖNTEM	39
3.1. Gözlem Verisi	39
3.2. Projeksiyon Verisi	40
3.3. Yöntemler	44
3.3.1. Termal konfor, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık)	44
3.3.2. Turizm İklim İndisi	50
3.3.3. Isıtma ve Soğutma Gün-Derece İndisleri	51
3.3.4. Termal konfor algılama anketi	52

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	53
4.1. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık indisleri analizleri	54
4.1.1. Antalya H.L. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) analizleri .	54
4.1.2. Alanya Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	60
4.1.3. Gazipaşa Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	66
4.1.4. Manavgat Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	72
4.1.5. Finike Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	78
4.1.6. Kaş Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	84
4.1.7. Demre Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	90
4.1.8. Kemer Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	96
4.1.9. Elmalı Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri	100
4.1.10. Korkuteli Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES (PET)) Analizleri ..	106
4.1.11. İklim değişikliğinin termal konfor üzerine etkisi	112
4.1.12. Antalya’da termal konforlu yılların dağılımı	113
4.1.13. Antalya’da çok sıcak yılların dağılımı	114
4.2. İndis analizleri	116
4.2.1. Turizm İklim İndisi (Tİİ (TCI)).....	116
4.2.2. Isıtma-Soğutma Gün-Derece IGD (HDD), SGD (CDD) indisleri.....	121
4.2.2.1 Antalya H.L. Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	121
4.2.2.2 Alanya Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	122
4.2.2.3 Finike Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	123
4.2.2.4 Kaş Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	124
4.2.2.5 Manavgat Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri ...	125
4.2.2.6 Demre Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	126
4.2.2.7 Gazipaşa Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	127
4.2.2.8 Elmalı Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri	128
4.2.2.9 Korkuteli Isıtma ve Soğutma Gün-Derece indisleri trendleri ...	129
4.3. Termal Algı Anketi sonuçları	130
5. İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN TURİZM SEKTÖRÜNE OLASI ETKİLERİ	134
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	142
7. KAYNAKÇA	148
TEZ ÖZETİ	155
ABSTARCT	158

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Antalya uzun yıllık iklim verisi	7
Tablo 1.2. İlçelere göre Antalya nüfusu	8
Tablo 1.3. Termal konfor indislerinin tarihsel gelişimi	10
Tablo 1.4. Tahmini Ortalama Oy (PMV) değerlendirme skalası	14
Tablo 1.5. Standart Efektif Sıcaklık (SET) skalası	15
Tablo 1.6. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık Termal Algılama ve Stres Dereceleri	17
Tablo 1.7. İş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor ölçüm sonuçları tablosu	27
Tablo 1.8. Çeşitli metabolik oranlara karşılık izin verilen WBGT referans değerleri	29
Tablo 2.1. Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarları	33
Tablo 3.1. Çalışmada verisi kullanılan istasyonlar ve coğrafi koordinatları	39
Tablo 3.2. RayMan Programı dış veri (girdi) dosyası formatı	46
Tablo 3.3. FES (PET)'e karşılık gelen termal algı ve fizyolojik stres dereceleri	49
Tablo 3.4. Turizm İklim İndisi değişim tablosu	50
Tablo 3.5 Turizm İklim İndisi kategorileri	50
Tablo 4.1.1. Antalya H.L. aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	59
Tablo 4.1.2. Alanya'da aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	65
Tablo 4.1.3. Gazipaşa'da aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	71
Tablo 4.1.4. Manavgat'ta aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	77
Tablo 4.1.5. Finike'de aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	83
Tablo 4.1.6. Kaş'ta aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	89
Tablo 4.1.7. Demre'de aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	95
Tablo 4.1.8. Elmalı'da aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	105
Tablo 4.1.9. Korkuteli'nde aylık gece, sabah ve gündüz FES (PET) değerlendirmesi ve oranları	111
Tablo 4.1.10. İstasyonların projeksiyon dönemlerinde konforlu olacağı mevsimler	115
Tablo 4.4.1. Tatilcileri cinsiyete göre güneşte ve saunada kalma süreleri	133
Tablo 4.4.2. Tatilcilerin yaş gruplarına göre güneşte ve saunada kalma süreleri, iklim istekleri	133

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Değişen iklimde ekstremlerin görülme olasılığı	2
Şekil 1.2. Antalya İli lokasyonu ve fiziki haritası	5
Şekil 1.3. Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre Antalya iklimi	6
Şekil 1.4. Antalya uzun yıllık iklim verisi grafiği	7
Şekil 1.5. Antalya'nın mevsimlik yağış oranları grafiği	7
Şekil 1.6. Antalya İli nüfus grafiği	8
Şekil 1.7. Türkiye ve Antalya yabancı turist sayıları	9
Şekil 1.8. Antalya aylık turist sayıları	9
Şekil 1.9. Psikrometrik grafikte termal konfor bölgelerinin gösterimi	11
Şekil 1.10. İşyerlerinde termal konforu sağlamak için iş akış şeması	26
Şekil 1.11. İşyerlerinde termal konforu hesaplamak için ölçülmesi gereken parametreler	28
Şekil 1.12. PMV ve PPD karşılaştırması	28
Şekil 2.1. Bazı giysi bileşenlerinin yalıtım katsayıları	33
Şekil 2.2. Sıcak bir çevrede ısı değişimi (Blazejczyk vd., 2014'den değiştirilerek).	34
Şekil 2.3. İnsan ve çevresi arasında ısı değişimi	35
Şekil 2.4. İnsanda termoregülasyon kontrolünü sağlayan hipotalamus	35
Şekil 2.5. İnsanda termoregülatör sistem şeması	37
Şekil 2.6. Basit sıcaklık döküntüsü (a), soğuk ısırtığı (b)	38
Şekil 3.1. Çalışmada iklim verisi kullanılan istasyonların coğrafi dağılımları	39
Şekil 3.2. Antalya'da gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki ortalama sıcaklık grafiği	41
Şekil 3.3. Antalya istasyonlarının gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki nispi nem grafiği	41
Şekil 3.4. Antalya istasyonlarının gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki rüzgar hızı grafiği	42
Şekil 3.5. Antalya Hava Limanı'nın Model – Gözlem saçılımı	43
Şekil 3.6. RayMan Programı bilgi sayfası	47
Şekil 3.7. RayMan programı girdi ara yüzü görünümü	47
Şekil 3.8. RayMan programı girdi ve çıktıları	48
Şekil 3.9. Mevsimlik Tİİ (TCI) dağılımları	50
Şekil 4.1.1.1. Antalya H.L.'nda mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	55
Şekil 4.1.1.2. Antalya H.L.'nda mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	55
Şekil 4.1.1.3. Antalya H.L.'nda RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla mevsimlik FES (PET) frekansları	56
Şekil 4.1.1.4. Antalya H.L.'nda RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla mevsimlik FES, mFES indisleri	57
Şekil 4.1.1.5. Antalya H.L.'nda saatlik konfor indislerinin aylık grafikleri	58
Şekil 4.1.1.6. Antalya H.L.'nda saatlik FES indis dağılımı (sol) ile bunların aylık oranları (sağ)	59
Şekil 4.1.2.1. Alanya Mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	60
Şekil 4.1.2.2. Alanya Mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	61
Şekil 4.1.2.3. Alanya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	62
Şekil 4.1.2.4. Alanya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	63
Şekil 4.1.2.5. Alanya'da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	64
Şekil 4.1.2.6. Alanya saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ)	65
Şekil 4.1.3.1. Gazipaşa mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	66

Şekil 4.1.3.2. Gazipaşa mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	67
Şekil 4.1.3.3. Gazipaşa RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	68
Şekil 4.1.3.4. Gazipaşa RCP4.5, RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	69
Şekil 4.1.3.5. Gazipaşa'da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	70
Şekil 4.1.3.6. Gazipaşa saatlik FES (PET) dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	71
Şekil 4.1.4.1. Manavgat mevsimlik FES (PET)) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	72
Şekil 4.1.4.2. Manavgat mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	73
Şekil 4.1.4.3. Manavgat RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	74
Şekil 4.1.4.4. Manavgat RCP4.,RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	75
Şekil 4.1.4.5. Manavgat'ta aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	76
Şekil 4.1.4.6. Manavgat saatlik FES (PET) dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ)	77
Şekil 4.1.5.1. Finike mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	78
Şekil 4.1.5.2. Finike mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	79
Şekil 4.1.5.3. Finike RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	80
Şekil 4.1.5.4. Finike RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	81
Şekil 4.1.5.5. Finike'de aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	82
Şekil 4.1.5.6. Finike saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	83
Şekil 4.1.6.1. Kaş mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	84
Şekil 4.1.6.2. Kaş mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	85
Şekil 4.1.6.3. Kaş RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	86
Şekil 4.1.6.4. Kaş RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	87
Şekil 4.1.6.5. Kaş'ta aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	88
Şekil 4.1.6.6. Kaş saatlik FES (PET) dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	89
Şekil 4.1.7.1. Demre mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	90
Şekil 4.1.7.2. Demre mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	91
Şekil 4.1.7.3. Demre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	92
Şekil 4.1.7.4. Demre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	93
Şekil 4.1.7.5. Demre'de aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	94
Şekil 4.1.7.6. Demre saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	95
Şekil 4.1.8.1. Kemer mevsimlik FES (PET) indisleri, RCP4.5	96
Şekil 4.1.8.2. Kemer mevsimlik FES (PET) indisleri, RCP8.5	97
Şekil 4.1.8.3. Kemer RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	98
Şekil 4.1.8.4. Kemer RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	99
Şekil 4.1.9.1. Elmalı mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	100
Şekil 4.1.9.2. Elmalı mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	101
Şekil 4.1.9.3. Elmalı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları	102
Şekil 4.1.9.4. Elmalı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) indisleri	103
Şekil 4.1.9.5. Elmalı'da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	104
Şekil 4.1.9.6. Elmalı saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	105
Şekil 4.1.10.1. Korkuteli mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP4.5	106
Şekil 4.1.10.2. Korkuteli mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri RCP8.5	107
Şekil 4.1.10.3. Korkuteli RCP4.5 ve RCP8.5 sen. göre mevsimlik FES (PET) frekansları	108

Şekil 4.1.10.4. Korkuteli RCP4.5, RCP8.5 mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri	109
Şekil 4.1.10.5. Korkuteli’nde aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri	110
Şekil 4.1.10.6. Korkuteli saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ)	111
Şekil 4.1.11.1 RCP 4.5 senaryosuna göre Türkiye sıcaklık projeksiyonları	112
Şekil 4.1.11.2 RCP 8.5 senaryosuna göre Türkiye sıcaklık projeksiyonları	112
Şekil 4.1.12.1. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre konforlu yılların oransal dağılımları	113
Şekil 4.1.13.1. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre çok sıcak yılların oransal dağılımları	114
Şekil 4.2.1. Antalya istasyonlarının uzun yıllar aylık ortalama Tİİ (TCI) değerleri	116
Şekil 4.2.2. Antalya ve Alanya’nın aylık Tİİ (TCI) değerleri ve grafikleri	116
Şekil 4.2.3. Antalya sahil istasyonlarının aylık Tİİ (TCI) değerleri ve ağırlıkları	117
Şekil 4.2.4. Korkuteli ve Elmalı’nın aylık Tİİ (TCI) değerleri ve iklim elemanlarının ağırlıkları	118
Şekil 4.2.5. İstasyonların mevsimlik Turizm İklim İndisi Tİİ (TCI) değerleri	118
Şekil 4.2.6. Turizm İklim İndisi Tİİ (TCI) değerlerinin alansal dağılımı	119
Şekil 4.3.1. Antalya RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	121
Şekil 4.3.2. Alanya RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	122
Şekil 4.3.3. Finike RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	123
Şekil 4.3.4. Kaş RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	124
Şekil 4.3.5. Manavgat RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	125
Şekil 4.3.6. Demre RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	126
Şekil 4.3.7. Gazipaşa RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	127
Şekil 4.3.8. Elmalı RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	128
Şekil 4.3.9. Korkuteli RCP4.5 ve 8.5 senaryolarıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri eğilimleri	129
Şekil 4.4.1. Termal algı anketine katılanların cinsiyet dağılımı	130
Şekil 4.4.2. Termal algı anketine katılanların yaş grubu dağılımı	130
Şekil 4.4.3. Yerli turistlerin Antalya’da tatil için tercih ettiği aylar ve oranları	131
Şekil 4.4.4. Antalya’da tatilcilerin denize ya da havuza giriş için tercih ettiği saatler	131
Şekil 4.4.5. Antalya’da tatilcilerin güneş altında ve sıcak odalarda kalma süreleri	132
Şekil 4.4.6. Antalya termal konfor anketi katılımcılarının iklim istekleri	132
Şekil 5.1. Şehirleşmede yeşil bina uygulamaları	136
Şekil 5.2. Ağaçlandırmanın şehir iklimine etkisi	137
Şekil 5.3. Türkiye 2050 yılı nüfusuna göre kişi başı yıllık kullanılabilir su miktarları	138
Şekil 5.4. MPI RCP 4.5 senaryosuna göre Türkiye yağış projeksiyonları	140

KISALTMALAR, TANIMLAR

3S Tourism: Sun, Sea and Sand Tourism (Güneş, Deniz ve Kum Turizmi)

AR5: IPCC Assessment Report Five (IPCC 5. Değerlendirme Raporu)

ArcGIS: Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı

ASHREA: American Society of Heating and Air-Conditioning Engineers

(Amerikan Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Mühendisleri Derneği)

Biyoklimatoloji: Canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştıran çok disiplinli bilim dalı

CDD: Cooling Degree Days (Soğutma Gün-Derece-**SGD**) İndisi

ClimPACT : R İstatistik Paketi altında çalışan ve sektörlerle yönelik indisler üreten yazılım

Demografi: Nüfus bilimi

DRR: Disaster Risk Reduction (Afet Risk Azaltımı)

DWD: Deutscher Wetterdienst (Alman Meteoroloji Servisi)

Eurostat: Avrupa İstatistik Ofisi

Evaporasyon: Terleme

GFDL: Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

(Jeofiziksel Akışkan Dinamikleri Laboratuvarı)

GIS: - Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi-**CBS**)

HadGEM: İngiliz Meteoroloji Servisi İklim Tahmin Modeli

HDD: Heating Degree Days (Isıtma Gün-Derece-**IGD**) İndisi

IDW: Inverse Distance Weighted (Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon tekniği)

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli)

ISO: International Standard Organization (Uluslararası Standart Organizasyonu)

KKD: Kişisel Koruyucu Donanım

KMM: Klima Michel model (Klima Michel Modeli)

Tahmini Ortalama Oy (PMV) denklemine dayanan insan vücudu enerji dengesi modeli.

MEMI: Munich Energy balance Model for Individuals (Münih Bireysel Enerji Denge Modeli).

Isı dengesi denklemine dayanan insan vücudu enerji dengesi modeli.

Meşcere: Yaş ağaç türlerinden oluşan en az bir hektar büyüklükte olan orman parçası

MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü

MPI: Max Planck Institute (Max Plank Enstitüsü)

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

(Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi)

OUTCOMES: Outdoor Comfort Expert System (Dış mekân Konfor Uzman Sistemi)

Projeksiyon: Modelin ürettiği geleceğe yönelik tahmin

RayMan: Termal konfor indislerini hesaplayan uygulamalı klimatoloji aracı

PET: Physiological Equivalent Temperature (Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık-FES)

Tipik bir iç mekanda (rüzgar ve güneş radyasyonu olmadan), insan vücudunun ısı bütçesinin, karmaşık dış ortam koşullarındaki gibi aynı çekirdek ve cilt sıcaklığı ile dengelendiği sıcaklık.

RCP: Representative Concentration Pathway (Temsili Konsantrasyon Rotası, IPCC senaryosu)

RH: Relative Humidity (Nispi Nem)

PMV: Predicted Mean Vote (Tahmini Ortalama Oy)

PT: Perceived Temperature (Algılanan Sıcaklık)

RegCM4: Bölgesel İklim Modeli

Respirasyon: Solunum

SET: Standard Effective Temperature (Standart Efektif Sıcaklık)

SLR: Sea Level Rise (Deniz Seviyesi Yükselmesi)

Termojenez: Vücudun fizyolojik yöntemler kullanarak ısı üretmesi

Tmrt: Mean radiant temperature (Ortalama ışıma sıcaklığı)

TCI: Tourism Climate Indices (Turizm İklim İndisi-Tİİ)

Tropik Gece: Minimum sıcaklığın >20°C olduğu geceler

UHI: Urban Heat Island (Şehir Isı Adası-ŞIA)

UNEP: United Nations Environment Program (Birleşmiş Milletler Çevre Programı)

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

(Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi-BMİDÇS)

UTCI: Universal Thermal Climate Index (Evrensel Termal İklim İndisi)

Vazolidasyon: Damarların genişlemesi

Vazokonstriksiyon: Damarların daralması

WBGT: Wet-bulb Globe Temperature (Islak-küre Hazne Sıcaklığı)

WMO: World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Teşkilatı)

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

1. GİRİŞ

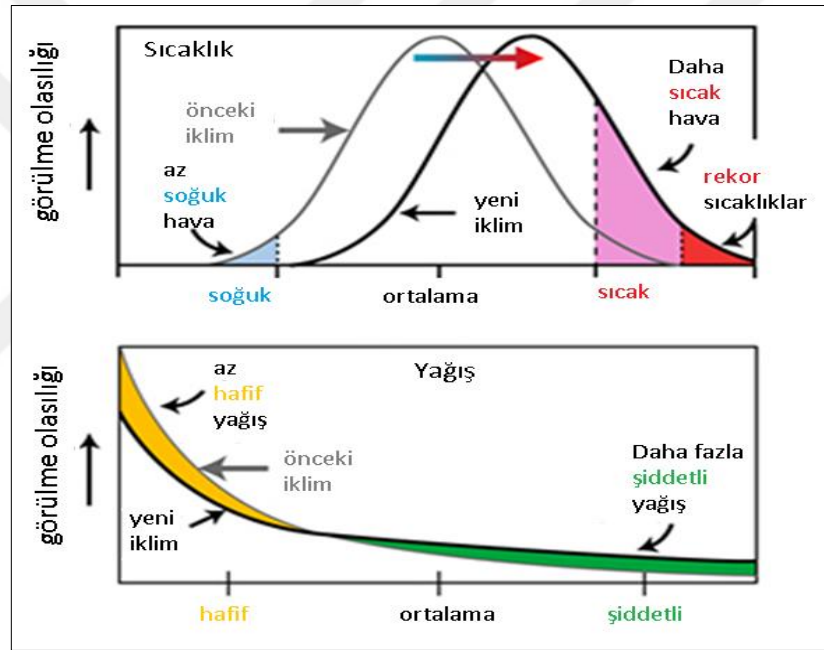
İklim, bir alanda uzun yıllar gözlenen hava olaylarının ortalamasıdır (Erinç 1984, Erol 1993). İklim aynı zamanda ekstrem hava olaylarını da içerir. İklim sadece fiziksel çevrenin şekillenmesinde değil; insanoğlunun yaşamı ve her türlü sosyal ve ekonomik faaliyeti üzerinde önemli rol oynamaktadır. Biyoklimatoloji bilimi ise canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştırır. İnsanların gerek psikolojik, gerek fizyolojik olarak konforlu ya da rahatsız hissetmeleri ile iklim arasında güçlü bağlar vardır (Çalışkan, 2012).

Yarattığı ekonomik ve sosyal faydalar ile turizm sektörü, dünyada son 20 yılda en fazla dikkat çeken sektörlerin başında gelmektedir. Pek çok sektörden alım yaparak bu sektörlerin gelişmesine olan etkisi, doğrudan döviz girdisi sağlaması, hizmete dayalı özelliğinden dolayı önemli bir istihdam yaratması, kültürler arası etkileşimi kolaylaştırması gibi birçok katkısından dolayı turizm birçok ülke tarafından öncelikli bir endüstri olarak ele alınmaktadır. Turizmin bu cazibesi, oldukça dinamik ve rekabetçi bir turizm endüstrisini de beraberinde getirmektedir.

Türkiye, üç tarafının denizlerle çevrili olması, Asya ve Avrupa kıtaları arasında doğal bir köprü görevi görmesi, 8,333 km uzunluğundaki kıyı şeridi ve 2019 yılı itibariyle yılda yaklaşık 52 milyondan fazla turiste ev sahipliği yapması ile dünyanın 6. büyük turistik cazibe merkezi olmuştur (Şekil 1.7). Turizm ülkenin ana döviz kaynağıdır. İklim ise turizm potansiyelini belirleyen önemli bir kaynaktır.

Türkiye'nin turizm endüstrisi incelendiğinde Antalya ili önemli bir yer tutmaktadır. 2019 yılında toplam 15 milyon turist sayısı, 650 bin yatak kapasitesi gibi resmi istatistikler incelendiğinde Antalya'nın Türkiye'nin en önemli turizm destinasyonu olduğu görülmektedir.

İklim değışikliğı, 21. Yüzyılda insanlının karşı karşıya kaldığı en büyük sorunlardan biridir. Doğal değışkenliğe ilave olarak insan etkinlikleri sonucu (antropojenik) iklimde meydana gelen değışiklikler, sadece sıcaklıklarda artış ve yağış desenlerinde değışiklik şeklinde sonuçlanmayacak, beraberinde iklime bağı her şeyi değışime zorlayacaktır. Her ülke bu değışimlerin artık sadece delillerini değil; tarımdan enerjiye, ulaşımdan sanayiye, hayvancılıktan turizme kadar tüm sektörlerde etkilerini de görmeye başlamıştır (Cline ve William, 2007; Ebinger ve Vergara, 2011). Turizm, iklim değışikliğınden en fazla etkilenecek sektörlerdendir. İklim değıştikçe şiddetli hava ve iklim olaylarının sıklığı ve büyüklüğünde artışlar beklenmektedir (IPCC, 2012).



Şekil 1.1. Değişen iklimde ekstremlerin görülme olasılığı (IPCC, 2012)

Ortalamalardaki küçük değışiklikler bile, ekstrem hava ve iklim olaylarının görülme olasılıklarını arttırır. İstatistiksel olarak ekstremler dağılımın kuyruğunda meydana gelir. Değişen iklimde sıcak hava ve şiddetli yağışların kuyruktaki alanları (görülme olasılıkları) artmaktadır (Şekil 1.1).

Akdeniz Havzası içerisinde yer alan Türkiye, iklim değışikliğınin sıcak hava dalgaları, şiddetli yağış, sel-taşkın, kuraklık, deniz seviyesi yükselmesi, biyo-çeşitliliğin azalması gibi zararlarından en fazla etkilenecek ülkeler arasında yer almaktadır (IPCC, 2014).

1.1. Çalışmanın Amacı

Türkiye'nin ve Dünyanın önemli bir turizm destinasyonu olan Antalya'da termal biyoklimatik indisler ile Turizm İklim İndisi, enerji ile ilişkili Isıtma ve Soğutma Günlük Derece indislerinin zaman ve mekan içerisinde nasıl değişeceği ve bu durumun turizm sektörünü nasıl etkileyeceği araştırılmaya muhtaç bir konudur.

“Turizm sektörünün geleceği açısından sıcaklık indisleri ile termal biyoklimatik indisler arasındaki ilişkiler: Antalya örneği” konulu bu tezin amacı, iklim gözlem ve projeksiyon verisini kullanarak Türkiye ve Dünyanın önemli bir turizm destinasyonu olan Antalya'nın biyoklimatik koşullarını belirlemek üzere Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES-PET) ile modifiye Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (mFES-mPET) indislerini hesaplayarak, geçmişten geleceğe Antalya'nın termal konfor koşullarını ortaya koymaktır. Bu amaca yönelik olarak Antalya'nın saatlik, aylık, mevsimlik ve uzun yıllık biyoklimatik konfor dağılımları analiz edilerek yorumlanacak ve turizm açısından değerlendirilecektir.

Çalışmanın bir diğer amacı Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES-PET) ile modifiye Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (mFES-mPET) indis sonuçları arasındaki farklılıklar ve benzerlikleri ortaya koymak ve Antalya'nın biyoklimatik koşullarında kullanılabilirliklerini test etmektir.

Çalışmanın bir diğer amacında 5 ayrı indisin toplamından oluşan ve genellikle 3S Turizminde (Güneş, deniz kum) yaygın olarak kullanılan Mieczkowski'nin Turizm İklim İndisi (Tİİ-TCI) Antalya'nın istasyonlarına uygulanarak, Tİİ (TCI) açısından aylık bazda 3S turizmine uygunlukları test edilecek, kış, yaz, kurak mevsim ve bimodal bahar yüksekliği modellerinden hangisine girdikleri belirlenecek ve Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES-PET) indis sonuçları ile benzerlik ve farklılıkları ortaya konacaktır.

Çalışmanın bir diğer amacı Antalya koşullarında Isıtma ve Soğutma Gün-Derece (IGD-HDD ve SGD-CDD) indislerindeki mevcut ve gelecekteki eğilimleri belirleyerek, enerji gereksinimlerinde oluşabilecek değişikliklere ışık tutmaktır.

Çalışmanın bir diğer amacı tatilcilerin termal algı düzeylerini anlamak üzere gerçekleştirilen 10 soruluk bir anketin sonuçlarını değerlendirerek Antalya’da hesaplanan ve algılanan termal konfor koşullarına göre turizm uygunluk dönemlerini belirlemektir.

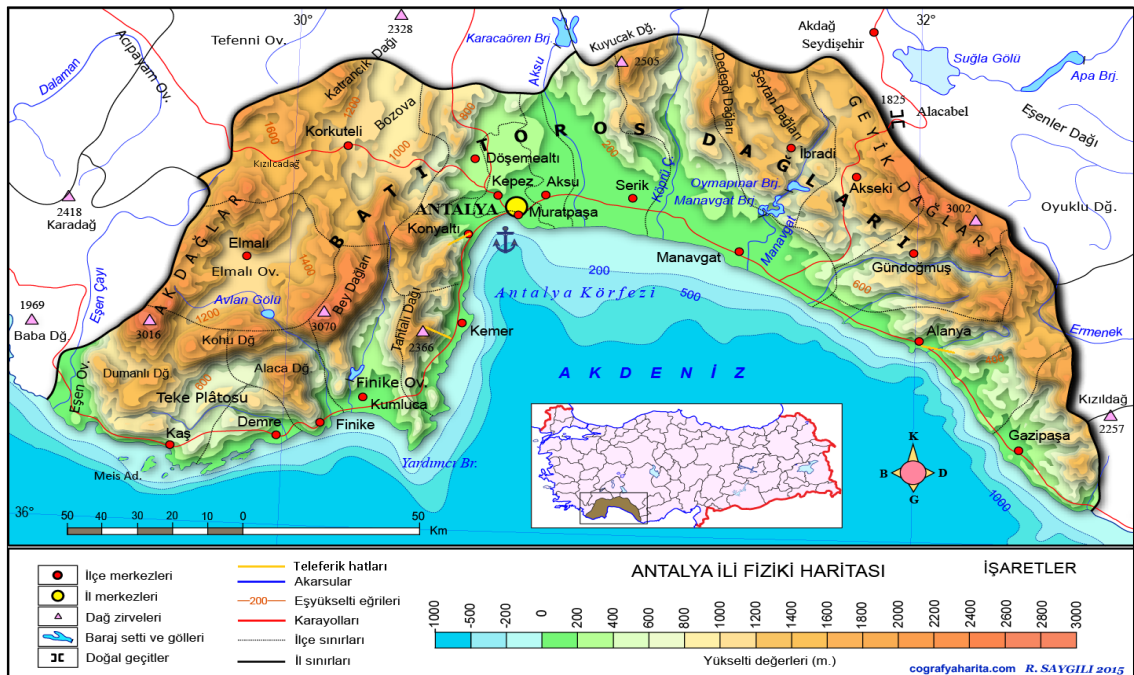
İklim Projeksiyonları 21. Yüzyılda beklenen sıcaklık artışlarının 20. Yüzyılda gözlenenlerden çok daha fazla olacağını göstermektedir (Akçakaya vd. 2015). Sıcaklıklarda beklenen bu artışların, Antalya’da termal biyoklimatik koşullar ile turizm ve enerji ile ilgili indislerdeki eğilimleri değiştirmesi beklenmektedir. Değişen iklimle yüzyılın sonlarına doğru Antalya’da turizmin yeri, çeşidi ve zamanının değişeceği, soğutma için gerekecek enerji ihtiyacının ısıtma için gerekenden çok daha fazla olacağı düşünülmektedir. Çalışma sonuçlarının turistlere, tur operatörlerine, akademiye ve sektörle ilgili karar alıcılara ışık tutması amaçlanmıştır.

1.2. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

Burada çalışma alanının morfolojisi, iklimi, nüfusu ve turizm kapasitesi incelenecektir.

1.2.1 Antalya'nın morfolojisi

Çalışma alanı olarak seçilen Antalya, Akdeniz Bölgesinin batısında yer alır (Şekil 1.2). Antalya'nın arazi yapısı Batı Toroslar olarak bilinen dağlık alan ve onun kenar kısmını oluşturan kıyı kesimleri olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Bu nedenle çalışma alanında 0 – 3070 m. arasında değişen farklı yükselti değerleri ile karşılaşılır. Antalya'nın en yüksek yeri Bey Dağları üzerindeki Kızılarsivrisi Tepesi'dir (3070 m). Batıda kıyı ile dağlık alanlar arasında yükseltileri değişen Eşen, Elmalı ve Korkuteli Ovaları, Teke Platosu ile Bey Dağları ve Akdağlar akarsularla parçalanmış bir topografya görünümü sunar. Korkuteli Ovası, 7-8 km. uzunlukta ve 2-3 km. genişlikte olup, dağlar arasında verimli bir ovadır. İçerisinden Bozçay geçer ve bu çay, Korkuteli Ovasında bol meyve ve ürün yetiştirilmesine imkân sağlar. Ayrıca Korkuteli Ovası'nın devamı olan Bozova da çok verimlidir. Antalya'nın orta ve doğu kesimlerinde seraların bol olduğu Antalya Ovası ve bu ovanın iç kesimlerinin doğu ve batı yakasında yükselen Batı Toroslar genel morfolojik yapıyı oluşturur (Gönençgil, B, 2018), (Şekil 1.2).

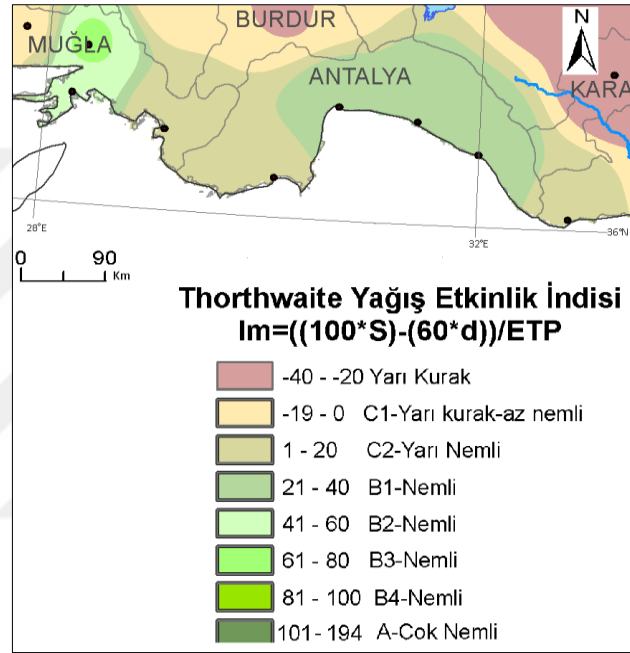


Şekil 1.2. Antalya İli lokasyonu ve fiziki haritası

1.2.2. Antalya'nın iklimi

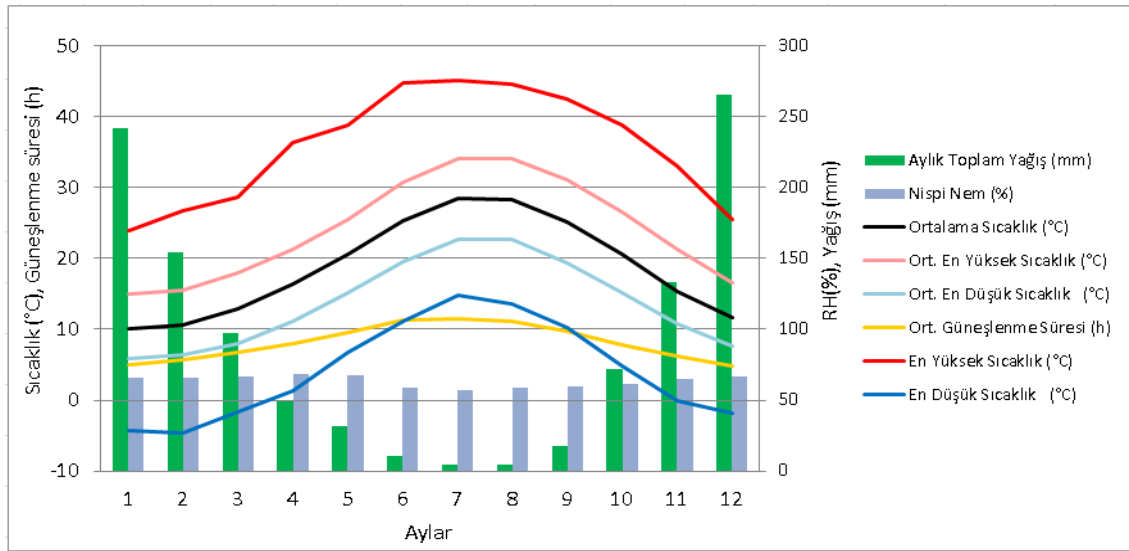
Antalya ilinde Akdeniz termik rejimi görülmekte olup, genel olarak kış ayları ılık, kararsız atmosfer şartlarının olduğu bol yağışlı bir mevsim, yaz ayları ise sıcak, sakin bir atmosfer ve kurak bir mevsim şeklindedir. Antalya yağışının çoğunu kış mevsiminde alır (%61). Sonbahar yağışlarının oranı %21 iken ilkbahar yağışlarının oranı ise %16 civarındadır. Yaz yağışları ise yok denecek kadar azdır (%2) (Şekil 1.5).

Thornthwaite iklim sınıflandırmasına göre Antalya'nın orta ve doğu kesimleri nemli, batı kesimi yarı nemli, Burdur sınırı yarı kurak, mezotermal, su noksanı yaz mevsiminde, yaz buharlaşma oranı yüksek (%53), kışları ılıman (10,7°C), yazları sıcak (27,3°C), deniz tesirinde Akdeniz iklimine sahiptir (Şekil 1.3-1.5, Tablo 1.1). Kış mevsiminde Akdeniz, çevresine göre alçak basınç alanı haline



Şekil 1.3. Thornthwaite İklim Sınıflandırmasına göre Antalya iklimi (Url 6)

tamamıyla tropikal hava kütlelerinin etkisinde kalır. Batı Toroslar dağ sırasının içerisinde yer alan çalışma sahası bu dağların yükseltisi ve uzanış doğrultuları nedeniyle, Akdeniz üzerinden gelen sıcak ve nemli hava kütlelerinin dağ yamacı boyunca yükselerek soğuması ve havanın neme doyararak bölgenin cephesel yağışlardan sonra ikinci derecede önemli olan orografik yağışlarla da beslenmesine neden olurlar. Kış mevsiminin sıcaklık bakımından ılıman özellikler göstermesi; gezici depresyonların çalışma sahasına sık sık yağış getirmesi dışında denizin ılımanlaştırıcı etkisi ve zaman zaman yüksek dağlık kütle boyunca yükselip kıyıya inen fön karakterli rüzgarlardan dolayıdır (Kum ve Gönençgil, 2018, Atalay, 2011).

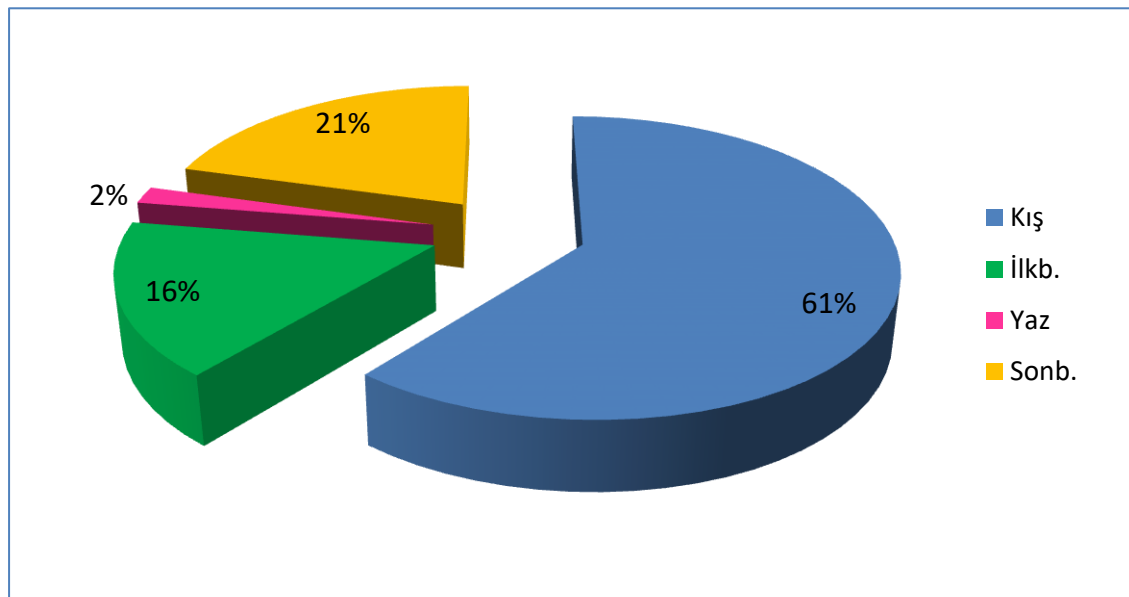


Şekil 1.4. Antalya uzun yıllık iklim verisi grafiği (Url 6)

Tablo 1.1. Antalya uzun yıllık iklim verisi (Url 6)

ANTALYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1930 - 2019)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	10.0	10.6	12.8	16.3	20.5	25.3	28.4	28.3	25.1	20.5	15.4	11.6	18.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	14.9	15.5	17.9	21.3	25.5	30.7	34.0	34.0	31.1	26.5	21.2	16.6	24.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.9	6.4	8.0	11.2	15.2	19.6	22.7	22.7	19.4	15.2	10.7	7.6	13.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	5.0	5.7	6.7	7.9	9.6	11.3	11.5	11.2	9.7	7.8	6.3	4.8	97.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.5	10.4	8.5	6.4	5.0	2.4	0.6	0.5	1.7	5.4	7.4	11.7	72.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	242.1	154.4	97.2	50.4	32.1	10.9	4.5	4.6	18.1	72.1	133.6	265.3	1085.3
Ölçüm Periyodu (1930 - 2019)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	23.9	26.7	28.6	36.4	38.7	44.8	45.0	44.6	42.5	38.7	33.0	25.4	45.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.3	-4.6	-1.6	1.4	6.7	11.1	14.8	13.6	10.3	4.9	0.0	-1.9	-4.6
En yüksek ve en düşük sıcaklıkların gerçekleşme tarihini görmek için fare imlecini değerlerin üstüne getiriniz.													
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı					Günlük En Hızlı Rüzgar					En Yüksek Kar			
17.01.1969 331.5 mm					22.01.1998 155.5 km/sa					07.01.1993 5.0 cm			

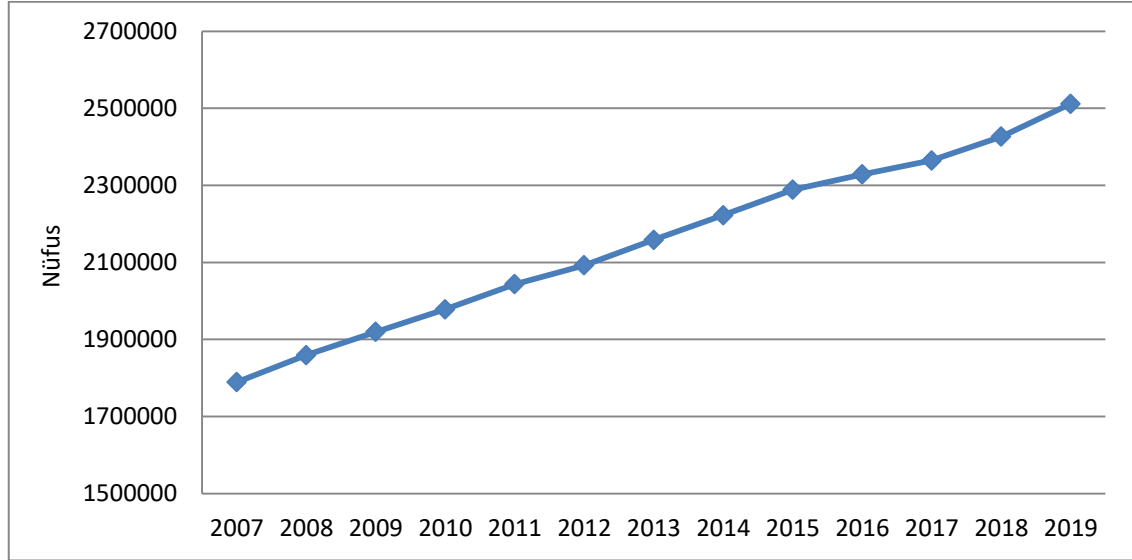
Şekil 1.5. Antalya'nın mevsimlik yağış oranları grafiği



Şekil 1.5. Antalya'nın mevsimlik yağış oranları grafiği

1.2.3. Antalya'nın nüfusu

Antalya İli toplam nüfusu 2019 yılında 2.511.700 kişiye ulaşmıştır. Antalya İli'nin nüfusu yılda yaklaşık 58 bin kişi artmaktadır (Şekil 1.6). Antalya'nın en kalabalık ilçesi, 556.033 kişi ile Kepez'dir (%22) (Tablo 1.2).



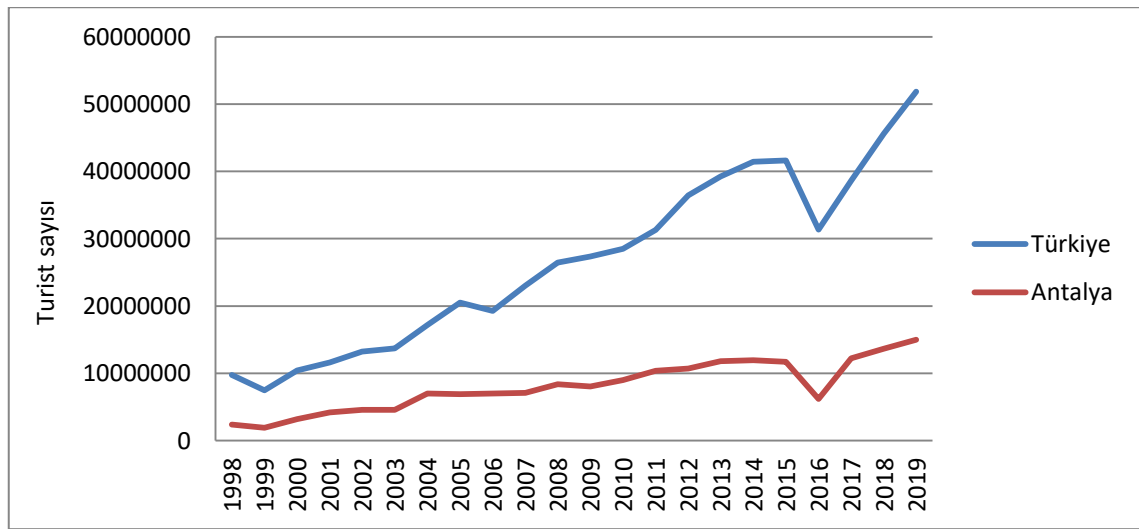
Şekil 1.6. Antalya İli nüfus grafiği ([Url 9](#))

Tablo 1.2. İlçelere göre Antalya nüfusu ([Url 9](#))

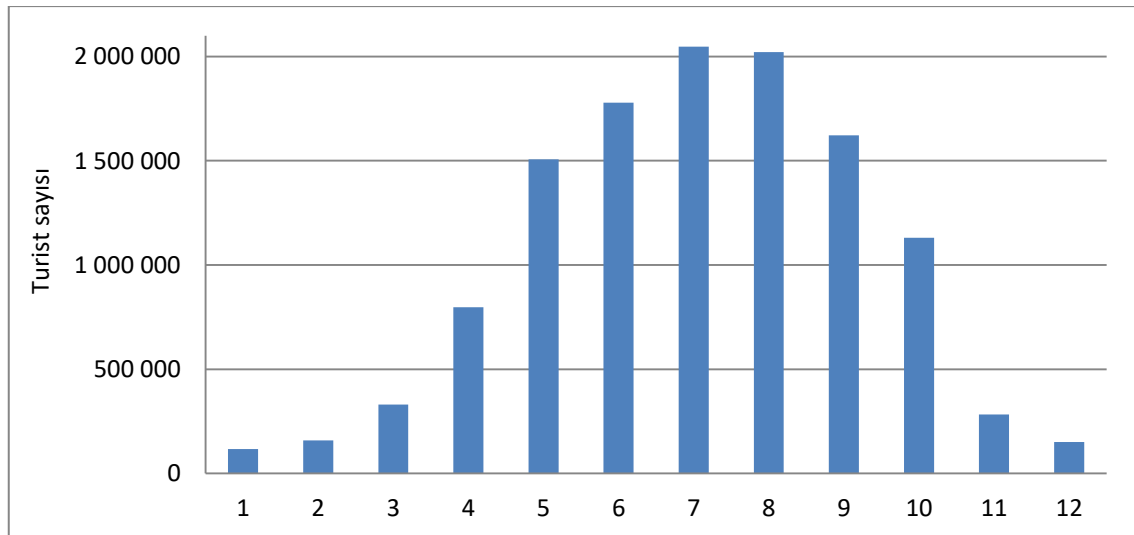
Yıl	İlçe	İlçe Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Nüfus Yüzdesi
2019	Kepez	556.033	282.676	273.357	% 22,14
2019	Muratpaşa	510.368	250.364	260.004	% 20,32
2019	Alanya	327.503	166.556	160.947	% 13,04
2019	Manavgat	241.011	123.778	117.233	% 9,60
2019	Konyaaltı	190.043	91.514	98.529	% 7,57
2019	Serik	129.418	66.317	63.101	% 5,15
2019	Aksu	73.220	37.494	35.726	% 2,92
2019	Kumluca	70.423	35.665	34.758	% 2,80
2019	Döşemealtı	65.794	33.610	32.184	% 2,62
2019	Kaş	59.716	30.800	28.916	% 2,38
2019	Korkuteli	55.352	27.818	27.534	% 2,20
2019	Gazipaşa	50.555	25.684	24.871	% 2,01
2019	Finike	48.534	24.374	24.160	% 1,93
2019	Kemer	46.143	24.090	22.053	% 1,84
2019	Elmalı	38.972	19.619	19.353	% 1,55
2019	Demre	26.362	13.513	12.849	% 1,05
2019	Akseki	11.484	5.919	5.565	% 0,46
2019	Gündoğmuş	7.737	3.825	3.912	% 0,31
2019	İbradı	3.032	1.555	1.477	% 0,12

1.2.4 Antalya'nın turizmi

Antalya Türkiye'nin en çok antik kent bulunan ilidir. Antalya'da kültür turizmi başta olmak üzere deniz, spor, sağlık, kış, kongre, yayla, mağara, kamp ve inanç turizmi yapılabilmekte bu turizm seçenekleri için tesisler bulunmaktadır. Antalya tarihi yapıları, mavi bayraklı sahilleri ve 650 bin yatak kapasitesi ile 2019 yılında Türkiye'ye gelen 52 milyon turistin 15 milyonuna ev sahipliği yaparak Türkiye'nin önde gelen turizm destinasyonu olmuştur (Şekil 1.7). Antalya'ya, en fazla Rusya ve Almanya'dan olmak üzere 193 ülkeden turist gelmektedir



Şekil 1.7. Türkiye ve Antalya yabancı turist sayıları, TÜİK, Antalya Valiliği, (Url 3)



Şekil 1.8. Antalya aylık turist sayıları, Kültür ve Turizm Bakanlığı, TÜİK, (Url 1)

Mayıs-eylül ayları arasında Antalya'ya gelen turist sayıları 1.5 milyonun üzerinde, temmuz, ağustos aylarında ise 2 milyonun üzerindedir (Şekil 1.8).

1.3. Önceki Çalışmalar

Biyoklimatoloji çalışmaları, uygulamalı klimatolojinin önemli kollarından biridir ve pek çok farklı disiplinden bilimsel araştırmanın konusu olmuştur. Biyoklimatoloji çalışmalarının önemli bir bölümü, termal koşullara insanların verdiği tepkiler ya da belirli atmosfer koşullarında insanların nasıl etkilendiklerini ölçmeye dayanmaktadır. İnsanların atmosfer olayları karşısında verdikleri tepkileri ortaya koymak için hazırlanan indislere termal konfor indisleri denilmektedir (Çalışkan, 2012). Sayıları yüzlerle ifade edilen termal konfor indislerin zaman içindeki değişimlerini ortaya koyan bibliyografik çalışmalar bulunmaktadır (Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Epstein ve Moran 2006). İndislerinin tarihsel gelişimi Tablo 1.3’de verilmiştir.

1.3.1. Termal konfor indislerinin tarihsel gelişimi

Tablo 1.3. Termal konfor indislerinin tarihsel gelişimi

Yıl	İndeks	Yazar(lar)
1923	Etkili Sıcaklık (ET)	Houghten ve Yagloglou
1946	Düzeltilmiş Etkili Sıcaklık (CET)	Bedford
1955	Isı Stres İndisi (HSI)	Belding & Hatch
1959	Konforsuzluk endeksi (DI)	Thom vd.
1963	İnsan vücudu ısı dengesi (0)	Gates 1963
1970	Tahmin Edilen Ortalama Oy (PMV)	Fanger (ISO ve ASHRAE)
1970	Tahmini % Memnuniyetsizlik (PPD)	(İç mekan)
1971	Standart Etkili Sıcaklık (SET)	Gagge vd. (dış mekan)
1979	Görünür (Hissedilen) sıcaklık (AT)	Steadman, 1979
1984	Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) (PET)	Höppe
2000	Evrensel Termal İklim Endeksi (UTCI)	Komisyon, COST Action 730

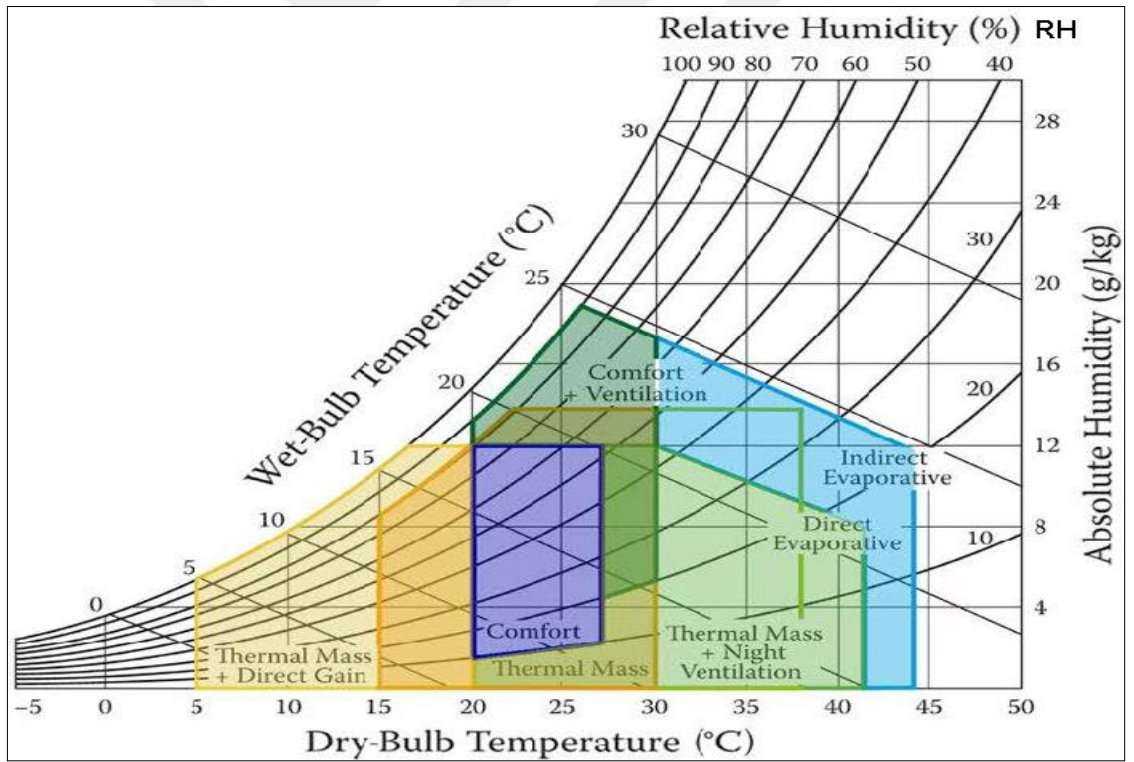
ET AT, ve HSI gibi indisler sadece sıcaklık ve nem koşullarını dikkate alırken, son yıllarda ortaya çıkan SET, FES (PET), UTCI, PMV ve PPD gibi indisler meteorolojik verilerle birlikte kişisel verileri de dikkate alan karmaşık indislerdir.

İlk termal konfor indisi 1923'te Houghton ve Yaglou'nun geliştirdikleri Efektif Sıcaklıktır. Bu indisde kuru termometre sıcaklığı ve nispi nemin algılanan sıcaklığa etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır (Çalışkan, 2012). Eşitlikte sadece kuru termometre sıcaklığı ve RH kullanır. Yöntem atmosferin doymuş olduğunu ve radyasyonun olmadığını kabul eder. Efektif sıcaklık son elli yılda çok kullanıldı fakat artık yerini diğer indislere terk etmektedir. Büttner 1938, Bedford 1948 sıcaklık ve nemin yanı sıra radyan ısıyı da indisin içine katmıştır.

$$ET = DBT - 0.4 * (DBT - 10) * \left(1 - \frac{RH}{100}\right) \text{ in } ^\circ\text{C} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Burada,

ET: Efektif sıcaklık, DBT: Kuru termometre sıcaklığı, RH: Nispi Nem



Şekil 1.9. Psikrometrik grafikte termal konfor bölgelerinin gösterimi (Schiavon, S., vd, 2014)

Grafikten termal konfor bölgesinin 20-27°C arasında sıcaklık ve %10-80 nispi nem(RH) arasında olduğu izlenmektedir. Bunun dışındaki sıcaklıklarda termal konforu sağlamak için 20°C'nin altında ortamı ısıtmak, 27°C'nin üzerinde ise havalandırma yapmak gerekir (Şekil 1.9).

Vernon ve Warner 1932’de tüm bu ölçümlerle birlikte insanın termal konforu açısından rüzgar hızının da etkili olabileceğini savunmuşlardır. Missernard 1931’de efektif sıcaklığa benzer bir indis geliştirmiş ve buna Sonuç Sıcaklığı demiştir. Bu indis Isının kendisinin yanında nasıl transfer edildiğini de araştırmaktadır. Winslow vd, 1937, Operasyonel sıcaklık (Operative Temperature) terimini gündeme taşımışlar ve hissedilen sıcaklığın hava sıcaklığı ile radyan sıcaklığın doğrusal ortalaması olduğunu ortaya koymuşlardır (Çalışkan, 2012).

Gates 1963, termodinamikte enerjinin korunumu kanununu kullanarak insan vücudu ısı dengesinin aşağıdaki formülle hesaplanabileceğini göstermiştir.

$$O = M \pm C1 \pm C2 - LE - RB \pm RS + S (1-a) \quad \text{(Eşitlik 2)}$$

M= metabolik oran kcal/m²

C1= konveksiyon (taşınım) ısı değişimi

C2= kondüksiyon (iletim) ısı değişimi

LE= buharlaşmayla ısı değişimi (L buharlaşma E nem kaybı)

RB= kızılötesi radyasyon (vücuttan kaçan)

RS= çevreden gelen kızılötesi radyasyon

S= kısa dalga radyasyon, a= albedo

Gates’in formülü termal konfor indislerinde fizyolojik tepkimelerin payının ölçülebilmesine imkan sağlamıştır (Çalışkan, 2012).

Gagge vd. 1971, insanın terleme ve deri sıcaklığına bağlı olarak hazırladıkları ölçeklerinde hava sıcaklığı, nispi nem, ortalama radyan sıcaklık değerlerini kullanmıştır. Diğer ampirik termal indisler Thom 1959 tarafından geliştirilen Konforsuzluk İndisi (Discomfort Index), Steadman, 1979, 1984 tarafından geliştirilen Görünür Sıcaklık indisi (Apparent Temperature) ve Steadman, 1971 tarafından geliştirilen Rüzgar soğutma indisidir (Windchill Index) (Çalışkan, 2012).

1970’li yıllarla birlikte termal konfor çalışmalarının bir sıçrama gösterdiği gözlenmektedir. Bu atılımdan en büyük paya sahip olanlardan biri Fanger, 1972’dir.

Fanger, insanların bulundukları ortam ile ısı dengelerinin ortaya konulabilmesi için çeşitli hesaplamalar ve bu hesaplamalara bağlı olarak modeller geliştirmiştir. Geliştirdiği modellerden biri, ISO ve ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) tarafından standart olarak belirlenen ve ısı dengesini dikkate alan Tahmini Ortalama Oy (Predicted Mean Vote) (PMV) modelidir (Çalışkan, 2012).

Tahmin Edilen Ortalama Oy - Predicted Mean Vote (PMV)

PMV bireyin iç mekanın termal koşullarından etkilenme düzeyini belirleyen ve iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan bir indistir (TS EN ISO 7730, 2005).

$$PMV = [0,303 \cdot \exp(-0,036 \cdot M) + 0,028] \cdot$$

Eşitlik 3

$$\left\{ \begin{aligned} & (M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] \\ & - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ & - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right\}$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \left\{ 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a) \right\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{for } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 I_{cl} & \text{for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 I_{cl} & \text{for } I_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

Burada;

M: metabolik oran (W/m²)

tr: ortalama radyan sıcaklık (°C)

W: etkin mekanik güç (W/m²)

Pa: su buharı basıncı (Pa)

td: kıyafet yalıtımı (m² K/W)

hc : konvektif ısı transfer katsayısı (W/m² K)

fd: kıyafet yüzey alan faktörü

td: giysi yüzey sıcaklığı (°C)

ta : sıcaklık (°C)

1 metabolik birim: 58.2 W/m²

Va/r: göreceli hava hızı (m/s)

1 kıyafet birimi: 1clo: 0.155m² °C/W

Tablo 1.4. PMV değerlendirme skalası (Kadiroğulları, 2016)

PMV	Anlam
+3	Sıcak
+2	Ilık
+1	Hafif ılık
0	Nötr
-1	Hafif serin
-2	Serin
-3	Soğuk

Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi - Percentage of Personal Dissatisfaction (PPD)

PPD değeri, PMV'den türetilen ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesini veren ve iş sağlığı ve güvenliğinde kullanılan bir indistir. PMV ± 0.5 , olduğu ortamda bulunan memnuniyetsiz kişilerin oranı % 10'u geçmez.

$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)$$

Eşitlik 4

PMV indisinin sıfıra yakın olduğu değerler ortamdan memnuniyetsizliğin en az olduğu şartlardır. PMV ve PPD iş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor şartlarının belirlenmesi için kullanılan indislerdir (TS EN ISO 7730, 2005).

Standart Efektif Sıcaklık -Standard Effective Temperature (SET) Gagge vd, tarafından 1971'de ET alt kümesi olarak yorumlanmıştır. Standard Effective Temperature (SET) dış mekanlardaki hava koşullarını dikkate alır. SET'te hava sıcaklığı, RH, ortalama radyan sıcaklık değerleri kullanılır. Hesaplama da deri sıcaklığı ve nemliliği de dikkate alınır (Gagge vd, 1971).

Deniz kenarında standart çevre koşullarında SET = ET' dir. Yüksek seviyelerde fark açılır. İndis, Psikrometrik Grafik (T, RH) kullanır (Şekil 1.9).

Tablo 1.5. Standart Efektif Sıcaklık (SET) değerlerine karşılık gelen duygu ve psikoloji durumları

SET	PMV	duygu	psikoloji
> 37.5	> 3	çok sıcak, konforsuz	buharlaştırma düzenlemesinde bozulma
37.5-34.5	+2 to +3	sıcak, kabul edilemez	aşırı terleme
34.5-30.0	+1 to +2	sıcak, konforsuz,	terleme
30.0-25.6	+0.5to+1	az sıcak,	az terleme, vazolidasyon
25.6-22.2	-0.5,+0.5	konforlu	fizyolojik termal nötrlük
22.2-17.5	-1 to -0.5	az serin,	başlangıç, vazokonstriksiyon
17.5-14.5	-2 to -1.0	serin, kabul edilemez	yavaş vücut soğuması
14.5-10.0	-3 to -2.0	soğuk, kabul edilemez	titreme başlangıcı

SET'in 25.6-22.2 olduğu aralık konforlu bölgedir. Bu aralığın üstü sıcak, altı da soğuk ortamları ifade eder.

Landsberg, 1972; Driscoll, 1992; Parsons, 2003; Epstein ve Moran 2006 Sadece sıcaklık ve nem koşullarını dikkate alan, hesaplanması kolay basit termal konfor indisleri ile çalışmışlardır (Çalışkan, 2012).

Termo-regülatörlerin tepkilerini içeren önemli indislerden biri Dış mekan Konfor Uzman Sistemidir (OUTCOMES) (OUTdoor COMfort Expert System). OUTCOMES indisi, insanların konfor koşullarını, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, nemlilik, güneş radyasyonu, nesnelerin gölgeleri, çevredeki nesnelerin ve zeminin yansıtma özelliği, gökyüzü görüş oranı, ağaçlar ve bina örüntüsü, kıyafetler ve insan aktiviteleri girdileri ile hesaplamaktadır. OUTCOMES modeli enerji dengesi formülüyle çalışmaktadır. Sonuçları Wm2 olarak vermektedir (Wang, 2003, Çalışkan, 2012).

Biyoklimatik indislerin önemlilerinden bir diğeri KMM: Klima Michel Modeli' dir. Bu modelle hesaplanan sıcaklığa, Algılanan Sıcaklık (Perceived Temperature) adı verilmektedir. KMM, Tahmini Ortalama Oy (PMV) modeline termal değişim değerleri eklenerek onun açık alanlarda da kullanılabileceği ön koşuluna dayanır ve Alman Meteoroloji Servisinde (Deutscher Wetterdienst) geliştirilmiştir (Jendritzky vd., 1990; 2001; Jendritzky ve Nübel, 1981, Çalışkan, 2012).

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES-PET)

Günümüzde en çok kullanılan önemli termal konfor indisi Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) (Physiological Equivalent Temperature-PET)'tir. FES ilk kez Höppe, 1984 tarafından geliştirilmiştir. FES modelinde hesaplamalar aşağıdaki gibidir.

$$M+W+Q^*(T_{mrt},v) +QH(T_a,v)+QL(e,v)+QSW(e,v)+QRe(T_a,e)+S=0 \quad \text{Eşitlik 5}$$

Burada;

M = Metabolizma oranı (aktivite)

W = Mekanik güç (aktivite türü)

Q^* = Radyasyon Bütçesi

QH = Hissedilen sıcaklığın değişimi

QL = Gizli ısıнын değişimi (buhar dağılımı)

QSW = Gizli ısıнын terleme yoluyla dağılımı

QRe = Solunum yoluyla ısı değişimi (hissedilen ve gizli sıcaklık)

S = Depolama, T_a = Hava sıcaklığı, e = buhar basıncı, v = rüzgar hızı

T_{mrt} = ortalama radyan sıcaklık

FES, temelde Münih Bireysel Enerji Denge Modeline (MEMI) (VDI, 1998) ve Gagge'nin iki-nodlu modeline (Gagge vd., 1971) dayanmaktadır. Bu modelde açık alanlardaki meteorolojik koşullar, insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık bir iş yapan, kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar tipik kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna, vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir. Açık hava koşullarının, kapalı alanlardaki tepkilere eşitlenmesiyle somut bir konfor indisi ortaya çıkmaktadır (Çalışkan, 2012).

Kapalı alan referans değerleri

* Ortalama radyan sıcaklık, hava sıcaklığına eşittir ($T_{mrt} = T_a$)

* Havanın hareketi (rüzgâr) hızı 0,1 m/s'dir

* Su buharı basıncı 12 hPa'dır ($T_a = 20^\circ\text{C}$ ve RH %50)

Tablo 1.6. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık Termal Algılama ve Stres Dereceleri (Matzarakis ve Mayer, 1996)

FES (°C)	Termal Algılama	Fiziksel Stres Derecesi
>41	Aşırı sıcak	Ekstrem ısı stresi
35-41	Çok sıcak	Güçlü ısı stresi
29-35	Sıcak	Orta ısı stresi
23-29	Biraz sıcak	Hafif ısı stresi
18-23	Konforlu	Isı stresi yok
13-18	Biraz serin	Hafif soğuk stresi
8-13	Serin	Orta soğuk stresi
4-8	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
<4	Çok soğuk	Ekstrem soğuk stresi

FES indis sonuçları 9 basamaklı bir termal algılama ve bunlara karşılık gelen fiziksel stres derecesi ile sınıflandırılmıştır (Tablo 1.6).

1.3.2. Zamansal ve mekânsal analizler

Termal konfor çalışmalarının iki boyutu vardır. Birisi zaman içinde termal konfor koşullarının değişimi, ikincisi ise bu koşulların yatayda (mekânda) nasıl dağıldıklarıdır. Yatayda dağılımın ilk örneklerden biri Jendritzki vd. 1990 tarafından gerçekleştirilmiştir. Klima Michel Modeli kullanılarak Almanya'nın 30 yıllık verisinin analizi sonucu elde edilen değerler orta ölçekli bir haritada gösterilmiştir. Ayrıca 100 m²'den 1 km²'ye kadar olan gridler halinde istasyonlardan alınan bilgiler, CBS teknikleriyle alansal enterpolasyon metoduyla haritalandırılmıştır (Çalışkan 2012).

Resmi meteoroloji kurumundan verinin temini yanı sıra birebir ölçümlere dayalı olarak da biyoklimatik haritalama gerçekleştirilebilmektedir. Farklı alanlardaki biyoklimatik koşulların değerlendirilmesi için Lido degli Estensi (İtalya) kumsalında 22 Haziran-2 Temmuz 1989 arasında farklı yerlerde meteorolojik parametreler ölçülmüş ve kara içindeki meteoroloji servisine bağlı istasyon ile kıyaslanmıştır. Höppe ve Hermann, 1991 Kuzeydoğu İtalya'da 22 Haziran-2 Temmuz 1989 arası yaptıkları çalışmada günün en sıcak zamanında kumsaldaki termal stresin kara içinden çok daha düşük seviyelerde olduğunu bulmuşlardır (Çalışkan, 2012).

Spagnolo ve de Dear 2003, Sidney için beş farklı termal konfor indisini bir arada kullandıkları çalışmada, meteoroloji kurumundan alınan veriler ve bu çalışma için kurulmuş seyyar meteoroloji istasyonlarından alınan veriyi kullanmışlardır. Ayrıca insanlara hava koşullarının kendilerini nasıl etkilediği de sorularak termal konfor indislerinin Sidney'i (Avustralya) ne kadar yansıttığı test edilmiştir (Çalışkan, 2012).

Geniş topraklara sahip Çin'de Wan vd. 2009, tarafından yapılan bir çalışmada Çin'deki 102 yıllık (1901-2002) meteorolojik veriler kullanılarak (hava sıcaklığı ve nispi nem) termal iklim kuşakları ve alt bölümleri araştırılmıştır. Hesaplanan PMV indisine göre, Çin'de kışın aşırı soğuk (-5) ve sıcak (+2) arasında değişen konfor koşulları bulunmaktadır. Konforsuz koşulların kışın daha az, yazın ise daha fazla olduğu vurgulanmaktadır (Çalışkan, 2012).

1.3.3. Şehir iklimi ve biyoklimatolojisi çalışmaları

Mayer 1993, kendi kurduğu meteoroloji istasyonlarından elde ettiği verilerle FES indisi kullanarak bir araştırma gerçekleştirmiştir. Münih şehir kanyonlarının ağaçlı ve ağaçsız bölümlerindeki hava sıcaklığı ve nispi nemin ölçülmesi sonucu, taçlı ağaçların çevrelerinden 15 K (Kelvin) daha az ortalama radyan sıcaklık değerine sahip olduğunu bulmuştur. Dolayısıyla şehir kanyonlarında ağaçlı alanların daha konforlu bir yaşam alanı sağladığı matematiksel formüller kullanılarak açığa çıkarılmıştır (Çalışkan, 2012).

Mayer ve Matzarakis'in 1997, Freiburg'ta hareketli ölçüm cihazlarıyla yaptıkları ölçümler, taçlı ağaçların (bu örnekte kestane) 11 Temmuz 1996'da yakındaki ağaçsız alandan 1 K daha düşük ortalama hava sıcaklığı değerine sahip olduğunu ortaya koymuştur. Bununla beraber ortalama radyan sıcaklığın gölge alanlarda 30 K daha düşük olduğu hesaplanmıştır (Çalışkan, 2012).

Svensson ve Ingegärd 2002, Gothenburg (İsveç) şehrinin farklı kullanım özelliklerine sahip üç alanın (yoğun şehirleşme, apartmanlar ve müstakil evler) iklimi ve biyo-klimatolojisini incelenmişlerdir. Bu çalışmada geceleri yoğun binaların bulunduğu alanın diğer alanlardan her zaman daha sıcak ve en yüksek sıcaklık sapmasına sahip (8°C) olduğu, müstakil evlerin kırsal alanlardan 4°C daha sıcak, havanın açık olduğu gündüz saatlerinde ise binaların bulunduğu sahanın kırsal alandan daha soğuk olduğu görülmüştür (Çalışkan, 2012).

Çiçek 2003, Ankara'da şehirleşmeye bağlı olarak biyoklimatolojik koşullardaki değişimi araştırdığı çalışmasında, Ankara Meteoroloji İstasyonu ile Esenboğa Meteoroloji İstasyonunun 1975-2006 yılları arası için hesaplanan termohigrometrik rahatsızlık indis değerlerini karşılaştırmıştır. İnceleme sonucunda kır özelliği taşıyan Esenboğa'da kışın soğuk etki yapan biyoklimatik dönemlerin oranı daha fazlayken, şehir özelliği taşıyan Ankara'da yazın sıcak koşulların daha etkin olduğu saptanmıştır. Rahat biyoklimatik dönemin süresi ise her iki istasyonda da birbirine yakın bulunmuştur. Şehirleşmenin beraberinde getirdiği sıcaklık artışına bağlı olarak yaz mevsiminde sıcaklık stresi yaşandığı sonucuna ulaşılmıştır (Çalışkan, 2012).

Oliveira ve Andrade 2007, deneysel bir araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada güneşli iki bahar gününde Lizbon'daki şehrsel açık alanda anket araştırmaları ve meteorolojik ölçümler gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda kapalı alanda konfor koşulları yaratan sıcaklık değerlerinin açık alandaki sıcaklık değerlerinden biraz daha düşük olduğu bulunmuştur. Rüzgârın genellikle insan konforu üzerinde en etkili parametre olduğu ve genellikle olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Kadınlar erkeklere nazaran rüzgârdan daha fazla olumsuz etkilenmişlerdir. Bu deney RayMan yazılımı tarafından hesaplanan FES değerleri ile insanların birebir verdikleri tepkilerin benzer olduğunu göstermiştir (Çalışkan, 2012).

Gulyas vd. 2006, 160.000 nüfuslu Szeged'teki (Macaristan) çeşitli açık alanlarda termal konfor koşulları araştırmışlardır. Örnekler bina yoğunluğunun fazla olduğu şehir merkezi, radyasyon salınımlarının etkili olduğu dar sokaklar ve 20-30 yıllık 20-30 m uzunluğunda ağaçların olduğu mekânlardan alınmıştır. Bu alanlardaki farklı radyasyon koşullarından kaynaklanan FES indis farklılıklarının 15°C-20°C'ye ulaştığı görülmüştür. İnsan konforu açısından sadece bina, bina-ağaçlar ve sadece ağaçlar olmak üzere üçe ayrılan mekânlarda farklı koşulların olduğu anlaşılmıştır (Çalışkan, 2012).

Tseliou vd., 2010'da yaptıkları çalışma bir hayli geniş kapsamlıdır. Avrupa'nın 7 farklı şehrinde (Atina, Selanik, Milan, Freiburg, Kassel, Cambridge, Sheffield) 14 açık hava mekânında şehrin önemli alanlarında seyyar istasyonlarla hava sıcaklığı ve nispi nem ölçülmüş ve insanlarla anket yapılarak görüşleri alınmıştır. Bunun için aktüel algılama oyları (ASV) kullanılmıştır. Ortalama sıcaklık ve insanların seçimleri arasında güçlü bir korelasyonun olduğu ortaya çıkmıştır (Çalışkan, 2012).

Çalışkan, 2012'de yaptığı doktora çalışmasında 1975-2008 dönemine ait 69 istasyon verisini kullanarak Türkiye'nin biyoklimatik koşullarını incelemiş, vadi tabanları ve ovaların FES'leri diğer alanlardan 5-25°C daha yüksek, dağ kütlelerinin FES'leri çevrelerindeki alçak alanlardan 10-30°C daha düşüktür. En yüksek FES değerleri, mayıs-eylül arasında güneydoğudaki alçak alanlarda, nisan-ekim arasında ise Akdeniz kıyısında görülmektedir. Yıllık ortalama FES değerleri, kuzeye doğru her 1° enlemde 1,3°C, 100 m'lik yükselti artışında 0,71°C azalmakta, denizden uzaklaştıkça her 100 km'de 1,08°C artmaktadır. Çalışmada ayrıca şehirleşmenin biyoklimatik koşullar üzerine etkisi Ankara ölçeğinde incelenmiş, yoğun şehir alanları günün büyük bir bölümünde diğer alanlardan daha yüksek FES değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Farklar mayıs-eylül arası dönemde artmakta, ekim-nisan arası dönemde ise azalmaktadır.

