Holosen'den Antroposen'e: Hesaplamalı Bilimler Perspektifinden Orta ve Güneybatı Anadolu'da İnsan, Çevre ve İklim İlişkilerinin On Bin Yıllık Geçmişine Yeni Bir Bakış

Program Kodu: 3501

Proje No: 215K130

Proje Yürütücüsü:
Doç. Dr. Bülent ARIKAN

Araştırmacılar:
Dr. Öğr. Üy. Demet BİLTEKİN
Dr. Öğr. Üy. Ozan Mert GÖKTÜRK

Danışmanlar:
Prof. Dr. Hasan Nüzhet DALFES
Dr. Öğr. Üy. Sena AKÇER ÖN

Bursiyer:
Ezgi TOK (Mart – Ağustos 2017)
Oğuzhan KANMAZ (Ekim 2017 – Temmuz 2019)

EKİM 2019
İSTANBUL

Önsöz

215K130 no'lu proje TÜBİTAK'ın Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Grubu tarafından Ocak 2017'de kabul edilmiş ve bütçe transferinin Mart 2017'de yapılmasıyla çalışmalar başlamıştır. Proje; Orta ve Güneybatı Anadolu'da son on bin yılda meydana gelen iklim değişikliklerinin hem paleoiklim modelleri hem de çoklu vekil veri kaynaklarıyla karşılaştırılmasını, bilinen ve bilinmeyen dönemsel kuraklıkların araştırma bölgesinde gözlemlenip gözlemlenmediğini ortaya çıkarmayı, Paleolitik'ten Demir Devri'ne kadar olan arkeolojik yerleşme sistemlerinin iklimsel değişimlere nasıl adapte olmuş olabileceğini ve detaylı arkeolojik veri sağlayan sınırlı sayıdaki arkeolojik yerleşmede etmen-temelli toprak kullanım modeli uygulanarak çevresel değişimde doğal (örn: iklim) değişimlere ek olarak antropojenik (insan kaynaklı) etkilerin şiddetini anlamayı amaçlamaktadır. Proje kapsamında ayrıca, yayınlanmış vekil veri ve tespit edilmiş arkeolojik yerleşmeleri bir arada gösteren ve çeşitli sorgulamalar yapmaya izin veren bir veri tabanı web sayfası olarak düzenlenmiştir. Proje ekibi farklı uzmanlık alanlarından araştırmacı ve danışmanlar içermektedir. Mart-Ağustos 2017 arasında Ezgi Tok, Ekim 2017-Temmuz 2019 arasında ise Oğuzhan Kanmaz doktora bursiyerleri olarak projede görev almışlardır. Projenin ilk gelişme raporu 15 Ocak 2018, ikinci gelişme raporu ise 15 Temmuz 2018 tarihinde gönderilmiştir. Sonuç raporu metninde verilen tüm tarihler kalibre günümüzden önce (GÖ) olarak kabul edilmelidir. Milattan önce tarihler için GÖ değerinden 2000 çıkarılması yeterlidir.

İçindekiler

Özet ..... **ix**

Abstract ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

2. LİTERATÜR ÖZETİ **3**
2.1 Arkeolojik Araştırmalar **3**
2.2 Paleoçevre Araştırmaları **5**
2.3 Paleoçevre Kurguları **8**
2.4 Özet **12**

3. GEREÇ VE YÖNTEM **16**
3.1 Paleoiklim Modelleri **16**
3.1.1. Makrofiziksel İklim Modeli (MİM) 16
3.1.2 PaleoView Modeli (PV) 17
3.2 Duraylı Oksijen ve Karbon İzotop Analizleri **18**
3.3 Polen Analizleri **19**
3.4 MedLanD Modelleme Laboratuvarı (MML) **21**
3.4.1 Tarım-Hayvancılık Ekonomileri Modellemesi 22
3.4.2 Nüfus Dinamiklerinin Modellenmesi 24
3.4.3 Yüzey Süreçlerin Modellenmesi 24

4. BULGULAR **25**
4.1 Duraylı İzotop Veri Setlerinin Paleoiklim Modellerinin Sonuçlarıyla Karşılaştırılması **25**
4.1.1 Salda Gölü 26
4.1.2 Konya Havzası 26
4.1.3 Nar Gölü 27
4.1.4 Eski Acıgöl 27
4.1.5 Hazar Gölü 28
4.1.6 Van Gölü 28
4.1.7 Genel Değerlendirme 29
4.2 Polen Veri Setlerinin Değerlendirmesi **35**
4.2.1 Paleoiklim Modellerinin Sonuçlarıyla Karşılaştırma 35
4.2.2 Veri-Model Yaklaşımı (Modern Analog Tekniği) İle Eski Acıgöl Polen Verisinin Karşılaştırması 50
4.3 Paleoiklim Modellerinin Karşılaştırılması **55**
4.4 Arkeolojik Yerleşme Sistemlerindeki Değişimler **59**
4.5 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemleri **71**
4.5.1 Erken ve Orta Holosen'deki İklimsel Değişimler 71
4.5.2 Erken ve Orta Holosen'deki İklimsel Değişimlerin Arkeolojik Yerleşmelere Olan Etkisi 81
4.5.3 Genel Değerlendirme 85
4.6 Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modellerinin Sonuçları **86**
4.6.1 Resuloğlu Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modeli Sonuçları 86
4.6.2 Hacılar Büyük Höyük Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modeli Sonuçları 98

5. TARTIŞMA / SONUÇ **108**
5.1 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemlerinin Genel Değerlendirmesi **108**

5.2 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemlerinin Rezilyans (Esneklik) Kavramı Açısından Değerlendirilmesi.....112
5.3 Projenin Amaçları ve Araştırma Sonuçları Açısından Değerlendirilmesi.....116
5.4 Öneriler.....120
KAYNAKÇA.....122

Tablo ve Şekiller

Tablo ve şekillerin numaraları sonuç raporu metni içinde verilmiş olup çoklu ortam dosyaları olarak ayrı ayrı sisteme yüklenmişlerdir

Şekil 1. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir).....2

Şekil 2. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve gerçekleştirilen projede kullanılan çoklu vekil veri sağlayan kayıtların (siyah yıldızlar) yerini gösteren harita.....6

Şekil 3. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve Anadolu genelinde kullanılan çoklu vekil veri sağlayan kayıtların (polen, diyatom, izotop, ostrakod) yerini gösteren harita.....13

Şekil 4. Anadolu genelindeki polen kayıtlarının yerini gösteren harita.....14

Şekil 5. Anadolu genelindeki duraylı izotop kayıtlarının yerini gösteren harita.....15

Şekil 6. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve Makrofiziksel İklim Modeli (beyaz üçgen) ile PaleoView İklim Modeli (siyah kare) için kullanılan istasyonların yerleri.....16

Şekil 7: Proje kapsamında incelenen duraylı oksijen-karbon izotop verilerinin yerleri.....25

Şekil 8. Son 10.000 yıldan günümüze PaleoView yıllık yağış (mm) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması. PaleoView yağış verisinin ters çizildiğine dikkat edilmelidir.....30

Şekil 9. Nar Gölü duraylı izotop verisi (δ18O ‰VPDB, Jones ve diğ., 2006) ile PaleoView yıllık yağış (mm) verisinin karşılaştırması.....31

Şekil 10. Son 10.000 yıldan günümüze PaleoView yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması.....32

Şekil 11. Son 10.000 yıldan günümüze MİM yıllık yağış (mm) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması. MİM yağış verisinin ters çizildiğine dikkat edilmelidir.....33

Şekil 12. Son 10.000 yıldan günümüze MİM yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması.....34

Şekil 13. Paleoekolojik veriler ile vejetasyonun yapılandırılması şematik gösterimi (Ge vd., 2017'den sadeleştirilerek alınmıştır).....44

Şekil 14. PaleoView yıllık yağış (mm) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu.....45

Şekil 15. PaleoView yıllık sıcaklık (°C) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu.....46

Şekil 16. MİM yıllık yağış (mm) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu.....48

Şekil 17. MİM yıllık sıcaklık (°C) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu.....49

Şekil 18. Guiot vd. (2014) tarafından geliştirilen iklim modelini gösteren akış şeması.....50

Şekil 19. Veri-iklim modeli sonuçlarının Eski Acıgöl polen kayıtları ile karşılaştırılması.....51

Şekil 20. Eski Acıgöl polen verisi ile oluşturulan PFT grupları ve yıllık yağış değişimleri.....53

Şekil 21. Eski Acıgöl polen verisi ile oluşturulan PFT grupları ve yıllık sıcaklık değişimleri.....54

Şekil 22. Araştırma bölgesi içinde kalan PaleoView grid noktaları ve MCM istasyonlarının ortalama sıcaklık değerlerinin Holosen boyunca karşılaştırılması.....57

Şekil 23. Araştırma bölgesi içinde kalan PaleoView grid noktaları ve MCM istasyonlarının toplam yağış değerlerinin Holosen boyunca karşılaştırılması.....58

Şekil 24. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Paleolitik ve Demir Devri arasındaki dönemlerde yerleşilmiş olan arkeolojik sitler (siyah noktalar).....60

Şekil 25. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Paleolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....61

Şekil 26. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Neolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....62

Şekil 27. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Kalkolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....63

Şekil 28. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Erken Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....64

Şekil 29. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Orta Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....65

Şekil 30. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Geç Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....66

Şekil 31. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Demir Devri yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.....67

Şekil 32. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin tiplerine göre dağılımını gösteren histogram.....70

Şekil 33. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin dönem bazında rakım değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir dönemin ortalama değerini göstermektedir.....70

Şekil 34. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin bulundukları jeolojik yüzeylere göre dağılımını gösteren histogram.....71

Şekil 35. Erken Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.....72

Şekil 36. Erken Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.....73

Şekil 37. Orta Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.....74

Şekil 38. Orta Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.....75

Şekil 39. Neolitik dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.....76

Şekil 40. Neolitik dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.....77

Şekil 41. Tunç Çağı boyunca araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.....78

Şekil 42. Tunç Çağı boyunca araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.....79

Şekil 43. Demir Devri'nde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.....80

Şekil 44. Demir Devri'nde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.....81

Şekil 45. Proje kapsamında değerlendirilen yerleşme tiplerinin Erken Holosen'de yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.....82

Şekil 46. Proje kapsamında değerlendirilen yerleşme tiplerinin Orta Holosen'de yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.....83

Şekil 47. Orta Holosen döneme ait arkeolojik evrelerin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.....83

Şekil 48. Tunç çağlarına ait yerleşme tiplerinin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0365). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.....84

Şekil 49. Demir Devri'ne ait yerleşme tiplerinin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.....85

Şekil 50. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....90

Şekil 51. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....91

Şekil 52. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....92

Şekil 53. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....93

Şekil 54. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....94

Şekil 55. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....95

Şekil 56. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait kümülatif erozyon-yığılma değerlerini gösteren harita.....96

Şekil 57. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda bitki örtüsündeki değişimi gösteren harita.....97

Şekil 58. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda toprak kalınlığındaki değişimi gösteren harita.....98

Şekil 59. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....100

Şekil 60. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....101

Şekil 61. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....102

Şekil 62. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....103

Şekil 63. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....104

Şekil 64. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.....105

Şekil 65. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait kümülatif erozyon-yığılma değerlerini gösteren harita.....106

Şekil 66. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda bitki örtüsündeki değişimi gösteren harita..107

Şekil 67. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda toprak kalınlığındaki değişimi gösteren harita.....108

Tablo 1:Proje kapsamında kullanılan kronolojiyi gösteren tablo.....3

Tablo 2:Proje kapsamında kullanılan verilerin yaş aralıkları ve veri çözünürlükleri.....26

Tablo 3. Proje kapsamında oluşturulan polen verilerinin, enlem, boylam, çalışma alanı, yükseklik, çözünürlük ve kaynakları.....41

Tablo 4. Proje kapsamında oluşturulan charcoal (kömürsü odun) verilerinin, enlem, boylam, çalışma alanı, yükseklik, çözünürlük ve kaynakları.....43

Tablo 5. Çayır bitki örtüsünün basitleştirilmiş döngüsü.....89

Özet

Proje kapsamında paleoiklim ve çoklu vekil-veri temelli paleoçevresel kurgulaması son 12 bin yıl kapsamında gerçekleştirilen Orta ve Güneybatı Anadolu bölgelerindeki arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişim de paleoçevresel şartların değişimi açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, araştırma bölgesinde zengin arkeolojik veri sunan iki yerleşme de etmen-temelli simülasyonlar yardımıyla farklı nüfus yoğunluğu ve iklim senaryoları altında incelenmiştir. Gerçekleştirilen proje sonucunda paleoiklim modellerinin kendi aralarında karşılaştırılmasının mekânsal ölçek farklılığı nedeniyle bilgilendirici olmayacağı, farklı paleoiklim modellerinin vekil veri setlerinin farklı özellikleriyle uyum gösterdiği ortaya konmuş ve araştırma bölgesinde homojen olarak değerlendirilebilecek iklimsel değişikliklerin yaşanmadığı ortaya konmuştur. Arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin ancak kısmen paleoiklim odaklı olabileceği değerlendirilmiş ve geçmiş insan-çevre dinamiklerinin değerlendirildiği etmen-temelli simülasyonlarda ortaya çıkan sonuçlar aynı başlangıç koşullarında, farklı bölgelerdeki topografik şartların ve insan faaliyetlerinin zaman içindeki farklılaşmasının etkilerinin uzun süreçte ne kadar farklı yönlere gidebileceği ortaya konmuştur. Sonuçları itibarıyla, gerçekleştirilen projede kapsamlı paleoçevresel ve paleoiklimsel veri setlerinin karşılaştırması ilk defa yapılmış ve yine ilk defa arkeolojik yerleşme sistemler paleoçevresel açıdan 12 bin yıllık değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda geçmiş sosyal değişimler ile paleoçevresel değişimler arasındaki bağlantının çok kesin olmadığı tespit edilmiştir. Araştırma bölgesinde sağlıklı paleoçevresel değerlendirmeler yapmak, veri setlerini karmaşık istatistiksel yöntemlerle değerlendirmek için kapsamlı saha araştırmalarına ihtiyaç olduğu ortaya konmuştur.

Paleoiklim, Etmen-temelli modelleme, Arkeoloji, Sürdürülebilirlik, Rezilyans

Abstract

The Project aimed to reconstruct the paleoclimate and paleoenvironment of Central and Southwestern Anatolia during the last 12,000 years and to assess the changes in archaeological settlement systems in relation to changes in paleoenvironmental conditions. Additionally, two archaeological settlements with wealth of information have been subjected to agent-based modeling under various scenarios of population density and climate types. Based on the results, it is not informative to establish direct comparisons of paleoclimate models due to the differences in spatial resolution. On the other hand, comparing the results of paleoclimate models with proxy data revealed that certain aspects of paleoclimate models agree with different proxy data sets. Consequently, while it is obvious that paleoclimate and paleoenvironment have been changing, there has been no homogeneity in these patterns. The changes in archaeological settlement systems may only be partially related to changes in paleoenvironment and paleoclimate. The results of agent-based models suggest that even though experiments start with the same conditions, topography and the range of human activities would lead to different human-environment interaction patterns in the long-term. The results of the project are important as comprehensive paleoclimate-paleoenvironment comparisons have been made for the first time as well as the project made the initial assessment of archaeological settlement systems from the perspective of paleoenvironmental changes in the last 12,000 years. The project clearly reveals that past social changes and paleoenvironmental changes are not crystal-clear. Also, the project shows that in order to study paleoenvironmental changes in the research area and in order to evaluate paleoenvironmental data with the help of complex statistical methods, a new and more comprehensive field research is necessary.

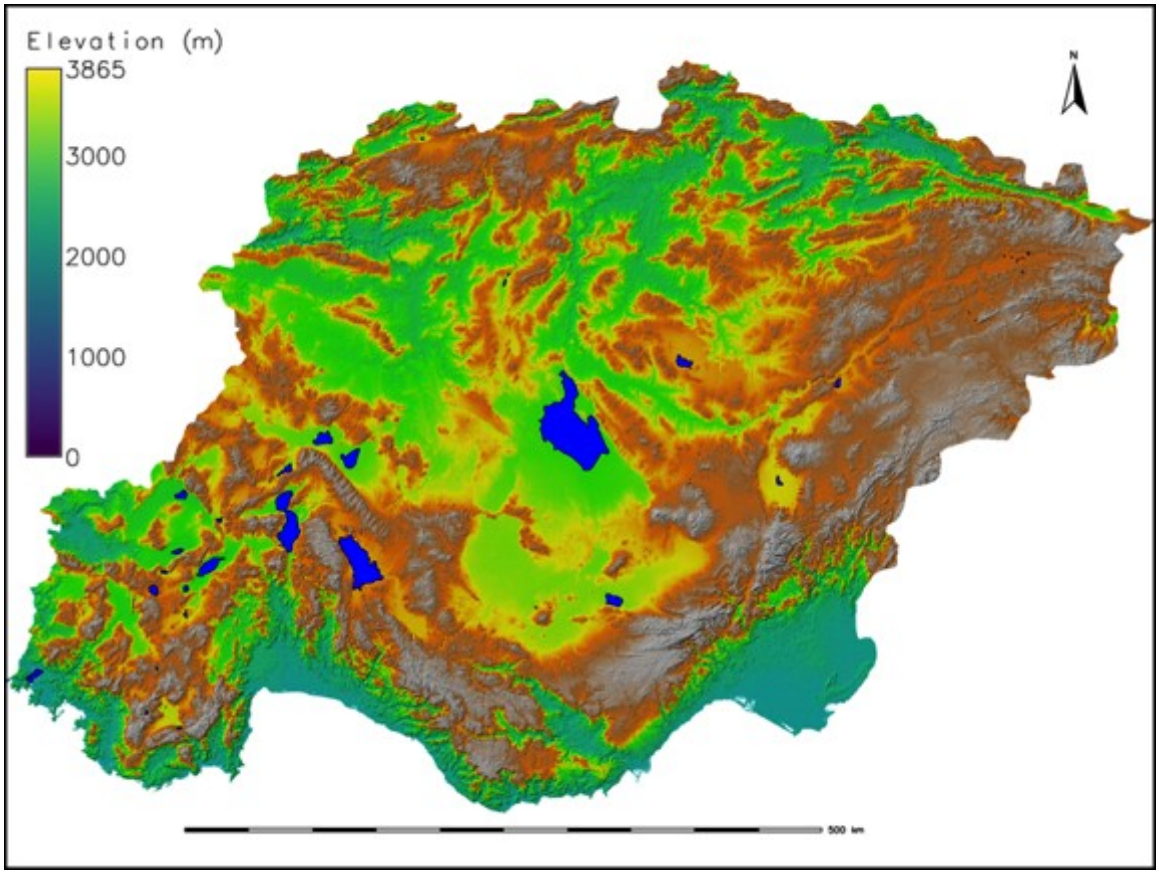
Paleoclimate, Agent-based modeling, Archaeology, Sustainability, Resilience

Sonuç Raporu

1. GİRİŞ

İnsan ve çevre arasındaki karmaşık ve değişken ilişki günümüzde öne çıkan konulardan birisidir. Yaşadığımız iklim değişikliği ile ilişkili çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlar her geçen gün çeşitlenmekteyken insanların aklına geçmiş kültür ve medeniyetlerin benzer sorunlarla nasıl mücadele ettiği gelmektedir. Kuşkusuz, geçmiş dönemlerde yaşayan insanlar da iklim değişikliği ve antropojenik değişiklikler sonucunda maruz kaldıkları çevresel değişimlerle mücadele etmek zorundalardı. Hem değişen çevresel şartlara uyum göstermek, bunu teknolojik ve ekonomik olarak başarmaya çalışırken sosyal düzeni korumak azımsanacak bir durum değildi.

Proje; bu iklimsel değişimlerin Orta ve Güneybatı Anadolu'da (Şekil 1) hangi dönemlerde ortaya çıktığını, araştırma bölgesi içinde şiddet ve yoğunluk açısından farklılık gösterip göstermediğini, on bin yıllık süreçte arkeolojik yerleşme sistemlerinde gözlemlediğimiz değişimlerin iklimsel veya antropojenik değişimlerle ilgisi olup olmadığını, toprak kullanımının antropojenik açıdan hangi değişiklikleri getirdiği ortaya çıkarılmıştır. Önasya'da bilinen dönemsel kuraklık evreleri olan 8.2, 4.2 ve 3.2 olaylarının araştırma bölgesinde paleoiklim modelleri veya çoklu vekil veri setlerinde görülüp görülmediği, bilim insanlarının henüz farkında olmadığı ve araştırma bölgesine has dönemsel kuraklık evrelerinin varlığı, paleoiklim modelleri arasında ve bu modeller ile çoklu vekil veri setleri arasında bir uyumun olup olmadığı, özellikle iklim değişikliğine yakın dönemlerde arkeolojik yerleşmelerde etmen-temelli simülasyon yöntemiyle toprak kullanım modellerinin hazırlanması ve bu sayede yüzey süreçlerdeki değişimlerle bitki örtüsü çeşitliliğindeki (biyoçeşitlilikteki) değişimin hesaplanması amaçlanmıştır. Bunların sonucunda on bin yıllık süreçte araştırma bölgesinde kültür gruplarının ve medeniyetlerin doğal ya da antropojenik kaynaklı çevresel değişime nasıl adapte oldukları anlaşılmıştır.



Şekil 1. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Araştırma bölgesinde arkeolojik ve paleoçevresel araştırmaların uzun bir geçmişi vardır ve bu nedenle geniş bir literatürden bahsedilebilir. Raporda kullanılan kronoloji Tablo 1'de verilmiştir.

Dönem	MÖ	kal. GÖ
Paleolitik	10.000 - 8400	12.000 – 10.400
Neolitik	8400 - 5400	10.400 - 7400
Kalkolitik	5400 - 3000	7400 - 5000
Erken Tunç Çağı	3000 - 2000	5000 - 4000
Orta Tunç Çağı	2000 - 1500	4000 - 3500
Geç Tunç Çağı	1500 - 1200	3500 - 3200
Demir Devri	1200 - 600	3200 - 2600

Tablo 1:Proje kapsamında kullanılan kronolojiyi gösteren tablo.

2.1 Arkeolojik Araştırmalar

Orta Anadolu'nun erken Neolitik kültürünün (GÖ 10.400-8400) Mezopotamya'dan kolonileşme yerine yerel Paleolitik nüfustan gelişmiş olabileceği genel olarak kabul edilen bir görüş haline gelmiştir. Yerel gelişme fikrini savunan araştırmacılar bu öneriyi taş alet endüstrisindeki devamlılığa bağlamaktadırlar (Baird, 2006; Balkan-Atlı, 1994). Dönemin iyi bilinen yerleşmeleri Aşıklıhöyük, Çatalhöyük ve Boncuklu Höyük olup ilk ikisi birbirine yapışık evlerin oluşturduğu mahalle tipi organizasyon göstermektedir (Düring, 2011; Özbaşaran, 2000). Buna ek olarak, özel kullanıma sahip yapıların varlığı gözlemlenmiştir. Yerleşmelerin ekonomileri yeni evcilleştirilmiş bitki ve hayvan türlerine dayanmaktadır (Buitenhuis, 1997; Esin vd., 1991). Malzeme kültürü açısından yerel özellikler gözlemlense de Kapadokya obsidyeninin Güney Levant gibi uzak bölgelerde bulunması uzun mesafe ticaretin varlığına işaret etmektedir (Balkan-Atlı ve Binder, 2000; Cauvin ve Balkan-Atlı, 1996). Geç Neolitik'te (GÖ 8400-7400) yerleşmeler Orta Anadolu steplerinden iç Ege ve Göller Bölgesi'ne yayılmıştır (Düring, 2011: 125-126). Evcilleştirmeye bağlı ekonomi Anadolu'nun başka bölgelerine yayıldıkça hayvancılık ve hayvan ürünleri de ortaya çıkmaya başlamıştır (Russell vd., 2005; Buitenhuis, 2004). Bu dönemdeki iklimsel değişiklikler (GÖ 8.2 olayı gibi) yerleşme sistemlerinde ve ekonomide gözlemlenen durumu daha da karmaşık yapmıştır (Schoop, 2005; Weiss ve Bradley, 2001). Zaman içinde erken Neolitiğin birbirine yapışık, mahalle tipi organizasyondan ve birbirlerinden izole yerleşmelerden yerel grupların oluşturduğu, küçük ancak bir ağ sisteminin parçaları olan yerleşmelere geçilmiştir (Düring, 2011; Nieuwenhuyse, 2007). Gözlemlenen sosyal değişimlerin Orta Anadolu'nun farklı alanlarındaki yerleşmeleri yakınlaştırmış olabileceği belirtilerek, Kilikya

(Yumuktepe gibi) dışındaki yerleşmelerin Anadolu haricindeki bölgelerle direkt ilişkisinin tespit edilemediği vurgulanmaktadır (Balossi Restelli, 2006; Garstang, 1953).

Orta Anadolu'da Kalkolitik dönem (GÖ 7400-4950) özellikle bölgenin bazı kesimlerinde bir önceki dönemden daha az bilinmektedir. Yerleşme sistemleri ve arkeolojik veriler göz önüne alındığında Orta Anadolu Kalkolitiğinin, Mezopotamya'daki çağdaşlarına (Ubeyd ve Uruk) kıyasla daha küçük, daha az gelişmiş olduğu gözlemlenmektedir (Stein, 2005; Algaze, 1993). Kalkolitik dönem Orta Anadolu yerleşmeleri Mezopotamya ile herhangi bir ilişki göstermemektedir (Düring, 2011: 253-254). Bunun tek istisnası Kilikya yerleşmelerinin Suriye-Mezopotamya etkisini malzeme kültüründe yansıtmasıdır (Breniquet, 1995). Bununla birlikte, önceki dönemde malzeme kültüründe gözlemlenen çeşitlilik devam etmektedir (Caneva, 2004). Yerleşme sistemleri açısından bakıldığında karmaşık yapı gösteren bazı köylerin varlığına karşın yerleşmelerin çok büyük bir kısmı küçük ve kendi kendine yetecek üretim faaliyetleri gösteren ya da mevsimlik olarak yerleşilen yerlerdir (Düring, 2011: 256). Bu dönemin ekonomisi çeşitlilik göstermekte: tarıma olan bağımlılık giderek artarken hayvancılıkta belirgin bir uzmanlaşma ortaya çıkmaktadır (Düring, 2011: 254). Uzun mesafeli obsidyen ticaretinin devamının yanı sıra Kalkolitik dönemde bu ticaret ağının genişlediği ve ticareti yapılan maddelere metalürji için gerekli ham maddelerin ve kilden yapılmış objelerin dahil olduğu gözlemlenmektedir (Begeman vd., 1994; Blackman, 1996).

Erken Tunç Çağı (GÖ 4950-3950) Orta Anadolu'da en yoğun çalışılan dönemlerden birisidir. Mezopotamya ve doğu Akdeniz'deki çağdaşlarına paralel olarak Erken Tunç Çağı topluluklarının sosyal yapısı daha karmaşıktır. Bu durum yerleşme alanı, tipi, nüfus yoğunluğu ve malzeme kültürü açılarından tespit edilmiştir (Düring, 2011; Sagona and Zimansky, 2009). Orta Anadolu'nun Erken Tunç Çağı arkeolojisi, kentleşmeye geçiş öncesi (*proto-urban*) yerleşmeler tarafından karakterize edilmektedir (Düring, 2011; Yakar, 1985) ve bunlarda metalürjinin giderek artan bir rolü ve önemi gözlemlenmiştir (Özbal vd., 2002). En erken Erken Tunç Çağı yerleşmelerinin ortaya çıkmasını takiben, GÖ 4650'den itibaren, Orta Anadolu'nun yerleşme sistemleri ve üretim modelleri daha karmaşık bir yapıya bürünmüştür (Düring, 2011; Sagona ve Zimansky, 2009). Bu tarihten sonra geniş alana yayılmış, korunaklı, seramik ve metalürji için endüstriyel sektörlerin bulunduğu, anıtsal yapılara sahip ve gömü buluntuları açısından değerlendirildiğinde sosyal farklılaşmanın oluşmaya başladığı yerleşmeler görülmektedir (Düring, 2011: 270-271). Bu dönemde Batı Anadolu Ege dünyası ile yakın ilişkiler kurarken Kilikya ise Suriye ve Kıbrıs ile ilişkilerini geliştirmeye devam etmiştir (Düring, 2011: 273). Bu gelişmeler İlk Tunç Çağı'nın başlamasından itibaren belirgin sosyo-ekonomik değişimlerin olduğunu ve birkaç

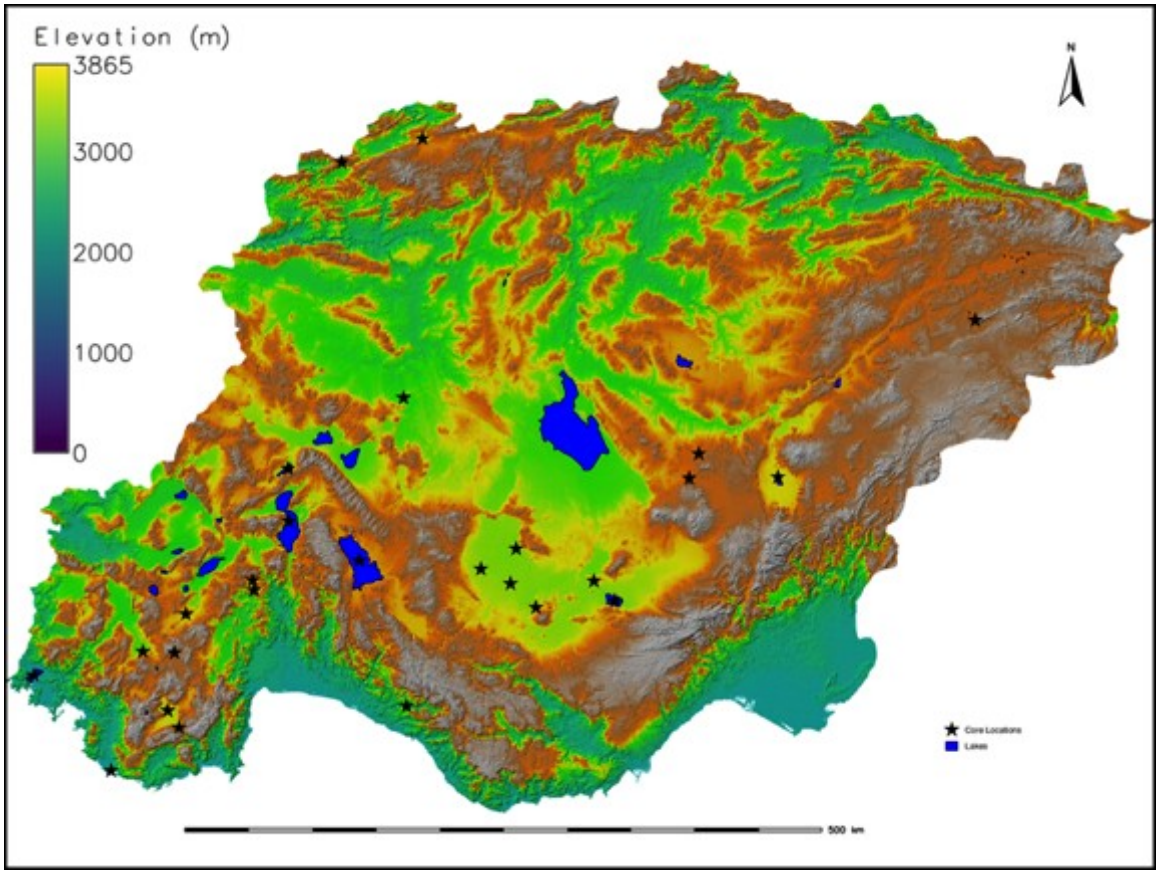
yüz yıl içinde Orta Anadolu'daki yerleşmelerde çeşitli faaliyetlerin bir arada yürütüldüğünü göstermektedir. Erken Tunç Çağı'nın son evresi hakkında bilgi daha az olup bu evrede bazı yerleşmelerde yaşama ara verildiği bilinmektedir (Düring, 2011: 281). Buna rağmen, araştırma bölgesinin bazı alanlarında bir önceki evrede başlayan kentleşmenin devam ettiği ve yukarıda özetlenen durumun sürdüğü gözlemlenmiştir (Düring, 2011; Tschora, 2004; Korfmann ve Kromer, 1993).

Orta ve Son Tunç çağları ile Demir Çağı (GÖ 3950-2600) bu projenin odaklandığı son dönemlerdir. Araştırma bölgesinde bir önceki dönemde başlayan sosyo-ekonomik ve politik değişimlerin Orta ve Son Tunç çağlarında şehir-devletlerin ve nihayet imparatorlukların ortaya çıkmasıyla geliştiği görülmektedir (Fischer vd., 2003). Orta Tunç Çağı'ndan itibaren orta ve güneybatı Anadolu'da bulunan ilk devletler daha fazla politik ve ekonomik güç için birbirleriyle zaman zaman yarışıp zaman zaman ortaklık kurmuşlardır (Sagona ve Zimansky, 2009). Sonuç olarak Hitit İmparatorluğu araştırma bölgesinin tümünü sosyal ve politik anlamda Son Tunç Çağı'nın sonuna kadar (yaklaşık olarak GÖ 3000) kontrol etmiştir. Araştırma bölgesinde GÖ 3000-2600 arasında yerel krallıklar Hitit İmparatorluğu'nun bıraktığı sosyal, politik ve ekonomik boşluğu doldurmak için mücadeleye girişmişlerdir. Bunlar arasında Karya, Likya, Frigya ve Neo-Hititler sayılabilir. Malzeme kültürü açısından değerlendirildiğinde yerel krallıklardan bazılarının bulundukları bölgenin Geç Tunç Çağı kültürü ile Asur etkilerini birleştirdiği (örneğin Neo-Hititler) diğerlerinin ise (Frigler gibi) Anadolu'ya dışarıdan gelmiş olabilecekleri düşünülmektedir (Sagona ve Zimansky, 2009).