Toy ve Özcan 2017’de yaptıkları çalışmada, Samsun’da 15 istasyonun 2014-2016 yıllarına ait verisini kullanarak biyo-iklimsel indis FES (PET)’i hesaplamış, kentsel tasarım çalışmasında termal biyoklimatik bilgilerin kullanım imkânlarını araştırmışlardır. Buna göre kent merkezi, rüzgarı önleyen ve böylece kentsel alanda durağan, nemli ve sıcak bir hava kütesine neden olan yoğun şehir yapısına sahiptir. Hakim rüzgar yönünde inşa edilen yüksek yapılı bloklar, denizden gelen rüzgarın şehrin iç kısımlarına ulaşarak termal konforu sağlamasını engellemektedir. Bu çalışma, şehir plancısı ve peyzaj mimarına yeni ortaya çıkan konseptler konusunda bilgi vermek ve biyo-iklimsel duyarlı tasarımlarda dikkate alabilecekleri parametrelerin gösterilmesi açısından önemlidir.

1.3.4. Sağlık coğrafyası amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları

Hava koşulları ve iklimin insanlar üzerinde önemli bir etkisi de hastalıklarla olan ilişkisidir. Vücut ısını korumak için gerçekleştirilen termo-regülatör davranışlar, kimi zaman çok fazla güç sarf edilmesine, insanların hastalanmasına yol açabildiği gibi aşırı soğuk ya da aşırı sıcak koşullarda insanlar ciddi risklerle karşı karşıya kalabilmektedir (Çalışkan, 2012).

Deniz vd., 2003, Türkiye’nin nüfus bakımından en yoğun bölgesi Marmara’ya ait 12 yerleşim merkezinin 1929-1990 yılları arasındaki sıcaklık ve nispi nem verisini kullanarak hissedilen sıcaklık analizleri yapmışlardır. Çalışmanın en önemli amacı bunaltıcılık açısından yaşam koşullarının bölgede ne derece etkili olduğunu saptamaktır. Buna göre Marmara Bölgesi’nde hissedilen sıcaklıkların insan sağlığı açısından tehlikeli boyutlara geldiği aylar haziran, temmuz ve ağustostur. Mayıs ve eylül aylarında ise tüm istasyonlarda gözlenen “hissedilen sıcaklıklar” bunaltıcılık kritik değeri olan 27°C’nin altındadır (Çalışkan, 2012).

Matzarakis vd., 2009, yaptıkları araştırma sonucunda, 2003 ısı dalgasından sonra Strasburg şehrindeki (Fransa) ölüm oranlarının kırdan daha yüksek olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu çalışmanın amacı Strasburg şehir merkezinde ve çevresinde termal konfor koşullarını karşılaştırarak analiz etmektir.

1.3.5. Turizm amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları

Bir yerin turizm potansiyelini belirleyen doğal kaynaklardan biri de iklimdir. Topay ve Yılmaz 2004, Muğla ili özelinde biyoklimatik konfor alanlarının tanımlanmasında Olgyay 1973 konfor aralığını kullanmışlardır. Buna göre sıcaklığı 21°-27°C arasında değişen, rüzgâr hızı <5m/s olduğu ve nispi nemin %30-65 arasında olduğu koşullar biyoklimatik olarak konforlu sayılmaktadırlar. Sonuç olarak biyoklimatik açıdan turizm için konforlu ayların haziran, ağustos ve eylül olduğu, konforsuz ayların ise temmuz ve ekim ayları olduğunu hesaplamışlardır. Bunların yanı sıra, alan olarak Muğla ilinin orta kesimleri ve kuzeyinin daha konforlu açık hava koşullarına sahip olduğu ileri sürülmüştür.

Çalışkan vd., 2011’de yaptıkları çalışmada turizm endüstrisi tarafından kullanılması yararına Bursa’nın iklimatik ve biyoklimatolojik şartlarını ve bunların yıl boyunca değişimlerini incelemişlerdir. Bulgular hazırlanan bir turizm broşüründe kullanılmıştır. Bu broşür, turizmde sadece deniz, kum, güneş (SSS) üçlüsünün değil aynı zamanda çeşitli doğal kaynakların ve alternatiflerin değerlendirilmesi açısından önemlidir. Mayıs-eylül arası termo-fizyolojik konfor şartlarını sağladığı için Bursa, farklı sağlık, rekreasyon, ve doğa turizmi aktiviteleri için uygundur. Temmuz ve Ağustos aylarında sıcak öğle saatleri ile konforlu sabah ve akşam saatleri vardır. Bursa’nın biyoklimatolojisinin bir avantajı öğleden sonra aşırı sıcaklar oldukça sınırlıdır. Yazın konforlu hava koşulları nedeniyle tüm gün dışarıda kalınabilir. Bursa’nın denize

yakınlığı ve alçak irtifası ekstrem termal koşulları engellemektedir. Ilıman kış ve sıcak yaz günleri Bursa için turizm açısından uygun biyo-klimatolojik şartları sağlamaktadır. Çalışkan vd., 2012’de yaptıkları bir diğer çalışmada Uludağ ve Bursa’nın biyoklimatolojik koşullarını araştırmışlar, Uludağ’ın yılın büyük çoğunluğunda soğuk stresi altında olduğunu, yazın bile sabah ve akşam saatlerinde ciddi soğuk stresi söz konusu olduğunu bulmuşlardır. Buna rağmen yazın öğleden sonraki saatlerde konforlu şartların hakim olduğunu bulmuşlardır. Yüksekliğinden ve kar nedeniyle yüksek yüzey albedo değerlerinden dolayı Uludağ’ın yüzeyinde farklı enerji bütçeleri vardır, düşük FES (PET) değerlerine ve uygunsuz termal koşullara sahiptir. Uludağ’dan 1778 m. aşağıda olan Bursa’da ise yazın, özellikle temmuz ve ağustos aylarında öğleden sonraki saatlerde sıcaklık stresleri söz konusudur. Sabah ve akşam saatlerinde ise konforlu hatta serin koşullar söz konusudur. Kasım ve Mart arası düşük seviyede soğuk stresi görülebilir. Bu sezonda sabah saatleri akşam saatlerinden soğuktur. İlkbahar ve sonbaharda öğleden sonra saatleri insan sağlığı açısından termal olarak uygun koşullara tanık olurken; aralık ve şubat arası biraz soğuk stresi görülebilir. Uludağ ile Bursa arasında ortalama 12°C termal konfor farkı vardır. Bu fark yazın 15, kışın 9°C olmaktadır. Temmuz ayında Uludağ sıcaklık stresi altındaki Bursa’dan 13°C daha serindir.

Kum, G. ve Gönençgil, B, 2018’de yaptıkları ‘Türkiye’nin Güneybatı kıyılarında Turizm İklim Konforu’ adlı çalışmada, ülkemizin güney ve güneybatı sahillerinde yer alan kıyı destinasyonlarındaki turizm konfor şartlarını araştırmışlardır. Mieczkowski, 1985 tarafından geliştirilen ve Turizm İklim İndeksi Tİİ (TCI) olarak bilinen turizm faaliyetlerine uygun bir konfor indisi istasyonların iklim parametrelerine uygulanmıştır. Tİİ (TCI) indisinden elde edilen sonuçlar şu şekildedir: 1) Tüm istasyonlarda bahar yüksekliği turizm konfor modeli görülmüştür. 2) ‘Zayıf’ kategoride adlandırılan Tİİ (TCI) değerlerinin tüm aylarda 40 ve altında olduğu- bir istasyona rastlanılmamıştır. 3)

'Optimum' kategoride olan TII (TCI) değerlerinin tüm aylarda 80 ve üzeri olduğu- bir istasyon bulunmamaktadır. 4) İstasyonların genelinde yaz mevsimi turizm konfor değerlerinin en düşük olduğu mevsim olmuştur. Bu durum yaz mevsimindeki sıcaklık artışı ve nem koşullarından kaynaklanmaktadır. 5) Turizm konfor şartlarının kış mevsiminde de yüksek değerlere sahip olması çalışma sahasında turizmin on iki aya yayılmasına olanak sağlamaktadır. 6) İstasyonlar arasında turizm konfor şartlarının en uygun olduğu destinasyon Mayıs ayı ile Marmaris ve Nisan ayı ile Bodrum olmuştur. 7) İstasyonların hiçbirinde TCI değerlerinin 90 ve üzeri olduğu, bir aya rastlanmamıştır.

1.3.6. Spor amaçlı biyoklimatoloji çalışmaları

Toy ve Matzarakis, 2017, yaptıkları çalışmada 2026 Kış Olimpik Oyunlarına aday Erzurum için Bioklimatik Koşullarının Miktarlandırılması çalışmasını yaptılar. Çalışmada 1950'den 2016'ya kadar saatlik veriler (Ta, RH, bulut kapallılığı, rüzgar hızı) kullanılarak FES (PET) değerlerini elde etmek için RayMan yazılımını kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçları kış mevsiminde açık havada seyirciler için rahat bir zaman aralığı bulunmadığını göstermiştir. Belki de, geç ilkbahar ya da sonbaharda yeryüzü halen karla kaplı iken gündüz sıcaklığı açıkta kalmayı kolaylaştırabileceği için bu zamanlar tercih edilebilir. Karın albedo etkisinden faydalanmak için en iyi zaman öğle saatleridir.

1.3.7. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Termal Konfor

Yüksek sıcaklıkta çalışmak insan sağlığına zararlıdır. Isı çarpması başta olmak üzere, kalp krizine dahi yol açabilmektedir. İnsan vücudunun sıcaklığı 40,6 °C'ye ulaştığında, kalp krizi riski ciddi miktarda artmaktadır. Hava sıcaklığının yanı sıra hissedilen sıcaklığı artıran nemin, azaltan hava akımının miktarı, çalışan işçinin fiziki durumu, yaşı, yaptığı iş için harcadığı kalori, seçtiği kıyafet sıcak koşullarda çalışanların maruz kaldığı riski belirleyen etmenlerden bazılarıdır (Yıldırım ve Altınsoy, 2015).

HSE-İngiltere Sağlık ve Güvenlik Yönetimi 2013 tarafından hazırlanan kısa broşürde işyerlerinde sıcak stresi ve buna karşı alınabilecek önlemler sıralanmıştır. Buna göre Isı stresi, vücudun iç sıcaklığını kontrol etmede başarısız olduğu sırada ortaya çıkar. İşyerinden geçen birisi bunu anlamayabilir. Bu durumda vücut, cildin yüzeyine giden kan akışını artırarak ve terleyerek ısıya tepki verir. Isı, stresi durumunda konsantre olamama, kas krampları, şiddetli susama, bayılma, yorgunluk, sersemlik, bulantı, baş ağrısı, nemli cilt, sıcak çarpması görülür. Erken fark edilmez ise ölüm gerçekleşir.

Risk Azaltma Yöntemleri

- Sıcaklık kontrolü (fan, klima, radyan ısı bariyeri vb.)
- Mekanik yardım (çalışma süresini azaltma, dinlenme molaları verme)
- Dehidrasyonu önlemek, terleme yolu ile kaybolan suyu takviye etmek
- Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) sağlamak (serinleten elbiseler)
- Eğitim sağlamak, özellikle yeni ve genç çalışanlara sıcak stresi eğitimi vermek
- Ortama uyum sağlayabilen işçileri çalıştırmak
- Daha duyarlı çalışanları belirlemek, onları izlemek

Uluslararası Mevzuat ve Standartlar

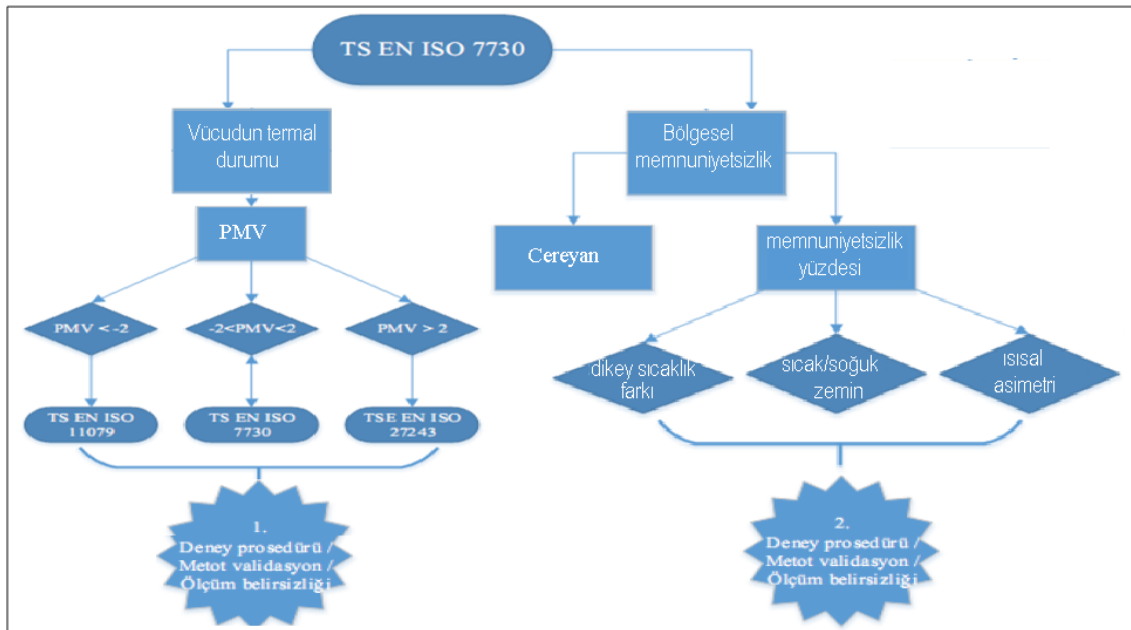
- CEN CR 1752 (iç ortam için tasarım kriterleri)
- CEN 15251-2007 (iç ortam için tasarım kriterleri)
- ISO Standart 7730 (termal çevre, PMV'ye dayalı)
- ISO Standart 7726 (ölçümler)
- ASHRAE Standart 55 (termal çevre, ET'ye dayalı)
- ASHRAE Standart 113 (Hava sirkülasyonu)
- ASHRAE Standart 62 (Hava kalitesi)

Ulusal Mevzuat ve Standartlar

- 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (20.6.2012) 30. Madde ([Url 4](#))
- İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik (17.7.2013) 5. Madde ([Url 5](#)).
İşveren, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için; e) işyeri bina ve eklentilerinde aydınlatma, havalandırma ve termal konfor şartlarını sağlar
- TS EN ISO 7730 ve TS EN ISO 27243 Standartları (PMV, PPD,WBGT)

Türkiye’de İş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığınca 17.7.2013 tarihinde çıkartılan “İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik” 5. Maddesine göre İşveren, çalışanların sağlık ve güvenliğini korumak için; e) işyeri bina ve eklentilerinde aydınlatma, havalandırma ve termal konfor şartlarını sağlar (Url 5). Bunun için işveren çalışma ortamında aşağıdaki ölçümleri düzenli aralıklarla yaptırmaktan sorumludur. Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor ölçüm ve hesaplamaları TS EN ISO 7730’a göre aşağıdaki iş akış şemasına göre yapılır.



Şekil 1.10. İşyerlerinde termal konforu sağlamak için iş akış şeması

Türkiye’de TS EN ISO 27243 ve TS EN ISO 7730 standartları, termal konfor şartlarının hesaplanabilmesi için kullanılabilecek başlıca standartlardır. 7730 standardı ılıman ortamlarda kullanılabilecek bir standarttır. İki ana kısımdan oluşan bu standardın ilk kısmı kişisel, ikinci kısmı bölgesel memnuniyetsizlik başlıkları atında toplanabilir. Günümüzde PMV (Tahmin Edilen Ortalama Oy) ve buna bağlı olarak elde edilen PPD (Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi) indisleri kişisel memnuniyetsizlik kısmını oluşturmaktadır ve İş Sağlığı ve Güvenliği ölçümlerinde daha sık kullanılmaktadır. Standartta, PMV değerinin “-2” ile “2” değerleri arasında olduğu ortamlar ılıman olarak

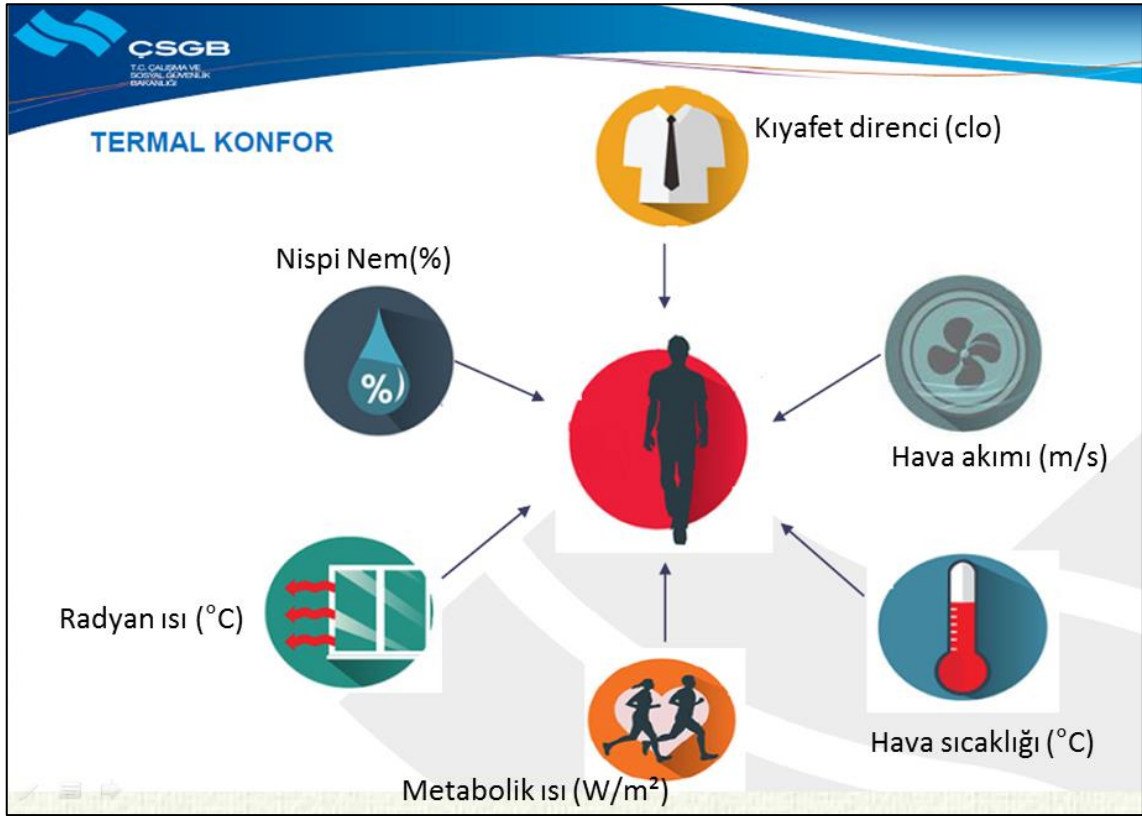
tanımlanmıştır. “2”nin üstündeki değerler çok sıcak olarak tanımlanmıştır. Bundan dolayı PMV değerinin yüksek çıktığı ortamlarda “sıcak ortamlar” için kullanılan TS EN ISO 27243 standardı kullanılabilir. Bu standartta ölçülmesi gereken sıcaklık indisi ıslak hazne küre sıcaklığı (WBGT)’dır. Bu indisin hesaplanması için kullanılan değişkenler küre sıcaklığı (Tg), doğal yaş-hazne sıcaklığı (Tnw) ve kuru hava sıcaklığı (Ta)’dır (Yıldırım ve Altınsoy, 2015).

Raporlama

TS EN ISO 7730 ve TS EN ISO 27243 standartlarından elde edilen denklemler kullanılarak, Tahmin Edilen Ortalama Oy (PMV), Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi (PPD) ve Islak Küre Hazne Sıcaklığı (WBGT) indisleri hesaplanır ve her çalışan için aşağıdaki tabloya işlenir (Tablo 1.7).

Tablo 1.7. İş sağlığı ve güvenliğinde termal konfor ölçüm sonuçları tablosu (Kadiroğulları, 2016)

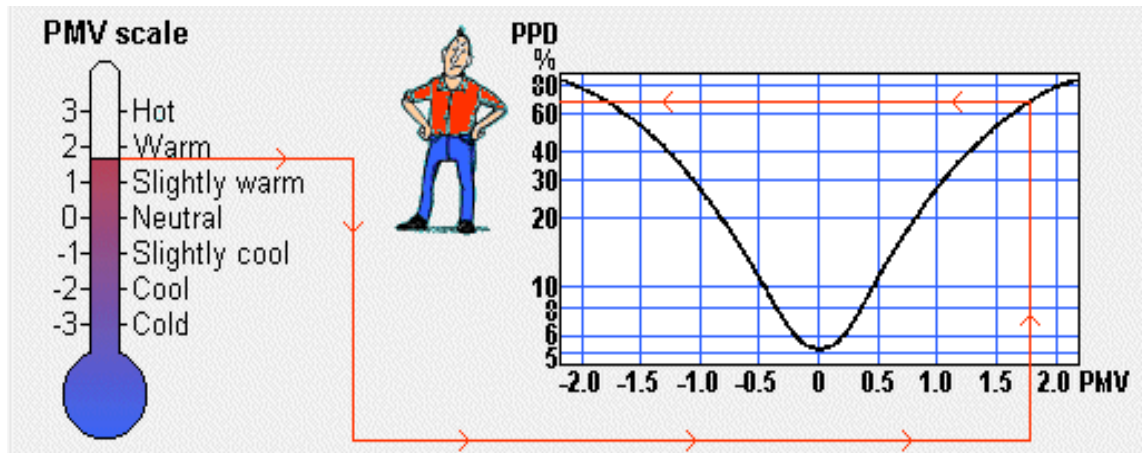
No	Çalışan İsmi	Ölçüm Yeri Çalışanın Görevi	Yaş Hazne Sıcaklığı (°C)	Hava Sıcaklığı (°C)	Radyan Sıcaklık (°C)	Hava Akım Hızı (m/s)	Bağıl Nem (%)	Kıyafet (clo)	Metabolik Oran (met)	PMV	PPD (%)	WBGT (°C)
1												
2												
3												



Şekil 1.11. İşyerlerinde termal konfor için ölçülmesi gereken parametreler (Kadiroğulları, 2016)

PMV - Predicted Mean Vote (Tahmin Edilen Ortalama Oy) Bireyin ortamın termal koşullarından etkilenme düzeyini belirler. Hesaplama **Eşitlik 3**'te verilmiştir.

PPD - Percentage of Personal Dissatisfaction (Kişisel Memnuniyetsizlik Yüzdesi) PPD değeri, PMV'de türetilen ve bir ortamda bulunan termal açıdan memnuniyetsiz kişilerin sayısal yüzdesini veren bir indistir. PMV indisinin sıfıra yakın olduğu durumlarda memnuniyetsizlik yüzdesi düşük olur. Hesaplama **Eşitlik 4**'te verilmiştir.



Şekil 1.12. PMV ve PPD karşılaştırması

WBGT - Islak hazne küre sıcaklığı (Wet Bulb Globe Temperature)

Sıcak ortamlarda ısıнын çalışan üzerine baskısının tahmininde kullanılan bir indistir.

Güneş yükü alan dış ortamlar:

$$WBGT = 0,7T_{nw} + 0,2T_g + 0,1T_a$$

Eşitlik 6

Güneş yükü almayan iç ve dış ortamlar:

$$WBGT = 0,7T_{nw} + 0,3T_g$$

T_{nw}: Islak termometre sıcaklığı

T_g: Radyal (küre) sıcaklığı

T_a: Kuru termometre sıcaklığı

homojenliği sağlamak için ayak bileği (0.1m), karın (1.1m) ve baş (1.7m) bölgelerinden ölçüm alınır.

$$WBGT = \frac{WBGT_{baş} + (2 \times WBGT_{karın}) + WBGT_{ayakbileği}}{4}$$

Eşitlik 7

Tablo 1.8. Çeşitli metabolik oranlara karşılık izin verilen WBGT referans değerleri (Kadiroğulları, 2016)

Metabolik oran sınıfı	Metabolik oran, M		WBGT nin referans değeri			
	Bir birim deri yüzey alanıyla ilgili W/m ²	Toplam (1,8 m ² lik bir ortalama deri yüzey alanı için) W	Isıya alıştırmış kişi °C		Isıya alıştırmamış kişi °C	
0 Dinlenme	M ≤ 65	M ≤ 117	33		32	
1	65 < M ≤ 130	117 < M ≤ 234	30		29	
2	130 < M ≤ 200	234 < M ≤ 360	28		26	
3	200 < M ≤ 260	360 < M ≤ 468	Hissedilmeyen hava hareketi 25	Hissedilir hava hareketi 26	Hissedilmeyen hava hareketi 22	Hissedilir hava hareketi 23
4	M > 260	M > 468	23	25	18	20

Metabolik ısıнын arttığı durumlarda izin verilen referans değerler oldukça düşmektedir.

1.3.8 Termal konfor projeksiyonları

Türkiye’de, iklim modelleri sonuçlarına göre, özellikle sıcak yörelerde hissedilen sıcaklıklar daha fazla artacak ve çalışma ortamını elverişli hale getirebilmek için ısıtma ve/veya soğutma sistemlerinin daha çok kullanılması gerekecektir (Yıldırım ve Altınsoy, 2015).

Termal konfor koşullarının projeksiyonu, biyoklimatolojik araştırmaların gelecekte çok daha geniş kullanım alanı bulmasını sağlayacaktır. Bu tahminler risk grubu içinde olan yaşlı ve çocuklar için çok faydalı olacaktır. Termal konfor projeksiyonları iklim model verisi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu çalışmanın amaçlarından biri de Antalya için termal biyoklimatik konfor projeksiyonları geliştirmektir.

Bu tezden üretilmiş bir çalışma olarak, Şensoy vd, 2020’de “Antalya’nın Termal Konfor Özellikleri, İklim Model Verileri Kullanılarak Gelecek Projeksiyonları ve Turizme Etkileri” konulu çalışmada, HadGEM modelinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ile üretilmiş sıcaklık, nispi nem ve rüzgar verisi kullanılarak, Antalya’nın 2098 yılına kadar termal konfor koşullarını hesaplamışlardır. Çalışmada ilkbahar mevsiminin kıyı alanlarında her iki senaryoya göre de konforlu olacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsimi hiçbir istasyonda konforlu olmayacaktır. Kıyı istasyonlarında sonbaharda azalacak konforun dağlık istasyonlardan Elmalı ve Korkuteli’nde artacak olması da çalışmanın bir diğer önemli bulgusudur. Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri de kış mevsiminde RCP8.5 senaryosuna göre, Manavgat, Finike, Demre ve Kemer istasyonlarında 2050’li yıllardan sonra konforlu yılların yaşanabileceğidir. Kıyı alanlarında termal konfor zamanlarının kış mevsimine doğru uzanıp, sonbaharda azalacak olması, dağlık istasyonlarda ise sonbaharın avantajlı hale gelmesi Antalya’da turizmin yeri ve zamanının değişeceğini göstermektedir (Şensoy vd., 2020).

2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Kuramsal tartışma

Turizm sektörünün geleceği açısından sıcaklık indisleri ile termal biyoklimatik indisler arasındaki ilişkiler: Antalya örneği konulu bu tezde benimsenen bilimsel yöntemler istatistiksel (regresyon ve trend analizleri), deneysel (anket) ve modelleme yöntemlerinin uygun bileşimlerini içermektedir.

2.1.1. Araştırma sorunları

- a) Antalya’da biyoklimatik koşullar saatlere göre nasıl dağılmaktadır?
- b) Antalya’da biyoklimatik koşullar aylara göre nasıl dağılmaktadır?
- c) Antalya’da biyoklimatik koşullar mevsimlere göre nasıl dağılmaktadır?
- d) Antalya’da ısıtma ve soğutma gereksinimleri zaman içerisinde nasıl değişmektedir?
- e) Antalya’da termal konfor indisleri zaman içerisinde nasıl değişmektedir?
- f) Antalya’da termal konfor indisleri arasındaki benzerlik ve farklılıklar nelerdir?

2.1.2. Araştırma hipotezleri

- a) Antalya’nın biyoklimatik koşulları lokasyonların enlem, yükselti, denize uzaklık ve arazi kullanımına göre şekillenmektedir.
- b) İklim değişikliği gelecekteki biyoklimatik koşullar ile ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını değiştirecek; bu değişiklikler gelecekte turizm sektörünü etkileyecektir.

2.2. Kavram ve Terimler

İklim, bir alanda uzun yıllar gözlenen hava olaylarının ortalamasıdır (Erinç 1984; Erol 1993). İklim aynı zamanda ekstrem hava olaylarını da içerir. İklim değişken bir yapıya sahiptir. Canlılar iklime uyum sağlayarak hayatta kalırlar.

İklim Değişikliği: Karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, insan faaliyetleri sonucu iklimde oluşan ilave değişikliktir (BMİDÇS-UNFCCC).

Biyoklimatoloji: Canlılar ve iklim arasındaki ilişkiyi araştıran çok disiplinli bir bilimdir. Şehir, hava kirliliği, dağ, turizm biyoklimatolojisi gibi alt kolları vardır. 1970'ten sonra gelişmeye başlamıştır. Üç yöntemle araştırılır:

- İstatistiksel yöntemler (çoklu regresyon, trend analizi)
- Deneysel (ampirik) yöntemler. Yapay koşullara denek tepkileri, anketler
- Modelleme (1 ve 2 deki çalışmalardan elde edilen veriler termodinamik ve fizik kanunları vasıtasıyla modellenir. Bu çalışmada her üçü de kullanıldı.

Termal konfor: İnsanın çevresindeki ortamdan memnun olması, insan ile onu çevreleyen ortam arasındaki ısı denge durumudur (ISO 2002; ASHREA, 2004).

Radyan ısı: Işıma ısıdır. Vücudu çevreleyen tüm nesnelerin, uzun dalga radyasyonla yaydıkları ısıların, alan ağırlıklı ortalamasıdır.

İnsan vücudundan ısı transfer yolları

Konveksiyon: Taşınım. İnsanın çevresinde bulunan sıvı ya da gazla teması sonucunda sıcaktan soğuğa doğru bir taşınım söz konusudur.

Kondüksiyon: Temas yoluyla iletim. İnsanın değdiği cisimlerle arasındaki ısı alışverişidir. Temas edilen bölümdeki moleküllerin tahriki sonucu ısı transfer edilir.

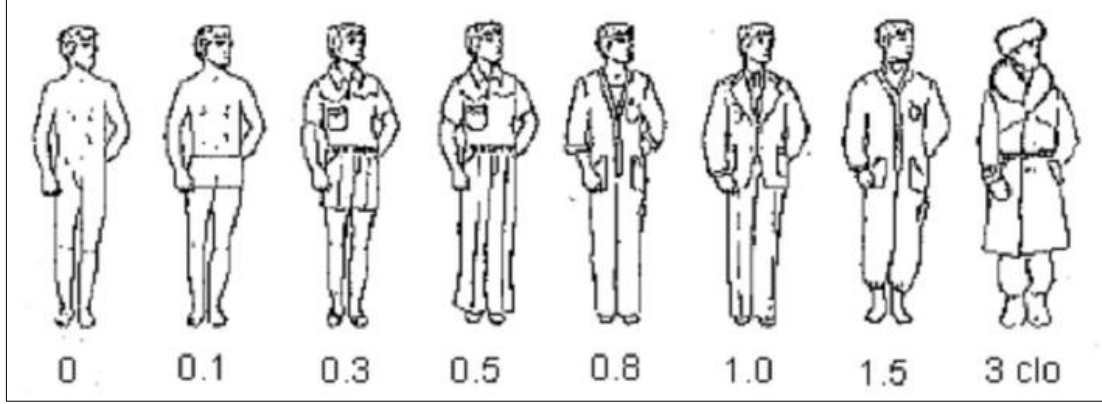
Evaporasyon: Buharlaşma. Terin buharlaşması, latent (gizli) ısı yoluyla vücuttan 1 gr su için 0.54 Kcal olarak vücudu soğutur.

Respirasyon: Solunum. Nefes alıp verme sırasında vücut %10 kadar ısı transferi yapar.

2.3. Termal konforu etkileyen faktörler

2.3.1. Kişisel faktörler

2.3.1.1. Giysi yalıtımı



Şekil 2.1 Bazı giysi bileşenlerinin yalıtım katsayıları (1 clo=0.155 m² K/w) (Marmaralı vd, 2006)

2.3.1.2 Aktivite (Metabolik ısı)

Her insan yaptığı aktiviteye, yaşa ve cinsiyete bağlı olarak Tablo 2.1'deki metabolik ısıları üretir. Termal konforu sağlayabilmek için üretilen bu metabolik ısıların Şekil 2.2'deki yöntemlerden biri veya birkaçını kullanılarak vücuttan uzaklaştırılması gerekir.

Tablo 2.1. Bazı aktiviteler sonucu ortalama bir insan vücudunun ürettiği enerji miktarları (Çalışkan, 2012)

Etkinlik	W/m ²	W ¹	Btu/hr ¹	Met
Uzanma	46	83	282	0,8
Rahat Oturma	58	104	356	1
Ayakta durma	80	126	430	1,2
Masa başı aktivite (ofis, konut, okul, laboratuvar)	70	126	430	1,2
Araç sürme	80	144	491	1,4
Grafikerlik-Ciltçilik	85	153	522	1,5
Ayakta yapılan hafif işler (alışveriş, laboratuvar, hafif sanayi)	93	167	571	1,6
Öğretmen	95	171	583	1,6
Kişisel bakım, tıraş yıkama ve giyinme	100	180	614	1,7
Yürüyüş 2 km / h,	110	198	675	1,9
Ayakta yapılan orta seviye işler (tezgâhtarlık, ev işleri)	116	209	712	2
İnşaat sektörü-Tuğla döşeme (15.3 kg)	125	225	768	2,2
Ayakta bulaşık yıkamak	145	261	890	2,5
Ev işleri-yaprak toplamak	170	306	1043	2,9
Ev işleri – Elde çamaşır yıkama ve ütü (120-220 W)	170	306	1043	2,9
Demir ve çelik sanayi-havalı çekiçle kalıp dövmek	175	315	1075	3
İnşaat sektörü-kalıp çatmak	180	324	1105	3,1
Yürüyüş, 5 km / h	200	360	1228	3,4
Ormancılık, orak biçmek	205	369	1259	3,5
Voleybol	232	418	1424	4
Beden eğitimi	261	470	1602	4,5

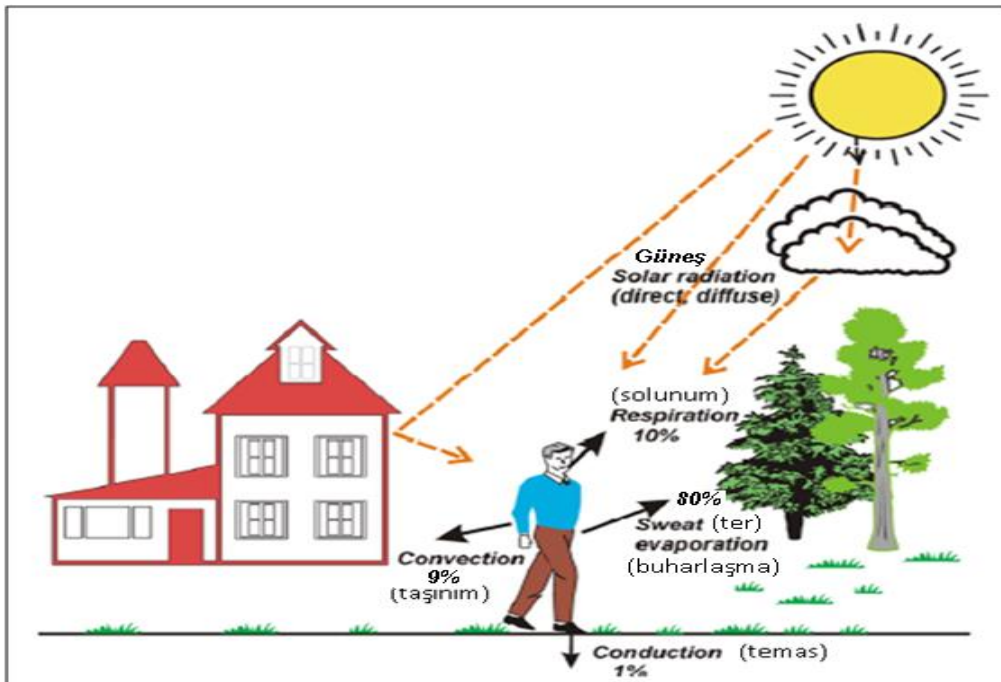
İnşaat sektörü-taş ve harç yükleme	275	495	1688	4,7
Bisiklet	290	522	1780	5
Golf				
Softbol				
Jimnastik	319	574	1959	5,5
Aerobik Dans	348	624	2137	6
Basketbol				
Yüzme				
Spor - Buz pateni, 18 km / h	360	648	2210	6,2
Kazma kürek çalışma(24 kaldırış/dak.)	380	674	2333	6,5
Kayak, kar, 9 km / h	405	729	2487	7
Paten				
Tenis				
Hentbol	464	835	2848	8
Hokey				
Kriket				
Cross Kayak				
Futbol				
Koşu 12 dak/km	500	900	3070	8,5
Ormancılık - balta ile çalışma (2 kg, 33 vuruş/dak.)				
Spor - Koşu 15 km / h	550	990	3377	9,5

2.3.2 Çevresel faktörler:

- Hava sıcaklığı,
- Rüzgar hızı,
- Radyan ısı (ışışyan),
- Nispi nem.

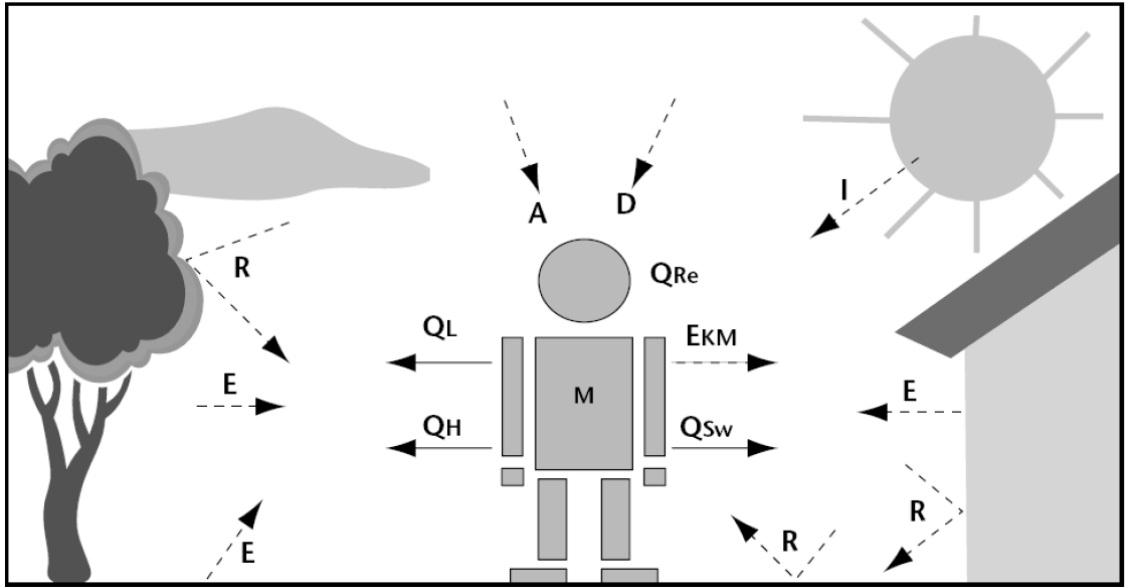
2.3.3 İklimsel faktörler

İklimsel etkiler güneşten gelen enerji, yüzeylerin enerji tutma/yayma kapasiteleri, atmosferin ısı tutma kapasitesi ve uzak etkiler şeklindedir.



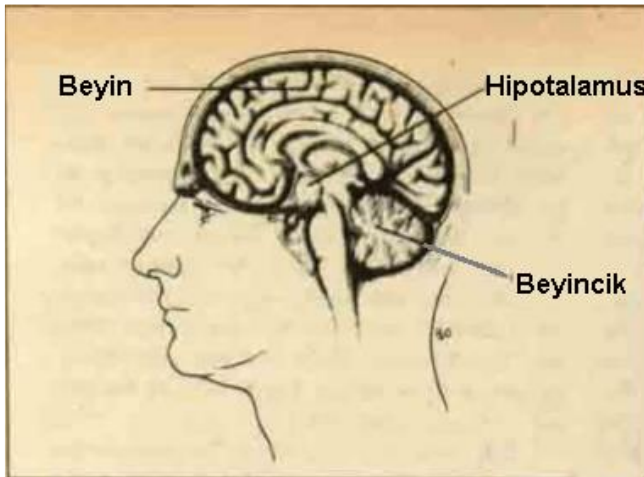
Şekil 2.2. Sıcak bir çevrede ısı değişimi (Blazejczyk vd., 2014).

Termal konfor koşullarının şekillenmesinde en önemli rolü oynayan süreçler insan vücudu ile ortam arasındaki ısı transferidir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. İnsan ve çevresi arasında ısı değişimi

M = Metabolik oran, I = Direkt güneş ışınımı, A = atmosferik uzun dalga radyasyonu, D = Difüz uzun dalga radyasyonu, R = yansıyan güneş radyasyonu (kısa dalga), E=zeminden uzun dalga yayılımı (emisyonu), EKM = İnsan vücudunun yüzeyinden dağılan uzun dalga radyasyonu, QH = hissedilen ısıнын türbülanslı değişimi, QSw = terlemeyle gizli ısıнын türbülanslı değişimi, QL = su buharı dağılmasıyla gizli ısıнын değişimi, QRe = solunum yoluyla ısı değişimi (hissedilebilir ve gizli) (Çalışkan, 2012).



Şekil 2.4. İnsanda termoregülasyon kontrolünü sağlayan hipotalamus

İnsanlarda termoregülasyon, hipotalamus tarafından vücut derisi yüzeyinden, derin dokulardan, omurilikten ve beyinden gelen uyarılar ile vücut ısını 37°C’de tutacak mekanizmaları (terleme, titreme) devreye sokarak gerçekleştirilir (Şekil 2.4).

2.4. İnsanlarda termoregülatör sistem

İnsan, sıcakkanlı bir canlıdır, bunun anlamı, insan vücudu, dış sıcaklık değişimlerinden bağımsız olarak neredeyse sabit bir iç sıcaklığı korur.

Çekirdek vücut sıcaklığı, insan fizyolojisinin en sıkı düzenlenmiş parametrelerinden biridir. Bu durum, vücut ve çevresi arasındaki ısı değişimini düzenlemek için negatif bir geri besleme mekanizması kullanan insan termoregülasyon sistemi sayesinde mümkündür. Çekirdek vücut sıcaklığı, yaklaşık 37°C (± 1) seviyesinde tutulur. Termoregülasyon vücut sıcaklığını sadece 0.1 sapma ile normal değerlerinde tutan çok etkili bir sistemdir. İnsan sağlığı ve konforu açısından nispi (bağıl) nem değerlerinin %70'in üzerinde olmaması istenir (ASHRAE, Standards, 2004)

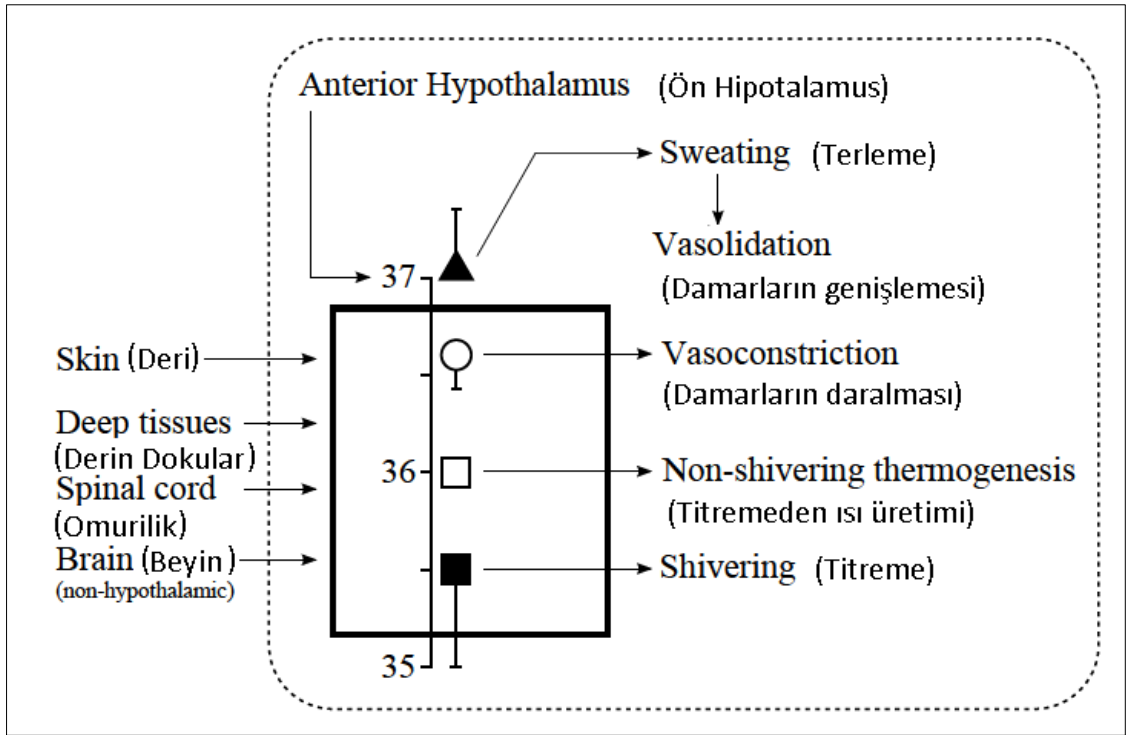
İnsan vücudu sürekli olarak ısı üretir. Üretilen bu ısı, cilt ve solunum yoluyla uzun dalga radyasyon (ışınım) şeklinde çevreye verilmelidir. Isı transferinin büyük kısmı (%80) deriden terleme ve buharlaşma yoluyla (gizli ısı transferi), %10 solunum yoluyla, % 9 konveksiyonla (taşıma), çok az bir kısmı (%1) ise konduksiyon (temas) yoluyla olmaktadır.

Vücut ısı yükünü azaltmak için ortaya çıkan olaylar şunlardır: terleme, vazolidasyon (damarların genişlemesi), vazokonstriksiyon (damarların daralması), termojenez (vücudun fizyolojik yöntemler kullanarak ısı üretmesi) ve titreme. Terleme ve damarlanma, sıcak koşullar altında, vücuttan çevreye olan ısı akışının yoğunlaştırılması gerektiğinde meydana gelir. Öte yandan vazokonstriksiyon, titreme olmayan termojenez ve titreme soğuk koşullar altında meydana gelir. Bu üç olay vücuttaki ısı oluşumunu artırarak sabit bir sıcaklığın korunmasına yardımcı olur. Tüm termoregülasyon tepkileri için yaklaşık vücut çekirdek sıcaklık eşikleri, Şekil 2.4'de sunulmuştur.

Terleme, cildin yüzeyinden ter buharlaşması nedeniyle vücut sıcaklığının düşürmesini sağlar. Soğutma etkisi, buharlaşmanın gizli ısısından kaynaklanır. Ter buharlaşırken latent (gizli) ısı yoluyla vücuttan 1 gr su için 0.54 Kcal alır.

Vazolidasyon, sıcak koşullarda meydana gelen kan damarlarının genişlemesidir. Cilde artan kan akışı sıcaklığı artırır. Daha yüksek bir cilt sıcaklığı, vücuttan çevreye daha yüksek bir ısı akışına neden olur (Şekil 2.5).

Vazokonstriksiyon kan damarlarının daralmasıdır. Derideki kan akışını azaltır, aynı zamanda sıcaklığını ve dolayısıyla çevredeki ortama ısı kaybını azaltır.



Şekil 2.5. İnsanda termoregülatör sistem şeması (Arendt, K ve Krzaczek, M., 2016'dan değiştirilerek)

Deri sıcaklığı, ayaklar ve eller gibi vücudun çevre bölgelerinde en fazla azalır, burada sıcaklık 10°C'ye düşer. En az etkilenen bölge ise, yaklaşık 1°C'lik olası sıcaklık düşüşü ile alınlardır.

Ek olarak, ısı dengesini korumak için, vücutta artan bir ısı oluşumu meydana gelebilir. Isı titremeyen termojenez veya titreme ile üretilebilir. İlk önce, vücut, ısı üretmek için titreyen termojenez yoluyla ısı dengesini sağlamaya çalışır; bu esnada, kahverengi yağ dokusu ısı üretmek için metabolize edilir. Üretilen ısı üretim hızı yetersizse titreme meydana gelir. Temel olarak titreme, kimyasal enerjiyi kinetik enerjiye dönüştürerek, kısmen ısı olarak ortaya çıkan ısı üretimidir (Şekil 2.5).

Vücut çekirdek sıcaklığı belli bir aralıkta sık sık dursa da (genellikle 0.2 C'den daha geniş değil), cilt sıcaklığı zaman içinde ve vücudun farklı kısımları arasında önemli ölçüde değişir. Termal konforda olan insanın ortalama cilt sıcaklığı, standart olarak 0,5°C sapma ile yaklaşık 33,5°C'dir. Genellikle, en yüksek sıcaklık yaklaşık 35°C ile boyunda görülür, ayak yüzeyinde ise yaklaşık 32°C ile en düşük sıcaklık görülür.

2.5.Termal konfor olmamasının sonuçları

İnsanın bulunduğu çevrede ısı konforunun olmaması durumunda vücut bazı algılayıcıları devreye sokarak sıcaklık düzenlemesi yapar. İnsan vücudunda sıcaklığın algılanmasından sorumlu organ deridir ve bu algılayıcılar deride bulunur.

- Soğuk reseptörleri -43 - 7°C arasında,
- Sıcak reseptörleri 30 - 50°C arasında,
- Ağrı reseptörleri ise $\geq 45^\circ\text{C}$ üzerinde devreye girer.

Etkinlik

- Azalan zihinsel performans
- Azalan fiziksel performans
(29°C'de %5, 30°C %10, 31°C %17, 32°C'de %30)

Sağlık sorunları

- Basit sıcaklık döküntüsü (Şekil 2.6, a)
- Sıcak krampları (su ve mineral kaybı)
- Sıcak yorgunluğu (sıvı ve elektrolit kaybı, hafif şok,
- Sıcak çarpması (terlemenin durması, koma, ölüm)
- Hipotermi (vücut sıcaklığı $<37^\circ\text{C}$)
- Soğuk ısıırığı (Şekil 2.6, b)

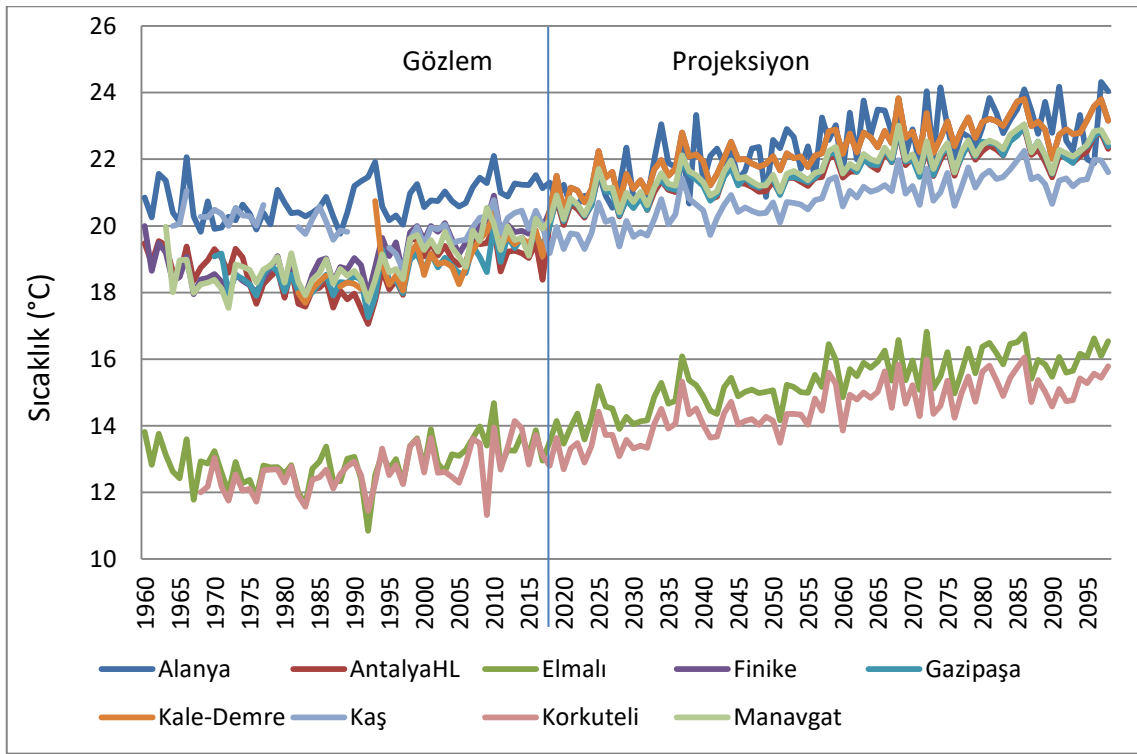


Şekil 2.6. a) basit sıcaklık döküntüsü, b) soğuk ısıırığı (Beyan vd, 2017)

3.2. Projeksiyon Verisi

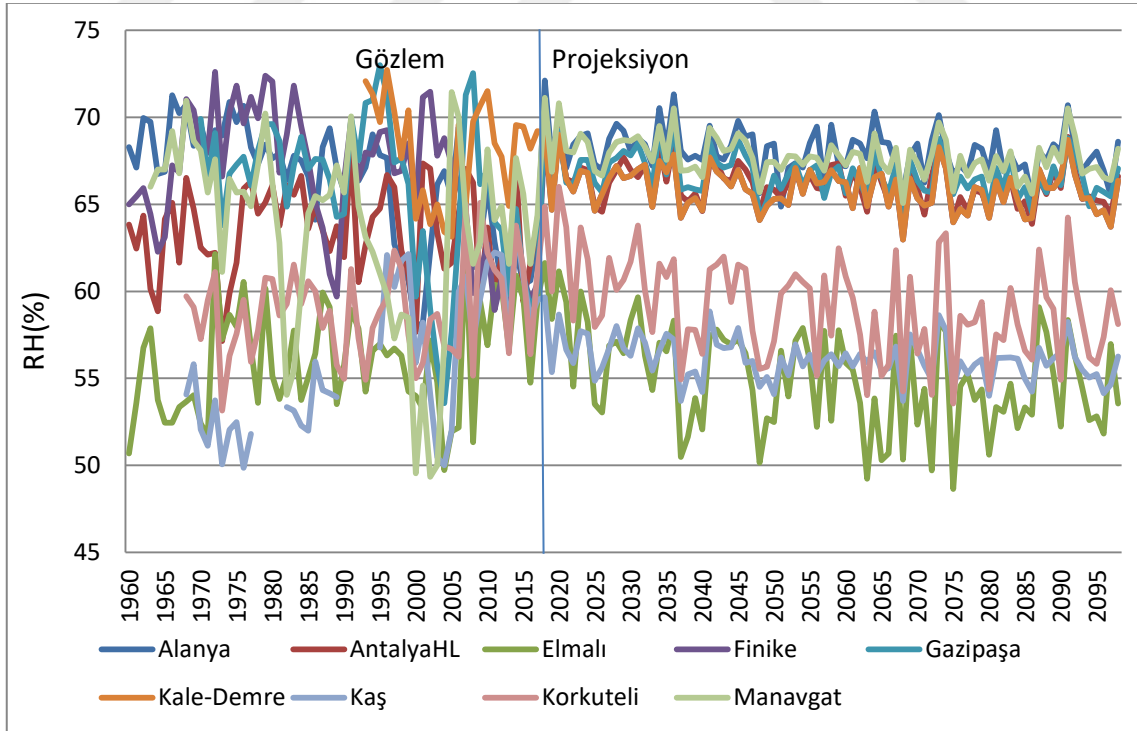
Gelecekte görülmesi muhtemel iklimin tahmin edilmesinde en önemli çalışma iklimin modellenmesidir. Sanayi devrimiyle beraber insan faaliyetleri nedeniyle küresel olarak iklimde meydana gelen değişiklikleri önleyebilmek, azaltabilmek ve iklim değişikliği ile ilgili çalışmaları küresel manada koordine edebilmek adına 1988 yılında Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) kurulmuştur. Emisyon senaryoları, sera gazları ve aerosoller gibi dünyanın enerji dengesini bozan maddelerin gelecekte atmosferdeki konsantrasyonlarının tahmin edilmesidir (Moss vd., 2010). Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP: Representative Concentration Pathways) IPCC'nin en son yürürlükte olan senaryosudur. En yaygın olarak kullanılan iki senaryo RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıdır ve 4.5 ile 8.5 Watt/m² ışımsal zorlamaya karşılık gelirler.

İklim projeksiyonları, iklim modellerinin küresel model verisinin emisyon senaryoları ile ölçek küçültme (downscaling) metodu kullanılarak çalıştırılmasıyla üretilirler. Bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından Türkiye için gelecekteki iklim değişikliğini ortaya koymak amacıyla yürütülen TR2015-CC, 2015 projesinden elde edilen projeksiyon verisi kullanılmıştır. Bu projeyle, RegCM4 bölgesel iklim modeli kullanılarak, HadGEM, MPI, GFDL küresel veri setleri RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ile ölçek küçültme yapılarak, 2100 yılına kadar 20 km çözünürlükte iklim projeksiyonları üretilmiştir (Akçakaya vd., 2015). Model sonuçları, başlangıç verisindeki hatalar ve belirli matematiksel formüller kullanıldığı için bir miktar hata içerirler fakat bu hatalar model geriye doğru çalıştırılarak gözlem verisi ile kalibre edilirler (Şekil 3.2).



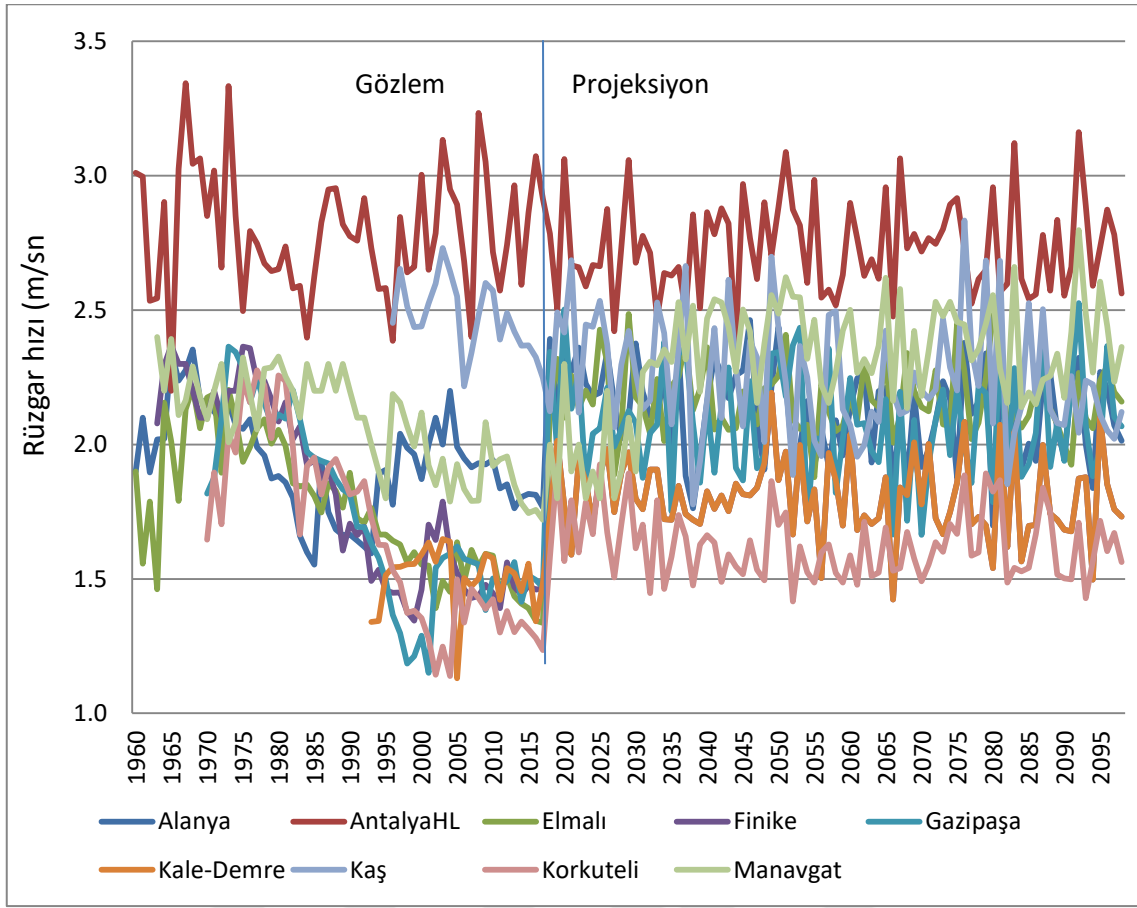
Şekil 3.2. Antalya istasyonlarının gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki ortalama sıcaklık grafiği

İstasyonlar arasında en düşük ortalama sıcaklıkların Korkuteli ve Elmalı, en yüksek ortalama sıcaklıkların ise Alanya ve Demre’de olduğu ve olacağı beklenmektedir.



Şekil 3.3. Antalya istasyonlarının gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki nispi nem grafiği

İstasyonlar arasında en düşük nispi nem değerlerinin dağlık Elmalı ve Korkuteli’nde, en yükseklerin ise Finike, Alanya ve Manavgat’ta olduğu ve olacağı beklenmektedir.

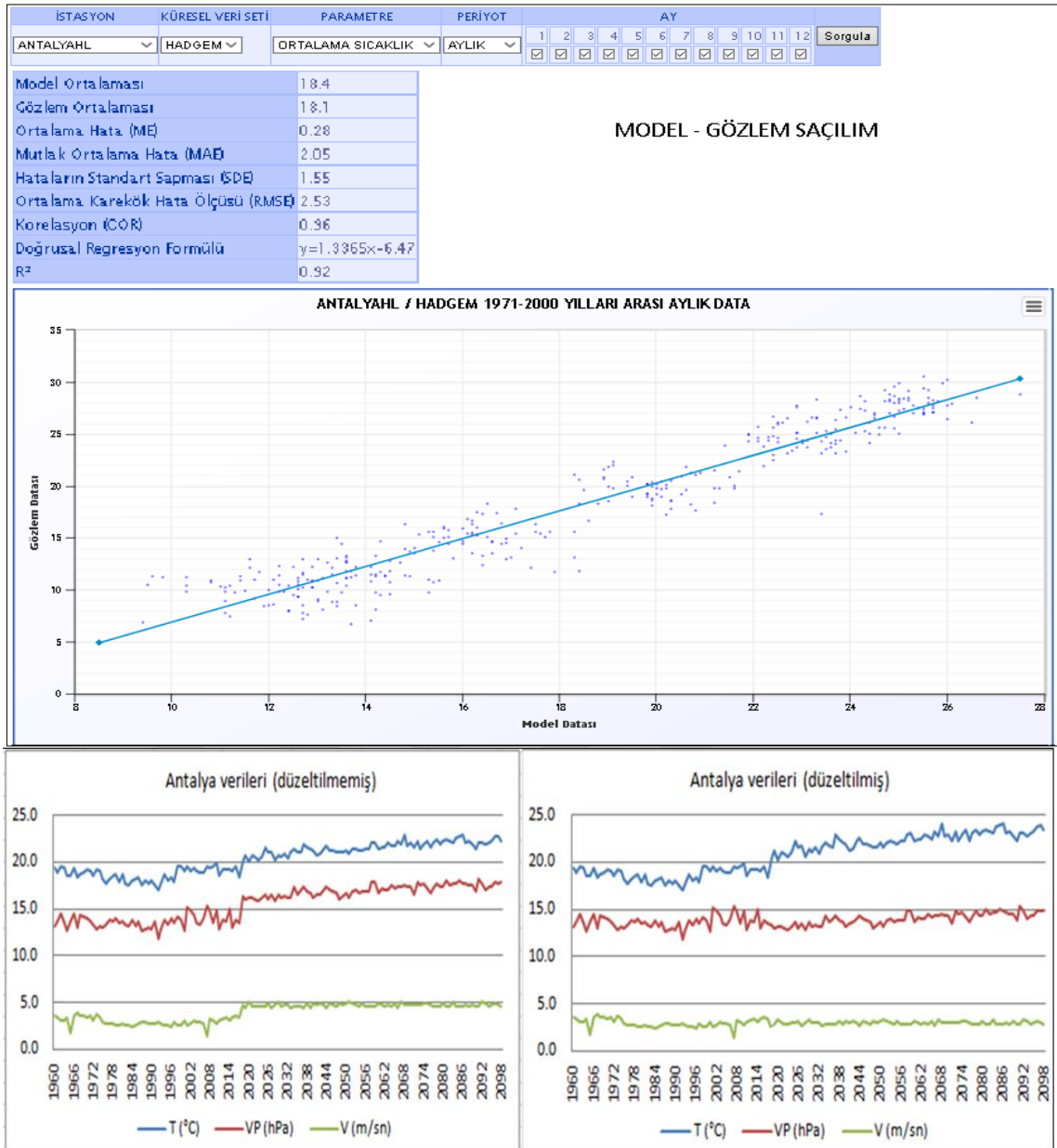


Şekil 3.4. Antalya istasyonlarının gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki rüzgar hızı grafiği

İstasyonlar arasında en düşük ortalama rüzgar hızı değerlerinin Korkuteli ve Demre’de, en yükseklerin ise Antalya Hava Liman’ında olduğu ve olacağı beklenmektedir.

3.3. Sapma (Bias) Düzeltmesi

Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES), Isıtma ve soğutma gün-derece indisleri (HDD-CDD) ile Turizm İklim İndisinin (TCI) uzun dönemli eğilimlerini hesaplamak için gözlem ve projeksiyon verisi birleştirilmiştir. Bu iki farklı veri kümesinin birleştirilmesi sırasında 2017-2018 yılları arasında veride kırılmalar oluşmaktadır. Bunu önlemek için model-gözlem saçılımından elde edilen regresyon denklemi kullanılarak, projeksiyon verisi düzeltilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Antalya Hava Limanı'nın Model – Gözlem saçılımı (üst) düzeltilmemiş veriler sol alt) düzeltilmiş projeksiyon verisi (sağ alt)

Model gözlem saçılımından elde edilen Korelasyon katsayısı **0.96** olduğu için üretilen Regresyon Denkleminde ($y = 1.3365x - 6.47$) güvenilebilir. Formüle göre, Antalya Havalimanı için üretilen sıcaklık projeksiyon verileri 1.3365 ile çarpılıp, çarpımdan 6.47 çıkartılırsa projeksiyon verisi gözleme en yakın şekilde düzeltilmiş olur. Bu işleme sapma düzeltmesi (bias correction) denir.

3.4. Yöntem

2019 yılı verileriyle 15 milyon turiste ev sahipliği yapan Antalya’da turizmi yakından ilgilendirecek termal biyoklimatik konfor şartlarının değişimlerini incelemek, Turizm İklim İndisindeki dağılıma bakmak, ısıtma ve soğutma gün-derece indislerindeki değişimi incelemek üzere bu çalışmada aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır:

- 1) Termal konfor, Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES-PET, mFES-mPET) analizi
- 2) Turizm İklim İndisi (Tİİ-TCI) analizi
- 3) Isıtma ve Soğutma Gün-Derece (IGD-HDD, SGD-CDD) analizleri
- 4) Termal konfor algılama anketi

3.4.1. Termal konfor

Termal konfor, insanın çevresindeki ortamdan memnun olması, insan ile onu çevreleyen ortam arasındaki ısı denge durumudur (ISO 2002; ASHREA, 2004). İnsan vücudu sürekli olarak ısı üretir. Üretilen bu ısı, cilt ve solunum yoluyla uzun dalga radyasyon (ışınım) şeklinde çevreye verilmelidir. İnsanın bulunduğu çevrede termal konforun olmaması durumunda hipotalamus derideki algılayıcıları devreye sokarak sıcaklık düzenlemesi (termoregülasyon) yapar. Isı transferinin büyük kısmı (%80) deriden terleme ve buharlaşma yoluyla (gizli ısı transferi), %10 solunum yoluyla, % 9 konveksiyonla (taşıma), çok az bir kısmı (%1) ise kondüksiyon (temas) yoluyla olmaktadır. Çekirdek vücut sıcaklığı, 37°C’dir ve termoregülasyon sayesinde sadece 0.1 sapma ile normal değerlerinde tutulan, insan fizyolojisinin en sıkı düzenlenmiş parametresidir. Termal konforu etkileyen faktörler giysi ve aktivite gibi kişisel faktörler, hava sıcaklığı, rüzgar hızı, radyan ısı, nispi nem gibi çevresel faktörler ile güneşten gelen enerji, yüzeylerin enerji tutma/yayma kapasiteleri, atmosferin ısı tutma kapasitesi ve uzak bağlantılar (teleconnections) gibi iklimsel faktörlerdir. Termal konforun

sağlanamadığı durumlarda zihinsel ve fiziksel performansta azalma, sıcak çarpması, hipotermi, soğuk ısırığı gibi sağlık sorunları ortaya çıkar.

Bugüne kadar termal konforu hesaplayan PMV, SET*, OUTCOMES, UTCI, PT, PET ve mPET gibi birçok indis geliştirilmiştir. mPET, PET'e göre nispi nem, giysi ve aktiviteyi daha fazla dikkate alan bir indistir. UTCI ve OUTCOMES indisleri dış ortam termal konforunu hesaplamak için kullanılır.

3.4.2. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) ve modifiye FES (mFES) indisleri

Günümüzde yaygın olarak kullanılan önemli termal biyoklimatik konfor indisi Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklıktır (FES) (Physiologically Equivalent Temperature (PET)'tir. Çalışmamızda kullanacağımız bu indis, ilk kez Höppe tarafından 1984 yılında oluşturulmuştur. mFES ise farklı iklim bölgelerinde evrensel uygulama için nem ve giysi değişkenliğinin değerlendirilmesini geliştirerek FES'in zayıflıklarına karşı 2014 yılında geliştirildi (Chen ve Matzarakis, 2014). Bu modellerde açık alanlardaki meteorolojik koşullar, insan ısı dengesi göz önünde bulundurularak hesaplanmaktadır. 80W'lık bir iş yapan, kıyafetlerinin ısı direnci 0.9 clo olan, 35 yaşında, 175 cm boyunda bir erkeğin açık havada karşılaştığı koşullar tipik kapalı mekânda karşılaştığı hava durumuna, vücut ısı dengesinin vereceği tepkiye eşitlenmiştir. FES indisini hesaplayan yazılım "RayMan" Alman Meteoroloji Servisi (Deutscher Wetterdienst) İnsan Biyometeorolojisi Araştırma Merkezi'nden Dr. Andreas Matzarakis ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (Matzarakis vd., 2000) (Şekil 3.6).

$$\mathbf{M} + \mathbf{W} + \mathbf{R}(T_{mrt,v}) + \mathbf{C}(T_a,v) + \mathbf{E}_{sk}(v_p,v) + \mathbf{E}_{res}(T_a,v_p) + \mathbf{E}_{sw}(v_p,v) + \mathbf{S} = 0 \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Burada;

M = Metabolik ısı

W = Aktivite (Watt)

R = Radyasyon akıları (W/m²)

C = Hissedilen sıcaklık (°C)

E = Gizli ısı ($E_{sk} + E_{res} + E_{sw}$)

E_{sk} = Deriye veya deriden olan ısı akısı

E_{res} = Solunum yoluyla ısı değişimi

E_{sw} = Terleme yoluyla ısı değişimi

S = Isı stoğu

T_a = Hava sıcaklığı, **T_s**= Yüzey sıcaklığı, **T_{mrt}** = Ortalama radyan sıcaklık (°C)

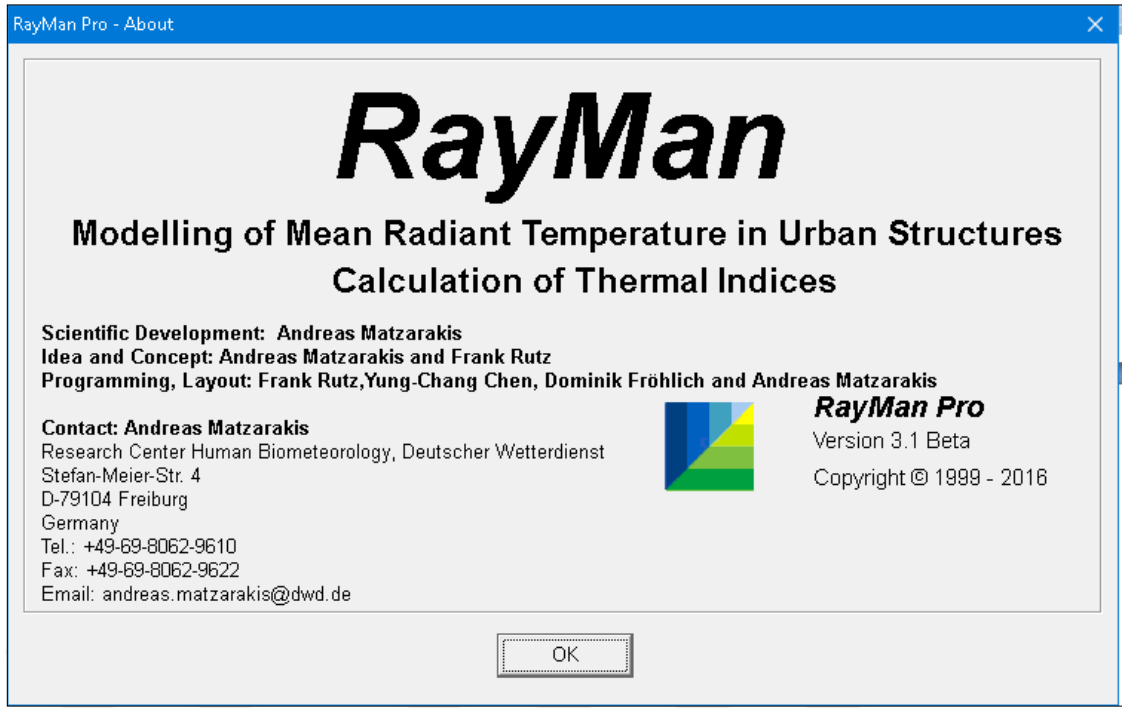
VP = Buhar basıncı (hPa), **v** = rüzgar hızı (m/s)

Herhangi bir zamanda bu değişkenlerin toplamının 0'a eşit olduğu varsayılır. Gerçek ortam, $T_{mrt} = T_a$, $v=0,1$ m/s ve $VP=12$ hPa koşullarında, sanal iç ortama eşitlenir (Höppe, 1999).

Çalışmamızda bu iki indisi seçmemizin nedenleri arasında meteorolojik parametreler yanında insana ait verileri de hesaplama dahil etmesi, sonuçların (°C) cinsinden olması ve Antalya koşullarında FES ve mFES indisleri arasındaki benzerlik ve farklılıkları inceleme isteğimizden kaynaklanmıştır. Model, bazı verileri sabit kabul etse de yapılan işe göre farklı metabolizma oranları (W), mevsimlere ve günün saatlerine göre farklı giysi katsayıları (clo) verilerek de hesaplama yapılabilmektedir. Biz bu çalışmada kış, ilkbahar, yaz, sonbahar mevsimleri için giysi katsayılarını sırasıyla 0.9, 0.7, 0.5, 0.6 clo olarak kullandık. Yıllık ortalama değerler yıl içerisindeki termal konfor değişimini iyi temsil edemediğinden yıllık değerlerle FES hesaplaması yaptırılmamıştır.

Tablo 3.2. RayMan Programı dış veri (girdi) dosyası formatı

Tarih	zaman	T	RH	V	G	clo
15.04.2017	03:00	12.9	76.9	2.4	0.0	0.7
15.04.2017	04:00	12.7	76.0	2.4	0.0	0.7
15.04.2017	05:00	12.5	74.8	2.5	0.0	0.7
15.04.2017	06:00	12.3	74.1	2.6	0.0	0.7
15.04.2017	07:00	12.5	71.6	2.5	3.5	0.7
15.04.2017	08:00	14.0	69.6	2.6	25.0	0.7
15.04.2017	09:00	16.3	58.9	2.7	90.8	0.6
15.04.2017	10:00	18.1	52.8	2.8	256.9	0.6
15.04.2017	11:00	19.2	49.9	3.0	366.3	0.6
15.04.2017	12:00	19.7	49.6	3.4	415.7	0.5
15.04.2017	13:00	19.9	49.8	3.7	445.0	0.5
15.04.2017	14:00	20.0	50.3	4.0	446.9	0.5
15.04.2017	15:00	20.0	55.7	4.4	421.8	0.5
15.04.2017	16:00	19.6	52.4	4.2	361.8	0.5
15.04.2017	17:00	19.2	54.5	3.9	259.6	0.5
15.04.2017	18:00	18.7	56.7	3.6	129.6	0.6
15.04.2017	19:00	17.8	62.2	2.8	35.1	0.6
15.04.2017	20:00	16.7	69.4	2.2	0.0	0.7



Şekil 3.6. RayMan Programı bilgi sayfası

Şekil 3.7. RayMan programı girdi ara yüzü görünümü

Modelde kullanılan meteorolojik veriler ($T_a(^{\circ}\text{C})$, $V_p(\text{hPa})$, $RH(\%)$, $V(\text{m/s})$, T_s , $G(\text{W/m}^2)$, T_{mrt}), kişisel veriler (boy, ağırlık, yaş, cinsiyet) ile giysi ve aktivite verisi (clo katsayısı, aktivite, pozisyon) verisi kullanıcı tarafından verilerek veya hazır veri

dosyası kullanılarak hesaplama yapılabilmektedir. RayMan programı tarafından üretilen termal konfor indisleri PMV, PET, SET*, UTCI, PT ve mPET'tir (Şekil 3.7). RayMan Programı Şekil 3.7'de gösterildiği şekilde anlık meteorolojik, kişisel, giysi ve aktivite verisi kullanılarak çalıştırılabileceği gibi Input / Datafile seçeneği ile önceden hazırlanan veri dosyasının (Tablo 3.2) modele girdi olarak verilmesiyle de çalıştırılabilir. Radyasyon verisi girdi olarak verilmez ise RayMan programı havayı bulutsuz, güneşli kabul ederek radyasyon değerini kendisi hesaplar. RayMan programı çalıştırılan her veri için set edilen giysi (clo) ve aktivite verisiyle (W) çalışabileceği gibi her ay ve saate uygun bir giysi katsayısı (clo) da (Tablo 3.2) verilebilir.

3.4.1.1. Fizyolojik eşdeğer sıcaklık (FES) indisini etkileyen parametreler

Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım														
RayMan Pro 2.3 beta © 1999 - 2014 Meteorological Institute, University of Freiburg, Germany place: Turkey (Antalya) geogr. longitude: 30°42' latitude: 36°52' timezone: UTC +3.0 h horizon limitation: 0.0% sky view factor (RayMan): 1.000														
										Girdiler				
date	day of	time	sunr.	sunset	SDmax	SDact	SVF_Ray	Gmax	Gact	Sact	Dact	A	E	Ts
d.m.yyyy	year	h:mm	h:mm	h:mm	min	min		W/m²	W/m²	W/m²	W/m²	W/m²	W/m²	°C
1.5.2018	121	16:48	6:03	19:45	822	822	1.000	542.4	542.4	447.0	95.4	375.9	492.0	33.0
										Çıktılar (Termal indisler)				
v	C	Tmrt	height	weight	age	sex	cloth.	activ.	PMV	PET	SET*	UTCI	PT	mPET
m/s	octas	°C	m	kg	a		clo	W		°C	°C	°C	°C	°C
9.0	0.0	30.0	1.8	75.0	35	m	0.90	80.0	0.9	22.3	23.2	20.6	23.8	21.4
v	C	Tmrt	height	weight	age	sex	cloth.	activ.	PMV	PET	SET*	UTCI	PT	mPET
m/s	octas	°C	m	kg	a		clo	W		°C	°C	°C	°C	°C
0.5	0.0	30.0	1.8	75.0	35	m	0.90	80.0	1.4	27.6	27.8	28.2	27.1	27.5
v	C	Tmrt	height	weight	age	sex	cloth.	activ.	PMV	PET	SET*	UTCI	PT	mPET
m/s	octas	°C	m	kg	a		clo	W		°C	°C	°C	°C	°C
0.1	0.0	30.0	1.8	75.0	35	m	0.90	80.0	1.6	28.9	30.2	9999.0	28.2	28.7
v	C	Tmrt	height	weight	age	sex	cloth.	activ.	PMV	PET	SET*	UTCI	PT	mPET
m/s	octas	°C	m	kg	a		clo	W		°C	°C	°C	°C	°C
0.1	0.0	30.0	1.8	75.0	35	m	0.90	300.0	3.2	29.0	30.5	9999.0	28.2	38.5

Şekil 3.8. RayMan programı girdi ve çıktıları

Yüksek sıcaklıklarda, artan rüzgar hızı konfor sağlamaya yardımcı olur. UTCI dış ortam termal konfor indisidir ve hesaplanabilmesi için rüzgar hızı ≥ 0.5 m/sn. olmalıdır (Şekil 3.8). Ortalama radyan sıcaklık (T_{mrt} °C) tüm farklı kısa ve uzun dalga radyasyon akılarının etkisini özetleyen eşdeğer bir yüzey sıcaklığıdır (Fanger 1972, Jendritzky vd., 1990, Kantor ve Unger 2011, Chen vd., 2014). mPET indisleri daha kompleks insan

enerji denge modeline dayanır. Nispi nem, giysi ve aktiviteyi daha fazla dikkate alır. (Chen ve Matzarakis, 2014). Bu nedenle çalışmaya dahil edilmiştir. FES indis sonuçları 9 basamaklı bir termal algılama ve bunlara karşılık gelen fiziksel stres derecesi ile sınıflandırılmıştır (Tablo 3.3). FES'in 18-23°C olduğu aralıklar konforlu aralıklardır.

Tablo 3.3 . FES'e karşılık termal algı ve fizyolojik stres derecesi (Matzarakis ve Mayer, 1996)

FES (°C)	Termal algılama	Fiziksel stres derecesi
>41	Aşırı sıcak	Ekstrem ısı stresi
35-41	Çok sıcak	Güçlü ısı stresi
29-35	Sıcak	Orta ısı stresi
23-29	Biraz sıcak	Hafif ısı stresi
18-23	Konforlu	Isı stresi yok
13-18	Biraz serin	Hafif soğuk stresi
8-13	Serin	Orta soğuk stresi
4-8	Soğuk	Güçlü soğuk stresi
<4	Çok soğuk	Ekstrem soğuk stresi

Bu çalışmada kullanılan 1960-2017 yılları arasındaki gözlem verisi saatliktir. Saatlik, günlük, aylık ve mevsimlik veri ortalamaları Excel'deki özet tablo (Pivot Table) kullanılarak hesaplanmıştır. Bundan sonra RayMan dış veri dosyası “Tarih, Saat, Sıcaklık(T), Nispi Nem(RH), Rüzgar hızı (V), Global radyasyon (G), Giysi katsayısı (clo)” formatında (Tablo 3.2) oluşturulmuş ve RayMan yazılımı bu girdi dosyası ile çalıştırılmıştır. Veri dosyasında her saat, ay ve mevsime uygun (clo) değerleri verilmiştir. Gözlem verisi ile saatlikten, günlüğe, aylığa ve mevsimliğe FES indisi hesaplanmıştır. 2018-2098 yılları arasındaki projeksiyon verisi günlüktür. Bu birleştirilmiş veri dosyalarından mevsimlik termal konfor indisleri (FES, mFES) hesaplanmıştır. Elde edilen RayMan çıktı dosyası, grafik oluşturmak, frekans ve oran istatistiklerini hesaplamak üzere yeniden Excel ortamına alınmıştır. Her ay ve saatin ortalama verisinin (12x24=288 veri) gün içerisinde nasıl değiştiğini incelemek üzere koşullu biçimlendirme ile renklendirme yapılmış ve her kategorinin aylık oranları hesaplanmıştır. Saatlik sonuçlar 07-08 (sabah), 09-18 (gündüz), 19-21 (akşam) ve 22-06 (gece) olarak gruplandırılmış ve her grubun konfor özelliği analiz sonundaki tabloda verilmiştir. RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla mevsimlik FES projeksiyonları 2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2079-2098 şeklinde 20'şer yıllık 4 döneme ayrılarak her dönemdeki FES kategorilerinin frekanslarına ve eğilimlerine bakılmış, konforlu ve çok sıcak yılların oranları ArcGIS ortamında IDW metoduyla enterpole edilmiştir.

3.3.2. Turizm İklim İndisi Tİİ (TCI)

Çalışmada önemi açısından Mieczkowski, 1985 tarafından geliştirilen ve Turizm İklim İndisi Tİİ (TCI) olarak bilinen 5 indisin toplamından oluşan indis, Antalya İli özelinde istasyonların iklim parametrelerine uygulanmıştır. İnsan sağlığı %70'in zerindeki nispi nemden rahatsız olur (Ashrae, 2001). Yağış miktarı ve mevsimsel dağılımı turizmi olumsuz etkiler. Rüzgar hızı kıyı ve yat turizminde 7m/sn'den fazla olmamalıdır (Doğaner, 2001). Ancak hafif rüzgarın konfora etkisi vardır. Açık hava, ve deniz suyu sıcaklığı, Antalya'da kıyı turizmi ve güneş, deniz, kum (3S) turizmine imkan sağlar.

$$T C I = 2[(4 * C I D) + C I A + (2 * P) + (2 * S) + W] \quad (\text{Eşitlik 8})$$

Burada;

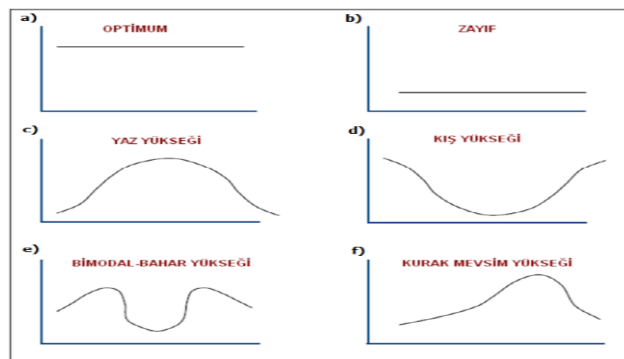
CID Gündüz Konfor İndisi, maksimum sıcaklık ve minimum bağıl nemin oranı

CIA Günlük Konfor İndisi, ortalama sıcaklık ve ortalama nemin oranı **P** Yağış;

S Güneşlenme Süresi; **W** Rüzgar Hızını ifade eder. Veriler aşağıdaki tabloya göre kullanılır.

Tablo 3.4. Turizm İklim İndisi değişim tablosu (Mieczkowski, 1985; McBoyle ve Scott, 2007)

Ölçek Değeri	Efektif Sıcaklık(°C)	Toplam Aylık Yağış (mm/ay)	Ortalama Aylık Güneşlenme Süresi (sa/gün)	Rüzgar Hızı (km/sa)			Rüzgarın Soğutucu Etkisi (windchill) Watts/m²/sa
				Normal	Alize	Sıcak	
5	20-27	0-14,9	>10	<2,88	12,24-19,79		
4,5	19-20	15-29,9	9-10	2,88-5,75			
4	18-19	30-44,9	8-9	5,76-9,03	9,04-12,23		<500
3,5	17-18	45-59,9	7-8	9,04-12,23	19,8-24,29		
3	15-17	60-74,9	6-7	12,24-19,79			500-625
2,5	10-15	75-89,9	5-6	19,8-24,29			
2	5-10	90-104,9	4-5	24,3-28,79		2,88-5,75	625-750
1,5	0-5	105-119,9	3-4	24,3-28,79		5,76-9,03	750-875
1	-5-0	120-134,9	2-3	28,8-38,52		9,04-12,23	875-1000
0,5		135-149,9	1-2				1000-1125
0,25						>12,24	1125-1250
0	-10-5	<150	<1	>38,52	>38,52		>1250
-1	-15-10						
-2	-20-15						
-3	<-20						



Tablo 3.5 TCI kategorileri (Mieczkowski, 1985)

TCI Sayısal Değeri	Turizm Konfor Kategorisi	
90-100	mükemmel	Excellent
80-89	ideal	Ideal
70-79	çok iyi	Very good
60-69	iyi	Good
50-59	kabul edilebilir	Acceptable
40-49	sınırdan	Marginal
30-39	elverişsiz	Unfavourable
20-29	hayli elverişsiz	Very unf.
10-19	son derece elverişsiz	Extremely unf
9-(-30)	olanaksız	Impossible

Şekil 3.9. Mevsimlik TCI dağılımları (McBoyle ve Scott, 2007)

McBoyle ve Scott, 2007, TCI'ya ek olarak, TCI dağılımlarını yorumlayan bir grafik sistemi geliştirmişlerdir. Dağılıma göre bir turizm lokasyonunda tüm aylar TCI'ya göre 80 değerinin üzerinde ise "optimum", hiçbir ay 40'ın üzerine çıkmıyorsa "zayıf" olarak kabul edilir. TCI değerleri yaz aylarında maksimum ise "yaz yükseği", kış aylarında maksimum ise "kış yükseği" adını alır. Maksimum TCI'lar bahar mevsimlerinde ise "bahar yükseği" dağılım sınıfına girer.

3.3.3. Isıtma ve Soğutma Gün-Derece Analizi

Gün derece, 24 saatlik periyodun belirli bir eşiğe göre, ne kadarının sıcak ve ne kadarının soğuk geçtiğini ölçmeye yarayan bir birimdir. Avrupa Topluluğu İstatistik Ofisi (EUROSTAT) karşılaştırılabilir ve ortak bir kullanım oluşturmak amacıyla IGD (HDD) ve SGD (CDD)'nin hesabı için aşağıdaki metodu önermektedir (Gikas ve Keenan, 2006).

$$\text{IGD (HDD)} = (18^{\circ}\text{C} - T_a) \times d \quad \text{eğer } T_a \leq 15^{\circ}\text{C} \text{ (ısıtma eşiği)} \quad (\text{Eşitlik 9})$$

$$\text{eğer } T_a > 15^{\circ}\text{C}, \text{ HDD}=0, \text{ (Gikas, A. ve Keenan, R., 2006)}$$

$$\text{SGD (CDD)} = (T_a - 22) \times d \quad \text{eğer } T_a > 22^{\circ}\text{C} \text{ (soğutma eşiği)} \quad (\text{Eşitlik 10})$$

$$\text{eğer } T_a \leq 22^{\circ}\text{C}, \text{ CDD}=0$$

Burada; T_a = Günlük ortalama sıcaklık, d = gün sayısı. Hesaplama günlük bazda yapılır. Aylık ve yıllık gün dereceleri bunların toplanması ile bulunur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nde 2007 yılından buyana bu yöntem kullanılarak IGD (HDD) ve SGD (CDD) hesaplanmaktadır ([Url 6](#)).İndisler Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO), Klimatoloji Komisyonu yazılımı ClimPACT kullanılarak üretilmiştir. Yazılım, açık kaynak kodlu R İstatistik Paketi altında çalışmakta ve günlük veriyi okuyarak sektörlerle ilgili 71 adet indisin frekans, süre ve büyüklüğünü hesaplamaktadır. Yazılıma ([Url 7](#)) bağlantıdan erişilebilmektedir (Alexander vd, 2013), (Sensoy vd, 2019).

3.3.4. Termal konfor algılama anketi

Tatil için Antalya'yı tercih edenlerde cinsiyet, yaş grupları gibi insani faktörlere göre algılanan termal konforu ortaya koymak ve bunları hesaplanan termal konfor sonuçları ile karşılaştırmak amacıyla <https://tr.surveymonkey.com> aracılığıyla bir anket düzenlenmiştir.

Ankette tatilcilere yöneltilen sorular:

1. Cinsiyetiniz? (E/K)
2. Yaş grubunuz? (06-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70)
3. Antalya'da tatil için tercih edilen aylar? (1-12)
4. Denize/havuza giriş için tercih edilen saatler?
5. Günlük güneşte kalma süreniz? (<30d, 31-60d, 1-2s , 2-4s, 4-6s, >6s)
6. Sıcak odada kalma süreniz nedir? (<5, 5-10, 11-15, 16-20, >20 dakika)
7. Antalya'da kendinizi konforsuz hissettiğiniz saatler?
8. Bulunduğunuz ortamda tercih ettiğiniz sıcaklık aralığı?
9. Bulunduğunuz ortamda tercih ettiğiniz nispi nem?
10. Bulunduğunuz ortamda tercih ettiğiniz rüzgar hızı?

Anketi 240 katılmış olup sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiş ve seçenekli sorularda her seçeneğe verilen yanıtların oranları hesaplanmıştır. Ankete verilen cevaplar cinsiyet ve yaş grupları açısından da değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bulgularımızda her istasyonun termal konfor indislerindeki zamansal değişimleri ve farklılıkları ortaya koyabilmek için aşağıda belirtilen altı analiz sonucu elde edilmiştir:

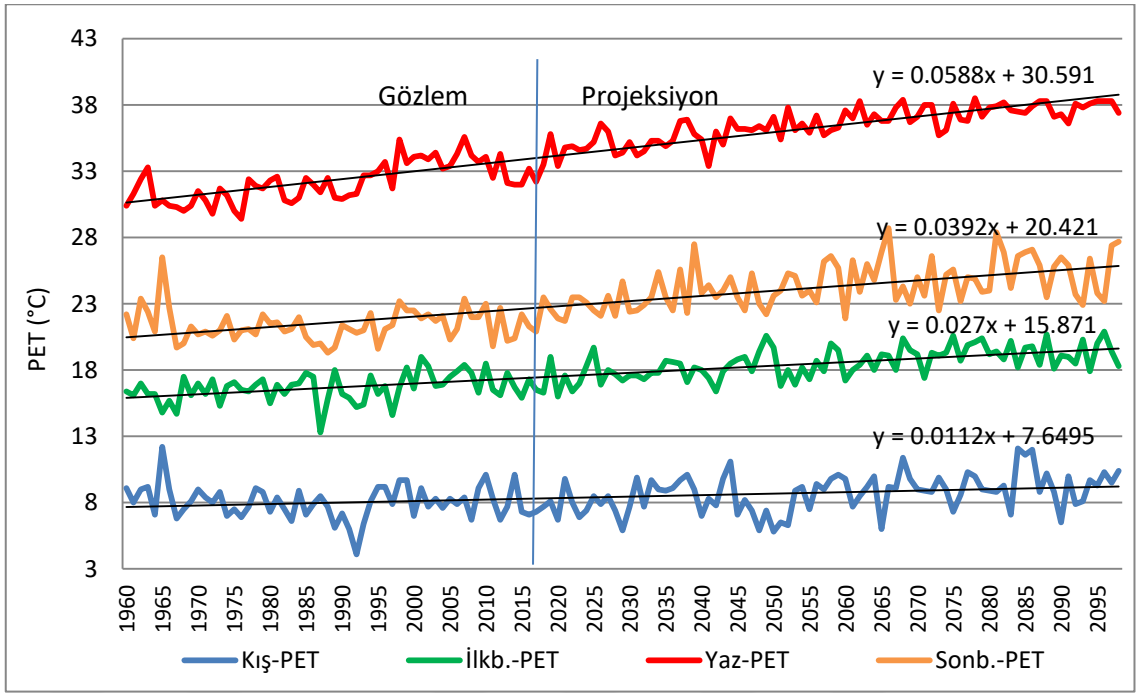
1. Gözlem ve projeksiyon dönemleri için mevsimlik FES (PET) indislerinin RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre zaman serileri ve bunların eğilimleri her istasyonun analizinde (Şekil 1 ve Şekil 2) olarak elde edilmiş ve yorumlanmıştır.
2. Mevsimlik FES indis kategorilerinin 20'şer yıllık projeksiyon dönemlerindeki (2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2079-2098) frekansları ve eğilimleri her istasyonun (Şekil 3)'teki analizinde elde edilmiş ve yorumlanmıştır.
3. mFES (mPET) indisi, nispi nem, giysi ve aktiviteye daha fazla duyarlı, daha karmaşık bir insan enerji denge modeline dayanmaktadır (Chen ve Matzarakis, 2018:1). Çalışmada Antalya'nın biyoklimatik koşullarında her iki indisin kullanılabilirliklerini test etmek ve aralarındaki benzerlik ve farklılıklara bakmak için programın yazarı Matzarakis'in de önerisiyle FES'le birlikte mevsimlik mFES sonuçları da değerlendirilmiş olup her istasyonda (Şekil 4) bu sonuçları gösterir.
4. RayMan modeli FES'i hesaplamadan önce ona girdi olacak ortalama radyan sıcaklığı (T_{mrt}) hesaplar. Eşdeğer yüzey sıcaklığı sayılabilecek T_{mrt}, güneş ışınlarına bağlı olarak gündüz en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Antalya'da T_{mrt}'nin saatlik dağılımlarını anlamak üzere aylık grafikler oluşturulmuştur (her istasyonda Şekil 5).
5. Gözlem verisinden elde edilen ve FES kategorilerine göre renklendirilmiş saatlik FES indis değerleri ve bunların oranları her istasyonun analizinde (Şekil 6 ve Tablo 1)'de elde edilmiş ve yorumlanmıştır.
6. Antalya'da projekte edilen konforlu (FES=18-23°C) ve çok sıcak (FES≥35°C) yılların 20'şer yıllık dört dönemde (2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2079-2098) RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre oransal dağılımlarının ArcGIS ortamında IDW enterpolasyon tekniği ile haritaları Şekil 4.1.12 ve 4.1.13)'te elde edilmiştir.

4.1. Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık FES (PET) İndisi Analizleri

Bu analizde Antalya'ya bağlı 10 istasyona ait (Tablo 3.1) 1960-2017 yılları arasındaki saatlik gözlem verisi kullanılmıştır. Saatlik, günlük, aylık ve mevsimlik veri ortalamaları Excel'deki özet tablo (Pivot Table) kullanılarak hesaplanmıştır. Bundan sonra RayMan dış veri dosyası “Tarih, Saat, T, RH, V, G, clo” formatında (Tablo 3.2) oluşturulmuş ve RayMan yazılımı bu girdi dosyası ile çalıştırılmıştır. Veri dosyasında her saat, ay ve mevsime uygun giysi katsayısı (clo) kullanılmıştır. Gözlem verisi ile saatlikten, günlüğe, aylığa ve mevsimliğe Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) indisi hesaplanmış ve bunların dağılımları, frekansları ve oranları hazırlanmıştır. 2018-2098 arasındaki projeksiyon verisi günlükdür. Birleştirilmiş veri dosyalarından mevsimlik termal konfor indisleri (FES, mFES) hesaplanmıştır.

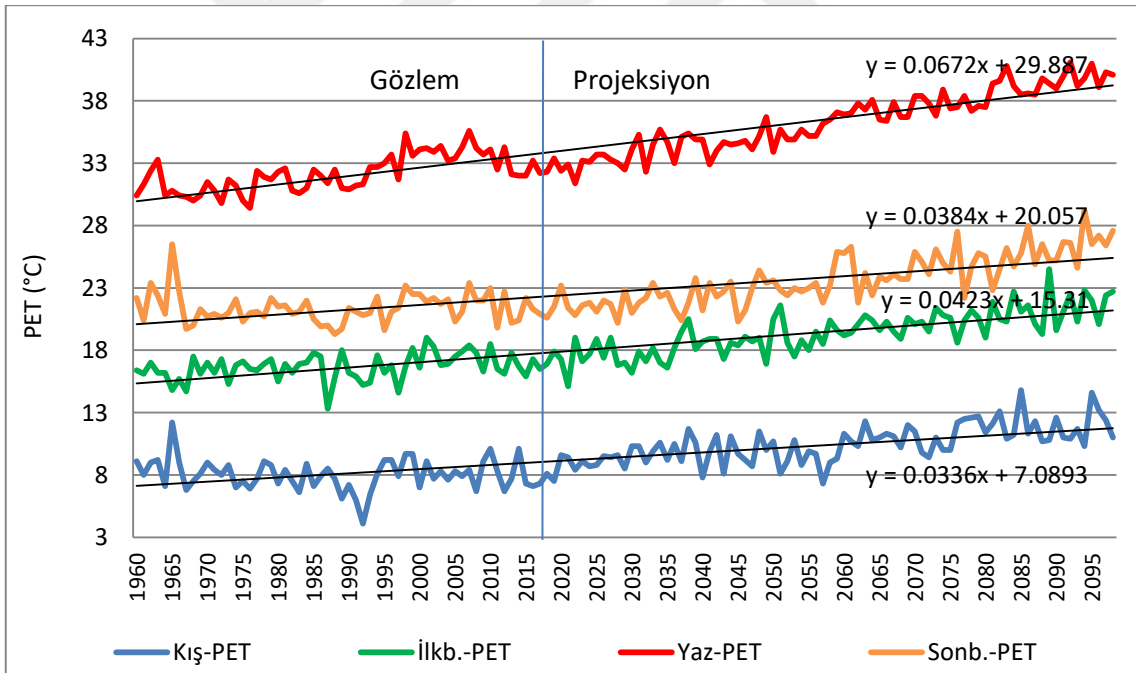
4.1.1. Antalya Havalimanı Mevsimlik FES indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Yapılan analizde Antalya Havalimanında FES (PET) indis değerlerinde her mevsimde artış trendi bulunmuştur. İndislerdeki artış eğilimleri ilkbahar mevsiminde termal konfora olumlu yönde etki ederken yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise konforu azaltıcı rol üstlenmektedir. Kış mevsimi, gözlem periyodunda termal konfor açısından soğuk/serin arası bulunmuş iken, RCP4.5 senaryosuna göre serine doğru bir eğilim, RCP8.5 senaryosuna göre ise serinlerin baskın olacağı hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi gözlem periyodunda biraz serin iken projeksiyon döneminde her iki senaryoda da konfor bölgesine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda sıcak kategorisinde iken projeksiyon periyodunda çok sıcak kategoriye geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda konforlu iken projeksiyon dönemlerinde her iki senaryoya göre de biraz sıcak kategorisine geçecektir. (Şekil 4.1.1.1, Şekil 4.1.1.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.1.1. Antalya Havalimanı mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri (RCP4.5)

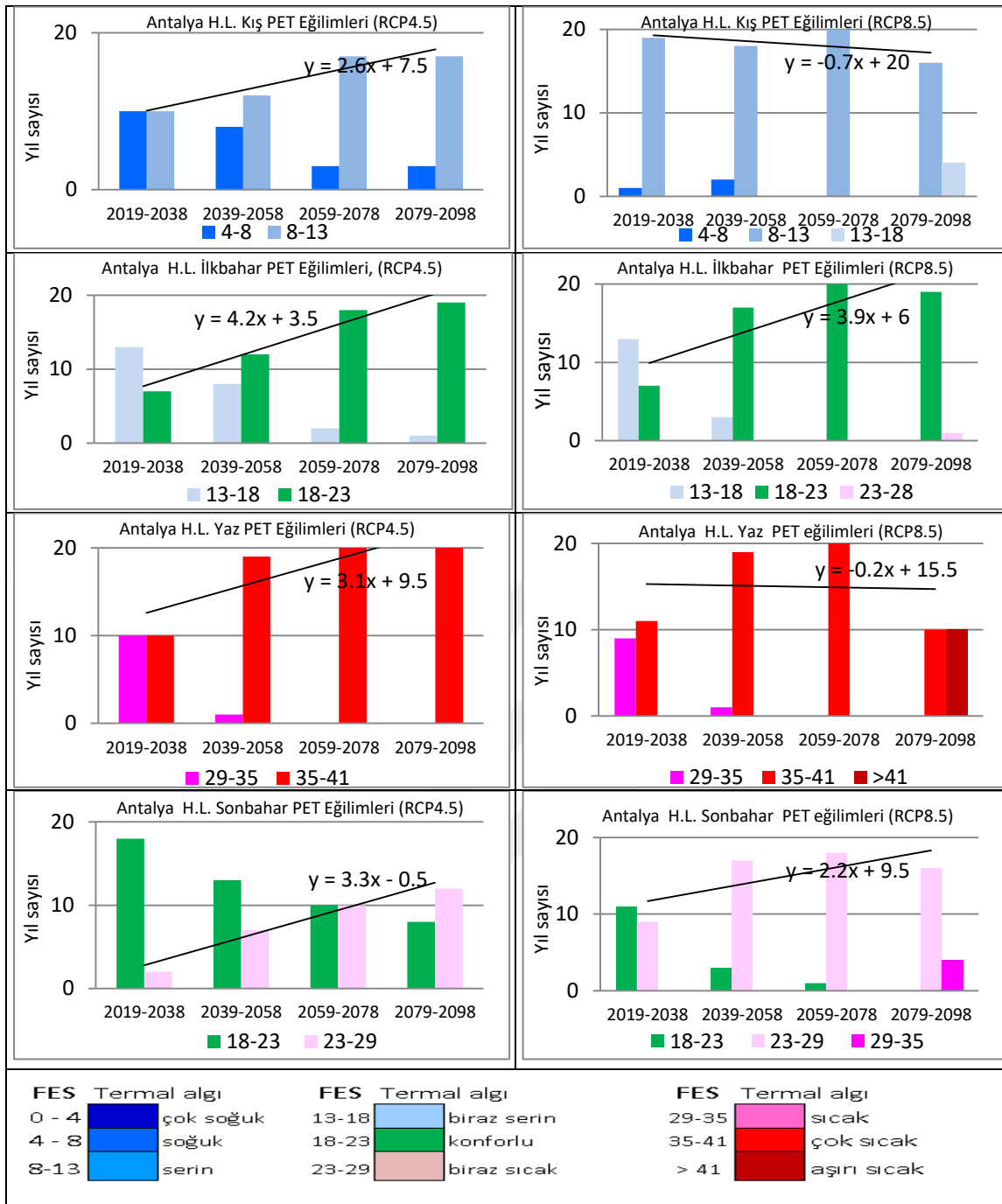


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.1.2. Antalya Havalimanı mevsimlik FES(PET) indisleri ve eğilimleri (RCP8.5)

Antalya H.L. mevsimlik FES indislerinin 4 projeksiyon dönemindeki frekansları

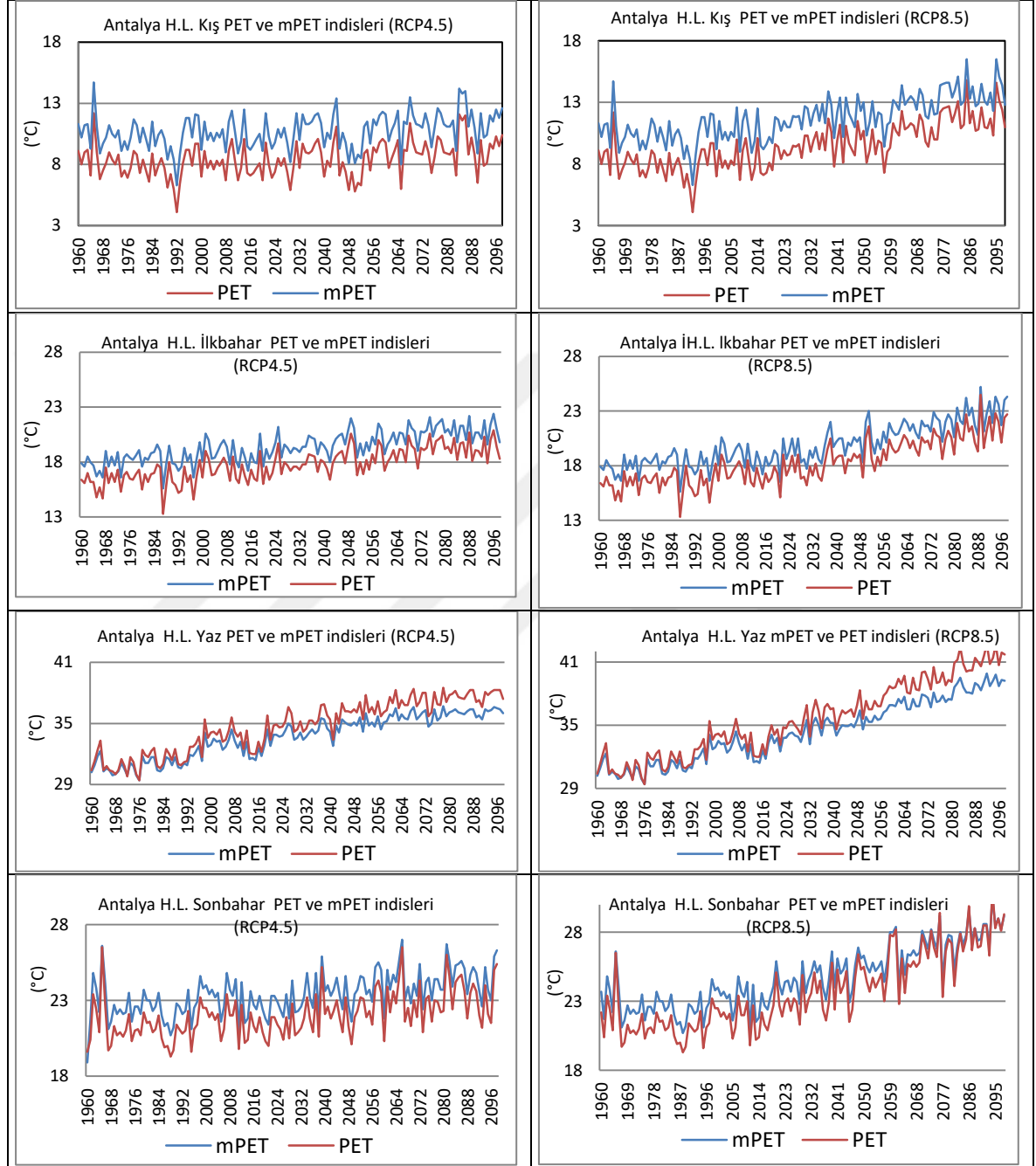
Bu analizde mevsimlik FES projeksiyonları 2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2079-2099 şeklinde 20'şer yıllık 4 döneme ayrılarak her dönemdeki FES kategorilerinin frekanslarına ve eğilimlerine bakılmış, artan ve azalan FES kategorileri belirlenmiştir.



Şekil 4.1.1.3. Antalya Havalimanı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla mevsimlik FES (PET) frekansları. Antalya için yapılan FES projeksiyonlarında kış mevsiminde termal konfor açısından RCP4.5 senaryosuna göre soğukların eğilimleri azalırken serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise soğuk yıl kalmaz iken serinlerin sayısı artacaktır. İlkbahar mevsiminde her iki senaryoda da konforlu yılların sayısı artacaktır. Yaz mevsiminde her iki senaryoda da sıcaklar azalırken çok sıcaklar artacaktır. RCP8.5 senaryosuna göre ise son 20 yıllık dönemde 10 adet aşırı sıcak yıl ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosunda konforlu yıllar baskın olmakla birlikte azalış, ‘biraz sıcaklar’ ise artış eğiliminde olacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise ‘biraz sıcak’ yılların sayısı artacak, son dönemde 4 sıcak yıl da ortaya çıkacaktır (Şekil 4.1.1.3).

Antalya Havalimanı'nda FES ve mFES (PET, mPET) indislerinin karşılaştırması

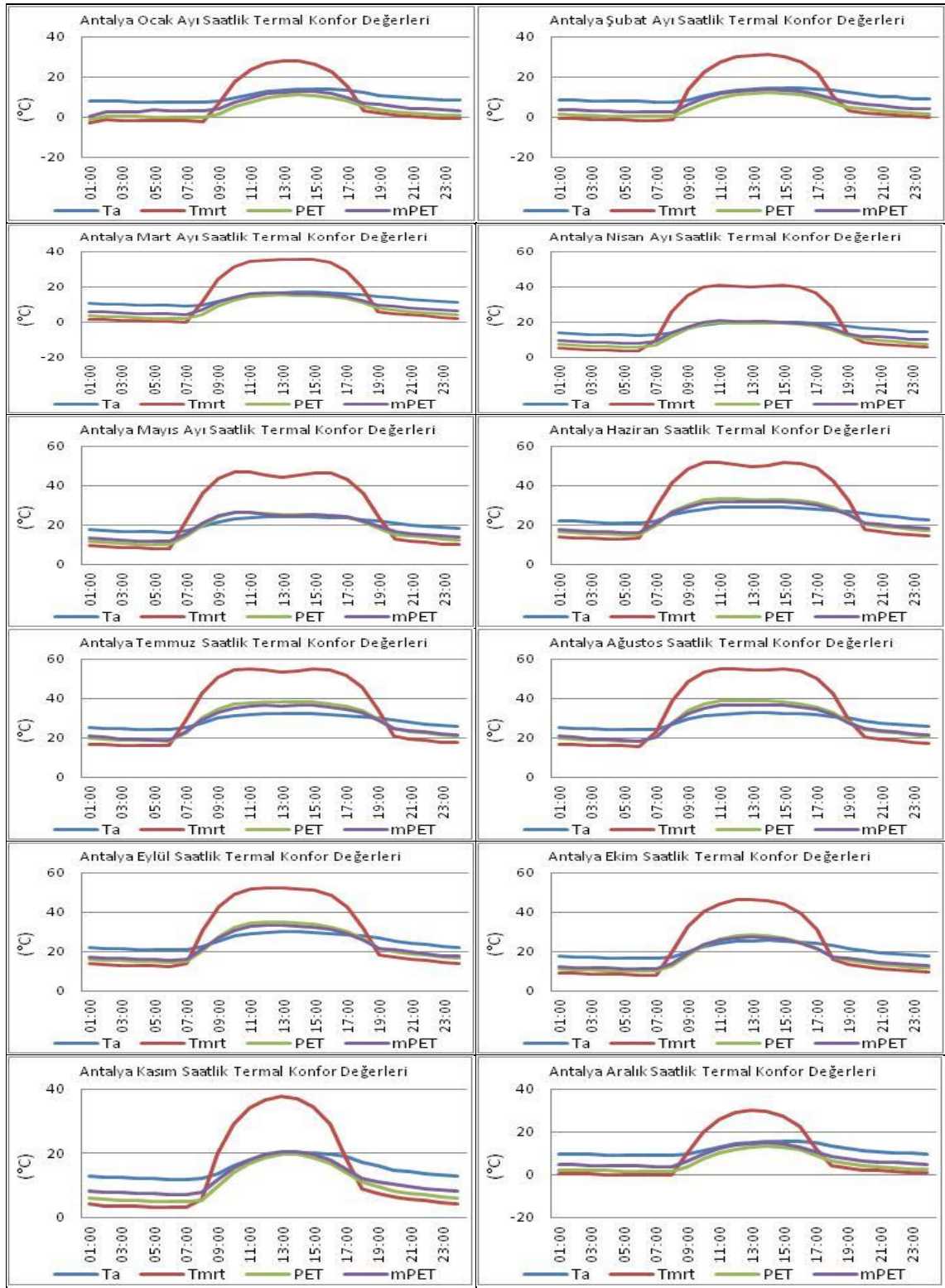
mPET indisi, nispi nem, giysi ve aktiviteye daha fazla duyarlı, daha karmaşık bir insan enerji denge modeline dayanmaktadır (Chen ve Matzarakis, 2018:1). Bu nedenle Antalya'da FES ve mFES arasındaki farklılıklara da bakılmıştır.



Şekil 4.1.1.4. Antalya Havalimanı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla mevsimlik PET ve mPET indisleri

PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur fakat RCP8.5 senaryosuna göre özellikle 2050'den sonraki artışlar RCP4.5 ile hesaplanandan çok daha yüksektir. Antalya'da yaz mevsimi dışında **mPET** değerleri nispi nem ve giysi katsayısı yüksekliğinden dolayı **PET**'ten yüksek bulunmuştur. (Şekil 4.1.1.4).

Hesaplanan mFES değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında RH ve clo yüksek olduğundan FES değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.1.5).

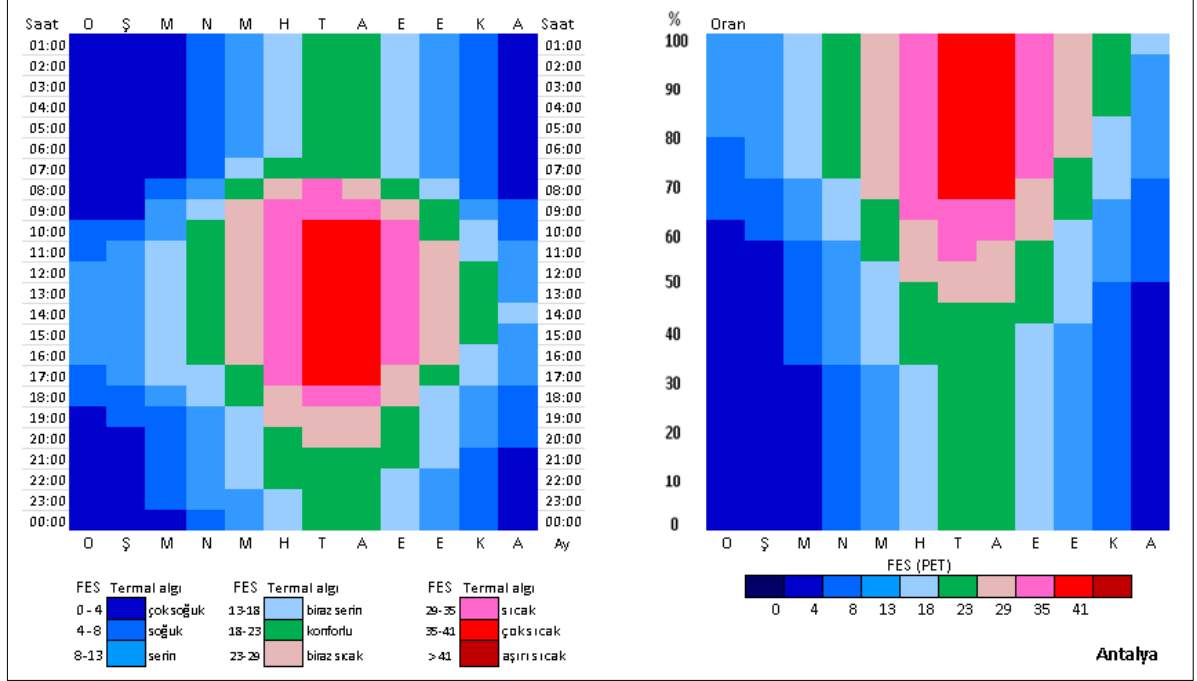


Şekil 4.1.1.5 Antalya Havalimanı'nda saatlik konfor indislerinin aylık grafikleri

Eşdeğer yüzey sıcaklığı sayılabilecek ortalama radyan sıcaklık (**Tmrt**), Antalya'da gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise güneş ışınlarına bağlı olarak en yüksek değerlerine ulaşmakta; haziran-eylül arası ise 50°C'lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.1.5). FES'in önemli girdisi olan Tmrt, yaz aylarında FES'i çok sıcak yapmaktadır.

Antalya Havalimanı'nda FES indisinin saatlik dağılımı ve bunların aylık oranları

Bu analizde 1960-2017 tarihleri arasındaki her ay ve her saatin ortalama verisi (12x24=288 veri) Excel özet tablo ile hazırlanıp, RayMan programında Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) hesaplanmıştır. Elde edilen FES indislerinin, gün içerisinde nasıl değiştiğini incelemek için Excel'de koşullu biçimlendirme ile renklendirme yapılmış ve her kategorinin aylık oranları hesaplanmıştır (Şekil 4.1.1.6).



Şekil 4.1.1.6. Antalya Havalimanı saatlik FES indis dağılımı (sol) ile bunların aylık oranları (sağ), (veri 1960-2017)

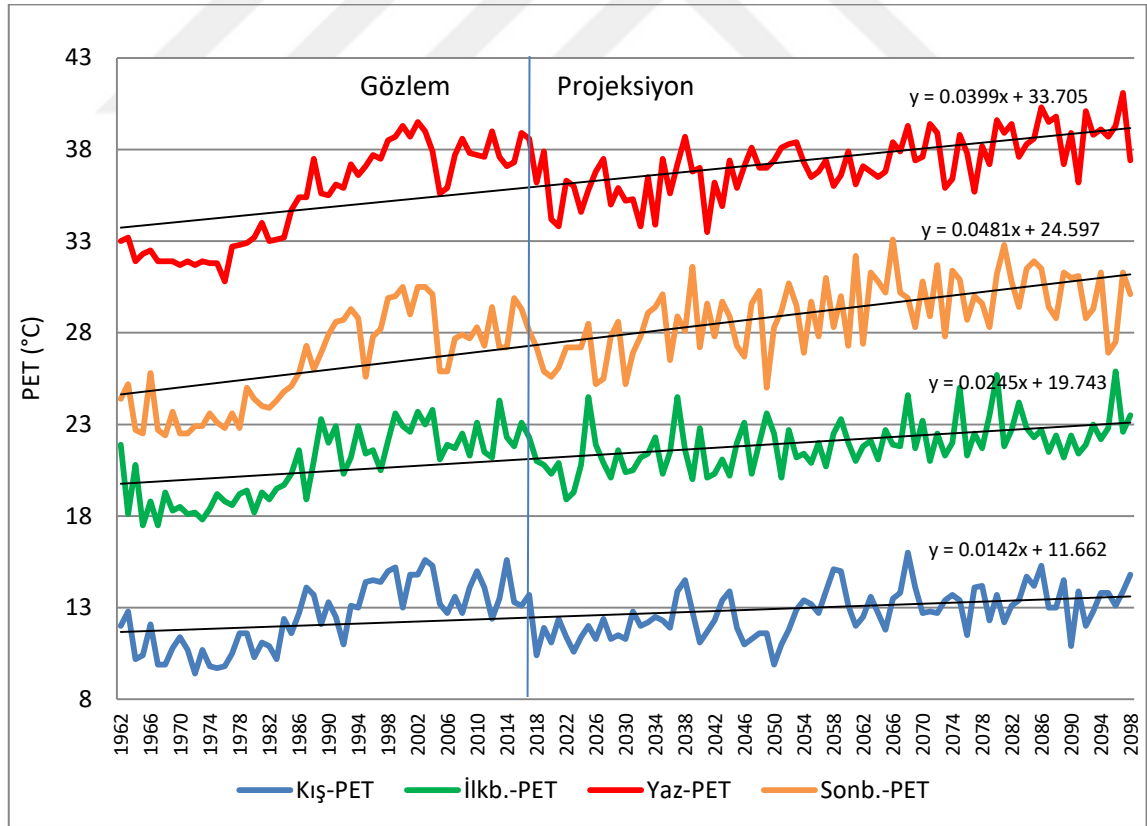
Tablo 4.1.1. Antalya Havalimanı'nda aylık gece, sabah ve gündüz FES değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	Aşırı/çok soğuk	Soğuk	Serin	%10 aşırı soğuk, %50 çok soğuk, %20 soğuk, %20 serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%60 çok soğuk, %10 soğuk, %30 serin
Mart	Çok soğuk	Soğuk/serin	Biraz serin	%30 çok soğuk, %30 soğuk, %10 serin, %30 Biraz serin
Nisan	Soğuk	Serin/Biraz serin	Konforlu	%30 soğuk, %30 serin, %10 Biraz serin, %30 konforlu
Mayıs	Serin	Biraz serin, konforlu	Biraz sıcak	%30 serin, %20 Biraz serin, %15 konfor, %35 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak	%30 Biraz serin, %20 konfor, %15 Biraz sıcak, %35 sıcak
Temmuz	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %10 Biraz sıcak, %20 sıcak, %30 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %20 Biraz sıcak, %10 sıcak, %30 çok sıcak
Eylül	Biraz serin	Konforlu	Sıcak	%40 Biraz serin, %20 konfor, %10 Biraz sıcak, %30 sıcak
Ekim	Serin	Konforlu/Biraz serin	Biraz sıcak	%40 serin, %20 Biraz serin, %10 konfor, %30 Biraz sıcak
Kasım	Soğuk	Serin/Biraz serin	Konforlu	%50 soğuk, %20 serin, %15 Biraz serin, %15 konfor
Aralık	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%50 çok soğuk, %20 soğuk, %25 serin, %5 Biraz serin

Termal konfor açısından Antalya Havalimanı, kış mevsiminde gece çok soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece biraz serin, gündüz sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.1.6, Tablo 4.1.1).

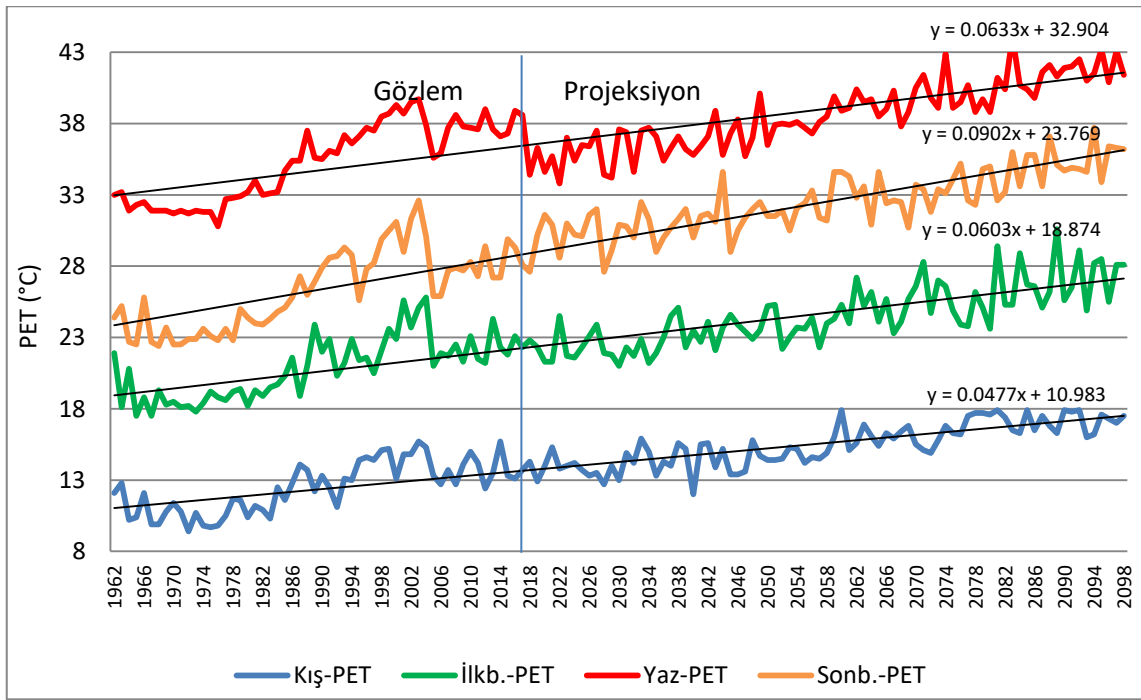
4.1.2. Alanya Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Yapılan analizde termal konfor açısından Alanya’da kış mevsimi gözlem periyodunda serin/biraz serin bulunmuş, RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin azalıp biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosuna göre ise biraz serin kategorisine gireceği hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi gözlem periyodunda konfor bölgesinde iken RCP4.5 senaryosunda 2070’lerden sonra, RCP8.5 senaryosunda ise 2050’lerden sonra biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak kategorisinde iken RCP8.5’a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak iken projeksiyon dönemlerinde her iki senaryoya göre de sıcak kategorisine hatta RCP8.5’a göre son dönemde çok sıcak kategorisine geçeceği hesaplanmıştır. FES (PET) değerlerinde her mevsimde artış eğilimleri bulunmuştur (Şekil 4.1.2.1, Şekil 4.1.2.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

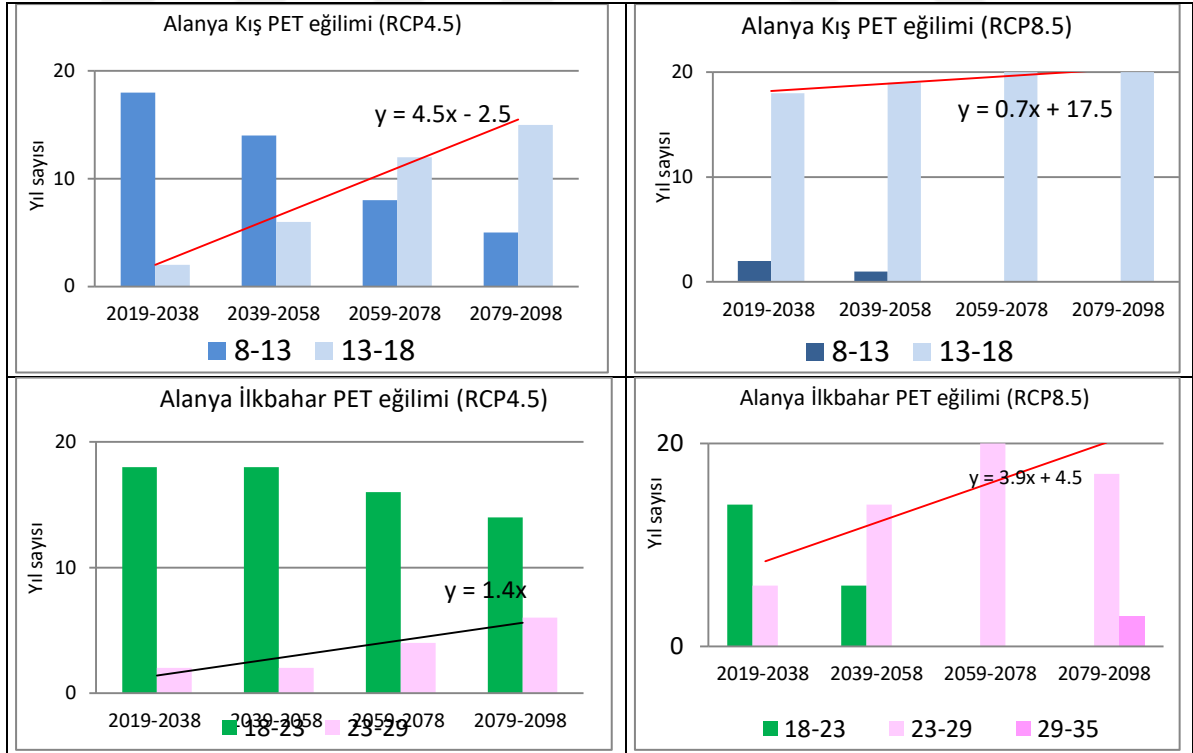
Şekil 4.1.2.1. Alanya Mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

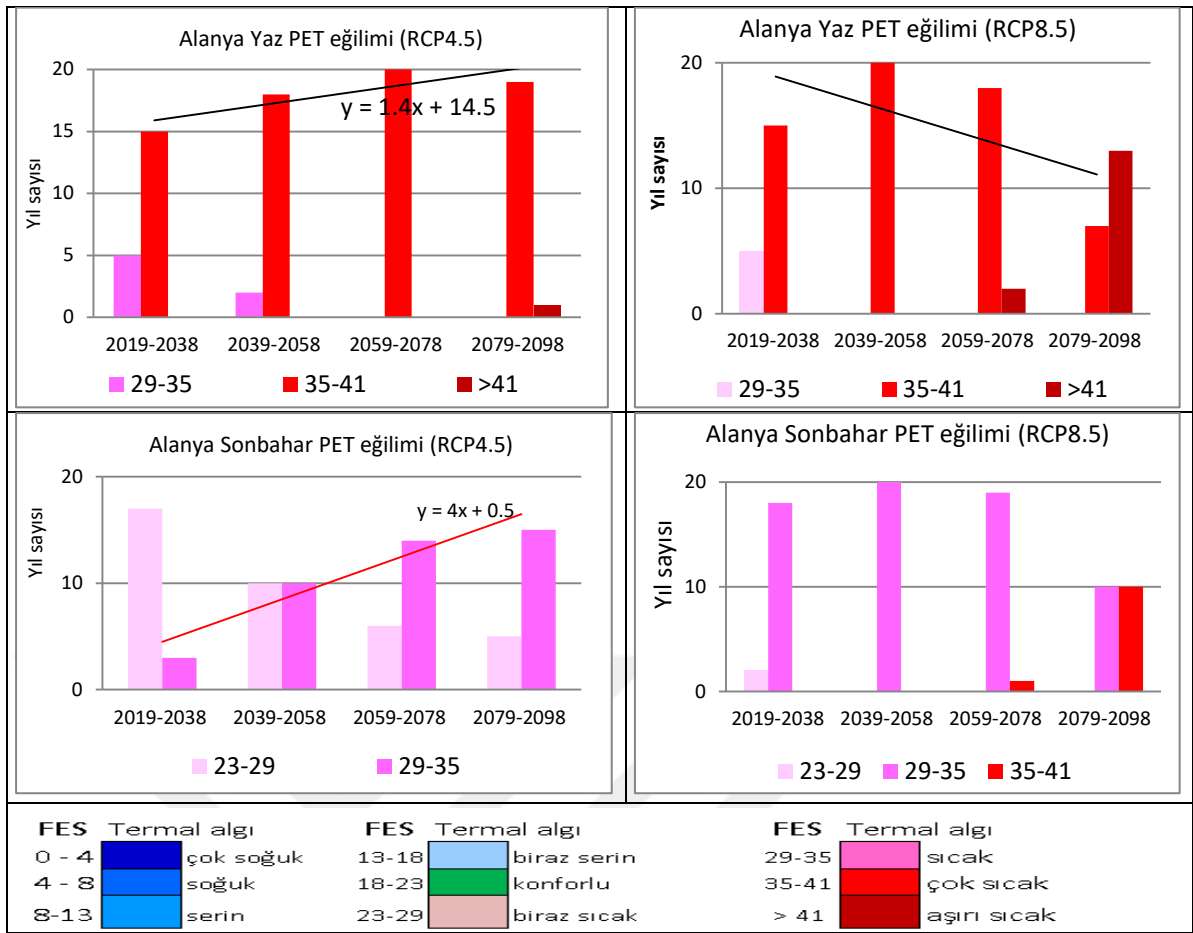


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.2.2. Alanya Mevsimlik FES (PET) indisleri ve eğilimleri (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Alanya’da mevsimlik FES indislerinin 4 projeksiyon dönemndeki frekansları

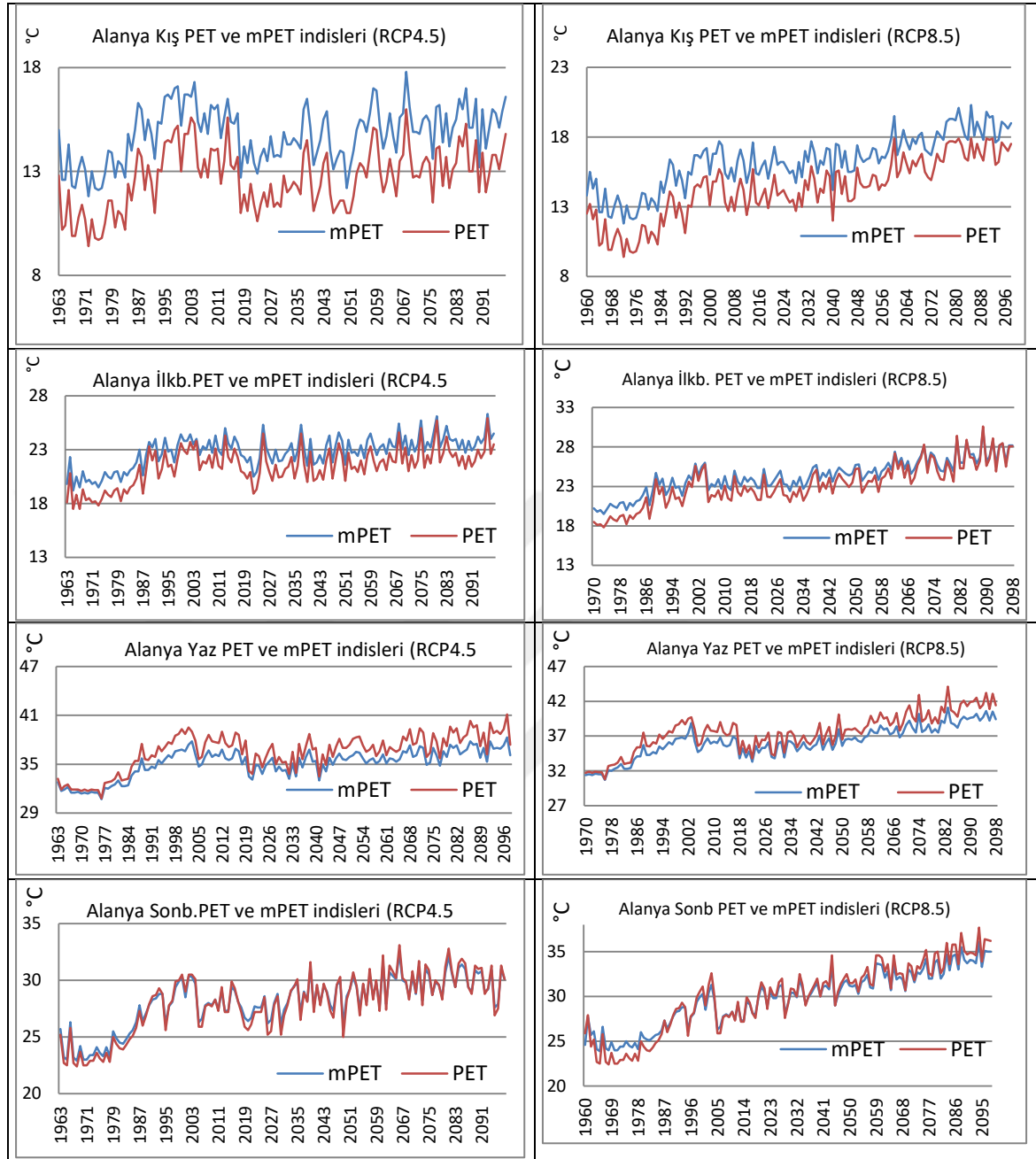




Şekil 4.1.2.3. Alanya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Alanya için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken Biraz serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise neredeyse serin kalmaz iken Biraz serin yılların sayısı artacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar baskın fakat azalmakta iken RCP8.5 senaryosunda biraz sıcakların baskın olacağı ve artacağı, hatta son projeksiyon periyodunda 3 adet sıcak yılın da ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosunda çok sıcaklar baskın ve artış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre son iki dönemde aşırı sıcak yıllar da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosunda sıcaklar artış, RCP8.5 senaryosunda ise yüzyılın sonlarına doğru çok sıcakların da ortaya çıkacağı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.2.3).

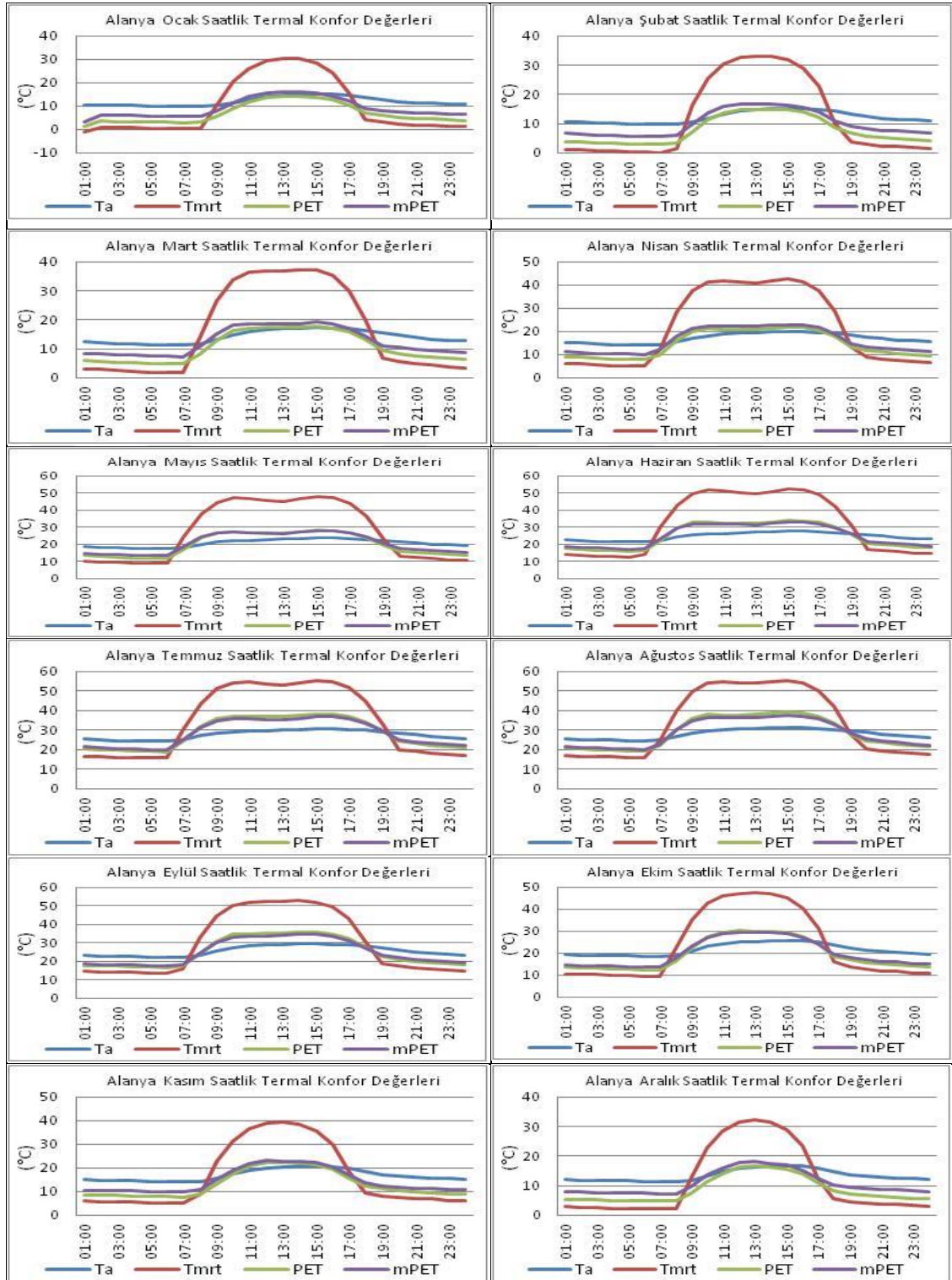
Alanya’da FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.2.4. Alanya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Alanya’da yaz ve sonbahar mevsimleri dışındaki mevsimlerde nispi nem ve giysi katsayısı yüksek olduğundan **mPET**, **PET**’ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur fakat RCP8.5 senaryosuna göre özellikle 2050’den sonraki artışlar RCP4.5 ile hesaplanandan çok daha yüksektir. (Şekil 4.1.2.4).

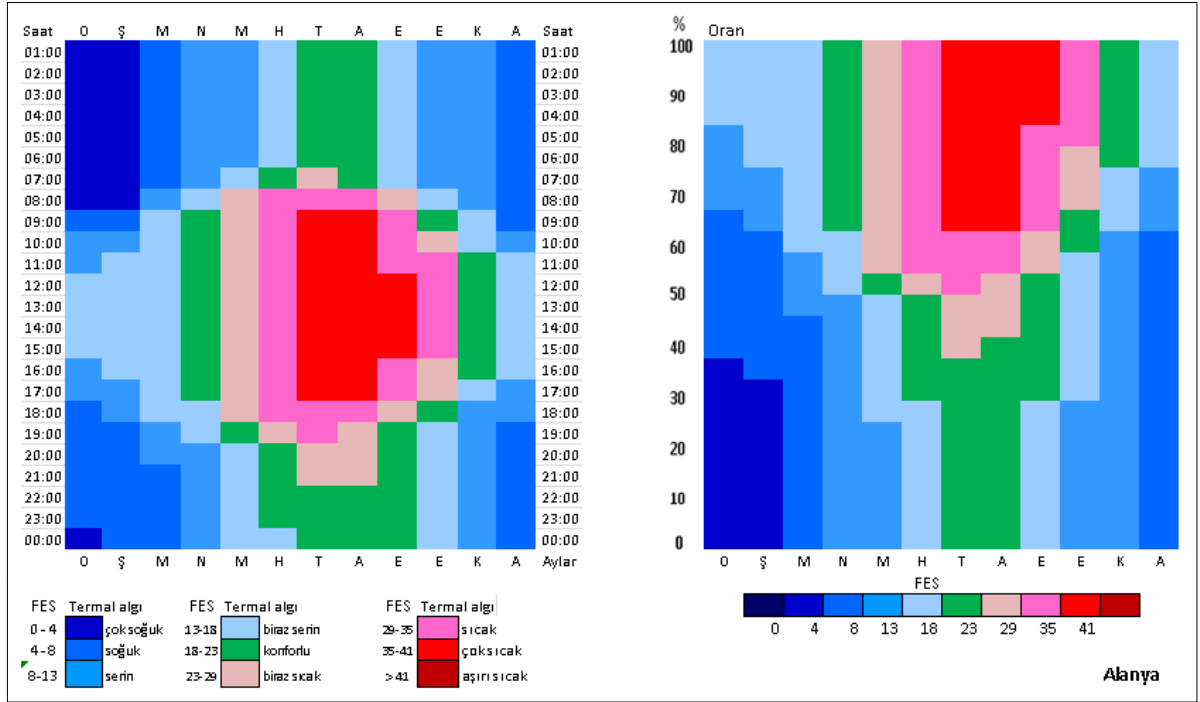
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında RH ve clo yüksek olduğundan PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.2.5).



Şekil 4.1.2.5 Alanya’da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Alanya’da gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise güneş ışınlarıyla birlikte en yüksek değerlerine ulaşmakta; haziran-eylül arası 50°C’lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.2.5). FES’in önemli girdisi olan Tmrt, yaz aylarında FES’i çok sıcak yapmaktadır.