2.2 Paleoçevre Araştırmaları

Araştırma bölgesinin (Şekil 2) de içinde bulunduğu doğu Akdeniz'in genel iklim şartları Hint yaz muson sistemi, üst atmosferdeki basınç sistemlerinin gösterdiği değişiklikler, Tropiklerarası Çarpışma Bölgesi ve deniz yüzeyi sıcaklık farklılıkları tarafından kontrol edilmektedir (Lionello vd., 2006; Roberts vd., 1999; 2011). Pleyistosen dönem iklimi glasiyal (buzul) ve interglasiyal (buzularası) fazlar gösterdiğinden bitki örtüsünde de dönemsel değişiklikler gözlemlenmiş ancak Son Buzul Çağı'nın (GÖ 20.000) başlamasıyla hüküm süren soğuk ve kurak iklim şartları nemi buzullarda hapsettiğinden Yakın Doğu'nun dağlık kesimleri haricinde step tipi bitki örtüsü yaygın hale gelmiştir (Roberts, 2002: 1003). Kısa süreli interglasiyal döneminde yayılım gösteren orman bitki örtüsü Genç Dryas (GÖ 12.800-11.600) döneminde tekrar alan kaybetmiştir (Kuzucuoğlu ve Roberts, 1998: 11).

Yakın Doğu'da Holosen'e geçiş sürecinde Tropiklerarası Çarpışma Bölgesi'nin kuzeybatıya kayması sonucu Atlantik Okyanusu ve Karadeniz üstündeki alçak basınç sistemleri sıkışarak Hint yaz muson sisteminin kuvvetlenmesine neden olmuştur (Djamali vd., 2010: 813). Bu değişiklikler Akdeniz Havzası'nın yağış rejimine etki ederek bölgeye konveksiyon yağış sistemini getirmiş ve Havza genelinde kuzeybatı-güneydoğu eksenli iklimsel farklılıkların ortaya çıkmasına neden olmuştur (Roberts vd., 2001b; 2008). Doğu Akdeniz'de Erken Holosen (GÖ 12.600-6000) iklimi günümüze göre daha kuvvetli bir muson dolaşımı etkisi altındaydı ve bu Sahara-Arap tropiğinin genişlemesine yol açmıştı (Roberts vd., 1999, 2001a, 2011). Paleoiklim modelleri sonuçları Erken Holosen'de daha düşük bahar yağışlarına işaret etmektedir (Djamali vd., 2010: 818-819). Artan kış yağışı Atlantik Okyanusu üzerinden gelmekteyken yaz musonları Nil Deltası üzerinde yoğunlaşarak Doğu Akdeniz'e tatlı su sağlamaktaydı (Zanchetta vd., 2011: 45). Doğu Akdeniz'de Holosen'in başlamasıyla akarsu sistemlerinde, göl seviyelerinde, jeomorfolojide ve bitki örtüsünde belirgin değişimler ortaya çıkmış olsa da orman bitki örtüsünün yaprak döken sistemler olarak yayılması Erken Holosen'in en yağışlı olduğu GÖ 9000-7000



Şekil 2. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve gerçekleştirilen projede kullanılan çoklu vekil veri sağlayan kayıtların (siyah yıldızlar) yerini gösteren harita.

aralığına denk gelir (Roberts vd., 2011; Zanchetta vd., 2011). Geleneksel olarak alt-nemli orman tipinin yayılmasındaki bu gecikmenin Erken Holosen'in ilk evrelerindeki düşük nemlilikten kaynaklandığı öne sürülmektedir (Roberts vd., 2001a; 2001b). Ancak, son araştırmalar bu gecikmeli yayılımın Erken Holosen'de insan kaynaklı yangınlar nedeniyle ortaya çıkmış olabileceğine işaret etmektedir (Turner vd., 2010; Vanniere vd., 2011; Roberts, 2002). Genel olarak Erken Holosen iklimi, GÖ 8200'de olduğu gibi dönemsel kuraklıklar dışında, bugüne kıyasla daha yağışlı bir karaktere sahipti (Kuzucuoğlu, 2007a; Kuzucuoğlu, 2007b; Marro, 2007).

Pleyistosen'den Holosen'e geçiş uzun süreye yayılan bir özellik gösterirken, Erken Holosen'den Orta Holosen'e (GÖ 6000-2600) geçiş farklı olmuştur. Sebepleri tam olarak bilinmese de (dünyanın yörüngesinin açısındaki değişimin iklime etkileri için bkz. Roberts vd. 2001a) yaklaşık olarak GÖ 6000'den itibaren doğu Akdeniz'in yağış rejiminde, güneşlenmesinde ve mevsimselliğinde farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu değişimler iklimsel olayların ortaya çıkışı göz önüne alındığında ani olarak nitelendirilebilecek kadar hızlı olmuştur ve Erken Holosen'deki yağışlı sistemin daha kurak bir sisteme dönüşmesine neden olmuştur (Roberts vd., 2011: 9). Yaz musonlarının zayıflaması, Tropiklerarası Çarpışma Bölgesi'nin güneye kayması sadece konveksiyon tipi yağış rejiminden siklon tipi yağış rejimine geçişe (Roberts vd., 2001a; 734) neden olmamış ayrıca Sahara-Arap bölgesinde kurak bir dönemin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bu değişiklikler sonucunda yağışın oluştuğu esas mevsim değişerek şu anki kurak yaz-yağışlı kış sistemini getirmiştir (Roberts vd., 2001a: 734). İklimdeki bu değişiklikler parçalı bir yağış rejimine sebep olurken (Roberts vd., 2011: 9) Doğu Akdeniz'in bitki örtüsünü de etkilemiştir. Bölgede yapılan birçok palinolojik çalışmanın sentezlenmesi sonucunda ağaç polenlerinin sayısındaki düşüşün ot poleni (örneğin Artemisia ve chenopod) sayısındaki artış ile örtüştüğü gözlemlenmiştir (Roberts vd., 2001a: 733). Bununla beraber Orta Holosen dönemine ait polen diyagramlarında antropojenik etkilerin peyzaj üstündeki etkisinin belirgin hale geldiği de belirtilmelidir. Bunun neticesinde bitki örtüsündeki değişimlerin bir kısmı insan aktivitelerinin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Roberts vd., 1999). Sonuç olarak, hem iklimdeki değişiklikler hem de insanların çevreye etkileri Doğu Akdeniz'in bitki örtüsünde belirgin bir değişime yol açmış ve günümüz yaprak dökmeyen, kurakçıl orman ve çayır tipi bitki örtüsünün oluşmasına sebep olmuştur (Roberts vd., 2001b: 632).

Özet olarak, Erken Holosen'den Orta Holosen'e geçişte yaşanan iklim değişikliği, Doğu Akdeniz'in akarsu sistemleri, jeoloji, ve bitki örtüsü çeşitliliğinde önemli etkiler yapmıştır (Collective, 2007; Marro ve Kuzucuoğlu, 2007). Daha da önemlisi, Orta Holosen'deki yeni iklim

dinamikleri Erken Holosen ikliminde bin yıl aralıklarla gözlemlenen varyasyonların sıklığını düşürmüştür (Roberts vd., 2011: 9). Doğu Akdeniz'in karmaşık jeolojisi de göz önüne alındığında, zaman ölçeğindeki bu değişim bölgenin değişik yerlerinde farklı iklim tarihlerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Schwartz, 2007: 49-59). Farklı vekil veri-temelli paleoçevresel kurguların sonuçlarından yapılan senteze göre GÖ 3800-3500 arasında Orta Holosen'deki kuraklık en yaygın haline ulaşmıştır (Kuzucuoğlu, 2007a; Marro 2007).

2.3 Paleoçevre Kurguları

Orta ve Güneybatı Anadolu'da yürütülen palinolojik araştırmalar uzun bir geçmişe sahiptir. Cohen (1970) Orta-Güney Anadolu'da ilk paleoekolojik çalışmayı yürütmüş ve bölgenin sediman özellikleri ile akarsu sistemlerini araştırmıştır. 1970 ve 1980'ler boyunca genellikle Hollandalı araştırmacılar araştırma bölgesindeki göllerde yoğun karotlama çalışmaları yürütmüşlerdir. Van Zeist ve diğerleri (1975) Güneybatı Anadolu'daki beş gölden (Karamık, Söğüt, Beyşehir, Hoyran ve Köyceğiz) aldıkları karotların analizini yayınlamışlardır. İlk iki göl hariç, diğerlerinden alınan karotlar yaklaşık olarak GÖ 8000'den başlamaktadır. Daha uzun aralıkları kapsayan karotlar bölgede GÖ 15.000-10.000 aralığında step/orman-step karışımı bitki örtüsünün varlığına işaret etmektedir (van Zeist vd., 1975: 198). Step/orman türünden iğne yapraklı ormana geçiş yaklaşık GÖ 8000'de meydana gelmiştir (van Zeist vd., 1975: 126). Tüm karotlarda GÖ 6.000'den sonra iğne yapraklı ormanın yayıldığı ancak farklı kompozisyonlar gösterdiği tespit edilmiştir (van Zeist vd., 1975: 139'da Tablo 8). Orta Anadolu'da ise, Pleyistosen'deki soğuk ve kuru iklimin sıcak ve nemli Holosen iklimine dönüşmesi ilk başlarda Pleyistosen'den kalma step türü bitki örtüsünü çok değiştirmemiştir. Yeniçağa ve Abant göllerinden alınan karotlar göstermiştir ki, steple kaplı Orta Anadolu platosunun kuzey ve güneyinde açık ormanlık alanlar vardır (van Zeist ve Bottema, 1991; Bottema ve Woldring, 1986; Cohen, 1970). Geç Pleyistosen'den Erken Holosen'e geçişte bitki örtüsünde gözlemlenen değişimler artan nemliliğe bağanmaktadır (Eastwood vd., 1999; van Zeist ve Bottema, 1991; van Zeist ve Bottema, 1982). Bu değişimler aynı zamanda Güneybatı Anadolu'da biyoçeşitliliği arttırarak GÖ 9.500'den itibaren üç farklı alanın ortaya çıkmasına katkıda bulunmuştur: kıyı düzlüğü (Oro-Akdeniz), Toroslar ve iç plato (step-orman) (Vermoere vd., 2000; Roberts, 1990).

Orta Holosen'e geçişi takiben araştırma bölgesinin bitki örtüsünde meydana gelen değişimler polen kayıtlarında da izlenebilmektedir. Her ne kadar bu değişimlerin bir kısmı daha sıcak ve kuru Orta Holosen iklimi ile açıklansa da temel etken antropojenik (tarım ve hayvancılık) aktivitelerdir. GÖ 9500 ile 3500 arasında Güneybatı Anadolu'daki orman örtüsünde çeşitlilik

kazanmış çam, meşe, ardıç ve sedir gözlemlenirken (Vermoere vd., 2000; Eastwood vd., 1999; van Zeist ve Bottema, 1991) Orta Anadolu'da meşe ormanlarının yayılarak dağları kapladığı belirlenmiştir (Bottema ve Woldring, 1986: 147). Palinolojik araştırmalar GÖ 3500'den önce bitki örtüsünde herhangi bir antropojenik etki tespit edememiştir (Eastwood vd., 1999; Roberts, 1990) ancak arkeolojik olarak insan topluluklarının ormanlık alanlara yerleştiği, buralarda tarım, hayvancılık yaptığı ve piroteknolojik aktivitelerde bulundukları (Henderson, 2000; de Jesus, 1980) bilinmektedir. Günümüzden önce 3500'den sonra polen kayıtları ağaç polenlerinde belirgin bir düşüş ve ot polenlerinde artış göstermektedir (Vermoere vd., 2002; Bottema ve Woldring, 1986; van Zeist ve Bottema, 1982; 1991). Ağaç polenlerindeki düşüş ormansızlaştırmaya işaret ederken ot polenlerindeki artış ise insanların yetiştirip tükettiği otlar ve onlarla simbiyotik ilişkisi bulunan otlara aittir (Woodbridge ve Roberts, 2011; Eastwood vd., 1999; Roberts, 1982). Bu durum GÖ 1300'e kadar devam etmiştir ve buna palinoloji literatüründe Beyşehir İşgal Fazı adı verilmiştir (Vermoere vd., 2002: 569). Güneybatı Anadolu'da gözlemlenen antropojenik etkilerle peyzaj değişikliği olgusunu Roberts (1990) Harmonik Peyzaj Değişimi Modeli adıyla açıklamıştır. Bu modele göre, yerleşme sistemleri ekonomik, politik ve iklimsel değişimler nedeniyle stabil ve stabil olmayan dönemler geçirmekte, bu dönüşümler sırasında insan topluluklarının ekonomileri tarım ve hayvancılık arasında gidip gelmektedir.

Paleolimnoloji kaynaklı kurgular genellikle geç Pleyistosen'de Konya Ovası'nı kaplayan gölün bıraktığı alana odaklanmıştır. Karabıyıkoğlu ve diğerlerinin (1999) Yar'da aldığı karotlardan sekiz farklı göl seviyesi belirlenmiş ve her birisi tarihlenmiştir. Litolojik karakterler kullanılarak her bir evredeki göl seviyesi hesaplanmış ve bunlarla ilişkili paleoçevresel koşullar kurgulanmıştır (Karabıyıkoğlu vd., 1999: 601-602). Jones ve diğerleri (2007) benzer bir araştırmayı Orta Anadolu'daki Eski Acıgöl'de gerçekleştirmiştir. Buzul ve buzularası geçişlerin incelendiği, bunların hidrolojiye etkilerinin ve göl seviyesine yansımalarının çalışıldığı araştırmada oksijen izotop yardımıyla yağıştaki değişim Son Buzul Çağı'ndan Orta Holosen'e kadar kurgulanmıştır (Jones vd., 2007: 470, 472).

Orta Anadolu'da oksijen izotop yöntemiyle yapılan paleoçevresel kurgular iki çalışma ile örneklendirilebilir. 1999'da Reed ve diğerleri Pınarbaşı deresinden ve Süleymanhacı'dan aldıkları karotlardan paleolimnolojik çalışmalar yaparak sonuçları oksijen izotop yöntemiyle birleştirmişlerdir. Litolojik farklardan dolayı her iki örnek paleohidrolojik farklılıklar içermektedir (Reed vd., 1999: 643). Diğer yandan, bu farklılıklar araştırmanın yürütüldüğü bölgedeki iklim farklılıkları sonucunda daha da karmaşık bir hal almıştır. Bunun sonucunda Konya Ovası'nda belirgin yerel yağış farklılıkları olduğu ortaya konmuştur (Reed vd., 1999: 644). Leng ve diğerleri

ise (2001) daha detaylı bir çalışmayı Pınarbaşı'nda yerel hidrolojiyi anlamak amacıyla yürütmüştür. İzotop çalışmaları sonucunda geç Pleyistosen mevsimselliği ortaya çıkarılmıştır (Leng vd., 2001: 348). Sünnet Gölü'nde Ocakoğlu ve ekibinin yürüttüğü çalışmalar on metrelik teras dolgusunu kullanarak göldeki oksijen izotop oranlarındaki değişimi incelemiştir. Bunun sonucunda GÖ 5.870'den itibaren göldeki su seviyesinde devamlı düşme tespit edilirken ardışık sıcak-soğuk olaylar tespit edilmiştir (Ocakoğlu vd., 2013: 183).

Orta ve Güneybatı Anadolu'daki jeoarkeolojik araştırmalar Yakın Doğu'nun diğer bölgelerine göre daha kısa bir geçmişe sahiptir. Bu yöntemin Türkiye'deki ilk uygulayıcılarından Oğuz Erol Orta Anadolu'da yer alan Sultansazlığı'nda bölgenin jeomorfolojik evrimini anlamak, ve bu evrimdeki tektonizma ile volkanizmanın etkilerini ortaya çıkarmak için çalışmalarda bulunmuştur (Erol, 1999: 647-651). Erol'un bulguları göl havzasının lava ile kapandığı, plüvyal bir havza haline büründüğünü ve zaman içinde boyutlarının değiştiğini ortaya koymuştur (1999: 653-656). Holosen'de göl alanı tarım yapılabilecek alan ve otlak alanı arasında sınır oluşturmuştur (Erol, 1999: 653-656). Paleoiklimsel ve paleoçevresel kurgular yapılırken morenler gibi farklı jeolojik oluşumlar da önemli rol oynamıştır. Buzullardan arta kalan yapılar olarak morenler çok belirgin koşullara işaret etmektedir (Çiner vd., 1999: 659-660). Orta Toroslarda morenik yapıların bulunduğu Namaras ve Susam vadileri buzul dönemi akarsu sistemleri ve bunların topoğrafyaya etkileri hakkında ayrıntılı bilgi sağlamaktadır (Çiner vd., 1999: 667). Bu morenlerden bazılarının tarihlenmesi Holosen'de bile belirli bir râkımın üstünde buzulların bulunduğunu göstermiştir (Çiner vd., 1999: 668). Çarşamba alüvyon fanında yürütülen jeoarkeolojik araştırmalar ve bunların sonuçlarının bölgedeki yoğun arkeolojik araştırmalarla ilişkilendirilmesi paleoçevre araştırmalarına güzel bir örnek oluşturmaktadır (Boyer vd., 2006). Birçok Neolitik yerleşmeyi barındıran Çarşamba alüvyal fanı bu özelliği ile insanlık tarihi için büyük öneme sahiptir. Sedimantasyon şartlarını, litolojiyi ve tarihleme yöntemlerini kullanarak sadece sedimanter özellikleri değil aynı zamanda arkeolojik buluntular yardımıyla insanların alüvyal fanını nasıl kullandıkları çalışılmıştır (Boyer vd., 2006: 681-682). Bu kurgulamalar aynı zamanda arkeolojik yerleşmeleri devamlı değişen bir yüzey formasyonuyla ilişkilendirerek insan topluluklarının çevreleri ile ilişkilerinin dinamik doğasını anlamamıza yardımcı olmaktadır (Boyer vd., 2006: 681-682).

Karotların deniz ve göl ortamlarından alınması bir başka jeoarkeolojik çalışma yöntemi olup sedimantasyon analizi aracılığıyla çevrenin zaman içindeki değişimi yansıtılmaktadır. Çağatay ve diğerleri denizel karotları kullanarak Marmara Denizi'ndeki paleooşinografik şartları sapropeller yardımıyla kurgulamışlardır (Çağatay vd., 1999: 533). Bu araştırmanın sonuçları

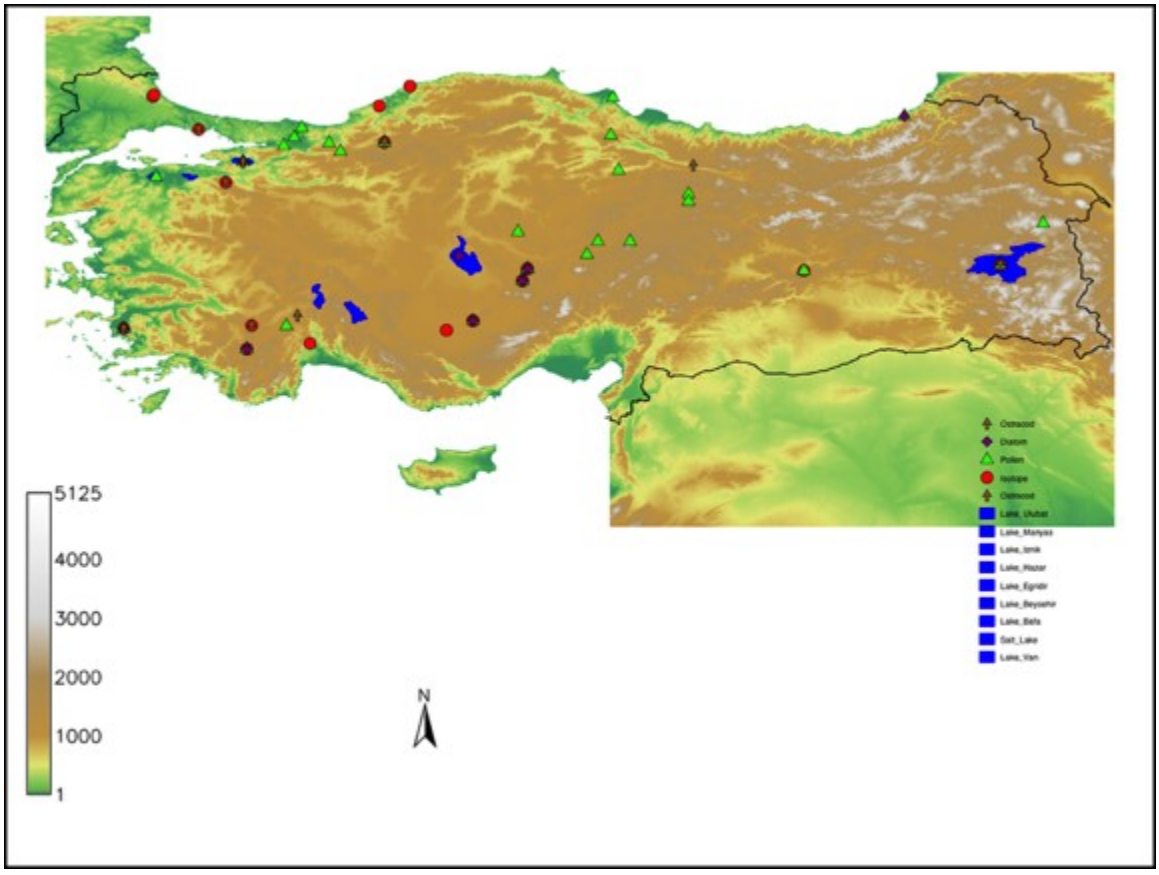
deniz suyu kimyasındaki değişimin yaklaşık olarak GÖ 4.750'de sıcak ve yağışlı iklimle başladığını ortaya koymuştur (Çağatay vd., 1999: 539). Kurumuş göl tabanlarından alınan karotlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Orta Anadolu'da Fontugne ve diğerleri, Karapınar depresyonundan ve Akgöl-Ereğli'den aldıkları karotlarda iklim değişikliğini hem sediman boyu değişikliklerinden hem de yığılma ortamındaki farklılıklardan tanımlamışlardır (1999: 573-574). Karotların litostratigrafisi Pleyistosen'den Erken Holosen'e yığılma ortamındaki değişiklikleri açıkça ortaya koymuş ve Orta Holosen'e geçişle birlikte yığılma ortamı, iklim değişikliği nedeniyle, tekrar farklılaşmıştır (Fontugne vd., 1999: 580-588). Benzer bir araştırma Konya Ovası'nda, Pleyistosen'de var olan gölün yatağında; Süleymanhacı, Pınarbaşı deresi ve Akgöl-Ereğli'de yapılmıştır (Roberts vd., 1999: 613). Farklı tarihleme yöntemlerinin yardımıyla sedimanter tabakalar tarihlenerek Holosen'deki sedimantasyon değişiklikleri için detaylı bir araştırma yapılmıştır (Roberts vd., 1999: 629). Buna göre, Holosen'e geçişle birlikte yığılma ortamlarında önemli değişiklikler gözlemlenmiştir. Roberts ve diğerleri Eski Acıgöl'deki çalışmayı sürdürerek litolojik çalışmaları izotop ile birleştirmişler ve gölün farklı evrelerini kurgulamışlardır (Roberts vd., 2001a: 725-727). Bu çalışmayı ünik kılan özelliği ise bulguların Yakın Doğu'ya uygulanan Ortaklaşa Holosen Haritalama Projesi (Cooperative Holocene Mapping Project – COHMAP–) paleoiklim modeli ile kıyaslanmasıdır (Roberts vd., 2001a: 727). Son olarak, 2011 yılında Kuzucuoğlu ve diğerleri Sivas'ta bulunan Tecer Gölü'nden karot alarak sedimanter analizler yapmışlardır. Çalışmaların sonucunda GÖ 6000 ve 3000 arasında yağışlı iklimden kurak iklime geçiş yaşandığı gözlemlenmiştir (Kuzucuoğlu vd., 2011: 174). Kuzucuoğlu ve diğerleri sediman boyu analizi yaparak yaş/derinlik modeli hazırlamışlar ve bu model yardımıyla GÖ 6000-5800 arasında bölgenin, tüm doğu Akdeniz'de görüldüğü gibi, yağışlı bir dönem geçirdiğini tespit etmişlerdir (Kuzucuoğlu vd., 2011: 179-180). Bu sonuç, Orta-Kuzeydoğu Anadolu'nun güneybatı Anadolu'dan farklı olarak Orta Holosen'de kuraklık yaşamadığını ortaya koymaktadır. Karotta GÖ 5200-5000 arasında kuraklık işaretleri gözlemlenmiş bu da Yakın Doğu'daki 5.2 olayına örnek olarak sunulmuştur (Kuzucuoğlu vd., 2011: 172'deki Resim 7). Doğu Akdeniz'de kuraklık devam ederken Tecer Gölü karotu GÖ 5000-4300 arasında yağışlı bir evreye işaret etmektedir ve bu Batı Akdeniz ile Balkanlar'da da tespit edilmiştir (Kuzucuoğlu vd., 2011: 181). Tecer Gölü kayıtları literatürde GÖ 4.2 olayı olarak bilinen kuraklığın işaretlerini taşımakla birlikte GÖ 3.800-3.000 arasında birbirini takip eden yağışlı-kurak dönemlerin varlığına işaret etmektedir (Kuzucuoğlu vd., 2011: 179-185).

Çoklu vekil veri-temelli paleoçevresel kurgular Anadolu'da uygulanan yöntemlerdendir. Bu çalışmaya örnek olarak Gölhisar Gölü'ndeki araştırma verilebilir. İzotop ve polen verilerinin

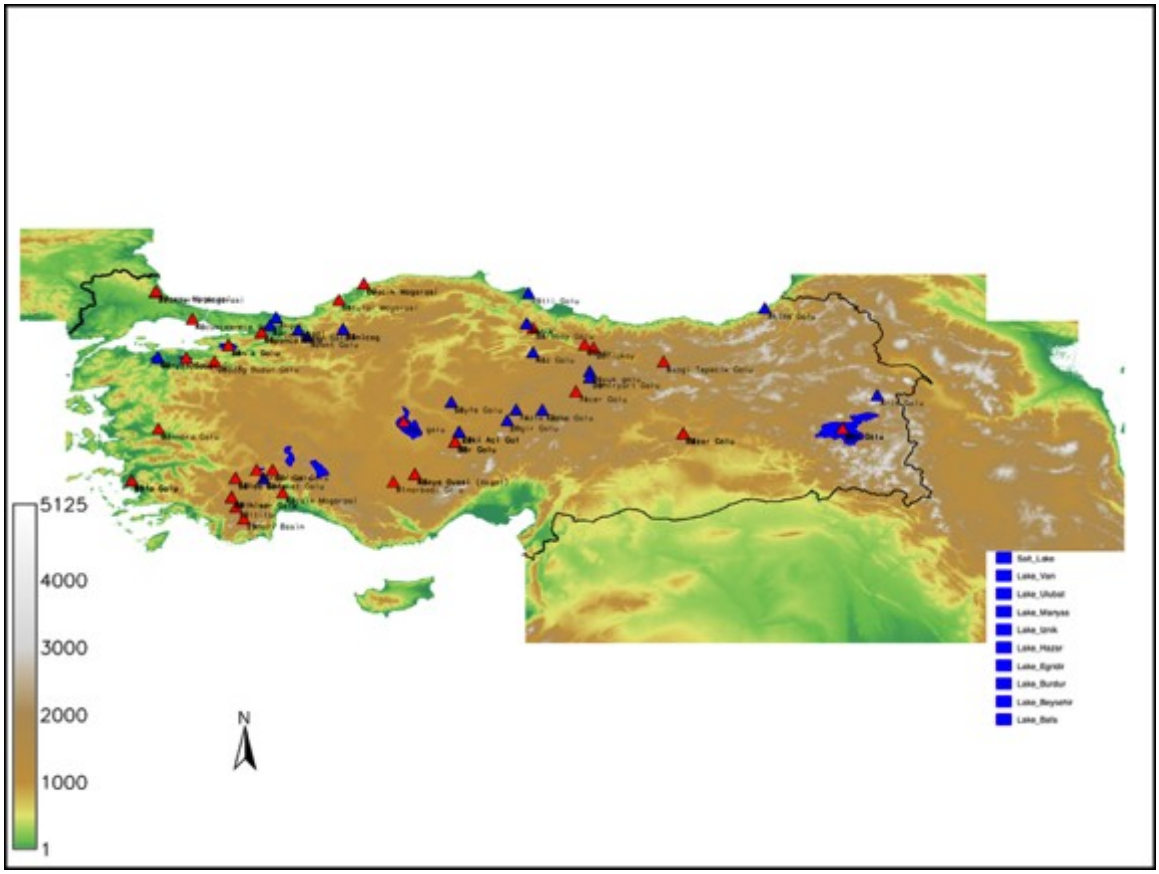
birlikte kullanıldığı araştırmada Eastwood ve diğerleri GÖ 9500 ve 1200 arasını kapsayan altı litolojik tabaka ve buna karşılık dört polen bölgesi tespit etmişlerdir (2007: 331). Erken ve Orta Holosen'de gerçekleşen iklimsel ve çevresel değişiklikler izotop ve polen verilerinden gözlemlenmektedir. İzotop değerlerindeki sert değişimler 1. ve 3. ile 2. ve 4. bölgelerde yağışta düşüşlere işaret etmekte bununla birlikte denizel ve karasal sistemlerin değişimlere gösterdiği reaksiyon izotop değerlerindeki değişikliklere gecikmeli olarak yansımaktadır (Eastwood vd., 2007: 336). Dördüncü polen bölgesi havzada antropojenik etkilerin (Beyşehir İşgal Fazı) işaretlerini de vermiştir (Eastwood vd., 2007: 337). Bölgede, Erken Holosen'de (GÖ 10.600-9400) yağış tahminleri ve izotop verileri arasındaki farklılık vardır. Bunun sebebi polen verileri tarafından işaret edilen açık (ormansız) peyzajın etkisiyle yüksek oranda yüzey akıntısı ve düşük buharlaşma oluşmasından veya bitki örtüsünün iklimsel değişikliklere gecikmeli reaksiyon vermesindendir (Eastwood vd., 2007: 337). Bu araştırmanın sonuçları şöyle özetlenebilir: izotop seviyeleri göldeki buharlaşmadan etkilenmektedir. Karotlarda birkaç iklimsel evre vardır. İki evre (1. ve 3.) sıcak ve nemli koşullara işaret etmektedir. Erken Holosen'de (1. evre) bitki örtüsünün dengeye ulaşmadığı görülmekle birlikte 2. evrede polen ve izotop verileri Klasik ve Bizans dönemlerinde yağışlı iklimin geri geldiğini göstermektedir (Eastwood vd., 2007: 339).