Alanya saatlik FES (PET) dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.2.6. Alanya saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ) (veri periyodu 1962-2017)

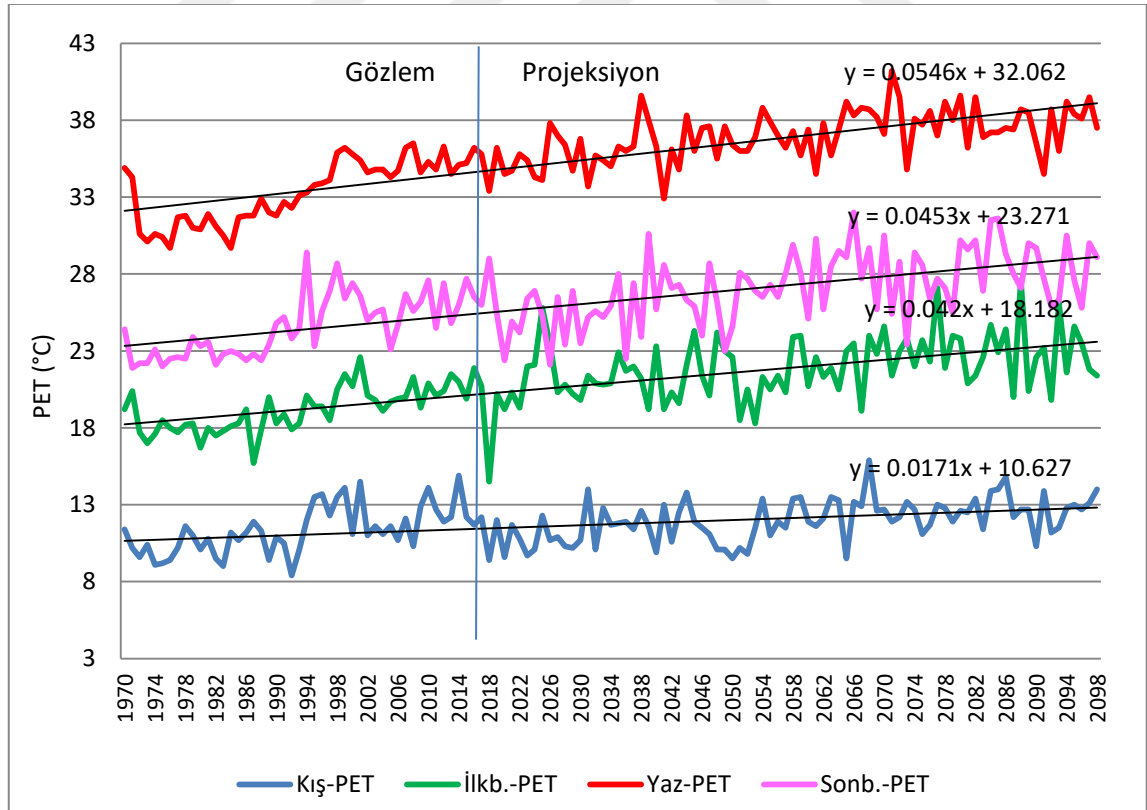
Tablo 4.1.2. Alanya’da aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	çok soğuk	Soğuk	Serin	%40 çok soğuk, %30 soğuk, %15 serin, %15 Biraz serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%35 çok soğuk, %35 soğuk, %10 serin, % 20 Biraz serin
Mart	soğuk	serin	Biraz serin	%50 soğuk,%10 serin, %40 Biraz serin
Nisan	Serin	Biraz serin	Konforlu	%50 serin, %10 Biraz serin, %40 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	Biraz serin, konforlu	Biraz sıcak	%30 serin, %20 Biraz serin, %5 konfor, %45 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak	%30 Biraz serin, %20 konfor, %5 Biraz sıcak, %45 sıcak
Temmuz	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %10 Biraz sıcak, %15 sıcak, %35 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%45 konfor, %10 Biraz sıcak, %10 sıcak, %35 çok sıcak
Eylül	Biraz serin/ konforlu	Biraz sıcak	Sıcak/çok sıcak	%30 Biraz serin, %20 konfor, %10 Biraz sıcak, %20 sıcak, %20 çok sıcak
Ekim	Serin/Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak/sıcak	%30 serin, %30 Biraz serin, %10 konfor, %15 Biraz sıcak, %25 sıcak
Kasım	serin	Biraz serin	Konforlu	%60 serin, %10 Biraz serin, %30 konfor
Aralık	soğuk	serin	Biraz serin	%65 soğuk, %15 serin, %20 Biraz serin

Alanya’da kışlar gece soğuk, gündüz biraz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve ekim ayları gece serin, gündüz sıcak; temmuz, ağustos ve eylül ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.2.6, Tablo 4.1.2).

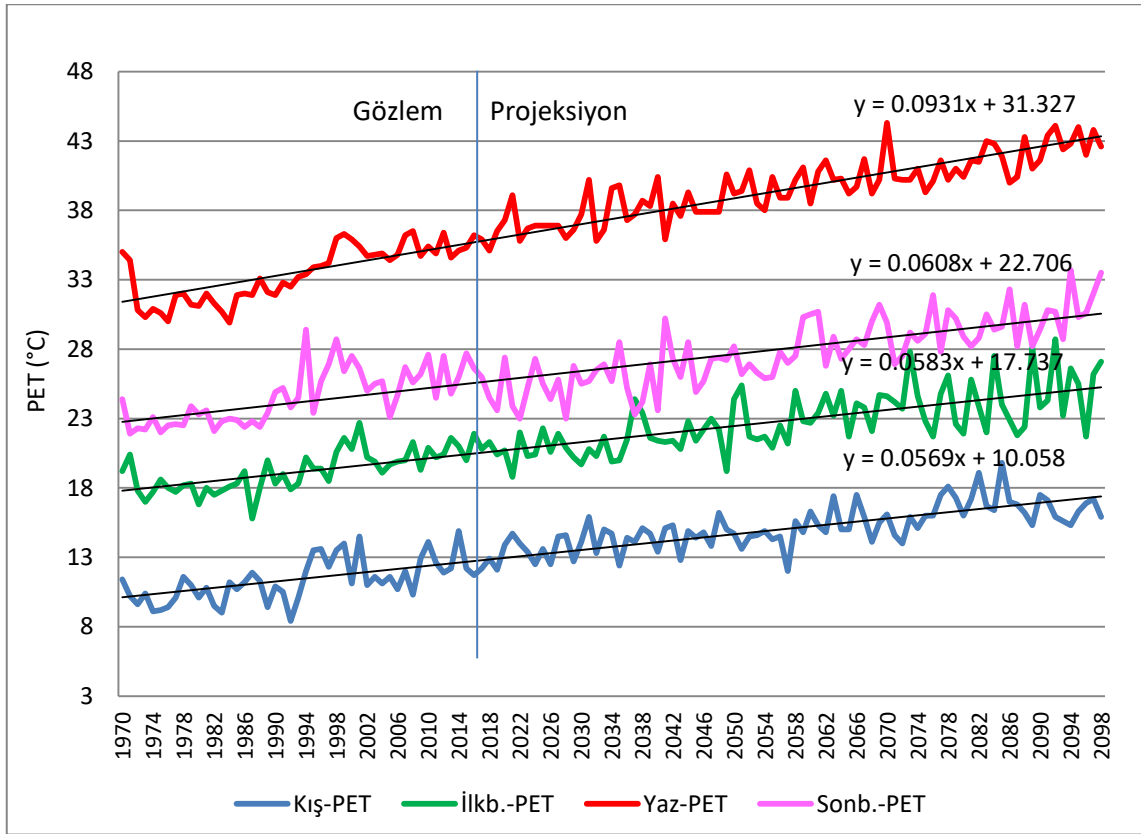
4.1.3. Gazipaşa Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Yapılan analizde Gazipaşa’da termal konfor açısından kış mevsimi gözlem periyodunda serin/biraz serin bulunmuş, RCP4.5 senaryosunda serinlerin azalıp biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise biraz serin kategorisine gireceği hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi genellikle konfor bölgesinde iken RCP4.5 senaryosunda 2070’lerden sonra, RCP8.5 senaryosunda ise 2050’lerden sonra biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak iken RCP8.5’a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak iken RCP4.5 senaryosunda 3 adet konforlu yıla rağmen sıcaklar artış, RCP8.5 senaryosunda ise konforlu yıl kalmazken yüzyılın sonlarına doğru sıcak yılların daha da artacağı hesaplanmıştır. FES (PET) değerlerinde her mevsimde artış eğilimleri bulunmuştur (Şekil 4.1.3.1, Şekil 4.1.3.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

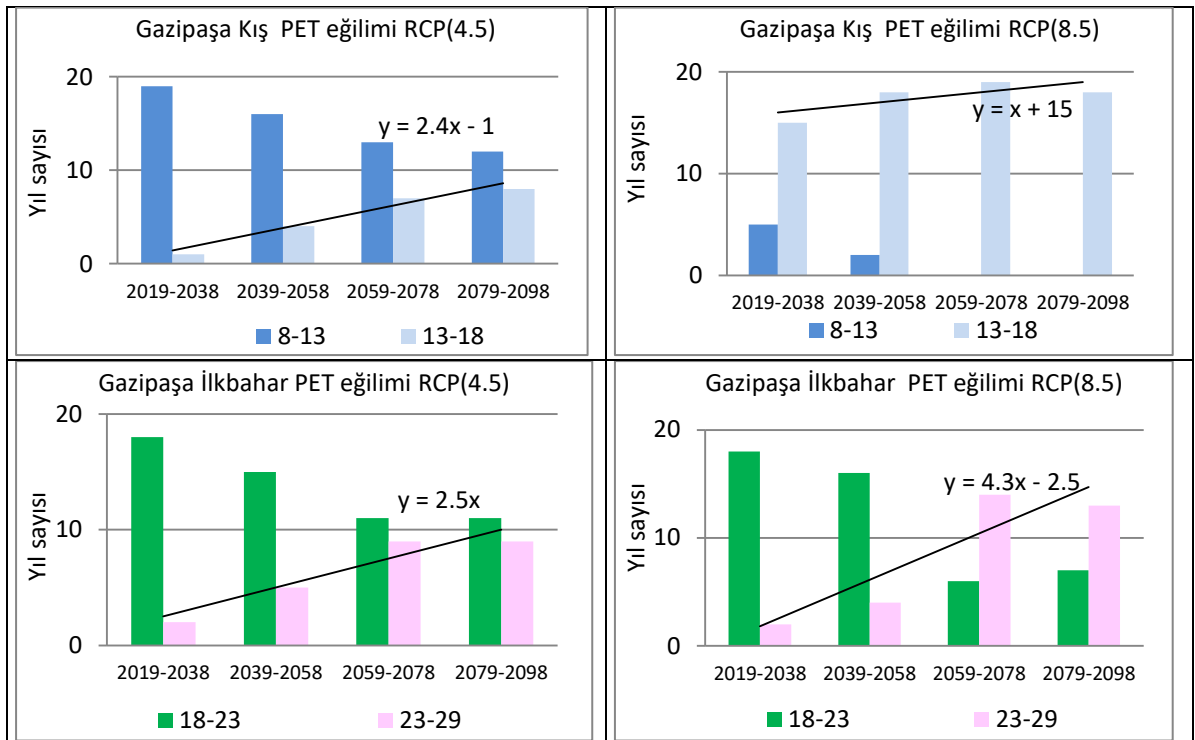
Şekil 4.1.3.1. Gazipaşa mevsimlik FES (PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

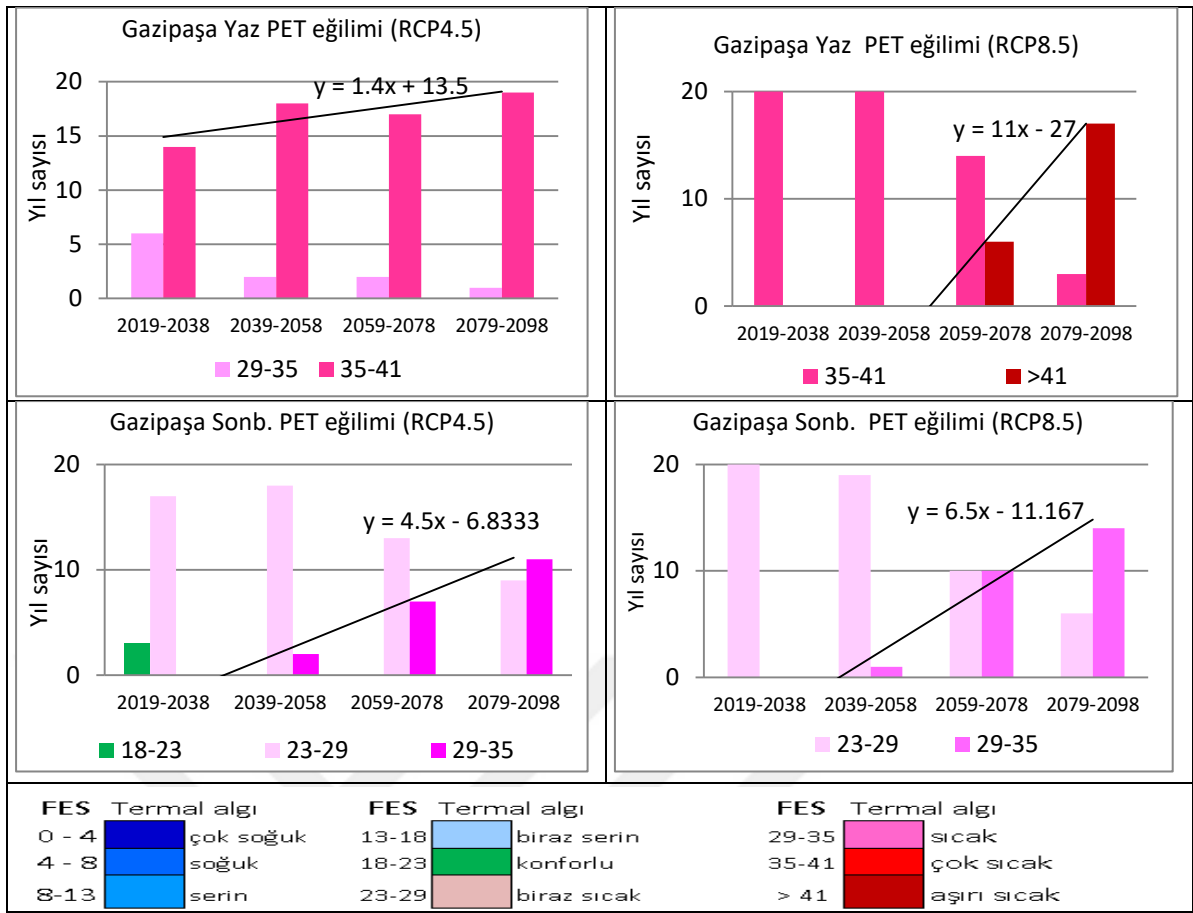


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.3.2. Gazipaşa mevsimlik FES (PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Gazipaşa'da mevsimlik FES indislerinin 4 projeksiyon dönemindeki frekansları

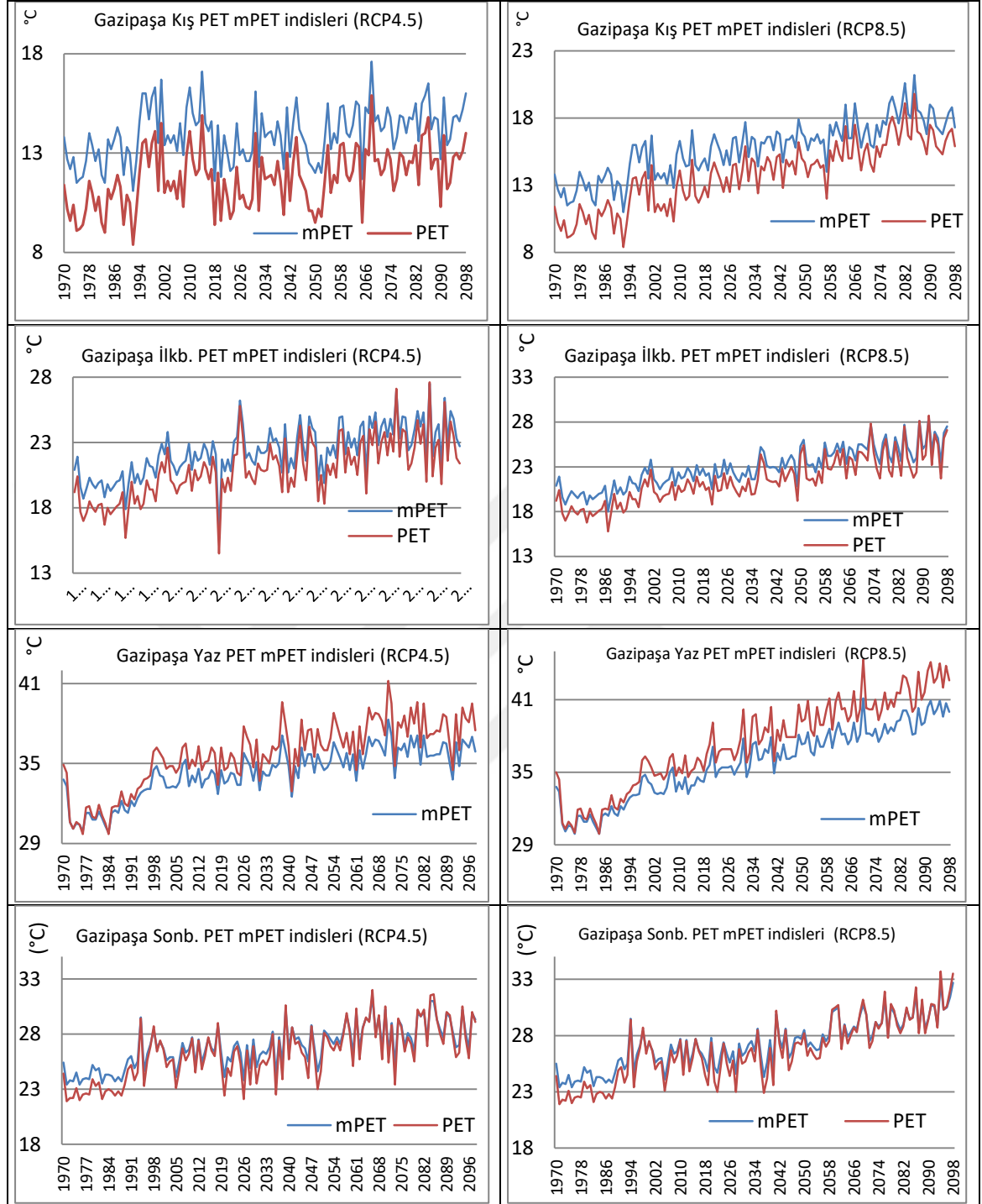




Şekil 4.1.3.3. Gazipaşa RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Gazipaşa için yapılan FES projeksiyonlarında kış mevsiminde termal konfor açısından RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artmaktadır. RCP8.5 senaryosunda ise serin yıl azalırken biraz serin yılların sayısı artacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar baskın fakat azalmakta iken RCP8.5 senaryosunda biraz sıcak yılların baskın olacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosunda çok sıcaklar baskın ve artış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre son iki dönemde aşırı sıcak yıllar da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosunda 3 adet konforlu yıla rağmen sıcaklar artış, RCP8.5 senaryosunda ise konforlu yıl kalmazken yüzyılın sonlarına doğru sıcak yılların daha da artacağı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.3.3).

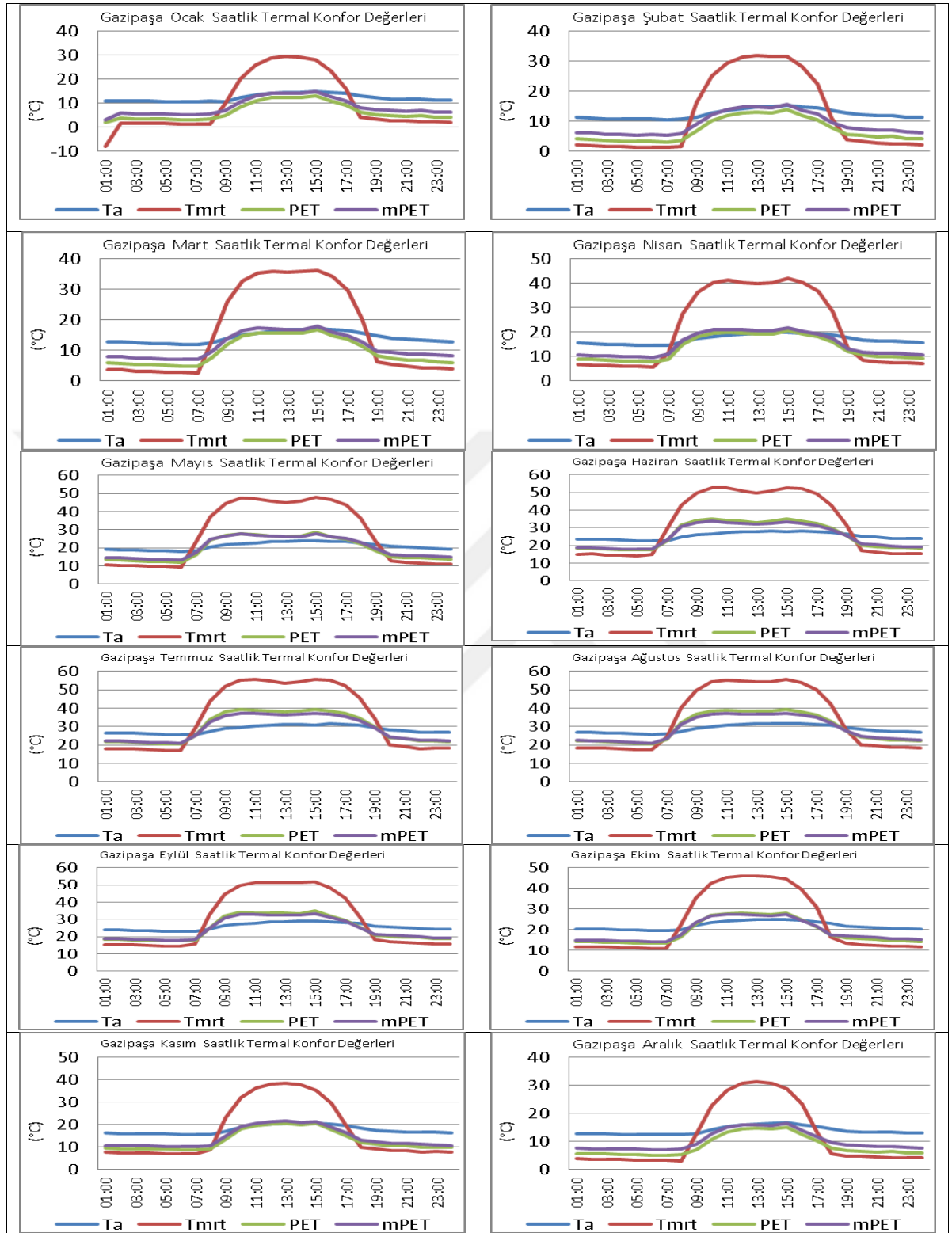
Gazipaşa’da FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.3.4. Gazipaşa RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Gazipaşa’da yaz ve sonbahar mevsimleri dışında yüksek nispi nemden ve giysi katsayısından dolayı **mPET**, **PET**’ten yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.3.4). PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur fakat RCP8.5 senaryosuna göre özellikle 2050’den sonraki artışlar daha fazla olacaktır.

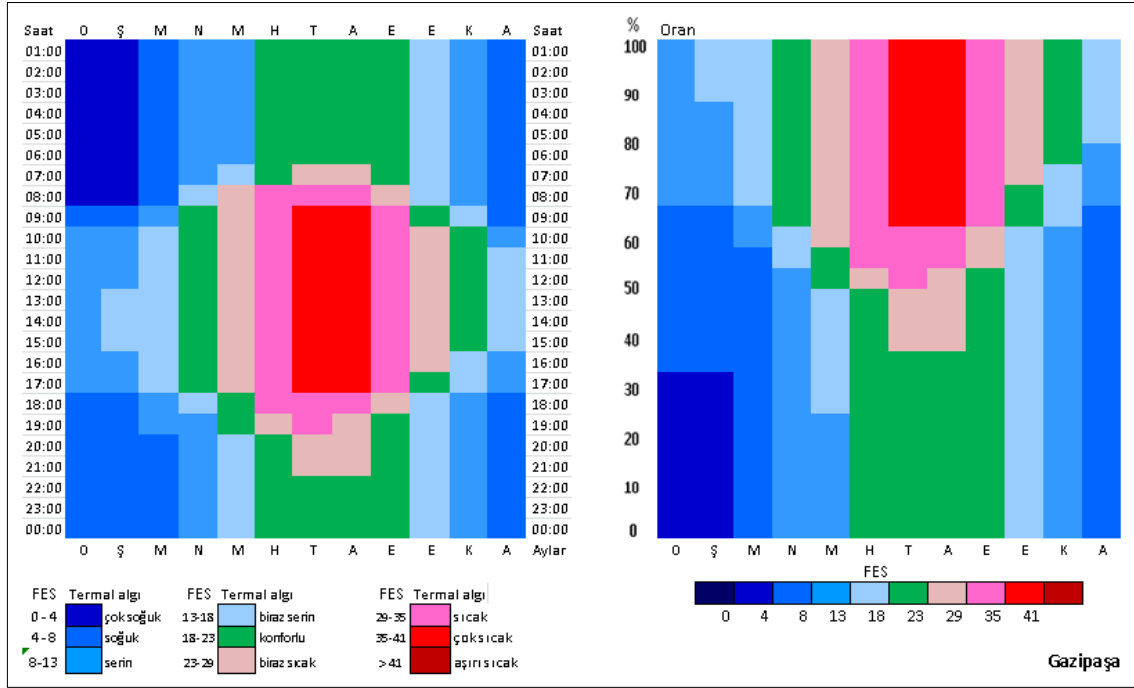
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, ekim, kasım ve aralık aylarında RH ve clo yüksek olduğundan PET değerlerinden yüksektir (Şekil 4.1.3.5).



Şekil 4.1.3.5 Gazipaşa'da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Gazipaşa'da gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine ulaşmakta; haziran-eylül arası 50°C'lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.3.5). FES'in önemli bir girdisi olan Tmrt yaz aylarında FES'i çok sıcak kategorisine sokmaktadır.

Gazipaşa saatlik FES (PET) dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.3.6. Gazipaşa saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ) (veri periyodu 1970-2017)

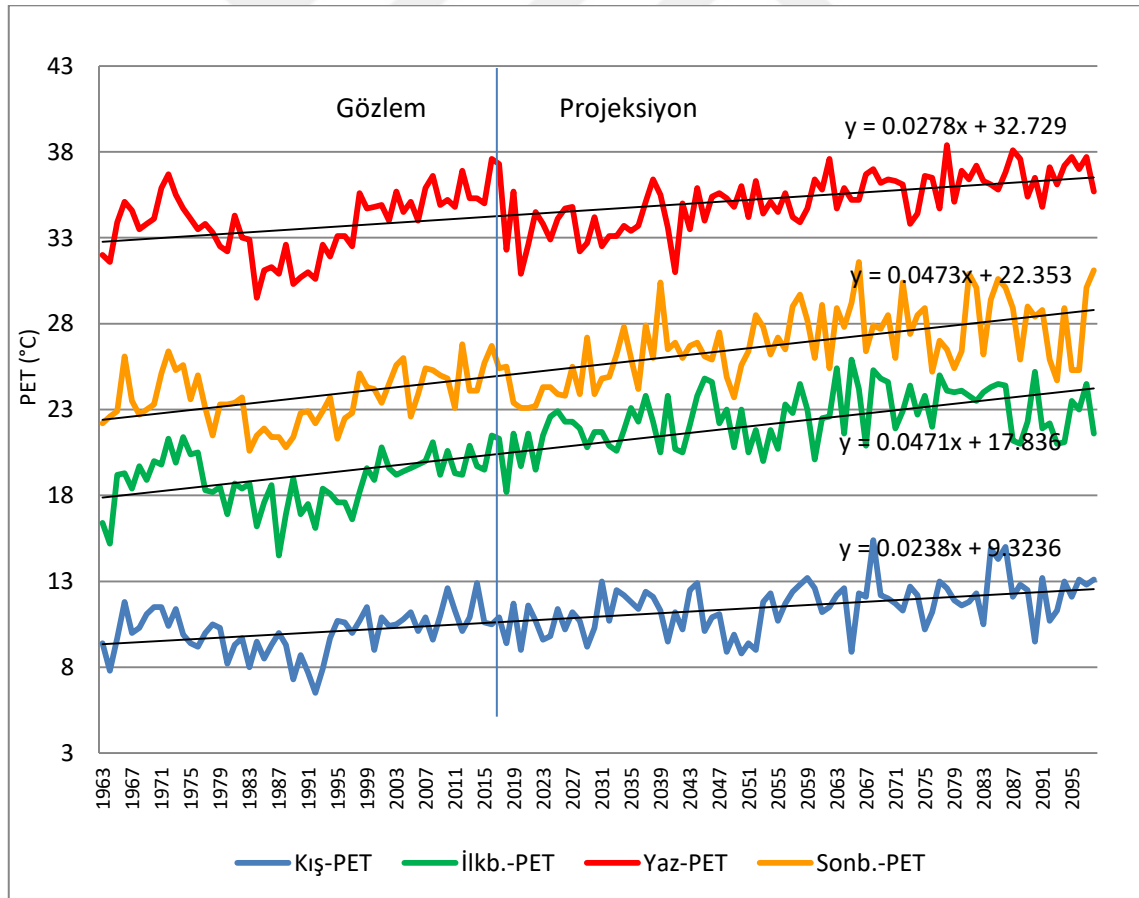
Tablo 4.1.3. Gazipaşa’da aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	çok soğuk	soğuk	Serin	%35 çok soğuk, %35 soğuk, %30 serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin/Biraz serin	%35 çok soğuk, %35 soğuk, %20 serin, % 10 Biraz serin
Mart	soğuk	serin	Biraz serin	%60 soğuk,%10 serin, %30 Biraz serin
Nisan	Serin	Biraz serin	Konforlu	%55 serin, %10 Biraz serin, %35 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	Biraz serin / konforlu	Biraz sıcak	%25 serin, %25 Biraz serin, %10 konfor, %40 Biraz sıcak
Haziran	Konforlu	Biraz sıcak	Sıcak	%50 konfor, %5 Biraz sıcak, %45 sıcak
Temmuz	Konforlu	Biraz sıcak /sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %15 Biraz sıcak, %15 sıcak, %30 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Biraz sıcak /sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %20 Biraz sıcak, %10 sıcak, %30 çok sıcak
Eylül	konforlu	Biraz sıcak	Sıcak	%55 konfor, %10 Biraz sıcak, %35 sıcak
Ekim	Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak	%60 Biraz serin, %10 konfor, %30 Biraz sıcak
Kasım	serin	Biraz serin	Konforlu	%65 serin, %10 Biraz serin, %25 konfor
Aralık	soğuk	serin	Biraz serin	%70 soğuk, %10 serin, %20 Biraz serin

Gazipaşa’da kışlar gece soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece konforlu, gündüz sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.3.6, Tablo 4.1.3).

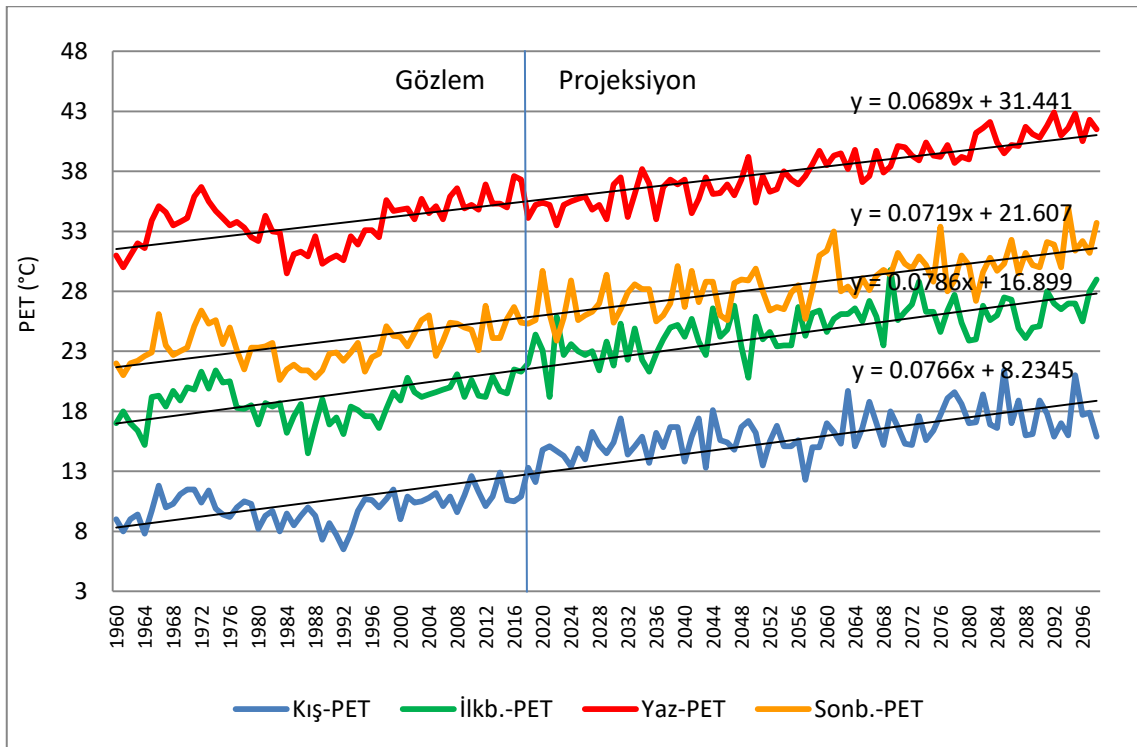
4.1.4. Manavgat Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Yapılan analizde Manavgat'ta Kış mevsimi gözlem periyodunda Biraz serin iken, RCP4.5 senaryosunda serinlerin azalıp Biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise Biraz serin kategorisine gireceği hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi genellikle konfor bölgesinde iken RCP4.5 senaryosunda 2070'lerden sonra, RCP8.5 senaryosunda ise 2050'lerden sonra Biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak iken RCP8.5'a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda Biraz sıcak iken projeksiyon dönemlerinde her iki senaryoya göre de sıcak kategorisine geçeceği hesaplanmıştır. FES (PET) değerlerinde her mevsimde artış eğilimleri bulunmuştur (Şekil 4.1.4.1, Şekil 4.1.4.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

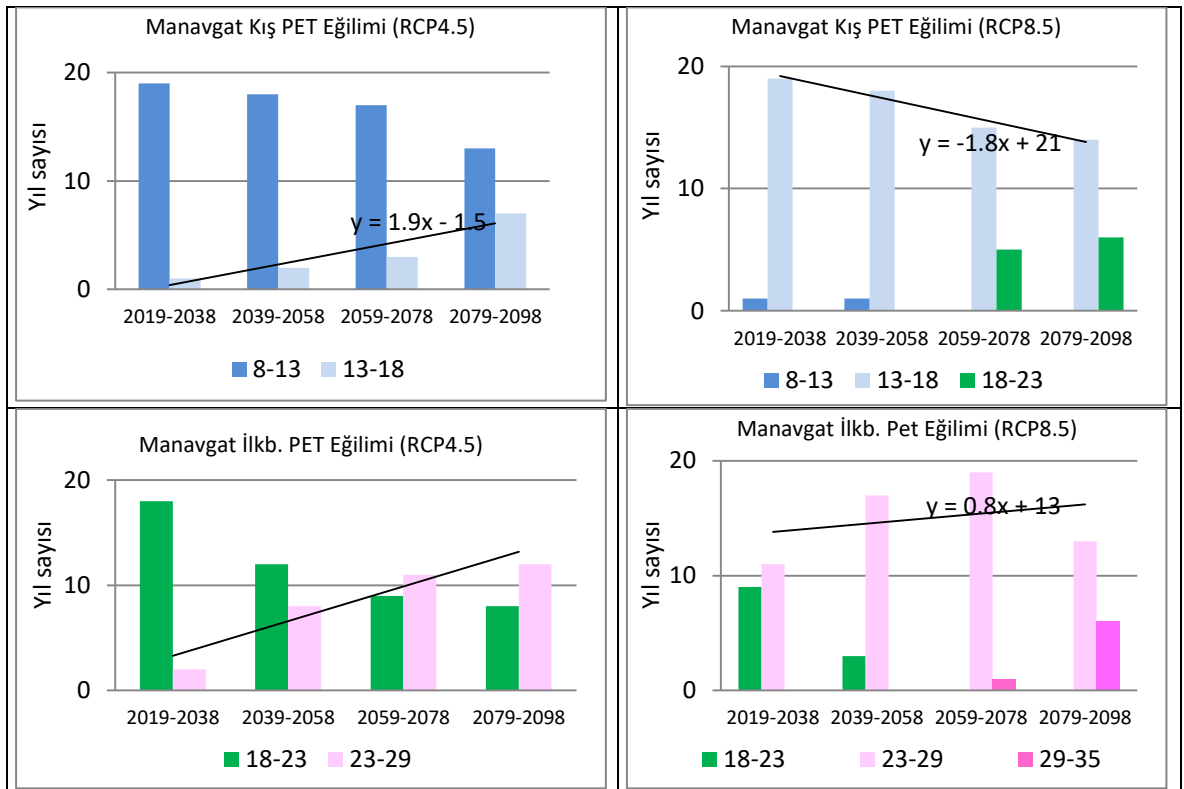
Şekil 4.1.4.1. Manavgat mevsimlik FES (PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

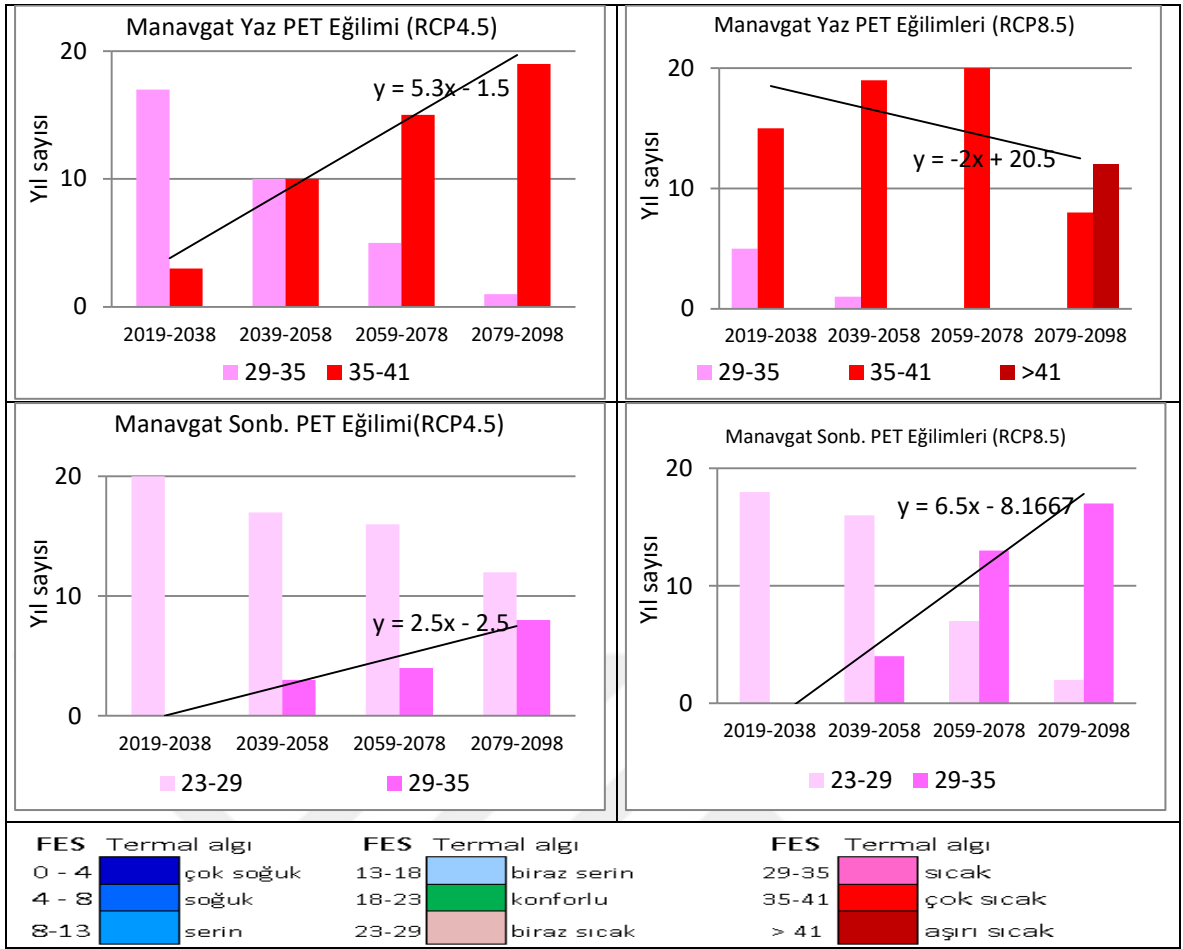


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.4.2. Manavgat mevsimlik FES (PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Manavgat'ta mevsimlik FES indislerinin 4 projeksiyon dönemindeki frekansları

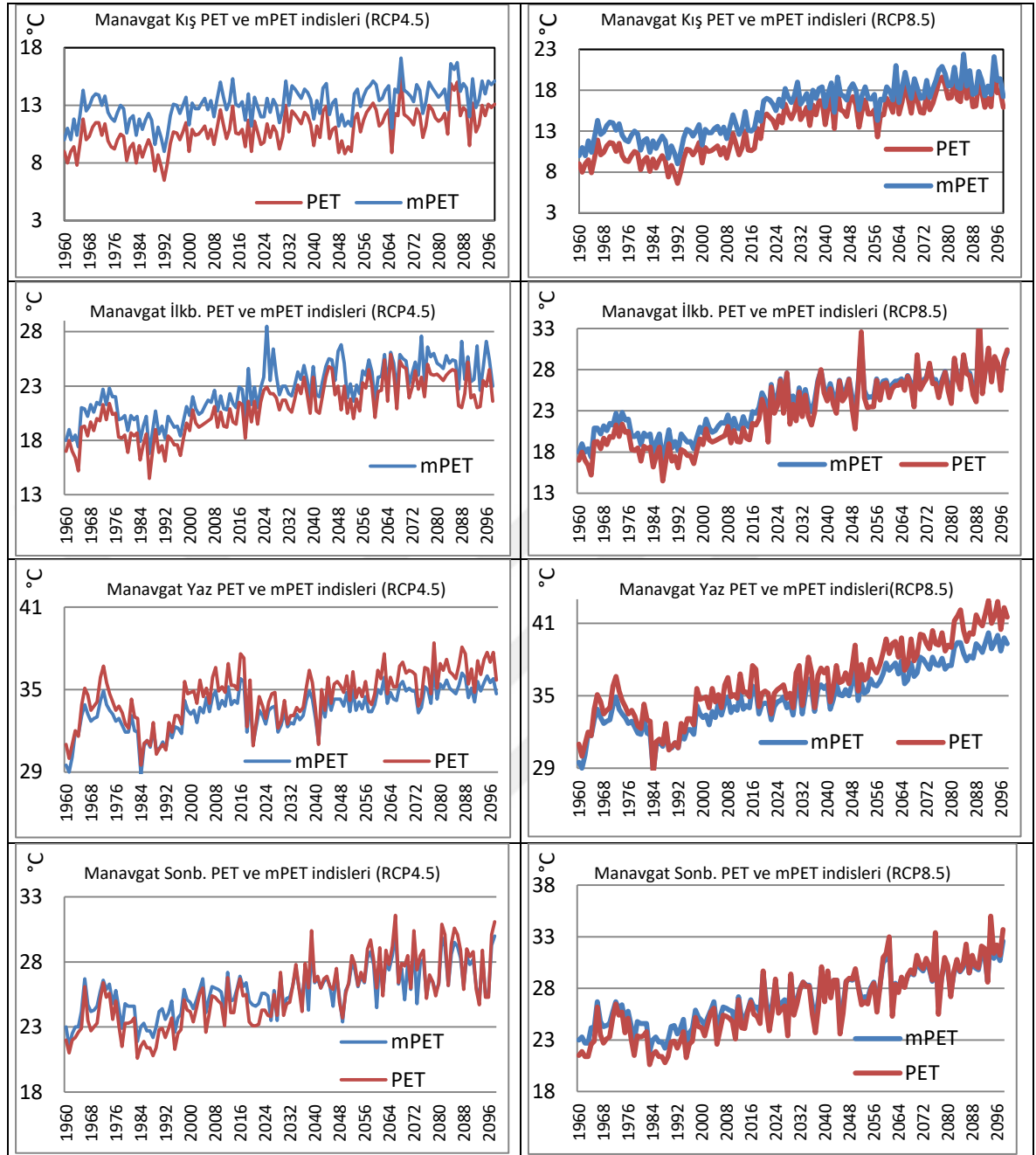




Şekil 4.1.4.3. Manavgat RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Manavgat için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artmaktadır. RCP8.5 senaryosunda ise serin kalmaz iken biraz serin yılların sayısı baskın, son 40 yılda konforlu yıllar da ortaya çıkacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar azalıp biraz sıcaklar artacaktır. RCP8.5 senaryosuna göre son 60 yılda konfor yok olacak, biraz sıcaklar artacak, son dönemde sıcak yıllar da ortaya çıkacaktır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre çok sıcaklar baskın ve artış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre son dönemde aşırı sıcak da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP8.5 senaryosunda fazla olmak üzere her iki senaryoya göre de sıcak yıllar artacaktır (Şekil 4.1.4.3).

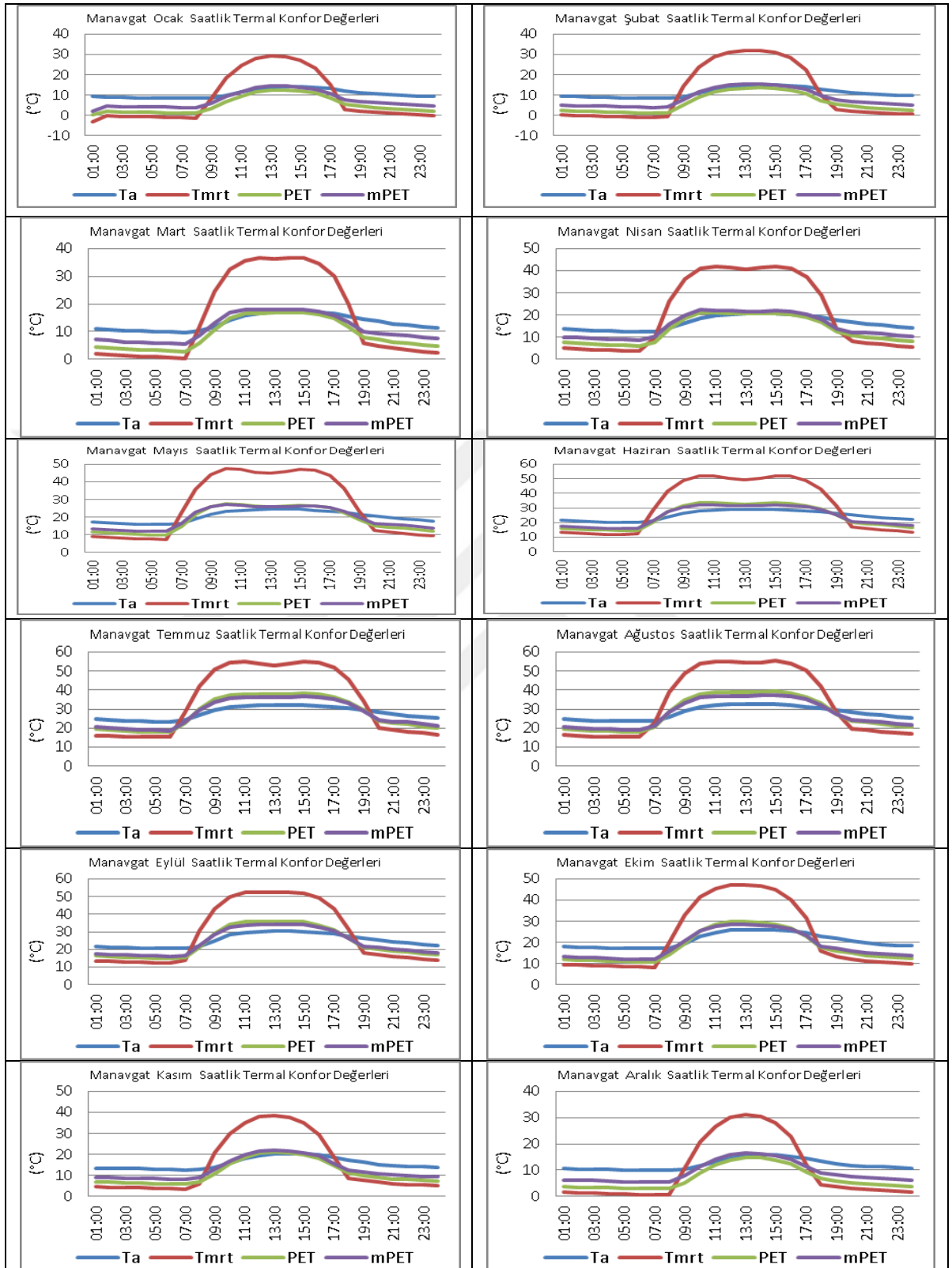
Manavgat'ta FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.4.4. Manavgat RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Manavgat'ta kış mevsiminde ve RCP4.5'a göre ilkbahar mevsiminde yüksek nispi nemden ve giysi katsayısından dolayı **mPET**, **PET**'ten yüksek bulunmuştur. Fakat diğer mevsimlerde PET daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. RCP8.5'ta fazla olmak üzere FES (PET) ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur. (Şekil 4.1.4.4).

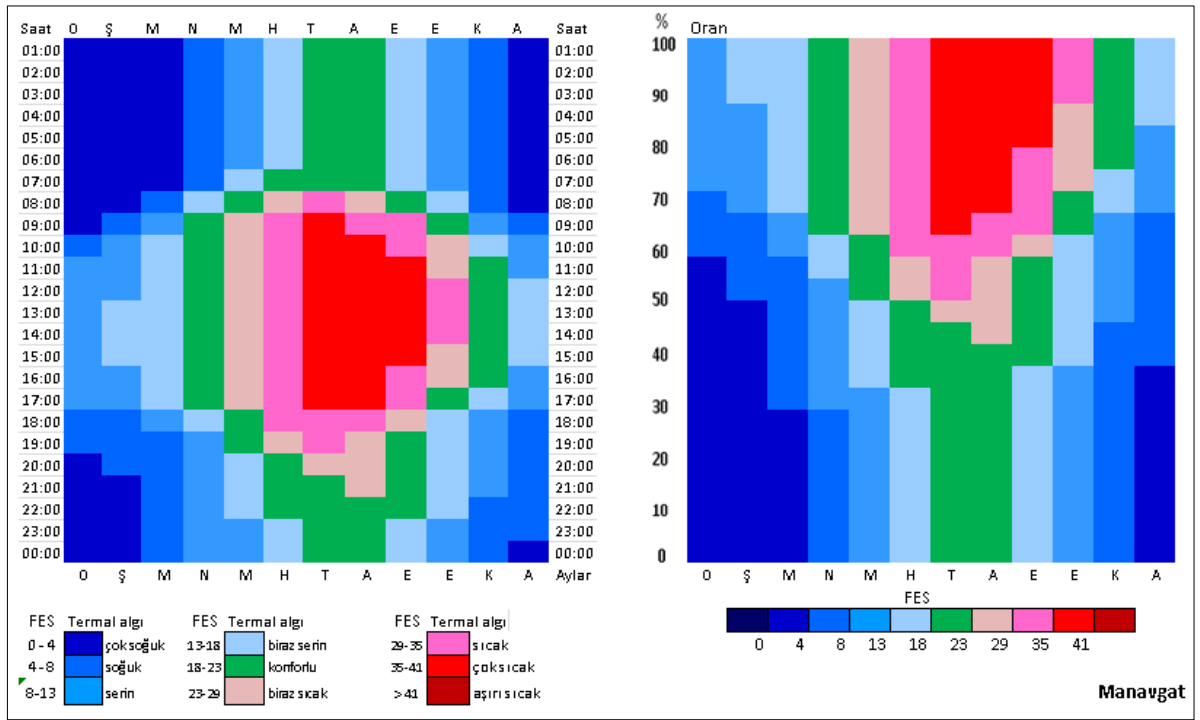
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında yüksek RH ve clo'dan dolayı PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.4.5).



Şekil 4.1.4.5. Manavgat'ta aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (T_{mrt}), Manavgat'ta gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine ulaşmakta; haziran-eylül arası 50°C 'lerin üzerine çıkmaktadır. Bu durum yaz aylarında FES indisini çok sıcak yapmaktadır (Şekil 4.1.4.5).

Manavgat saatlik FES dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.4.6. Manavgat saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ) (veri periyodu 1963-2017)

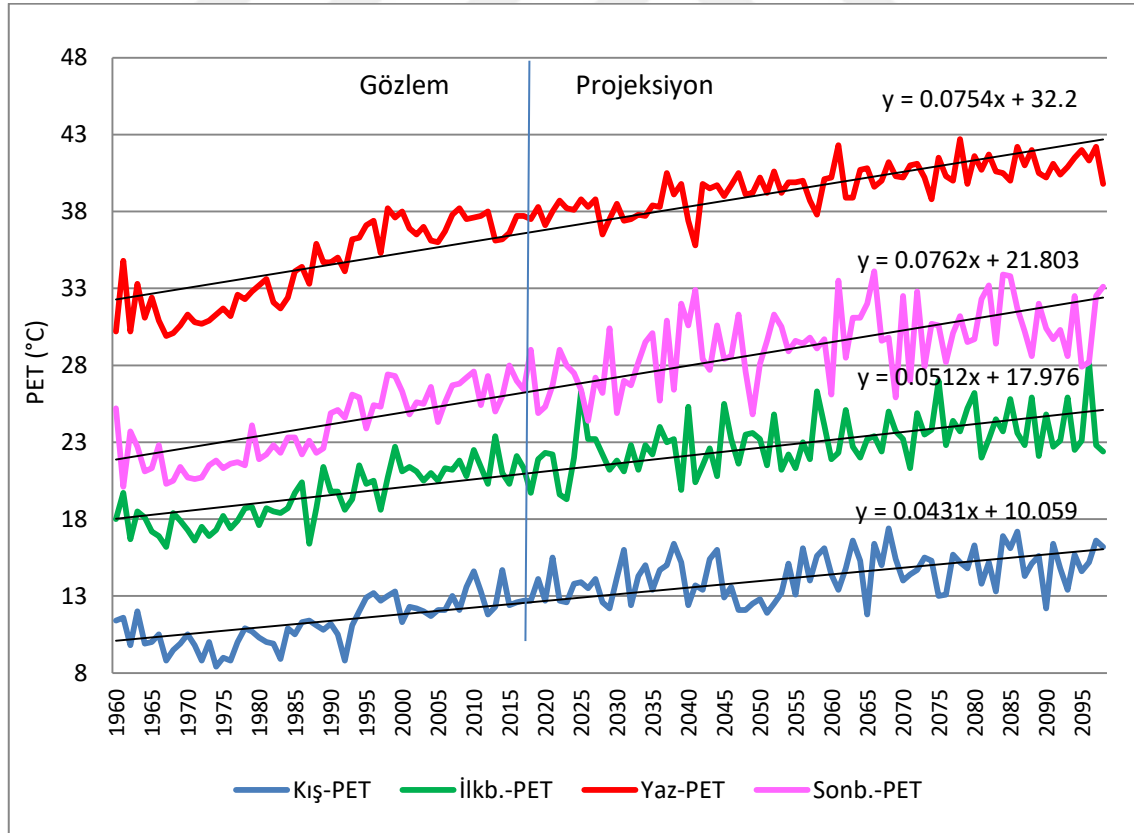
Tablo 4.1.4. Manavgat'ta aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%60 çok soğuk, %10 soğuk, %30 serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%50 çok soğuk, %20 soğuk, %20 serin, % 10 Biraz serin
Mart	Çok soğuk	Serin	Biraz serin	%30 çok soğuk, %30 soğuk, %10 serin %30 Biraz serin
Nisan	Soğuk/serin	Biraz serin	Konforlu	%30 soğuk, %25 serin, %10 Biraz serin, %35 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	konforlu	Biraz sıcak	%35 serin, %15 Biraz serin, %10 konfor, %40 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak	%35 Biraz serin, %15 konfor, %10 Biraz sıcak, %40 sıcak
Temmuz	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%45 konfor, %5 Biraz sıcak, %105 sıcak, %40 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %20 Biraz sıcak, %10 sıcak, %30 çok sıcak
Eylül	Biraz serin	Konforlu	Sıcak/ çok sıcak	%35 Biraz serin, %25 konfor, %5 Biraz sıcak, %15 sıcak, %20 çok sıcak
Ekim	Serin/Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak/sıcak	%35 serin, %30 Biraz serin, %15 konfor, %20 Biraz sıcak, %10 sıcak
Kasım	Soğuk/serin	Biraz serin	Konforlu	%50 soğuk, %20 serin, %5 Biraz serin, %25 konfor
Aralık	Çok soğuk	soğuk	Serin/ Biraz serin	%35 çok soğuk, %30 soğuk, %20 serin, %15 Biraz serin

Manavgat'ta kışlar gece çok soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece biraz serin, gündüz sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.4.6, Tablo 4.1.4).

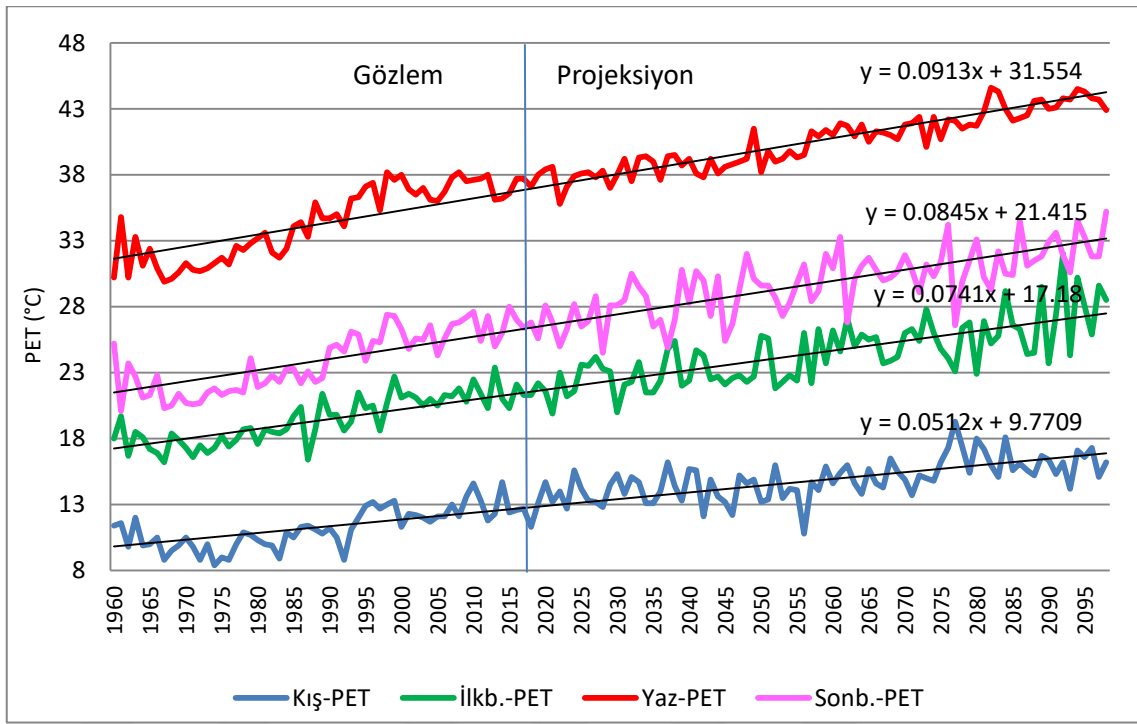
4.1.5. Finike Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Finike’de kış mevsimi gözlem periyodunda serin/biraz serin bulunmuş, RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin azalıp biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosuna göre ise biraz serinle birlikte 3 adet konforlu yıl olacağı hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi genellikle konfor bölgesinde iken RCP4.5 senaryosunda 2070’lerden sonra, RCP8.5 senaryosunda ise 2050’lerden sonra biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak kategorisinde iken RCP8.5’a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak iken projeksiyon dönemlerinde her iki senaryoya göre de sıcak kategorisine geçeceği hesaplanmıştır. FES (PET) değerlerinde her mevsimde artış eğilimleri bulunmuştur (Şekil 4.1.5.1, Şekil 4.1.5.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

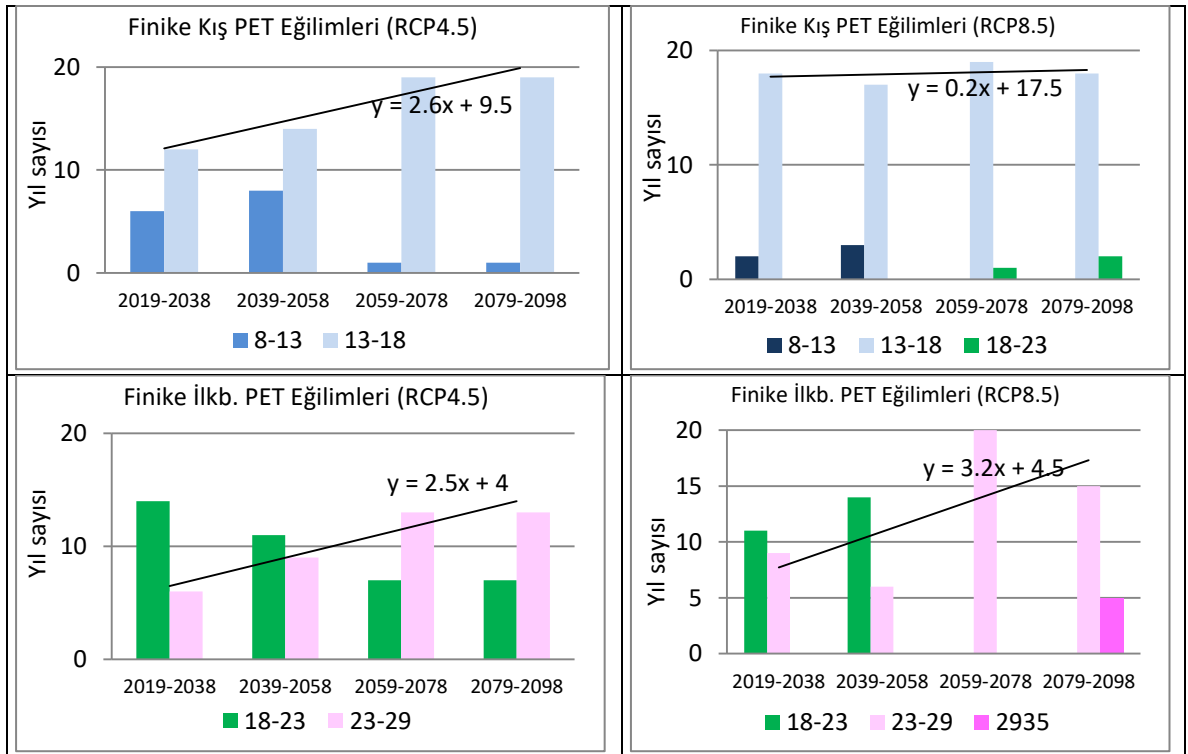
Şekil 4.1.5.1. Finike mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

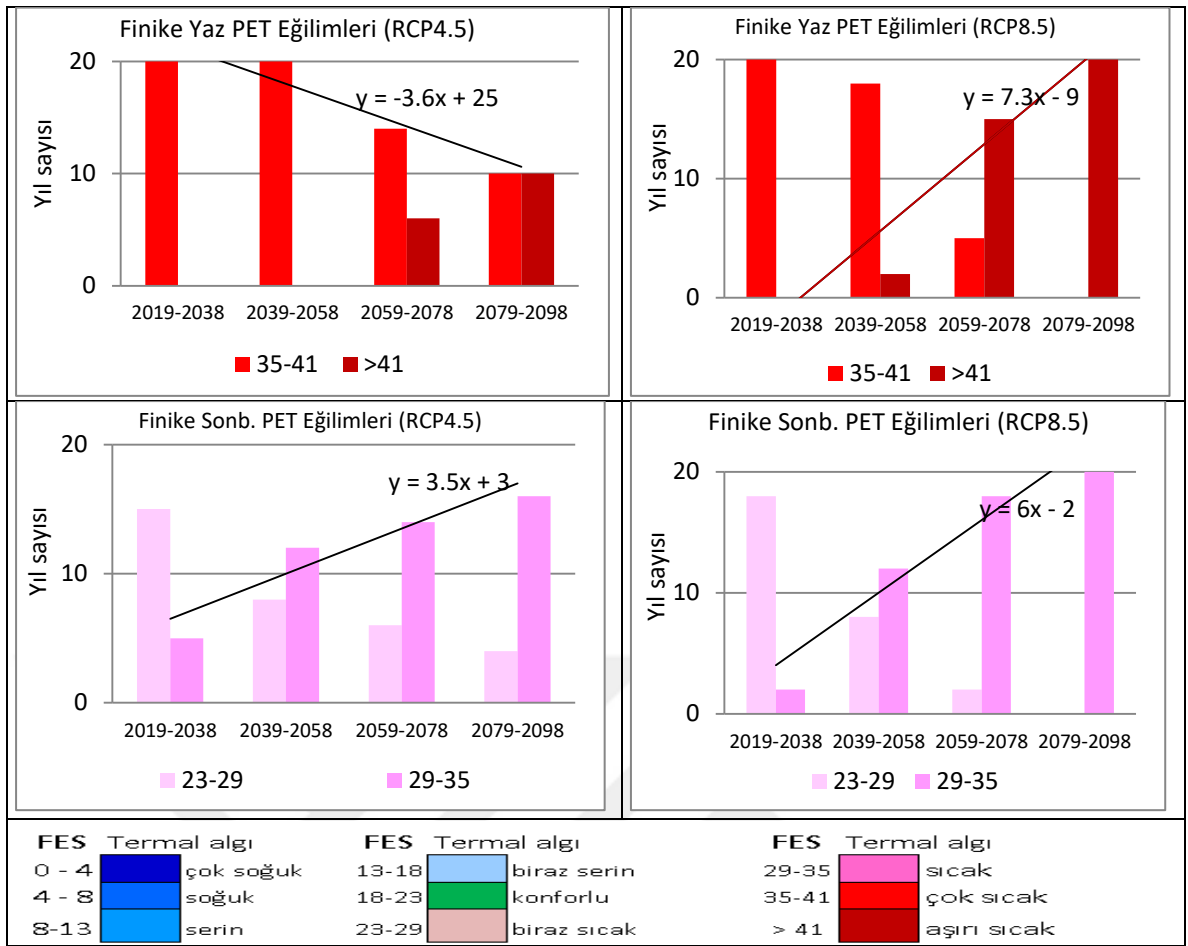


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.5.2. Finike mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Finike’de mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

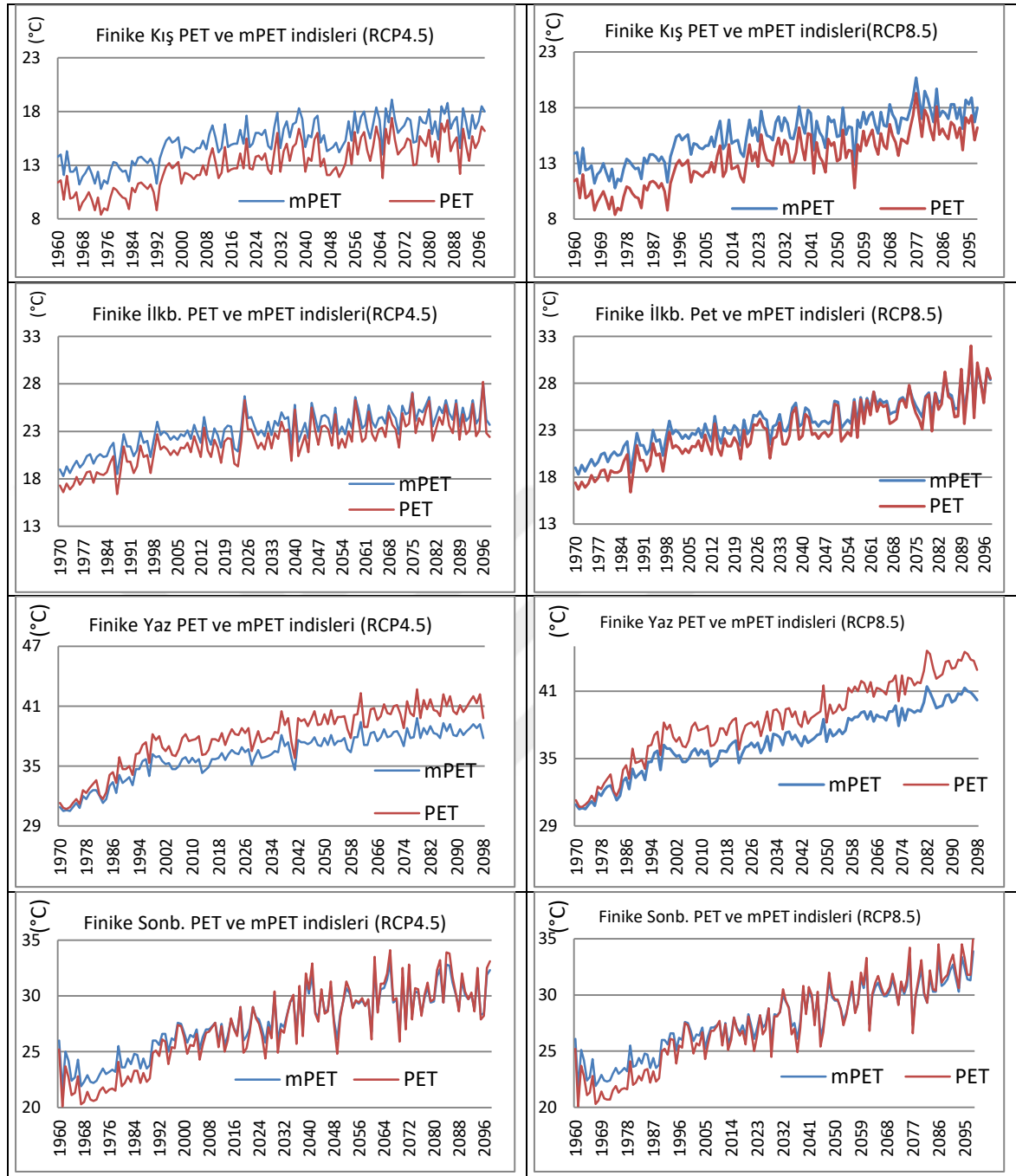




Şekil 4.1.5.3. Finike RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Finike için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosuna göre ise biraz serinler artarken, 3 adet konforlu yıl olacağı da hesaplanmıştır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar baskın fakat azalmakta iken RCP8.5 senaryosunda biraz sıcak yılların baskın olacağı ve hatta son projeksiyon periyodunda sıcak yılların da ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosunda çok sıcaklar baskın ve azalış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre son üç dönemde aşırı sıcak yıllar da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde her iki senaryoya göre de sıcaklar artış eğiliminde olacağı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.5.3).

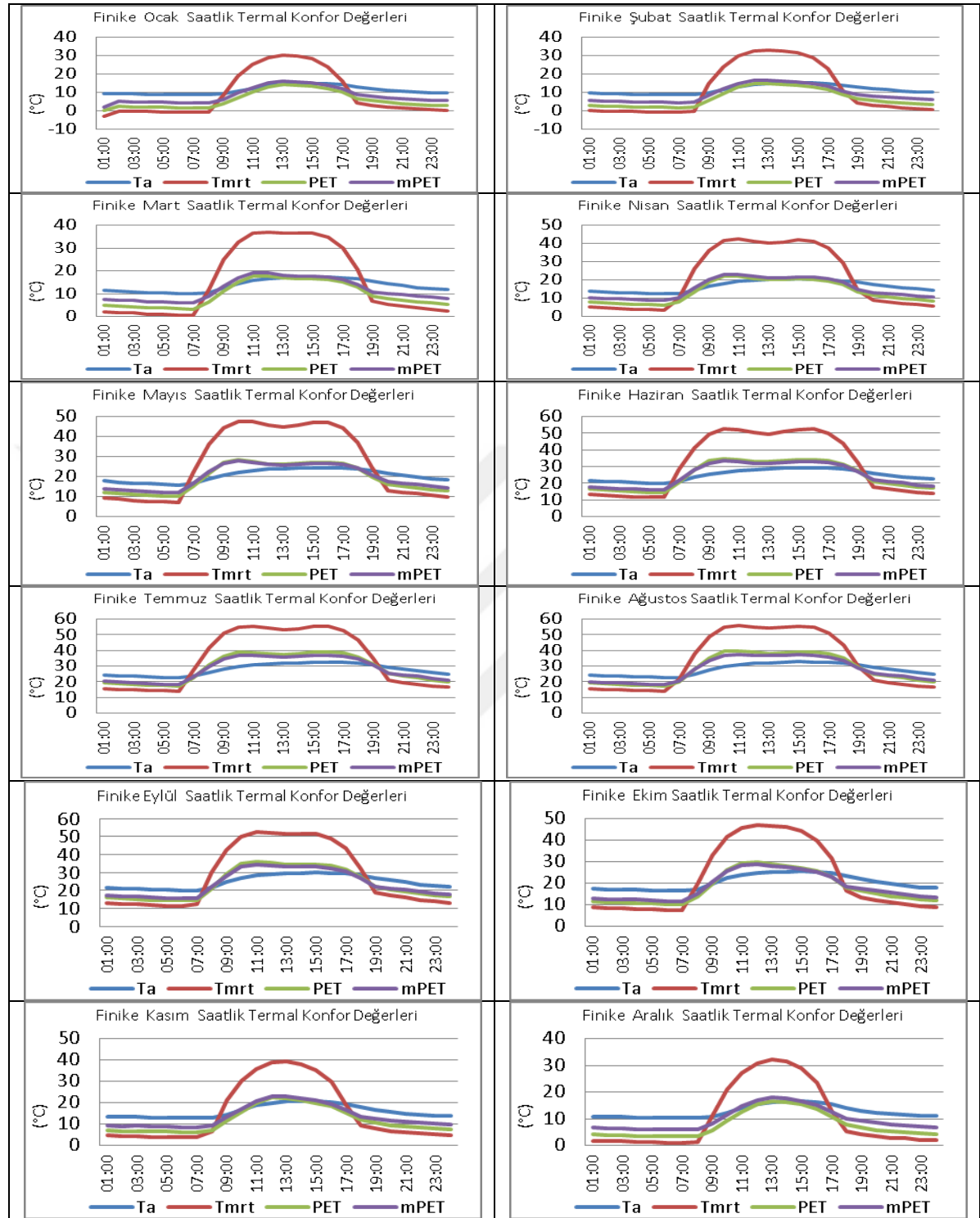
Finike’de FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.5.4. Finike RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Finike’de yaz ve sonbahar mevsimleri dışında nispi nem ve giysi katsayısı yüksekliğinden dolayı **mPET**, **PET**’ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur. İndislerdeki artış eğilimleri termal konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.1.5.4).

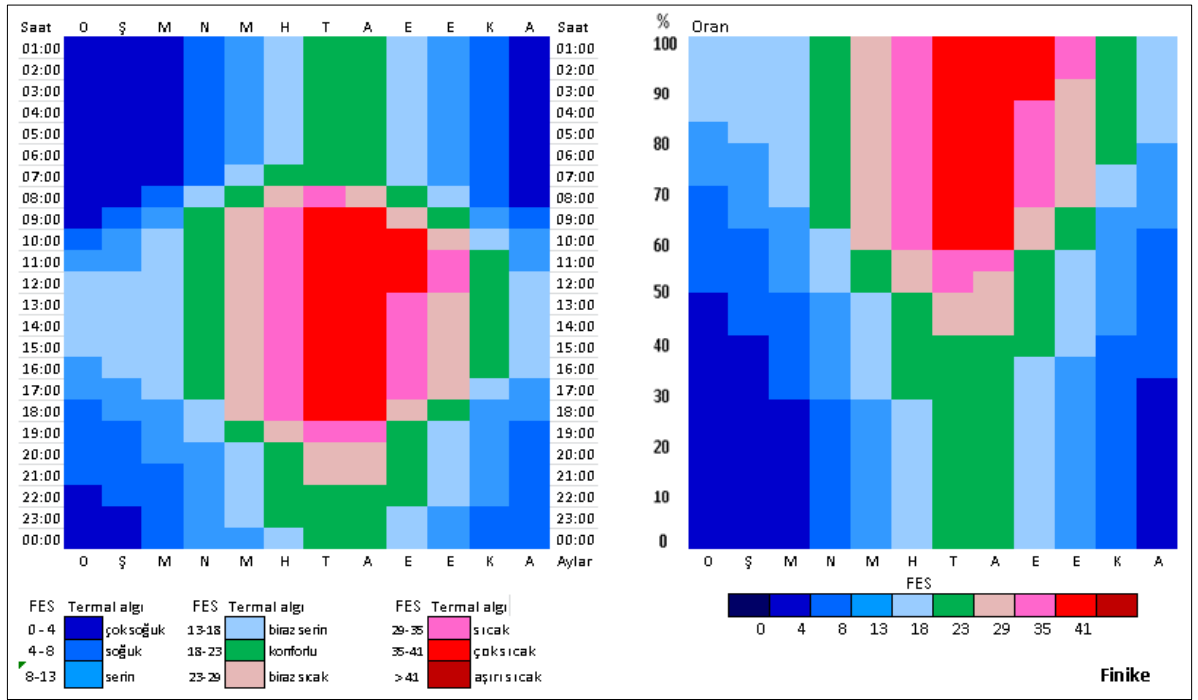
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında yüksek RH ve clo'dan dolayı PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.5.5).



Şekil 4.1.5.5. Finike’de aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Finike’de gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine; hatta haziran-eylül arası 50°C’lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.4.5). FES’in önemli bir girdisi olan Tmrt, yaz aylarında FES’i çok sıcak yapmaktadır.

Finike saatlik FES (PET) dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.5.6. Finike saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların oranları (sağ) (veri periyodu 1960-2017)

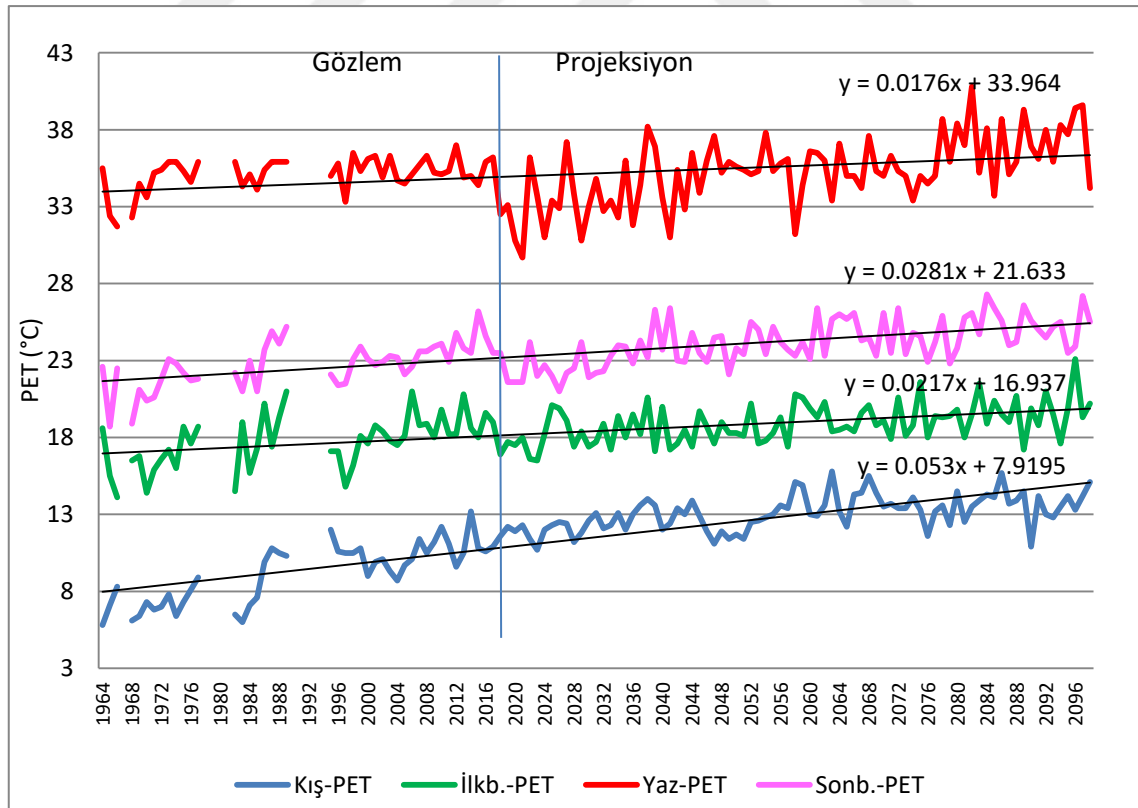
Tablo 4.1.5. Finike’de aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	çok soğuk	Soğuk	Serin	%50 çok soğuk, %20 soğuk, %10 serin, %20 Biraz serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin	%40 çok soğuk, %20 soğuk, %20 serin, % 20 Biraz serin
Mart	Çok soğuk	Soğuk	Biraz serin	%30 çok soğuk, %20 soğuk,%20 serin, %30 Biraz serin
Nisan	Soğuk/ serin	Biraz serin	Konforlu	%30 soğuk, %20 serin, %15 Biraz serin, %35 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	Biraz serin, konforlu	Biraz sıcak	%30 serin, %20 Biraz serin, %10 konfor, %40 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak	%30 Biraz serin, %20 konfor, %5 Biraz sıcak, %45 sıcak
Temmuz	Konforlu	Biraz sıcak/ sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %10 Biraz sıcak, %10 sıcak, %40 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%45 konfor, %15 Biraz sıcak, %5 sıcak, %35 çok sıcak
Eylül	Biraz serin/ konforlu	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak/ çok sıcak	%35 Biraz serin, %15 konfor, %10 Biraz sıcak, %20 sıcak, %10 çok sıcak
Ekim	Serin/Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak/sıcak	%40 serin, %20 Biraz serin, %10 konfor, %30 Biraz sıcak, %10 sıcak
Kasım	Soğuk/serin	Biraz serin	Konforlu	%40 soğuk, %30 serin, %10 Biraz serin, %20 konfor
Aralık	Çok soğuk/soğuk	serin	Biraz serin	%35 çok soğuk, %30 soğuk, %15 serin, %20 Biraz serin

Finike’de kışlar gece çok soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece biraz serin/konforlu, gündüz sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.5.6, Tablo 4.1.5).

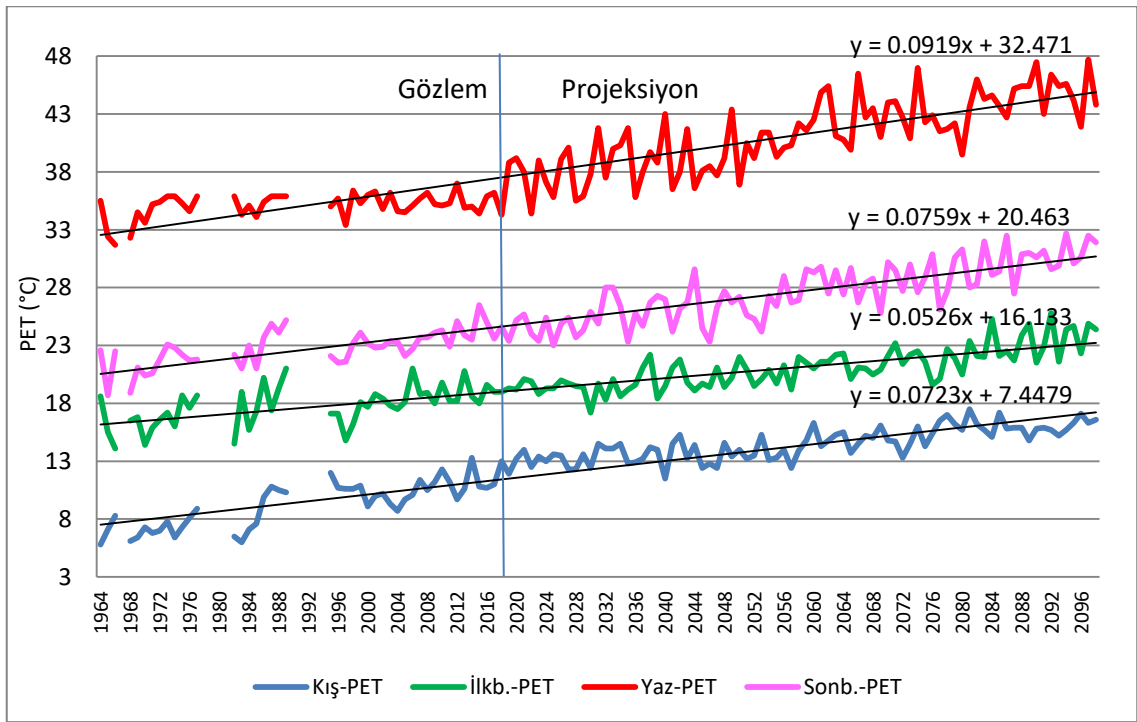
4.1.6. Kaş Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Kaş'ın başlangıç verisinde kopukluk olmasına rağmen çalışmaya dâhil edilmiştir. Buna göre termal konfor açısından kış mevsimi gözlem periyodunda serin/biraz serin iken, RCP4.5 senaryosunda serinlerin azalıp biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise biraz serin kategorisine gireceği hesaplanmıştır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5'a göre serinler azalırken konforların arttığı, RCP8.5 senaryosunda ise son dönemde biraz sıcak kategorisine geçeceği hesaplanmıştır. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak kategorisinde iken RCP8.5'a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda konforlu ve biraz sıcak iken RCP4.5 senaryosuna göre konforlar azalıp biraz sıcaklar artacak, RCP8.5'a göre de konforlu yıl kalmayarak biraz sıcaklar azalıp sıcaklar artacaktır (Şekil 4.1.6.1, Şekil 4.1.6.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

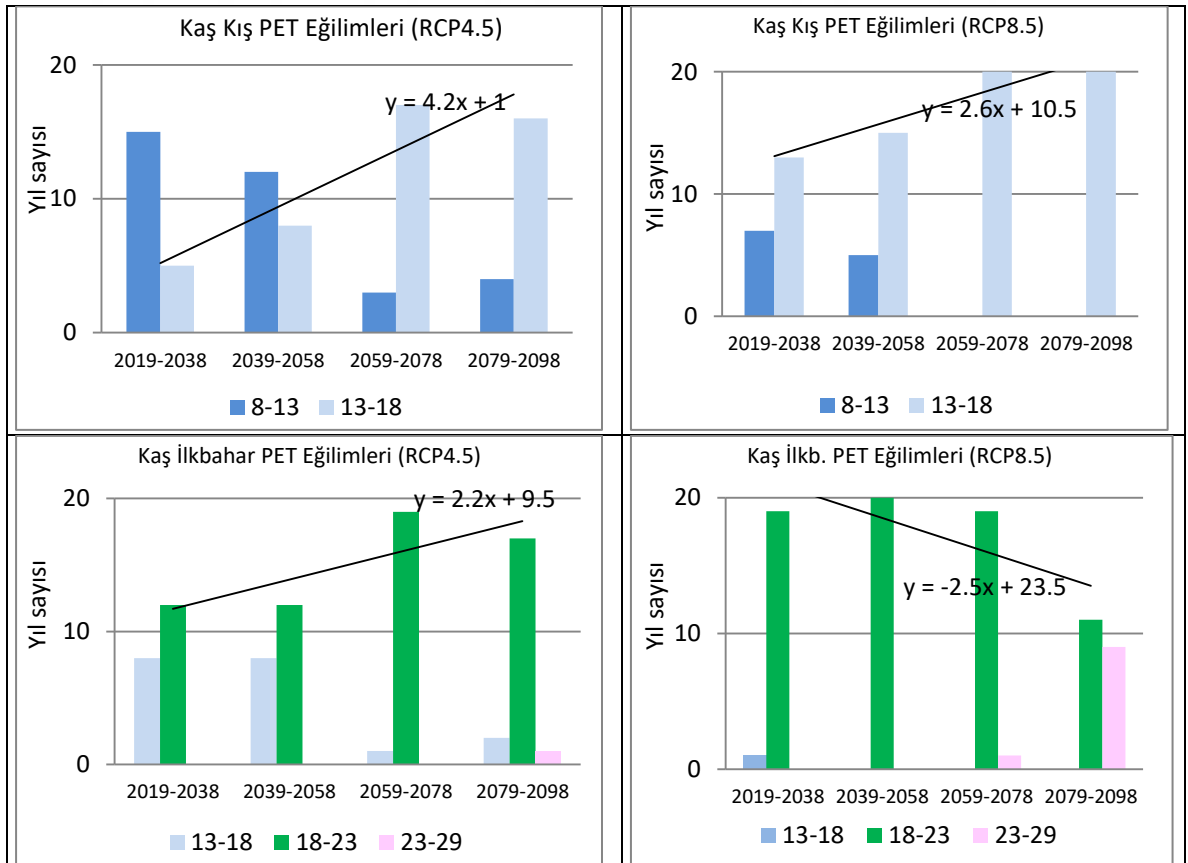
Şekil 4.1.6.1. Kaş mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

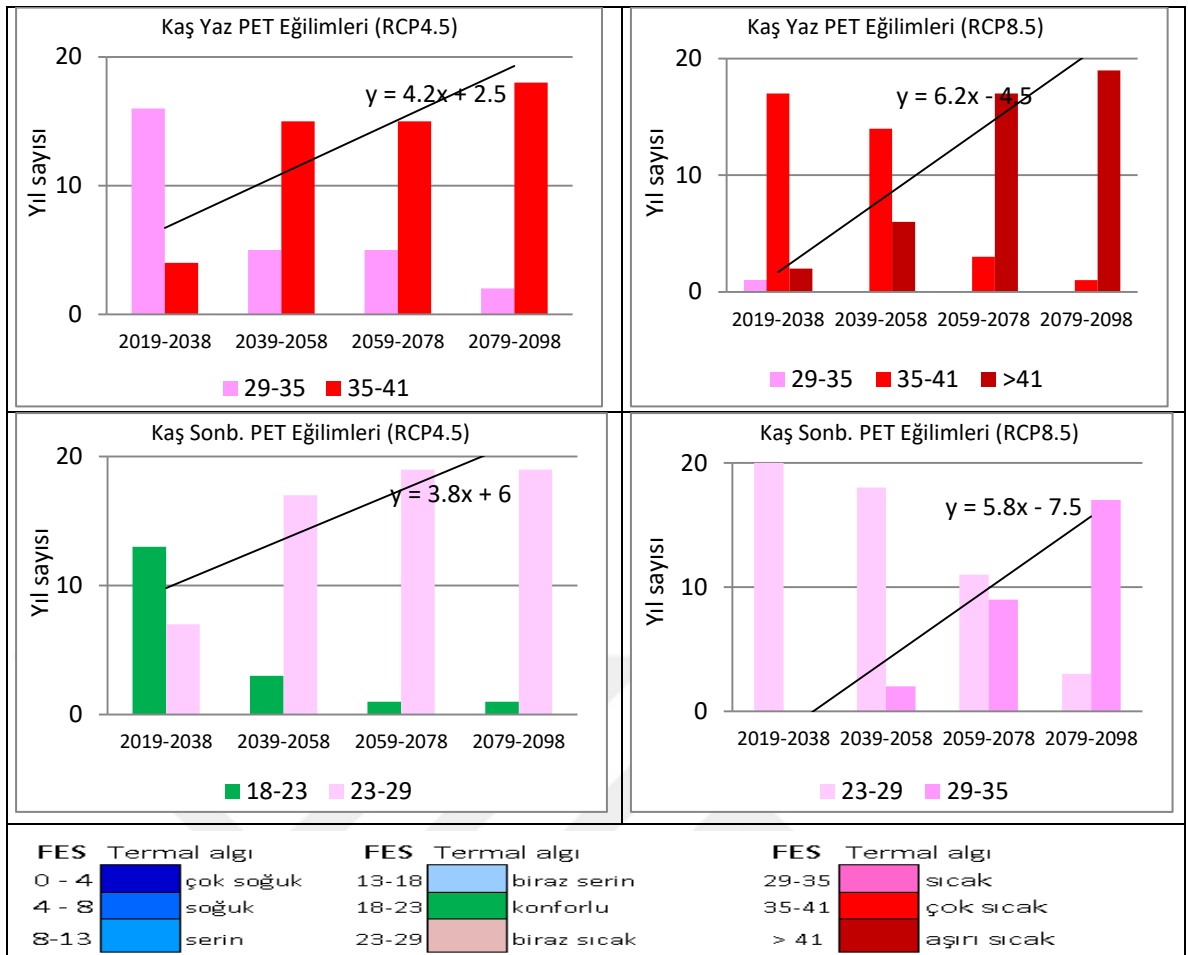


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.6.2. Kaş mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Kaş mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

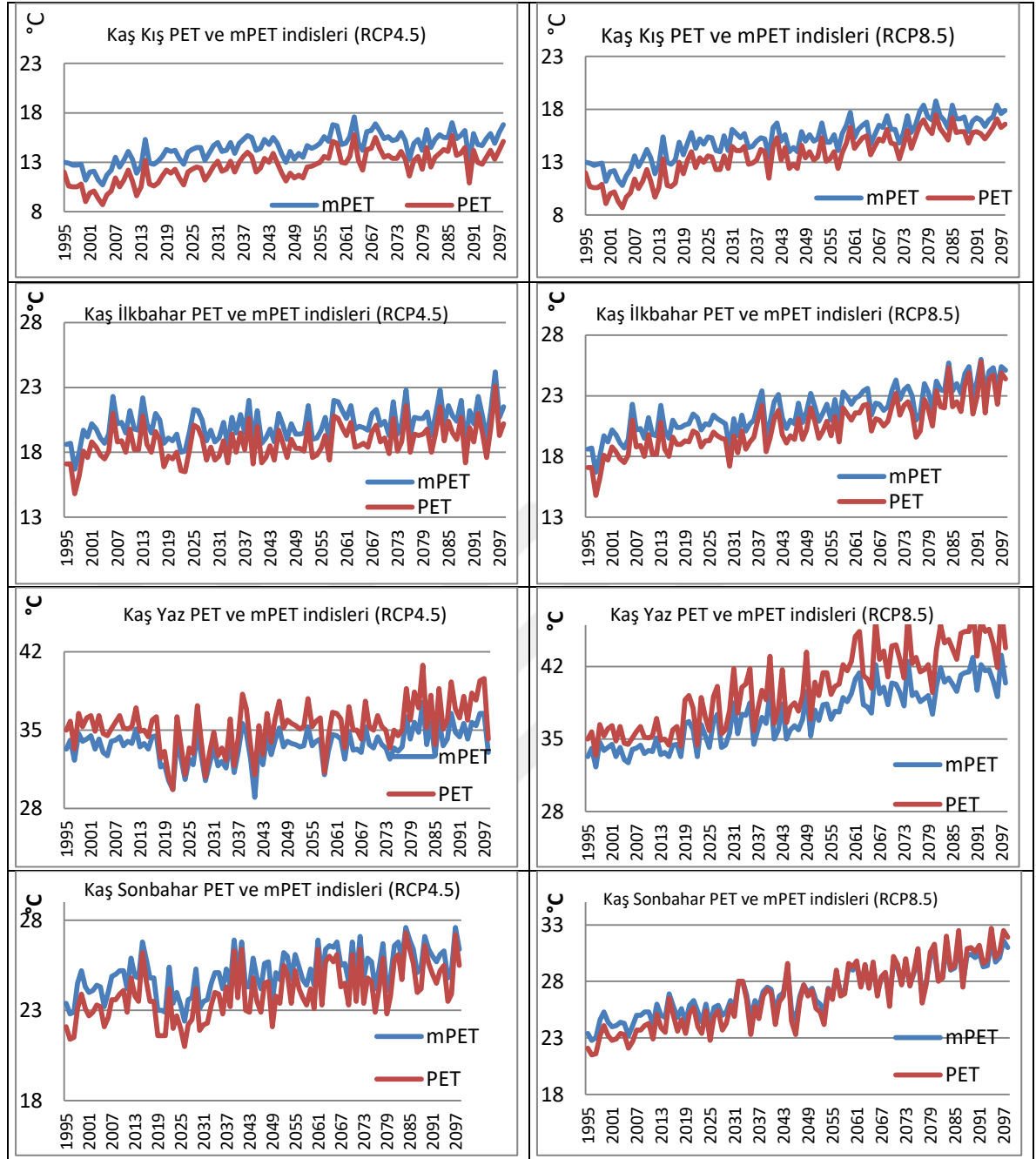




Şekil 4.1.6.3. Kaş RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES(PET) frekansları

Kaş için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP8.5 senaryosuna göre daha fazla olmak üzere serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artmaktadır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlu yıllar artacakken RCP8.5 senaryosuna göre biraz sıcakların da ortaya çıkacağı son yıllarda konforun azalacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosunda çok sıcaklar baskın ve artış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre aşırı sıcaklar artacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar azalıp biraz sıcaklar artacak, RCP8.5'a göre de konforlu yıl kalmayarak biraz sıcaklar azalıp, sıcaklar artacaktır (Şekil 4.1.6.3).

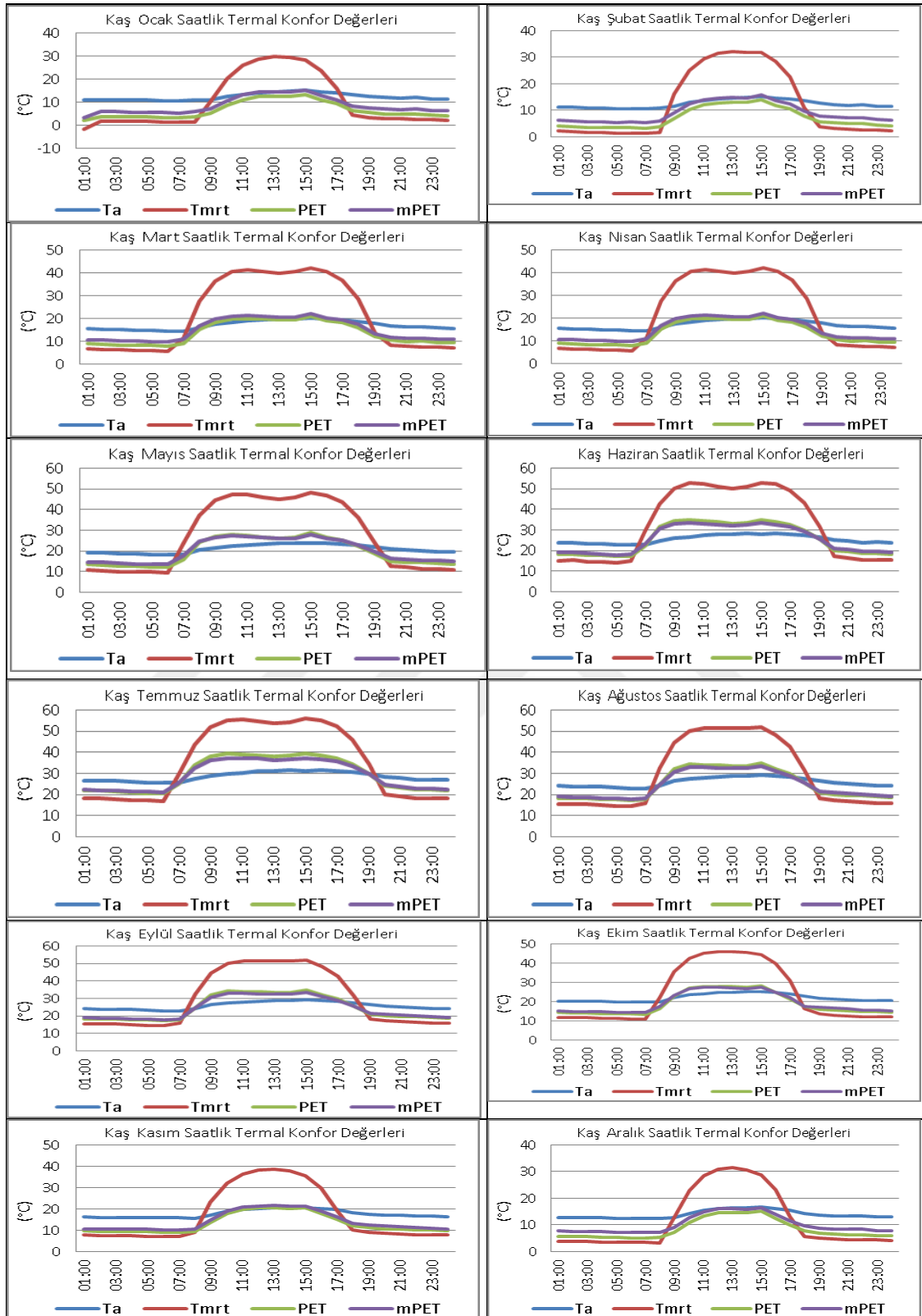
Kaş FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.6.4. Kaş RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Kaş'ta yaz ve sonbahar (RCP8.5) dışında nispi nem ve giysi katsayısı yüksek olduğundan **mPET**, **PET**'ten yüksek bulunmuştur. FES (PET) ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur. İndislerdeki artış eğilimleri ilkbahar mevsimi dışında termal konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.1.6.4).

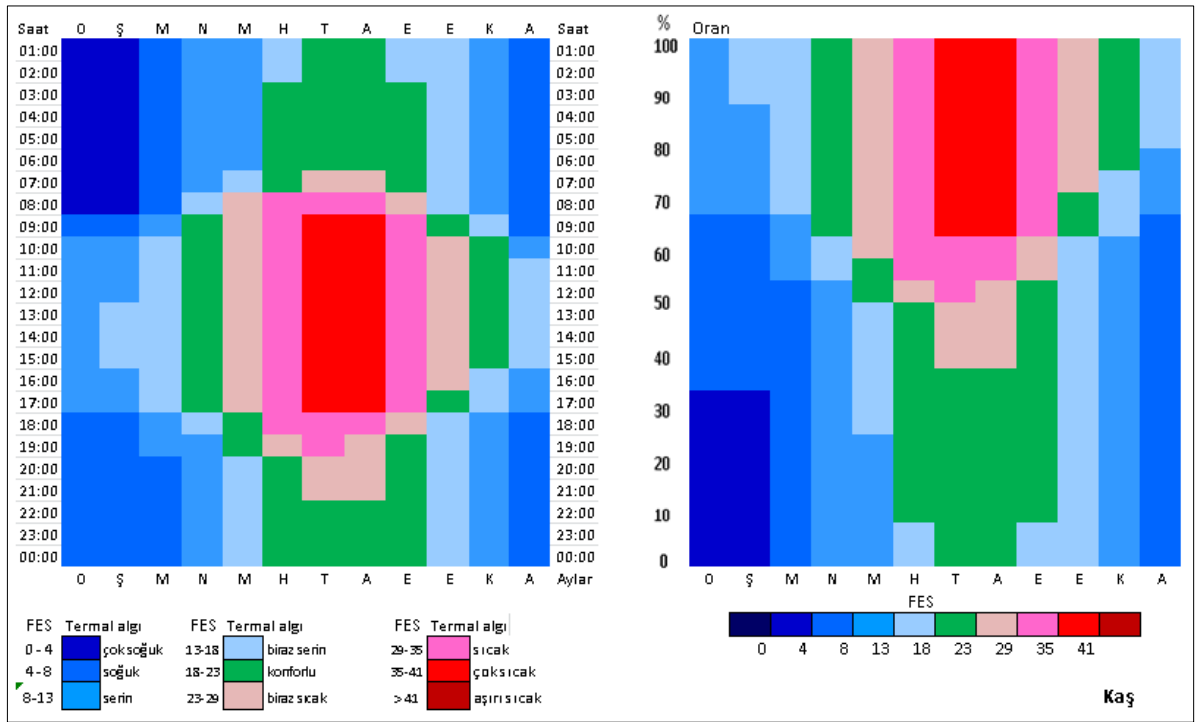
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında yüksek RH ve clo'dan dolayı PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.6.5).



Şekil 4.1.6.5. Kaş'ta aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Kaş'ta gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine; haziran-eylül arası 50°C'lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.6.5). Tmrt, FES'in en önemli girdisi olduğundan yaz aylarında onu çok sıcak yapar

Kaş saatlik FES dağılımları ve bunların aylık oranları



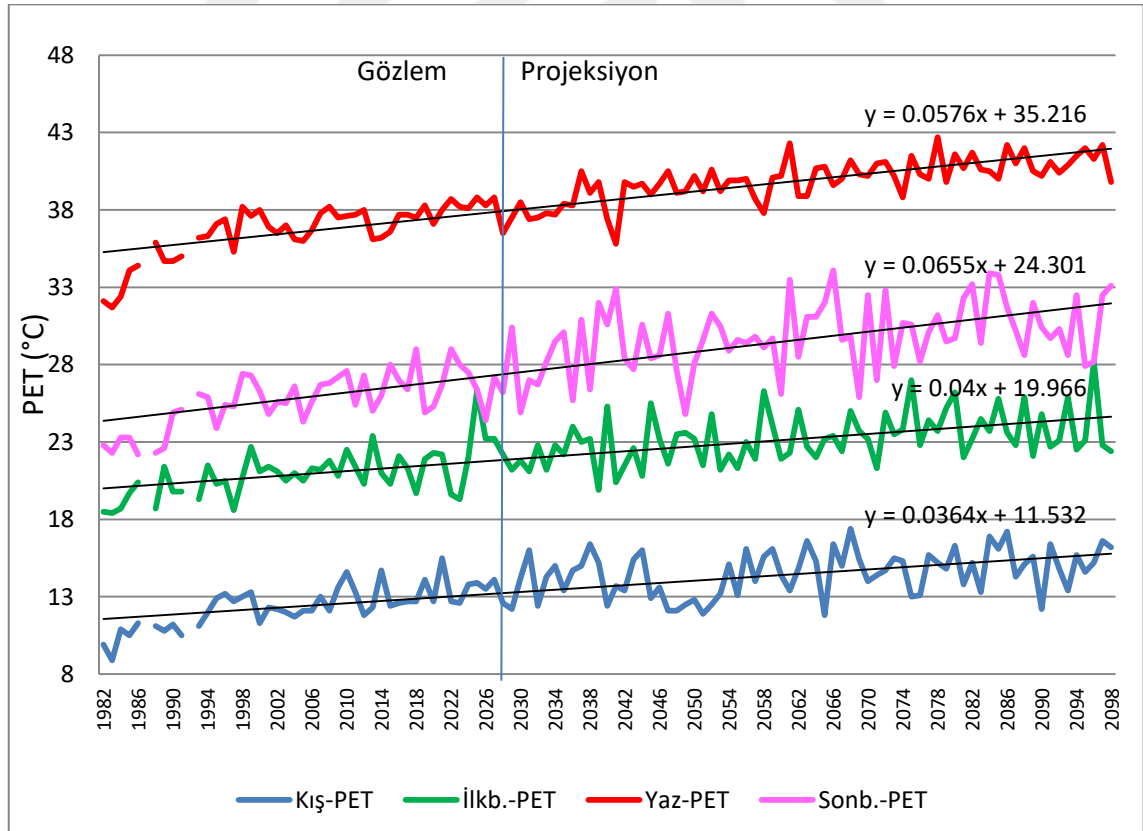
Tablo 4.1.6. Kaş'ta aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirme ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	çok soğuk	Soğuk	Serin	%35 çok soğuk, %35 soğuk, %30 serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin/ Biraz serin	%35 çok soğuk, %35 soğuk, %20 serin, % 10 Biraz serin
Mart	soğuk	serin	Biraz serin	%55 soğuk, %15 serin, %30 Biraz serin
Nisan	Serin	Biraz serin	Konforlu	%55 serin, %10 Biraz serin, %35 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	Biraz serin, konforlu	Biraz sıcak	%25 serin, %25 Biraz serin, %10 konfor, %40 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin/ konforlu	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak	%10 Biraz serin, %40 konfor, %10 Biraz sıcak, %40 sıcak
Temmuz	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %10 Biraz sıcak, %15 sıcak, %35 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Sıcak, Biraz sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %15 Biraz sıcak, %10 sıcak, %35 çok sıcak
Eylül	Biraz serin/ konforlu	Biraz sıcak	Sıcak	%10 Biraz serin, %45 konfor, %10 Biraz sıcak, %35 sıcak
Ekim	Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak	%65 Biraz serin, %10 konfor, %25 Biraz sıcak
Kasım	serin	Biraz serin	Konforlu	%65 serin, %10 Biraz serin, %25 konfor
Aralık	soğuk	serin	Biraz serin	%70 soğuk, %10 serin, %20 Biraz serin

Kaş'ta kışlar gece çok soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece biraz serin/konforlu, gündüz sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.6.6, Tablo 4.1.6).

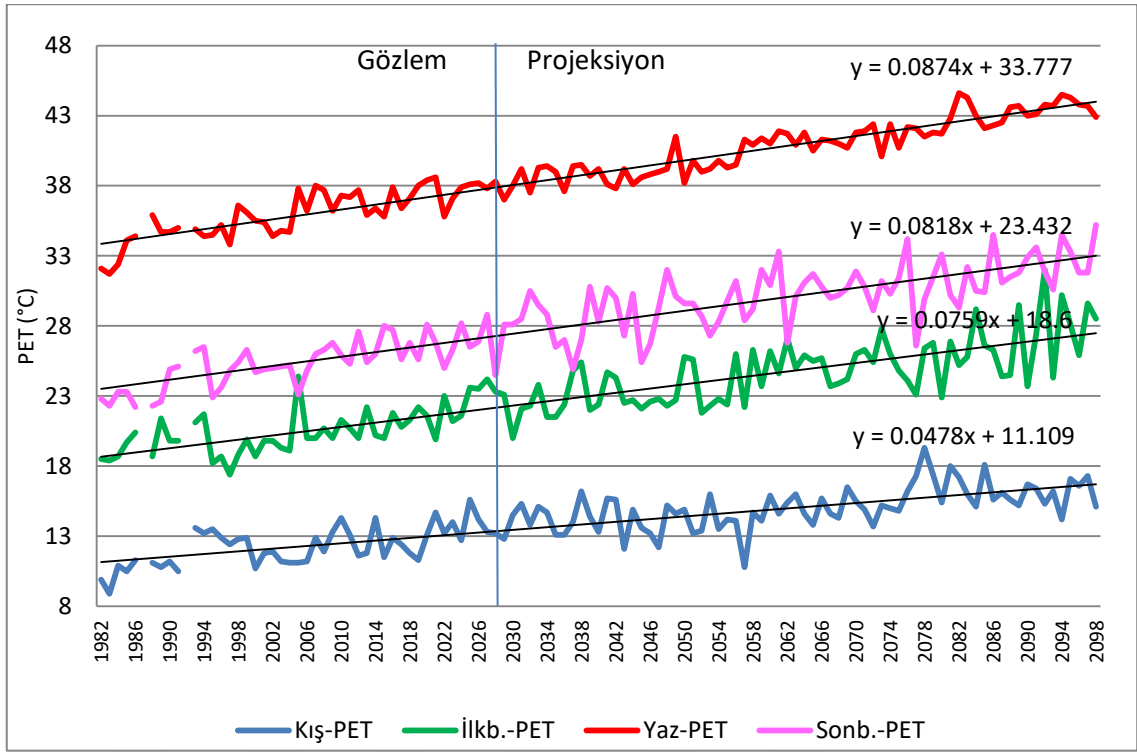
4.1.7. Demre Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Demre'nin başlangıç verisinde kopukluk olmasına rağmen çalışmaya katılmıştır. Buna göre kış mevsimi gözlem periyodunda serin/biraz serin bulunmuş, RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise serin kalmaz iken biraz serin yılların sayısı artacak, az da olsa konforlu yıl ortaya çıkacaktır. İlkbahar mevsimi genellikle konfor bölgesinde iken RCP4.5 senaryosunda 2070'lerden sonra, RCP8.5 senaryosunda ise 2050'lerden sonra biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak kategorisinde iken her iki senaryoya göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak iken projeksiyon dönemlerinde her iki senaryoya göre biraz sıcaklar azalış, sıcaklar ise artış eğiliminde olacaktır (Şekil 4.1.7.1, Şekil 4.176.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

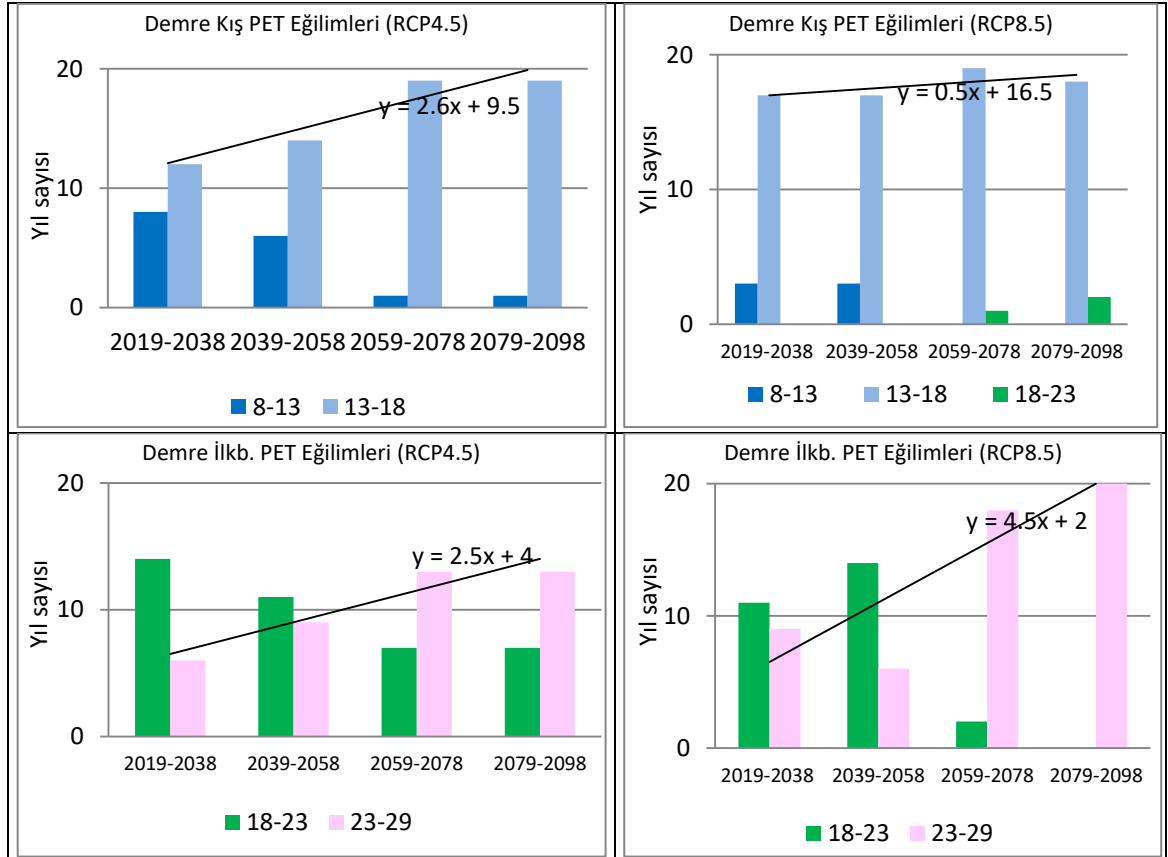
Şekil 4.1.7.1. Demre mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

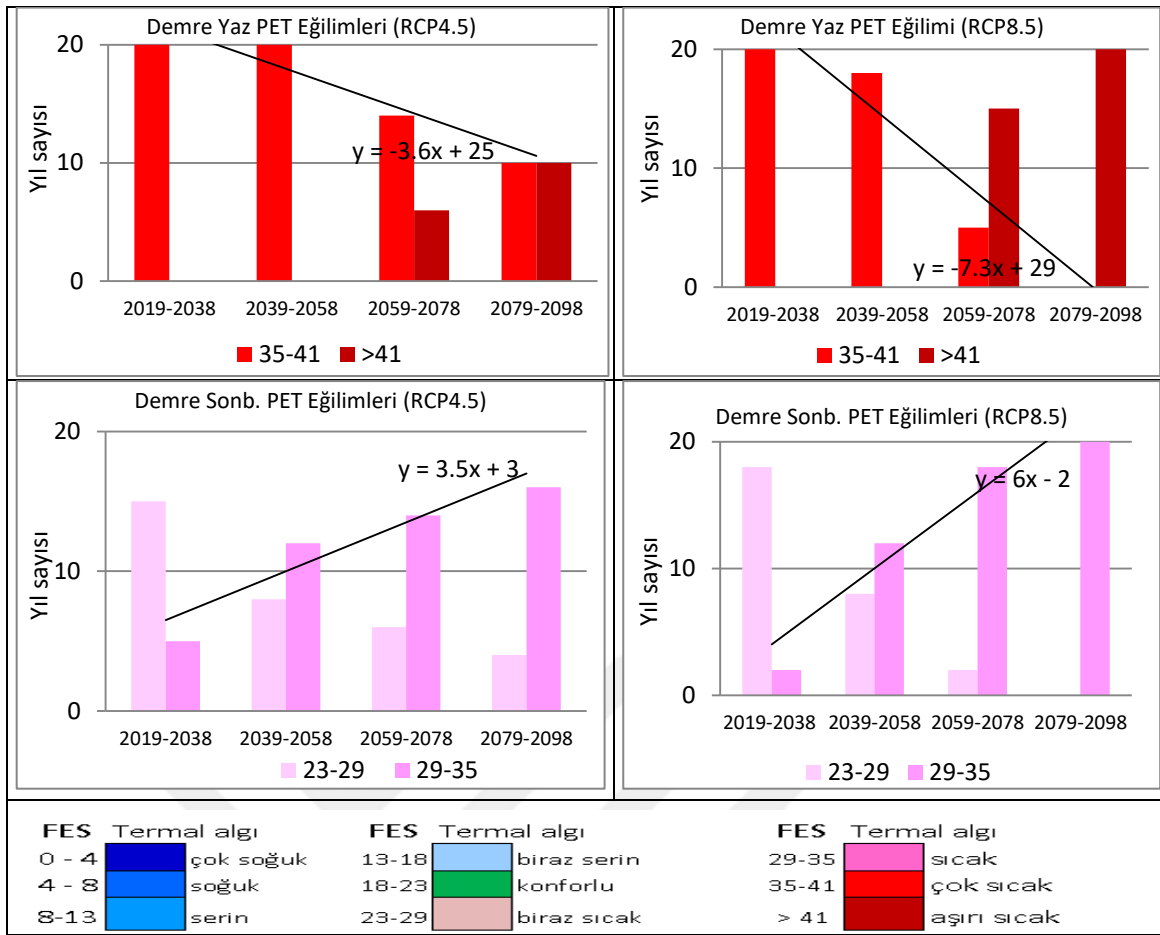


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.7.2. Demre mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Demre mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

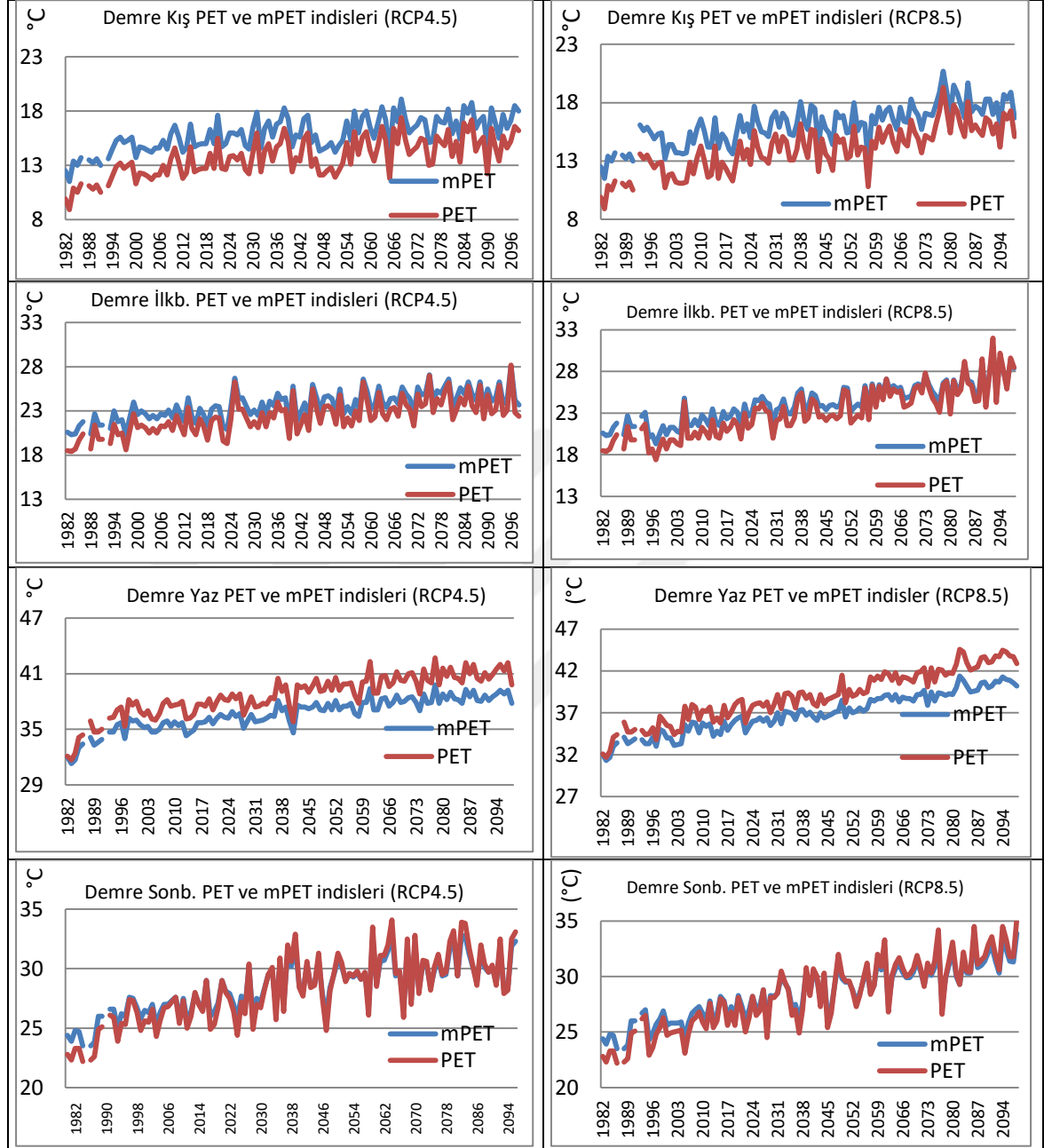




Şekil 4.1.7.3. Demre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Demre için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise serin kalmaz iken biraz serin yılların sayısı artacak az da olsa konforlu yıl ortaya çıkacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar baskın fakat azalmakta iken RCP8.5 senaryosunda biraz sıcakların baskın olacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP8.5'ta fazla olmak üzere her iki senaryoya göre çok sıcaklar azalış, aşırı sıcaklar artış eğiliminde olacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP8.5'ta daha fazla olmak üzere her iki senaryoya göre biraz sıcaklar azalış sıcaklar ise artış eğiliminde olacaktır (Şekil 4.1.7.3).

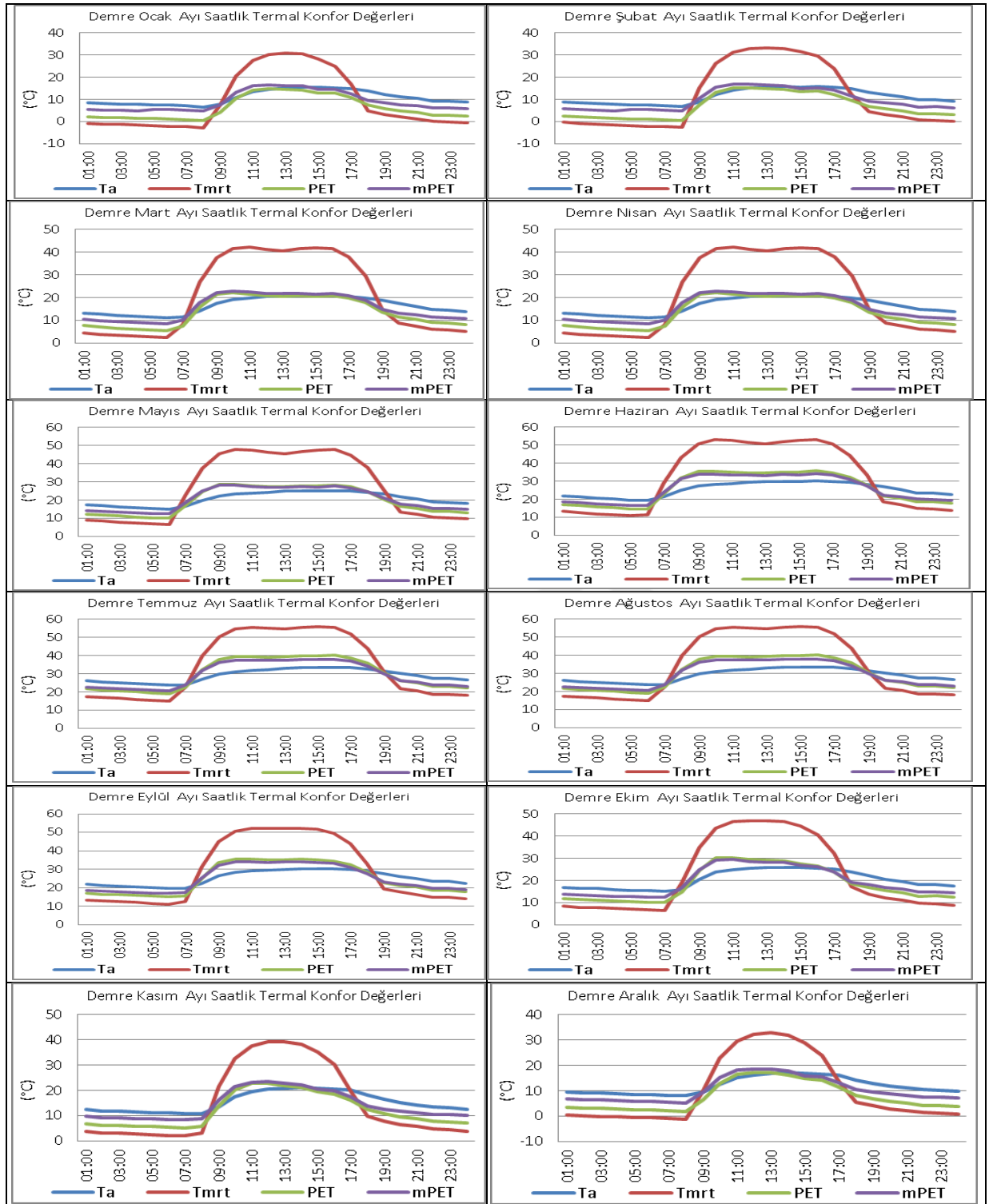
Demre FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.7.4. Demre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Demre’de yaz ve sonbahar mevsimleri dışında **mPET**, **PET**’ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur. İndislerdeki artış eğilimleri ilkbahar mevsimi dışında termal konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.175.4).

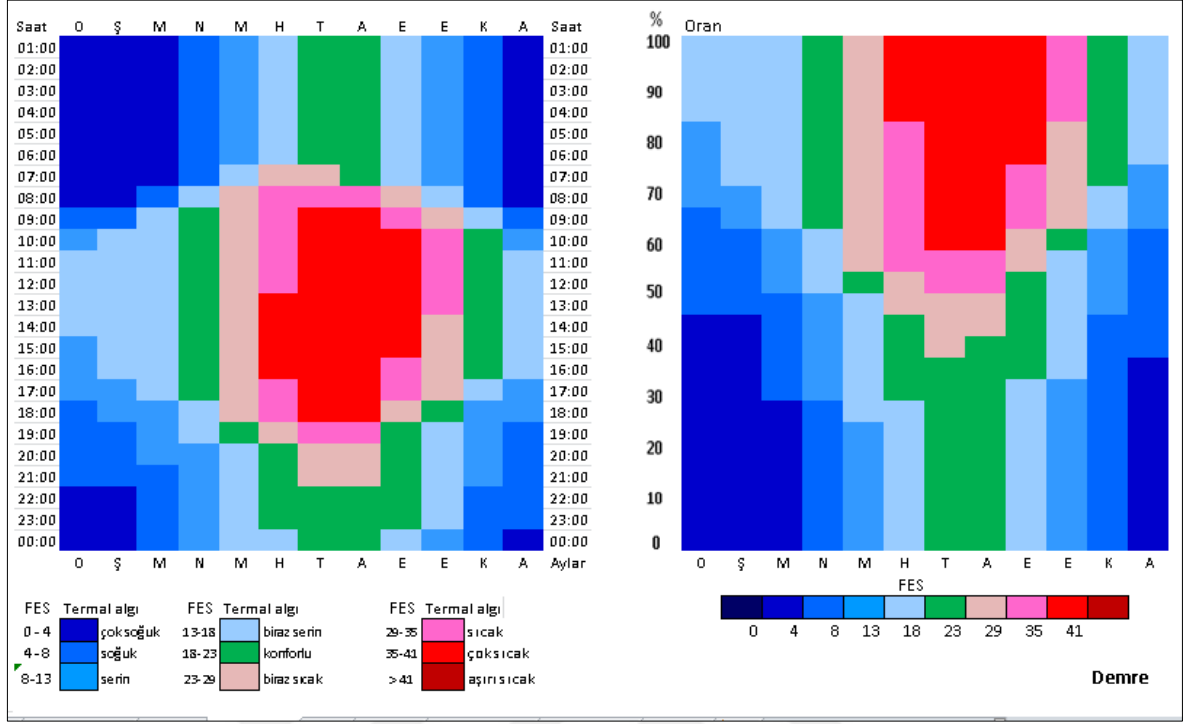
Hesaplanan mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında yüksek RH ve clo'dan dolayı PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.7.5).



Şekil 4.1.7.5 Demre’de aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Demre’de gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine; haziran-eylül arası 50°C’lerin üzerine çıkmaktadır (Şekil 4.1.7.5). Yüksek Tmrt değerleri FES indisinin değerini de arttırmaktadır.

Demre saatlik FES dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.7.6. Demre saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ) (veri periyodu 1982-2017)

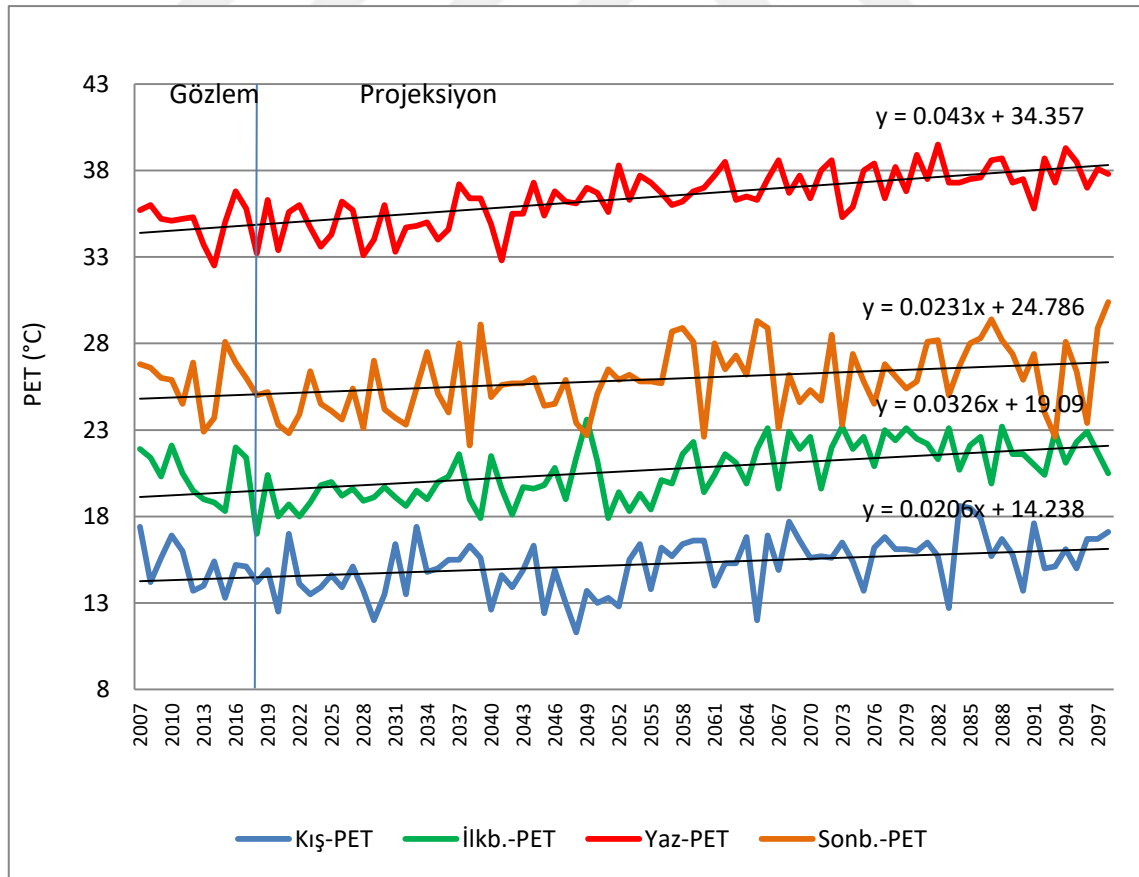
Tablo 4.1.7. Demre’de aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	çok soğuk	Soğuk	Serin/Biraz serin	%45 çok soğuk, %20 soğuk, %20 serin, %15 Biraz serin
Şubat	Çok soğuk	Soğuk	Serin/Biraz serin	%45 çok soğuk, %20 soğuk, %5 serin, %30 Biraz serin
Mart	soğuk	serin	Biraz serin	%30 çok soğuk, %20 soğuk, %10 serin, %40 Biraz serin
Nisan	Soğuk/Serin	Biraz serin	Konforlu	%30 soğuk, %20 serin, %10 Biraz serin, %40 konforlu
Mayıs	Serin/Biraz serin	Biraz serin, konforlu	Biraz sıcak	%25 serin, %25 Biraz serin, %5 konfor, %45 Biraz sıcak
Haziran	Biraz serin /konforlu	Biraz sıcak	Sıcak/çok sıcak	%30 Biraz serin, %20 konfor, %5 Biraz sıcak, %25 sıcak, %20 çok sıcak
Temmuz	Konforlu	Biraz sıcak / sıcak	Çok sıcak	%40 konfor, %10 Biraz sıcak, %10 sıcak, %40 çok sıcak
Ağustos	Konforlu	Biraz sıcak /sıcak	Çok sıcak	%45 konfor, %5 Biraz sıcak, %10 sıcak, %40 çok sıcak
Eylül	Biraz serin/konforlu	Biraz sıcak	Sıcak/çok sıcak	%35 Biraz serin, %20 konfor, %5 Biraz sıcak, %15 sıcak, %25 çok sıcak
Ekim	Serin/Biraz serin	Konforlu	Biraz sıcak/sıcak	%35 serin, %25 Biraz serin, %5 konfor, %20 Biraz sıcak, %15 sıcak
Kasım	Soğuk/serin	Biraz serin	Konforlu	%45 soğuk, %20 serin, %5 Biraz serin, %30 konfor
Aralık	soğuk	serin	Biraz serin	%40 çok soğuk, %25 soğuk, %10 serin, %25 Biraz serin

Demre’de kışlar gece çok soğuk, gündüz serin; nisan ve kasım ayları gece serin, gündüz konforlu; mayıs ve ekim ayları gece biraz serin, gündüz biraz sıcak; haziran ve eylül ayları gece biraz serin/konforlu, gündüz sıcak ve çok sıcak; temmuz ve ağustos ayları gece konforlu, gündüz çok sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.7.6, Tablo 4.1.7).

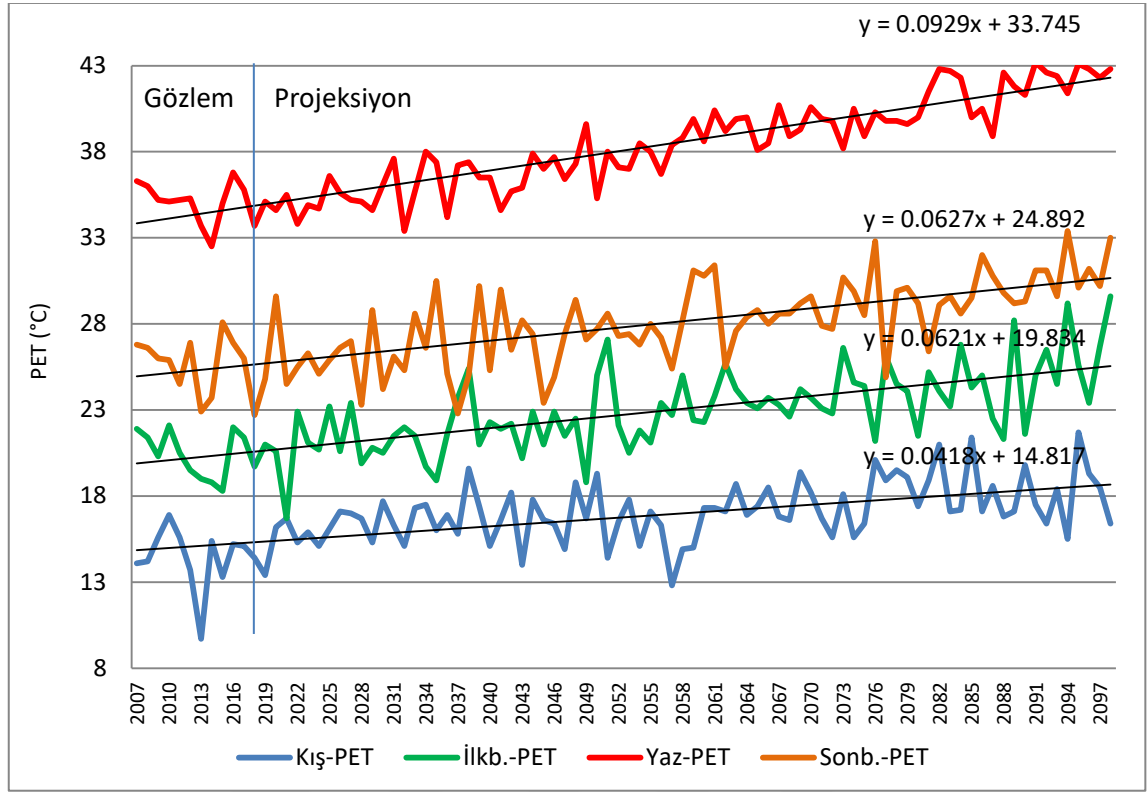
4.1.8. Kemer Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Kemer’de iklimsel ortalamaı hesaplayabilecek kadar bir veri olmamasına rağmen, Antalya’nın batı kıyılarını temsil etmesi nedeniyle çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan analizde Kemer’de Kış mevsimi gözlem periyodunda serin/Biraz serin bulunmuş, RCP4.5 senaryosunda serinlerin azalıp Biraz serinlerin artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise Biraz serinlerin azalıp konforların ortaya çıkacağı hesaplanmıştır. İlkbahar mevsimi genellikle konfor bölgesinde iken RCP8.5 senaryosuna göre Biraz sıcak kategorisine geçecektir. Yaz mevsimi gözlem periyodunda çok sıcak kategorisinde iken RCP8.5’a göre yüzyılın sonlarına doğru aşırı sıcak kategorisine geçecektir. Sonbahar mevsimi ise gözlem periyodunda Biraz sıcak iken RCP4.5 senaryosuna göre konforların iyice azalacağı, Biraz sıcakların artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise sıcakların artış eğiliminde olacağı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.8.1, Şekil 4.1.8.2).



FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

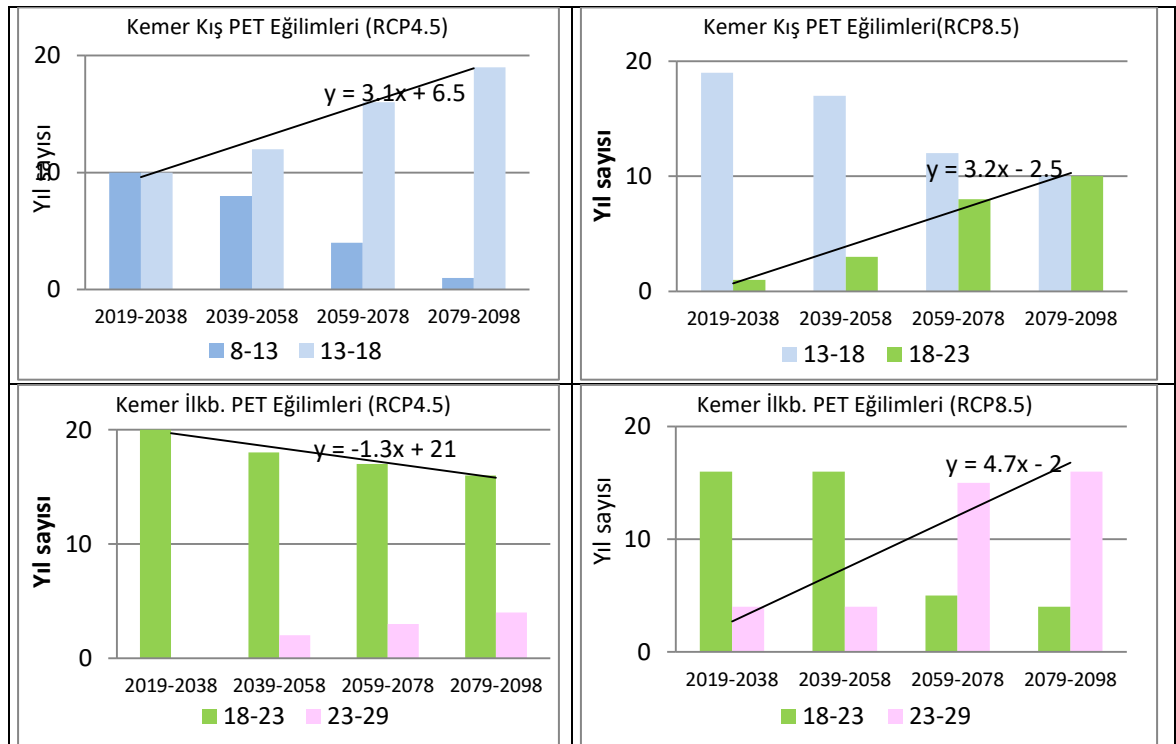
Şekil 4.1.8.1. Kemer mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

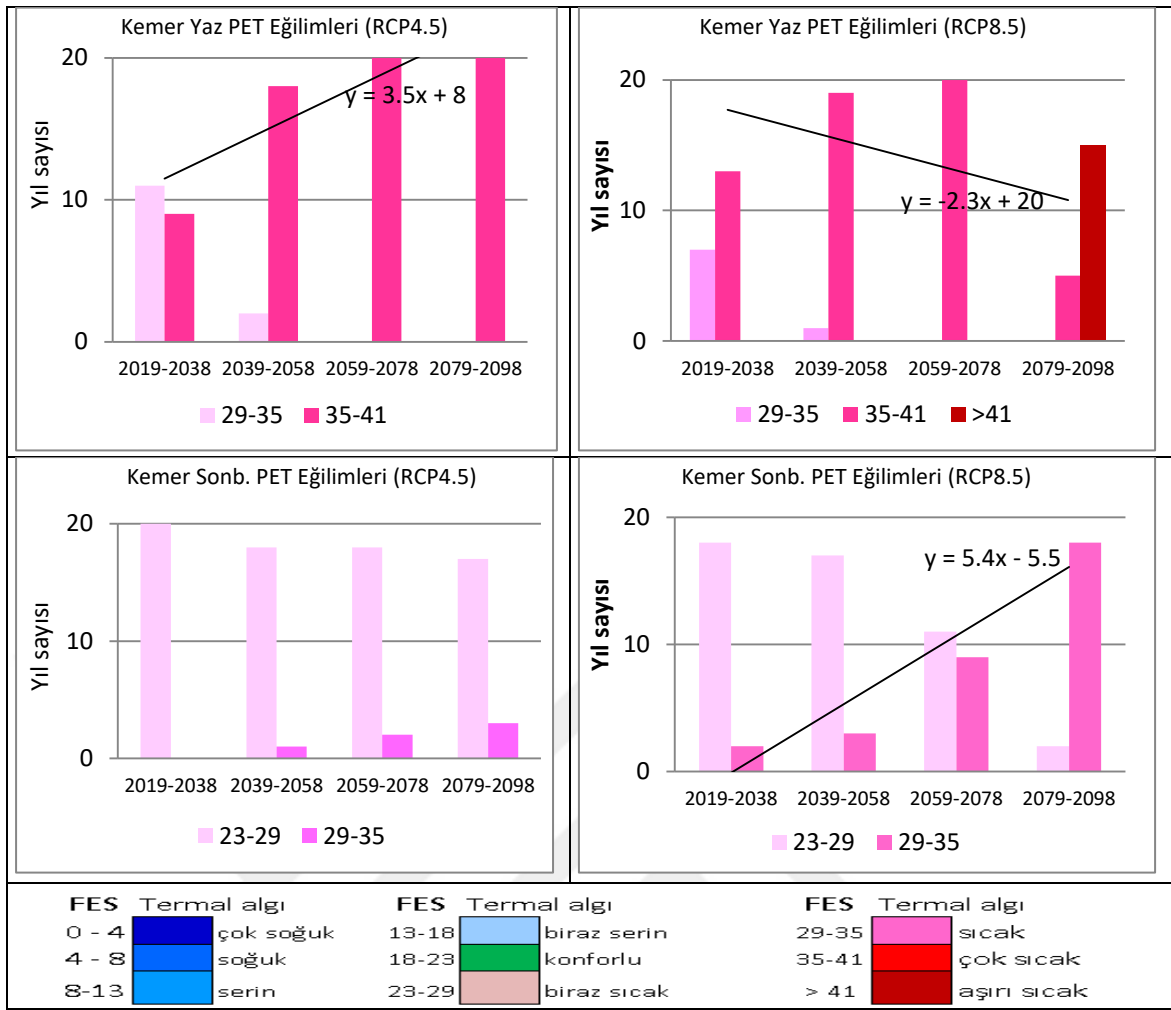


FES: 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.8.2. Kemer mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Kemer mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

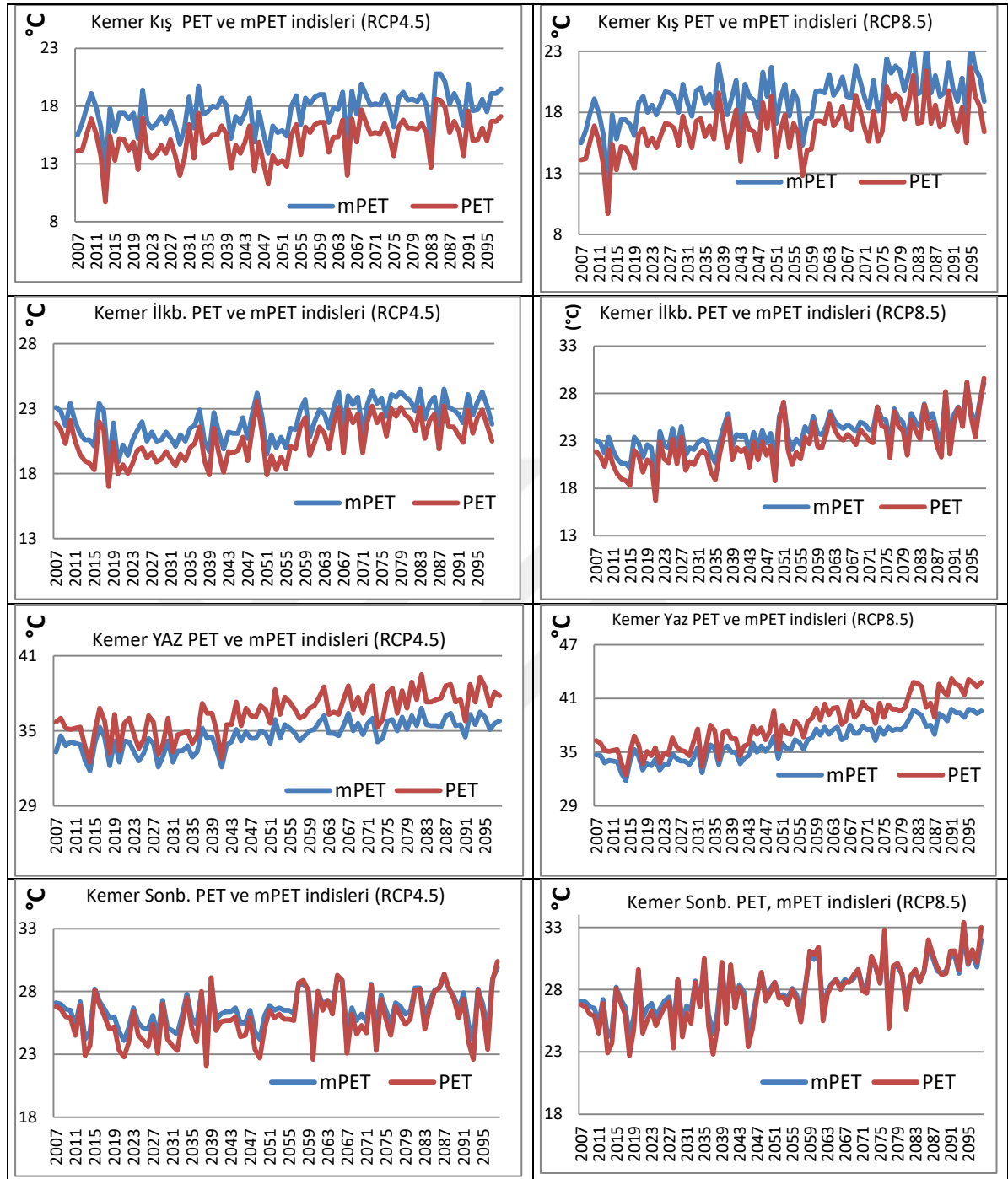




Şekil 4.1.8.3. Kemer RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Kemer için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre serinlerin eğilimleri azalırken biraz serinlerin eğilimleri artacaktır. RCP8.5 senaryosunda ise serin kalmaz iken biraz serin yılların sayısı artacak ve konforlu yıllar ortaya çıkacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforlar baskın fakat azalmakta iken RCP8.5 senaryosunda biraz sıcakların baskın olacağı hesaplanmıştır. Yaz mevsiminde RCP4.5 senaryosunda çok sıcaklar baskın ve artış eğiliminde iken RCP8.5 senaryosuna göre son dönemde aşırı sıcak da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre konforların iyice azalacağı, biraz sıcakların artacağı, RCP8.5 senaryosunda ise sıcakların artış eğiliminde olacağı hesaplanmıştır (Şekil 4.1.8.3).