2.4 Özet

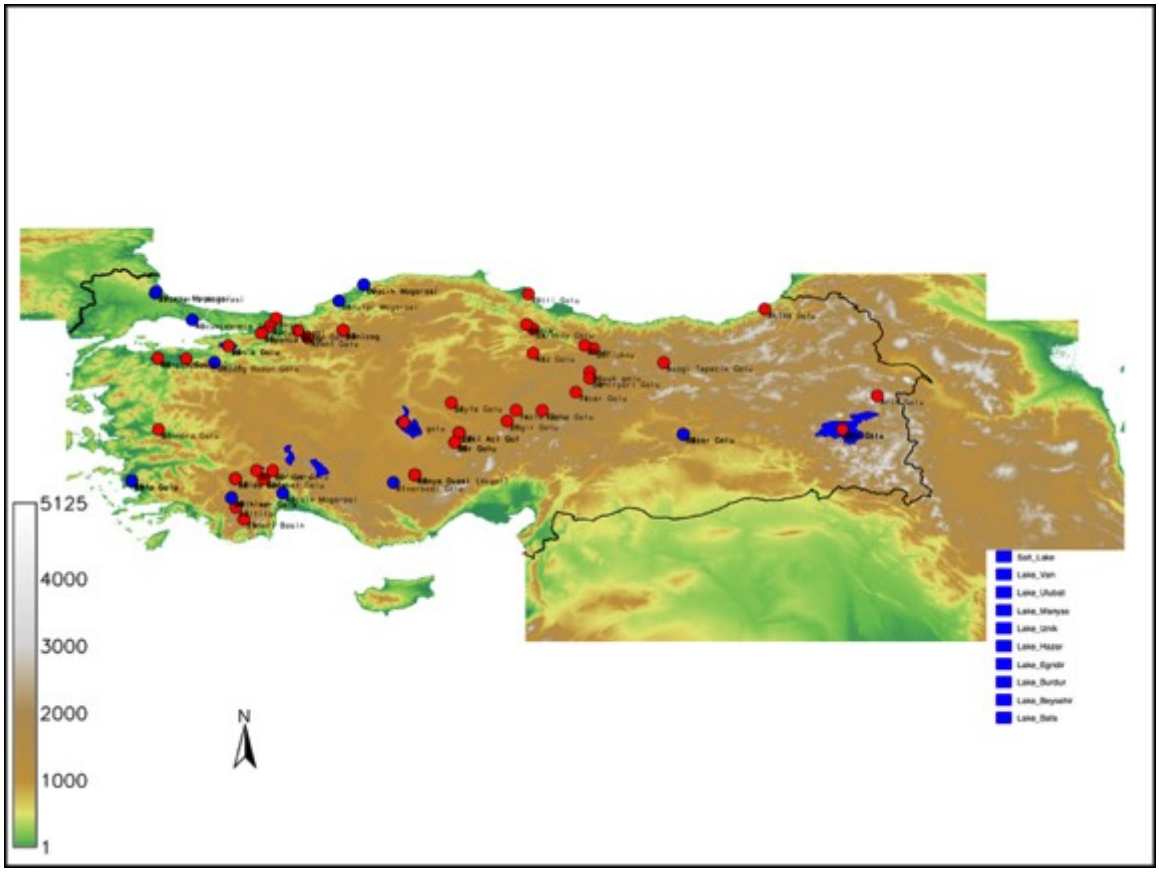
Bu literatür özetinin de gösterdiği gibi, şimdiye kadar; Anadolu genelinde (Şekiller 3-5) ve özellikle araştırma bölgesinde, Erken ve Orta Holosen'i kapsayan paleoiklimsel, vekil veri-temelli paleoçevresel kurgular ve arkeolojik toplulukların sosyo-ekonomik, politik gelişmelerini sentezleyen herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Anılan sonuncu grup bilgiye araştırma bölgesinin arkeolojisinden elde edilen veriler aracılığı ile ulaşılabilir. Araştırma bölgesinde paleoçevresel çalışmalar vekil veri-temelli kurgular üstünden ve detaylı bir şekilde yapılmıştır. Bunlara ek analizler ve geçmişte yapılan araştırmaların sentezleri yayınlanmıştır. Diğer yandan, orta ve güneybatı Anadolu'da arkeolojik araştırmaların sayısı giderek artmaktadır. Türk ve yabancı arkeologların tarih öncesi dönemlerdeki yaşamın detaylarını gün ışığına çıkarmak için yaptığı ortak çalışmalara rağmen hala cevap bekleyen birçok soru vardır. Yine de arkeolojinin Türkiye'de bilimsel bir disiplin olarak ortaya çıkmasından itibaren derlenen bilgi ve bulguların bölgesel ölçekte ve uzun süreç perspektifinden değerlendirilip sentezlenmesine ihtiyaç vardır. Gerçekleştirilen araştırma projesi uzun süreçte insan-çevre ilişkilerini, adaptasyona yönelik mekanizmaları, mekânsal ölçek ve yoğunluk açılarından farklılık gösteren antropojenik etkileri, farklı veri türlerini bir platformda modelleyerek disiplinler arası bir sentez geliştirmeyi hedeflemiştir.



Şekil 3. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve Anadolu genelinde kullanılan çoklu vekil veri sağlayan kayıtların (polen, diyatom, izotop, ostrakod) yerini gösteren harita.



Şekil 4. Anadolu genelindeki polen kayıtlarının yerini gösteren harita.



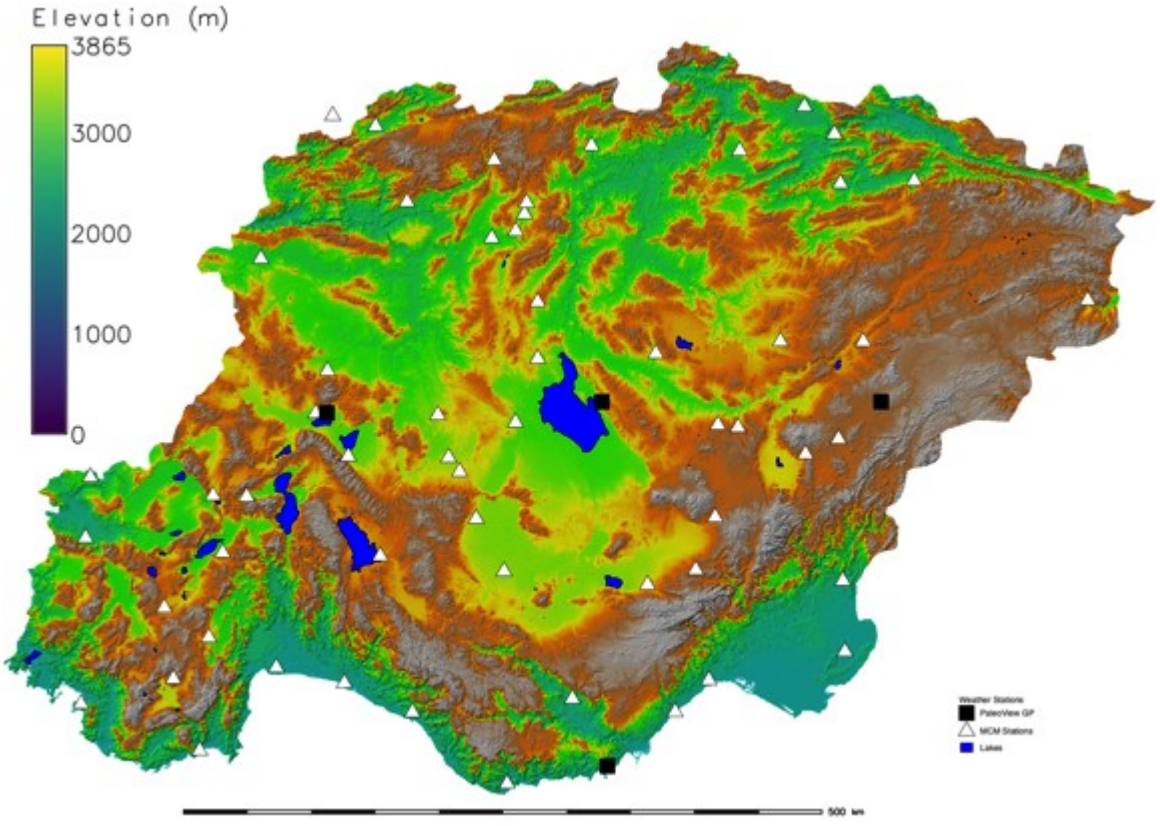
Şekil 5. Anadolu genelindeki duraylı izotop kayıtlarının yerini gösteren harita.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Paleoiklim Modelleri

3.1.1. Makrofiziksel İklim Modeli (MİM)

Yüksek çözünürlüklü, nokta bazlı MİM paleoiklim modellenmesinde farklı bir metot olarak öne çıkmaktadır (Bryson ve DeWall, 2007) (Şekil 6). Bu yöntem, atmosferin üst kısımlarındaki basınç merkezlerinin belirli aralıklarla yer değiştirmesi, bu değişikliklerin orta boylamlarda etken olan Jet Stream ile kuzey ve güney yarımküreler arasındaki hava kütlelerinin oluşturduğu Tropiklerarası Çarpışma Bölgesi'ne etkilerinin aylık ve yıllık sıcaklık, yağış ve diğer önemli meteorolojik değişkenlere etkisinin çokdeğişkenli regresyon yöntemleri ile hesaplandığı bir iklim



Şekil 6. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) ve Makrofiziksel İklim Modeli (beyaz üçgen) ile PaleoView İklim Modeli (siyah kare) için kullanılan istasyonların yerleri.

modeldir. İklim biliminde bu yöntemler regresyon-bazlı, yerel ölçeğe düşürülen küresel dolaşım/ sirkülasyon modeli olarak tanımlanmaktadır (Arıkan 2015; Bryson ve DeWall, 2007; Barry ve Carleton, 2001;).

MİM hesaplamalarında araştırma bölgesinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından işletilen 57 gözlem istasyonundan sağlanan 1960-1990 arası meteorolojik veriler modele girdi olarak sağlanmakta, modelin çıktıları aylık ve yıllık ortalama olarak, yüz yıllık ölçekte, GÖ 40.000'e kadar sağlanmaktadır (Bryson ve DeWall, 2007: 4, 8, 33-44). Model çıktılarının bilimsel geçerliliği olan veri olarak kullanılabilmesi için regresyon sonucunun en az %97 olması (R^2 = .97) gerekmektedir (Barton vd., 2010b; Bryson ve DeWall, 2007). Gerek diğer paleoiklim modelleri ile yapılan ve çıktı doğruluklarının karşılaştırıldığı çalışmaların sonucu gerekse MİM sonuçlarının farklı bölgelerde çeşitli arkeolojik dönemlerdeki çevresel şartlarla kıyaslanması sonucunda MİM model çıktılarının paleoiklimde sıcaklık, yağış, yağmurlu gün sayısı, yağmur olayı başına düşen yağış miktarı gibi değişkenleri yüksek doğruluk payıyla sağladığı açıktır (Barton vd., 2010a; Bryson ve Bryson, 2000; Ruter vd., 2004).

Paleoiklim modeli, verilerin kullanıldığı her istasyon için bir model çıktısı üretmekte ve bunlar uzayda bağımsız olarak durmaktadır. Tüm model çıktılarının, çalışma alanının tümünü kapsayan bir sayısal haritaya dönüştürülmesi ancak interpolasyon ile mümkündür. Elde edilen MİM sonuçları her bir istasyondaki yağış, sıcaklık değerlerini göstermekteyken bu araştırmaya konu olan alan yaklaşık 678.654 kilometrekaredir (67.865 hektar). Bu değerlerin tüm çalışma alanında yüksekliğe bağlı olarak nasıl değiştiğinin CBS ortamında istatiksel yöntemlerle hesaplanarak yeni bir aylık ya da yıllık yağış, sıcaklık haritasının hazırlanmasına mekânsal interpolasyon denmektedir (Neteler ve Mitášová, 2008: 230-249). Bu interpolasyon sonucunda çalışma bölgesindeki MİM sonuçlarının hem mekânsal hem de zamansal değişimi gözlemlenmektedir. GRASS CBS'de yüksekliğe bağlı olarak değişkenlik gösteren iklimsel verilerin interpolasyonu için standart olarak kullanılan *Regularized Spline with Tension (RST)* metodu ile aylık ve yıllık bazdaki MİM çıktıları ikinci ve üçüncü derece fonksiyonlar kullanılarak ve çalışma alanında yükseklik özellikleri birbirine benzer alanlar yaratılarak hesaplanmaktadır (Mitášová ve Hofierka, 1993; Mitášová ve Mitás, 1993; Hofierka vd., 2002). Bu yöntemle hazırlanan iklimsel değişken haritaları diğer interpolasyon yöntemleri ile hazırlananlara göre daha doğru sonuçlar sağlamaktadır (Hofierka vd., 2002: 136, 142, 148).

3.1.2 PaleoView Modeli (PV)

Bu model MİM'e göre daha kapsamlı atmosferik ve oşinografik değişkenler içermekte olup MİM'e göre en büyük farkı bir Global Dolaşım Modeli (*Global Circulation Model –GCM–*)

olmasıdır. ABD'deki Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi (*National Center for Atmospheric Research –NCAR–*) tarafından geliştirilen bu model 6 saatlik zaman çözünürlüğünde ve yaklaşık 300x300 km boyutundaki gridlerde çalıştırılmıştır. Dolayısıyla MİM'e kıyasla zaman ölçeği çok daha yüksek çözünürlükte olsa da uzaydaki çözünürlüğü MİM'e kıyasla daha düşüktür. PV hem modelde kullanılan atmosfer-kara-okyanus dinamiklerinin çeşitliliği, içerdiği karmaşık yapı hem de farklı bir paleoiklim modeli felsefesi sunmasıyla gerçekleştirilen projede sonuçlarının kullanımı açısından tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen projede PV'nin kullanılmasındaki temel neden ise: şu ana kadar son 21 bin yılı kapsayan sonuçların tamamen saklandığı ve bilim insanlarının kullanımına sunulan ilk ve tek GCM olmasıdır. Araştırma bölgesinde PV sonuçlarının kullanıldığı dört nokta bulunmaktadır (Şekil 6). NCAR'ın sunucusundan model çıktılarının indirilmesiyle beraber gerekli analizler yapılmıştır. PV'nin MİM'e kıyasla en büyük dezavantajı sonuçların çok büyük gridlerde sağlanmış olmasıdır. Son on bin yılın PV değerlerini elde etmek için araştırma bölgesindeki dört gridin ortalaması her yüz yıl için alınmıştır. Dolayısıyla zaman çözünürlüğü, karşılaştırma yapmak amacıyla MİM'e denk hale getirilmiştir. Ancak, MİM'deki uzay interpolasyonunu PV'ye uygulamak mümkün değildir. Diğer bir deyişle, 300x300 km boyutundaki bir grid içindeki değeri proje süresinde ve eldeki imkanlarla 150x150 km ölçeğindeki bir gride yükseltmek mümkün olmamıştır. Bu gibi işlemler, GCM modellerde yüksek başarımlı hesaplama sistemleri, meteoroloji mühendisleri ve oşinograflar gibi farklı uzmanlık alanından araştırmacıların işbirliğini gerektirmektedir.

PV sonuçları, MİM gibi, hem yıllık ortalama sıcaklık hem de yıllık ortalama yağıştaki değişimlerin 100 yıllık ölçekte GÖ 12.000 ile 2600 arasını kapsayacak şekilde hesaplanması şeklinde sunulmuştur. Bulgular kısmında da tartışıldığı gibi, PV ve MİM sonuçları çoklu vekil veri sonuçları ile kıyaslamalarda önemli sonuçlara işaret etse de arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin tartışılmasında ve etmen-temelli toprak kullanım modellerinde daha yüksek mekânsal çözünürlüğü olan MİM sonuçları kullanılmıştır. Araştırma bölgesinde PV sonuçları toplam dört noktadan elde edilirken MİM sonuçları 57 gözlem istasyonundan alınan veri setiyle modellenmiştir.

3.2 Duraylı Oksijen ve Karbon İzotop Analizleri

Duraylı oksijen ve karbon izotopları, çevre ve iklim değişimlerini belirlemede kullanılan önemli bir vekil veri türüdür. Tatlı suların izotop değişimleri denizlere oranla daha hassastır. Bu yüzden, göreceli olarak daha durağan olan Holosen iklim değişimlerini belirlemede kullanılabilmektedir (Lamb vd., 1999; Jones 2004). Göl su dengesini belirlemede önemli etken

buharlaşma/yağış oranıdır. Geçmiş ortamları yorumlamada kullanılan ostrakodlar aynı zamanda $CaCO_3$'lü kavkılarından elde edilen edilen karbon ve oksijen elementleri ile duraylı oksijen ve karbon izotop analizleri yapılabilmektedir. İzotop ayrımlaşması (*fractionation*), izotop ağırlığına ve aktivitesine bağlı olarak fiziksel ve biyojeokimyasal süreçlerle gelişir. Ayrımlaşma, evaporasyon ya da yağış gibi faz değişimleri, karbonat çökelimi, fotosentez ve biyojeokimyasal (bakteriyal) indirgenme reaksiyonları ile oluşur (Wetzel, 2001). Buharlaşma sonucu göller çözünmüş iyonlarca zenginleşir ve tuzluluğu artar, etkili yağış sonucu ise bileşimi seyreltir. Aynı süreçlerle göl suyunun oksijen izotop oranı ($^{18}O/^{16}O$; $\delta^{18}O$) değişir. Yağış/ Buharlaşma (P/E) oranında gelişen bu değişiklikler, göl suyundan, kavkılarını oluşturan ostrakod kabuklarının oksijen izotop oranına ($\delta^{18}O$) yansır. Böylece bu kavkıların oksijen izotop değerleri gölün paleohidrolojisi hakkında önemli bilgiler içerir (Hodell vd., 1995). Benzer şekilde göl suyundan organik veya inorganik yoldan çökelen karbonatlar içerisindeki $^{13}C/^{12}C$ oranı, sıcaklıktaki değişimlerden az da olsa etkilenmekle birlikte daha çok organik üretime bağlı karbon döngüsü ile denetlenir. Daha ayrıntıda toplam çözünmüş inorganik karbona (TDIC) ait $^{13}C/^{12}C$ oranı, atmosferdeki CO_2 gazı bileşiminde meydana gelen değişikliklerle, fotosentez oranıyla, organik madde çürüme miktarıyla, bakteri prosesiyle (sülfat indirgenmesi ve metanojenez) ve karbonatların çözülmesiyle ortama gelen girdiler tarafından kontrol edilir (McKenzie, 1985; Kelts ve Talbot, 1990). Göldeki üretkenliğin göstergesi olan fotosentez sırasında bitkiler ^{12}C hafif izotopunu kullanmayı tercih etmeleri arta kalan suda TDIC ^{13}C'nin zenginleşmesine neden olur. Bir süre sonra organik maddenin çürümesi sonucu biyojenik CO_2 serbest hale geçer ve bu durumda ^{12}C'ce zengin çözünmüş karbon dip sularında zenginleşir. Sonuçta TIC'in $^{13}C/^{12}C$ oranı düşer. İnorganik karbon kaynaklarından atmosferik $\delta^{13}C$ değeri ortalama -7 ‰, nehir vasıtasıyla gelen $\delta^{13}C$ değeri yaklaşık -8‰ veya daha düşük değerlerdedir (Keith ve Weber, 1963).

3.3 Polen Analizleri

Polen analizleri, göl ya da deniz gibi yığılma ortamlarından çıkartılan karotlardan elde edilen veriler ışığında bir bölgedeki bitki örtüsünü kurgulamaya yarayan bir metottur (van Zeist vd., 1975: 69-73). Palinoloji, hava şartları ile salınan polenlerin bulunup analiz edilmesi ve sonuçların kantitatif metotlarla çalışılmasına dayanan bir yöntemdir. Karot sabit aralıklarla örneklenir, elde edilen polenler tür seviyesinde (ağaç-ot) tanımlanır ve her türün göreceli yoğunluğu hesaplanır (van Zeist vd., 1975: 69-73). Aynı zamanda karot; sediman, kaya, stratigrafik değişimler ve radyokarbon örnekler için detaylı olarak çalışılır (Birks ve Birks, 1980; van Zeist vd., 1975). Bu verilere dayanarak hazırlanan polen diyagramı yerel ölçekte sediman ortamındaki farklılaşmaları ve her tür polenin değişen yoğunluğunu zaman içinde göstermeyi

amaçlamaktadır (van Zeist ve Bottema, 1991; Birks ve Birks, 1980). Polen yoğunluğundaki değişimler bir dönemden diğerine, bitki örtüsünün kompozisyonundaki değişimleri ortaya koymaktadır. Diğer vekil veri-temelli paleoçevresel araştırma metotları gibi, palinolojiden elde edilen sonuçlar da yorumlanırken dikkat gerektirmektedir. Öncelikle, palinolojide polenler ancak tür seviyesinde tanımlanabilmektedir ve sonuçların yorumlanabilmesi için bu yeterli değildir. İkinci olarak, polenler organik maddelerdir ve özellikle belirli yığılma ortamlarında çok hızlı olarak çürüyebilmektedir (van Zeist ve Bottema, 1991; van Zeist vd., 1975). Buna ek olarak, herhangi bir yığılma ortamında bazı polenler diğerlerine kıyasla daha iyi korunabilmektedir. Bu nedenlerle, karotlarda bulunamayan bir polen türünün ait olduğu bitkinin o bölgede yetişip yetişmediği başka metotlarla doğrulanması gereklidir (Birks ve Birks, 1980; van Zeist vd., 1975). Üçüncü olarak, yığılma ortamının boyu ile o ortamda bulunan polenlerin geldiği alan direkt orantılıdır: buradan hareketle okyanuslar en geniş yığılma ortamlarını oluşturmakta ve çok uzak mesafelerden gelen polenler bu yığılma ortamlarında bulunabilmekteyken küçük bir göl ya da rezervuarda bulunan polenler sadece yakın çevreden gelmektedir (van Zeist ve Bottema, 1991; Birks ve Birks, 1980). Dördüncü olarak, palinolojiden elde edilen sonuçlar uygulandığı alandaki bitki örtüsünün değişimi hakkında belirli bir faktörü işaret edemez. Zamansal düzlemde, bitki örtüsünde ortaya çıkan değişim iklimsel faktörlerin (yağış, nemlilik) sonucu olabileceği gibi antropojenik faktörler de (ağaçsızlaştırma) etken olmuş olabilir (Roberts, 1982). Palinolojiden elde edilen sonuçlar, diğer vekil veri temelli paleoçevresel araştırma metotları sonuçları ile doğrulandığı sürece kullanılabilir.

Genel olarak Yakın Doğu'da ve araştırma bölgesi özelinde palinoloji, yoğun olarak kullanılan bir paleoçevresel kurgulama metodudur. Birkaç on yıldır araştırmacılar yayınlanmış polen analizi raporlarını baz alarak hem farklı bölgelerin bitki örtüsünü kurgulamakta hem de antropojenik etkilerin bu değişimlere etkisini ortaya koyabilmektedir. Sonuç olarak, Orta ve Güneybatı Anadolu'da gerçekleştirilen palinolojik çalışmalar kapsamlı bir polen veri tabanı oluşturmak için yeterli veriyi sağlamaktadır. Bu araştırmada yayınlanmış palinolojik çalışmalardan, hangi zaman aralıklarında hangi tür bitki örtüsünün olduğu bilgisi sağlanmıştır. Bitki örtüsündeki değişimler sayısal veriler olarak kaydedilerek bunlar MİM sonuçlarının gösterdiği iklimsel değişiklik dönemleri ile kıyaslanmış ve bitki örtüsündeki değişimlerin nedeni (iklimsel veya antropojenik) yorumlanmıştır.

3.4 MedLanD Modelleme Laboratuvarı (MML)

Bu projede kullanılan etmen-temelli modelleme platformu MML arkeolojik dönemlerdeki sosyo-ekolojik sistemlerin çevre üstündeki etkilerini ve bu etkilerin uzun süreç bazında sürdürülebilir ekonomik sistemlerin nasıl çevresel anlamda yüksek risk taşıyan sistemler haline dönüştüğünü bilimsel olarak incelemek amacıyla geliştirilmiştir. MML geçmişi kurgulamak amacıyla kullanılacak bir araç değildir; bu modelleme platformu uzun süreli toprak kullanımında alınan kararların sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını diğer çevresel değişimlerle (toprak kaybı-yığılması gibi) birlikte simüle eder (Mayer ve Sarjoughian, 2007). Dolayısıyla, MML eski sosyo-ekonomik sistemlerin toprak kullanımı ile ilgili dinamik ve birbirine bağlı kararlar dizisini simülasyonlar aracılığı ile test ederken arkeolojik toplulukların verdikleri kararları niye verdikleri ve doğal çevresel değişimler ile eş zamanlı olarak yaşadıkları çevrede hangi uzun süreli etkileri yarattıklarının incelendiği bir laboratuvar ortamıdır (Kohler ve van der Leeuw, 2007).

Bu modelleme platformu, aynı anda birçok ve bağımsız faktörü belirli karar verme mantığına göre hesaplaması, sosyal ve doğal süreçleri ilişkilendirmesi nedeniyle etmen-temelli modelleme (*agent-based modeling –ABM–*) platformudur. ABM'ler ilişkili sistem (sosyal ve ekolojik sistemler) araştırmalarında modellemeden önce öngörülemeyen ve ancak modelleme sırasında değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkisi sırasında ve zaman içinde ortaya çıkan koşulları göstermesi açısından çok önemli bir yere sahiptir (Bonabeau, 2002). Sosyal veya doğal süreçleri başarılı olarak simüle eden başka modelleme platformları (Cioffi-Revilla vd., 2010; Altaweel, 2008; Kohler vd., 2007) olsa da şu anda MML her ikisini de birleştiren tek platformdur. Ayrıca, MML açık kaynak yazılım kullanması sayesinde kolayca modifiye edilerek farklı uygulamalara kolayca adapte edilebilir (Kim vd., 2009).

Bu modelleme platformunda mekânsal yapı GRASS CBS (coğrafi bilgi sistemi) üstüne kurulmuştur ve böylece simülasyonlar 5-15 metre arasında, yüksek çözünürlükte gerçekleştirilmektedir. MML sosyal (toprak kullanımı) ve doğal süreçleri birbiri ile tamamen entegre etmiştir ve çalışılan alanda böylece sosyal ve doğal faktörler arasındaki dinamik geribildirim döngüsü doğru bir şekilde simüle edilmektedir. MML simülasyonlarında nüfus artışı ve tarımsal faaliyetler yıllık bazda hesaplanırken topoğrafya ve bitki örtüsündeki değişimlerde süreçlerin zaman ortalamaları alınmaktadır.

Bu modelleme platformunda haneler köyleri oluşturmaktadır ve MML'de oluşturulan köyler hiyerarşik bir yapı içinde karar alma mekanizmasına sahipken (arazi dağıtımı gibi) özellikle kendi ekonomilerini belirleme ve yaşamları ile ilgili diğer birçok konuda haneler geniş inisiyatiflere sahiptir. Bunun temelinde, hanelerin arkeolojik toplumların en küçük ekonomik birimi

olması yatmaktadır (Wilk ve Rathje, 1982). Şu anda MML sadece yağışa bağlı tarım uygulayan veya yerleşik tarım-hayvancı topluluklara uygulanabilmektedir. Bu sosyo-ekolojik model Akdeniz bölgesinde gerçekleştirilen etnoarkeolojik çalışmalar temel alınarak kurulmuştur (Al-Jaloudy, 2006; Kamp, 2000; Kramer, 1982; Watson, 1979). Bu toplulukların ortak noktaları, sadece kendi ihtiyaçları kadar üretim yapmalarıdır. Ekonomik aktivitelerin yoğunluğunun ve antropojenik aktivitelerin fiziksel etki alanının yerleşmenin nüfusu ile doğru orantılı olduğu düşünüldüğünde, hane nüfusu, tarım-hayvancı toplulukların üretim kapasitesinin ve topoğrafik değişimlerin simülasyonundan sonra üçüncü bir değişken olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.4.1 Tarım-Hayvancılık Ekonomileri Modellemesi

Bu tip ekonomik modelleme başlığı altında simüle edilmesi gereken üç farklı davranış türü bulunmaktadır: tarım, hayvancılık ve yakacak odun toplama. Model başlatılmadan önce her köy ve köydeki her hane, nüfusları ile orantılı ancak rastlantısal olarak tarla seçer. Şu anda MML kalıcı tarla kavramını kullanmamaktadır fakat tarla seçimleri tam hiyerarşik yapıyı yansıtmak amacıyla rastlantısaldan öncelikli seçme sistemine değiştirilebilir. Her hane, önündeki bir yıllık zaman diliminde tarlanın ne kadarında tarım, ne kadarında hayvancılık yapacağını ve ne kadar alanda yakacak toplayacağını planlar. MML, gerçek yaşamda daima karşılaşılan ve üretim hesaplarını direkt olarak etkileyen çiftçi-güdücü önyargılarını (Koriat vd., 2000) temsil etmek için modele bu aşamada rastlantısal bazı önyargılar ekleyerek karar alma mekanizmalarını daha gerçekçi simüle etmeyi amaçlar.

Tarımsal üretim MML'de buğday ve arpaya dayalıdır. Buğday insan tüketimi için üretilirken arpa hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Tarımsal üretim için gerekli olan alan hesaplaması şu formül kullanılarak yapılmaktadır: hanenin ihtiyacı olan toplam buğday/arpa miktarına gelecek yıl ekim işleminde kullanılacak buğday/arpa miktarının eklenmesi ve sonucun bir birim tarladan beklenen ortalama buğday/arpa üretimine bölünmesi (Ullah, 2013: Bölüm 4). Ajanlar (model ortamındaki sanal bireyler) tarımsal üretim yapacakları alanları şu kriterlere göre seçerler: yerleşmeye yakınlık (en az miktarda enerji harcayarak mümkün olan en fazla miktarda enerji kazanmak), seçilen tarlada derin ve verimli toprak bulunduğunu garanti altına almak için belirli bir eğim açısı, tarla üstündeki bitki örtüsü tipi ve yoğunluğu. Simüle edilen ekonomik davranış türleri arasında sadece tarımsal üretim, bitki örtüsü-toprak-topraktaki mineral zenginliği dengesini doğrudan etkilediği için modelleme başlangıcında %100 olan toprak verimliliği özellikle tarımın getirdiği erozyon, toprak yorgunluğu gibi sorunların gerçekçi yansıtılması amacıyla giderek azalmaya ya da artmaya ayarlanabilmektedir (Khresat vd., 1998). Bunun sonucunda,

MML toprak verimliliğindeki değişim ve tarımsal üretimde buna bağlı gerçekleşen üretim farklılıklarını geribildirim kavramı altında simüle etmektedir. Tarımsal aktivitenin çevreye etkisinin hesaplanmasında ne kadarlık bir alandan "doğal" bitki örtüsünün kaldırıldığı ve yerine buğday/arpa ekildiği temel alınmaktadır. Tarımsal üretim kapasitesi, hasat edilen ürünlerin kilogram cinsinde hesaplanması ile bulunmakta ve bu hesaplamalar için üç farklı değişkenin regresyon hesaplarının ortalaması dikkate alınmaktadır (Rhoton ve Lindbo, 1997; Christensen ve McElyea, 1988): ürün tipi-yağış miktarı, ürün tipi-toprak derinliği, ürün tipi-toprak verimliliği.
Modelleme platformunda simüle edilen ikinci ekonomik davranış yerleşik hayvancılıktır. Köy nüfusu, insan nüfusunun koyun/keçi nüfusuna oranı kullanılarak köydeki hayvan sayısı bulunmakta ve bu sayı kullanılarak otlak için gerekli olan alan hesaplanmaktadır. Otlak alanı hesaplaması şu formül kullanılarak yapılmaktadır: hayvanların otlayabileceği toplam ot miktarından hayvanların tarlalarda otlayarak yediği saman ve ayrıca verilen arpanın toplamının çıkarılması ve kalanın bir birim otlaktan beklenen ot miktarına bölünmesi (Ullah, 2013: Bölüm 4). Ajanlar otlak seçimlerini yerleşmeye en yakın ve en yoğun ot bulunan alanları dikkate alarak yapmakta (Oba, 2012), eğim derecesi ya da toprak özellikleri hayvancılık için önem göstermemektedir. Hayvancılıkta büyük miktarda ot tüketilmekte ve bu nedenle geniş alanlar açığa çıkmaktadır (Al-Jaloudy, 2006). Bu nedenle hayvancılığın çevreye etkisi otlatılan otun kilogram olarak hesaplanması ile yapılmaktadır. Böylece bitki örtüsünde yıl bazında değişiklikler hesaplanarak her bir otlak için yıllık net değişim miktarı belirlenmektedir. Hayvancılıkta üretim kapasitesi hektar başına kilogram olarak hesaplanmakta ve şu değişkenler kullanılmaktadır: otlatılabilir bitki yoğunluğu, GRASS CBS ortamında hektar başına hücre sayısı, otlatma etki faktörü, her otlaktaki bitki örtüsü türü.

Son olarak, ajanlar günlük ihtiyaçlarını karşılamak için yakacak odun toplamaktadırlar. Odun toplanacak toplam alanın hesaplanması şu formül kullanılarak yapılmaktadır: hane için gerekli olan toplam yakacak odun miktarından tarım için temizlenen tarlalardan elde edilen odun miktarının çıkarılması ve kalanın bir birim alandan beklenen yakacak odun miktarına bölünmesi (Ullah, 2013: Bölüm 4). Ajanlar öncelikle tarımsal üretim için seçtikleri alanları temizlerken ortaya çıkardıkları odunları kullanmaktadırlar. Daha sonra, hane nüfusuna ve model başlangıcında seçilen yakacak toplama yoğunluğuna göre, ajanlar yerleşmeye en yakın ve en yoğun ağaç barındıran alanları kullanmaktadırlar (Tabuti vd., 2003). Yakacak toplamanın bitki örtüsüne etkisi ve simülasyonun sonraki yıllarında hesaplanacak bitki örtüsü değişimi, yukarıda hayvancılığın çevreye etkilerindeki gibi hesaplanmaktadır. Yakacak toplama aktivitesinden elde edilen üretimin

hesaplanması metrekare başına kilogram olarak yapılmakta ve şu değişkenler kullanılmaktadır: yakacak toplama yoğunluğu ve yoğun ağaç örtüsü bulunan alanın miktarı.

Yukarıda tanımlanan formüllerin MML'de sadece üç farklı toprak kullanımını simüle etmeye yönelik olmadığını, aynı hesaplamalar yardımıyla, bitki örtüsünde zaman içinde yaratılan değişikliklerle ve bunların bitki örtüsü kompozisyonunda ve yoğunluğunda yarattığı farklılıklarla (Bonet ve Pausas, 2007; Debussche vd., 1996), antropojenik etkilerin umulan ve umulmayan etkilerinin de simüle edildiği göz önüne alınmalıdır. Bu değişimlerin hesaplanmasında iklim, topoğrafya, jeoloji, toprak kullanımı ve bitki coğrafyası kullanılmaktadır.

3.4.2 Nüfus Dinamiklerinin Modellenmesi

İnsanların günlük kalori ihtiyaçları kullanılarak ve hane bazında yıllık kilokalori hesaplamaları yapılarak MML hane bazında nüfus değişikliklerini simüle etmektedir. Tarım üretiminden elde edilen yıllık kilokalori hesaplaması toplam üretilen ürünün kilo başına kalori değeri ile çarpılması yoluyla hesaplanmaktadır (Ullah, 2013: Bölüm 4). Hayvancılık için farklı bir yol izlenmektedir. Önce tüketilen toplam yem hesaplanarak toplam kaç hayvan olduğu bulunduktan sonra, koyunun keçiye oranı kullanılarak her iki cinsin tam nüfusu bulunmakta ve bu sayılar kullanılarak her gruptan elde edilecek kalorinin hesaplanması, o cinsteki hayvan sayısı ile bir hayvanın kalori değerinin çarpılmasıyla gerçekleştirilmektedir (Ullah, 2013: Bölüm 4). MML'de hanede doğum olma olasılığı o hanenin yıllık kalori ihtiyacını karşılayıp karşılamadığı ile ilgilidir. Hanede üretim ne kadar yüksek olursa yıllık kalori ihtiyacı fazlası o oranda yükselmekte ve bu da hanede doğum olasılığını orantılı olarak arttırmaktadır. Hanede kalori açığı ne kadar yüksek olursa, ölüm olasılığı da o oranda yüksektir (Ullah, 2013: Bölüm 4). Doğum-ölüm olasılıkları, toplam minimum ve maksimum doğum-ölüm sayıları simülasyon başlangıcında ayarlanmaktadır.