Kemer FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması

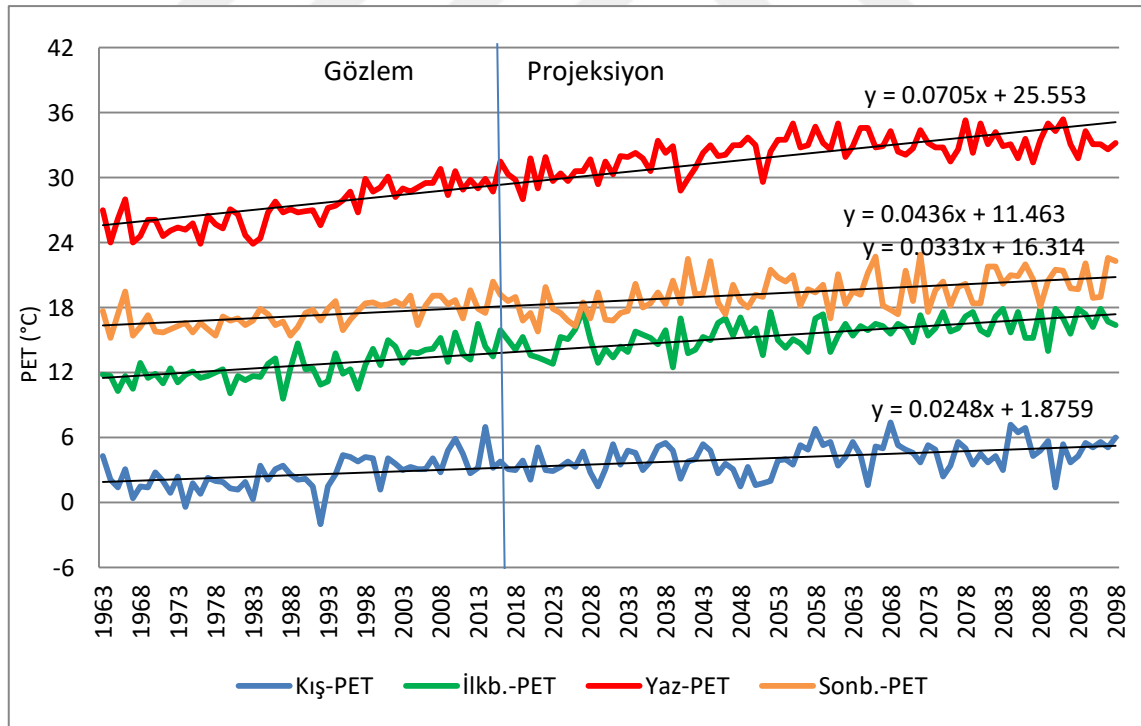


Şekil 4.1.8.4. Kemer RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Kemer’de yaz ve sonbahar mevsimleri dışında **mPET**, **PET**’ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur. İndislerdeki artış eğilimleri ilkbahar mevsimi dışında termal konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.1.8.4).

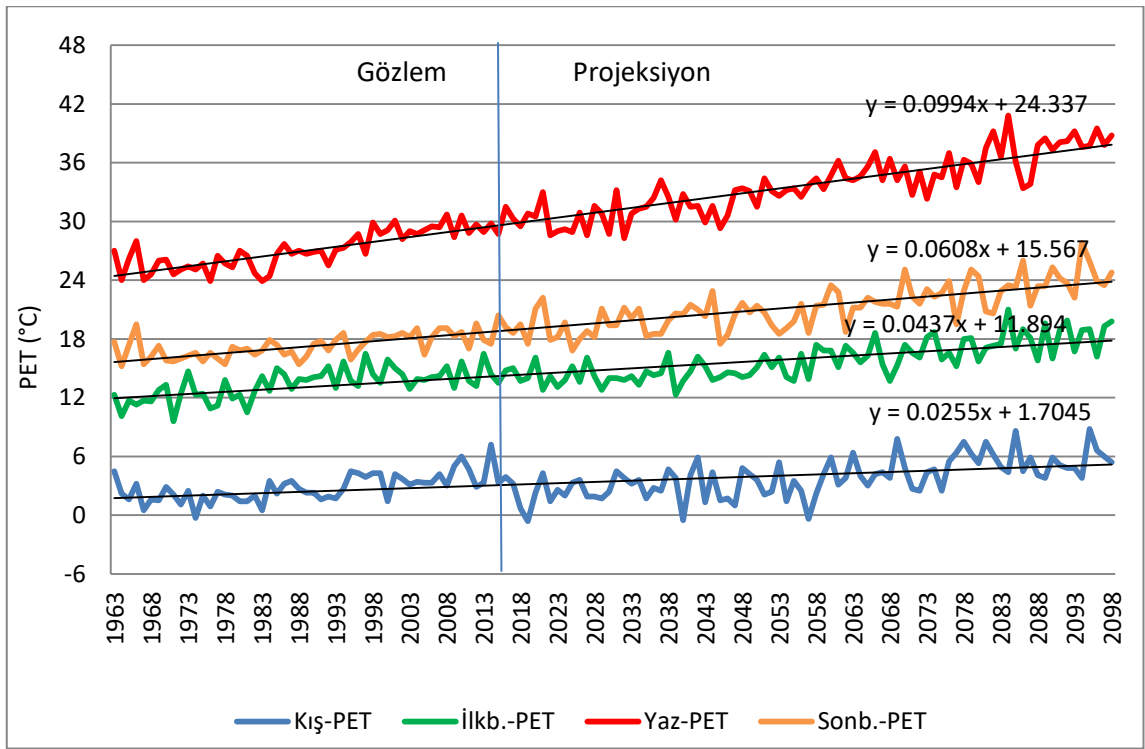
4.1.9. Elmalı Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Elmalı istasyonu 1095m rakımlı Batı Toroslar üzerinde Elmalı ovasında bir istasyondur. Dağlık alanlardaki termal konfor şartlarını öğrenmek üzere çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan analizde Elmalı’da kış mevsimi gözlem periyodunda çok soğuk/soğuk arası bulunmuş iken, RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre çok soğuklar azalış, soğuklar artış eğiliminde olacaktır. İlkbahar mevsimi gözlem periyodunda biraz serin iken RCP8.5 senaryosuna göre sonlara doğru konfor bölgesine doğru geçiş olacaktır. Yaz mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak/sıcak kategorisinde iken özellikle RCP8.5 senaryosuna göre son 40 yılda çok sıcaklar da ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsimi gözlem periyodunda biraz serin ve konforlu iken RCP4.5 senaryosunda konforlar baskın olmaya başlayacak, RCP8.5’a göre de yüzyılın sonuna doğru biraz sıcaklar da ortaya çıkacaktır. (Şekil 4.1.9.1, Şekil 4.1.9.2) .



FES: <4 çok soğuk, 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

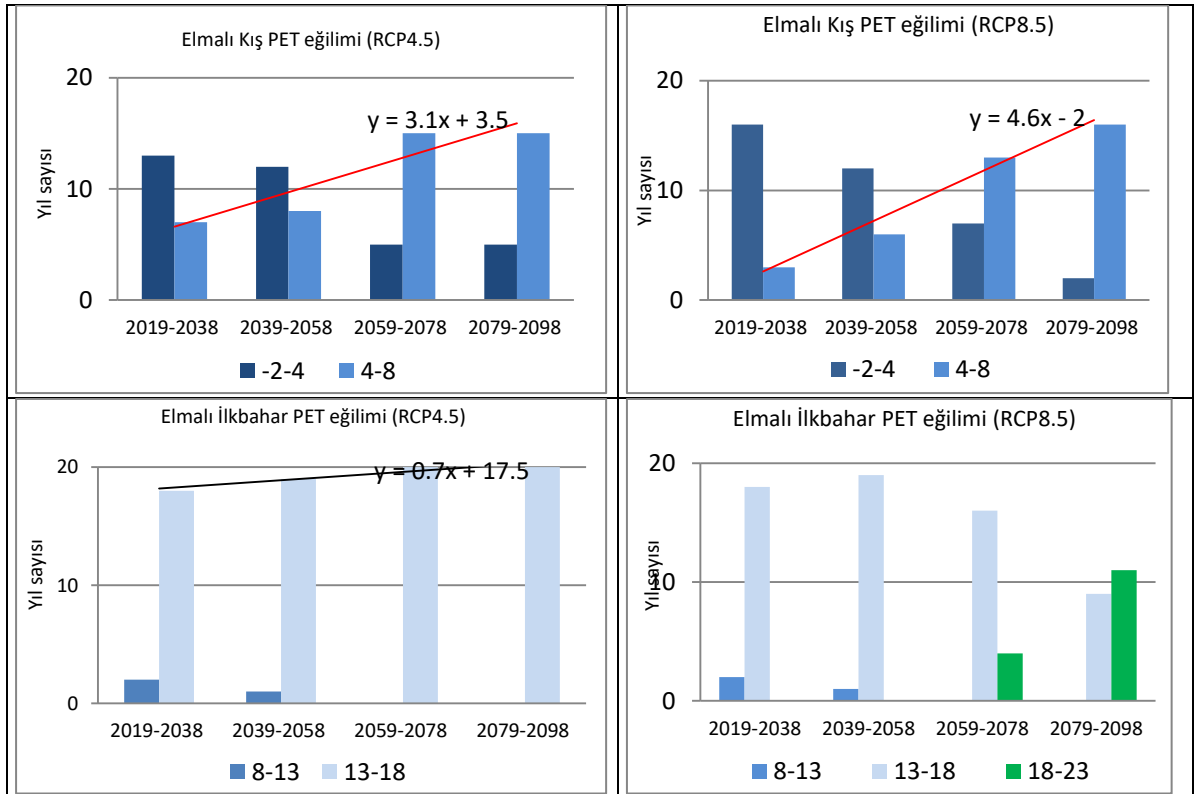
Şekil 4.1.9.1. Elmalı mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

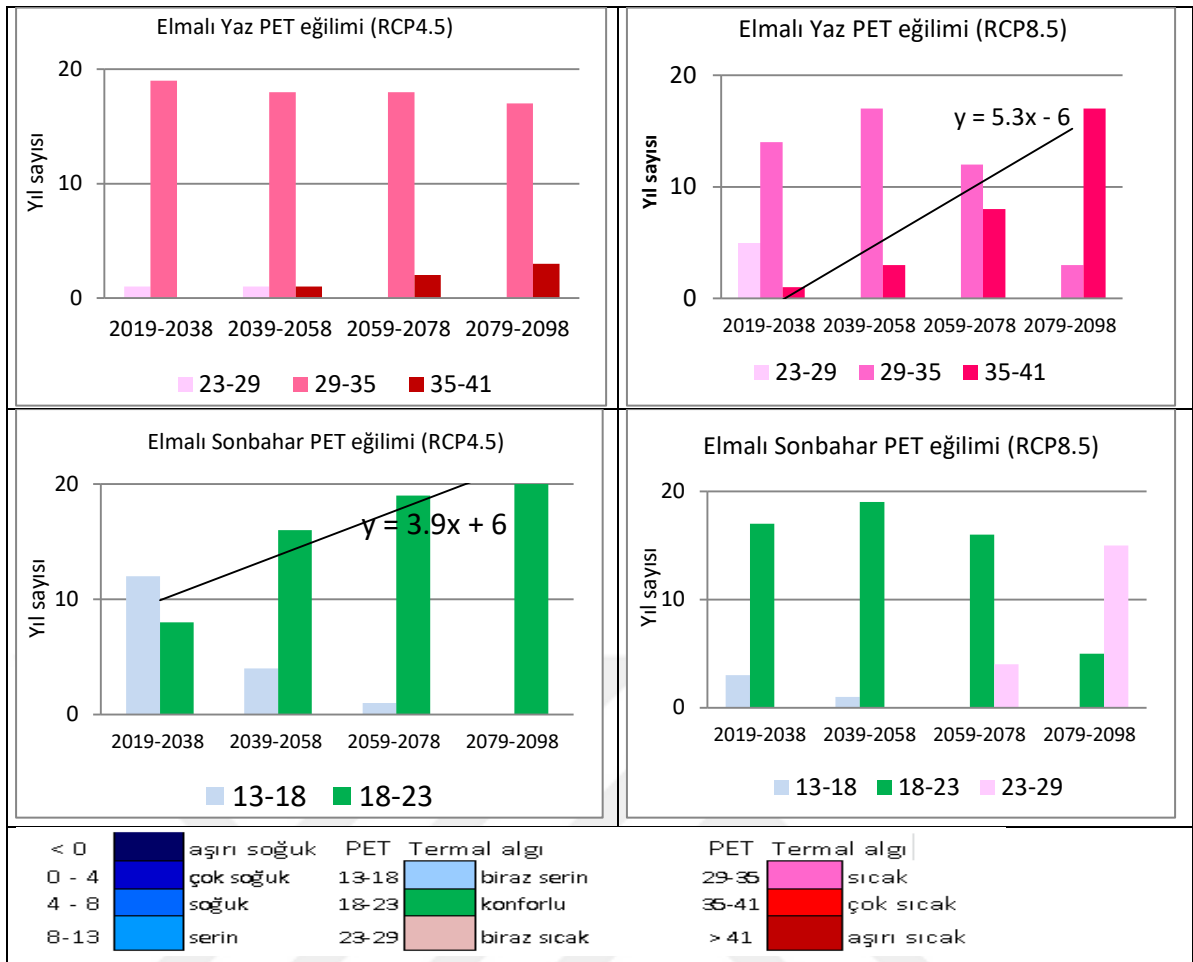


FES: <4 çok soğuk, 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.9.2. Elmalı mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Elmalı'da mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

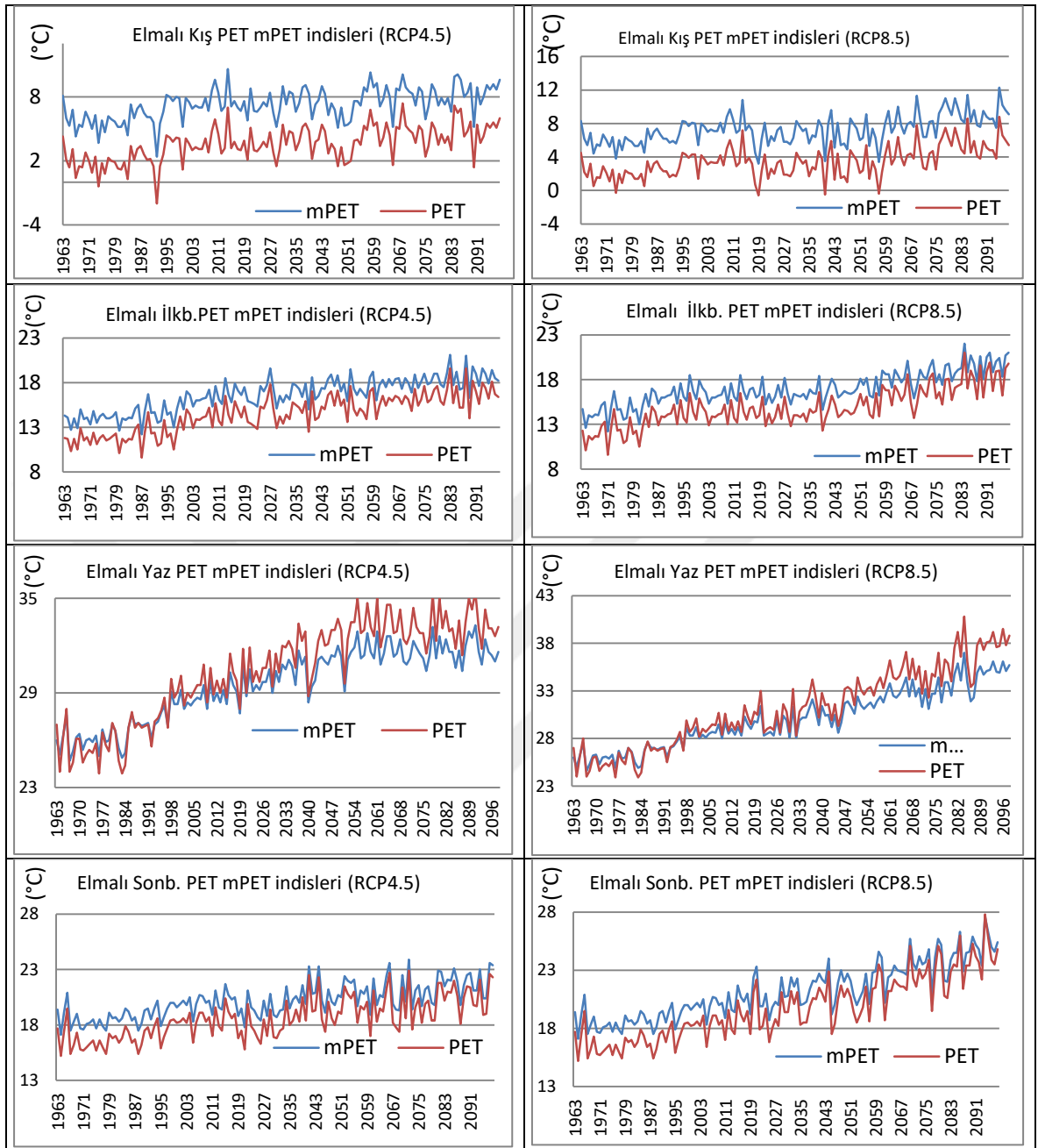




Şekil 4.1.9.3. Elmalı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Elmalı için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre çok soğuklar azalış, soğuklar artış eğiliminde olacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosunda biraz serinler baskın iken RCP8.5 senaryosuna göre son 40 yılda konfor bölgesine doğru geçiş olacaktır. Yaz mevsiminde her iki senaryoda da sıcaklar azalırken RCP8.5'a göre son 40 yılda çok sıcaklar artacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosuna göre biraz serinler azalış konforlar artış eğiliminde olup, RCP8.5'a göre de yüzyılın sonuna doğru biraz sıcaklar ortaya çıkacaktır. (Şekil 4.1.9.3).

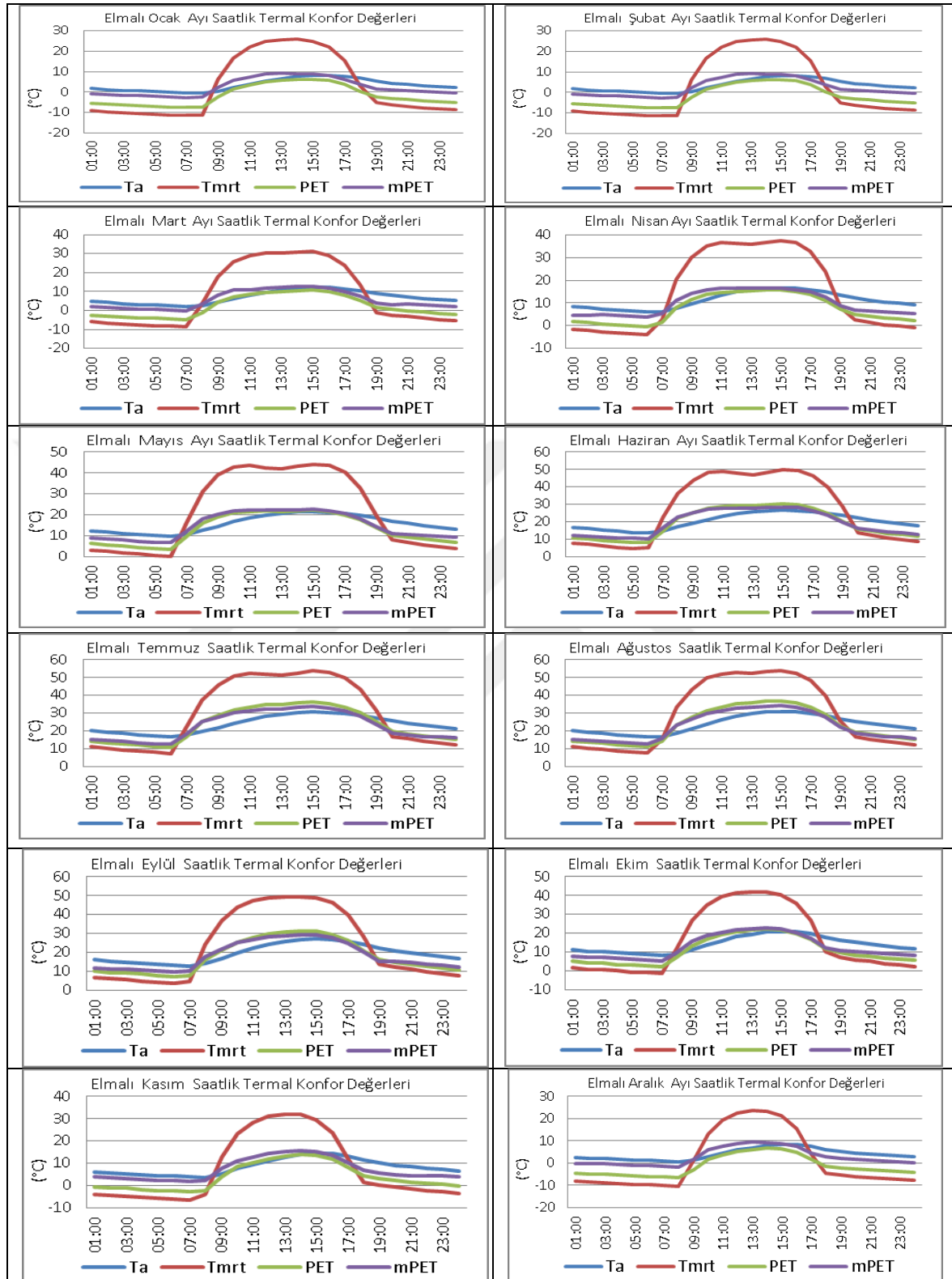
Elmalı'da FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.9.4. Elmalı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) ve mPET indisleri

Elmalı'da yaz mevsimi dışında nispi nem ve giysi katsayısı yüksekliği nedeniyle **mPET**, **PET**'ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış trendleri söz konusudur fakat RCP8.5 senaryosuna göre artışlar daha fazladır. İndislerdeki artışlar ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde termal konfora olumlu yönde etki ederken yaz mevsiminde konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.1.9.4).

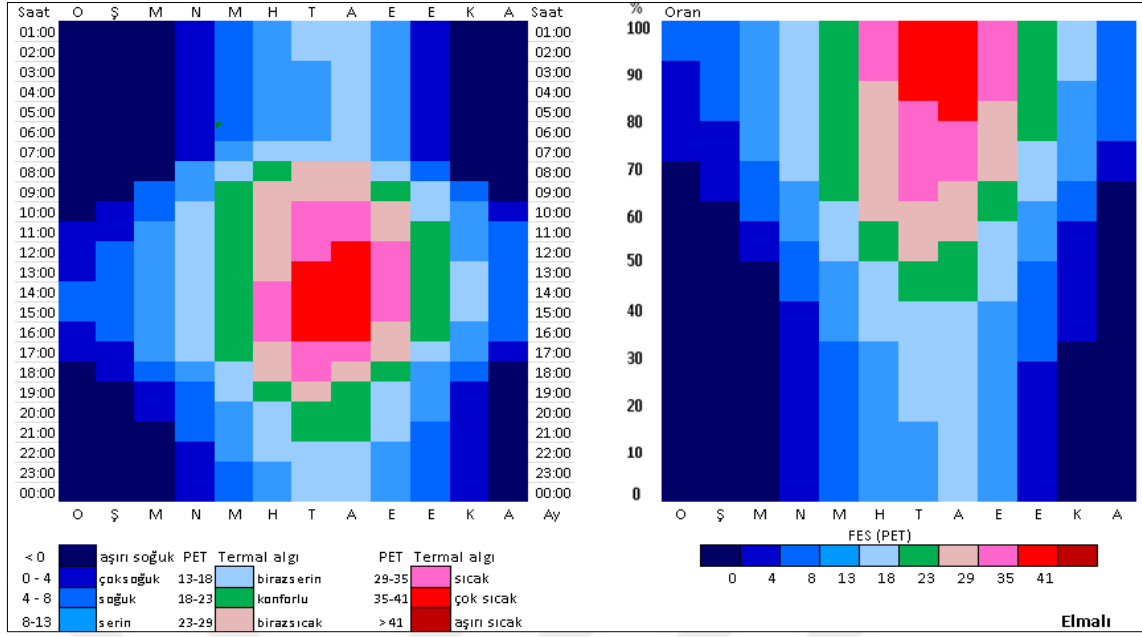
Aylık mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, mayıs, kasım ve aralık aylarında RH ve clo yüksek olduğundan PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.9.5).



Şekil 4.1.9.5 Elmalı’da aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Elmalı’da gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine; haziran-eylül arası 50°C’ler civarına çıkmaktadır (Şekil 4.1.9.5). Tmrt artışı yazın FES indis değerlerini de arttırmaktadır.

Elmalı saatlik FES dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.9.6. Elmalı saatlik FES dağılımları (sol) ile bunların aylık oranları (sağ) (veri periyodu 1960-2017)

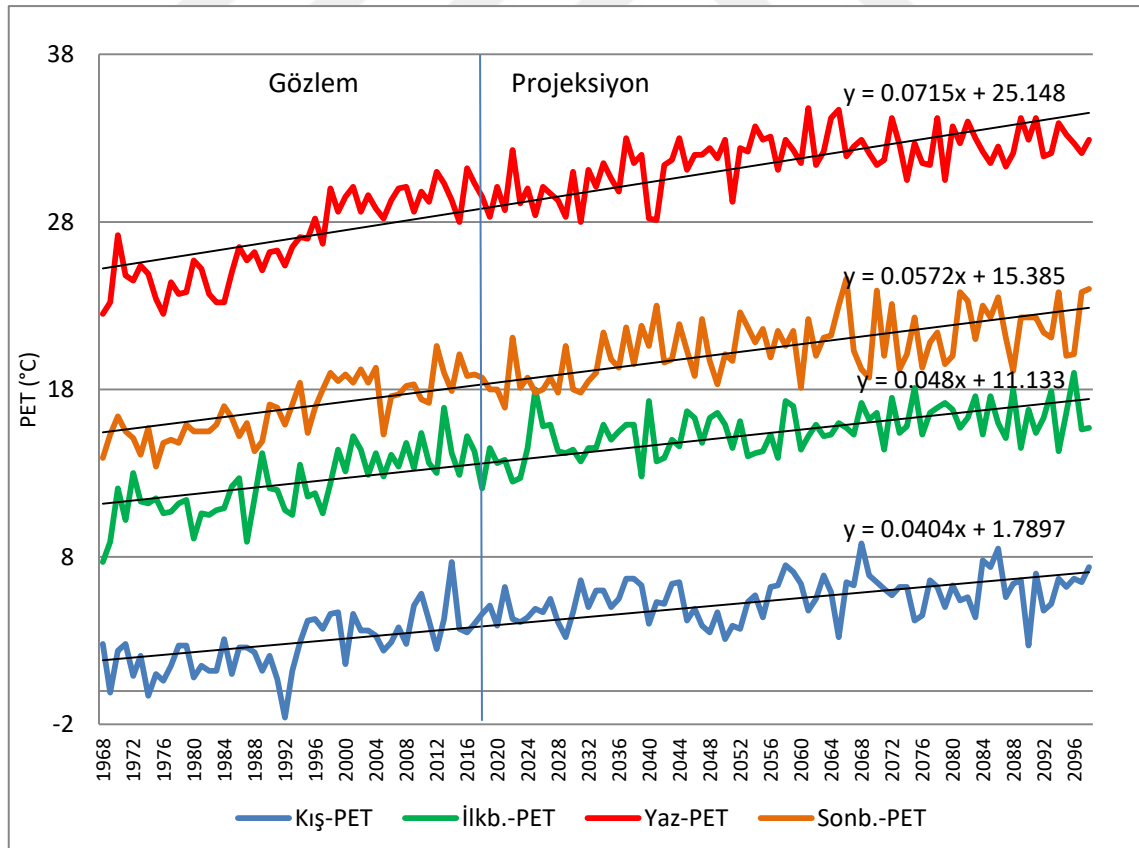
Tablo 4.1.8. Elmalı’da aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	Aşırı soğuk	Aşırı soğuk	çok soğuk /soğuk	%70 aşırı soğuk, %20 çok soğuk, %10 soğuk
Şubat	Aşırı soğuk	Çok soğuk	çok soğuk /soğuk	%60 aşırı soğuk, %20 çok soğuk, %20 soğuk
Mart	Aşırı soğuk	soğuk	serin	%50 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %10 soğuk, %30 serin
Nisan	Çok soğuk	serin	Biraz serin	%40 çok soğuk %15 soğuk % 15 serin, %30 Biraz serin,
Mayıs	soğuk	Serin/Biraz serin	konforlu	%30 soğuk %20 serin, %15 Biraz serin, %35 konforlu
Haziran	serin	Konforlu	Biraz sıcak/ sıcak	%30 serin, %20 Biraz serin, %10 konfor, %20 Biraz sıcak, %20 sıcak
Temmuz	Biraz serin	Biraz sıcak/ konforlu	Sıcak/ çok sıcak	%40 Biraz serin, %10 konfor, %15 Biraz sıcak, %20 sıcak, %15 çok sıcak
Ağustos	Biraz serin	Biraz sıcak/ konforlu	Sıcak/ çok sıcak	%40 Biraz serin, %10 konfor, %15 Biraz sıcak, %15 sıcak, %20 çok sıcak
Eylül	serin	Biraz serin/ konforlu	Biraz sıcak/ sıcak	%40 serin, %20 Biraz serin, %5 konforlu, %15 Biraz sıcak, %20 sıcak
Ekim	Çok soğuk/ soğuk	Soğuk/serin	konforlu	%30 çok soğuk, %20 soğuk, %10 serin, %10 Biraz serin, %30 konforlu
Kasım	Aşırı ve çok soğuk	soğuk	Serin/Biraz serin	%35 aşırı soğuk %25 çok soğuk, %10 soğuk, %20 serin, %10 Biraz serin
Aralık	Aşırı soğuk	aşırı soğuk	çok soğuk /soğuk	%70 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %20 soğuk

Elmalı’da kış ayları aşırı ve çok soğuk, mayıs ve ekim ayları geceleri soğuk/serin iken gündüzler konforlu, haziran eylül arası ise gece serin/biraz serin, gündüz sıcak ve çok sıcaktır (Şekil 4.1.9.6, Tablo 4.1.8).

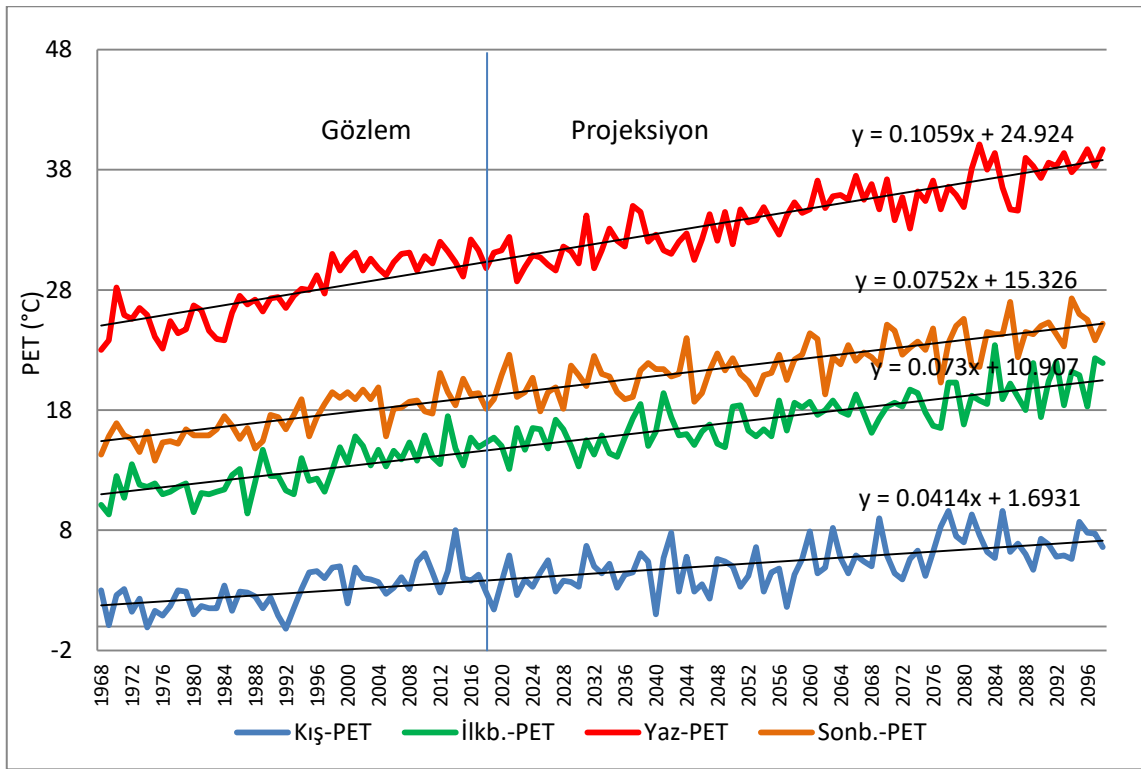
4.1.10. Korkuteli Mevsimlik FES (PET) indisleri zaman serileri ve eğilimleri

Korkuteli istasyonu Antalya'nın kuzeybatısında 1017m rakımlı Batı Toroslar üzerinde bulunan bir istasyondur. Dağlık alanlardaki termal konfor şartlarını öğrenmek üzere çalışmaya dahil edilmiştir. Yapılan analizde Korkuteli'nde termal konfor açısından kış mevsimi gözlem periyodunda aşırı soğuk iken, RCP4.5 senaryosuna göre aşırı soğuklar yerini soğuklara, RCP8.5 senaryosuna göre de son yıllarda serinlere bırakacaktır. İlkbahar mevsimi gözlem periyodunda biraz serin iken RCP8.5 senaryosuna göre konforlar artmaya başlayacaktır. Yaz mevsimi ise gözlem periyodunda biraz sıcak/sıcak kategorisinde iken özellikle RCP8.5 senaryosuna göre çok sıcaklar ortaya çıkacaktır. Sonbahar mevsimi gözlem periyodunda biraz serin ve konforlu iken RCP8.5 senaryosunda daha fazla olmak üzere her iki senaryoya göre de yüzyılın sonuna doğru biraz sıcaklar ortaya çıkacaktır. (Şekil 4.1.10.1, Şekil 4.1.10.2) .



FES: <4 çok soğuk, 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

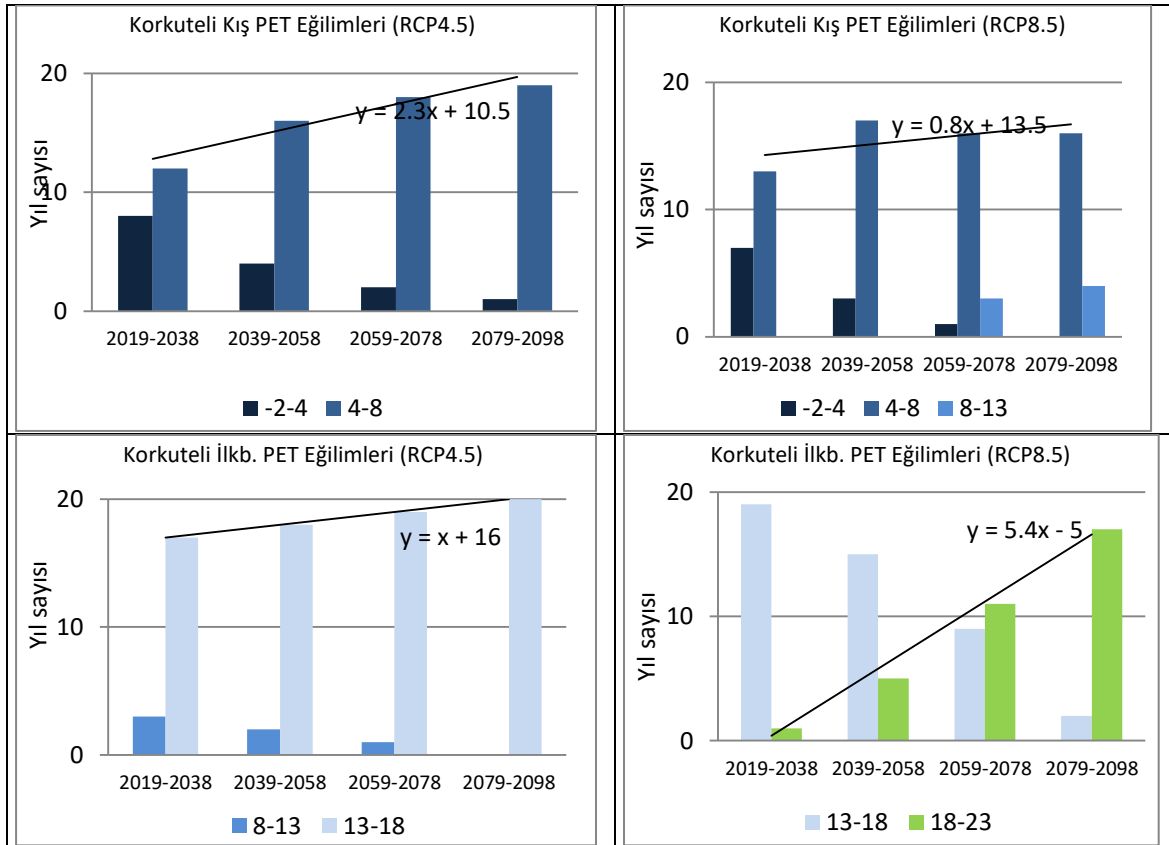
Şekil 4.1.10.1. Korkuteli mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP4.5)

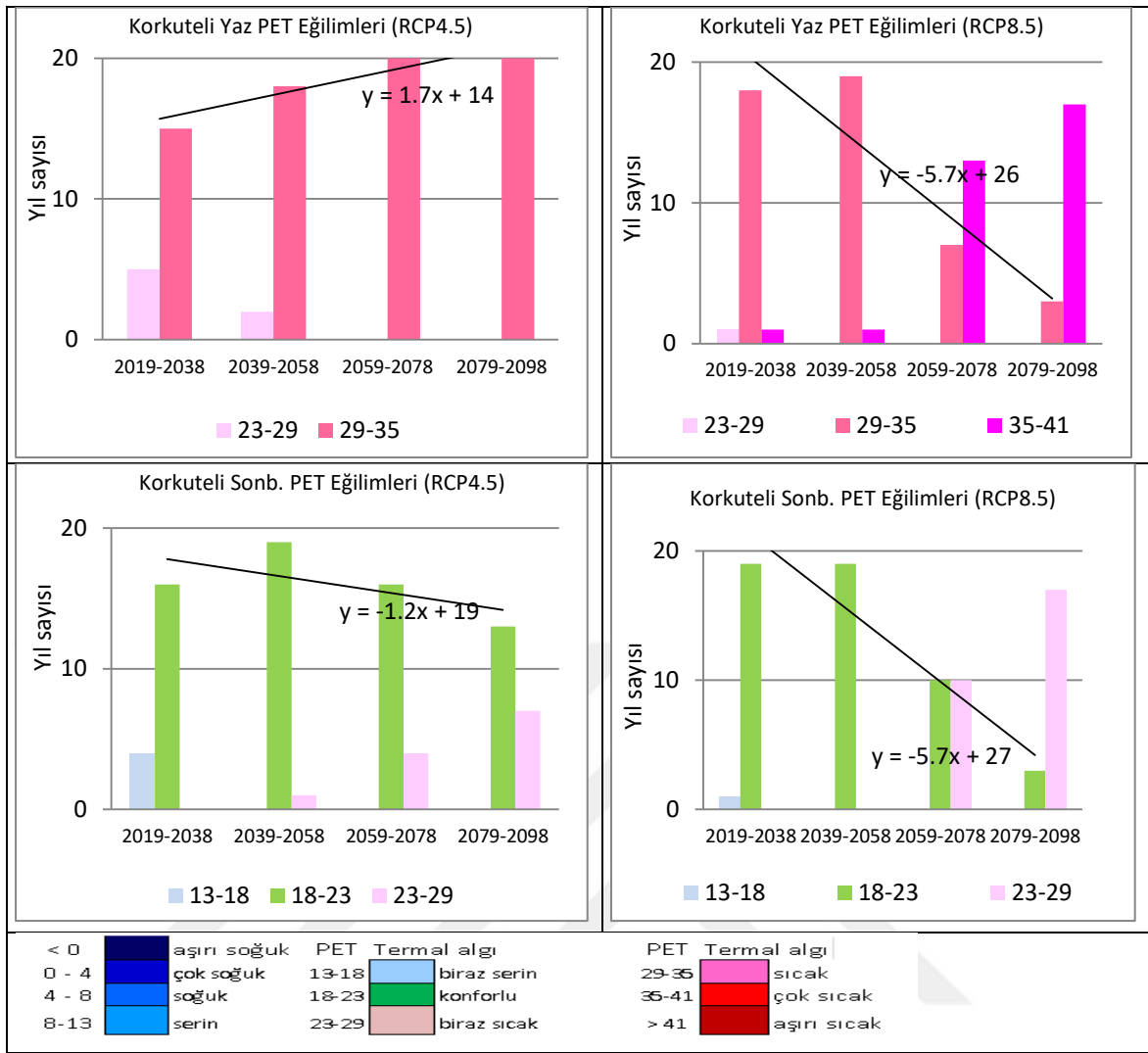


FES: <4 çok soğuk, 4-8 soğuk, 8-13 serin, 13-18 biraz serin, 18-23 konforlu, 23-29 biraz sıcak, 29-35 sıcak, 35-41 çok sıcak

Şekil 4.1.10.2. Korkuteli mevsimlik FES(PET) indisleri, (Projeksiyon HadGEM-ES, RCP8.5)

Korkuteli’nde mevsimlik FES indislerinin projeksiyon dönemlerindeki frekansları

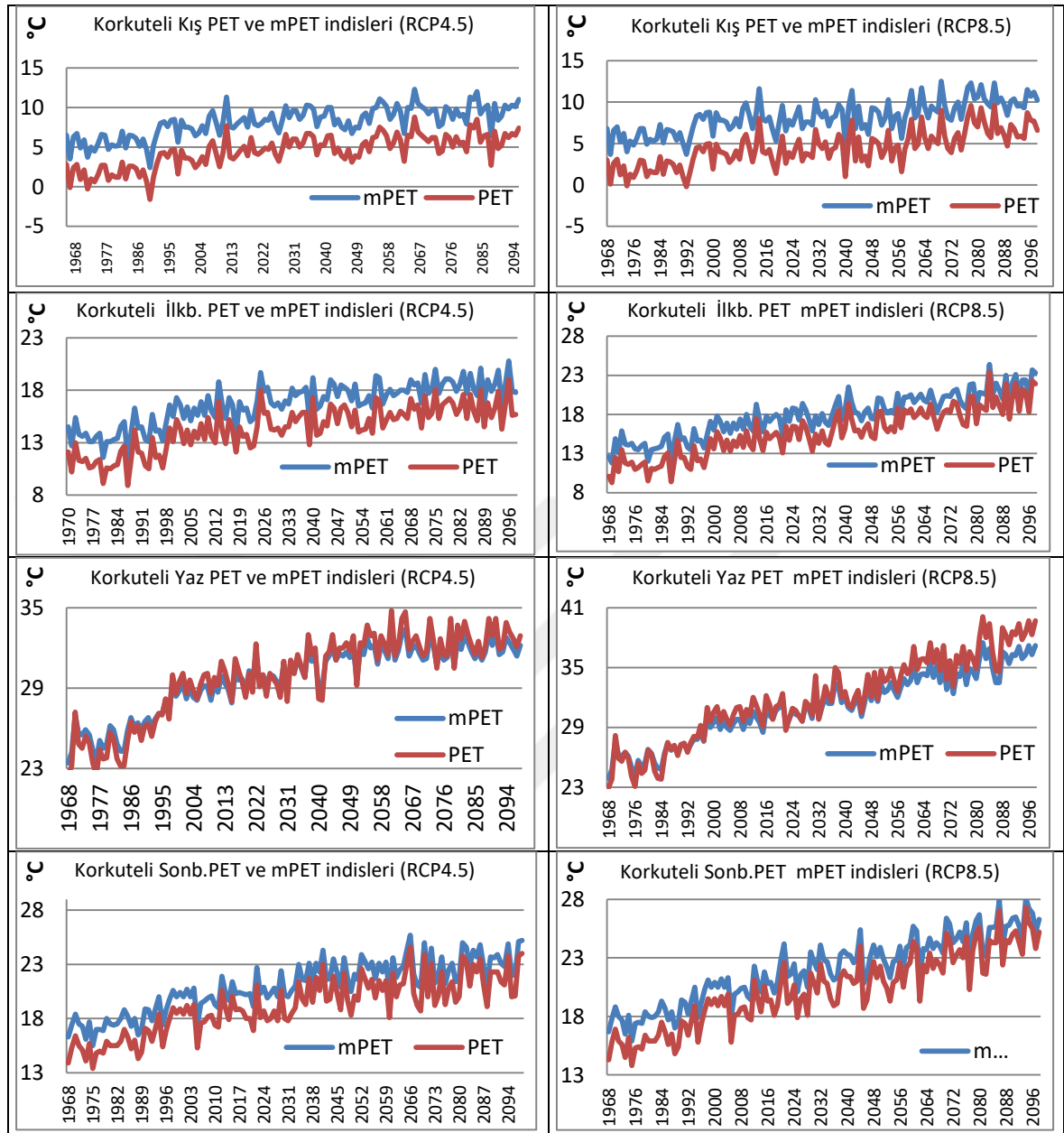




Şekil 4.1.10.3. Korkuteli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik FES (PET) frekansları

Korkuteli için yapılan FES projeksiyonlarında termal konfor açısından kış mevsiminde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre çok soğuklar azalış, soğuklar artış eğiliminde olacaktır. İlkbahar mevsiminde RCP4.5 senaryosunda biraz serinler baskın iken RCP8.5 senaryosuna göre konforlar artmaya başlayacaktır. Yaz mevsiminde RCP4.5'a göre sıcaklar, RCP8.5'a göre ise çok sıcaklar artış eğiliminde olacaktır. Sonbahar mevsiminde RCP4.5 ve RCP8.5'a göre konforlar fazla iken yüzyılın sonuna doğru biraz sıcaklar da ortaya çıkacaktır. (Şekil 4.1.10.3).

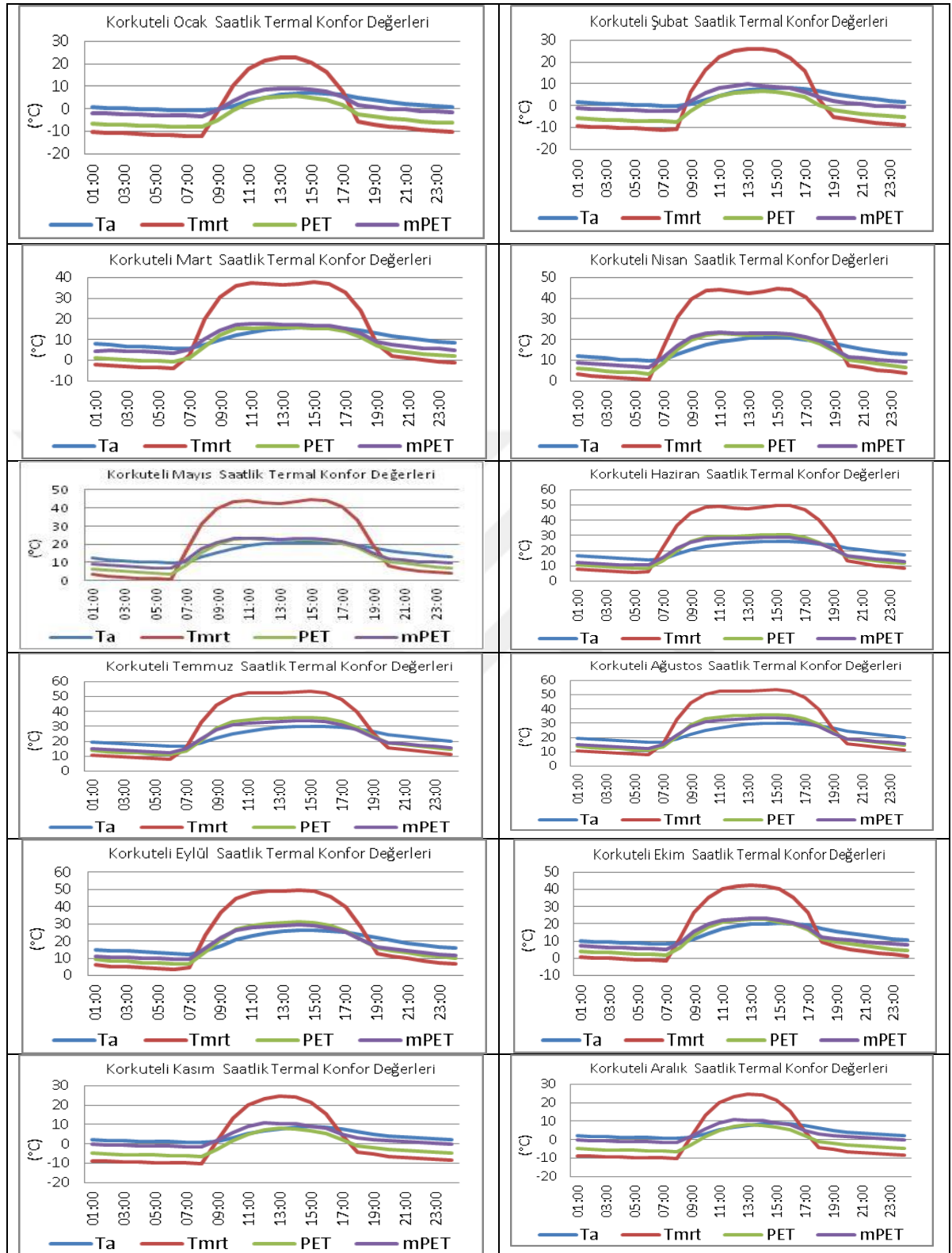
Korkuteli’nde FES(PET) ve mFES(mPET) indislerinin karşılaştırması



Şekil 4.1.10.4. Korkuteli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre mevsimlik PET ve mPET indisleri

Korkuteli’nde yaz mevsimi dışında **mPET**, nispi nem yüksekliği nedeniyle **PET**’ten yüksek bulunmuştur. PET ve mPET konfor indislerinde her iki senaryoya göre artış eğilimleri söz konusudur fakat RCP8.5 senaryosuna göre artışlar daha fazladır. İndislerdeki artışlar ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde termal konfora olumlu yönde etki ederken yaz mevsiminde konforu azaltıcı rol üstlenmektedir (Şekil 4.1.10.4).

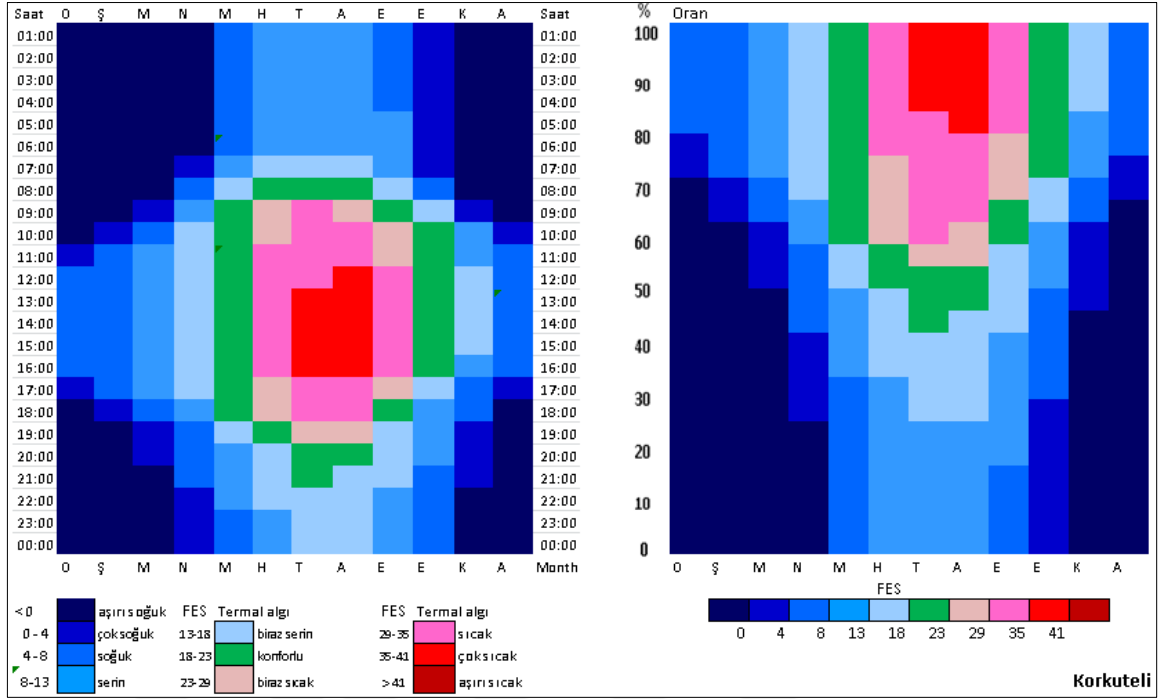
Aylık mPET değerleri ocak, şubat, mart, nisan, kasım ve aralık aylarında yüksek RH ve clo nedeniyle PET değerlerinden yüksek bulunmuştur (Şekil 4.1.10.5).



Şekil 4.1.10.5 Korkuteli’nde aylık konfor indislerinin saatlere göre değişimleri

Ortalama radyan sıcaklığı (**Tmrt**), Korkuteli’nde gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine; hatta haziran-eylül arası 50°C’ler civarına çıkmaktadır (Şekil 4.1.10.5). Yüksek Tmrt değerleri yazın FES indis değerlerini de arttırmaktadır.

Korkuteli saatlik FES dağılımları ve bunların aylık oranları



Şekil 4.1.10.6. Korkuteli saatlik FES dağılımı (sol) ile bunların aylık oranları (sağ) (veri periyodu 1968-2017)

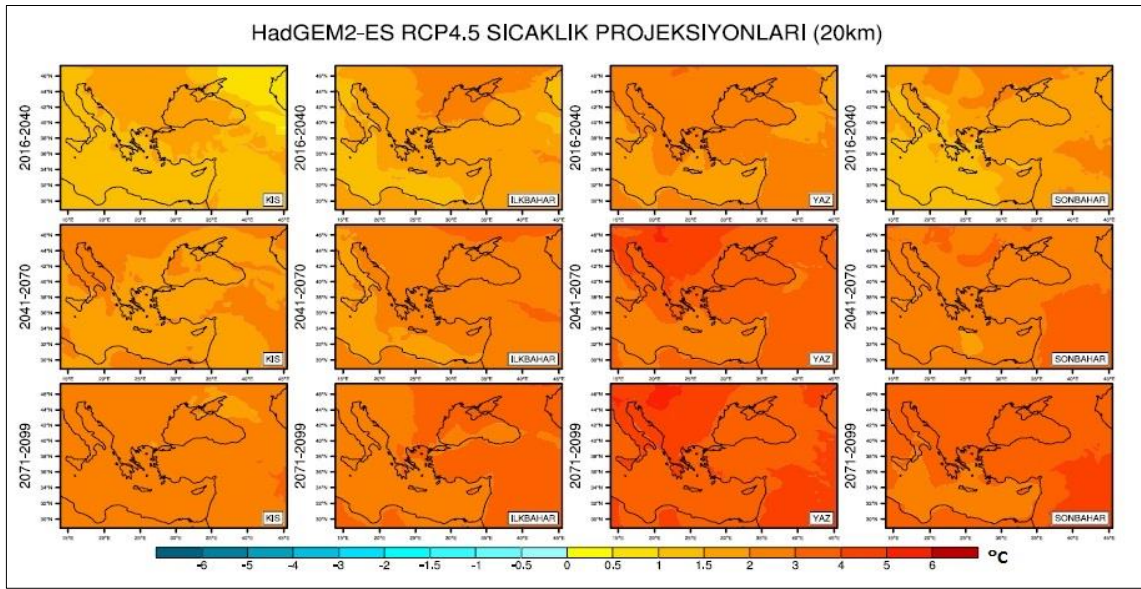
Tablo 4.1.9. Korkuteli’nde aylık gece, sabah ve gündüz termal konfor değerlendirmesi ve oranları

Ay	Gece	Sabah/Akşam	Gündüz	Frekans
Ocak	Aşırı soğuk	Aşırı soğuk	çok soğuk /soğuk	%70 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %20 soğuk
Şubat	Aşırı soğuk	Çok soğuk	çok soğuk /soğuk	%60 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %30 soğuk
Mart	Aşırı soğuk	Çok soğuk/ soğuk	serin	%50 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %10 soğuk, %30 serin
Nisan	Aşırı ve çok soğuk	serin	Biraz serin	%25 aşırı soğuk, %15 çok soğuk %20 soğuk % 10 serin, %30 Biraz serin,
Mayıs	soğuk	Serin/Biraz serin	konforlu	%35 soğuk %15 serin, %10 Biraz serin, %40 konforlu
Haziran	Serin/ Biraz serin	konforlu	Biraz sıcak/ sıcak	%35 serin, %15 Biraz serin, %10 konfor, %15 Biraz sıcak, %25 sıcak
Temmuz	Serin/ Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak/ çok sıcak	%25 serin, %20 Biraz serin, %10 konfor, %5 Biraz sıcak, %25 sıcak, %15 çok sıcak
Ağustos	Serin/ Biraz serin	Konforlu/ Biraz sıcak	Sıcak/ çok sıcak	%25 serin, %20 Biraz serin, %5 konfor, %10 Biraz sıcak, %20 sıcak, %20 çok sıcak
Eylül	Soğuk/serin	Biraz serin/ konforlu	Biraz sıcak/ sıcak	%20 soğuk, %25 serin, %15 Biraz serin, %10 konforlu, %10 Biraz sıcak, %20 sıcak
Ekim	Çok soğuk/ soğuk	Biraz serin	konforlu	%30 çok soğuk, %20 soğuk, %10 serin, %10 Biraz serin, %30 konforlu
Kasım	Aşırı ve çok soğuk	Çok soğuk	Serin/Biraz serin	%45 aşırı soğuk %15 çok soğuk, %10 soğuk, %15 serin, %15 Biraz serin
Aralık	Aşırı soğuk	Çok soğuk	soğuk	%70 aşırı soğuk, %10 çok soğuk, %20 soğuk

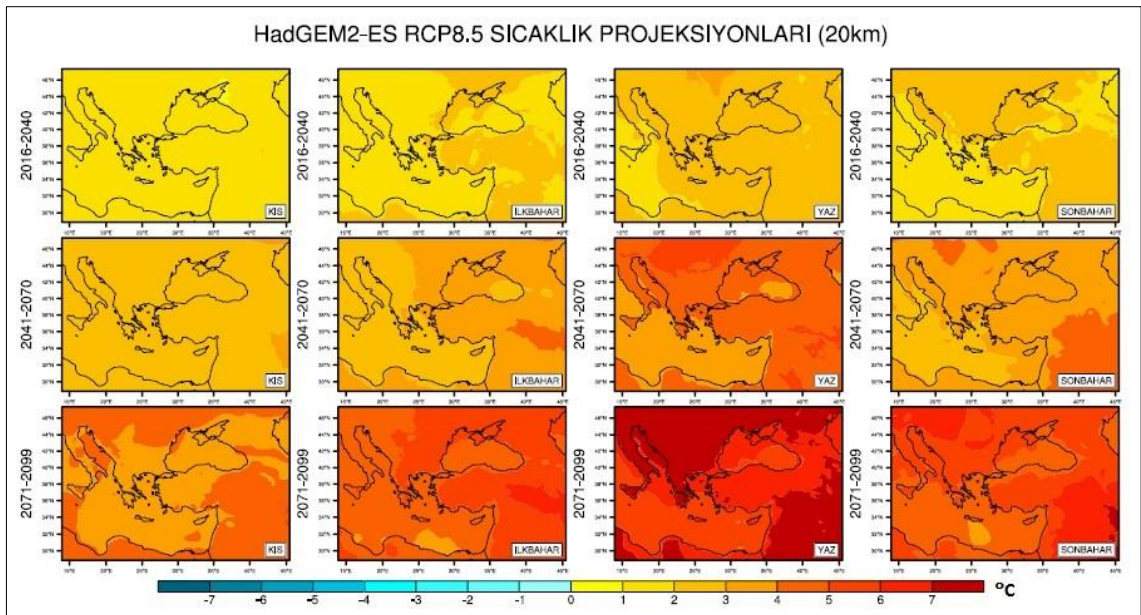
Korkuteli’nde kış ayları aşırı ve çok soğuk, mayıs ve ekim ayları geceleri soğuk/serin iken gündüzler konforlu, haziran eylül arası ise gece serin, gündüz sıcak bulunmuştur (Şekil 4.1.10.6, Tablo 4.1.9).

4.1.11. İklim değişikliğinin termal konfor üzerine etkisi

İklim değişikliğinin insanların termal konforu üzerine etkilerini incelerken sadece gözlenen değişikliği vermek yeterli değildir. Bu nedenle çalışmada 2098 yılına kadarki iklim projeksiyon verisi de kullanılmıştır. Türkiye ve çevresi için Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCP) senaryoları ile çalıştırılan RegCM4 bölgesel iklim modeli sonuçlarına göre 21. yüzyılın sonlarına doğru beklenen sıcaklık artışları RCP4.5 senaryosuna göre 2-3°C, RCP8.5 senaryosuna göre ise 2-6°C'dir. Mevsimsel açıdan yaz mevsimindeki, bölgesel açıdan Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerindeki, dönemsel açıdan ise 2071-2099 dönemlerindeki sıcaklık artışlarının görece olarak fazla olacağı tahmin edilmektedir (Şekil 4.1.11.1 ve 2).



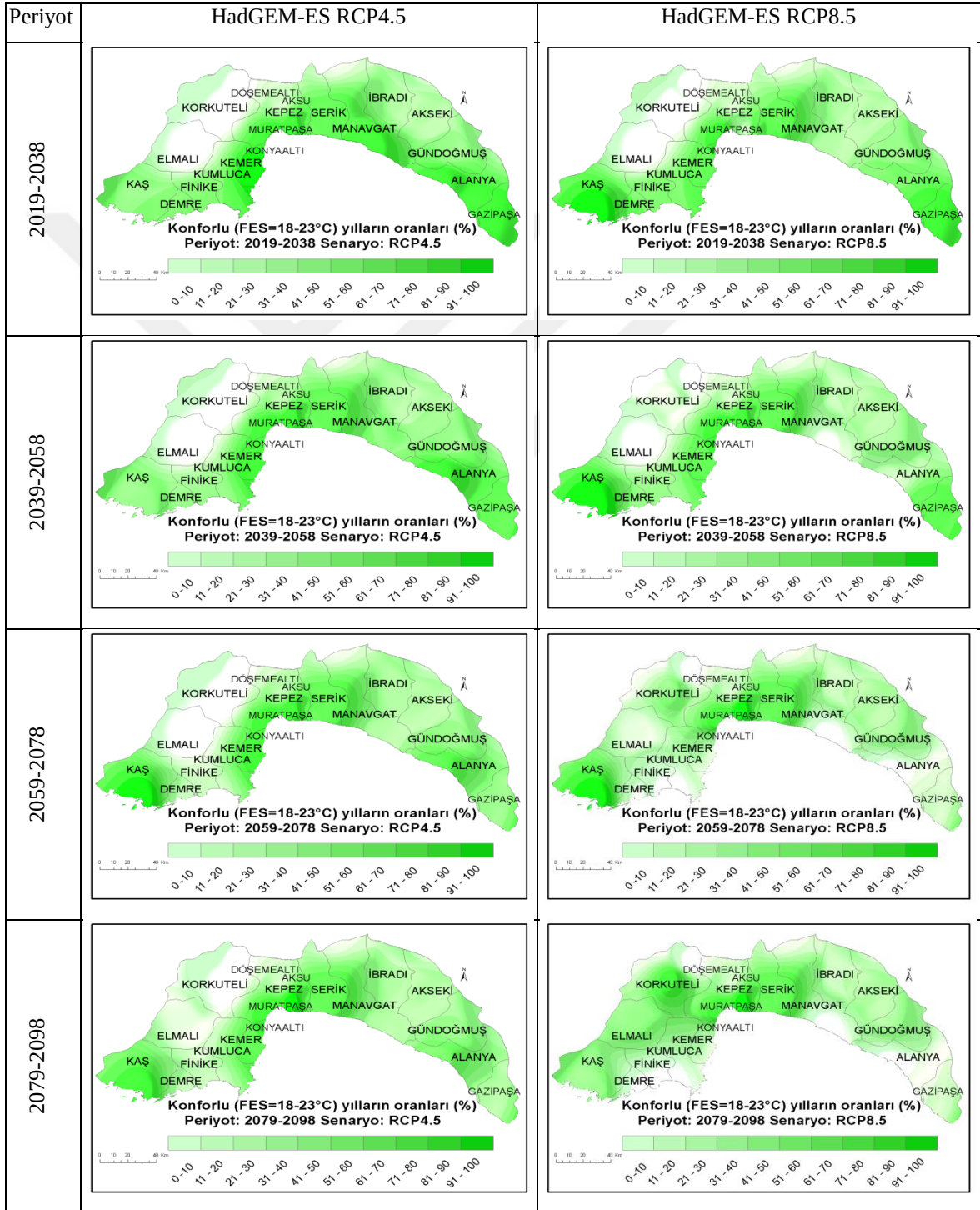
Şekil 4.1.11.1 RCP 4.5 senaryosuna göre Türkiye sıcaklık projeksiyonları (Akçakaya vd., 2015).



Şekil 4.1.11.2 RCP 8.5 senaryosuna göre Türkiye sıcaklık projeksiyonları (Akçakaya vd., 2015).

4.1.12. Antalya’da projekte edilen konforlu yılların oranının alansal dağılımları

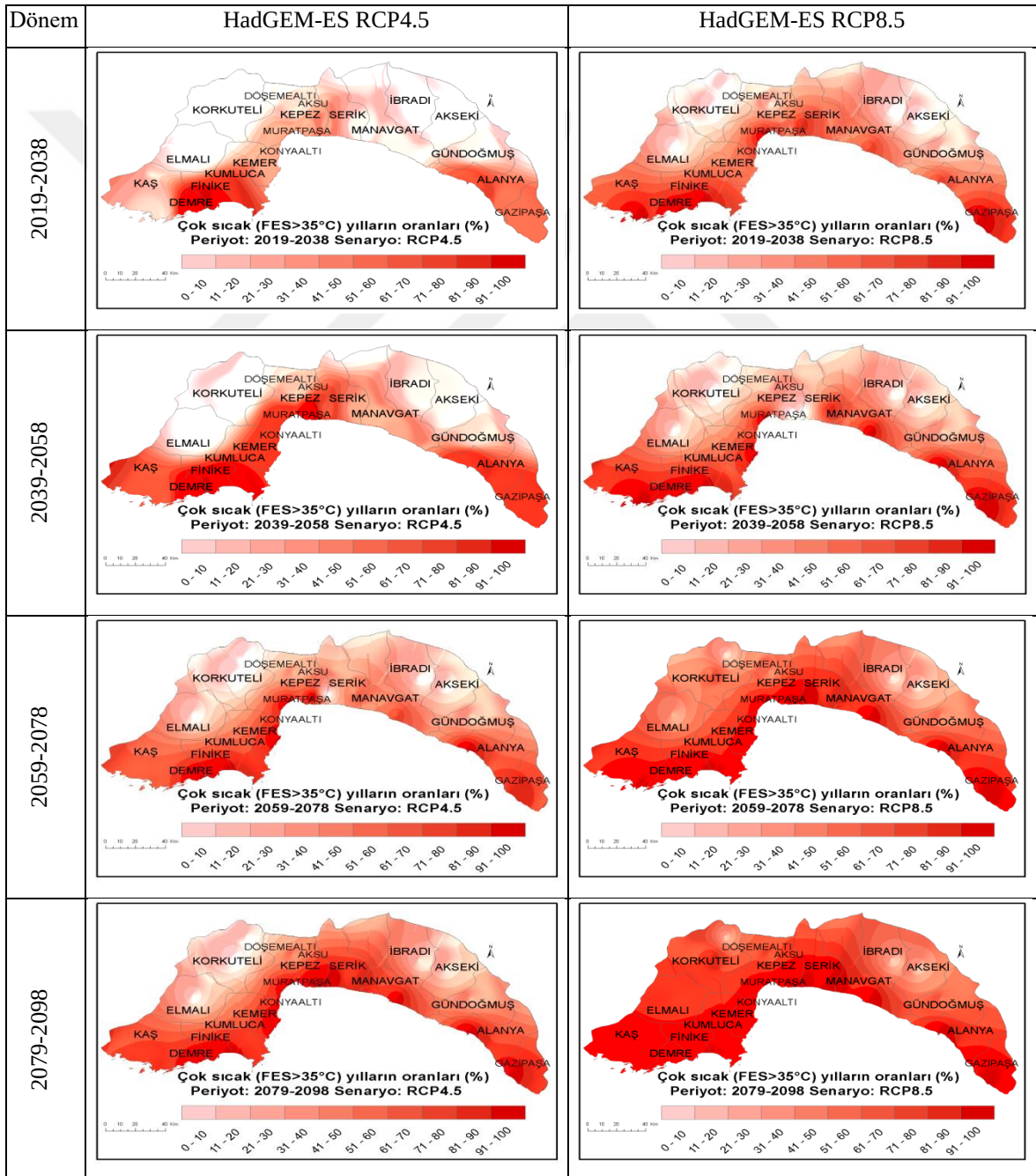
Antalya’da RCP4.5 senaryosuna göre ilkbahar mevsiminin Korkuteli ve Elmalı dışında her dört dönemde de genellikle konforlu olacağı; fakat RCP8.5 senaryosuna göre daha fazla artacak sıcaklıklara paralel olarak, ilk dönemden sonra konforlu yıl sayılarının kıyı kesimlerinde azalıp dağlık kesimlerde artacağı tahmin edilmektedir. (Şekil 4.1.12).



Şekil 4.1.12. Antalya’da İlkbahar mevsiminde RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre hesaplanan termal konforlu (FES=18-23°C) yılların oransal dağılımları

4.1.13. Antalya’da projekte edilen çok sıcak yılların oranının alansal dağılımları

Antalya’da yaz mevsiminde çok sıcak yılların ($FES > 35^{\circ}\text{C}$) 20 yıllık dört dönemdeki mekânsal dağılım yüzdeleri hesaplanmıştır. RCP4.5 senaryosuna göre, ardışık 20 yıllık dönemlerde, çok sıcak yılların yüzdeleri sırasıyla %28, %46, %49 ve %58’dir. Antalya’nın yaz sezonunda Korkuteli ve Elmalı dışında genellikle çok sıcak olacağı beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre, birbirini takip eden 20 yıllık dönemlerde, çok sıcak yılların yüzdesi sırasıyla %46, %51, %70 ve %81 olacaktır (Şekil 4.1.13.



Şekil 4.1.13 Antalya’da RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre hesaplanan çok sıcak ($FES > 35^{\circ}\text{C}$) yılların oransal dağılımları

Tablo 4.1.1.10. İstasyonların projeksiyon dönemlerinde konforlu olacağı mevsimler

İstasyon	Kış		İlkbahar		Yaz		Sonbahar	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
Gazipaşa			+	+			+	
Alanya			+	+				
Manavgat		+	+	+				
Antalya			+	+			+	+
Kemer		+	+	+				
Finike		+	+	+				
Kaş			+	+			+	
Demre		+	+	+				
Elmalı				+			+	+
Korkuteli				+			+	+

RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarıyla hazırlanan HadGEM sıcaklık, nispi nem ve rüzgar projeksiyon verisi kullanılarak hesaplanan FES (PET) termal konfor indislerine göre, istasyonların konforlu olduğu mevsimler az da olsa farklılık göstermektedir.

Kış mevsiminde RCP8.5 senaryosuna göre Kemer’de fazla olmak üzere, Manavgat, Finike ve Demre’de az da olsa konforlu yılların ortaya çıkabileceği hesaplanmıştır.

İlkbahar mevsiminin kıyı istasyonlarında her iki senaryoya göre konforlu olacağı beklenirken RCP8.5 senaryosuna göre konforlu yılların sayısı gittikçe azalıp biraz sıcaklar artacaktır. Dağlık istasyonlardan Elmalı ve Korkuteli’nde ise konfor RCP8.5 senaryosuna göre ortaya çıkabilecektir.

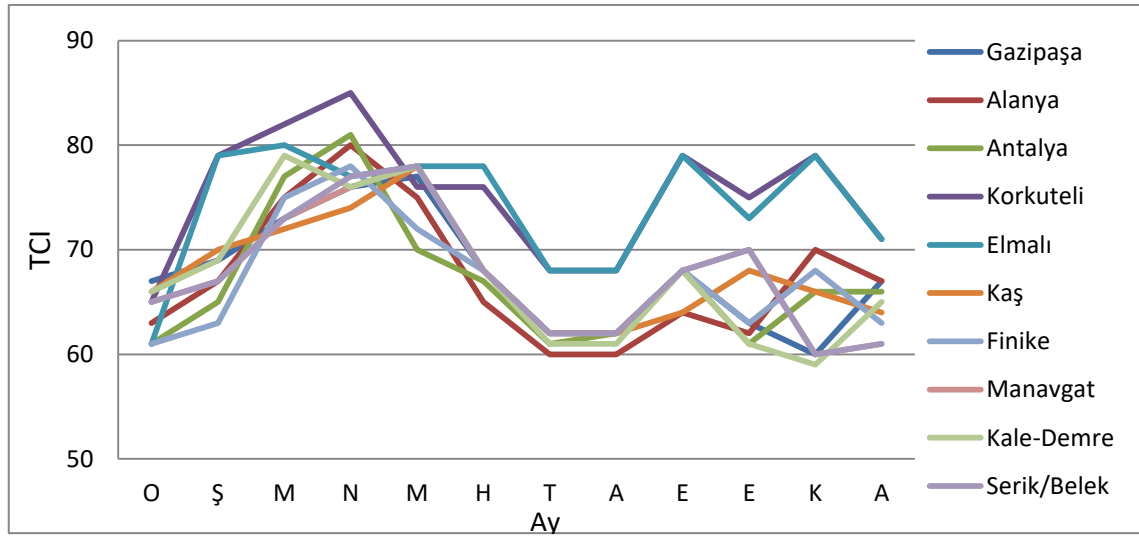
Yaz mevsimi projeksiyon verisi ile hiçbir istasyonda konforlu çıkmazken, RCP4.5 senaryosuna göre, ardışık 20 yıllık dönemlerde (2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2089-2098) çok sıcak yılların yüzdeleri sırasıyla %28, %46, %49 ve %58’dir. Antalya’nın yaz sezonunda Korkuteli ve Elmalı dışında genellikle çok sıcak olacağı beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre ise çok sıcak yılların yüzdesi, RCP4.5 senaryosuna kıyasla iki katına çıkacaktır (sırasıyla %46, %51, %70 ve %81). Son dönemlerde artmak üzere Antalya genellikle yazın çok sıcak olacaktır.

Sonbahar mevsiminin Antalya ile Dağlık Elmalı ve Korkuteli istasyonlarında her iki senaryoya göre de konforlu olacağı hesaplanmış iken, Gazipaşa ve Kaş’ta RCP4.5 senaryosuna göre var olacak konforlu yılların RCP8.5 senaryosuna göre ortadan kalkacağı; Antalya’da ise azalacağı hesaplanmıştır. Alanya, Manavgat, Kemer, Finike ve Demre’de ise sonbahar konforlu olmayacaktır.

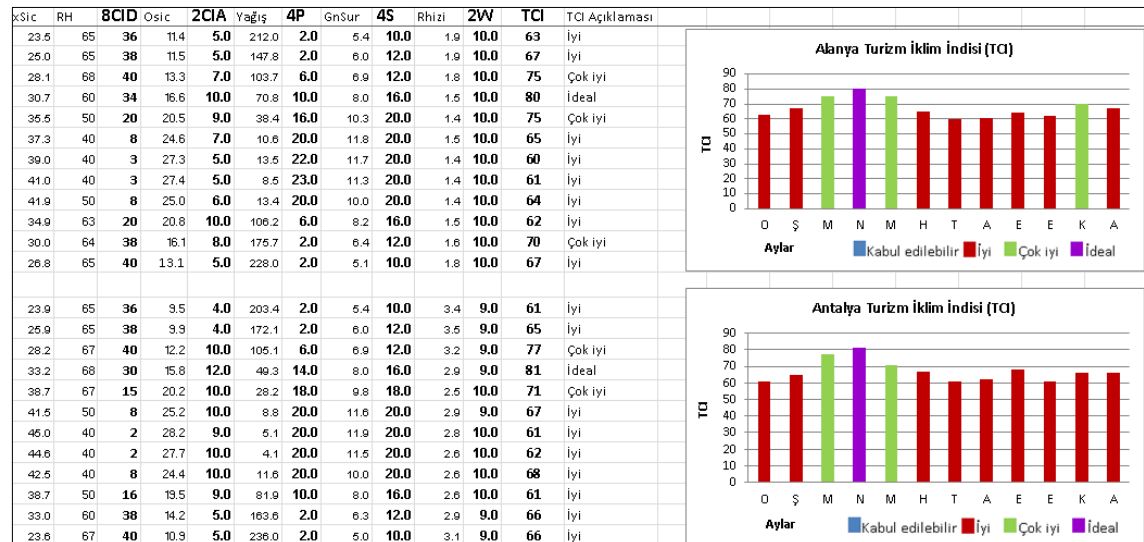
4.2. İndis Analizleri

4.2.1. Turizm İklim İndisi (TCI)

Gerçekleştirilen Turizm İklim İndisi (TCI) sonuçlarına göre Antalya’da turizme elverişsiz istasyon ve ay bulunmamıştır (TCI>50). Antalya’da bulunan istasyonlarda bimodal-bahar yükseği (ilkbahar ve sonbaharda yüksek TCI değerleri) turizm konfor modeli görülmüş olup bu sonuç FES sonuçlarıyla kısmen örtüşmektedir. Gündüz konfor indisinin (CID) TCI içerisindeki payı yüksek olduğundan en düşük TCI değerlerine sıcaklıkların yüksek olduğu Alanya’da en yüksek TCI değerlerine ise sıcaklıkların daha az olduğu dağlık alanlarda, Elmalı ve Korkuteli’nde rastlanmıştır. (Şekil 4.2.1).

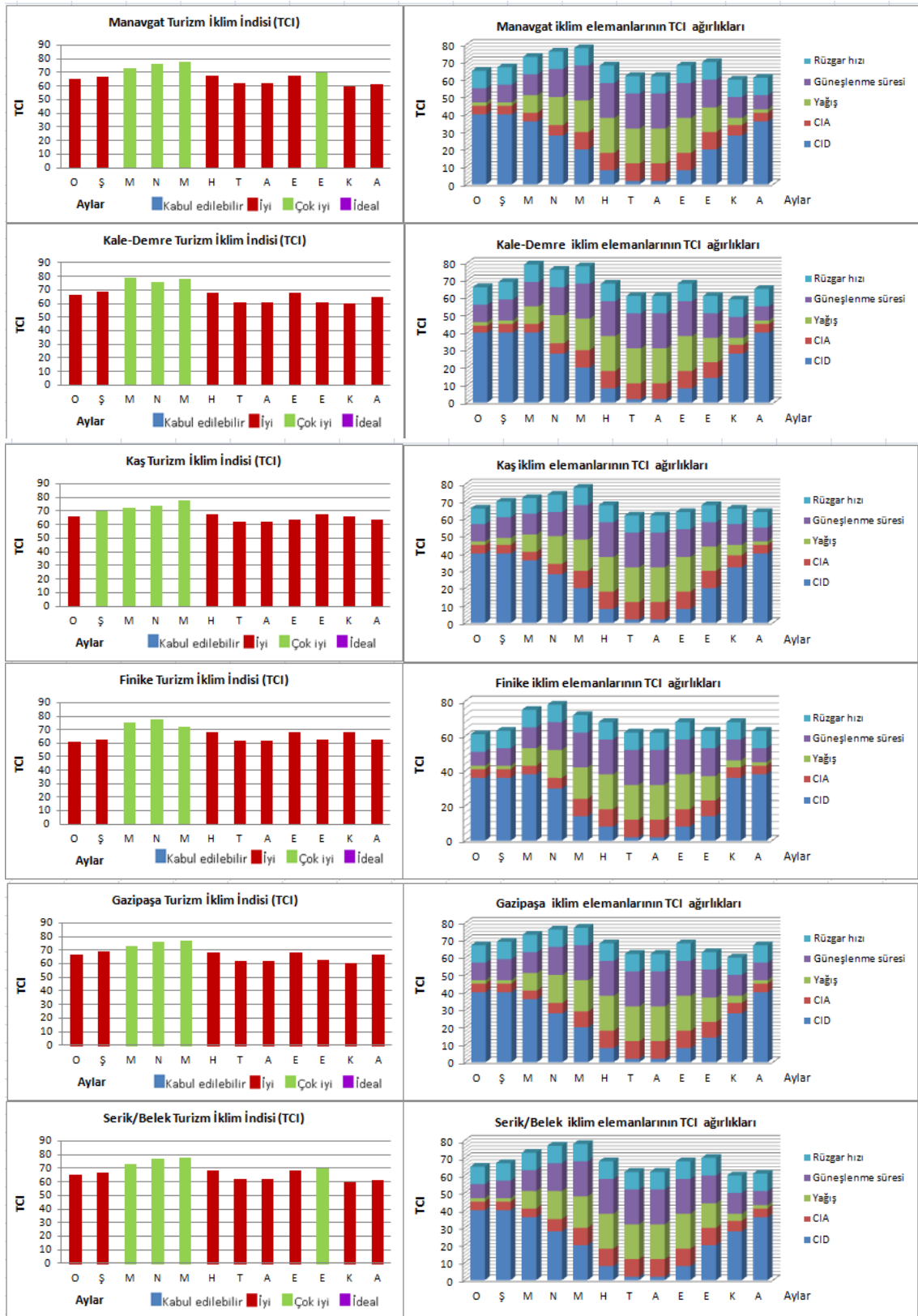


Şekil 4.2.1. Antalya istasyonlarının uzun yıllar aylık ortalama TCI değerleri



Şekil 4.2.2. Antalya ve Alanya'nın aylık TCI değerleri ve grafikleri

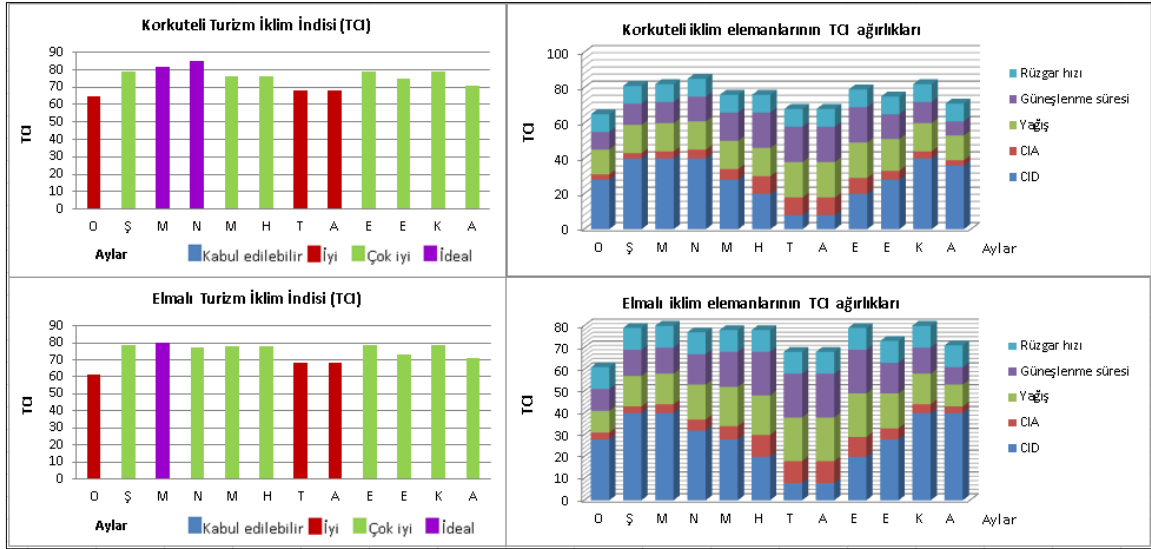
Alanya ve Antalya’da bimodal-bahar yükseği turizm konfor modeli görülmüştür. İlkbahar Mevsimi sonbahara göre çok daha iyi konfor koşullarına sahiptir (Şekil 4.2.3). Bu bulgu termal konfor (FES) bulgularıyla eşleşmektedir.



Şekil 4.2.3. Antalya sahil istasyonlarının aylık TCI değerleri ve iklim elemanlarının TCI ağırlıkları

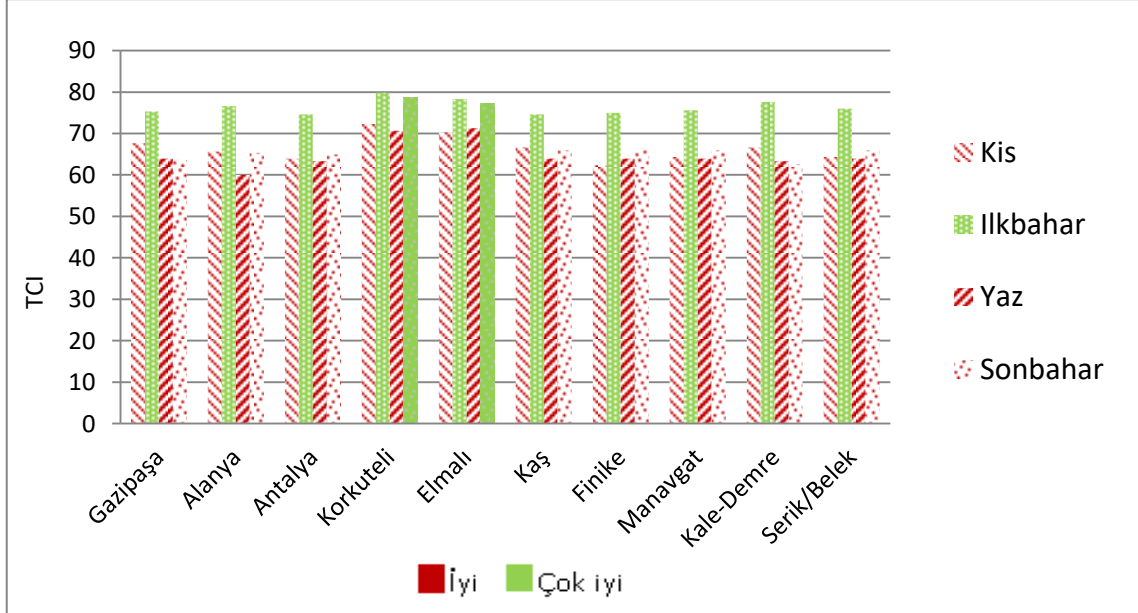
Bütün sahil istasyonlarında bimodal-bahar yükseği turizm konfor modeli görülmüştür. İlkbahar çok daha iyi turizm konforu sunarken sonbahar hala yazdan kalma sıcaklar nedeniyle genellikle “iyi” kategoride TCI değerlerine sahiptir. İndisler arasında kışın gündüz konfor indisinin (CID) ağırlığı yüksektir. Çünkü sıcaklığın yüksek olmadığı

aylarda CID değerleri yüksektir. Akdeniz Bölgesinde yazın yağış yok denecek kadar az (%2, Şekil 1.6) olduğundan bu da iyi bir turizm konforu sunmakta ve yazın TCI içerisindeki yağış indisinin ağırlıkları yüksek olmaktadır (Şekil 4.2.3).



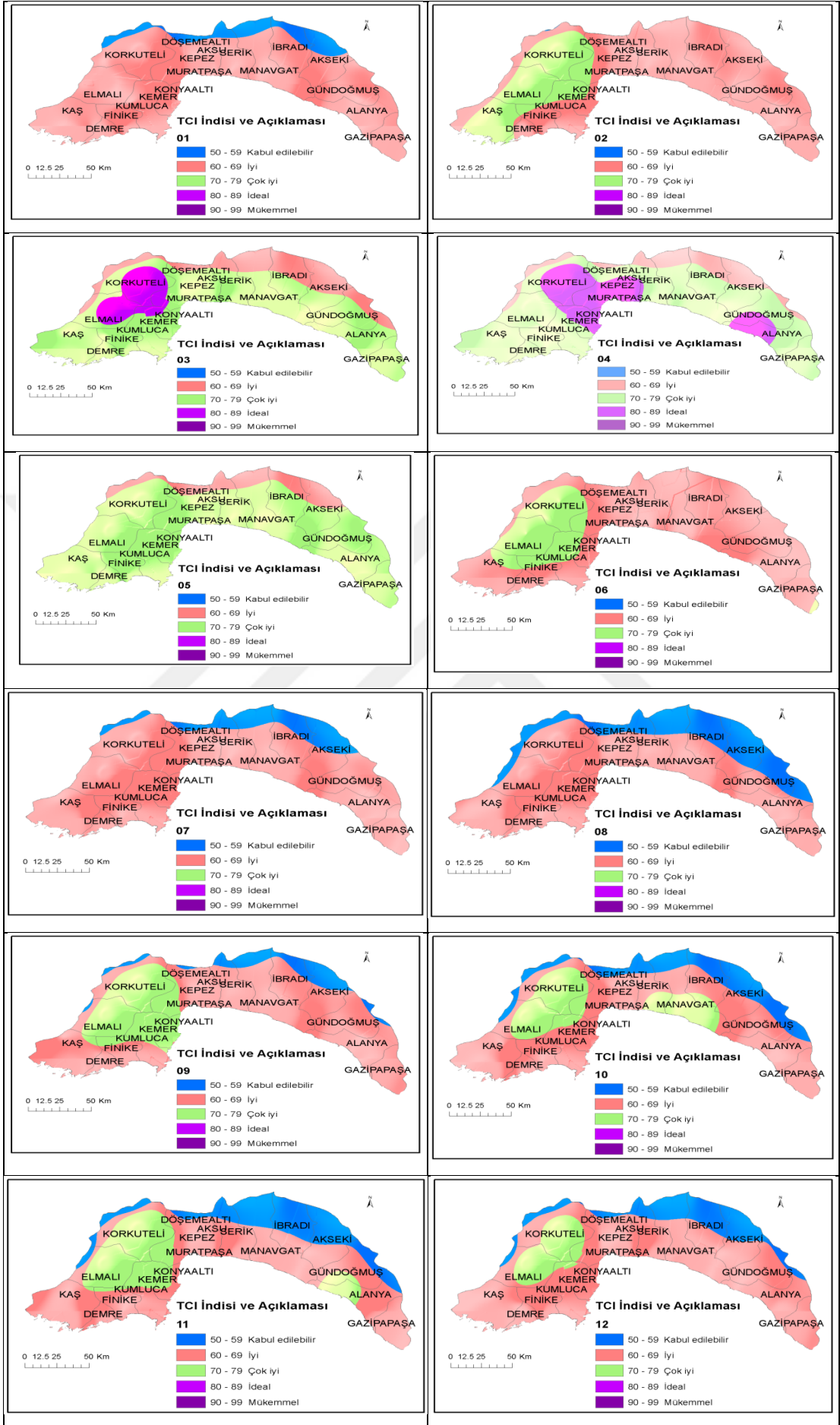
Şekil 4.2.4. Korkuteli ve Elmalı'nın aylık TCI değerleri ve iklim elemanlarının TCI ağırlıkları

Korkuteli ve Elmalı'da bahar yükseği (bimodal) turizm konfor modeli görülmüştür. İlkbahar ve sonbahar bu istasyonlar için ideal ve çok iyi turizm konfor imkânları sunmaktadır (Şekil 4.2.4).



Şekil 4.2.5. İstasyonların mevsimlik TCI değerleri

TCI indisleri ilkbaharda tüm istasyonlarda, sonbaharda ise dağlık Elmalı ve Korkuteli istasyonlarında “çok iyi” (70-79), diğer mevsimlerde ise “iyi” (60-69) bulunmuştur. Turizmin uygun olduğu dönemler yazdan ilkbahara doğru kaymıştır. Sonbahar yazdan kalan sıcaklıklar nedeniyle hala sıcak olduğu için “iyi” (60-69) sınıfında çıkmıştır (Şekil 4.2.5).



Şekil 4.2.6. Turizm İklim İndisi (TCI) değerlerinin alansal dağılımı

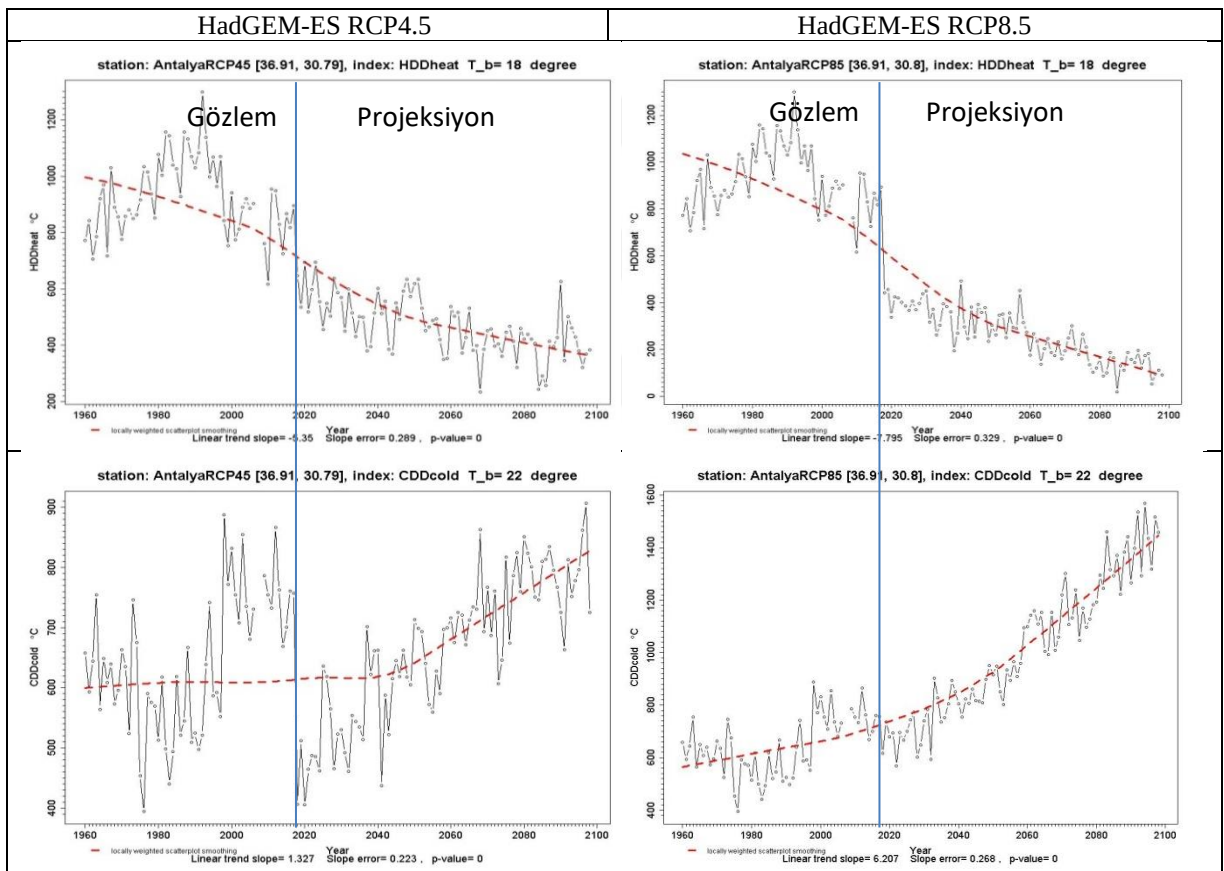
TCI indisleri mart nisan, mayıs aylarında istasyonların çoğunda “çok iyi” (70-79), Elmalı ve Korkuteli gibi dağlık istasyonlarda şubat - haziran ve eylül- aralık arası “çok iyi” (70-79)’dir. İstasyonların genelinde ocak ayı ile temmuz-aralık arası “iyi” (60-69) bulunmuştur. Diğer dağlık alanlarda ise ocak ayı ile temmuz-aralık arası “kabul edilebilir” sınırlarda (50-59) bulunmuştur (Şekil 4.2.6).

Bir turizm destinasyonu olarak Antalya’nın turistlerin çok büyük bir bölümü tarafından tatil amaçlı ziyaret edildiği araştırma bulguları ile desteklenmektedir. Buna göre, araştırma örneklemini içerisindeki turistlerin % 85,3’ünün Antalya yöresini ziyaret amacının tatil/eğlence olduğu saptanmıştır. Araştırmaya katılan turistlerin % 8,1’i her şey dâhil sistemini bir ziyaret sebebi olarak göstermişlerdir. Arkadaş ya da akraba ziyaretleri (% 2,8), sağlık ve tedavi amaçlı (% 2,3), iş gezisi (% 0,09) ve diğer sebepler (% 0,06) de Antalya yöresini ziyaret nedenleri arasında yer almaktadır (Albayrak vd, 2011).

4.2.2. Isıtma ve Soğutma Gün Derece (IGD (HDD) ve SGD (CDD)) Analizleri

Değişen iklimle birlikte değişen ısıtma ve soğutma (IGD (HDD), SGD (CDD)) gereksinimleri Antalya gibi önemli bir turizm destinasyonunda termal konforu sağlamak açısından çok önemlidir. Bu analizde Antalya’da aşağıdaki on istasyona ait 1960-2017 gözlem verileri ile 2018-2099 projeksiyon verileri “yıl, ay, gün, yağış, tmax, tmin” formatında hazırlanarak CLIMPACT yazılımı ile IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisleri hesaplatılmıştır.

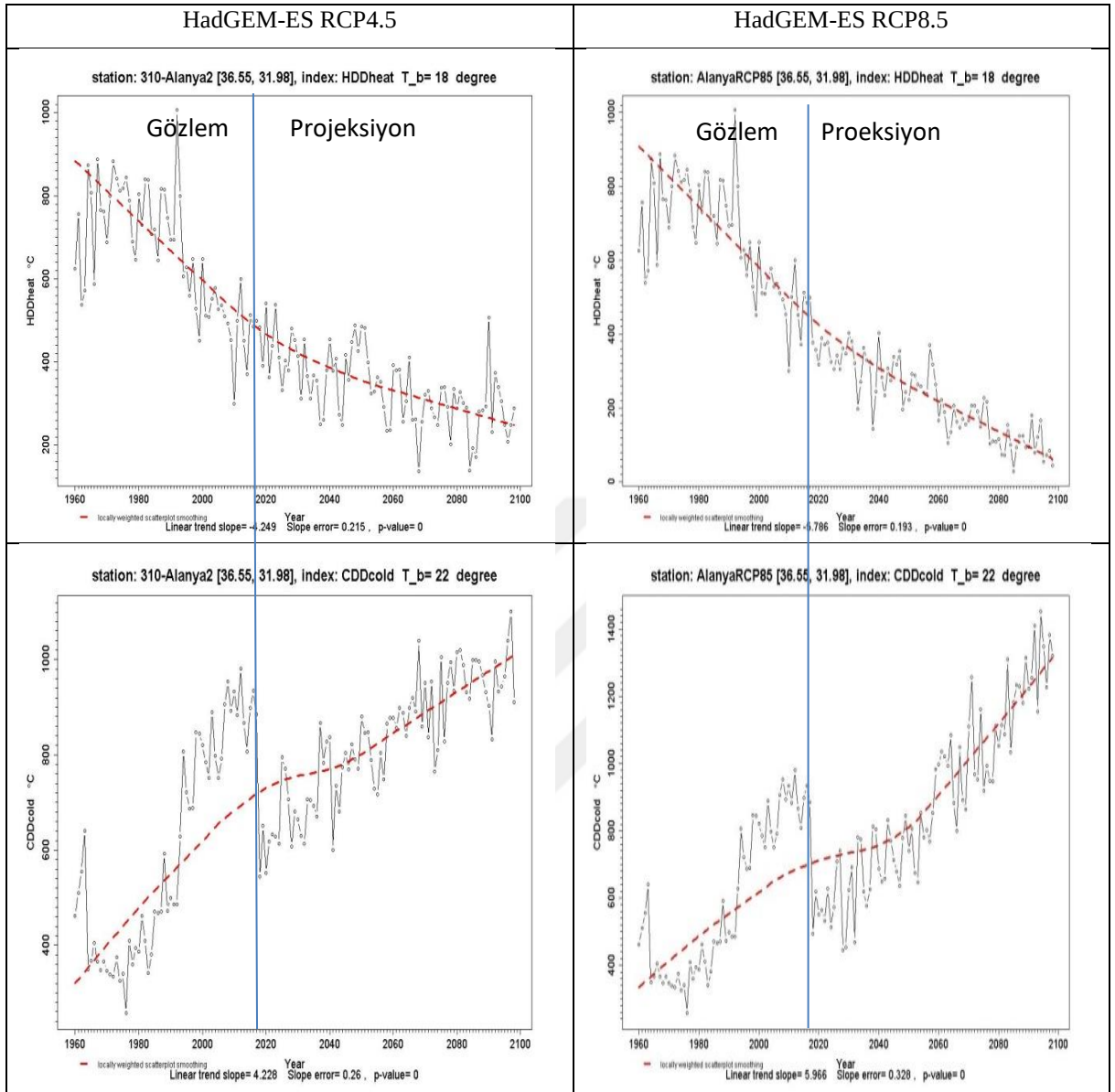
4.2.2.1. Antalya IGD (HDD) ve SGD (CDD) indis eğilimleri



Şekil 4.3.1. Antalya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Antalya’da ısıtma gereksinimleri 1000 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 400’e, RCP8.5 senaryosuna göre de 150’ye düşerken soğutma gereksinimleri 600 CDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 800’e RCP8.5’a göre ise 1400’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Antalya’da soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 2 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 9 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi (Linear trend slope) 6.21 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (p-value < 0.05) (Şekil 4.3.1).

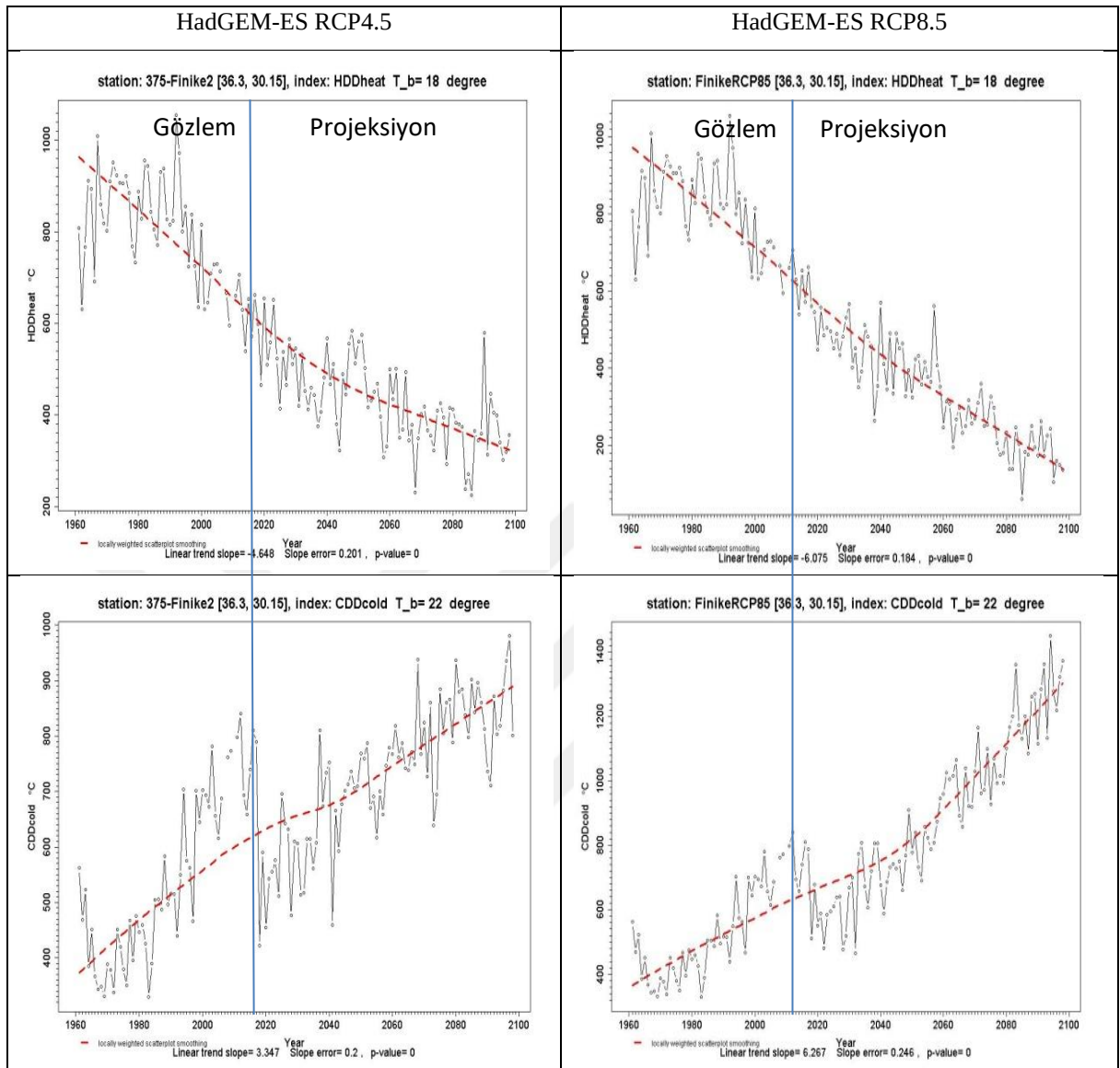
4.2.2.2. Alanya IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.2. Alanya RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Alanya’da ısıtma gereksinimleri 900 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 300’e, RCP8.5’a göre de 100’e düşerken soğutma gereksinimleri 300 CDD’den RCP4.5’a göre 1000’e RCP8.5’a göre ise 1300’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Alanya’da soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 3 katına, RCP8.5’a göre ise 13 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 5.97 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.2).

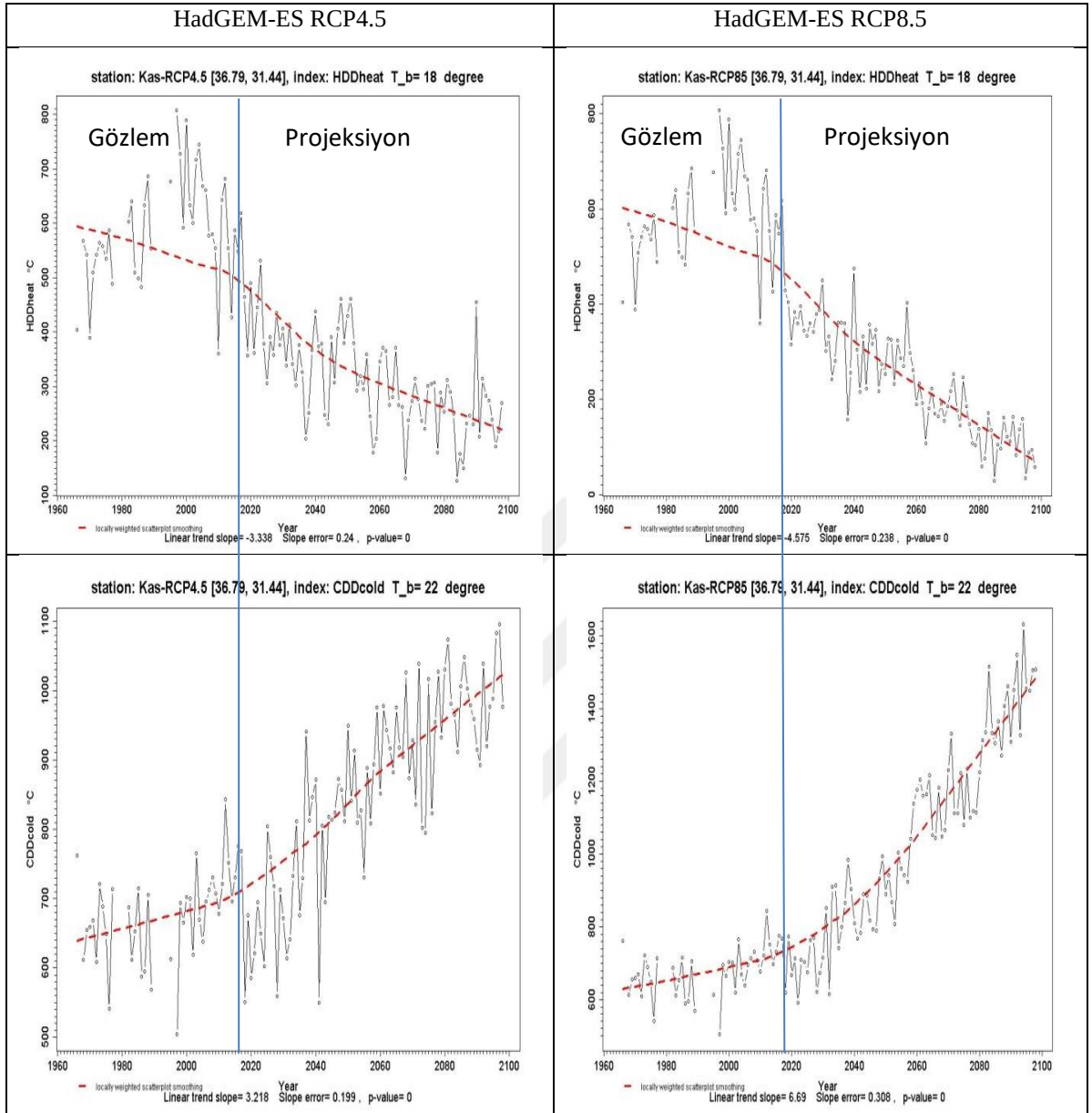
4.2.2.3. Finike IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.3. Finike RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Finike’de ısıtma gereksinimleri 900 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 300’e, RCP8.5’a göre de 200’e düşerken soğutma gereksinimleri 400 CDD’den RCP4.5’a göre 900’e RCP8.5’a göre ise 1200’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Finike’de soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 3 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 6 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 6.27 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.3).

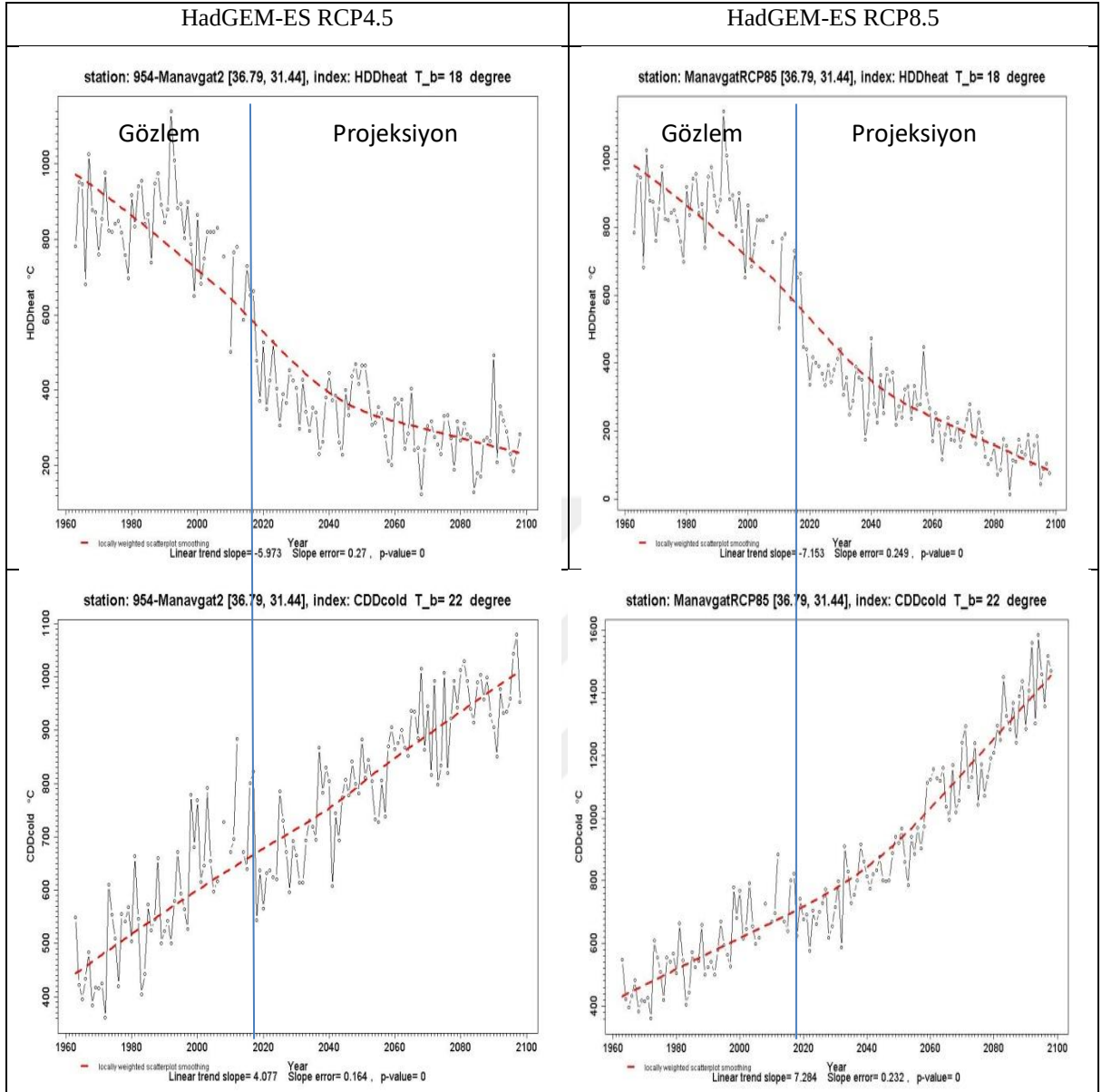
4.2.2.4. Kaş IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.4. Kaş RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Kaş'ta ısıtma gereksinimleri 600 HDD'den RCP4.5 senaryosuna göre 250'ye, RCP8.5'a göre de 100'e düşerken soğutma gereksinimleri 600 CDD'den RCP4.5'a göre 1000'e RCP8.5'a göre ise 1400'e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Kaş'ta soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 14 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 6.69 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.4).

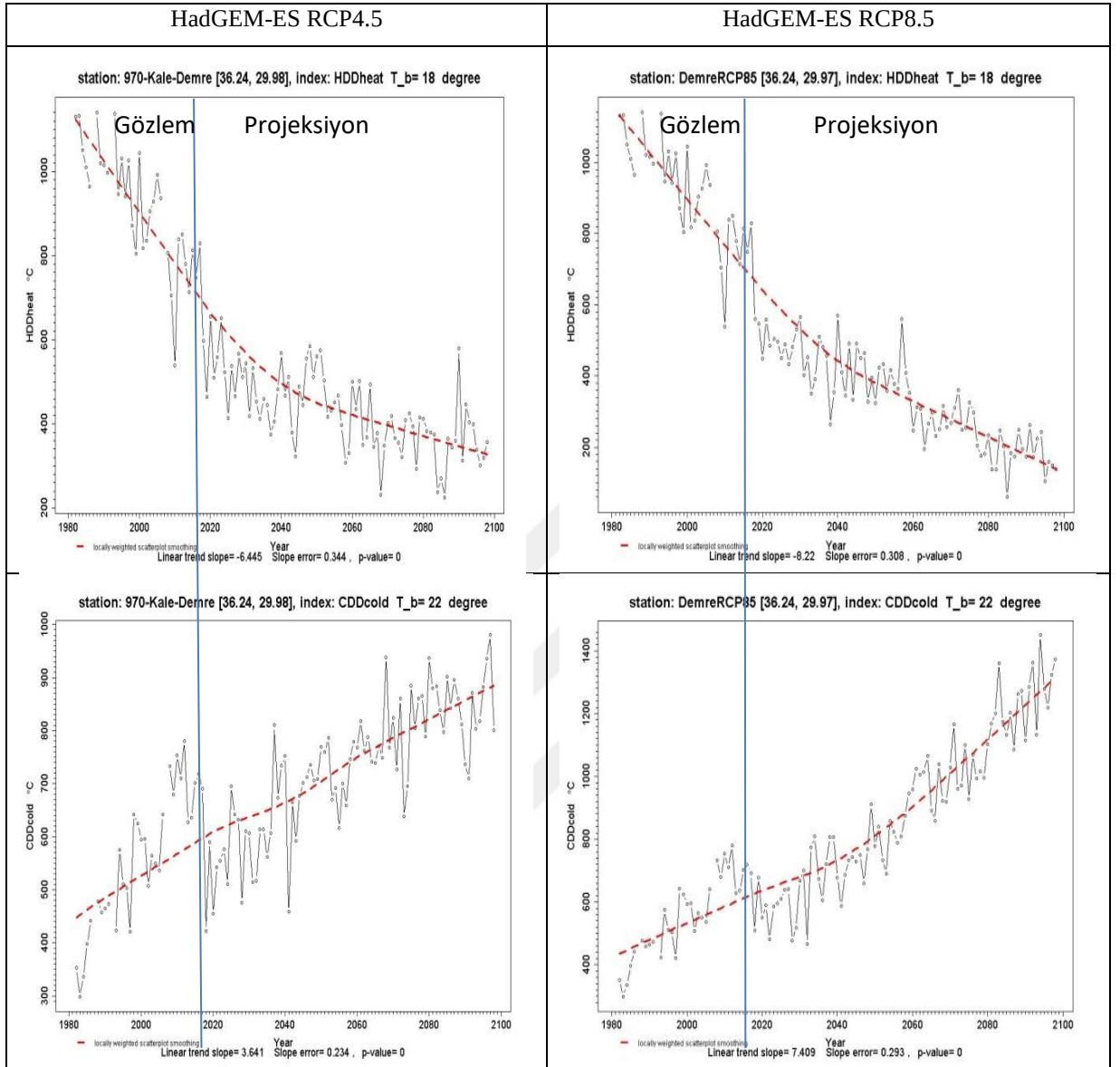
4.2.2.5. Manavgat IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.5. Manavgat RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Manavgat'ta ısıtma gereksinimleri 900 HDD'den RCP4.5 senaryosuna göre 250'e, RCP8.5'a göre de 100'e düşerken soğutma gereksinimleri 450 CDD'den RCP4.5'a göre 1000'e RCP8.5'a göre ise 1400'e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Manavgat'ta soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 14 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 7.28 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.5).

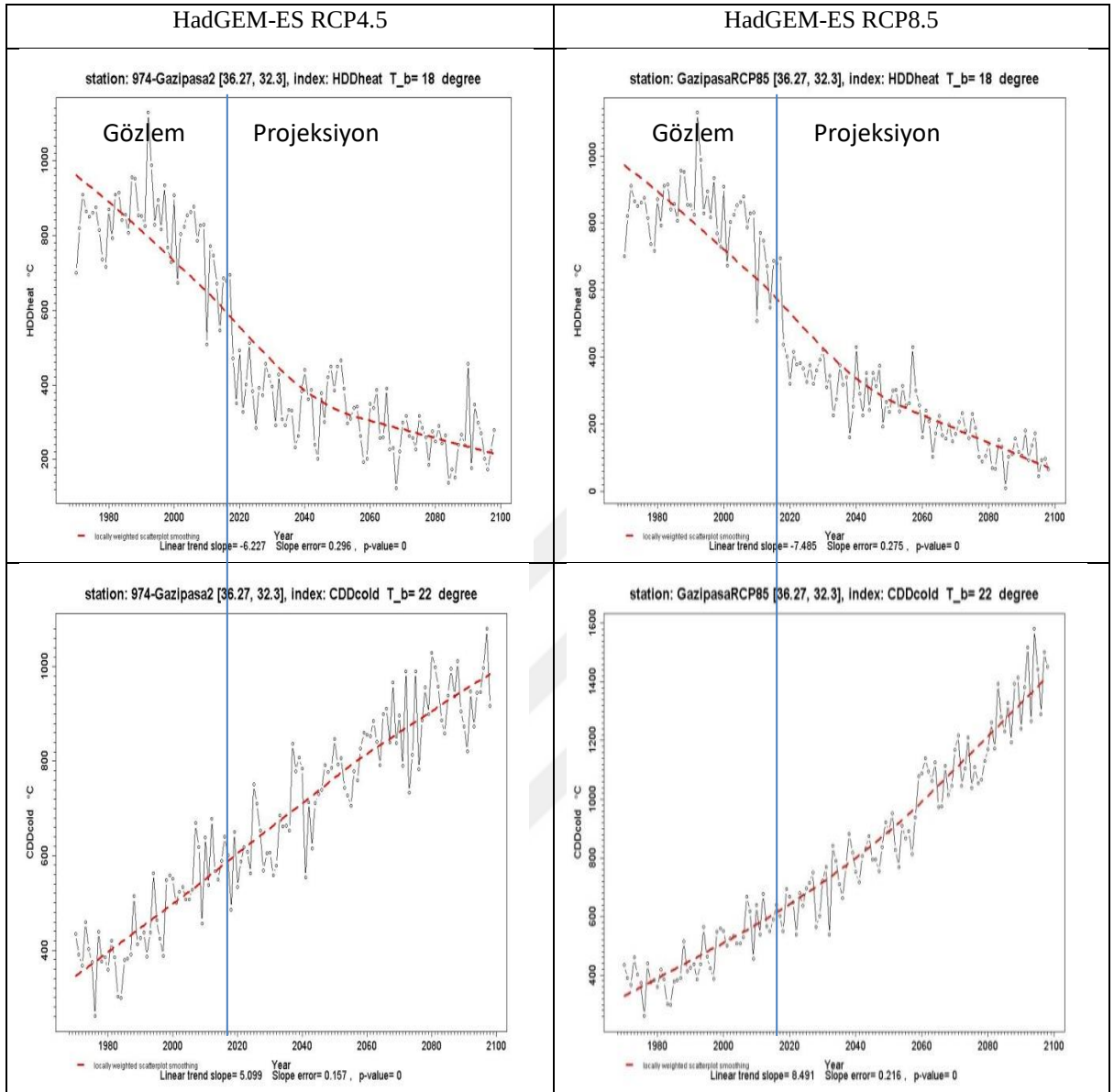
4.2.2.6. Demre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.6. Kale-Demre RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Kale-Demre’de ısıtma gereksinimleri 1100 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 300’e, RCP8.5’a göre de 150’ye düşerken soğutma gereksinimleri 450 CDD’den RCP4.5’a göre 900’e RCP8.5’a göre ise 1200’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Kale-Demre’de soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 3 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 8 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 7.41 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.6).

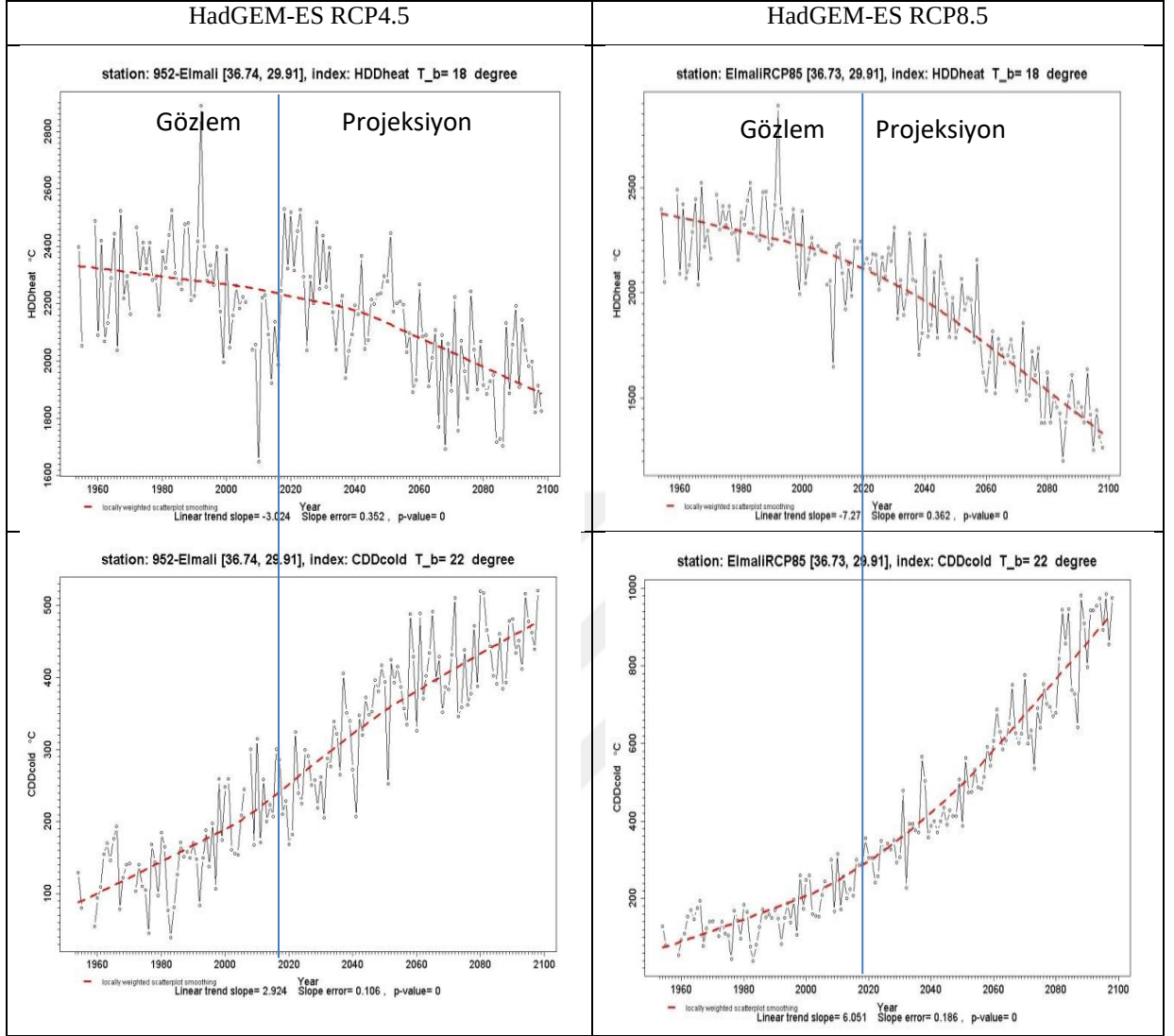
4.2.2.7. Gazipaşa IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.7. Gazipaşa RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Gazipaşa’da ısıtma gereksinimleri 1000 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 250’ye, RCP8.5’a göre de 100’e düşerken, soğutma gereksinimleri 400 CDD’den RCP4.5’a göre 1000’e RCP8.5’a göre ise 1400’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Gazipaşa’da soğutma için harcanacak enerji miktarı ısıtma için olanın RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 14 katına çıkması beklenmektedir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 8.49 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.7).

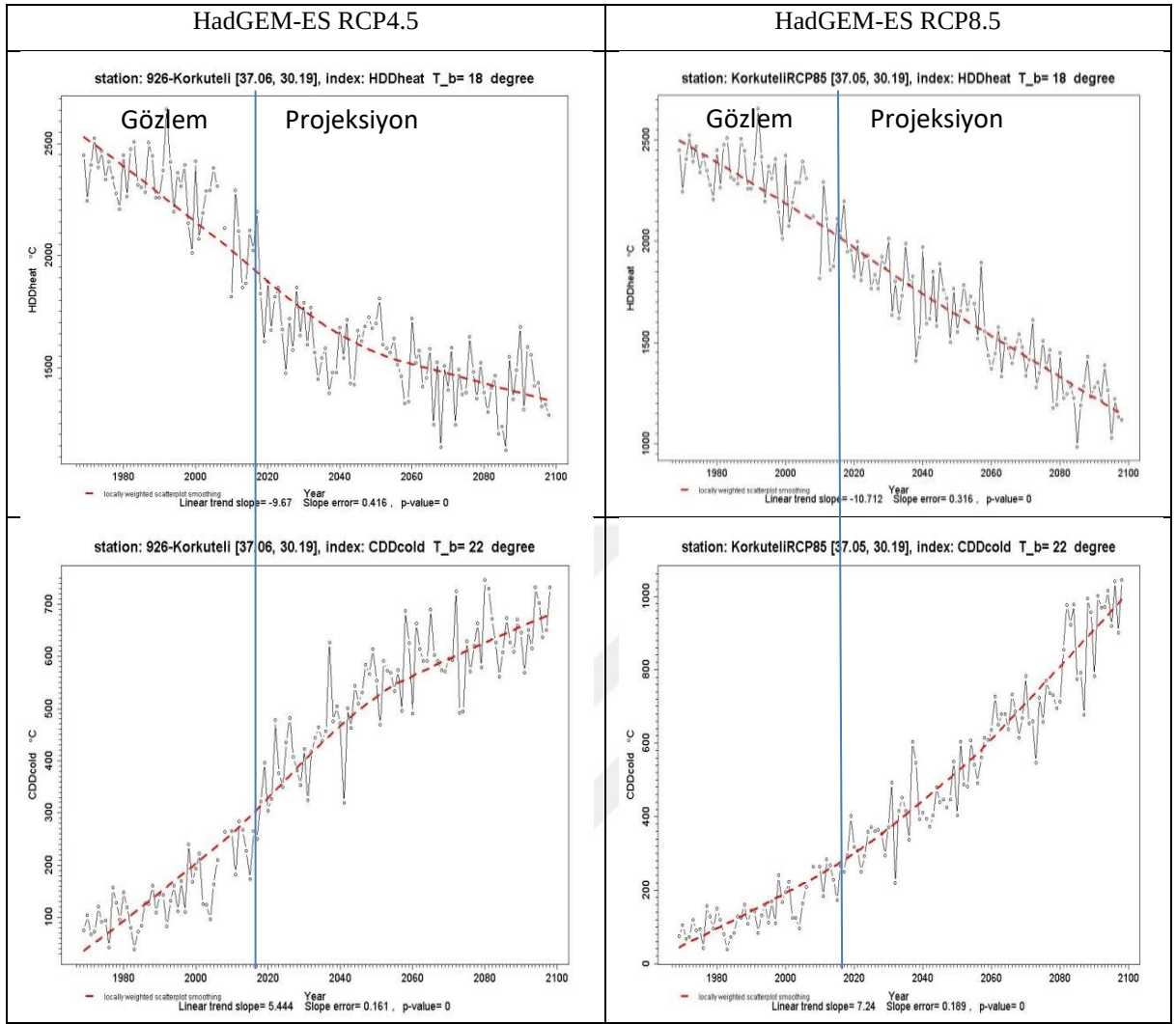
4.2.2.8. Elmalı IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri



Şekil 4.3.8. Elmalı RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Elmalı'da ısıtma gereksinimleri 2400 HDD'den RCP4.5 senaryosuna göre 1900'e, RCP8.5'a göre de 1300'e düşerken, soğutma gereksinimleri 100 CDD'den RCP4.5'a göre 500'e RCP8.5'a göre ise 900'e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Elmalı'da ısıtma için harcanacak enerji miktarı RCP4.5'a göre 500 HDD RCP8.5'a göre 1000 HDD azalacak, soğutma için harcanacak enerji miktarı ise RCP4.5 senaryosuna göre 5 kat, RCP8.5 senaryosuna göre ise 9 kat artacak, soğutma için harcanacak enerji miktarları ısıtma ile aynı düzeylere gelecektir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 6.1 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir (Şekil 4.3.8).

4.2.2.9. Korkuteli IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

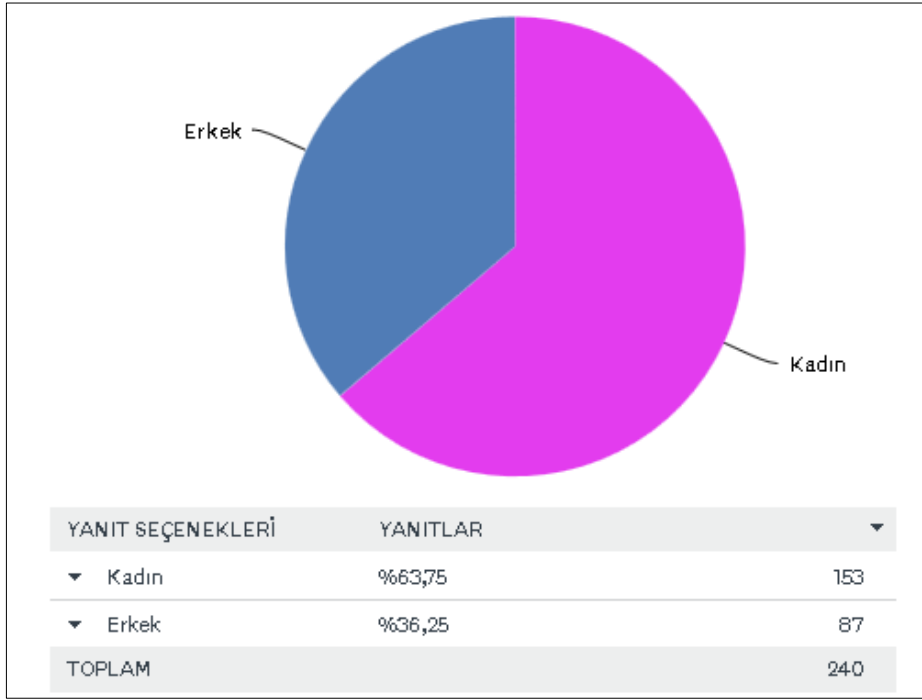


Şekil 4.3.9. Korkuteli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre IGD (HDD) ve SGD (CDD) indisi eğilimleri

Korkuteli’nde ısıtma gereksinimleri 2500 HDD’den RCP4.5 senaryosuna göre 1400’e, RCP8.5’a göre de 1250’ye düşerken, soğutma gereksinimleri 50 CDD’den RCP4.5’a göre 650’ye RCP8.5’a göre ise 1000’e çıkmaktadır. Yüzyılın sonlarına doğru Korkuteli’nde ısıtma için harcanacak enerji miktarı RCP4.5’a göre 1100 HDD RCP8.5’a göre 1250 HDD azalacak, soğutma için harcanacak enerji miktarı ise RCP4.5 senaryosuna göre 13 kat, RCP8.5 senaryosuna göre ise 20 kat artacak, soğutma için harcanacak enerji miktarları ısıtmayla aynı düzeylere gelecektir. RCP8.5 senaryosunda CDD artış eğilimi 7.24 CDD/yıl ve %95 güven aralığında önemlidir. (Şekil 4.3.9).

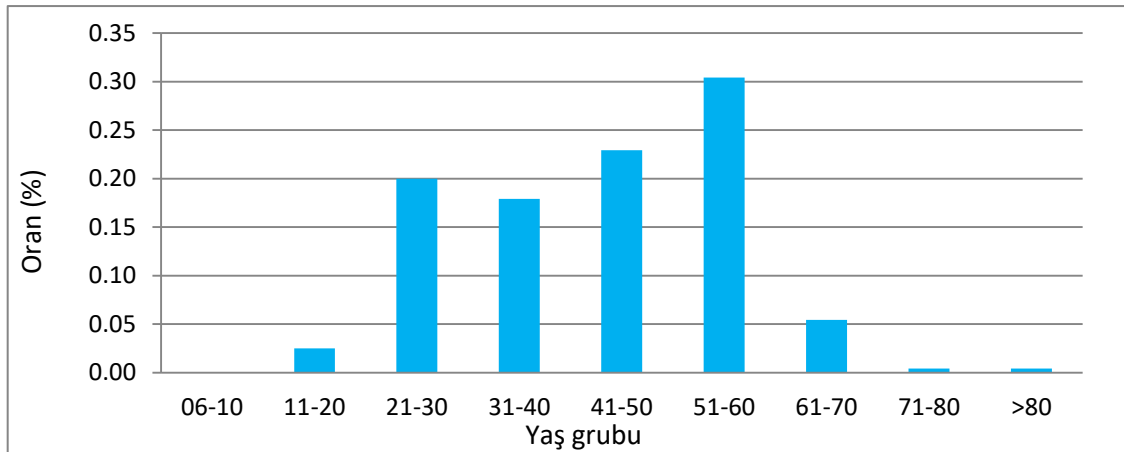
4.4. Antalya İçin Termal Algı Anketi

Tatil için Antalya'yı tercih edenlerde cinsiyet, yaş grupları gibi demografik faktörlere göre algılanan termal konforu ortaya koymak ve bunları hesaplanan termal konfor sonuçları ile karşılaştırmak amacıyla <https://tr.surveymonkey.com> platformunda bir anket düzenlenmiştir.



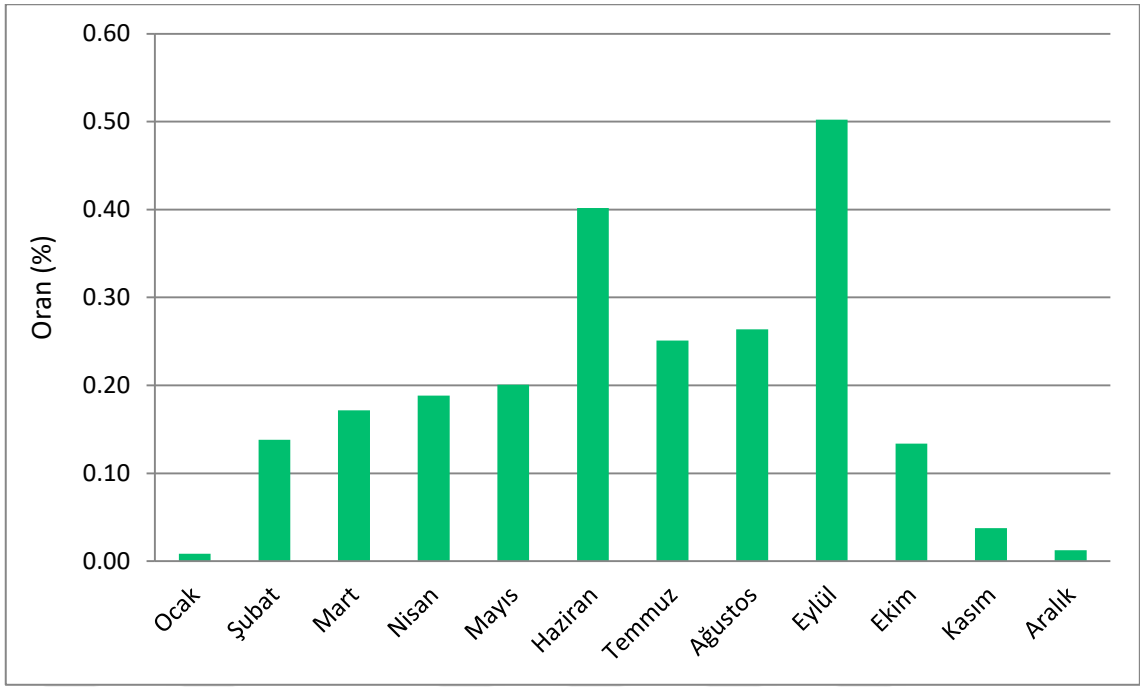
Şekil 4.4.1. Termal algı anketine katılanların cinsiyet dağılımı

Ankete 240 kişi katılım sağlamış olup bunların %64'ü kadın %36'sı ise erkektir.



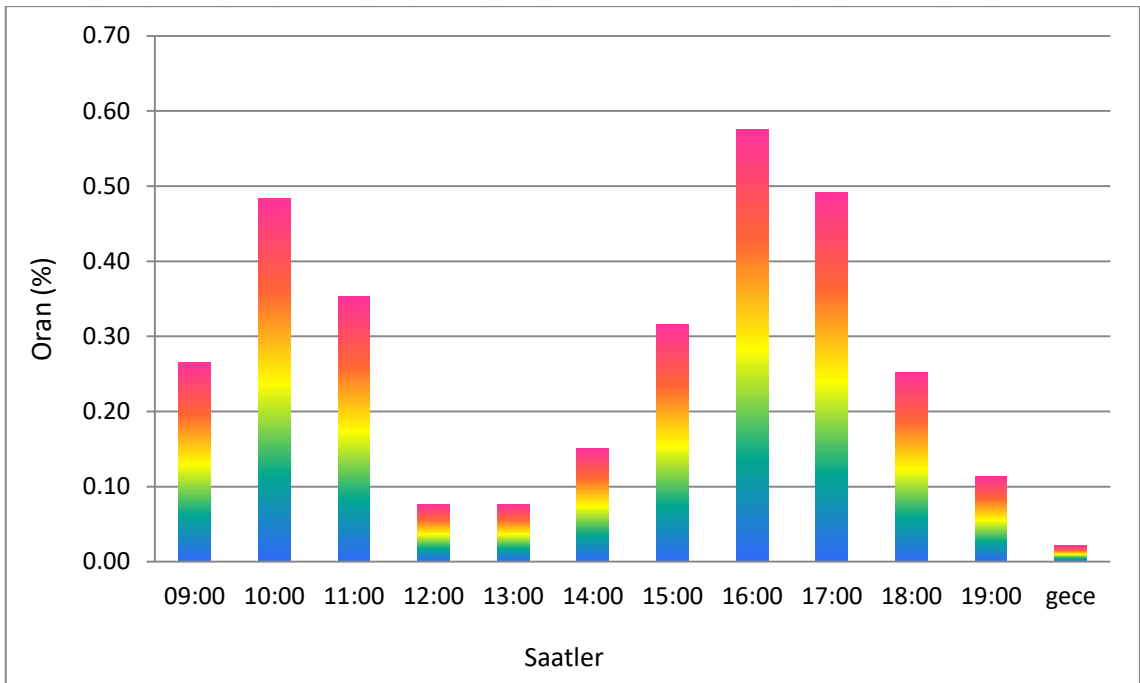
Şekil 4.4.2. Termal algı anketine katılanların yaş grubu dağılımı

Ankete en fazla ilgi gösteren yaş aralığı 51-60'tır (%30). Bununla birlikte 21-30, 31-40, 41-50 yaş aralıklarının katılım oranları da ortalama %20 civarındadır 6 adet 11-20 yaş aralığı ile birer adet 71-80 ve >80 aralıklarından da cevaplar alınmıştır (Şekil 4.4.2).



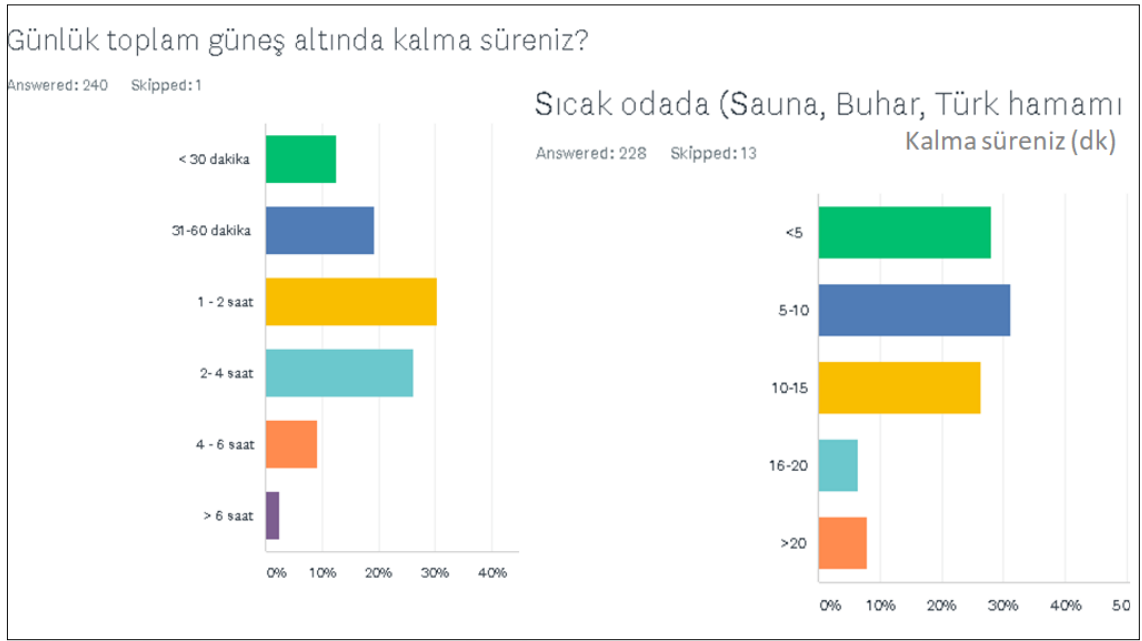
Şekil 4.4.3. Yerli turistlerin Antalya’da tatil için tercih ettiği aylar ve oranları

Yerli katılımcılar Antalya’da tatil için en fazla haziran ve eylül aylarını tercih ettiklerini söylediler de (Şekil 4.4.3) bu aylarda okulların hala açık olması, düşüncelerle gerçekleşenin farklı olduğunu düşündürmüştür. Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerine göre Antalya’nın en fazla turist çektiği aylar temmuz ve ağustostur. (Şekil 1.8).