3.4.3 Yüzey Süreçlerin Modellenmesi

Çalışılan bölgedeki antropojenik aktivitelerin o bölgenin yağış ve hidrolojik özellikleri gibi doğal etkenlerle birleştirilerek, toprak ve bitki örtüsüne etkilerinin MML'de simüle edilmesi, araştırmaya konu edilen alandaki yüzey süreçlerdeki değişiklikleri ortaya çıkarmaktadır (Ullah, 2013; Arıkan, 2012). Doğal etkenlerin simülasyonu MML içinde yapıldığı gibi, istenirse ayrı bir modelleme modülü olarak ta çalıştırılabilmektedir. Bu stokastik modül, yağışın eğimli yüzeylerde, dere yataklarında, nehir kanallarında yarattığı farklı etkileri (Mitášová vd., 2001; 1996) Birim Akış Bazında Erzoyon Yığılma (Unit Stream Powered Erosion Deposition –USPED–) formülü kullanarak hesaplamaktadır. Yenilenmiş Evrensel Toprak Kaybı Denklemi (Revised Universal Soil Loss Equation –RUSLE–) (Renard vd., 1997) yardımı ile çalışılan bölgede erozyon ve toprak yığılmasının nerelerde olabileceği hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalarda üç temel faktör

dikkate alınmaktadır (Ullah, 2013; Arıkan, 2012): (a) R-faktörü, MİM ile hesaplanan ve bölgenin aylık ortalama aldığı yağış yoğunluğunun faktöre dönüştürülmesi ile elde edilen değer, (b) K-faktörü, bölgedeki toprağın özelliğine göre hesaplanan ve erozyona direncini gösteren değer, (c) C-faktörü, farklı bitki türlerinin su yoluyla erozyonunu önleme kapasitesini gösteren değer. Bu tip modellemede bölgenin ana kaya ve toplam konsolide olmamış sediman kalınlığı haritaları, ileri hidrolojik analiz metotları eşliğinde kullanılarak havza geometrisi, alanı, topoğrafyası gibi çeşitli değişkenler de göz önüne alınarak GRASS CBS ortamında her bir hücrenin erozyon-yığılma kapasitesi hesaplanmaktadır (Ullah, 2013; Arıkan, 2012).

4. BULGULAR

4.1 Duraylı İzotop Veri Setlerinin Paleoiklim Modellerinin Sonuçlarıyla Karşılaştırılması

Anadolu'da, yaş modeli bulunan, en az 200 yıl çözünürlüğe sahip beş adet gölde duraylı oksijen izotop veri setleri çalışma kapsamında kullanılmıştır (Şekil 7, Tablo 2). Çalışmanın Erken-Orta Holosen zaman aralığını kapsamasına rağmen model çıktı verileri ile kıyaslamada veri setini arttırmak amacıyla yüksek çözünürlüklü günümüzden 1400 yıl önceyi kapsayan Salda Gölü duraylı oksijen izotop verileri de değerlendirmeye alınmıştır. Bunun dışında Hazar Gölü'nde yapılmış duraylı oksijen verilerinin yanında yüksek çözünürlüklü μXRF verilerinden FastICA (*Independent Component Analysis*) yöntemi ile üretilmiş yağış ve sıcaklık değişimleri (Ön vd., 2018) de PaleoView ve MİM model verileri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 7: Proje kapsamında incelenen duraylı oksijen-karbon izotop verilerinin yerleri.

Göl adı	Bulunduğu şehir	Verinin yaş aralığı	Veri çözünürlüğü	Kaynak
Salda Gölü	Burdur	0-1.4ka GÖY*	~ 30 yıl	Danladi ve Akçer-Ön, 2017
Eski Acıgöl	Nevşehir	1.4 ka-23 ka GÖY	~ 130 yıl	Roberts ve diğ., 2001
Nar Gölü	Niğde	0-1.7 ka ve 0-15.5 ka GÖY	~5 ve 30 yıl	Dean ve diğ., 2015 ve Jones ve diğ., 2016
Hazar Gölü	Elazığ	0-17.3 GÖY	~175 yıl	Ön ve diğ., 2017 ve Eriş ve diğ., 2017
Van Gölü	Van	0-12.7ka GÖY	~100 yıl	Wick ve diğ., 2003
*** GÖY: Günümüzden önce Yıl**				

Tablo 2:Proje kapsamında kullanılan verilerin yaş aralıkları ve veri çözünürlükleri.

4.1.1 Salda Gölü

Salda Gölü'nden (GB Anadolu) dört kısa (maksimum 0.75 m) gravite karot alınmıştır (Danladi ve Akçer-Ön, 2017). Gölün güney-doğusundan yaklaşık 100 m su derinliğinden alınan 0.55 m uzunluğunda olan karotta duraylı oksijen-karbon izotop, μXRF element, Manyetik Duyarlılık (MS), Toplam Organik ve İnorganik Karbon (TOC/TIC) belirteçleri (proxy) kullanılarak son 1400 yılın (MS 600- Günümüz) iklim değişimleri çalışılmıştır. ^{137}Cs, ^{210}Pb ve ^{14}C yaşlandırma yöntemleri kullanılarak Bacon istatiksel paketi ile yaş modeli oluşturulmuştur. Duraylı oksijen-karbon izotop veri çözünürlüğü yaklaşık 30 yıldır. Elde edilen sonuçların Toplam Solar Parlaklık ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

4.1.2 Konya Havzası

Konya Havzası (İç Anadolu) bugün kuru olmasına rağmen Son Buzul Maksimum'da (*Last Glacial Maximum, LGM*) 4000 km^2'lik bir alana yayılan tatlı su gölü olduğu düşünülmektedir. Buna göre Leng vd. (2001) havzanın üç farklı yerinden (Pınarbaşı, Akgöl, Süleymanhacı) karotlar almış ve duraylı oksijen-karbon izotop, diyatom, organik karbon-karbonat, mineraloji (XRD) analizleri yapmışlar ve karotların yaşlandırmasında OSL, U-Th ve C-14 yöntemlerini kullanmışlardır. Buna göre bölgenin geçmiş hidrolojisini GÖ 3.100-15.000 yılları arasında hiyatuslarla birlikte yaklaşık 270 yıl çözünürlükte araştırmışlardır. Güncel hidrolojiyi anlamak için çevre kaynak, yağmur/kar ve derelerden aldıkları su örneklerinde duraylı oksijen ve döteryum analizleri yaparak karotta alınan ostrakod ve otojenik karbonat örnekleri duraylı oksijen sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Küresel iklim değişimleri ile kıyaslama yapılmamış, bölgenin geçmiş ortam ve hidrolojisi anlaşılmaya çalışılmıştır.

4.1.3 Nar Gölü

Nar Gölü Niğde ve Aksaray illeri (İç Anadolu) arasında bulunan bir krater gölüdür. Jones vd. 2006 çalışmasında yaklaşık 5 yıl çözünürlükte duraylı oksijen ve karbon izotop analizi yapmışlardır. Ayrıca bölgenin hidrolojisini anlamak için dere, kaynak ve yağmur/kar örneklerinde duraylı oksijen-döteryum analizleri yapılmıştır. Çökel istifi ^{210}Pb-^{137}Cs radyometrik yöntemler ve varv sayımı ile yaşlandırılmıştır. Oldukça yüksek çözünürlüğe sahip bu çalışmada Geç Holosen iklim değişimlerinin sebepleri tele-bağlantılar ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Yine aynı gölde Dean vd. 2015 çalışmasında bu sefer üç farklı karot birleştirilerek (komposit) 21.7 m uzunluğunda bir istif elde edilmiştir. Mümkün olan yerlerde varv sayımı yapılmış, U-Th yöntemi kullanılarak istifin kronolojisi oluşturulmuştur. Atlamalarla birlikte istif yaklaşık 30 yıllık çözünürlükle son 15.500 yılı kapsamaktadır. İstifte karbonat mineralojisi, karbonatlardan duraylı oksijen-karbon izotop analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak karşılaştırmalı Doğu Akdeniz bölgesinin yüksek çözünürlüklü geçmiş hidroiklimsel yapılandırılması (*reconstruction*) tartışılmıştır. Genç Dryas'ın göreceli kurak olduğu, nemli Erken Holosen'den Orta Holosen'e geçişi kuraklaştığı ve kuraklığın 4.2 -3.5 ka arasında en fazla olduğu gözlenmiştir. Yaklaşık 9.3 ka, 8.2 ka, 4.2 ka, ve 1.5 ka'da kuraklığın arttığı görülmüştür. Bu iklimsel değişimlerin tele-bağlantılar ile ilişkileri yorumlanmıştır.

4.1.4 Eski Acıgöl

Çalışmada, eski bir krater gölü olan Eski Acıgöl'den (Nevşehir, İç Anadolu) iki farklı zamanda alınan 15-20 m uzunluğundaki karotlarda çoklu belirteçler (mineraloji, sedimantoloji, duraylı oksijen-karbon izotop, C/N, polen, diyatom) kullanılarak iklim değişimleri araştırılmıştır. İki karotta toplam 16 adet ^{14}C ve 6 adet U-Th, güncel sedimanlardan da 2 adet ^{14}C yaş analizi yapılmıştır (Roberts vd. 2001).

Güncel sedimanlardan yapılan C-14 yaş analizleri ile göl suyunun sert su etkisi belirlenmeye çalışılmış, iki farklı yaşlandırma yöntemi (C-14 ve U-Th) ve polen biyostratigrafisi kullanılarak yaş modeli güçlendirilmiştir. Yazarlar doğrusal bir yaş modeli oluşturmuşlardır. Sonuç olarak yaklaşık 130 yıl çözünürlüklü GÖ 1.400-23.000 yılları arasını kapsayan iklim değişimlerini anlamaya çalışmışlardır. Buna göre Eskiacıgöl'de Erken Holosen'de geç Holosen'e oranla su seviyesi daha yüksek ve tuzluluk daha düşüktür. Paleolimnolojik veriler ile polen verileri de uyumlu çıkmış ve insan etkisinin belirginleştiği yaklaşık GÖ 4500-4000 kalibre yılları öncesinde değiştiği gözlenmiştir. İklimdeki bu değişimler Doğu Akdeniz Bölgesinde insan tarihi

ve tarih öncesi için ayrıca önem teşkil etmektedir; nemliliğin en fazla olduğu Neolitik Dönem ve kuraklığın arttığı Tunç Çağı gibi.

4.1.5 Hazar Gölü

Hazar Gölü, Elazığ, Doğu Anadolu'da bulunan tektonik bir göldür. Eriş vd, 2017 çalışmasında gölün farklı yerlerinden alınan karotlarda; µXRF, Manyetik Duyarlılık (MS), Toplam Organik-İnorganik Karbon, kil analizleri yapılmış ve karotlar C-14 yöntemi ile yaşlandırılmıştır. Ön vd., 2017 çalışmasında ise ostrakod kavkılarından duraylı oksijen-karbon izotop analizleri yapılmış ayrıca yüksek çözünürlüklü µXRF verilerinde istatistiksel ICA (Independent Component Analysis) yöntemi ilk defa geçmiş iklim değişimlerinin yorumlanmasında kullanılmıştır. Çalışılan karot son 17.3 ka'yı kapsamaktadır ve duraylı izotop verilerinin çözünürlüğü yaklaşık 175 yıldır. Sonuçlar göre Pleistosen-Holosen geçişi ve Holosen iklim değişimleri sıcaklık ve yağış değişkenleri ile yorumlanmıştır.

4.1.6 Van Gölü

Anadolu'nun en büyük gölü olan Van, Doğu Anadolu bölgesinde bulunur. Bulunduğu lokasyon, oluşumu ve farklı su kimyasından dolayı ilgi çekici bir göldür. 2009 yılından ICDP (*International Continental Scientific Drilling Program*) tarafından iki farklı lokasyondan 125 m ve 219 m uzunluğunda iki karot alınmış ve çok-disiplinli çalışmalar yapılmıştır. Bu proje kapsamında alınan 219 m uzunluğundaki karotta çalışan Kwiecen vd. (2014) bulgularına göre çökel istifi son 360.000 yılı kapsamaktadır. Bu istifte µXRF, Toplam Organik-İnorganik Karbon, polen, karbonatlarda duraylı oksijen izotopu analizleri yapılmıştır. Karot, tefrakronoloji, Ar-Ar, varvkronoloji, C-14, manyetostratigrafi, Ar-Ar, NGRIP duraylı oksijen izotop verisi ile deneştirme yöntemleri kullanılarak yaş modeli oluşturulmuştur (Stockhecke vd., 2014b ve Stockhecke vd., 2016). Duraylı izotop verilerinin çözünürlüğü yaklaşık 2000 yıldır. Yazarlar bu çalışmanın sonucunda son 360.000 yılın buzul-buzul arası dönemlerini tartışmışlardır.

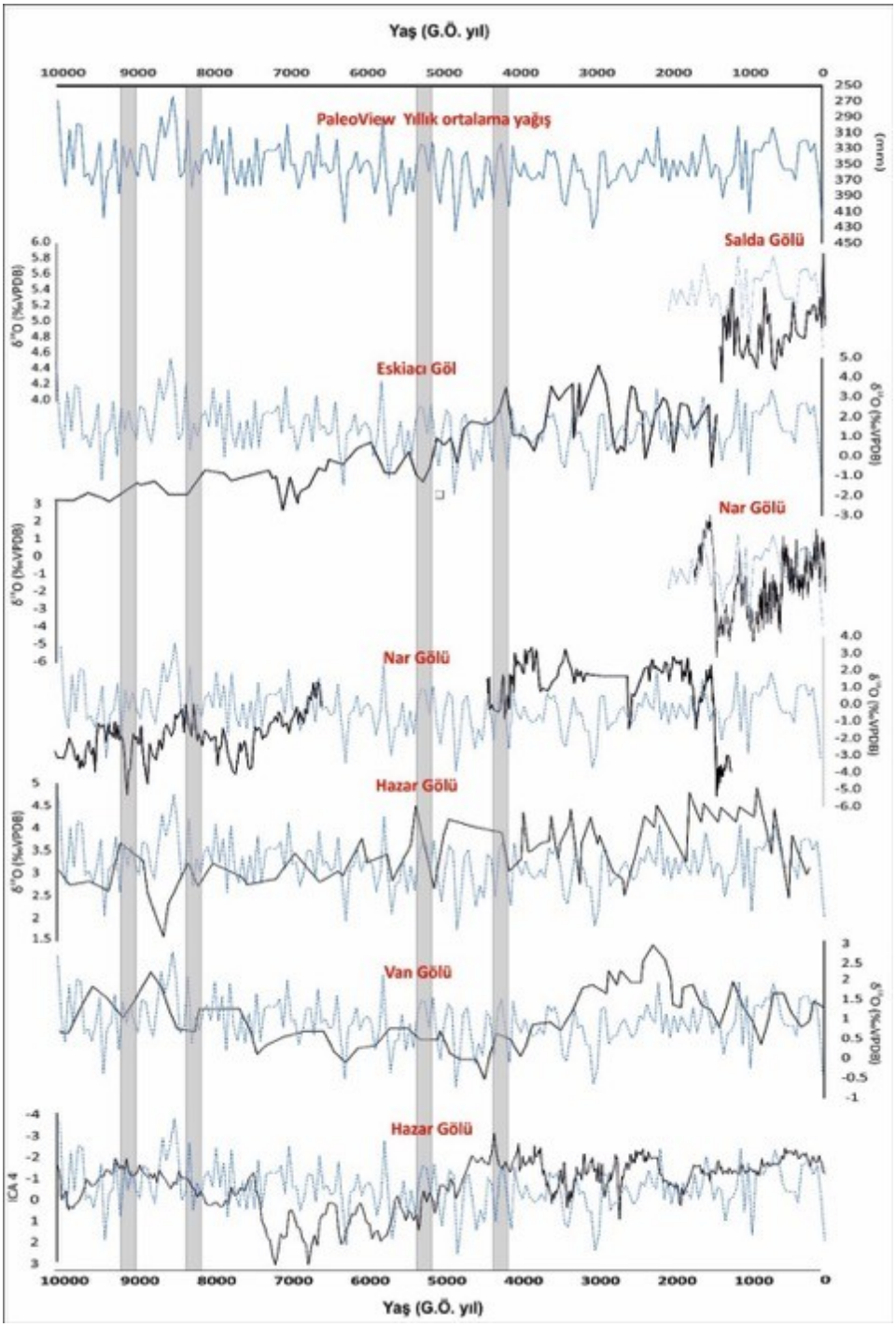
Wick vd. 2003'de ise 1990 yılında aldıkları karotta son 12.700 yılda duraylı oksijen-karbon izotop (karbonatta), polen, Mg/Ca oranı (tuzluluk) parametrelerini incelemiş ve yaşlandırma için varv ve tefrakronoloji yöntemlerini kullanmışlardır. Duraylı izotop verilerinin çözünürlüğü yaklaşık 100 yıldır. Araştırmacılar bu çalışmada daha çok bitki örtüsünün değişimine bağlı olarak Holosen iklim değişimlerini incelemişlerdir.

Öncelikle tüm yapılan bu çalışmalarda elde edilen zaman profillerinin yaşlandırma yöntemlerinin (karbon-14, varv sayımı, Kurşun-210, Sezyum-133, Uranyum-Toryum vb gibi),

yaşların kalibrasyonun, yaş çözünürlüklerinin farklılıkları olduğu unutulmamalıdır. Bu sebeple veriler arasında tam bir uyum beklenemez. Bu çerçevede son 10.000 yıldan günümüze, 50 yıl çözünürlüklü PaleoView model yıllık yağış (mm), yıllık ortalama sıcaklık (°C) ve 100 yıl çözünürlüklü MİM yıllık yağış (mm), yıllık ortalama sıcaklık (°C) verileri batıdan-doğuya doğru sırasıyla Salda Gölü, Nar Gölü, Eski Acıgöl, Hazar Gölü ve Van Gölü duraylı oksijen izotop (δ^{18}O ‰VPDB) verileri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir (Tablo 2).

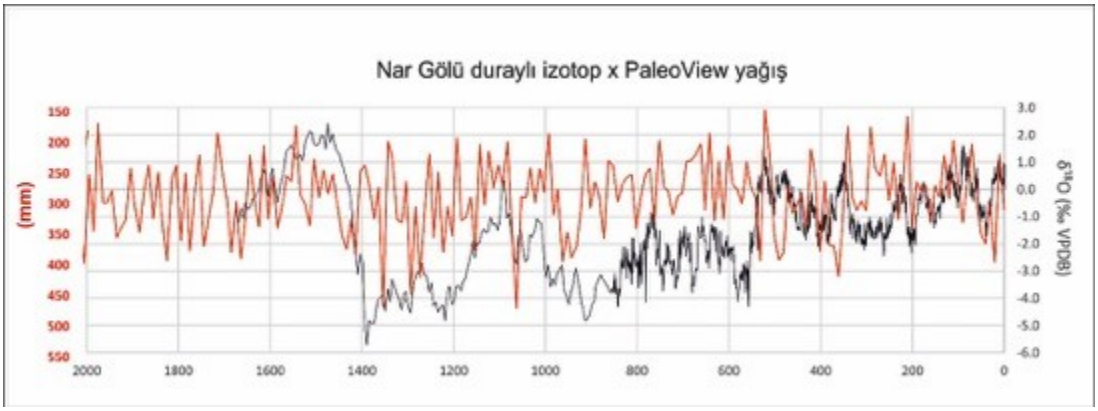
4.1.7 Genel Değerlendirme

Son 1400 yıldan günümüze PaleoView yıllık yağış (mm) model verileri ile Salda Gölü duraylı oksijen (δ^{18}O ‰VPDB) verileri karşılaştırıldığında oldukça benzer olduğu görülmektedir. Nispeten iyi bir yaş modeline sahip Salda Gölü verileriyle model verileri arasında yaklaşık 50 yıllık ötelenme görülür (Şekil 8). Son 10.000-1400 yılları arasında duraylı oksijen izotop verisi olan Eski Acıgöl karotunda günümüzden önce 10.000-5000 yıl arasında azalan yağış eğilimi, PaleoView model verilerinde ise aksi, nispeten artan bir eğilim görülür. Günümüzden önce yaklaşık 3000-3500 yılları arasında Eski Acıgöl verileri en yüksek duraylı oksijen izotop değerlerine ulaşmaktadır ve bu bölgenin en kurak olduğu zamana işaret eder. PaleoView verilerinde bu dönemde önemli bir değişim gözlenmez. Bu farklılıkların sebebi yukarıda belirtildiği gibi yaş modellerinin farklılığı ya da gölün bulunduğu bölgenin hidrolojisinin iklim dışında faktörlerden etkilenmiş olduğu söylenebilir. Nar Gölü (0-1.7 ka) verilerinde de görüldüğü üzere 20-30 yıllık bir öteleme ile PaleoView verileri ile oldukça uyumlu görünmektedir. Fakat verileri daha geniş bir grafik üzerinde gösterdiğimizde (Şekil 9) uyumluluğun çok fazla olmadığı gözlenmiştir. Benzer durumun Salda Gölü verileri için de geçerli olduğu düşünülmektedir. Nar Gölü uzun verileri (1.0-10 ka) incelendiğinde ise günümüzden önce 10000-6000 yılları arasında aynı Eski Acıgöl verilerinde olduğu gibi duraylı izotop verisinde artan bir eğilim görülür. Aynı havzada bulunan bu göllerin benzer özellik göstermeleri, hidrolojik değişimlerinin benzer olduğunu ve bölgesel olarak bu dönemde yağışın zamanla azaldığını göstermektedir. Farklı bir coğrafi bölgede bulunan Hazar Gölü duraylı oksijen izotop ve FastICA verileri ile model verilerinde birebir uyum gözlenmezken grafiklerin Holosen boyunca benzer eğilim gösterdiği söylenebilir. Hazar Gölü izotop ve model verileri karşılaştırmasında en belirgin terslenme yaklaşık günümüzden 8500 yıl öncesinde görülür. Bunun bir olası sebebi de izotop verilerinin çözünürlüğünün düşük olması gösterilebilir. Son olarak Van Gölü verilerine baktığımızda özellikle Hazar Gölü FastICA verileri ile uyum gösterdiğini ve PaleoView model verileri ile de benzer eğilimlere sahip olduğu görülmektedir. Buna göre yaklaşık GÖ 10.000 ve 6000 yılları



Şekil 8. Son 10.000 yıldan günümüze PaleoView yıllık yağış (mm) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü µ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması. PaleoView yağış verisinin ters çizildiğine dikkat edilmelidir.

arasında nispeten artan bir yağış, yaklaşık 6000-3000 yılları arasında azalan ve 3000-1500 yılları arasında en tepeye ulaşan bir kuraklık olduğu, 1500 yıldan günümüze kadar da tekrar artan yağış salınımlarıyla bugünkü koşullara gelindiği görülmektedir.



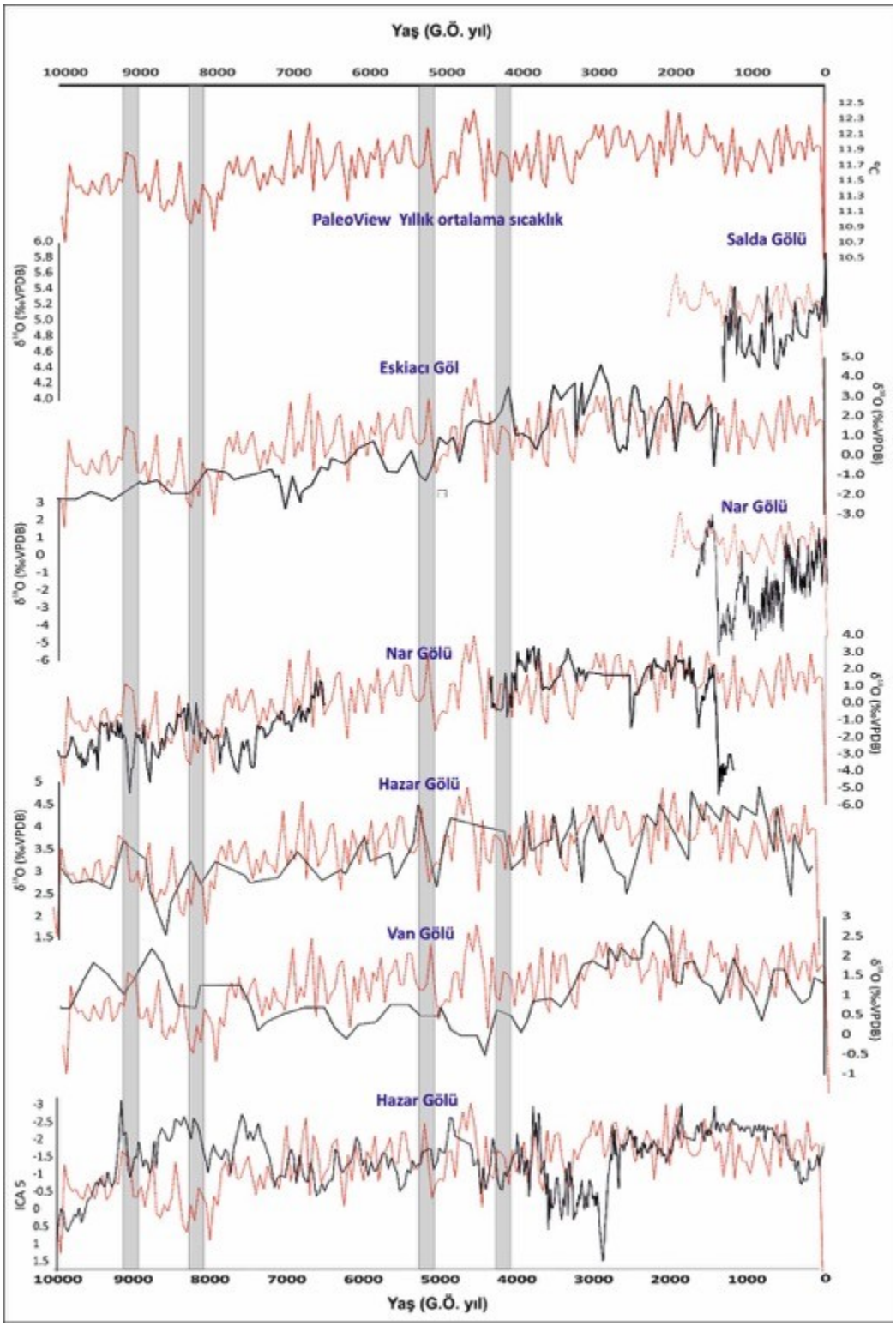
Şekil 9. Nar Gölü duraylı izotop verisi (δ18O ‰VPDB, Jones ve diğ., 2006) ile PaleoView yıllık yağış (mm) verisinin karşılaştırması.

PaleoView yıllık ortalama sıcaklık (°C) ile duraylı izotop (δ18O ‰VPDB) verilerinin karşılaştırmalarına baktığımızda, yağış verilerinde ki eğilimler kadar uyum göstermediği görülmektedir (Şekil 10). Eski Acıgöl veri karşılaştırmalarında, yağışın tersine GÖ 10.000-4000 yılları arasında sıcaklık ve d. izotop değerlerinde artan bir eğilim görülür. GÖ 4000-2000 yılları arasında salınımların olmasına rağmen nispeten daha durağan koşullar mevcuttur. Nar Gölü kısa ve uzun d. izotop verilerinde bu uyum görülmemektedir. Van Gölü, Hazar Gölü d. izotop ve ICA verilerinde aynı şekilde benzer eğilimlerin olduğu kısa dönemler dışında uyumluluk çok fazla gözlenmemiştir.

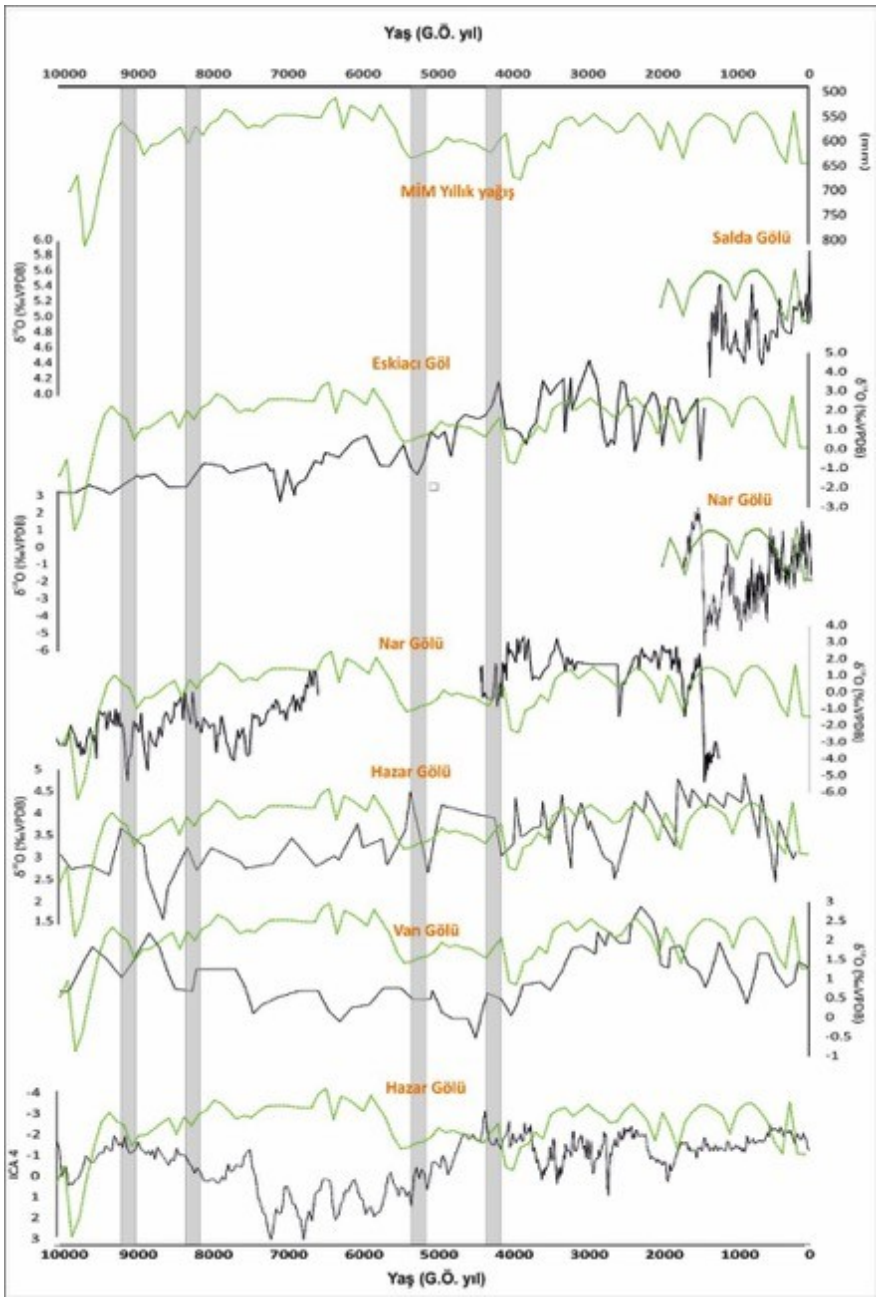
MİM verileri ile kıyaslamalara baktığımızda yağış (mm) verilerinin d. izotop verileri ile sıcaklığa (°C) oranla daha uyumlu olduğu görülür (Şekil 11 ve Şekil 12). Fakat MİM verilerinin düşük çözünürlüklü olması kıyaslamayı zorlaştırmaktadır.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde Anadolu'daki göllerden alınan çamur istiflerinde çeşitli mazlemelerden (kavkı, yerinde karbonat vb gibi) yapılan duraylı izotop verileri buharlaşma ve yağış etkisine bağlı olarak PaleoView ve MİM model yağış verileri ile benzer eğilimler gösterebilmektedir. Fakat birebir uyum göstermeleri yukarıda bahsedilen sebeplerden (yaş modellerinin, kalibrasyonlarının vb gibi) ve model verilerinin karekterlerinden dolayı mümkün görünmemektedir.

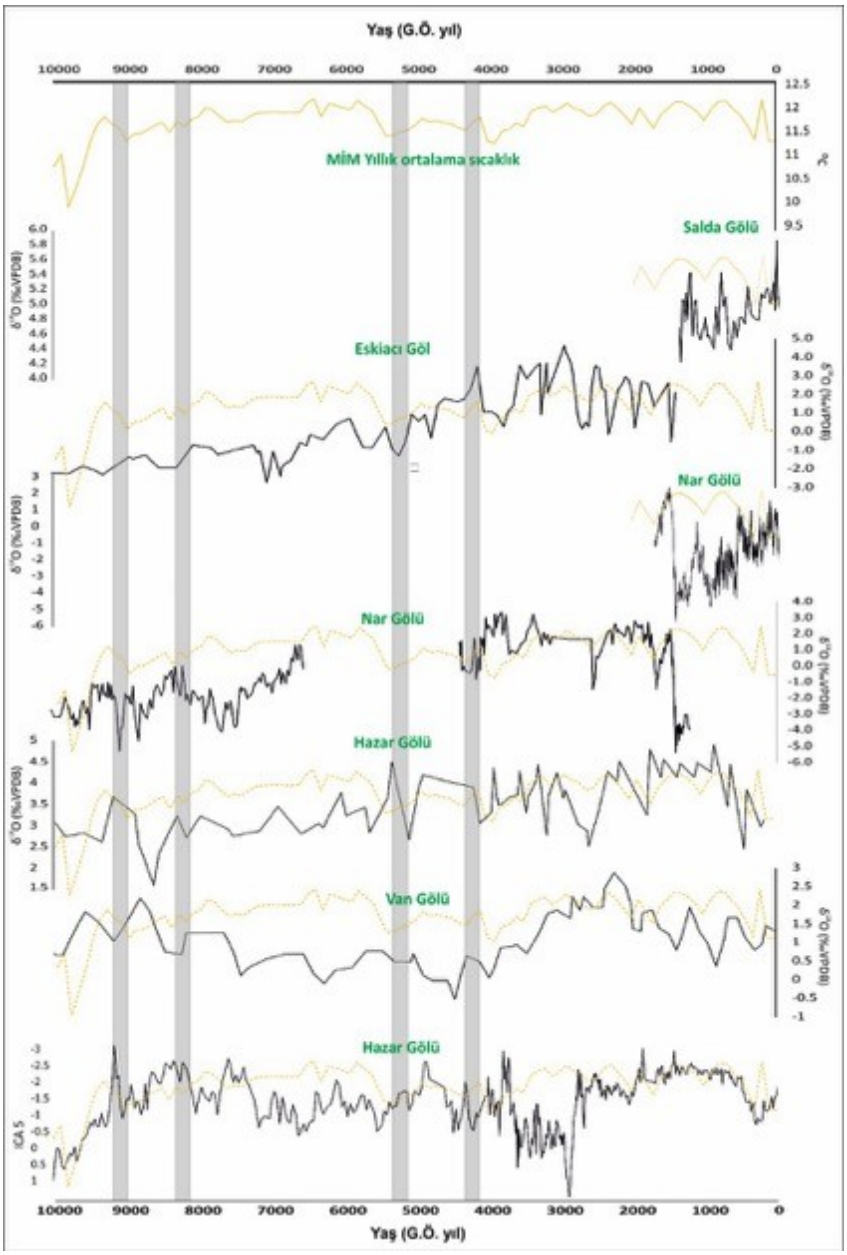
Duraylı izotop verileri model verilerinden ayrı değerlendirildiğinde İç Anadolu Bölgesi'nde (Eski Acıgöl, Nar Gölü) günümüzden önce 10.000-4000 yılları arasında nispeten yağış



Şekil 10. Son 10.000 yıldan günümüze PaleoView yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması.



Şekil 11. Son 10.000 yıldan günümüze MİM yıllık yağış (mm) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü μ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması. MİM yağış verisinin ters çizildiğine dikkat edilmelidir.



Şekil 12. Son 10.000 yıldan günümüze MİM yıllık ortalama sıcaklık (°C) verilerinin seçili göllerdeki duraylı oksijen izotop (δ18O ‰VPDB) ve Hazar Gölü µ XRF FastICA verileri ile karşılaştırılması.

azalmaktadır. Fakat Hazar ve Van Gölü verileri GÖ 10.000-5000 yılları arasında yağışın arttığını gösterir. Van Gölü ve Eski Acıgöl verileri GÖ 4000-1500 yılları arasında en az yağışın olduğunu göstermektedir. Salda Gölü ve Nar Gölü verilerine göre de son 2000 yılda çeşitli kısa artışların dışında yağışın genel olarak azaldığını, kuraklığın arttığını gösterir. Genel bir analiz yapmak için örnek sayısı oldukça azdır, fakat Anadolu'nun coğrafi yapısının değişkenliğinden dolayı farklı bölgelerde farklı hidrolojik özelliklerin gözlenmesinin doğal olduğu düşünülmektedir.

4.2 Polen Veri Setlerinin Değerlendirmesi

4.2.1 Paleoiklim Modellerinin Sonuçlarıyla Karşılaştırma

Palinoloji güncel ve fosil polen ve sporlar ile birlikte dinoflagellate, acritarchs gibi palinomorfları inceleyen bir bilim dalıdır. Polen ve sporlar son yıllarda paleoiklim çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadırlar. Özellikle polenler ekzin olarak adlandırılan polen dış duvarının her türlü etkiye karşı dayanıklı olması nedeniyle çok önemli bir belirteçtir (proxy). Bitkiler genellikle sıcaklık ve yağış değişimlerine göre dağılım göstermektedirler (Henderson vd., 1993). Bu nedenle polen analizleri geçmiş dönemlerdeki iklim değişimlerinin tespit edilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 13). Proje kapsamında faklı çalışma alanlarından çoğunluğu göl ortamından olmak üzere 41 lokasyonda derlenen polen verileri veri tabanında kullanılmak üzere oluşturulmuştur (Tablo 3). Güvenilir yaş verisine sahip olan polen kayıtları proje kapsamında oluşturulan iklim modellemeleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır. Dört lokasyonda elde edilen kömürsü odun (*charcoal*) verileri de tablo halinde sunulmuştur (Tablo 4). Polen kayıtlarının çoğu, güneybatı Türkiye'deki göl karotlarından, Türkiye'nin kuzeyinde Karadeniz bölgesinden, Orta Anadolu'dan, Doğu Anadolu'dan ve yalnızca bir tanesi denizden alınan Karadeniz sondaj karotudur. Yayınlanan polen kayıtları aynı zamanda farklı zaman aralıklarını da kapsamaktadır ve sadece Holosen'i kapsayan az sayıda alan bulunmaktadır. Polen verileri iklim değişimleri ile karşılaştırılması açısından *Quercus cerris* ve *Quercus robur*, *Artemisia*, AP (*Arboreal*, ağaç polenleri) ve NAP (*Non-Arboreal*, ağaç olmayan polenleri) eğrileri ile karşılaştırılmıştır. AP yüzdesi *Pinus* poleni hariç tutularak hesaplanmıştır. *Pinus* çok sayıda polen üretmekte ve rüzgarla çok uzak mesafelere taşınmaktadır. Bu nedenle polen kayıtlarında genellikle yüksek miktarda görüldüğünden, sağlıklı bir değerlendirme yapılabilmesi için *Pinus* hariç olarak toplam AP yüzdesi verilmiştir. Son 10.000 yıldan günümüze, 50 yıl çözünürlüklü PaleoView modeli yıllık yağış (mm), yıllık ortalama sıcaklık (°C) ve 100 yıl çözünürlüklü MİM yıllık yağış (mm), yıllık ortalama sıcaklık (°C) verileri ile R+ programı kullanılarak oluşturulan Modern Analog Tekniği ile

oluşturulan iklim modeli Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acgöl ve Bereket polen verisi ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanı	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Katkıda bulunan	Örnek Türü	Çözünürlük	Yaş Aralığı	Kaynak
Akgöl	37.5	33.73	1000	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Düşük	10400-1800	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Avlan Gölü	36°35'0"	29°57'0"	1026	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	Yaş yok	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Elmalı	37°4'20"	29°53'30"	930	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	Yaş yok	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Hoyran	38°16'30"	30°52'30"	920	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	2470+/-50 5800-0	van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 53-143
Karamık Bataklığı	38.425	30.8	1000	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Bataklık	Orta	9800-0	van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 53-143
Ova Gölü	36.266	29.3	~15-20 m	Pangaea	Göl	Orta	7400-1000	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Pınarbaşı	37.28	30.3	980	Pangaea	Göl	Yüksek	520-6145	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Yeniçağa Gölü	40°46'32"	32°1'30"	989	Pangaea	Göl	Orta	1893–1209 M.Ö.- 473–804 M.S	Beug, H.J., Bottema, S., 2015. Late Glacial and Holocene vegetation history at Lake Yeniçağa, northern Turkey. Vegetation History and Archaeobotany, 24, 293–301
Büyük Göl	39°52'0"	37°23'0"	1298	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Düşük	Yaş Yok	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Demiryurt Gölü	39°44'	37°23'	1300	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	2000-0	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Kaz Gölü	40°17'	36°9'	~500	Pangaea	Göl	Orta	9000-2000	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B.

								1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Ladik Gölü	40°55'	36°1'	800	Pangaea	Göl	Orta	12000-3000	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Melen Gölü	40°46'30"	31°06'	125	Pangaea	Göl	Orta	3000-0	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Tatlı Göl	41°35'	36°4'	-	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Düşük	6000-0	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Tuzla Gölü	39°2'0"	35°49'39"	900	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Düşük	Yaş yok	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Bozova Gölü	37°21'0"	38°31'0"	592	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	2590 ± 70 G.Ö.	van Zeist, W., Timmers, R.W., Bottema, S., 1970. Studies of Modern and Holocene Pollen Precipitation in Southeastern Turkey. Palaeohistoria, 14, 1968 (1970)
Gölbaşı	37°45'0"	37°33'0"	873	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	3080 ± 115 G.Ö.	van Zeist, W., Timmers, R.W., Bottema, S., 1970. Studies of Modern and Holocene Pollen Precipitation in Southeastern Turkey. Palaeohistoria, 14, 1968 (1970)
Abant Gölü	40°36'0"	31°17'0	1327	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	10000-800	Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. Late Quaternary vegetation history of northern Turkey. Palaeohistoria, 36, 13-72
Bereket (Bereket 1)	37°54'518"	30°29'506"	1410	David Kaniewski	Bataklık	Yüksek	3470-0	Kaniewski, D., Paulissen, E., De Laet, V., Dossche, K., Waelkens, M., 2007. A high-resolution Late Holocene landscape ecological history inferred from an intramontane basin in the Western Taurus Mountains, Turkey. Quaternary Science Reviews, 26, 2201–2218
Bereket (Bereket 2)	37°54'518"	30°29'512"		Johan Bakker	Bataklık	Orta	1400-1200	Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M., 2012. Man, vegetation and climate during the Holocene in the territory of Sagalassos, Western Taurus Mountains, SW Turkey. Vegetation History and Archaeobotany, 21, 249-266
Manyas Gölü	40°10'0"	28°0'0"	14	Avrupa Polen Veri	Göl	Düşük	M.Ö. 2290-M.S. 420	Leroy, S.A.G., N. Kazanci, Ö. Ileri, M. Kibar, O. Emre, E. McGee, and H.I. Griffiths. 2002.

				Tabanı (EPD)				Abrupt environmental changes within a late Holocene lacustrine sequence south of the Marmara Sea (Lake Manyas, N-W Turkey): possible links with seismic events. Marine Geology, 190:531-552
Sapanca Gölü (SA-71 karotu)	40°43'0"	30°15'0"	31	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Yüksek	20. yüzyılın ikinci yarısı (^{137}Cs ve and ^{210}Pb radyonüklidleri)	Leroy, S.A.G., S. Boyraz, and A. Gürbüz. 2009. High-resolution palynological analysis in Lake Sapanca as a tool to detect recent earthquakes on the North Anatolian Fault. Quaternary Science Reviews, 28, 2616-2632
Sapanca Gölü (SAR26 karotu)	40°43'0"	30°15'0"	31	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Düşük	M.Ö. 138-M.S. 1470	Leroy, S.A.G., M.J. Schwab, and P.J.M. Costa. 2010. Seismic influence on the last 1500-year infill history of Lake Sapanca (Noerth Anatolian Fault, NW Turkey). Tectonophysics, 486, 12-27
Van Gölü	38°30'0"	43°0'0"	1645	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Yüksek	20000-0	Litt, T., S. Krastel, M. Sturm, R. Kipfer, S. Örcen, G. Heumann, S.O. Franz, U.B. Ülgen, and F. Niessen. 2009. 'PALEOVAN', International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): site survey results and perspectives. Quaternary Science Reviews, 28, 1555-1567
Van Gölü	38°30'0"	43°0'0"	1645	Pangaea	Göl	Yüksek	133.9-110.1 ka	Pickarski, N., Kwiecien, O., Djamali, M., Litt, T.,2015. Vegetation and environmental changes during the last interglacial in eastern Anatolia (Turkey): a new high-resolution pollen record from Lake Van. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 435, 145–158
Van Gölü	38°30'0"	43°0'0"	1645	Pangaea	Göl	Yüksek	~250.16-128.79 ka	Pickarski, N., Litt, T., 2017. A new high-resolution pollen sequence at Lake Van, Turkey: insights into penultimate interglacial–glacial climate change on vegetation history. Climate of the Past, 13, 689–710
İznik Lake	40°26'57"	29°32'35"	85	Pangaea	Göl	Yüksek	~27390-0	Miebach, A., Niestrath, P., Roeser, P., Litt, T., 2016. Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: palynological insights from Lake Iznik since the Last Glacial. Clime of the Past, 12, 575–593
İznik Lake	40°26'0	29°31'99"	85	Demet	Göl	Yüksek	2500-0	Ülgen, U. B., Franz, S. O., Biltekin, D.,

	3"			Biltekin				Çagatay, M. N., Roeser, P. A., Doner, L., Thein, J., 2012. Climatic and environmental evolution of Lake Iznik (NW Turkey) over the last ~4700 years. Quaternary International, 274, 88–101
Eski Acıgöl	38°33'01"	34°32'41"	1270	Neil Roberts	Göl	Yüksek	15079-322	Roberts, N., Reed, J.M., Leng, M.J., Kuzucuoğlu, C., Fontugne, M., Bertaux, J., Woldring, H., Bottema, S., Black, S., Hunt, E., Karabiyikoğlu, M., 2001. The tempo of Holocene climatic change in the eastern Mediterranean region: new high-resolution crater-lake sediment data from central Turkey. The Holocene, 11(6), 721–736
Beyşehir Gölü (1)	37°32'30"	31°30'0"	1120	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Orta	7400-0	van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 53-143
Köyceğiz Gölü	36°52'30"	28°38'30"	20	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Yüksek	465 ± 30 BP-3,070 ± 55 BP	van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 53-143
Söğüt Gölü	36°59'51"	29°53'54"	1393	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Yüksek	8400-0	van Zeist, W., Woldring, H., Stapert, D., 1975. Late quaternary vegetation and climate of southwestern Turkey. Palaeohistoria, 17, 53-143
Gravgaz	37°58'42"	30°40'35"	1215	Johan Bakker	Bataklık	Orta	1800-0	Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M., 2012. Man, vegetation and climate during the Holocene in the territory of Sagalassos, Western Taurus Mountains, SW Turkey. Vegetation History and Archaeobotany, 21, 249-266
Çanaklı	37°34'14"	30°33'59"	1030	Johan Bakker	Göl	Yüksek	2400-0	Vermoere, M., Bottema, S., Vanhecke, L., Waelkens, M., Paulissen, E., Smets, E., 2002. Palynological evidence for late-Holocene human occupation recorded in two wetlands in SW Turkey. The Holocene 12,5, 569–584
Gravgaz96	37°58'42"	30°40'35"	1215	Johan Bakker	Bataklık	Yüksek	3000-0	Vermoere, M., Bottema, S., Vanhecke, L., Waelkens, M., Paulissen, E., Smets, E., 2002. Palynological evidence for late-Holocene

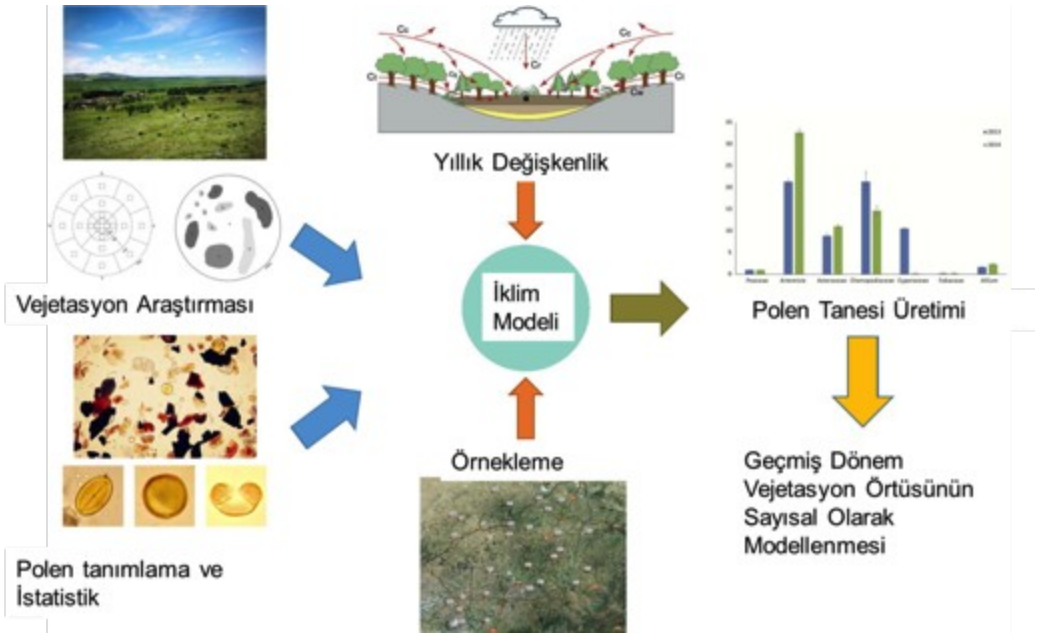
								human occupation recorded in two wetlands in SW Turkey. The Holocene 12,5, 569–584
Gravgaz99	37°58'42"	30°40'35"	1215	Johan Bakker	Bataklık	Yüksek	2535-0	Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., Poblome, J., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M., 2013. Climate, people, fire and vegetation: new insights into vegetation dynamics in the Eastern Mediterranean since the 1st century AD. Climate of the Past, 9, 57–87
Ağlasun06	37°64'15"	30°52'02"	1140	Johan Bakker	Nehir/ Dere	Orta	8769-268	Vermoere, M., 2004. Holocene Vegetation History in the Territory of Sagalassos (Southwest Turkey) A Palynological Approach. Studies. In: Waelkens M (ed) Eastern Mediterranean Archaeology-SEMA 6. Turnhout: Brepols Publishers n.v, 1-347
Ağlasun12	37°64'05"	30°52'25"	1140	Johan Bakker	Nehir/ Dere	Orta	7637-67	Vermoere, M., 2004. Holocene Vegetation History in the Territory of Sagalassos (Southwest Turkey) A Palynological Approach. Studies. In: Waelkens M (ed) Eastern Mediterranean Archaeology-SEMA 6. Turnhout: Brepols Publishers n.v, 1-347
Ağlasun13	37°64'25"	30°52'00"	1140	Johan Bakker	Nehir/ Dere	Orta	7841-43	Vermoere, M., 2004. Holocene Vegetation History in the Territory of Sagalassos (Southwest Turkey) A Palynological Approach. Studies. In: Waelkens M (ed) Eastern Mediterranean Archaeology-SEMA 6. Turnhout: Brepols Publishers n.v, 1-347
Hazar Gölü	38°31'	39°25'	~1255	Demet Biltekin	Göl	Yüksek	17000-0	Biltekin, D., Eriş, K., Çağatay, N., Akçer Ön, S., Bal, A.D., 2018. Late Pleistocene-Holocene environmental change in eastern Turkey: multiproxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes. Journal of Quaternary Science, 33 (5), 575-585
Karadeniz (22 GC-3 karotu)	42°13'53"	36°29'55"	838	Lyudmil Shumilovskikh	Deniz	Yüksek	18000-0	Shumilovskikh, L.S., Tarasov, P., Arz, H.W., Fleitmann, D., Marret, F., Nowaczyk, N., Plessen, B., Schlütz, F., Behling, H., 2012. Vegetation and environmental dynamics in the southern Black Sea region since 18 kyr BP derived from the marine core 22-GC3. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 337-338, 177–193

Tablo 3. Proje kapsamında oluşturulan polen verilerinin, enlem, boylam, çalışma alanı, yükseklik, çözünürlük ve kaynakları.

Çalışma alanı	Enlem	Boylam	Yükseklik (m)	Katkıda bulunan	Örnek Türü	Materyal	Yaş Aralığı	Kaynak
Akgöl	37.5	33.73	1000	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Charcoal	10400-1800	Bottema, S. ve Woldring H., 1984. Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey. Part II. Palaeohistoria, 26 123-149
Bereket (Bereket 1)	37°54'518"	30°29'506"	1410	David Kaniewski	Bataklık	Charcoal	3470-0	Kaniewski, D., Paulissen, E., De Laet, V., Dossche, K., Waelkens, M., 2007. A high-resolution Late Holocene landscape ecological history inferred from an intramontane basin in the Western Taurus Mountains, Turkey. Quaternary Science Reviews, 26, 2201–2218
Eski Acıgöl	38°33'01"	34°32'41"	1270	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Charcoal	15079-322	Turner, R., Roberts, N., Jones, M.D., 2008. Climatic pacing of Mediterranean fire histories from lake sedimentary microcharcoal. Global and Planetary Change, 63, 317–324

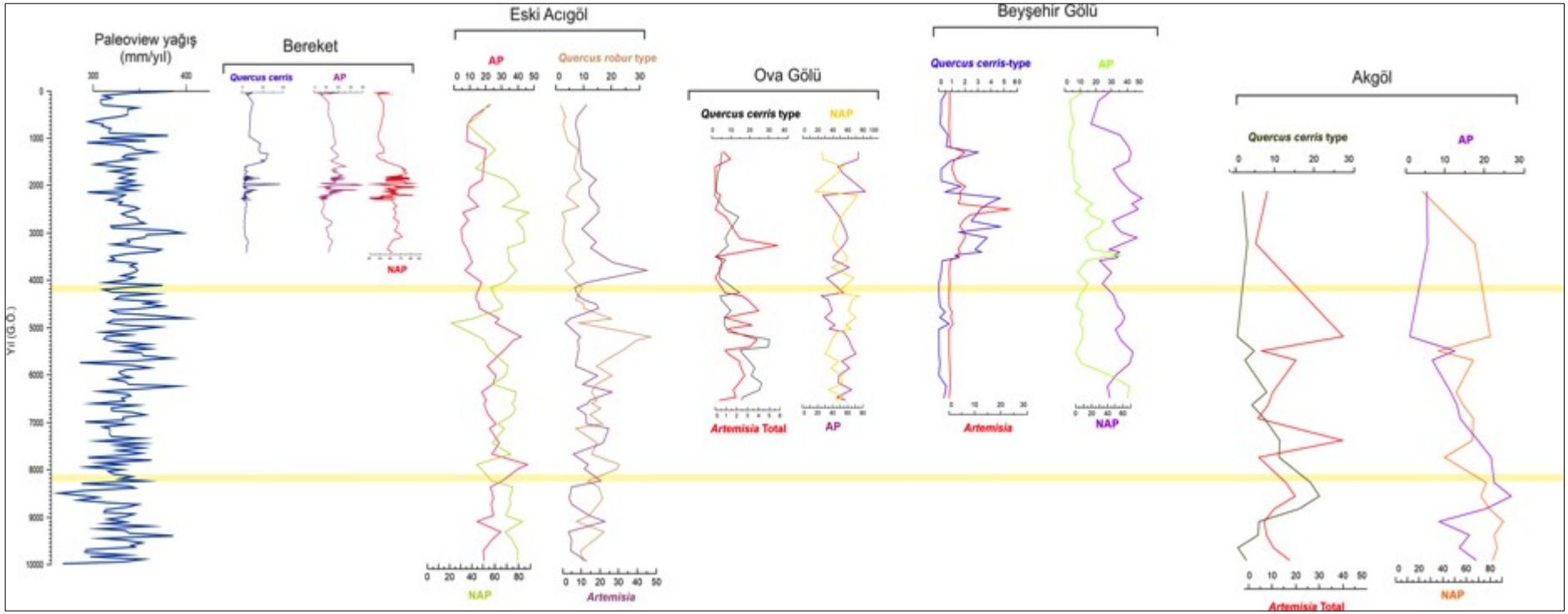
Van Gölü	38°30'0"	43°0'0"	1645	Avrupa Polen Veri Tabanı (EPD)	Göl	Charcoal	12500-0	Wick, L., Lemcke, G., Sturm, M., 2003. Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey. The Holocene, 13(5), 665–675

Tablo 4. Proje kapsamında oluşturulan charcoal (kömürsü odun) verilerinin, enlem, boylam, çalışma alanı, yükseklik, çözünürlük ve kaynakları.

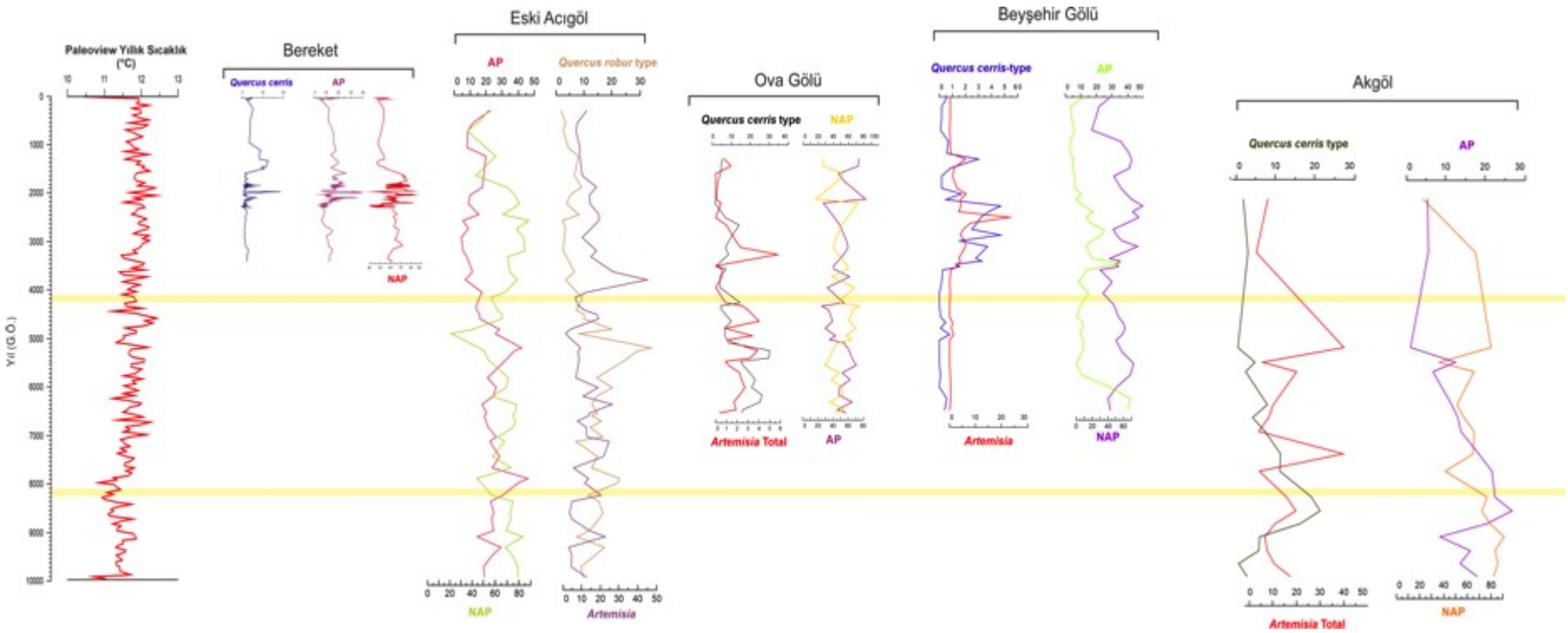


Şekil 13. Paleoekolojik veriler ile vejetasyonun yapılandırılması şematik gösterimi (Ge vd., 2017'den sadeleştirilerek alınmıştır).

Paleoview yağış ve sıcaklık eğrisi ile polen verisini karşılaştırdığımızda uyumlu olduğu görülmektedir. GÖ 7900 yılında Eski Acıgöl'de *Quercus robur* ve AP yüzdesi artarken yağışta artmakta ve NAP yüzdesi ise azalmaktadır. GÖ 7400 yılına gelindiğinde Akgöl polen kaydında *Artemisia* stepleri yüksek değerler gösterirken yağışın azaldığı gözlenmektedir (Şekil 14). GÖ 5200 yılında Eski Acıgöl'de *Quercus robur* ve AP yüzdesi artarken, Ova Göl'ünde de aynı şekilde *Quercus cerris* yağış azalmasına rağmen artış göstermektedir. Bunun nedeni yağış azalmasına rağmen sıcaklığın artması ile açıklanabilir (Şekil 15). Akgöl polen kaydında ise farklı olarak *Artemisia* ve NAP yüzdesi artış göstermektedir. *Artemisia* rüzgarla polenlenen kozmopolitan bir bitkidir. İlk erken kayıtları Asya'nın kurak ve yarı-kurak alanlarından Tersiyer zamanından günümüze kadar varolduğu bilinmektedir (Wang vd., 2003; Miao vd., 2011b). Günümüzde ise Iran-Turan fitocoğrafik vejetasyon kuşağı içerisinde Orta Anadolu ve Toroslarda yayılım göstermektedir. Genellikle polen diyagramlarında yüksek miktarlarda görülmesi iklimin soğuk ve kurak olması yada antropojenik etki ile ilişkilendirilmektedir. GÖ 3100 yılına gelindiğinde Beyşehir Göl'ünde yağış azalırken NAP artış göstermekte ve AP yüzdesi ise azalmaktadır. GÖ 3400 yılında ise AP yüzdesi artış göstermektedir. Bu dönem Beyşehir İşgal Fazı (*Beyşehir Occupation Phase, BOP*) dönemine denk gelmektedir. Beyşehir İşgal Fazı görüldüğü lokasyona göre zaman olarak farklılık gösterse de genel olarak GÖ 3500-1500 yılları arasında meydana geldiği düşünülmektedir (Vermoere vd., 2002). Başlangıcı ise çalışma



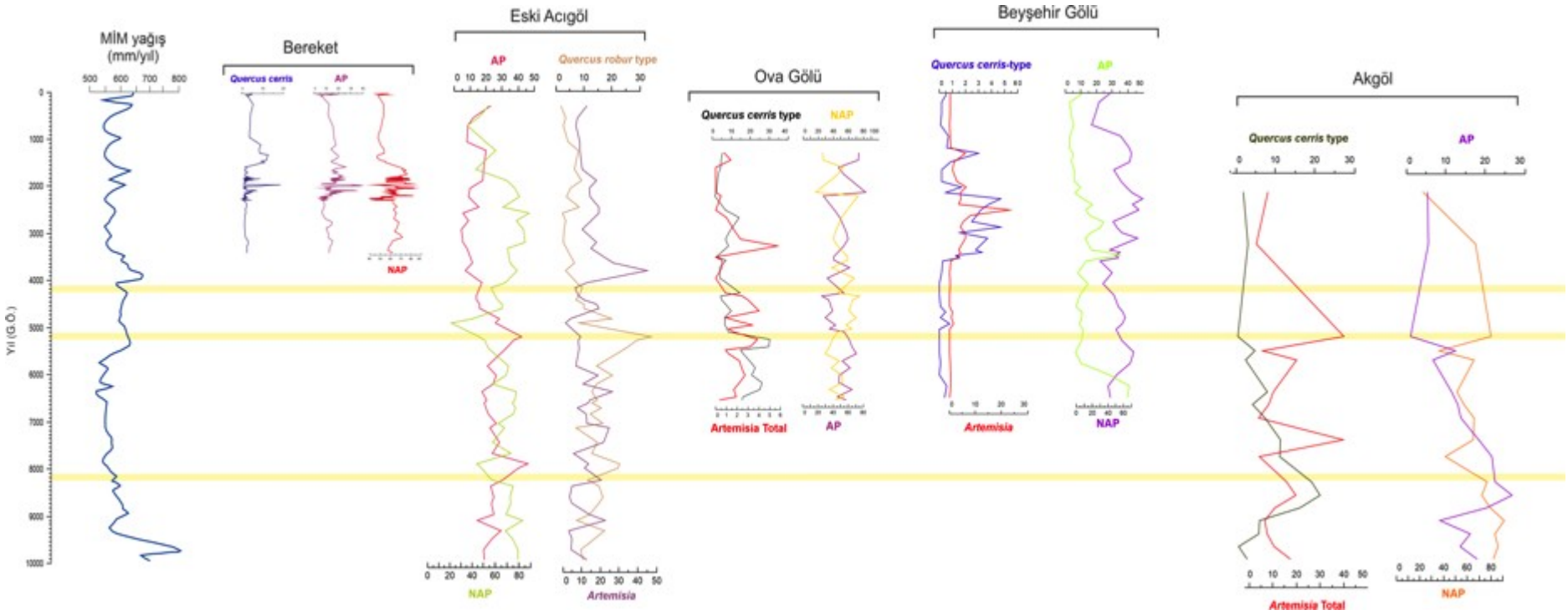
Şekil 14. PaleoView yıllık yağış (mm) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu. AP yüzdesi Pinus poleni hariç tutularak hesaplanmıştır. AP: Arboreal ağaçlar, NAP: Arboreal olmayan ağaçlar.