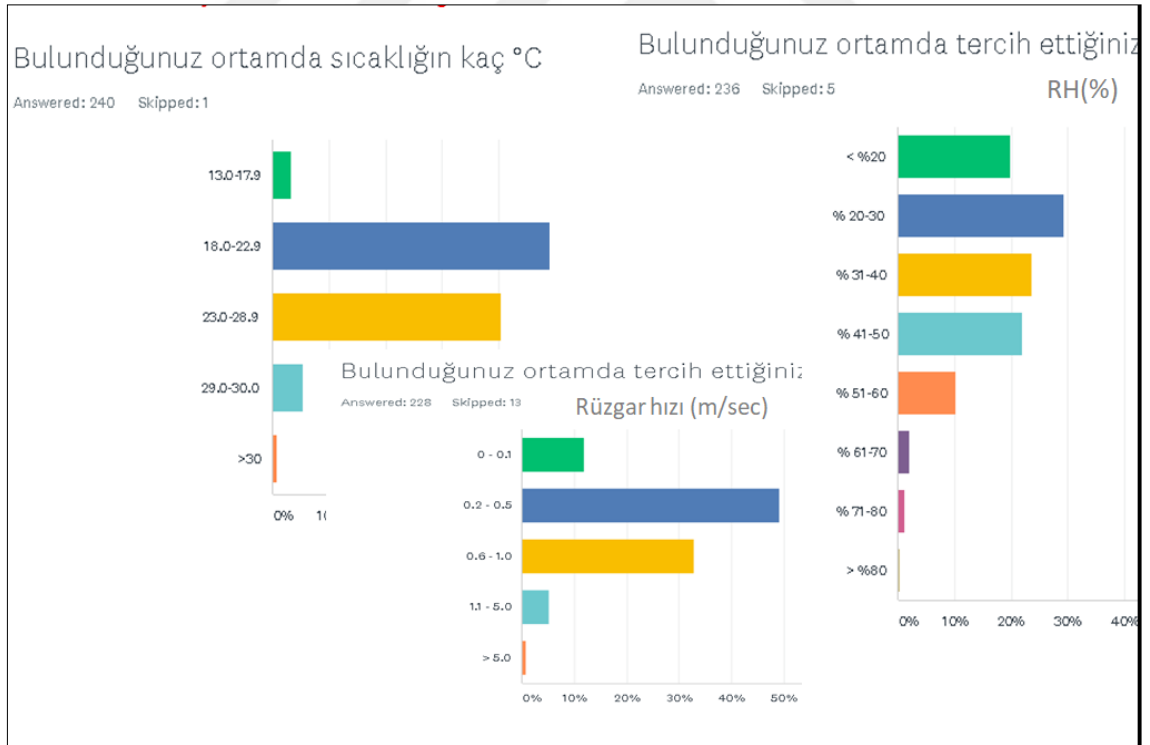
Şekil 4.4.4. Antalya’da tatilcilerin denize ya da havuza giriş için tercih ettiği saatler

Ankete katılanların çoğu denize girmek için sıcaklığın çok yüksek olmadığı ve güneş ışınlarının dik gelmediği saat 10, 16 ve 17’yi tercih etmektedirler (Şekil 4.4.4).



Şekil 4.4.5 Antalya’da tatilcilerin güneş altında ve sıcak odalarda kalma süreleri

Katılımcıların %55’i 1-4 saat güneş altında kalırken; yaklaşık %55’i 5-15 dakika arasında sauna, buhar ve Türk hamamı gibi sıcak odalarda kalmaktadırlar (Şekil 4.4.5).



Şekil 4.4.6 Antalya termal konfor anketi katılımcılarının iklim istekleri

Katılımcılar genellikle bulundukları ortamda sıcaklığın 18-23°C, nispi nemin %20-30, rüzgar hızının ise 0.2 - 0.5 m/sn olmasını tercih etmektedirler. Fakat bu değerlerin etrafında görüş bildirenler de olmuştur (Şekil 4.4.6).

Termal Konfor Anketi Birleşik Sonuçları

Tablo 4.4.1 Cinsiyete göre güneşte ve saunada kalma süreleri

Soru	Erkek	Kadın
Güneşte kalma süresi	1-4 saat (%70)	0-2 saat (%51)
Saunada kalma süresi	5-15 dk (%61)	0-10 dk (%58)

Verilen cevaplardan kadınların erkeklere göre güneşte ve saunada kalma sürelerinin daha kısa olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 4.4.2 Yaş gruplarına göre güneşte ve saunada kalma süreleri, konforsuz hissedilen zamanlar, RH ve rüzgar hızı istekleri

Anket soruları	11-20 yaş	21-30 yaş	31-40 yaş	41-50 yaş	51-60 yaş	61-70 yaş
Güneşte kalma süresi (saat)	0-2	1-4	1-4	1-4	2-4	1-2
Saunada kalma süresi (dk)	10-15	5-15	<5	5-15	5-15	<5
Konforsuz hissedilen zamanlar	Öğle Gece	Öğle	Öğle Gece	Öğle Gece	Öğle Gece	Gece
Tercih edilen nispi nem (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-40	31-40
Tercih edilen rüzgar hızı aralığı (m/sn)	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-1.0	0.2-0.5

Katılımcılardan 21-30 yaş arası konforsuz saatleri öğle saatleri olarak bildirirken, diğer yaş grupları öğle ve gece olarak ifade etmişlerdir. Konforlu hissedilen saatler ise 10, 16, 17 olarak izlenmiştir (Şekil 4.4.4). Antalya’da öğle saatlerinin genelde konforsuz hissedildiği, gençler haricinde gecenin de konforsuz hissedildiği görülmektedir. . Bu sonuç katılımcıların tropik geceden ($T_{min} > 20^{\circ}$) rahatsız olduklarını fakat oda sıcaklığını düşürmek için gürültü ve filtre kirliliği nedenleri ile klimayı da tercih etmediklerini göstermektedir. 51-60 yaş arası güneş altında ve saunada daha uzun süre kalmaktadır. Bunun da sağlıklı olma isteğinden kaynaklandığı düşünülmüştür.

5. İKLİM DEĞİŞİMLERİNİN TURİZM SEKTÖRÜNE OLASI ETKİLERİ

İklim değışikliğı son yıllarda insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Değışen iklimle birlikte sadece sıcaklık ve yağış değil, sıcak hava dalgası, şiddetli yağış, sel, fırtına, kuraklık, orman yangınları, deniz seviyesi yükselmesi gibi ekstrem olayların şiddeti ve frekanslarında artışlar olacaktır. İklim değışikliğı başta turizm sektörü olmak üzere onu destekleyen, tarım, su, enerji, sağlık, hizmet ve ulaştırma sektörlerini derinden etkileyecektir.

1960-2017 gözlem verisi ile hesaplanan termal konfor (FES) değerlerinde Gazipaşa, Alanya, Manavgat, Antalya, Kemer, Finike, Demre ve Kaş, gibi kıyı istasyonlarında konforlu zamanların ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gündüz saatlerine, yaz mevsiminde ise gece saatlerine sıkıştığı görölmektedir. Dağlık istasyonlar Elmalı ve Korkuteli'nde ise konforlu zamanlar ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gündüz saatleridir.

2018-2098 projeksiyon periyotlarında ise kıyı istasyonlarının ilkbaharda RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre hala konforlu kalacağı, bunun yanında RCP8.5 senaryosuna göre Yüzyılın 2. yarısından sonra Manavgat, Kemer, Finike ve Demre'de kış mevsiminde de konforlu yılların ortaya çıkmaya başlayacağı fakat aynı istasyonlarda sonbaharda konforlu yıl kalmayacağı hesaplanmıştır. Sonbahar mevsiminin Antalya ile Dağlık Elmalı ve Korkuteli istasyonlarında her iki senaryoya göre de konforlu olacağı hesaplanmış iken, Gazipaşa ve Kaş'ta RCP4.5 senaryosuna göre var olacak konforlu yılların RCP8.5 senaryosuna göre ortadan kalkacağı; Antalya'da ise azalacağı hesaplanmıştır.

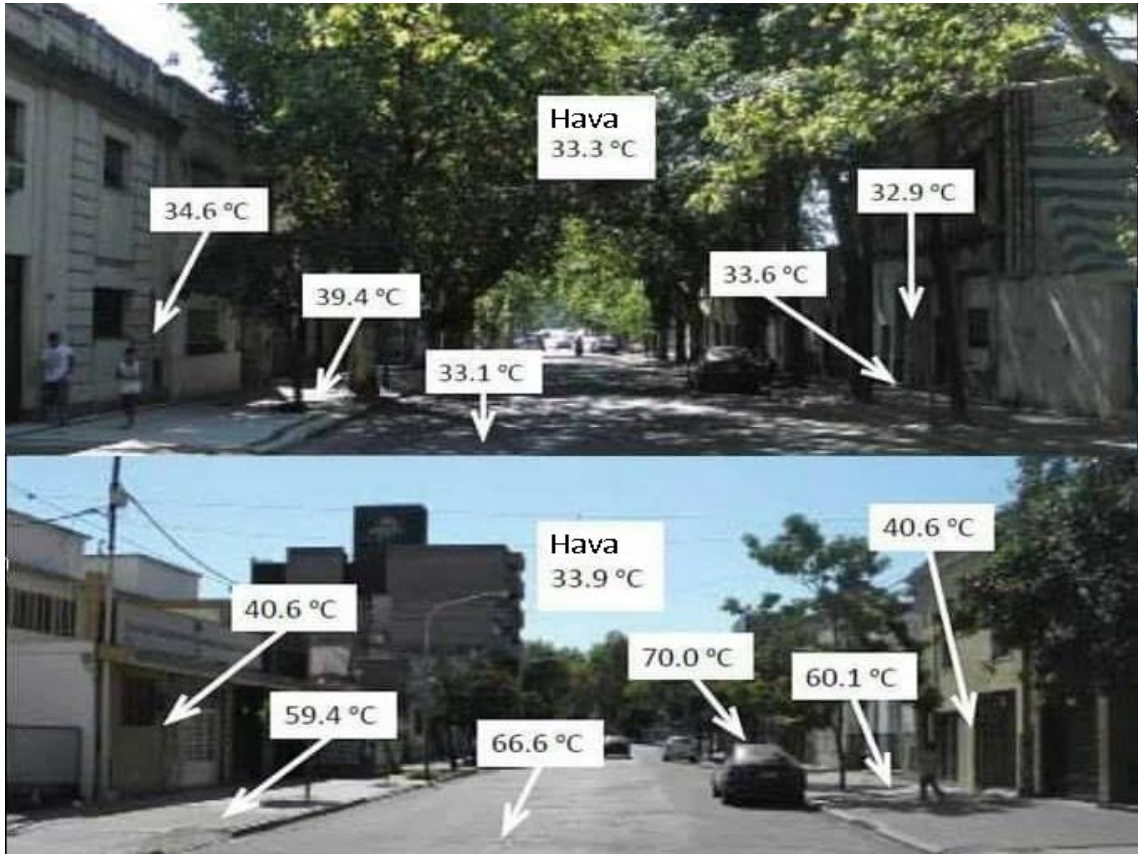
Değişen iklimle termal konforun azalacak olması turizm açısından bir tehditmiş gibi görülse de tatil zamanı planlaması, iklimlendirme sistemlerinin kullanılması ve paket turlar sayesinde bu tehdit azaltılabilir. 3S turizminin (deniz, kum, güneş) yanında Antalya’da kültür, spor, sağlık, kış, golf, kongre, yayla, doğa yürüyüşü, mağara, kamp/karavan, botanik, yaban hayatı (av) ve inanç turizmi gibi seçeneklerle, bu tehdit fırsata dönüştürülebilir. Antalya sahip olduğu turizm çeşitliliği sayesinde yılın her ayı turist çekebilmektedir (Şekil 1.8). İklim model projeksiyonları yüzyılın sonuna doğru Antalya’da sıcaklıkların RCP4.5 senaryosuna göre 2°C, RCP8.5 senaryosuna göre de 5°C artacağını öngörmektedir (Şekil 4.1.12.1 ve 2). Bu projeksiyon sonuçlarına göre 2100 sonlarına doğru Antalya’da ilkbahar mevsimi konfor düzeyleri artarken yaz ve sonbahar konfor düzeylerinde azalmalar olacaktır. RCP8.5’a göre Manavgat, Kemer, Finike ve Demre’de kış mevsiminde de konforlu yılların ortaya çıkmaya başlayacağı hesaplanmıştır. Kıyı istasyonlarında sonbahar konfor düzeyleri azalacakken dağlık istasyonlarda ise artacaktır. Bu durum kıyı ve dağlık alanların termal konfor açısından birbirlerini tamamlayıcı seçenekler sunacağını göstermektedir. Termal konfor zamanlarının kış mevsimine doğru uzanıp, sonbaharda azalacak olması Antalya’da turizmin yeri ve zamanının değişeceğini göstermektedir. İklim değişikliği sonucu artacak sıcak hava dalgası, şiddetli yağış ve sel, fırtına/hortum, kuraklık, deniz seviyesi yükselmesi, kıyı ve ekosistem bozulumu, orman yangınları gibi ekstrem olaylar da turizme olumsuz yönde etki edecektir. İklim değişikliği ve küresel ısınma sonucu artacak sıcaklıklarla birlikte Antalya’da ısıtma gereksinimleri azalırken soğutma gereksinimleri ise artacaktır. Gazipaşa, Alanya, Manavgat, Antalya, Kemer, Finike, Demre, Kaş gibi sahil istasyonlarında yüzyılın sonuna doğru soğutma gereksinimleri için harcanacak enerji miktarı, ısıtma gereksinimi için olanın RCP4.5 senaryosuna göre yaklaşık 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 10 katından fazlasına çıkması beklenmektedir. Elmalı ve Korkuteli gibi dağlık istasyonlarda ise ısıtma hala büyük bir

gereksinim iken, soğutma gereksinimleri de sahip oldukları bu artış eğilimi nedeniyle yüzyılın sonlarına doğru ısıtma için gerekli enerji miktarını yakalayacaktır. Ayrıca projeksiyonlarda çok sıcak ($FES \geq 35^{\circ}C$) yılların oranının artacak olması (Şekil 4.1.13) şehir içerisinde özellikle yaz ve sonbaharda sıcak hava dalgalarının sayısının artacağına işaret etmektedir. Soğutma maliyetlerinin artacak olması bir turizm kenti olan Antalya’da enerji sektörü üzerindeki baskıyı arttıracaktır.



Şekil 5.1. Şehirleşmede yeşil bina uygulamaları ([Url 8](#))

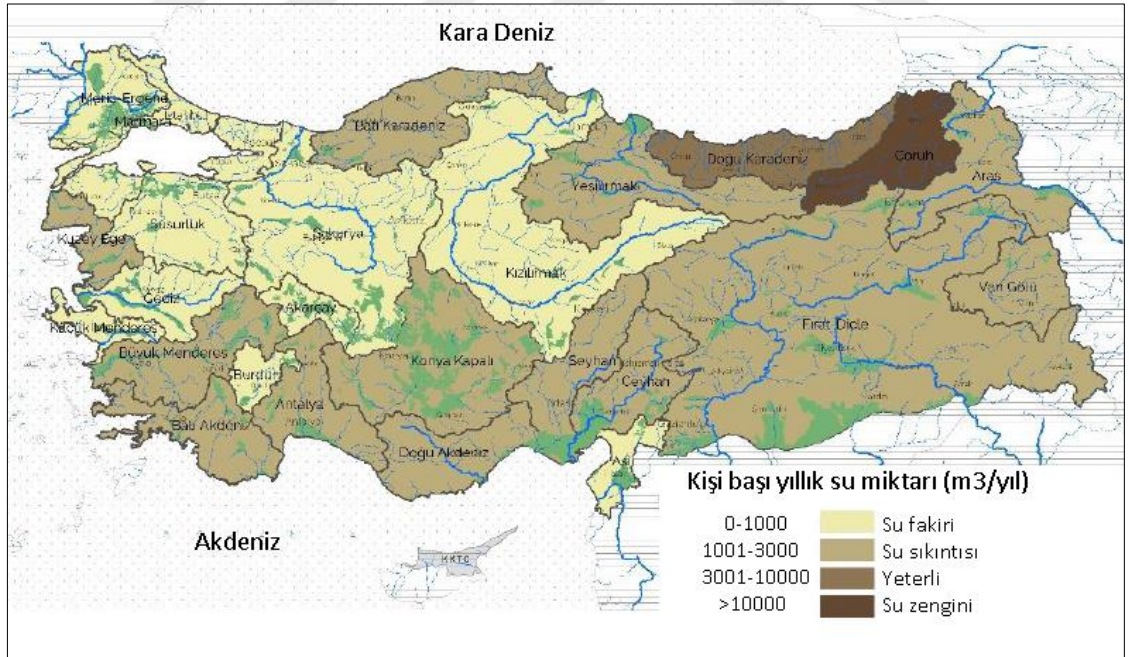
Şehirde ısı adası etkisinin azaltılmasını sağlayacak yeşil alanların korunması ve artırılması, çatıların ve açık alanların bitkilerle kaplanması, ağaçlandırılması, doğal çevrenin ve rekreasyon alanlarının korunması, yansıtıcı boyalar, yeşil bina programlarının geliştirilmesi, serin noktalar oluşturulması, ısı engelleyici yol kaplaması, akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına ağırlık verilmesi, bina enerji sertifikalarına önem verilmesi gibi uyum tedbirleri, bir taraftan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltırken diğer taraftan da sera gazı salımlarının azaltılmasına katkıda bulunacaktır (Şekil 5.1, 5.2).



Şekil 5.2. Ağaçlandırmanın şehir iklimine etkisi, Kaynak: Mikdat Kadioğlu ([Url 10](#)).

Şehirde ağaçlandırmanın şehir iklimini düzenleyici bir etkisi vardır. Ağaçlar yüksek yüzey sıcaklıklarını ve ortalama radyan sıcaklığını (T_{mrt}) düşürerek şehirde konfor artırıcı bir etki yaparlar (Şekil 5.2)

İklim değışikliğı projeksiyonları ülkemizin güneyinde yağış azalmalarına işaret etmektedir (Akçakaya vd, 2015). Azalacak yağışlar nedeniyle ülkenin güneyinde genelde kuraklığa doğru bir gidiş meydana gelecektir. Batı Akdeniz havzasında yağışın azalacağı öngörülmektedir. Yağışların azalması su kaynaklarının da azalmasına sebep olacaktır. Yağıştaki %10'luk bir azalma, buharlaşma nedeniyle su kaynaklarında %20-30'lara varan azalmalara neden olur (CşB, 2019). Su kaynaklarında azalmaya maruz kalacak güney havzalarımızda su kaybını azaltmaya yönelik, suyun tasarruflu kullanımı, su ayak izinin küçültülmesi, kayıp-kaçakların önlenmesi, tarımda vahşı sulamadan modern sulama tekniklerine geçiş, yağmur hasadı, suyun geri kazanımı ve yeniden kullanımı gibi uyum tedbirlerinin geliştirilmesi ve uygulanması sağlanmalıdır. Antalya 2019 yılı rakamlarıyla, 2.5 milyon nüfus için ayrılmış ödenekle 17.5 milyon insana hizmet vermiştir. Su kaynakları altyapı projelerinde l'in toplam nüfusunun yanında misafir ettiği turist sayılarının da dikkate alınması faydalı olacaktır.

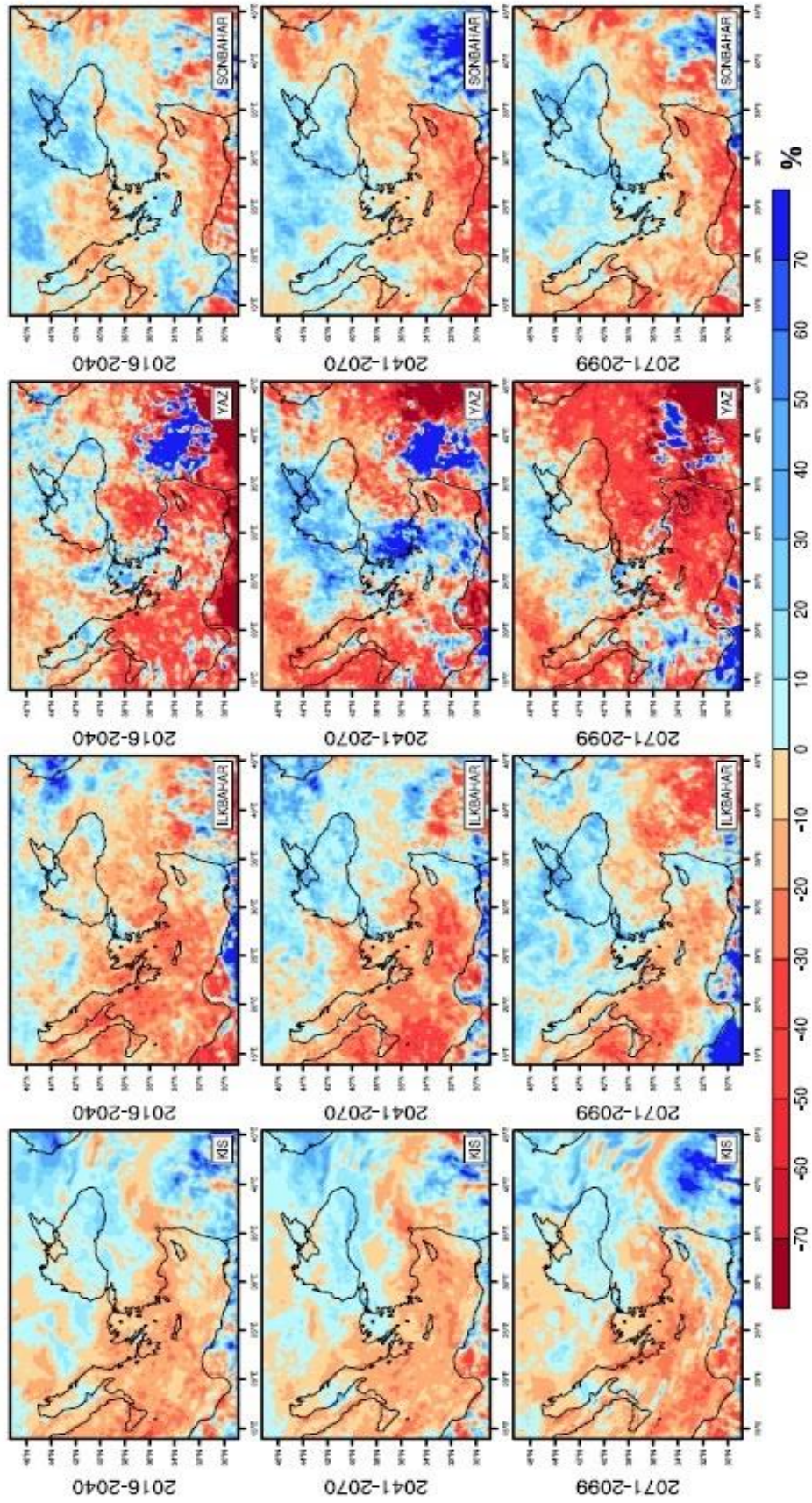


şekil 5.3. Türkiye 2050 yılı nüfusuna göre kişi başi yıllık kullanılabilir su miktarı (m3/yıl) (CşB, 2019)

evre ve şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlatılan Mekânsal Strateji Planında 2050 yılına doğru Antalya ve Batı Akdeniz Havzalarında su sıkıntısı yaşanacağı

öngörülmektedir (Şekil 5.3). Kendi nüfusunun 6 katı turiste ev sahipliği yaptığı da dikkate alınırsa Antalya'nın 2050'lere doğru su fakiri olması kuvvetle muhtemeldir. Gelecekte yağışlarında azalma beklenen Türkiye'nin güney kesimlerindeki ormanların uzayacak olan kurak döneme daha dirençli, meşcere ile değiştirilmesi, bu ormanlık alanların korunması açısından önem arz etmektedir. Bölgede artacak orman yangını risklerine karşı da gerekli erken uyarı ve müdahale planlarının hazırlanması gerekir. Antalya'ya gelen 15 milyon turist önümüzdeki yıllarda daha da artması beklenmektedir. Turist sayısının fazla olması, sektör ve ülke ekonomisi açısından iyi olmakla birlikte; bu durum, değişen iklimle Akdeniz'de gıda, enerji ve su kaynakları üzerinde büyük baskılar oluşturacaktır. Bu nedenle turizm sektörüne destek veren tarım, enerji, ulaştırma ve su kaynakları sektörlerinde altyapıların iklim ve turist projeksiyonlarına uygun olarak yapılması gerekmektedir.

MPI-ESM-MR RCP4.5 YAGIS PROJEKSİYONLARI (20km)



ekil 5.4. MPI RCP 4.5 senaryosuna göre Türkiye yağış projeksiyonları (Akçakaya vd., 2015).

Antalya'da yaz mevsiminde termal konforu çok sıcak yılların ($FES > 35^{\circ}C$) yirmi yıllık dört dönemdeki (2019-2038, 2039-2058, 2059-2078, 2089-2098) mekânsal dağılım yüzdeleri hesaplanmıştır. RCP4.5 senaryosuna göre, ardışık 20 yıllık dönemlerde, çok sıcak yılların yüzdeleri sırasıyla %28, %46, %49 ve %58'dir. Antalya'nın yaz sezonunda Korkuteli ve Elmalı dışında genellikle çok sıcak olacağı beklenmektedir. RCP8.5 senaryosuna göre, birbirini takip eden 20 yıllık dönemlerde, çok sıcak yılların yüzdesi, RCP4.5 senaryosuna kıyasla oldukça artacaktır (sırasıyla %46, %51, %70 ve %81). Yüzyılın sonlarına doğru daha fazla olmak üzere, Antalya termal konfor açısından genellikle yazın “çok sıcak” olacaktır. Yazın sıcak hava dalgası sayılarının ve termal konforda “çok sıcak” kategorinin artacak olması, sıcak çarpması, kalp krizi, bulaşıcı hastalık gibi bazı sağlık risklerini de beraberinde getirecektir. Bozulacak termal konforu düzenleyebilmek için Antalya'da çok yoğun bir şekilde iklimlendirme sistemleri çalıştırılacaktır. Yüzyılın sonuna doğru Antalya'nın kıyı kesimlerinde soğutma gereksinimlerinin ısıtmaya göre RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 10 katına çıkacağı hesaplanmıştır. Bu durum enerji sektörü üzerinde yoğun bir baskı oluşturacak, aynı zamanda filtrelerden kaynaklanan sağlık risklerinin de artmasına sebep olacaktır.

Antalya'da yaz mevsiminde sıcaklıkların çok yüksek olacağı öğle saatlerinde özellikle vücutları termal konfor düzenlemesini (termoregülasyon) iyi yapamayan yaşlı ve çocukların dışarı çıkmaması, çıkacak olanların da şapka, şemsiye gibi kişisel koruyucu donanımlarını (KKD) yanında bulundurması gerekecektir. Ayrıca açık renkli ve hafif giysiler, giysi katsayısını düşürerek termal konfora katkı sağlayacaktır. Belediyenin aşırı ısınan asfalt ve binaları soğutacak yeşil alan, ağaçlandırma ve yeşil bina konseptlerine doğru yönelmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

1. İklim değışikliğı son yıllarda insanlığın karşı karşıya kaldığı en büyük çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Değışen iklimle birlikte sıcak hava dalgası, şiddetli yağış, sel, fırtına, kuraklık, orman yangınları, deniz seviyesi yükselmesi (SLR), gibi ekstrem olayların frekansı ve şiddetinde artışlar olacaktır. Bu durum iklim değışikliğinden en fazla etkilenecek Akdeniz havzasında yer alan Antalya'nın termal konforunu ve turizmini de etkileyecektir.
2. Antalya 2019 rakamları ile kendi nüfusunun (~2.5 Milyon) altı katı (15 Milyon) turiste ev sahipliğı yapmıştır. Dünyanın ve Türkiye'nin önemli bir turizm destinasyonu olan Antalya'da termal biyoklimatik konfor indislerindeki eğilimlerin ve projeksiyonların bilinmesi turizm sektörüne ışık tutacaktır.
3. Hesaplanan Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES) değerlerine göre, Antalya'nın kıyı istasyonlarında konforlu zamanların, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gündüz saatlerine, yaz mevsiminde ise gece saatlerine sıkıştığı görülmektedir. Projeksiyon dönemlerinde RCP4.5 senaryosuna göre ilkbahar ve sonbaharın hala konforlu kalacağı fakat RCP8.5 senaryosuna göre daha fazla artacak sıcaklıklarla 2040'tan sonra ilkbahar mevsiminde konforlu yıl sayılarının kıyı kesimlerinde azalıp dağılık kesimlerde artacağı, sonbahar mevsiminin de konfor alanından (FES 18-23°C) çıkacağı hesaplanmıştır. RCP8.5 senaryosuna göre Yüzyılın 2. yarısından sonra Manavgat, Kemer, Finike ve Demre'de kış mevsiminde de konforlu yılların ortaya çıkmaya başlayacağı fakat aynı istasyonlarda sonbaharda konforlu yıl kalmayacağı hesaplanmıştır. Dağılık istasyonlar Elmalı ve Korkuteli'nde ise ilkbahar ve sonbahar mevsimleri gündüz saatlerinde konforlu iken gece saatlerinde konfora rastlamak mümkün olmayacaktır. Artacak sıcaklıklar kıyı istasyonlarında sonbaharda termal

konforu azaltırken dağlık istasyonlarda arttıracaktır. Kıyı ve dağlık alanlar turizm anlamında birbirlerini tamamlayıcı olabilirler. Hesaplanan FES indislerinin tüm mevsimlerde artış eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durum kıyı istasyonlarında kışın termal konforu arttırırken sonbaharda azaltacaktır. Sahil alanlarında termal konfor zamanlarının kış mevsimine doğru uzanıp, sonbaharda azalacak olması, dağlık alanlarda ise sonbaharın avantajlı hale gelmesi, Antalya’da turizmin yeri ve zamanının değişeceğini göstermektedir.

4. Çalışma alanında FES, mFES ve Tmrt indisleri arasındaki farklara da bakılmıştır. mFES, nem ve giysi değişkenliğinin değerlendirilmesini geliştirerek orijinal Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklığın FES (PET) zayıflıklarına karşı geliştirildi. Öte yandan aktivitenin arttırıldığı durumlarda mFES değerleri FES’ten çok daha yüksek değerlere ulaşmaktadır (Şekil 3.8). Mevsimlik FES ve mFES indisleri arasında kış, ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde yüksek korelasyon katsayıları (sırasıyla 1.00, 0.99, 1.00, 0.98) bulunmuştur. mFES indisi sonuçları kış aylarında FES’ten yüksek, yaz ve sonbaharda ise FES’ten biraz düşük olarak bulunmuştur. Soğuk stresi altında FES modeli daha düşük çekirdek ve cilt sıcaklıkları verir. mFES modelinin FES modeline göre daha gerçekçi bir çekirdek sıcaklık ve ortalama cilt sıcaklığı verdiği kabul edilebilir. Bu durum mFES’in Antalya termal koşullarında FES’ten daha gerçekçi bir termal his verdiğini göstermiştir. Antalya’da eşdeğer yüzey sıcaklığı sayılabilecek ve güneşe duyarlı ortalama radyan sıcaklık (Tmrt), gece saatlerinde en düşük, gündüz saatlerinde ise en yüksek değerlerine ulaşmakta; haziran-eylül arası ise 50°C’lerin üzerine çıkmaktadır. Tmrt, FES’in en önemli girdisi olduğu için yaz aylarında FES değerlerini “çok sıcak” yapmaktadır.

5. Gerçekleştirilen Turizm İklim İndisi Tİİ (TCI) sonuçlarına göre Antalya’da turizme elverişsiz istasyon ve ay bulunmamıştır (TCI>50). Antalya’da bulunan istasyonlarda bimodal-bahar yükseği (ilkbahar ve sonbaharda yüksek TCI değerleri) turizm konfor modeli bulunmuştur. TCI sonuçlarına göre ilkbahar daha yüksek konfor değerlerine sahipken, sonbahar hala yazdan kalma sıcaklıkları bünyesinde barındırdığından görece olarak daha düşük TCI değerleri bulunmuştur. Bu sonuç, FES sonuçlarıyla kısmen örtüşmektedir. Gündüz konfor indisinin (CID) TCI içerisindeki payı yüksek olduğundan; en düşük TCI değerlerine sıcaklıkların ve nispi nemin yüksek olduğu Alanya’da, en yüksek TCI değerlerine ise sıcaklıkların sahile göre daha düşük olduğu dağlık alanlardan Elmalı ve Korkuteli’nde rastlanmıştır. TCI indisi sadece 3S turizmi için değil, gezmek, kültür turizmi yapmak, açık alan aktivitelerine katılmak isteyen turistlere göre dizayn edilmiştir. Kış aylarında sıcaklıkların yüksek olmaması gündüz konfor indisinin (CID) TCI içerisindeki ağırlığını arttırır. Antalya’da yazların yağışsız geçmesi de günübirlik aktivitelere katılan turistler için bir avantajdır. Bu nedenle yaz mevsiminde yağış indisinin TCI içerisindeki ağırlığı fazladır.

6. Antalya termal konfor anketini cevaplandıran 240 kişiye göre katılımcılar en çok 09:00-11:00 ve 15:00-18:00 saatleri arasında denize girmeyi tercih etmekte; kendilerini 12:00-15:00 saatleri arasında konforsuz hissetmektedirler. Katılımcılar tatil için en çok haziran ve eylül ayını tercih ettiklerini söylese de, Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerinden umulanla gerçekleşenin biraz farklı olduğu görülmektedir. Antalya’ya en fazla turist temmuz ve ağustos aylarında gelmektedir. Katılımcılar kendilerini çoğunlukla 18-23°C sıcaklık, 0.2-0.5 m/sn. hava akımı ve %20-40 nispi nem aralığında konforlu hissetmektedirler. Anket sonuçlarından kadınların erkeklerden daha az güneşte ve saunada kaldıkları bulunmuştur. Gençlerin ise orta

yaşlılara göre, güneşte ve saunada kalma sürelerinin daha uzun olduğu bulunmuştur. Katılımcılardan 21-30 yaş arası konforsuz hissettikleri saatleri öğle saatleri olarak bildirirken, diğer yaş grupları öğle ve gece saatleri olarak ifade etmişlerdir. Bu sonuç gençler dışındaki katılımcıların tropik gecedan ($T_{min} > 20^{\circ}$) rahatsız olduklarını, fakat oda sıcaklığını düşürmek için gürültü ve filtre kirliliği nedenleri ile klimayı da tercih etmediklerini göstermektedir. 51-60 yaş arasının güneş altında ve saunada daha uzun süre kalması ise daha fazla D vitamini alma ve terleyerek kilo kaybetme isteklerinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

7. Çalışma alanında turizmi destekleyen enerji sektörüne yönelik ısıtma ve soğutma gün-derece indislerindeki (IGD-SGD) gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki eğilimler de incelenmiştir. Sektör spesifik indislerden soğutma gün-derecelerinde (SGD) artış, ısıtma gün-derecelerinde (IGD) ise azalış eğilimleri hesaplanmıştır. Yüzyılın sonuna doğru Antalya'nın kıyı istasyonlarında soğutma gereksinimleri ısıtma gereksinimlerinin RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 10 katına çıkacağı hesaplanmıştır. Dağlık istasyonlar Elmalı ve Korkuteli'nde ise ısıtma hala gerekli iken, SGD eğilimleri artarak yüzyılın sonuna doğru ısıtma gereksinimleri ile eşit hale gelecektir. Yazın kapalı ortamlarda termal konfor, iklimler tarafından sağlandığı için bu durum enerji sektörü üzerine büyük yükler getirecektir. Artan enerji gereksinimini karşılamak için yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımların artırılması gerekir.

8. Artacak sıcaklıklar ve sıcak hava dalgaları ile birlikte, şehir ısı adası (ŞIA) etkisinin azaltımı için yeşil alanların korunması ve artırılması, çatıların ve açık alanların bitki ile kaplanması, ağaçlandırılması, doğal çevrenin korunumu, yansıtıcı boyalar, yeşil bina programlarının geliştirilmesi, serin noktalar

oluşturulması, ısı engelleyici yol kaplaması ve akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi, güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji sistemlerine ağırlık verilmesi, bina enerji sertifikalarına önem verilmesi gibi uyum tedbirleri bir taraftan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltırken, diğer taraftan da iklim değişikliğine neden olan sera gazı salımlarının azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

9. Termal riskler, gerek bilgi eksikliği, gerekse önemsememe nedeniyle çoğu kez göz ardı edilen ya da gözden kaçırılan risklerdir. Az bilinen ya da göz ardı edilen termal riskler, vücudu termoregülasyon düzenlemesini hemen yapamayan özellikle yaşlı ve çocuklarda ölümle sonuçlanabilen sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle sıcak hava dalgası beklenen günlerde yetkililer tarafından gerekli uyarılar yapılmalı ve termal konforu sağlayacak önlemler alınmalı, güneş gözlüğü, şapka, ayakkabı gibi kişisel koruyucu donanımlar (KKD) kullanılmalıdır. Kıyıdağlı olarak, Antalya'yı doğa sporlarının merkezi haline getirmektedir. Turistlerin bir kısmını kültür, spor, sağlık, yayla, doğa yürüyüşü, mağara, yaban hayatı gibi turizm seçeneklerine yönlendirmek hem termal riskleri azaltacak hem de turizmde çeşitliliği ve sürdürülebilirliği sağlayacaktır.

10. Turizm sektörü, tüm dünyada gelir düzeyinin ve hareketliliğin artışı ile doğru orantılı olarak gelişmektedir. Türkiye 2019 yılında ülkeye gelen 52 milyon turist ile dünyanın 6. büyük turizm destinasyonu olmuş, Antalya'da 15 milyon turist ile bir anlamda Türkiye turizminin başkenti olmuştur. Türkiye doğal, kültürel, tarihi ve kırsal kaynakları açısından bu gelişmeleri faydaya dönüştürebilecek çok önemli kaynak değerlere sahiptir. Ülkemizde yerel kaynakların turizm yönünde sunduğu potansiyellerin ve çeşitliliğin değerlendirilerek turizm aracılığı ile faydaya dönüştürülmesi, hem bölgelerarası gelişmişlik farklarının azaltılmasında hem de

yerel/bölgesel ekonomilerde çeşitliliğin sağlanması ve yerel kalkınmanın desteklenmesi açısından “turizm potansiyeli ve çeşitliliği” yaklaşımı benimsenmelidir. Bu kapsamda tüm bölgelerde turizme konu olan her türlü değer “tematik turizm rotaları” kapsamında ele alınarak, turizmin kent ve bölge kalkınmasına sürdürülebilir katkı sağlaması gerekli görülmelidir. Kaynak değerler ve küresel talepler göz önünde bulundurularak, turizm çeşitliliği sağlarken, Antalya gibi önemli turizm destinasyonunda ulaşım olanaklarının çeşitlendirilmesi ve geliştirilmesi, liman kapasitelerinin artırılması, altyapının iyileştirilmesi ve turizme yönelik işgücü niteliklerinin geliştirilmesi, hizmet kalitesinin iyileştirilmesi önemli bir öncelik olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca bu kapsamda sektörde teknolojik gelişme ile yenilikçi uygulamalar, imaj ve tanınırlığı destekleyen girişimlerin desteklenmesi gerekli görülmektedir. Antalya’nın turizm potansiyeli büyük oranda deniz, kum ve güneş turizmi (3S) çerçevesinde kullanılmaktadır. 3S turizminin yanında Antalya’da kültür, spor, sağlık, kış, golf, kongre, yayla, doğa yürüyüşü, mağara, termal, kamp/karavan, botanik, yaban hayatı (av) ve inanç turizmi gibi seçeneklerin de var olduğu görülmektedir. Bu şekilde Antalya’da katma değeri yüksek hizmet üretimi gerçekleştirilecek ve Antalya küresel düzlemde yüksek rekabet gücüne sahip olacaktır.

7. KAYNAKÇA

Akçakaya, A., Sümer, U. M., Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskioğlu, O., Gürkan, H., Yazıcı, B., Kocatürk, A., Şensoy, S., Bölük, E., Arabacı, H., Açar, Y., Ekici, M., Yağan, S. ve Çukurçayır, F. 2015, Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği-TR2015-CC. Meteoroloji Genel Müdürlüğü yayını, Ankara, Url: www.mgm.gov.tr

Albayrak, T., Gülmez, M., Erdinç, S.B., Toker, B., 2011, Antalya Yöresi Turist Profili Araştırması 2011

Alexander, L., Yang, H., Perkins, S., 2015, ClimPACT Indices and software, A document prepared on behalf of The Commission for Climatology (CCI) Expert Team on Climate Risk and Sector-Specific Climate Indices (ET CRSCI)

Arendt, K, Krzaczek, M., 2016, Indoor Thermal Comfort Modeling and Simulation Using Computational Fluid Dynamics, Gdańsk, 2016, ISBN 978-83-60261-44-6

Auliciems, A., 1997, Comfort, Clothing and Health. İçinde Applied Climatology: Principles and Practice, R. D. Thompson ve Allen Perry (ed.), s. 155-174, Routledge, New York.

ASHRAE, 1966, Thermal Comfort Condition, ASHRAE Standard, 55-66, New York. USA.

ASHRAE, Standard 62, 2001, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, (2001).

ASHRAE 55-2004, ASHRAE Standard 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.

Atalay, İ., 2011, Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği

BAKA, 2012, Antalya İli Turizm Endüstrisinin Kümelenme, Rekabetçilik Ve Strateji Ön Çalışması, Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı (BAKA) Proesi

Bedford, T., 1948, Environmental warmth and its measurement, Medical Research Council, War Memorandum, No: 17.

Beyan, A.C., Alıcı, N.Ş., Bediz, C., Çımrın, A.H., 2017, Termal riskler ve iş sağlığı, Tepecik Eğit. ve Araşt. Hast. Dergisi 2017; 27(1):1-6, doi:10.5222/terh.2017.001

Błażejczyk, K, Baranowski, J, Błażejczyk A, 2014, Heat stress and occupational health and safety – spatial and temporal differentiation, Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development, Vol. 18 • No. 1 • 2014 • pp. 61-67 • ISSN: 2084-6118 • DOI: 10.2478/mgrsd-2014-0011

Büttner K, 1938, Physikalische Bioklimatologie. Akademische Verlagsgesellschaft Leipzig.

Chen, Y.-C., Matzarakis, A., 2014, Modification of physiologically equivalent temperature. Journal of Heat Island Institute International, 9, 26-32.

Cline, William R. 2007, Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country (Washington: Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics).

- Çalışkan, O., Çiçek, İ., Matzarakis, A., 2011, The Climate and Bioclimate of Bursa (Turkey) from Perspective of tourism, Theor Appl. Climatol (2012), DOI 10.1007/s00704-011-0489-6
- Çalışkan, O., 2012, Türkiye'nin Biyoklimatik Koşullarının Analizi ve Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullara Etkisinin Ankara Ölçeğinde İncelenmesi, A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Doktora Tezi
- Çalışkan, O., Türkoğlu, N., Matzarakis, A., 2012, The effects of elevation on thermal bioclimatic condition in Uludağ (Turkey), Atmosfera 26(1), 45-57 (2013).
- Çalışkan, O., Matzarakis, A., 2012, The Climate and Bioclimate of Nevşehir from the Perspective of Tourism, Springer Atmospheric Science, DOI 10.1007/978-3-642-29172-2_56
- Çiçek, İ., 2003, "Ankara'da Şehirleşmenin Biyoklimatik Koşullar Üzerine Etkisi" Prof. Dr. Sırrı Erinç Anısına Klimatoloji Çalıştayı 2002, 11-13 Nisan 2002 Ege Üni. Ed. Fak. Yay No:121 s.145-157.
- Çiçek, İ., 2004, Ankara'da şehirleşmenin yağış üzerine etkisi, Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 14, Sayı: 1, Sayfa: 1-17, Elazığ
- ÇŞB, 2017, Antalya İl Çevre Durum Raporu, 2016
- ÇŞB, 2019, Türkiye Mekânsal Strateji Planı Vizyonu, Öncelikleri ve Mekânsal Gelişme Senaryosu Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İTÜ
- Demircan, M., Arabacı, H., Akçakaya, A., Şensoy, S., Bölük, E., Coşkun, M., 2017, İklim Ve Şehirleşme: Minimum Sıcaklık Trendleri, III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013 3 – 5 Haziran 2013, İstanbul
- Deniz, A., Toros H., Şaylan, L., Şen O., ve Baloğlu, M., 2003. "Marmara bölgesinde bunaltıcı sıcaklık analizi", III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, 19-21 Mart, İTÜ, İstanbul.
- Doğaner, S., 2001, Türkiye Turizm Coğrafyası, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Driscoll, D.M., 1992, Thermal Comfort Indexes. Current Uses and Abuses. Nat. Weather Digest, 17, (4), 33-38.
- Ebinger, J., Vergara, W., 2011, Climate Impacts on Energy Systems: Key Issues For Energy Sector Adaptation. Washington, DC: World Bank
- Epstein, Y. and Moran, D. S., 2006. "Thermal Comfort and the Heat Stress Indices". Industrial Health, 44, 388–398.
- Erinç, S., 1984, Klimatoloji ve Metotları, İstanbul Üniversitesi Yayınları No.3278, İstanbul.
- Erol, O., 1993, Genel Klimatoloji, Gazi Büro Kitapevi, Ankara.
- Fanger, P. O., 1972. Thermal Comfort, Analysis and application in Environment Engineering. New York. McGraw Hill.
- Gagge, A.P., Stolwijk, J.A.J., and Nishi, Y., 1971. "An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response", ASHRAE Transactions. C.77, s.247-262.

- Gagge, A. P., Fobelets, A. P., Berglund, L. G., 1986, A standard predictive index of human response to the thermal environment. ASHRAE Trans 92, 709-731.
- Gates, D., M., 1963, "The energy environment in which we live", American Scientist , C. 51, S.3, s. 327-348.
- Gikas, A. ve Keenan, R., 2006, Profil climatique Degrés jours de chauffage, Statistique en bref. Environnement et énergie 5/2006 ISSN 1562-3106, Communautés européennes
- Gönençgil, B., 2018, Genel Fiziki Coğrafya, Nobel Akademik Yayıncılık
- Gulyas Â., Ungera J. ve Matzarakis A, 2006, "Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements", Building and Environment, C. 41, s. 1713-1722.
- Heisler G.M. ve Wang Y., 2002, Applications of a human thermal comfort model", Fourth Symposium on the Urban Environment, 20–24 May 2002, Norfolk, VA (American Meteorological Society) s. 70–71.
- Höppe, P., 1984, Die Energiebilanz des Menschen. Wiss. Mitt. Meteorol. Inst. Uni München, 49.
- Höppe, P. R. ve Hermann A.J. S., 1991, "Problems in the assessment of the bioclimate for vacationists at the seaside", Int J Biometeorol, C. 35, s. 107-110.
- Höppe, P., 1999, The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. Int. J. Biometeor 43, 71-75.
- Houghton FC, Yaglou C.P., 1923, "Determining equal comfort lines". Journal of American Society of Heat Ventilation Engineers, C. 29, s. 165–76.
- Hua, L.J.; Ma, Z.G. & Guo, W.D., 2008, The impact of urbanization on air temperature across China. Theoretical and Applied Climatology
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- ISO 7726: 2002, Ergonomics of the thermal environment - Instruments for measuring physical quantities.
- Jendritzky, G, Nübler, W 1981, "A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms", Arch. Meteor. Geophys. Bioclimatol. Serial B C. 29, s. 313-326.
- Jendritzky, G, Menz, G, Schirmer, H, Schmidt-Kessen, W 1990, Methodik zur raumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen 16 (Fortgeschriebenes

- Klima-Michel-Modell). Beiträge d. Akad. f. Raumforschung und Landesplanung Bd. 114, Hannover.
- Jendritzky, G, Tinz, B., 2000, "Human Bioclimate Maps as Basis for Climate Impact Research" İçinde, de Dear R, Kalma J, Oke T, Auliciems A (eds.), Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12 Nov. 1999). WMO, Geneva, WCASP-50, s. 79-83.
- Jendritzky, Gerd Abdel Maarouf, Henning Staiger, 2001, "Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for Outdoor Applications", Windsor-Conference on Thermal Standards, April 5-8, 2001, Windsor, UK.
- Kantor, N. and Unger, J., 2011, The most problematic variable in the course of humanbiometeorological comfort assessment - the mean radiant temperature. Central European Journal of Geosciences 3(1), 90–100. doi: 10.2478/s13533-011-0010-x.
- Kadiroğulları, K., 2016, Termal Konfor, ÇSGB, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü
- Kum, G., Gönençgil, B, 2018, Türkiye'nin Güneybatı kıyılarında Turizm İklim Konforu, Gaziantep Üniversitesi, Journal of Science 17 (1), 70-87, DOI: 10.21547/jss.341541
- Landsberg, H.E., 1972, The Assessment of Human Bioclimate, a Limited Review of Physical Parameters. World Meteorological Organization, Technical Note No. 123, WMO-No. 331, Geneva
- Marmaralı, A., Özdil, N., Kretschmer, S.D., Oğlakçioğlu, N.G., 2006, Giysilerde ısı konforu etkileyen parametreler, Url: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/218001>
- Mayer H., 1993, "Urban bioclimatology", Experientia C. 49, s. 957-963.
- Mayer H, Matzarakis A., 1997, "The urban heat island seen from the angle of human-biometeorology", In: Proceedings of the International Symposium on Monitoring and Management of the Urban Heat Island, Fujisawa, s. 84-95.
- Matzarakis A., Mayer H., 1996, Another Kind Of Environmental Stress: Thermal Stress. WHO News, 18, 7-10.
- Matzarakis, A., Mayer, H., Iziomon, M., 1999: Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. Int. J. Biometeor 43, 76-84.
- Matzarakis, A.; Rutz, F.; Mayer, H., 2000, Estimation and calculation of the mean radiant temperature within urban structures. In: Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium (ed. by R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke and A. Auliciems): Selected Papers from the Conference ICB-ICUC'99, Sydney, WCASP-50, WMO/TD No. 1026, 273-278.
- Matzarakis A., De Rocco M. ve Najjar G., (2009), "Thermal bioclimate in Strasbourg - the 2003 heat wave", Theor Appl Climatol, C. 98 s. 209-220.
- Matzarakis, A., Rutz, F., 2005, Application of RayMan for tourism and climate investigations. Annalen der Meteorologie 41, Vol. 2, 631-636.
- Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2010, Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Basics of the RayMan model. International Journal of Biomet. 54, 131-139.

- Matzarakis, A., Rutz, F., Chen, Y., Fröhlich, D., 2017, RayMan Pro, A tool for Applied Climatology, Rayman manual version 0.1, April 28, 2017
- McBoyle, G., Scott, D., 2007, Using a 'Tourism Climate Index' To Examine The Implications of Climate Change For Climate as a Tourism Resource, Adaptation and Impacts Research Group, Environment Canada, at the Faculty of Environmental Studies, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, N2L 3G1
- Mieczkowski, Z. 1985, The Tourism Climatic Index: A Method of Evaluating World Climates for Tourism. *Canadian Geography*. 29, 220–233.
- Missenard, A., 1931, Température effective d'une atmosphère, *Chaleur et Industrie* XII, C. 137, s. 491–498.
- Moss, R.H.; Edmonds, J.A.; Hibbard, K.A.; Manning, M.R.; Rose, S.K.; Vuuren, D.P.; Carter, T.R.; Emori, S.; Kainuma, M.; Kram, T.; Meehl, G.A.; Mitchell, J.F.B.; Nakicenovic, N.; Riahi, K.; Smith, S.J.; Stouffer, R.J.; Thomson, A.M.; Weyant, J.P.; Wilbanks, T.J. (2010) “The Next Generation Of Scenarios For Climate Change Research and Assesment”, *Nature*, 2010 : Vol 463j1 1 February 2010jdoi:10.1038/nature08823.
- Olgyay, V. 1973, *Design with Climate, Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*, Princeton University Press, New Jersey.
- Oliveira S, Andrade H, Alcoforado M. J., 2008, The assessment of the bioclimatic comfort in different outdoor open spaces of Lisbon. *Proceedings of the 18th International Congress of Biometeorology*, Tokyo, 22-26 September 2008.
- Oliveira S. ve Andrade H., 2007, An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon, *Int J Biometeorol* C. 52 s. 69-84.
- Parsons, K.C., 2003, *Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance*. Taylor & Francis, London, New York.
- Schiavon, S., Hoyt, T., Piccioli, A., 2014, Web application for thermal comfort visualization and calculation according to ASHRAE Standard 55, DOI: 10.1007/s12273-013-0162-3
- Şensoy, S., Kömüşcü, A.Ü., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Esentürk, H., 2019, Trends in Sectoral Climate Indices for Istanbul, 9th Atmospheric Science Symposium, 23-26 Oct. 2019, İstanbul
- Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Matzarakis, A., 2020, Antalya'nın Termal Konfor Özellikleri, İklim Model Verileri Kullanılarak Gelecek Projeksiyonları ve Turizme Etkileri, *Coğrafi Bilimler Dergisi/ Turkish Journal of Geographical Sciences*, 18(2), 124-160, doi:10.33688/auchd.706150
- Spagnolo, J. ve de Dear R., 2003, A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia, *Building and Environment* C. 38, s. 721-738.
- Steadman RG 1979, The assessment of sultriness. Part I. A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. *J Appl Meteorol* 18:861–873.
- Steadman, R.G. 1984, “A Universal Scale of Apparent Temperature”, *J. Clim.Appl. Meteor.*, C. 23, s. 1674-1687.
- Steadman, R.G., 1971, “Indices of windchill of clothed persons”, *J Appl Meteorol*, C. 10, s. 674–683.

- Svensson, Marie K. & Eliasson Ingegärd, (2002), "Diurnal air temperatures in builtup areas in relation to urban planning", *Landscape and Urban Planning*, C. 61, s. 37-54.
- Thom, E. C, 1959, "The discomfort Index". *Weatherwise*, C. 12, s. 57-60
- Topay, M., Yılmaz, B., 2004, "Biyoklimatik Konfora Sahip Alanların Belirlenmesinde CBS'den Yararlanma Olanakları: Muğla İli Örneği", *Proceedings of 3th GIS Days in Turkey*, September 6-9 2004, Turkey. p: 425-434.
- Toy, S., Yılmaz, S., 2009, "Thermal sensation of people performing recreational activities in shadowy environment: a case study from Turkey", *Theor Appl Climatol* DOI 10.1007/s00704-009-0220-z.
- Toy, S. Matzarakis, A., 2017, Quantification Of Bioclimatic Condition For Humans For Winter Sport Events – Candidate City Erzurum For Winter Olympic Games 2026, *Atmosfer Bilimleri Sempozyumu*
- Toy, S., Özcan, G.G., 2017, Use Of Human Bioclimatic Information In City Planning, In *The Sample of Samsun City*, *International 8th Atmospheric Science Symposium*, 14 Nov. 2017
- Tseliou, A., Tsiros, I. X., Lykoudis S., Nikolopoulou, M., 2010, "An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions", *Building and Environment*, C. 45, s. 1346-1352.
- TS EN ISO 7730 2005, Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
- TS EN 27243 2002, Sıcak ortamlar-WBGT (Yaş-hazne küre sıcaklığı) indisine göre ısıtım çalışan üzerindeki baskısının tahmini
- VDI, 1998. VDI 3787, Part I: Environmental Meteorology, Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. Beuth, Berlin.
- VDI, 1994. VDI 3789, Part 2: Environmental Meteorology, Interactions between Atmosphere and Surfaces; Calculation of the short- and long wave radiation. Beuth, Berlin.
- Vernon, H. M. ve Warner, C. G., 1932, "The influence of humidity of the air on capacity for work at high temperatures", *J. Hyg. (Camb.)* C. 32, s. 431-450. Wan K. K. W., Wong S.L., Yang Liu, Lam, Joseph C. (2009), "An analysis of the bioclimates in different climates and implications for the built env. in China", *Building and Environment*, C. 45 S. 5, s.1312-1318.
- Wang Y 2003, An Analysis of an Expert System Used to Predict Human Thermal Comfort in Outdoor Urban Settings, PhD Dissertation, State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Syracuse, NY.
- Wilbanks, T. J., Bhatt, V., Bilello, D. E., Bull, S. R., Ekmann, J., Horak, W. C., Huang, Y. J., Levine, M. D., Sale, M. J., Schmalzer, D. K. & Scott, M.J. 2008, *Effects of Climate Change on Energy Production and Use in the United States*, Washington, DC: US Climate Change Science Program. Synthesis and Assessment Product 4.5.
- Winslow, C.-E. A., L. P. Herrington ve Gagge A. P., (1937). "Physiological Reactions Of The Human Body To Various Atmospheric Humidity", *Am. J. Epidemiol.* C. 26, s.103-115.

Yıldırım, H.A. ve Altınsoy, H., 2015, TS EN ISO 7730 ve TS EN ISO 27243 Standartlarına Göre Termal Konfor Programı, Çalışma Dünyası Dergisi • Labour World • 2015/2 • 7-17

Zhang, H., Huizenga, C. Arens, E. and Yu T., 2001, Considering Individual Physiological Differences in a Human Thermal Model, J. Thermal Biology 26, 401-408.

İnternet Kaynakları

URL 1: KTB, <https://yigm.ktb.gov.tr/TR-9851/turizm-istatistikleri.html> , 6 Ocak 2020

URL 2: Antalya Valiliği www.antalya.gov.tr/turizm , 6 Ocak 2020

URL 3: Turizm istatistikleri, www.turizmdatabank.com/turizm-istatistikleri/aaa/ , 6 Ocak 2020

URL 4: 6331 Sayılı İSG Kanunu, www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf

URL 5: Resmi Gazete, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130717-2.htm>

URL 6: Meteoroloji Genel Müdürlüğü www.mgm.gov.tr , 6 Ocak 2020

URL 7: ClimPACT yazılım linki <https://github.com/ARCCSS-extremes/climpact2>

URL 8: <https://www.sanalsantiye.com/wp-content/uploads/2020/01/yesil-bina.jpg>

URL 9: Nüfus istatistikleri, <https://www.nufusu.com/il/antalya-nufusu> , 7 Ocak 2020

URL 10: <https://twitter.com/Mikdatca/status/878682956851810305?s=20>

TEZ ÖZETİ

Bu çalışmada Antalya’da turizmin geleceği açısından termal konfor indislerinden Fizyolojik Eşdeğer Sıcaklık (FES), Turizm İklim İndisi (Tİİ), enerji indislerinden Isıtma ve Soğutma Gün-Derece (İGD ve SGD) indisleri hesaplanmış ve bir termal algı anketi değerlendirilmiştir.

1960-2017 gözlem verisi ile hesaplanan termal konfor (FES) değerlerinde kıyı istasyonlarında konforlu zamanların ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde gündüz saatlerine, yaz mevsiminde ise gece saatlerine sıkıştığı görülmektedir. Dağlık istasyonlar Elmalı ve Korkuteli’nde ise konforlu zamanlar ilkbahar ve sonbahar gündüz saatleridir.

2018-2098 projeksiyon periyotlarında ise kıyı istasyonlarının ilkbaharda RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarına göre hala konforlu kalacağı, bunun yanında RCP8.5 senaryosuna göre, Manavgat, Kemer, Finike ve Demre’de kış mevsiminde de konforlu yılların ortaya çıkmaya başlayacağı fakat aynı istasyonlarda sonbaharda konforlu yıl kalmayacağı hesaplanmıştır. Sonbahar mevsiminin Antalya ile Dağlık Elmalı ve Korkuteli istasyonlarında her iki senaryoya göre de konforlu olacağı hesaplanmış iken, Gazipaşa ve Kaş’ta RCP4.5 senaryosuna göre var olacak konforlu yılların RCP8.5 senaryosuna göre ortadan kalkacağı; Antalya’da ise azalacağı hesaplanmıştır.

Artan sıcaklıklara bağlı olarak FES değerlerinin tüm mevsimlerde ve tüm istasyonlarda artış eğiliminde olması, kışın kıyı alanlarında, sonbaharda da dağlık alanlarda termal konfora olumlu yönde etki edecektir. Bu sonuç Antalya’da kıyı ve dağ alanlarının termal konfor açısından birbirlerini tamamlayıcı rol üstleneceklerini ve bunun turizme olumlu yansıtacağını düşündürmektedir. İlkbahar, sonbahar ve yazın RCP8.5 senaryosuna göre sıcaklıkların çok fazla artacak olması, bu mevsimlerdeki termal konforu bozucu etki yapacakken, bu durum 3S turizmine ise olumlu yönde yansıtacaktır. Görüldüğü üzere değişen iklim termal konfor açısından fırsatlar ve tehditleri beraberinde getirecektir.

Çalışmada indisler arası farklara da bakılmıştır. mFES indisi daha kompleks enerji denge modeline dayanır. Nispi nem, giysi ve aktiviteye çok duyarlıdır. Antalya’da mFES değerleri soğuk dönemde nispi nem yüksek olduğundan FES’ten yüksek, Antalya, Elmalı ve Korkuteli’nde sadece yazın, diğer istasyonlarda ise yaz ve sonbaharda FES’ten düşük olarak

bulunmuştur. Ortalama radyan sıcaklık (T_{mrt}) ise güneş ışınlarına bağlı olarak sabah saatlerinde düşük, yazın öğle saatlerinde ise 50°C'leri aşmaktadır. FES'in önemli bir girdisi olan T_{mrt}, onu yaz aylarında "çok sıcak" yapmaktadır.

Değişen iklimle termal konforun azalacak olması turizm açısından bir tehditmiş gibi görülse de; tatil zamanı planlaması, iklimlendirme sistemlerinin kullanılması, paket turlar sayesinde 3S turizminin (güneş, deniz, kum) yanında Antalya'da kültür, spor, sağlık, kış, golf, kongre, yayla, doğa yürüyüşü, mağara, kamp/karavan, botanik ve inanç turizmi gibi seçeneklerle bu tehdit fırsata dönüştürülebilecektir.

Hesaplanan Turizm İklim İndisi (Tİİ) sonuçlarına göre, Antalya'da turizme elverişsiz istasyon ve ay bulunmamıştır (TCI>50). Antalya'da bulunan istasyonlarda bimodal-bahar yüksekliği (ilkbahar ve sonbaharda yüksek Tİİ değerleri) turizm konfor modeli bulunmuştur. Tİİ (TCI) sonuçlarına göre ilkbahar daha yüksek konfor değerlerine sahipken, sonbahar hala yazdan kalma sıcaklıkları bünyesinde barındırdığından görece olarak daha düşük Tİİ değerleri bulunmuştur. Bu sonuç, FES sonuçlarıyla kısmen örtüşmektedir. Gündüz konfor indisinin (CID) Tİİ içerisindeki payı yüksek olduğundan; en düşük Tİİ değerlerine sıcaklıkların ve nispi nemin yüksek olduğu Alanya'da, en yüksek Tİİ değerlerine ise sıcaklıkların sahile göre daha düşük olduğu dağlık alanlardan Elmalı ve Korkuteli'nde rastlanmıştır. Tİİ (TCI) indisi sadece 3S turizmi için değil, gezmek, kültür turizmi yapmak, açık alan aktivitelerine katılmak isteyen turistlere göre dizayn edilmiştir. Antalya'da yazların yağışsız geçmesi Tİİ içerisinde önemli bir paya sahiptir ve günübirlik aktivitelere katılan turistler için bir avantajdır.

Antalya termal konfor anketini cevaplandıran 240 kişiye göre katılımcılar en çok 09:00-11:00 ve 15:00-18:00 saatleri arasında denize girmeyi tercih etmekte; kendilerini 12:00-15:00 saatleri arasında konforsuz hissetmektedirler. Katılımcılar tatil için en çok haziran ve eylül ayını tercih ettiklerini söylese de, Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerinden umulanla gerçekleşenin biraz farklı olduğu görülmektedir. Antalya'ya en fazla turist temmuz ve ağustos aylarında gelmektedir. Katılımcılar kendilerini çoğunlukla 18-23°C sıcaklık, 0.2-0.5 m/sn. hava akımı ve %20-40 nispi nem aralığında konforlu hissetmektedirler. Anket sonuçlarından kadınların erkeklerden daha az güneşte ve saunada kaldıkları bulunmuştur. Gençlerin ise orta yaşlılara göre, güneşte ve saunada kalma sürelerinin daha uzun olduğu bulunmuştur. Katılımcılardan 21-30 yaş arası konforsuz hissettikleri saatleri öğle saatleri olarak bildirirken, diğer yaş grupları

öğle ve gece saatleri olarak ifade etmişlerdir. Bu sonuç gençler dışındaki katılımcıların tropik geceden ($T_{min} > 20^{\circ}$) rahatsız olduklarını, fakat oda sıcaklığını düşürmek için gürültü ve filtre kirliliği nedenleri ile klimayı da tercih etmediklerini göstermektedir. 51-60 yaş arasının güneş altında ve saunada daha uzun süre kalması ise daha fazla D vitamini alma ihtiyacı ve terleyerek kilo kaybetme gibi sağlıklı olma isteklerinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

Çalışma alanında turizmi destekleyen enerji sektörüne yönelik ısıtma ve soğutma gün-derece indislerindeki (İGD (HDD) - SGD (CDD)) gözlem ve projeksiyon dönemlerindeki eğilimler de incelenmiştir. Sektör spesifik indislerden soğutma gün-derecelerinde (SGD) artışı, ısıtma gün-derecelerinde (IGD) ise azalış eğilimleri hesaplanmıştır. Yüzyılın sonuna doğru Antalya'nın kıyı istasyonlarında soğutma gereksinimleri ısıtma gereksinimlerinin RCP4.5 senaryosuna göre 4 katına, RCP8.5 senaryosuna göre ise 10 katına çıkacağı hesaplanmıştır. Dağlık istasyonlar Elmalı ve Korkuteli'nde ise ısıtma hala gerekli iken, SGD eğilimleri artarak yüzyılın sonuna doğru ısıtma gereksinimleri ile eşit hale gelecektir. Yazın kapalı ortamlarda termal konfor, klimalar tarafından sağlandığı için bu durum enerji sektörü üzerine büyük yükler getirecektir. Artacak sıcaklıklar ve sıcak hava dalgaları ile birlikte, şehir ısı adası (ŞIA) etkisinin azaltımı için yeşil alanların korunması ve artırılması, çatıların ve açık alanların bitki ile kaplanması, ağaçlandırılması, doğal çevrenin korunumu, yansıtıcı boyalar, yeşil bina programlarının geliştirilmesi, serin noktalar oluşturulması, ısı engelleyici yol kaplaması ve akıllı ulaşım sistemlerinin geliştirilmesi, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji sistemlerine ağırlık verilmesi, bina enerji sertifikalarına önem verilmesi gibi uyum tedbirleri bir taraftan iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltırken, diğer taraftan da iklim değişikliğine neden olan sera gazı salımlarının azaltılmasına katkıda bulunacaktır.

Termal riskler, gerek bilgi eksikliği, gerekse önemsememe nedeniyle çoğu kez göz ardı edilen ya da gözden kaçırılan risklerdir. Az bilinen ya da göz ardı edilen termal riskler, vücudu termoregülasyon düzenlemesini hemen yapamayan özellikle yaşlı ve çocuklarda ölümle sonuçlanabilen sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle sıcak hava dalgası beklenen günlerde yetkililer tarafından gerekli uyarılar yapılmalı ve termal konforu sağlayacak önlemler alınmalı, güneş gözlüğü, şapka, ayakkabı gibi kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır. Turistlerin bir kısmını kültür, spor, sağlık, yayla, doğa yürüyüşü, mağara, yaban hayatı gibi turizm seçeneklerine yönlendirmek hem termal riskleri azaltacak hem de turizmde çeşitliliği ve sürdürülebilirliği sağlayacaktır.

ABSTRACT

In this study, in terms of the future of tourism in Antalya, Physiological Equivalent Temperature (PET), Tourism Climate Index (TCI), Heating and Cooling Degree-Day (HDD and CDD) indices from energy indices were calculated and a thermal perception survey was evaluated.

In the thermal comfort (PET) values calculated with the 1960-2017 observation data, it is seen that the comfortable times in the coastal stations are daytime hours in the spring and autumn seasons and night hours in the summer seasons. In the mountainous stations Elmalı and Korkuteli, comfortable times are spring and autumn daytimes.

In the projection periods of 2018-2098, the coastal stations will still remain comfortable in the spring according to the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios, besides, according to the RCP8.5 scenario, comfortable years will begin to appear in the winter season in Manavgat, Kemer, Finike and Demre. It is calculated that there will be no comfortable years in the fall. While it is calculated that the autumn season will be comfortable for both scenarios in Antalya and mountainous Elmalı and Korkuteli stations, the comfortable years that will exist in Gazipaşa and Kaş according to the RCP4.5 scenario will disappear according to the RCP8.5 scenario

The fact that PET values tend to increase in all seasons and stations due to the increasing temperatures will have a positive effect on thermal comfort in coastal areas in winter and mountainous areas in autumn. This result suggests that the coastal and mountain areas in Antalya will complement each other in terms of thermal comfort and this will positively affect tourism. According to the RCP8.5 scenario in the spring, autumn and summer, the temperature will increase too much, while the thermal comfort in these seasons will be disruptive, while this will reflect positively on 3S tourism. As can be seen, the changing climate will bring opportunities and threats in terms of thermal comfort.

In the study, the differences between indices were also examined. The mPET index is based on the more complex energy balance model. It's is very sensitive to relative humidity, clothing and activity. Since the relative humidity is high in the cold period in Antalya, mPET values are found to be higher than PET, in Antalya, Elmalı and Korkuteli only in summer and at other stations lower than PET in summer and autumn. The mean radiant temperature (T_{mrt}) is low in

the morning hours due to the sun's rays and exceeds 50°C in the noon hours in the summer. Tmrt, which is an important input of PET, makes it “very hot” in summer.

Although it seems that the thermal comfort will decrease with the changing climate, it is a threat to tourism. These threat can be reduced and can be turned into an opportunity by vacation time planning, use of air conditioning systems, 3S tourism (sea, sand, sun) package tours, culture, sports, health, winter, golf, congress, plateau, trekking, cave, camping / caravan, botanical, wildlife and hunting tourism.

According to the calculated Tourism Climate Index (TCI) results, there are no stations and months unfit for tourism in Antalya (TCI> 50). Tourism comfort model has been found in the stations located in Antalya, with bimodal-spring high (high TCI values in spring and autumn). According to TCI results, while spring has higher comfort values, since fall still contains summer temperatures, relatively lower TCI values were found. This result partially overlaps with PET results. Since the daytime comfort index (CID) has a high percentage in TCI; The lowest TCI values were found in Alanya, where temperatures and relative humidity were high, and the highest TCI values were found in Elmalı and Korkuteli, which are among the mountainous areas where temperatures are lower than the beach. The TCI index is designed not only for 3S tourism, but also for tourists who want to travel, do cultural tourism and participate in outdoor activities. Summers without rain in Antalya have an important percentage in TCI and it is an advantage for tourists participating in daily activities.

According to 240 people who answered the Antalya thermal comfort survey, the participants mostly prefer to swim between 09:00-11:00 and 15:00-18:00 hours; they feel uncomfortable between 12:00-15:00. Although the participants say that they prefer the most June and September for the holiday, it is seen that the Ministry of Culture and Tourism data is slightly different. Most tourists come to Antalya in July and August. Participants themselves they feel comfortable mostly 18-23°C temperature, 0.2-0.5 m/sec airflow and 20-40% relative humidity range. It was found from the survey results that women were stay in the sun and sauna less than men. Young people were found to be longer in the sun and sauna than the middle-aged. While expressing the uncomfortable times between the ages of 21 and 30 as the noon hours, the other age groups expressed as noon and night hours. This result shows that participants other than young people are disturbed by the tropical night ($T_{min} > 20^{\circ}$), but they do not prefer the air

conditioner due to noise and filter pollution to lower the room temperature. It was thought that the age of 51-60 years stay longer time under the sun and in the sauna may be due to the need to get more vitamin D and to be healthy, such as losing weight by sweating.

The trends in the observation and projection periods in the heating and cooling degree-day indices (HDD-CDD) for the energy sector supporting tourism in the study area are also examined. Increases in cooling degrees-days (CDD) and decreases in heating degrees-days (HDD) were calculated from sector-specific indices. Towards the end of the century, cooling requirements in Antalya's coastal stations were calculated to increase 4 times according to the RCP4.5 scenario and 10 times according to the RCP8.5 scenario. While heating is still required in mountainous stations Elmalı and Korkuteli, CDD trends will increase and become equal to heating requirements towards the end of the century. In summer, since thermal comfort is provided by air conditioners in indoor environments, this will put great loads on the energy sector. With increasing temperatures and heat waves, protection and enhancement of green areas for the reduction of Urban Heat Island (UHI) effect, covering of roofs and open areas with plants, afforestation, protection of natural environment, reflective paints, development of green building programs, creating cool spots, adaptation measures such as the development of heat blocking road coating and smart transportation systems, the emphasis on renewable energy systems such as solar and wind, and the importance of building energy certificates will reduce the negative effects of climate change, while contributing to the reduction of greenhouse gas emissions that cause climate change.

Thermal risks are risks that are often overlooked or overlooked due to both lack of information and neglect. Little known or ignored thermal risks can lead to health problems, especially in the elderly and children, whose their body cannot immediately regulate thermoregulation. For this reason, the necessary warnings should be made by the authorities on the days when a heat wave is expected and precautions should be taken to provide thermal comfort and personal protective equipment such as sunglasses, hats and shoes should be used. Directing some of the tourists to tourism options such as culture, sports, health, plateau, trekking and cave will both reduce thermal risks and provide diversity and sustainability in the tourism.