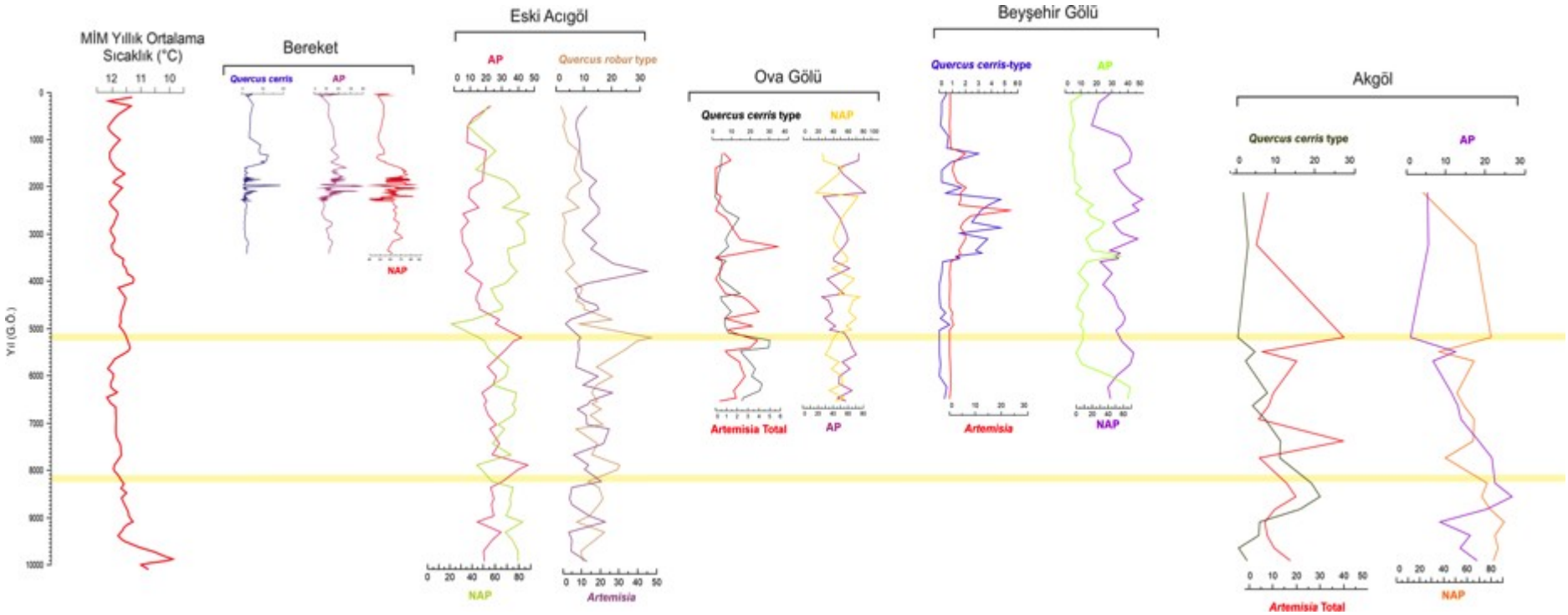
Şekil 15. PaleoView yıllık sıcaklık (°C) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu. AP yüzdesi Pinus poleni hariç tutularak hesaplanmıştır. AP: Arboreal Polenler, NAP: Arboreal olmayan polenler.

alanlarının farklılığına göre Tunç Devri ile Helenistik dönem arasında görülmektedir (Roberts, 2015). GÖ 3300 yıllarında ise yağış 310 mm'ye düşmekte ve Eski Acıgöl, Beyşehir Gölü ve Ova Göl'ünde meşeler azalırken, NAP yüzdesi ve özellikle Ova Göl'ünde *Artemisia* değerleri belirgin artış göstermektedir. GÖ 2000 yıllarına gelindiğinde yağış değerleri artarken (360 mm) Bereket polen kaydında *Quercus cerris* ve AP polen yüzdesinin arttığını görmekteyiz. GÖ 1500 yıllarında Beyşehir Göl'ünde NAP polen yüzdesi artış gösterirken yağış ve sıcaklık azalmaktadır (Şekiller 14 ve 15). Beyşehir İşgal Fazı'nın son dönemleri Doğu Akdeniz'de Geç Roma dönemlerine denk gelmektedir (Roberts, 2015).

MİM modeli ile polen verisini karşılaştırdığımız zaman sonuçların, Paleoview modeline kıyasla, daha az uyumlu olduğu görülmektedir (Şekiller 16 ve 17). MİM iklim modeli ile uyumlu olduğu dönemler GÖ 5200 yıllında özellikle Eski Acıgöl'de *Quercus robur*, Ova Göl'ünde ise *Quercus cerris* artmaktadır. Bu dönemde yağış ve sıcaklık değerleri artış göstermektedir. Yıllık yağış ise yaklaşık olarak 620 mm kaydedilmiştir. Yine bu dönemde Beyşehir Gölü polen kayıtlarında AP yüzdesi artarken, NAP yüzdesinin ise azaldığı görülmektedir. GÖ 3800 yılında yağış azalırken Eski Acıgöl'de *Artemisia* artarken, Beyşehir Gölü'nde ise NAP yüzdesi artmaktadır. Bu dönemde sıcaklık değerlerinde de azalış görülmektedir. GÖ 2000 yılında yağış artış gösterirken (~620 mm), Bereket Havzası'nda *Quercus cerris* poleni ve AP yüzdesi artarken, Eski Acı Göl'de de *Quercus robur* artış göstermektedir. *Quercus* (meşe) ağacı gibi sıcağı seven ağaçlar genelde tüm yıl boyunca yağışa gereksinim duyan ağaçlardır (Wang, 1961). Yine bu dönemde Ova Gölü ve Beyşehir Gölü polen kayıtlarında AP yüzdesi artmaktadır. Bu dönemde Paleoview modeline göre yağış 350 mm tespit edilirken, MİM modeline göre yağışın daha fazla kaydedilmiştir. Her iki modelde de bu dönemde sıcaklık değerleri birbirine yakındır (~11.5°C).



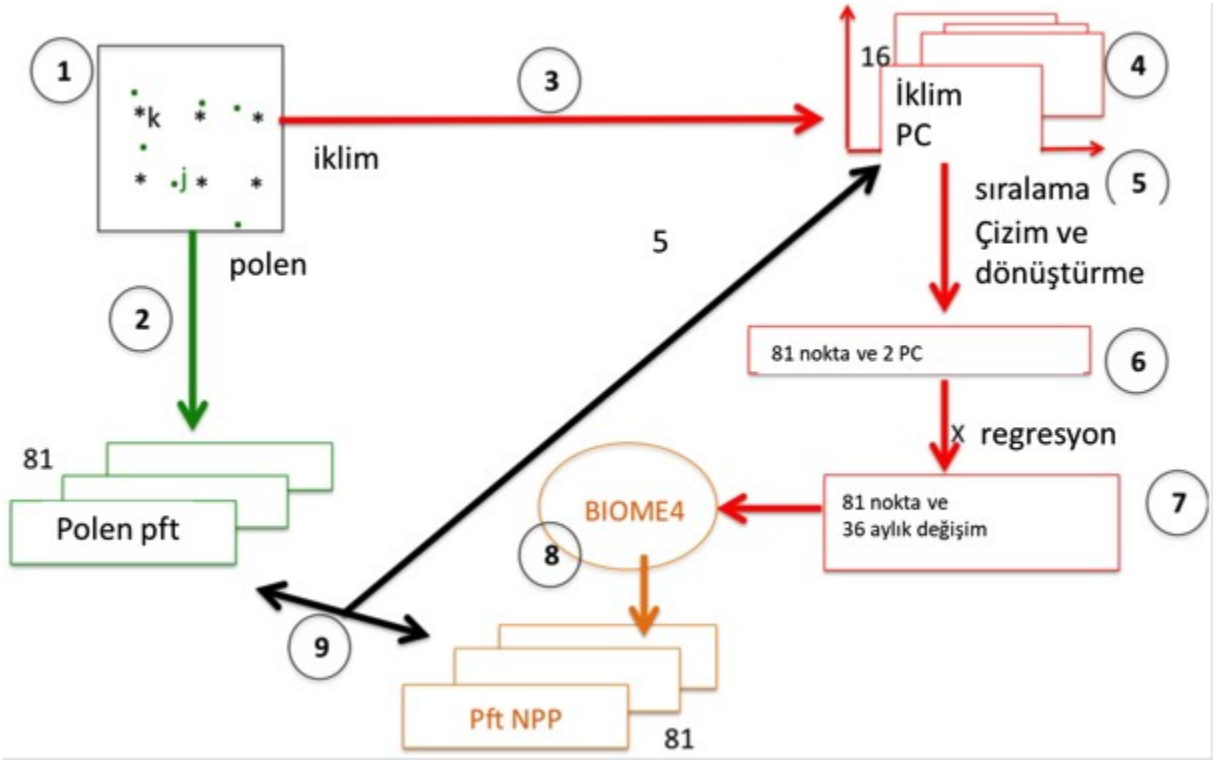
Şekil 16. MİM yıllık yağış (mm) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu. AP yüzdesi Pinus poleni hariç tutularak hesaplanmıştır. AP: Arboreal Polenler, NAP: Arboreal olmayan polenler.



Şekil 17. MİM yıllık sıcaklık (°C) verilerinin Akgöl, Beyşehir Gölü, Ova Gölü, Eski Acıgöl ve Bereket polen verisi ile korelasyonu. AP yüzdesi Pinus poleni hariç tutularak hesaplanmıştır. AP: Arboreal Polenler, NAP: Arboreal olmayan polenler.

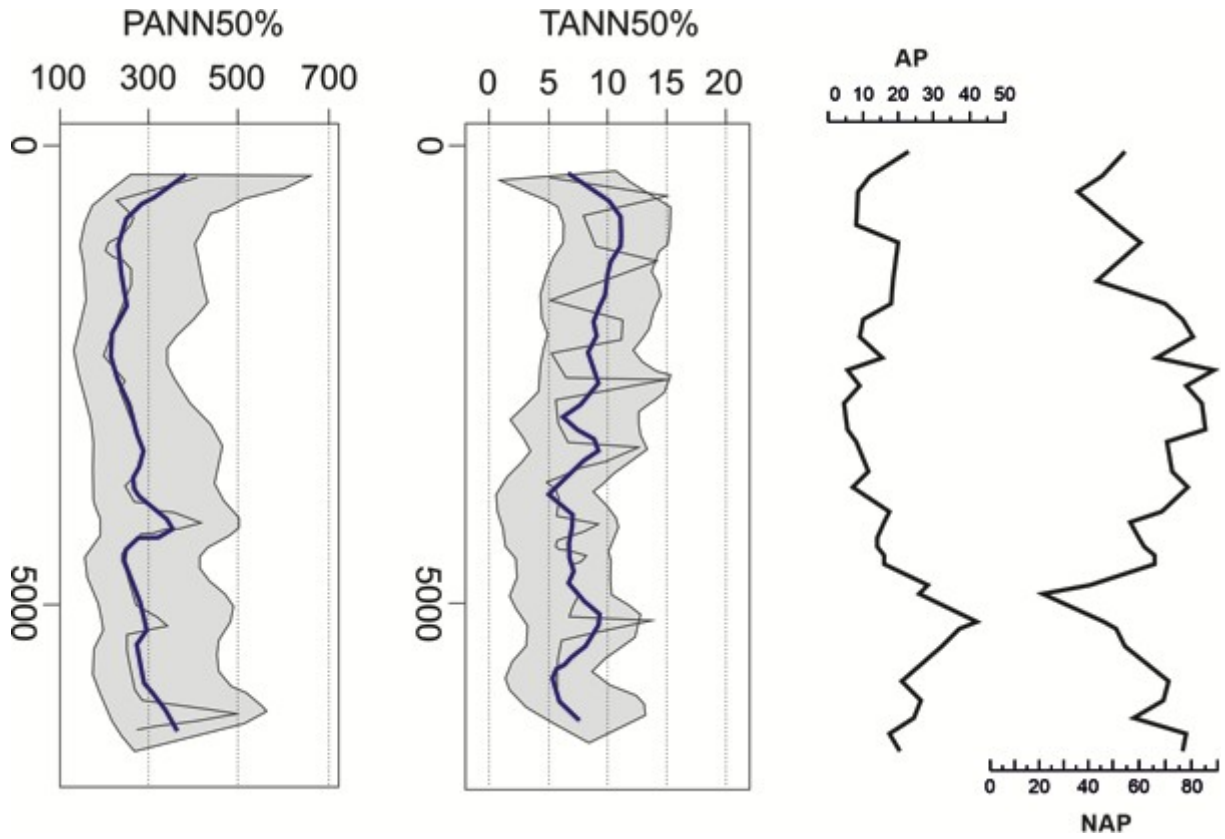
4.2.2 Veri-Model Yaklaşımı (Modern Analog Tekniği) İle Eski Acıgöl Polen Verisinin Karşılaştırması

Bu iklim modelinde Guiot vd. (2014) tarafından geliştirilen veri-model yaklaşımı kullanılarak iklim modellemesi gerçekleştirilmiştir. Polen verisi BIOME4 (Kaplan vd., 2003) modeli ile birleştirilmiştir. Model başlıca iklim değerlerinden vejetasyon türlerinin ilk üretimini hesaplamaktadır. İlk üretim değerleri polen verisi ile karşılaştırılmakta ve model girdileri (örneğin iklimsel değerler) tahmin edilmektedir (Şekil 18). Bu yöntem uzun süreden beri paleoiklim çalışmalarında kullanılmaktadır (Guiot vd., 2000, 2009; Wu vd., 2007; Garreta vd., 2010). Buradaki özgünlük verilerin boyutsal tutarlılığını korumak için zaman dilimiyle zaman dilimi inversiyonun yapılmasıdır. Bu yüzden modelde her bir zaman dilimindeki iklimi sınırlayan atmosferik dolaşım ile uyumlu olması umulmaktadır.



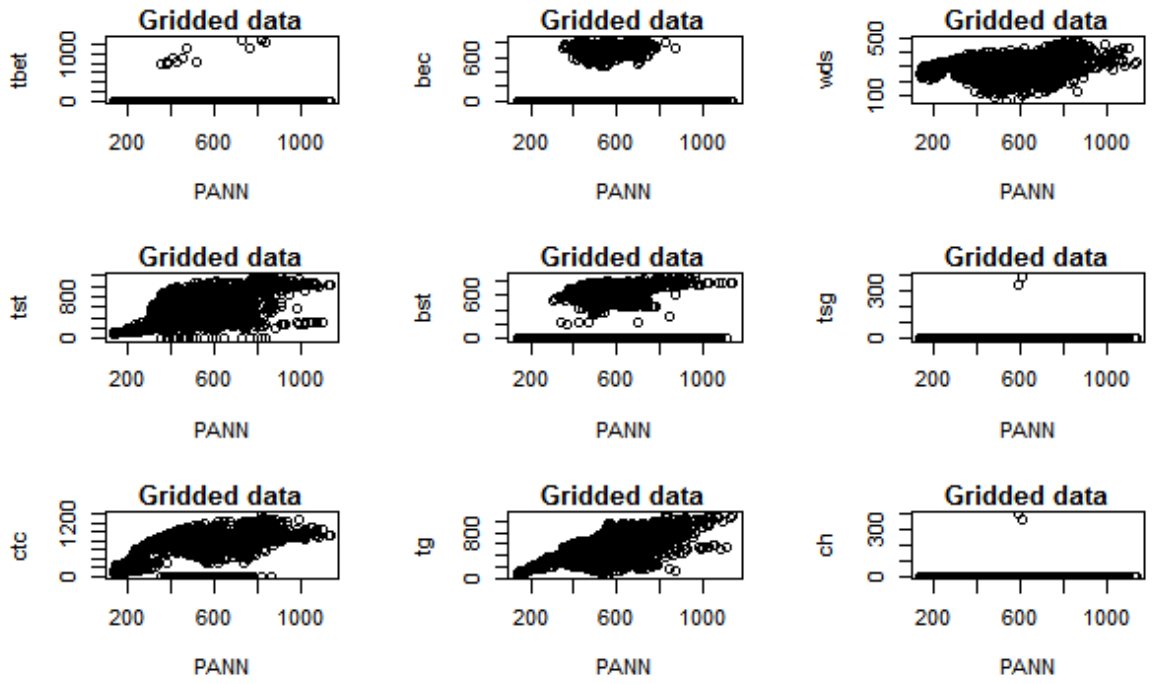
Şekil 18. Guiot vd. (2014) tarafından geliştirilen iklim modelini gösteren akış şeması.

Eski Acıgöl, Orta Anadolu'da yer alan göl karotunda gerçekleştirilen polen verisini kapsamaktadır. Eski Acıgöl günümüzde deniz seviyesinden 1270 m yükseklikte bulunmaktadır. Karotun yaşlandırılması organik madde içeriğine ve Uranyum yaş serilerine göre belirlenmiştir (Roberts vd., 2001). Veri-model iklim verisi yaklaşık olarak GÖ 7000 yıllık bir zaman periyodundaki yıllık yağış ve sıcaklık değişimlerini kapsamaktadır. İklim modeli AP (Arboreal Polen) ağaç profili ve NAP yüzdesi eğrisi ile karşılaştırılmıştır. Modele göre GÖ 5100 yılında yağış 350 mm olarak kaydedilmiş olup, bu dönemde AP yüzdesi artış göstermektedir. Aynı zamanda bu dönemde periyodunda NAP yüzdesi ise azalmaktadır. Sıcaklık değerlerinde de artış görülmesi iklimin sıcak ve nemli olduğuna işaret etmektedir (Şekil 19).

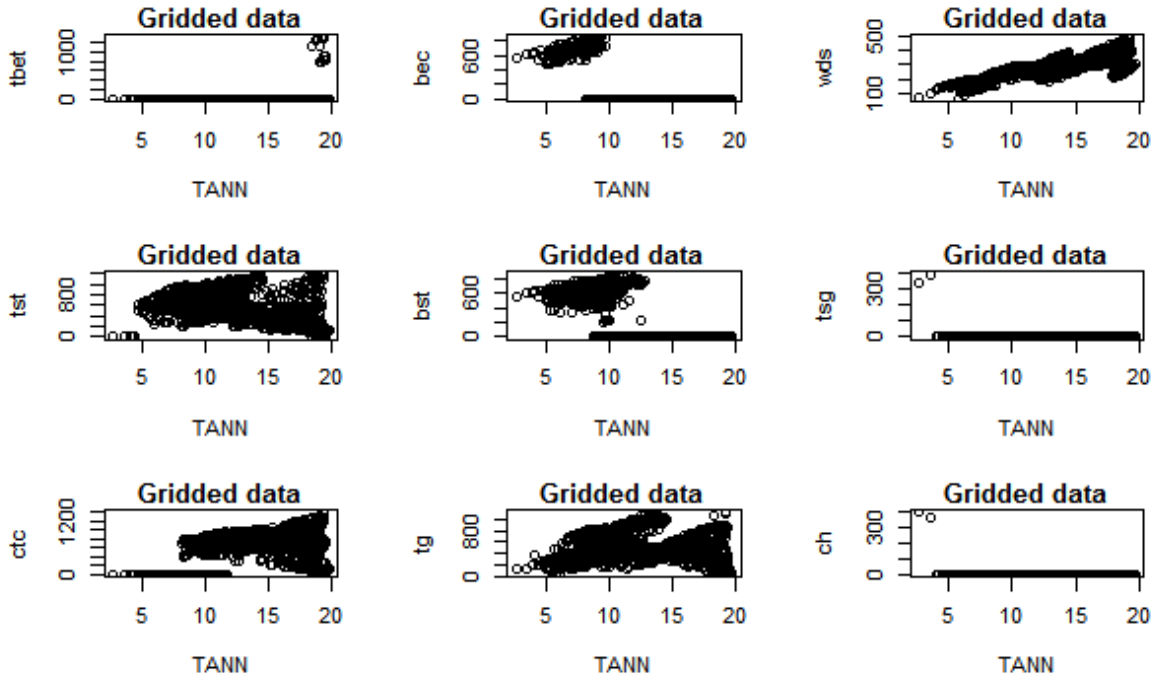


Şekil 19. Veri-iklim modeli sonuçlarının Eski Acıgöl polen kayıtları ile karşılaştırılması.

Model sonucunda görülen diğer bir değişim GÖ 4400 yıllarında görülen yağış ve sıcaklık değerlerindeki azalış ile AP yüzdesinin azalması, tam aksine NAP değerlerinin yükselmesi bu dönemde soğuk ve kurak bir iklimin varlığını göstermektedir. GÖ 4000 - 1900 yılları arasında AP yüzdesinde genel bir azalış görülürken, NAP değerleri ise bu zaman aralığında artmaktadır. Yine bu dönemde sıcaklık değerleri belirgin bir değişim göstermezken, yağış değerlerinin azalan bir değişim gösterdiği görülmektedir. AP ağaç formasyonlarındaki azalış yağışın azalması ile açıklanabilir. Bu iklim modelinde aynı zamanda bitkiler gruplandırılarak iklimsel modellemede yapılabilmektedir. Eski Acıgöl polen verisine göre oluşturulan **''Bitki Foksiyonel Tipleri''** (*Plant Functional Types*, PFT) ile gruplandırarak sıcaklık ve yağış ile karşılaştırdığımızda değişimler görülmektedir (Şekiller 20 ve 21). Yıllık yağış verisine göre yağışın 500-700 mm arasında fazla olduğu yerlerde ılıman-sıcak ağaçlar ve ılıman otsu bitkiler fazal iken, yağışın daha az olduğu zamanlarda ise ılıman herdem yeşil ağaçlar ve soğuk otsu bitkiler az olarak görülmektedir. Sıcak artış gösterdiğinde ise ılıman-sıcak ağaçlar, ılıman otsu bitkiler ve nispeten ılıman herdem yeşil kozalaklı ağaçlar bölgede gelişim göstermektedir.



Şekil 20. Eski Acıgöl polen verisi ile oluşturulan PFT grupları ve yıllık yağış değişimleri. Diyagramlarda gösterilen PFT türleri: tbet: ılıman geniş-yapraklı herdem yeşil ağaçlar, tst: ılıman-sıcak ağaçlar, ctc: ılıman herdem yeşil kozalaklı ağaçlar, bec: boreal herdem yeşil ağaçlar, bst: boreal yaprağını döken ağaçlar, tg: ılıman otsu bitkiler, wds: odunsu çöl bitkileri, tsg: C4 otsu bitkiler, ch: soğuk otsu bitkiler.



Şekil 21. Eski Acıgöl polen verisi ile oluşturulan PFT grupları ve yıllık sıcaklık değişimleri. Diyagramlarda gösterilen PFT türleri: tbet: ılıman geniş-yapraklı herdem yeşil ağaçlar, tst: ılıman-sıcak ağaçlar, ctc: ılıman herdem yeşil kozalaklı ağaçlar, bec: boreal herdem yeşil ağaçlar, bst: boreal yaprağını döken ağaçlar, tg: ılıman otsu bitkiler, wds: odunsu çöl bitkileri, tsg: C4 otsu bitkiler, ch: soğuk otsu bitkiler.

4.3 Paleoiklim Modellerinin Karşılaştırılması

Gerçekleştirilen proje kapsamındaki eski iklim yorumlarında yol gösterici olacak iki adet eski iklim modelinin çıktılarının araştırma bölgesi için ön işlemleri yapılmıştır. Söz konusu modeller PaleoView (Fordham vd., 2017) ve MİM'dir. (Bryson ve DeWall, 2007). Model çıktılarının aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış değişkenleri, Holosen boyunca olan uzun dönemli eğilimleri ve bu dönemdeki birtakım "ani iklim değişimlerinde (Mayewski vd., 2004) gösterdikleri davranışlar bakımından karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

PaleoView, son 21 bin yılın her biri için, sıcaklık ve yağış başta olmak üzere çeşitli meteorolojik değişkenlerin aylık ortalama değerlerini 2.5° x 2.5º'lik gridler üzerinde ve küresel ölçekte çıktı olarak veren bir eski iklim modelidir. Daha ayrıntılı bilgi Fordham vd. (2017)'de bulunabilir. Projemiz kapsamında araştırma bölgesinin içinde kalan 4 PaleoView grid noktasının (Şekil 1) ortalama sıcaklık ve yağış değerleri analiz edilmiştir. NetCDF formatında bulunan, değişken ve periyotlara göre dosyalara ayrılmış olan ham PaleoView çıktıları öncelikle ilgili sunuculardan indirilmiş (toplam veri boyutu 53 GB), daha sonra NCAR Command Language (NCL) kullanılarak gerekli işlemlere tabi tutulup görselleştirilmiştir.

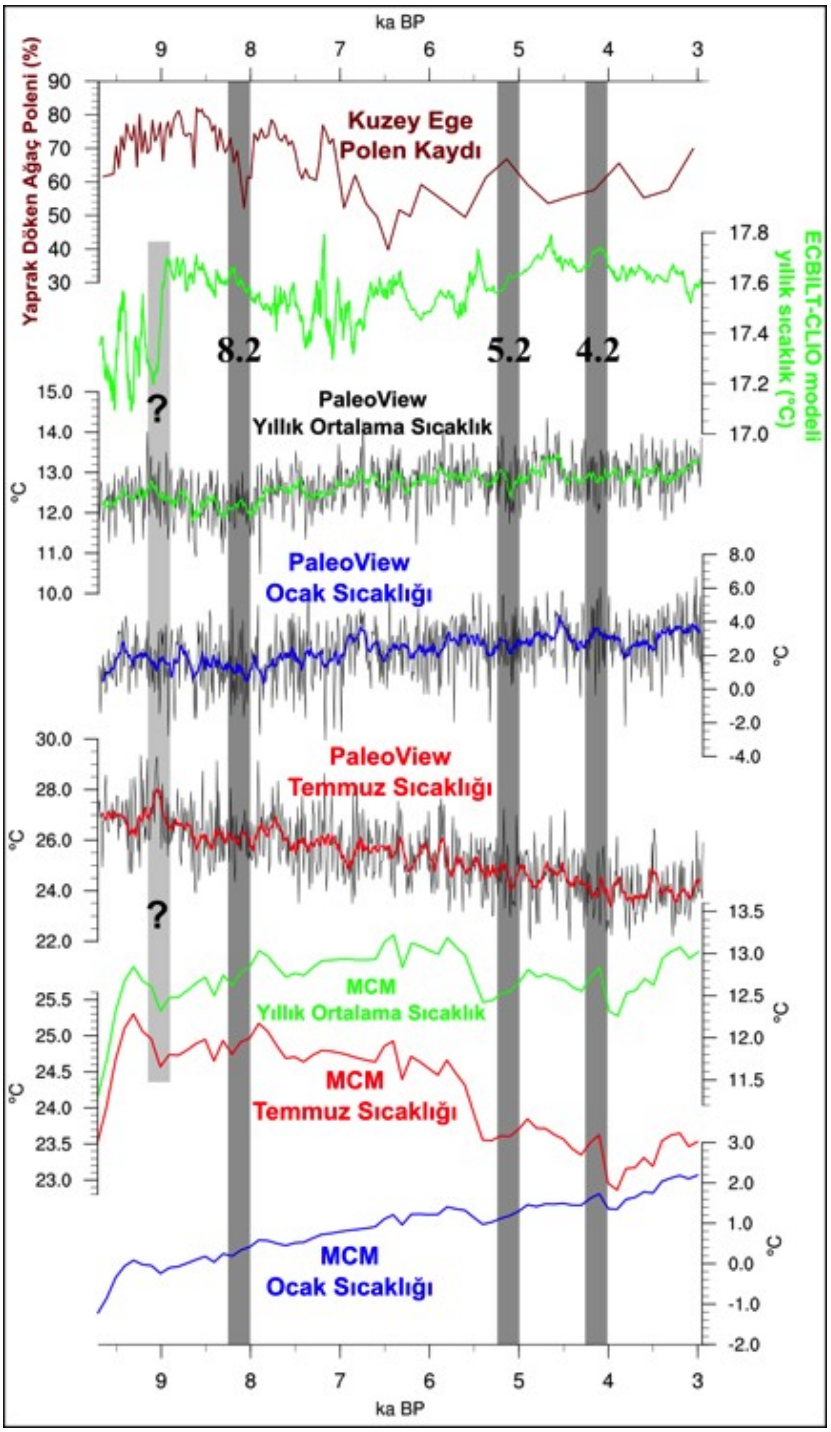
MİM ise sinoptik olarak bilinen ve tamamen günümüz meteoroloji istasyonlarında yapılan gözlem ve ölçümleri çok değişkenli doğrusal regresyon yöntemiyle son 40 bin yıl için uygulayan bir paleoiklim modelleme yöntemidir. Bu yöntem, paleoiklimsel değişikliklerin volkanizma ve Milankoviç döngülerine ek olarak atmosferin üst kesimlerindeki basınç sistemlerinin on yıllık aralıklarla düzenli olarak yer değiştirmeleriyle ilişkilendirir. MİM, PaleoView'a göre daha düşük zaman çözünürlüğüne (100 yıl aralıklarla) ancak daha yüksek mekânsal çözünürlükle (10 kilometrekarelik gridlerde) aylık ve yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerini sağlatabilmektedir (Bryson ve DeWall, 2007). Kullanılan meteoroloji istasyonları Şekil 1'de gösterilmiştir. MİM'in istasyon bazlı aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış çıktıları NCL ile öncelikle NetCDF dosyalarında birleştirilmiş, daha sonra her bir değişken, alansal ortalaması alınarak görselleştirilmiştir.

Şekil 6'da görüldüğü gibi, MİM için araştırma bölgesinde 57 meteorolojik gözlem istasyonu kullanılırken Paleoview için toplam dört grid noktası esas alınmıştır. Yapılan görselleştirme sonucunda Şekil 22 ve Şekil 23 üretilmiştir. Bu iki şekil, araştırma bölgesi için modellerin sırasıyla sıcaklık ve yağış çıktılarını karşılaştırmaktadır. Şekil 22'deki sıcaklık karşılaştırmasında

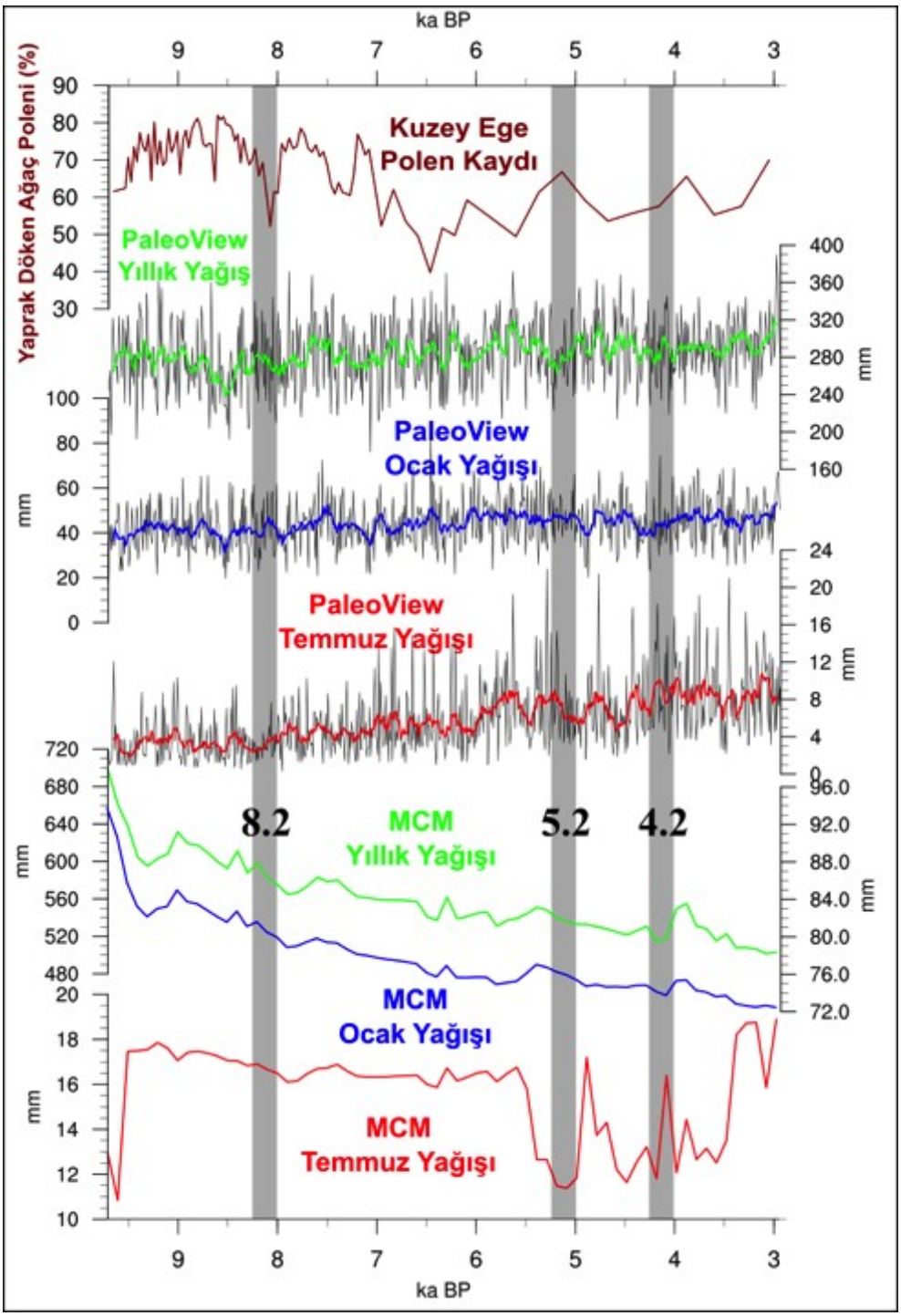
dikkat çeken ilk nokta, PaleoView ve MİM'in Holosen boyunca kışın görülen sıcaklık artışı ve yazın görülen azalış hususunda hemfikir olmalarıdır. Yıllık ortalama sıcaklık trendlerine bakıldığında ise PaleoView'de zayıf bir artış trendi görülmekte iken, MİM'de belirgin bir artış göze çarp*ma*maktadır. Bu benzerlikler her iki modelin sıcaklık hesaplamaları için benzer algoritmaları kullandığına işaret etmektedir. Kısa dönemli eğilimlerde ise paleoiklim modelleri arasında çok sayıda farklılık olduğu görülmektedir. Günümüzden 9 bin yıl önce civarında bulunan ve soru işaretiyle belirlenmiş zaman diiminde temmuz ayı için olan fark bunun ilginç bir örneğidir. Bu farklılıklar, paleoiklim modelleri arasında direkt bir kıyaslama yapmanın sağlıklı olmayacağını, bu karşılaştırmaların daima vekil veri setleri üzerinden yapılması gerektiğini göstermektedir.

Şekil 23'te verilen yağış karşılaştırmasında, modeller arasında daha da belirgin farkların ortaya çıktığı görülmektedir. Örneğin PaleoView, yaz yağışlarının Geç Holosen'de Erken Holosen'e nazaran arttığını simüle ederken, MİM tam tersini söylemektedir. Benzer şekilde, PaleoView'in kış yağışlarında Geç Holosen'e zayıf da olsa yine bir artış görülürken, MİM Geç Holosen'deki kış yağışlarını Erken Holosen'e göre azaltmıştır. Bu farklılıkların sebebi ise özellikle yağış konusunda farklı algoritmaların paleoiklim modellerinde kullanılmasıdır. Farklı algoritmaların kullanımı ise paleoiklim camiasında, geçmiş dönemlerdeki yağışa ilişkin farklı yaklaşımları yansıtmaktadır. Bu nedenle, projede seçilen paleoiklim modelleri bilim dünyasında bu konudaki farklı görüşleri de yansıtmaktadır.

Birçok vekil veri setinde görülen ve Kuzey Ege Polen Kaydı verisindeki (Kotthoff vd., 2008) 8.2 bin yıl olayı ile örneklenen "ani iklim değişimleri" de (Mayewksi vd., 2004), incelenen model çıktılarında tutarlı biçimde belirgin değildir. PaleoView temmuz sıcaklık ve MİM temmuz yağış çıktılarında 5.2 bin yıl olayı için, MİM yıllık yağışlarında 4.2 bin yıl olayı için birtakım sinyaller mevcuttur fakat bunlar kendi başlarına sonuca ulaştıracak nitelikte değildir. Bu nedenle, paleoiklim modeli sonuçlarının ani iklim değişikliklerinin değerlendirilmesi bağlamında, kendi başlarına sağlıklı bilgi üretmesi beklenmemelidir. Özellikle arkeolojik toplulukları etkilediği



Şekil 22. Araştırma bölgesi içinde kalan PaleoView grid noktaları ve MCM istasyonlarının ortalama sıcaklık değerlerinin Holosen boyunca karşılaştırılması. PaleoView'in siyah harici renklerle gösterilen verisi 100 yıllık hareketli ortalamalardan meydana gelmektedir. "Kuzey Ege Polen Kaydı" (Kotthoff vd., 2008) ve "ECBILT-CLIO modeli yıllık sıcaklığı" (Goosse ve Fichefet, 1999) da ek birer referans olarak verilmiştir. "8.2", "5.2" ve "4.2" olarak belirtilen periyotlar Mayewski vd. (2004)'nin verdiği üç ana "ani iklim değişimi" periyodudur. "?" ile belirtilen periyot MCM ve PaleoView'in karşıt yönde sıcaklık değişimlerine işaret ettiği zaman dilimlerine bir örnek olarak işaretlenmiştir.



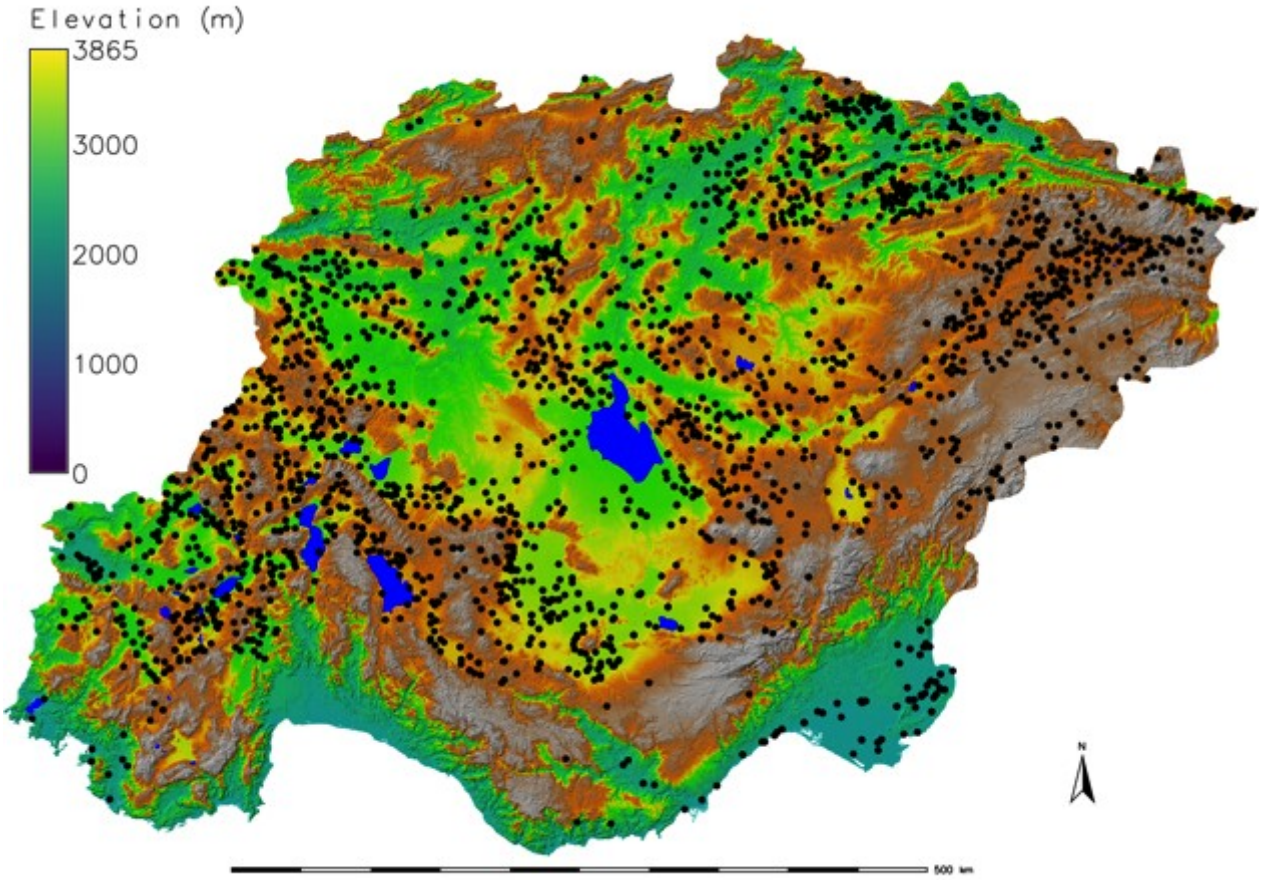
Şekil 23. Araştırma bölgesi içinde kalan PaleoView grid noktaları ve MCM istasyonlarının toplam yağış değerlerinin Holosen boyunca karşılaştırılması. PaleoView'in siyah harici renklerle gösterilen verisi 100 yıllık hareketli ortalamalardan meydana gelmektedir. "Kuzey Ege Polen Kaydı" (Kotthoff vd., 2008) da ek bir referans olarak verilmiştir. "8.2", "5.2" ve "4.2" olarak belirtilen periyotlar Mayewski vd. (2004)'nin verdiği üç ana "ani iklim değişimi" periyodudur.

düşünülen 8.2, 5.2 ve 4.2 olaylarının varlığı veya yokluğu hem vekil hem de arkeolojik ver setleri eşliğinde değerlendirilmelidir.

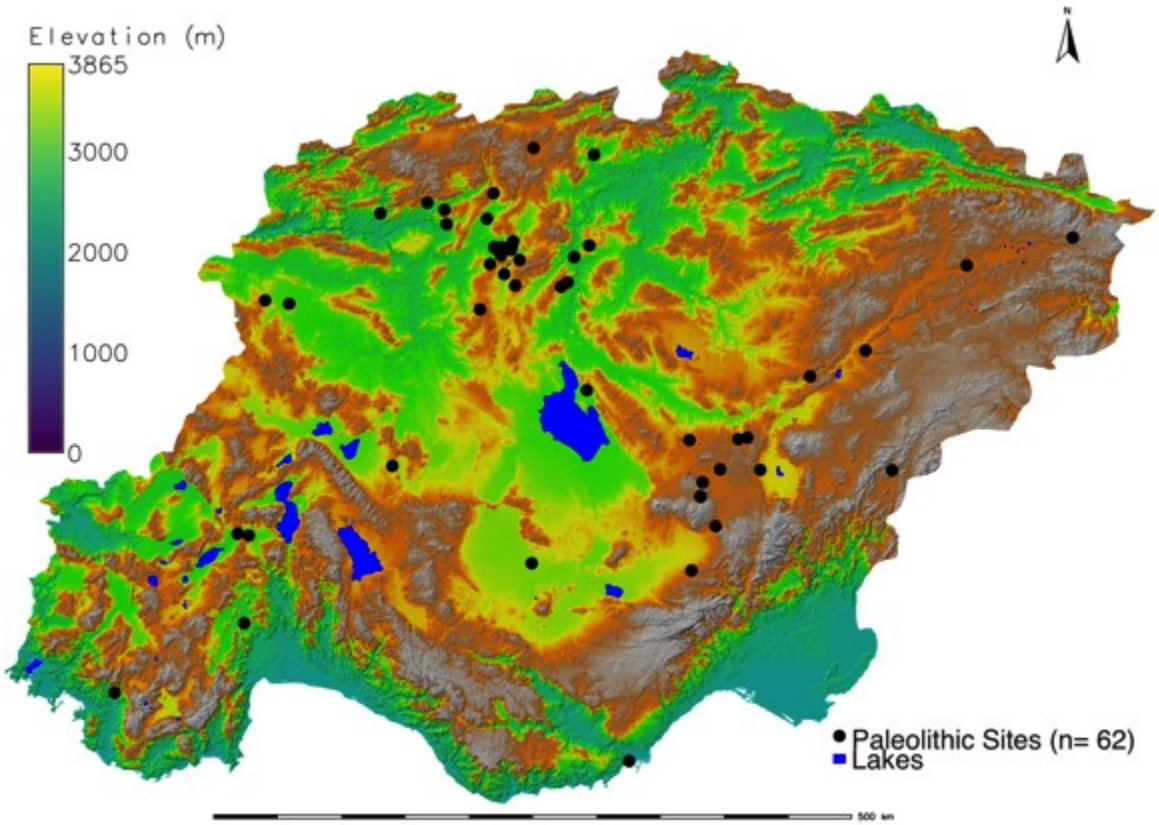
Sonuç olarak, proje kapsamında oluşturulan veri tabanında kaydedilmiş izotop, polen ve kömür gibi vekil veri setlerinin arkeolojik yerleşmelerle beraber ele alınarak paleoiklim modellerinin yansıttığı farklı senaryoların değerlendirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu değerlendirmeleri yapabilmek için hem kültürel (arkeolojik) hem de doğal (vekil) veri açısından zengin havzalara odaklanılmasının, araştırma bölgesinin bütüncül olarak değerlendirilmesinden daha doğru bir yöntem olduğunu ortaya çıkarmıştır.

4.4 Arkeolojik Yerleşme Sistemlerindeki Değişimler

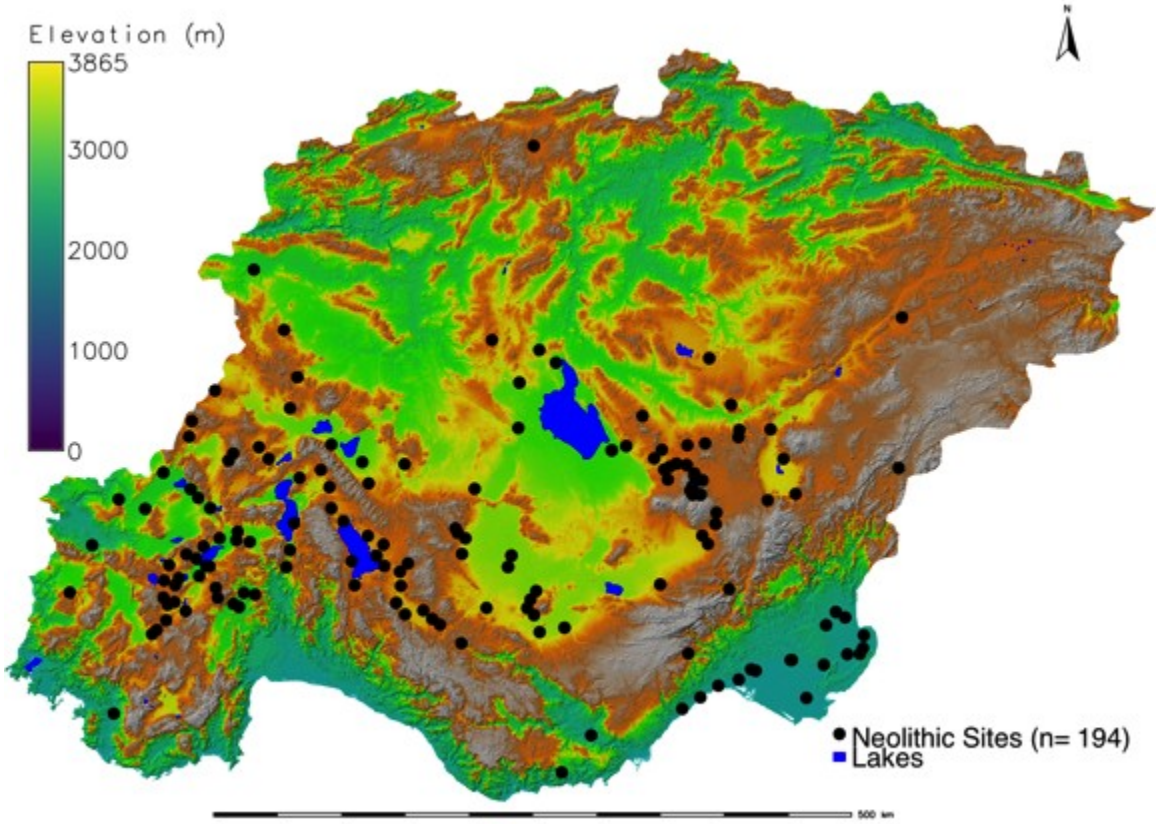
Gerçekleştirilen projenin temel kurgusu son on bin yıldaki arkeolojik yerleşmelerin meydana gelen paleoiklimsel değişikliklerden nasıl etkilendiğini değerlendirmek ve yerleşme sistemlerinde gözlemlenen değişimlerin doğal veya antropojenik değişikliklere adaptasyon sonucu olup olmadığını detaylı olarak değerlendirmeyi amaçlamak olmuştur. Bu amaçla, yayınlardan ve T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı İl Kültür Koruma Kurulları aracılığıyla araştırma bölgesinde bulunan Paleolitik Dönem ve Demir Devri arasındaki yerleşmelerin bir envanteri oluşturulmuştur. Şekil 24, projede değerlendirilen 4495 arkeolojik yerleşmenin dağılımın göstermektedir. Şekil 25-31 arasındaki haritalar ise sırasıyla Paleolitik, Neolitik, Kalkolitik, Erken Tunç, Orta Tunç Geç Tunç ve Demir devirlerindeki yerleşmelerin dağılımını gösteren haritalardır.



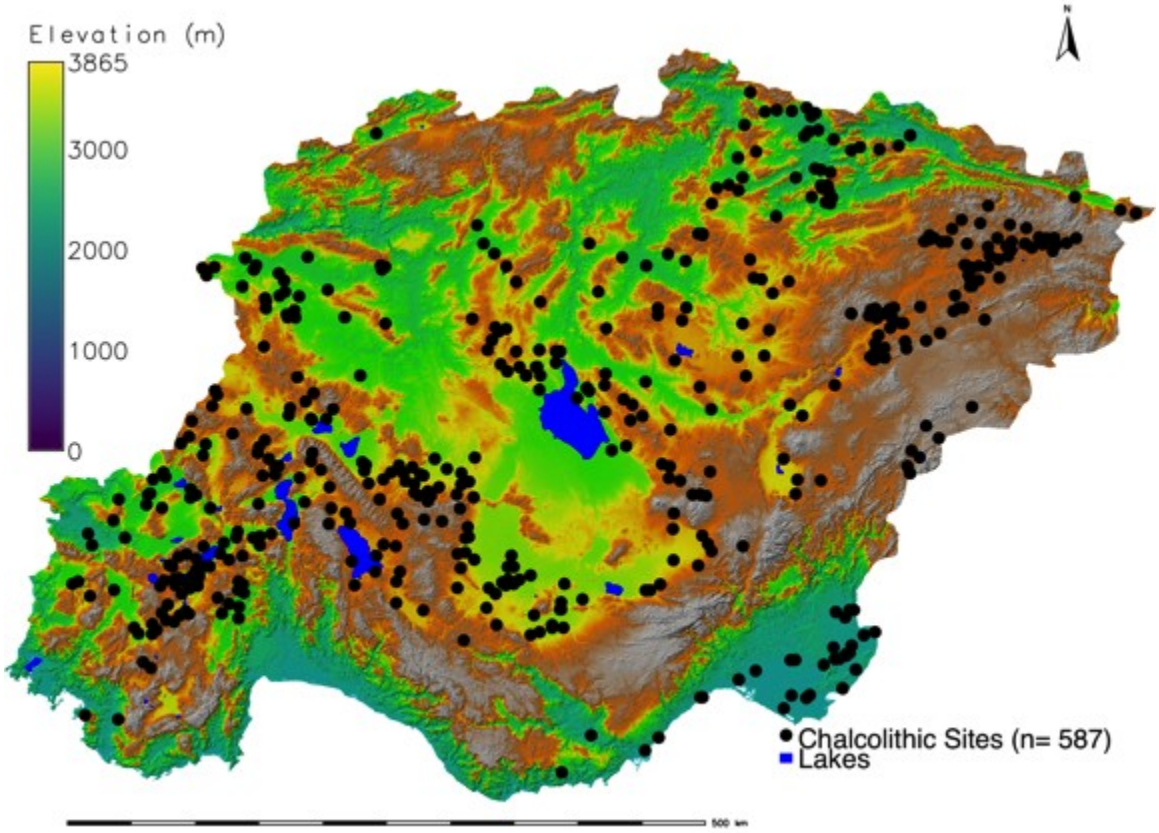
Şekil 24. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Paleolitik ve Demir Devri arasındaki dönemlerde yerleşilmiş olan arkeolojik sitler (siyah noktalar).



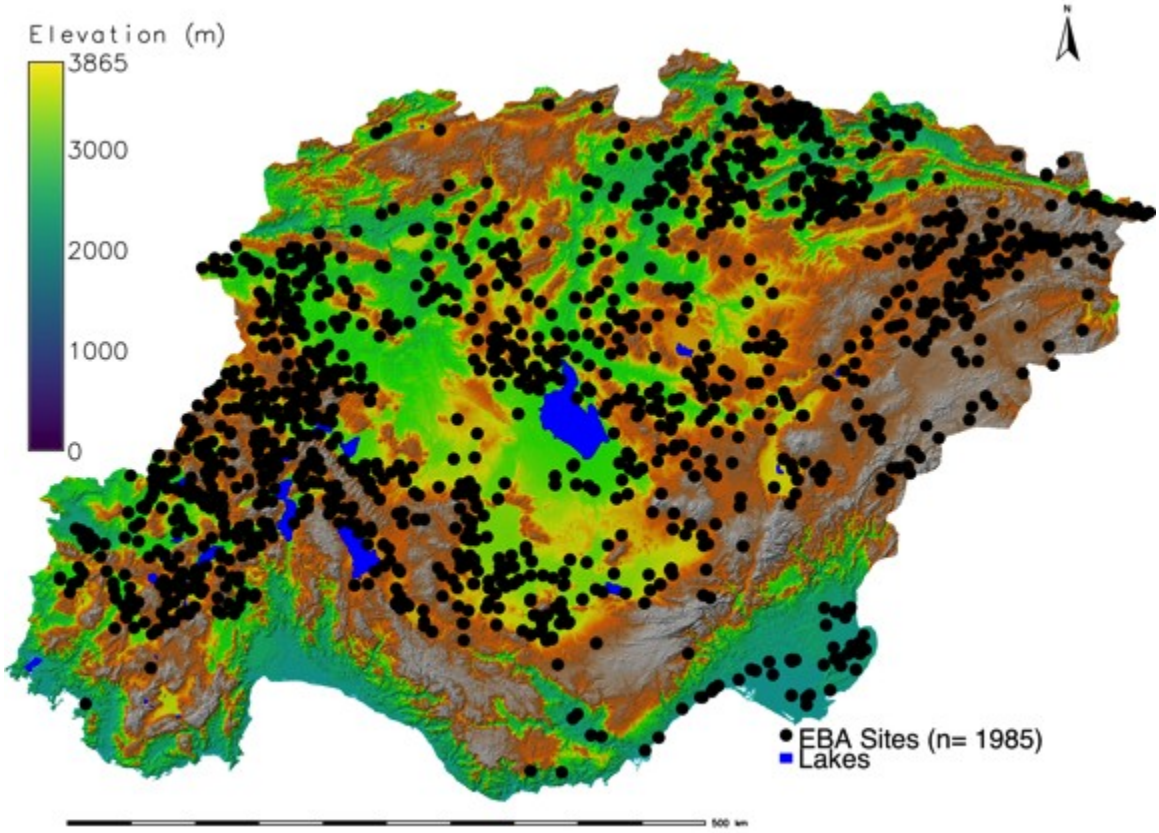
Şekil 25. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Paleolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



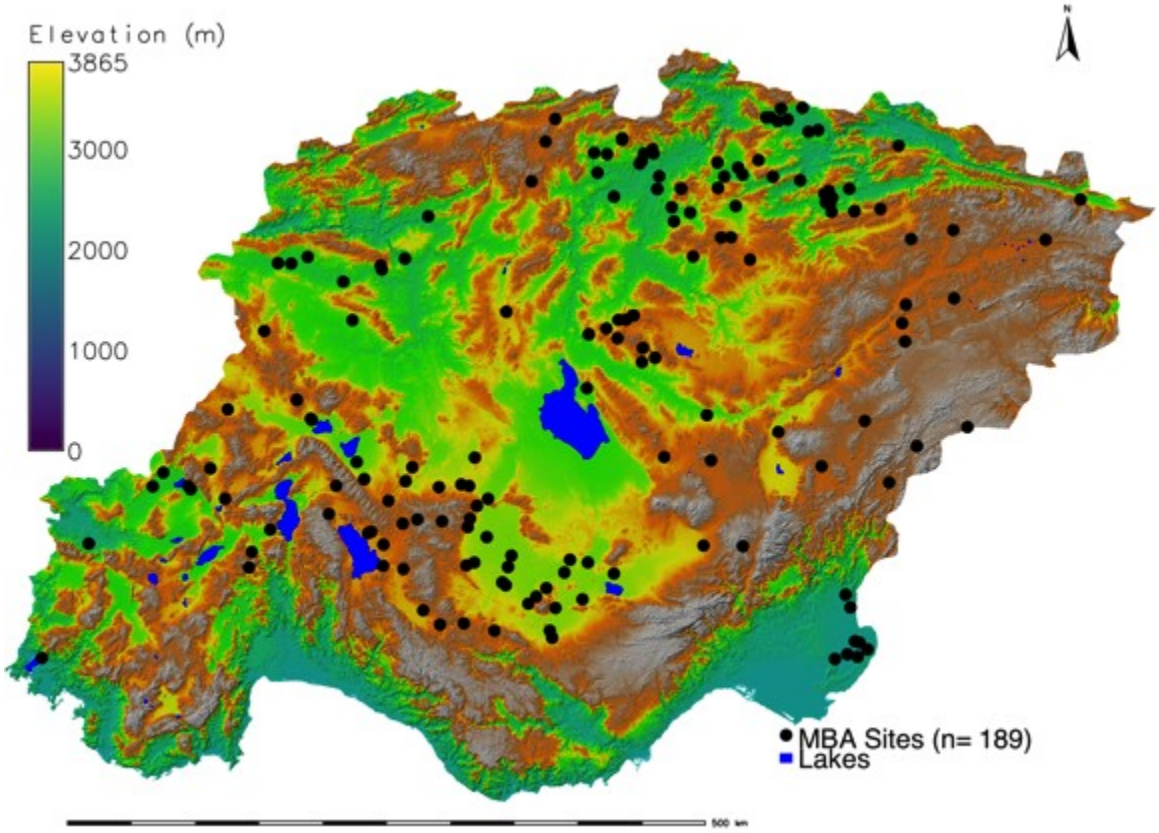
Şekil 26. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Neolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



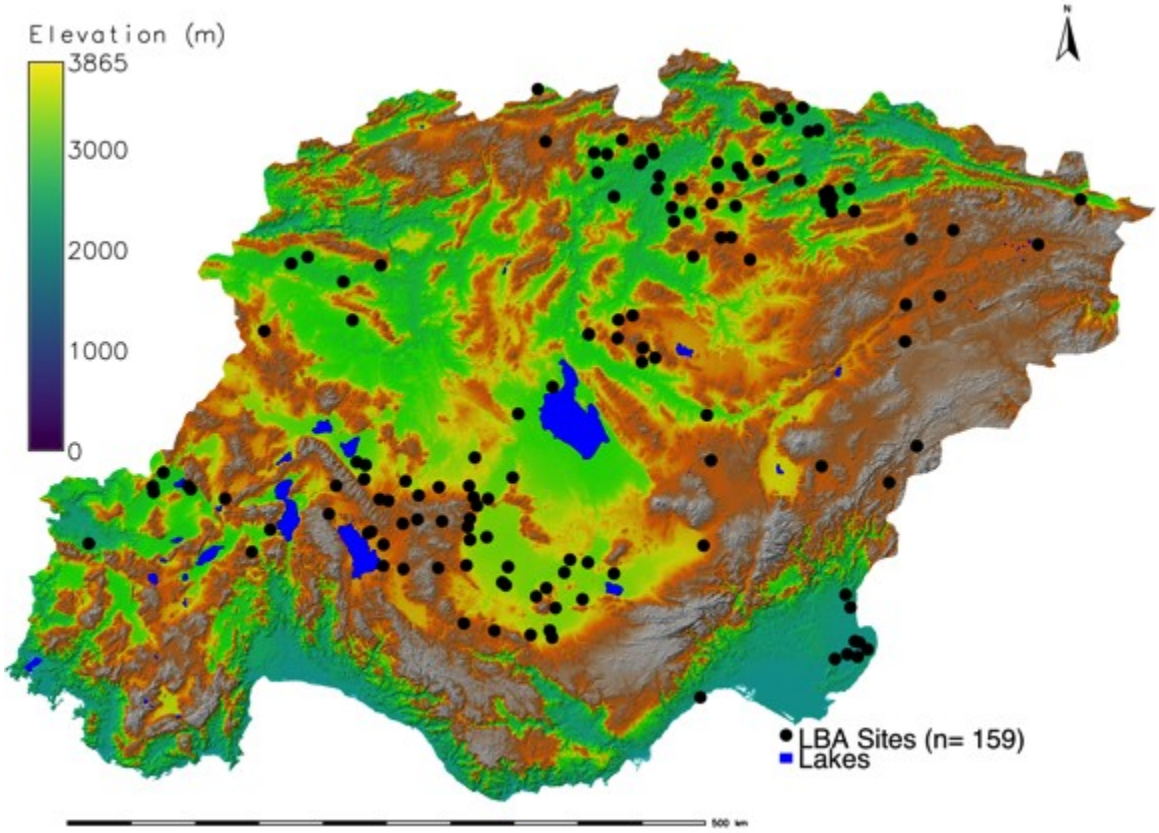
Şekil 27. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Kalkolitik Dönem yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



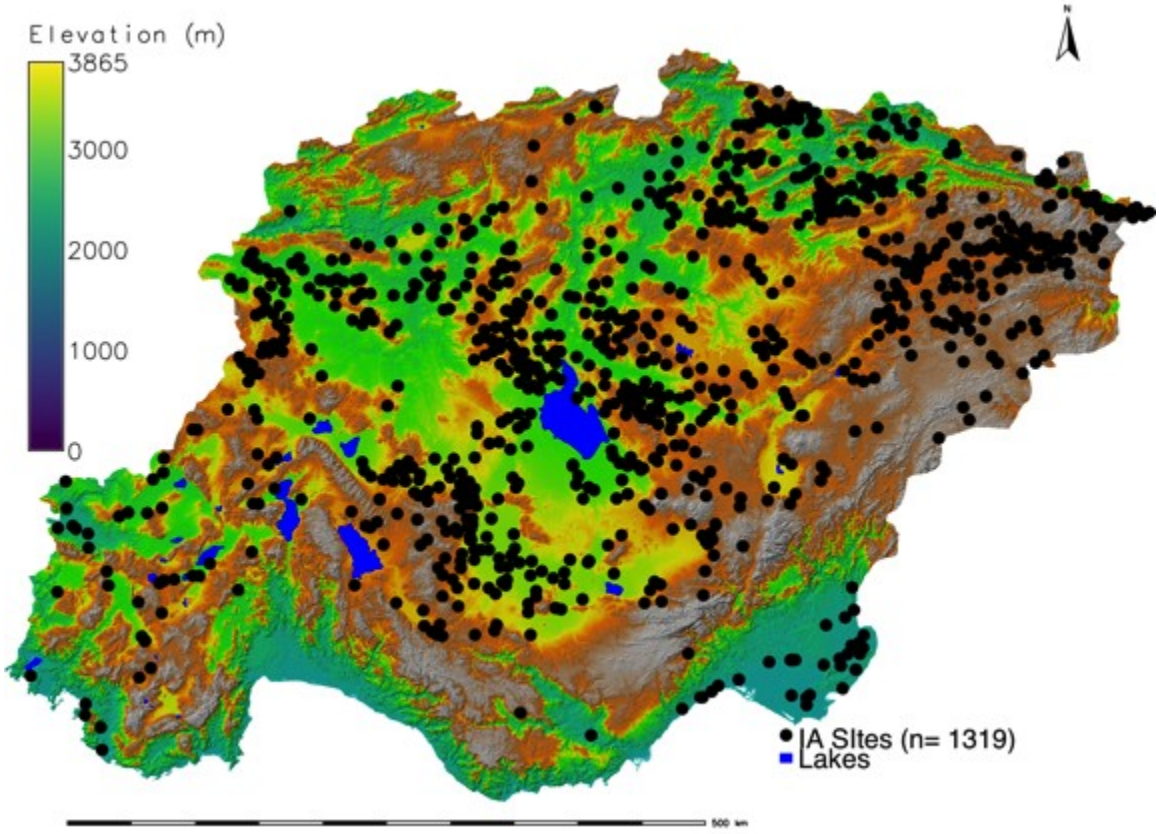
Şekil 28. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Erken Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



Şekil 29. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Orta Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



Şekil 30. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Geç Tunç Çağı yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.



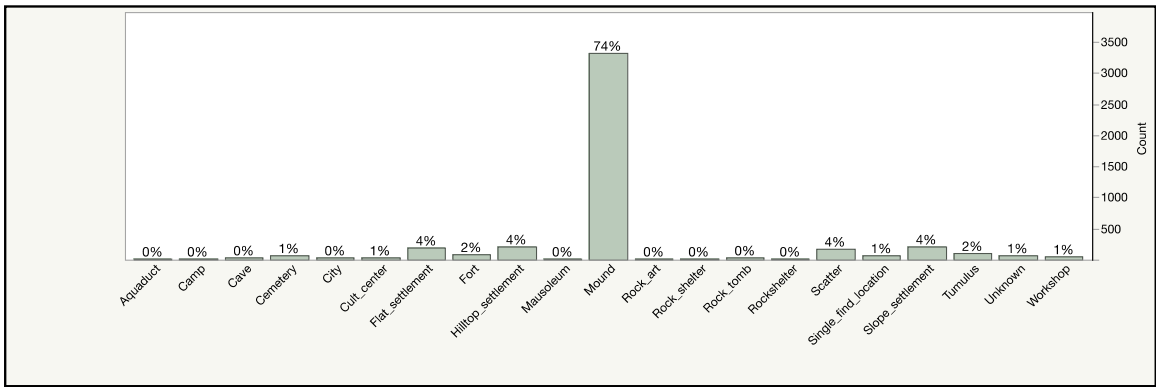
Şekil 31. Araştırma bölgesinin dijital yükseklik modeli (Lejand rakımı gösterir) üzerinde Demir Devri yerleşmelerini gösteren (siyah noktalar) harita.

Bu dağılımlarda dikkat çeken unsurlardan birisi özellikle Paleolitik dönem (GÖ 12.000-10.400) yerleşme sayısının çok düşük olmasıdır. Toplamın sadece %1.38'ine denk gelen 62 yerleşme, araştırma bölgesinin çevresel ve doğal çeşitliliği göz önüne alındığında gerçekçi değildir. Bununla beraber, Paleolitik yerleşmelerin daha sağlıklı tespit edilebilmesi için mutlaka yüzey süreçlerdeki değişimin, özellikle erozyon alanlarının ve oranlarının dikkate alınarak, gömülü yüzeylerin Paleolitik ve erken dönem diğer yerleşmeleri barındırabileceği unutulmamalıdır. Bu dönem yerleşmelerin ağırlıklı olarak orta-kuzey ve orta-doğu kesimlerde yoğunluk gösterdiği dikkat çekmektedir. Neolitik dönem (GÖ 10.400-7400) yerleşmeler ise toplamın %4.32'sine denk gelmekte ve bir önceki döneme göre özellikle Toros Dağı eteklerinde ve Göller Bölgesi'nde yoğunluk gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu dönem yerleşmelerin Son Buzul Çağı'nda Orta Anadolu'yu kaplayan Paleo-Konya Gölü'nün çekilmeye başladığı alanın hemen ucundaki kısımları daha sıklıkla tercih ettiği görülmüştür. Mezopotamya'da varlığı tespit edilen ve etkileri tartışılan önemli kuraklık evrelerinden 8.2 bu dönemde meydana gelmiştir. Yerleşik düzenin tamamen hakim olmaya başladığı ve metal teknolojisinin gelişim gösterdiği Kalkolitik dönem (GÖ 7400-5000) yerleşmeleri toplamın %13.06'sına denk gelmekte olup hem Neolitik dönemde yerleşilen bölgelerde sayısal olarak artış göstermekte hem de araştırma bölgesinin kuzeydoğu kesimlerinde yeni alanlara doğru yayılmaya işaret etmektedir. Bu yayılmanın hem ekonomideki çeşitlenmeye (örn. hayvancılık) hem de metal teknolojisi için gerekli olan ham madde ihtiyaçlarını karşılamak için farklı bölgelere kayma ihtiyacı doğduğu düşünülmektedir. Araştırma bölgesindeki arkeolojik yerleşme yoğunluğunda ilk dikkat çekici artış Erken Tunç Çağı'nda (ETÇ, GÖ 5000-4000) ortaya çıkmaktadır. Bu dönem ayrıca kendi kendine yeten yerleşmelerden beyliklere uzanan sosyal değişim ile bununla eş güdüm içinde ortaya çıkan yoğun üretim modellerinin gözlemlendiği zaman dilimidir. Toplamın %44.16'sına denk gelen ETÇ dönemi yerleşmelerinin tüm araştırma bölgesine dağılmış olması bu sosyo-ekonomik tercihlerin bir sonucu olarak değerlendirilmektedir. Mezopotamya kültürlerine etkisi belki de en çok tartışılan dönemsel kuraklık olaylarından olan 4.2 olayı ETÇ'nin son birkaç yüzyılına denk gelmektedir.

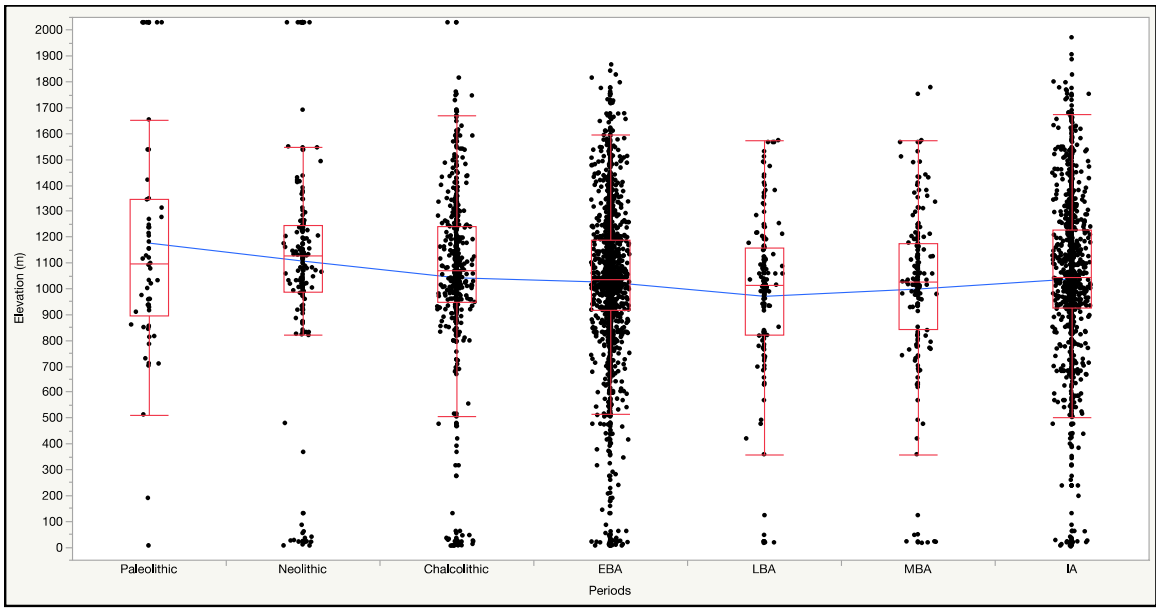
Takip eden Orta Tunç Çağı (OTÇ, GÖ 4000-3500) yerleşme yoğunluğunun düşüş gösterdiği (toplam yerleşmelerin sadece %4.2'si) bir zaman dilimidir. Bazı uzmanlar bu durumu bir çöküş gibi değerlendirse de yerleşme yoğunluğundaki düşüş, yerleşme alanının artışıyla açıklanabilir. Hem OTÇ yerleşmelerinin büyümesi hem de bu dönemde Orta ve Güneybatı Anadolu'nun Mezopotamya'daki Asur İmparatorluğu'nun ticaret ağına dahil olması Anadolu'daki kültürler için büyük bir değişim getirmiştir. OTÇ'de Anadolu'daki kültürlerin beyliklerden şehir devletlere dönüştüğünü ve bu devletlerin Asur ticaret sisteminden daha fazla pay almak için

birbirleriyle rekabet içinde olduklarını göz önüne aldığımızda yerleşme sistemindeki değişim daha anlamlı hale gelmektedir. Bu dönemde Anadolu'nun ilk imparatorluğu olan Hitit'in de temelleri Hattusha'daki şehir devlet ile atılmıştır. Geç Tunç Çağı (GTÇ, GÖ 3500-3200) kısa sürse de sosyal ve politik olarak büyük değişimler getirmiştir. Hititler krallıktan imparatorluğa bu dönemde dönüşmüş, Anadolu'daki şehir devletler Hitit egemenliğini kabul etmek durumunda kalmışlardır. Bu dönemde yerleşmelerin sayısı hafif bir düşüş gösterse de (toplamın sadece %3.54'ü) dağılım özellikleri OTÇ'dekilere benzerdir. GTÇ sonunda Doğu Akdeniz'de meydana gelen yıkım ve çöküşün temel sebebi bilinmese de Hitit, Miken, Asur ve Mısır medeniyetlerini etkileyen geniş çaplı buhranın iklimsel olduğu düşünülmektedir. Bu dönemin sıcak ve kurak geçmesinin yanı sıra özellikle yoğun üretim modeline dayanan imparatorluk ekonomilerinin çevre üstünde büyük ve olumsuz antropojenik etkiler yaptığı Beyşehir Yerleşim Evresi'nden de anlaşılmaktadır. GTÇ sonunda meydana gelen bu değişim ve çöküşün ardından Demir Devri (GÖ 3200-2600) yerleşmeleri araştırma bölgesinde ikinci bir sıçramaya işaret etmektedir. Toplamın %29.34'ünü oluşturan bu dönem yerleşmeleri ilk olarak merkezi otorite boşluğunda ortaya çıkan kendi kendine yeten yerleşmeleri ve daha sonra araştırma bölgesinde görülen Frig, Lidya ve Likya uygarlıklarının yerleşmelerini içermektedir.

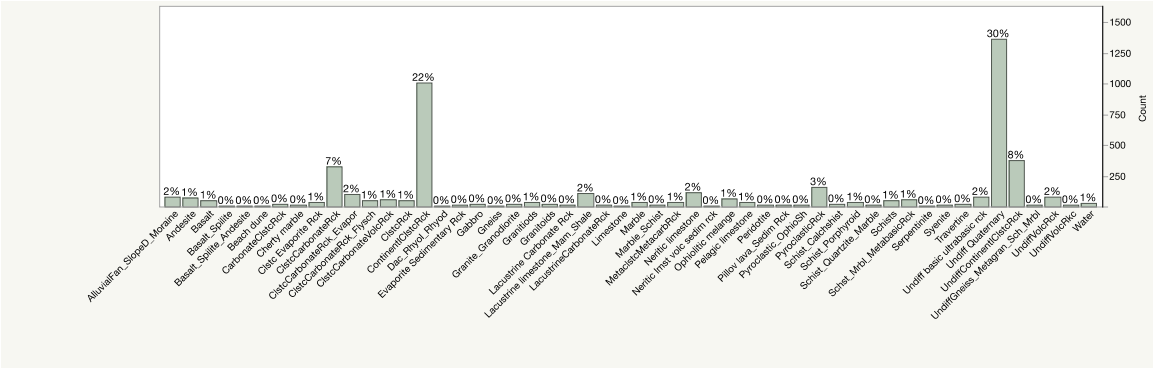
Proje kapsamında değerlendirilen yerleşmelerin tiplerine göre dağılımı Şekil 32'de gösterilmiştir. Yerleşmelerin %74'ü höyük tipindedir ancak projede kullanılan verinin çok büyük bir kısmı yüzey araştırmalarından elde edildiği için bu höyüklerin ne kadarının şehir veya kasaba benzeri bir yapı içerdiği bilinmemektedir. Diğer yaygın yerleşme tipleri ise, her biri %4 olmak üzere, düz yerleşmeler, tepe üstü ve sırt yerleşmeleri ile dağınık buluntu gruplarıdır. Tüm yerleşmelerin rakıma göre dağılımı Şekil 33'te verilmiştir. Varyans analizi (*Analysis of Variance – ANOVA*–) sonuçlarına göre Paleolitik dönemden itibaren yerleşmelerin bulunduğu rakımlarda belirgin bir düşüş görülmektedir. Bu değişim özellikle ETÇ ve GTÇ arasındaki dönemlerde daha belirgindir. Bu değişimler bir anlamda taze su kaynaklarına yaklaşma stratejisi olarak değerlendirilse bile farklı dönemlerdeki yerleşmelerin akarsuya olan mesafelerinde belirgin bir değişim görülmemiştir. Bu nedenle rakımdaki değişim, eski dönemlerden daha yakın dönemlere uzanan zaman serisinde yerleşmelerin giderek artan oranda düz zemini tercih ettiğine işaret etmektedir. Ayrıca, tüm yerleşmelerin tercih ettikleri yüzeylerin jeolojik özellikleri CBS ortamında haritalandığında, yerleşmelerin %30'unun Kuvaterner döneme ait yüzeylerde, %22'sinin karasal klastik kayalarda bulunduğu anlaşılmıştır (Şekil 34).



Şekil 32. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin tiplerine göre dağılımını gösteren histogram.



Şekil 33. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin dönem bazında rakım değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir dönemin ortalama değerini göstermektedir.



Şekil 34. Proje kapsamında değerlendirilen 4495 yerleşmenin bulundukları jeolojik yüzeylere göre dağılımını gösteren histogram.

4.5 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemleri

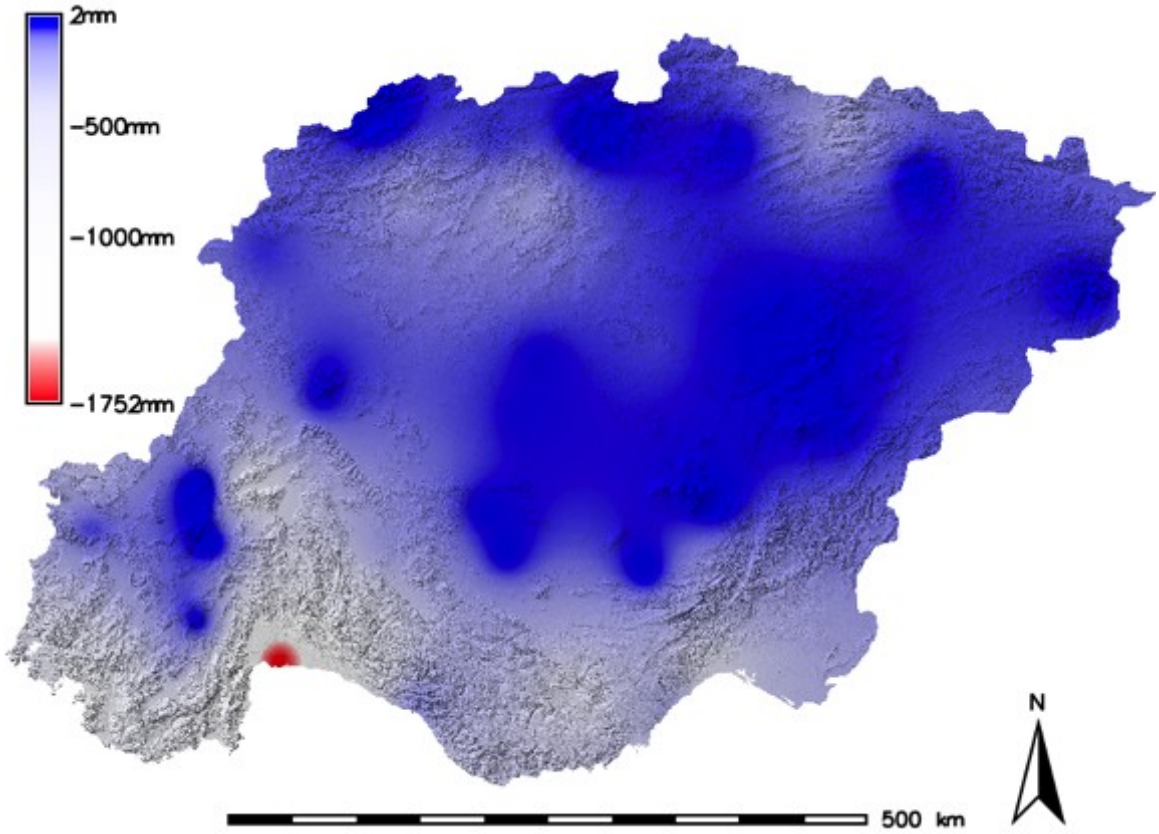
Gerçekleştirilen projede paleoiklimsel veri iki farklı model aracılığıyla elde edilmiş olsa da Kısım 3.1'de açıklanan sebeplerden dolayı arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin incelenmesi sırasında Makrofiziksel İklim Modeli verisi kullanılmıştır.

4.5.1 Erken ve Orta Holosen'deki İklimsel Değişimler

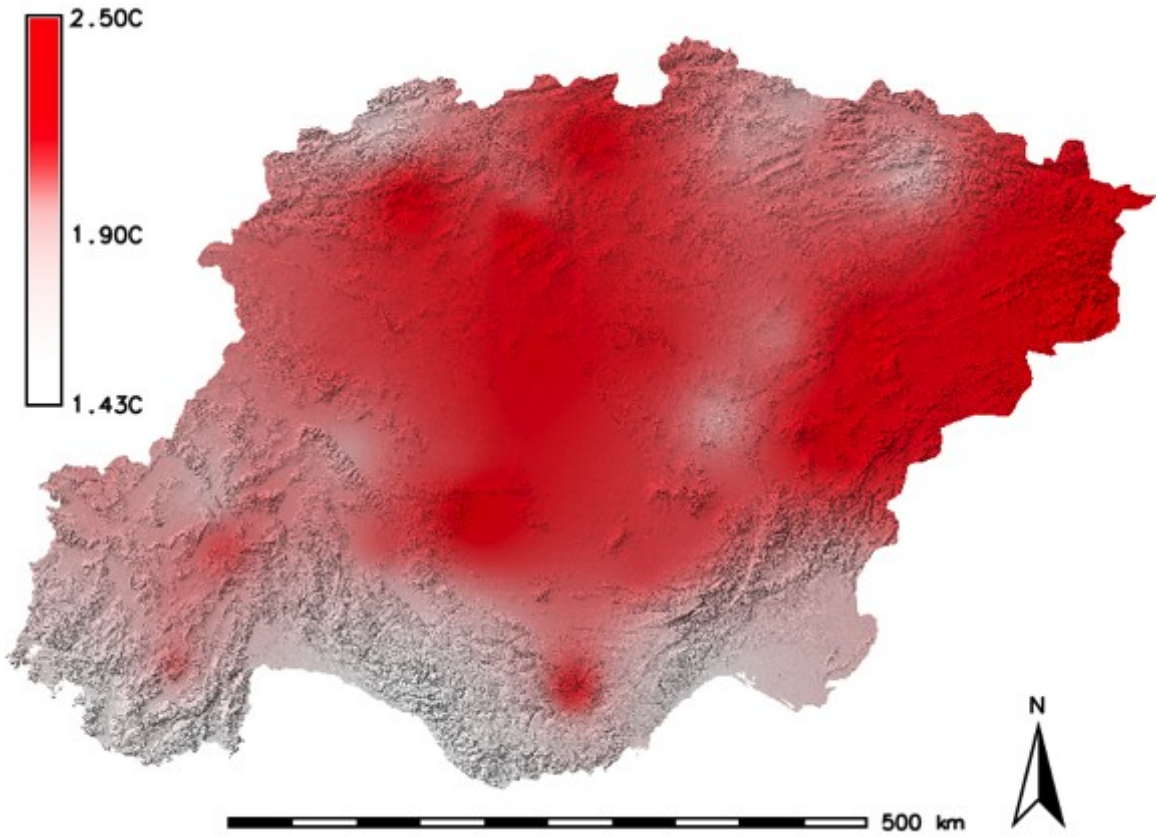
Gerçekleştirilen projenin amaçlarından birisi araştırma bölgesindeki paleoiklimsel değişimleri modeller yardımıyla sayısal/nicel olarak değerlendirmektir. Bu amaçla MİM sonuçları kullanılarak Erken (GÖ 11.600-6000) ve Orta (GÖ 6000-2600) Holosen'de yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişim haritalanmıştır. Bu haritalar coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak önce her yüzyıl için MİM sonuçlarının raster (sayısal) haritalara dönüştürülmesi sonra da fark haritalarının hazırlanması ile elde edilmiştir. Buna göre, Erken Holosen'deki yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişimi ortaya çıkarmak için 11.600 yılına ait yağış ve sıcaklık haritalarından 6000 yılına ait sıcaklık ve yağış haritaları cebir işlemleri ile çıkarılmakta, yani diğer bir deyişle 'fark haritaları' hazırlanmaktadır. Her bir fark haritası negatif ve pozitif değerler içermekte, mavi renk soğumayı (veya artan yağışı), kırmızı renk ise ısınmayı (veya düşen yağışı) ifade etmektedir.

Araştırma bölgesinde Erken Holosen'de yıllık ortalama yağışın düştüğünü Şekil 35'deki harita göstermektedir. En büyük düşüş bugün Antalya Körfezi olarak bilinen bölgede olsa bile bu düşüş giderek azalan şiddette yaygın bir şekilde görülmektedir. Bu değişim Erken-Orta Holosen geçişin kurak olduğunun bir başka ifadesidir. Erken Holosen'de araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklık 2.5^{o} Santigrat artış olduğunu gösteren Şekil 36'ya göre bu değişimden en çok etkilenen kesim Orta Anadolu ve bunun doğu kesimleridir. Erken Holosen'de düşen yağış ve

artan sıcaklığın Paleolitik, Neolitik ve Erken Kalkolitik dönem yerleşmeleri etkilemiş olması beklenmektedir.

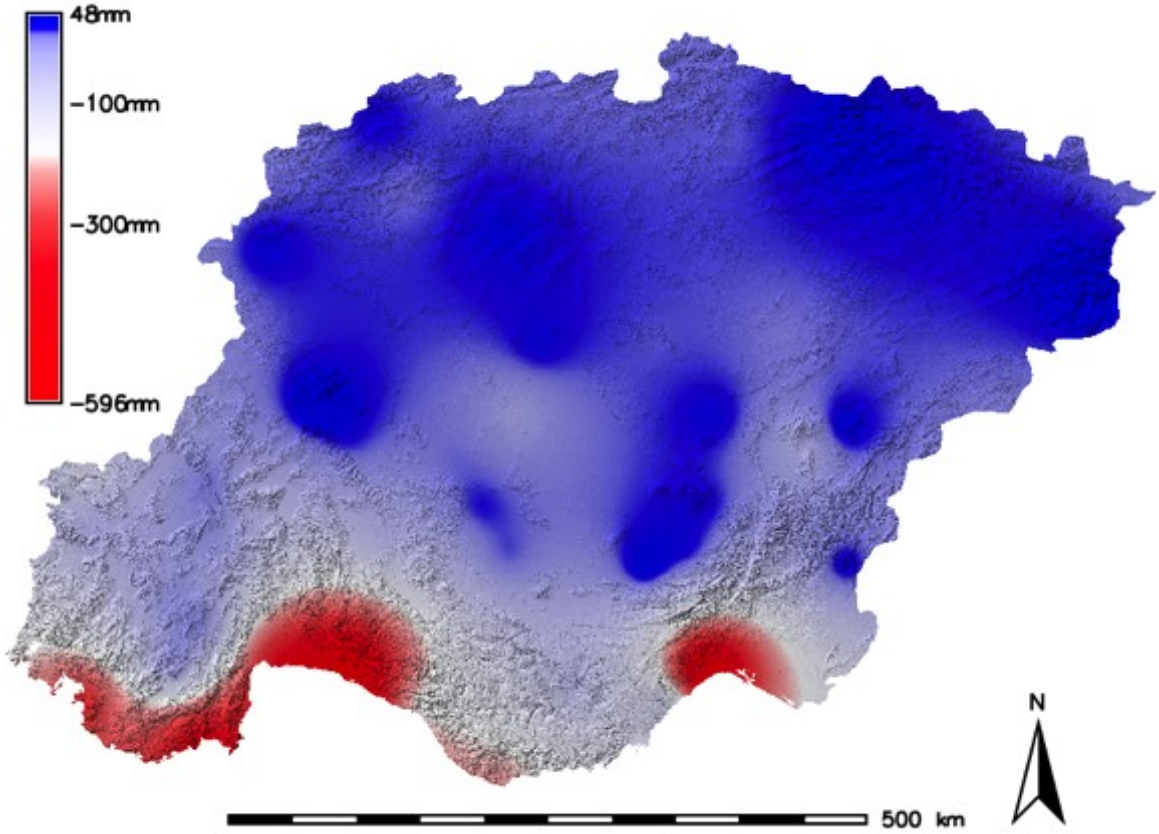


Şekil 35. Erken Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.

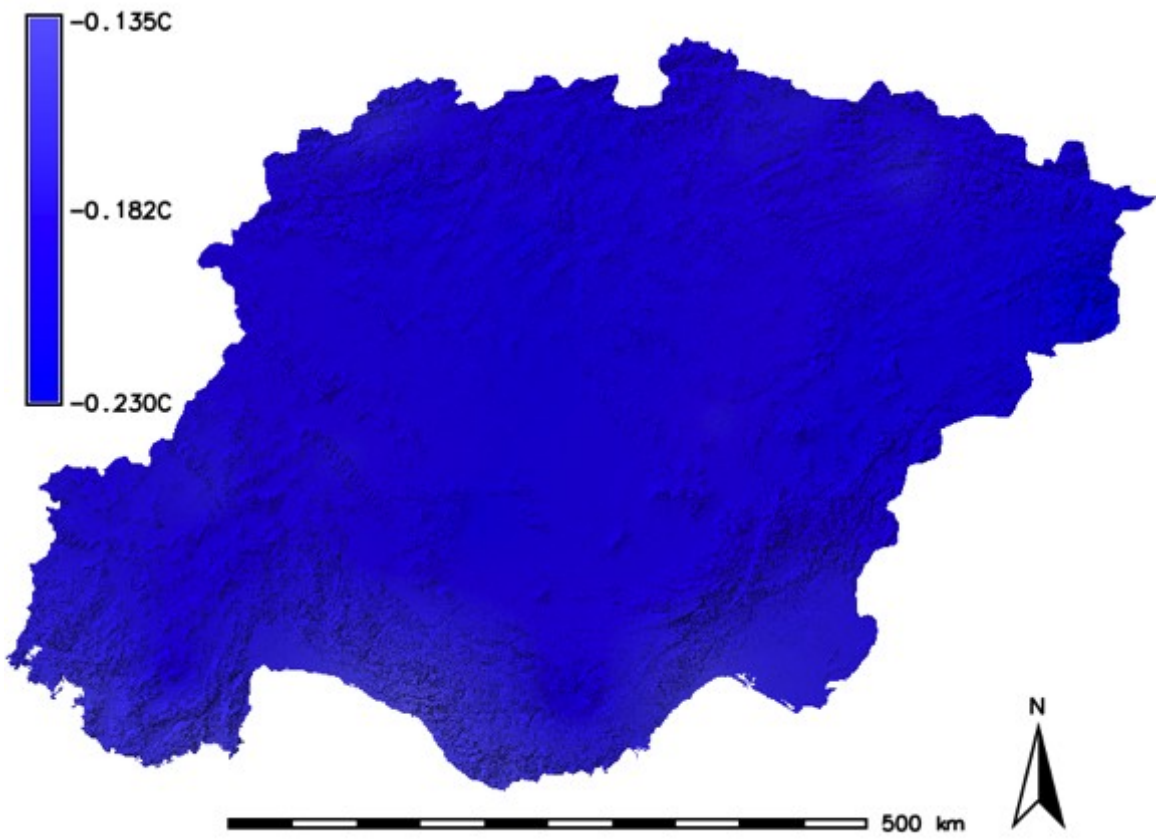


Şekil 36. Erken Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.

Orta Holosen için hazırlanan yağış ve sıcaklık fark haritaları daha farklı bir durum ortaya koymaktadır. Şekil 37'de ki haritada yıllık ortalama yağışın düşüş eğilimine devam ettiği, bu düşüşün yine Akdeniz kıyı şeridi boyunca çok şiddetli olduğu ancak miktarın Erken Holosen'deki kadar dramatik olmadığı açıktır. Bu dönemdeki en büyük düşüş -596 mm iken iç kesimlerde az miktarda (48 mm veya daha az) bir artış gözlemlenmiştir. Şekil 38'de ise yıllık ortalama sıcaklık değerlerinin bir miktar azaldığı gözlemlenmektedir. Buna göre 0.13º ile 0.23º Santigrat arasında bir soğumadan bahsetmek mümkündür. Buna göre, araştırma bölgesinde genel olarak azalan bir yağış trendine kıyasla hafif de olsa düşüş gösteren bir sıcaklık eğrisi karşımıza çıkmaktadır. Geç Kalkolitik, Tunç çağları ve Demir Devri yerleşmelerini etkileyen bu iklimsel değişimlerin önemli sonuçları olduğu açıktır.

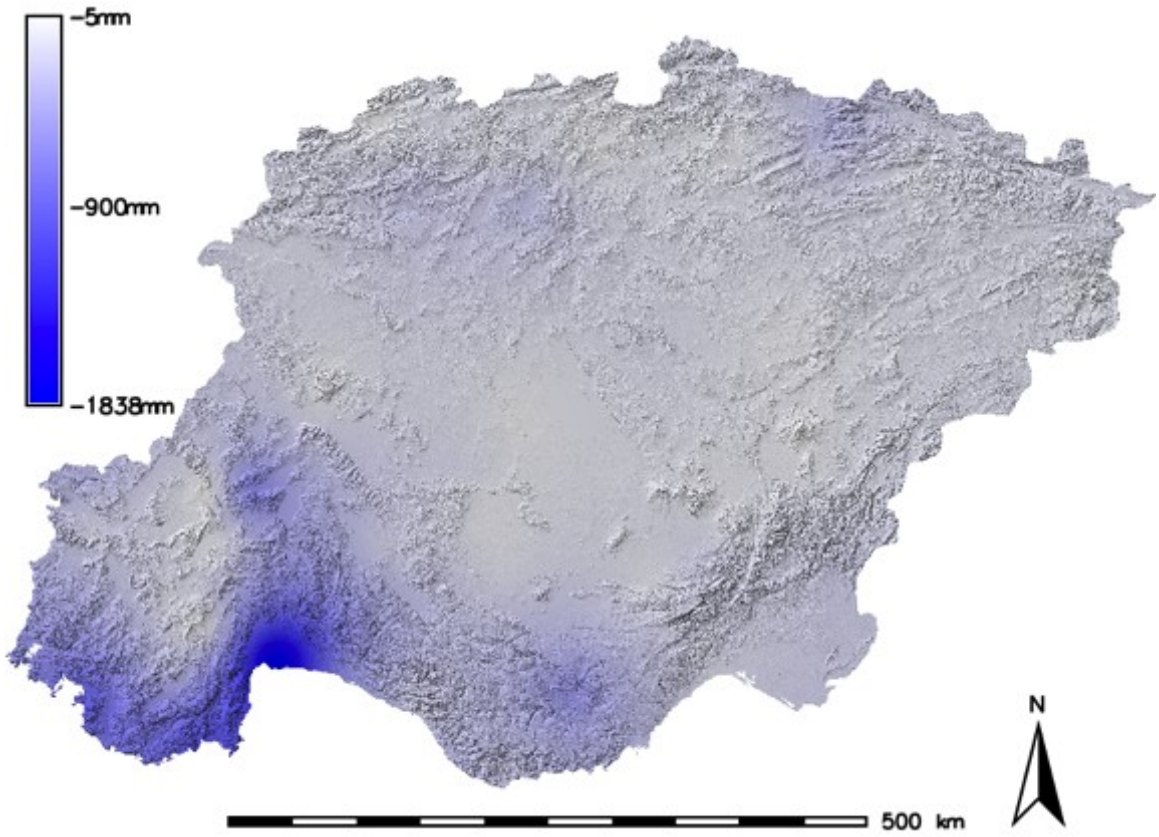


Şekil 37. Orta Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.

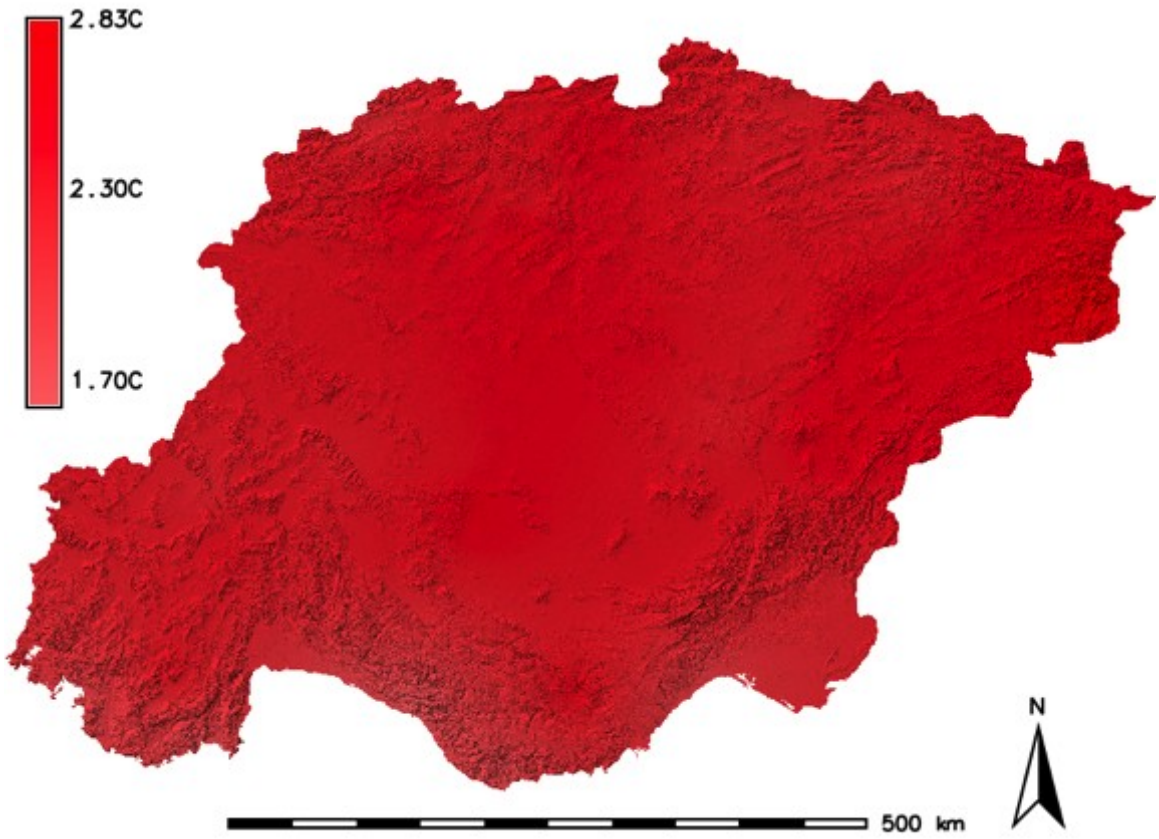


Şekil 38. Orta Holosen dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.

Şekiller 39 ve 40'ta sağlanan haritalar Neoliitk dönemde yıllık ortalama yağış ve sıcaklıkta meydana gelen değişimleri göstermektedir. Buna göre, Erken Holosen dönemin genel karakteri olan yağışta şiddetli düşüş ve sıcaklıkta hızlı artış Neolitik dönem için de geçerli olmaktadır. Genel olarak çoklu vekil veri setlerinden yapılan paleoçevresel kurgularda ifade edilen, Erken – Orta Holosen geçişinin kurak olması ve Orta Holosen'in farklı bir iklim rejimine geçişi yansıtması gibi özellikler MİM sonuçlarından hazırlanan değişim haritalarından da takip edilebilmektedir.



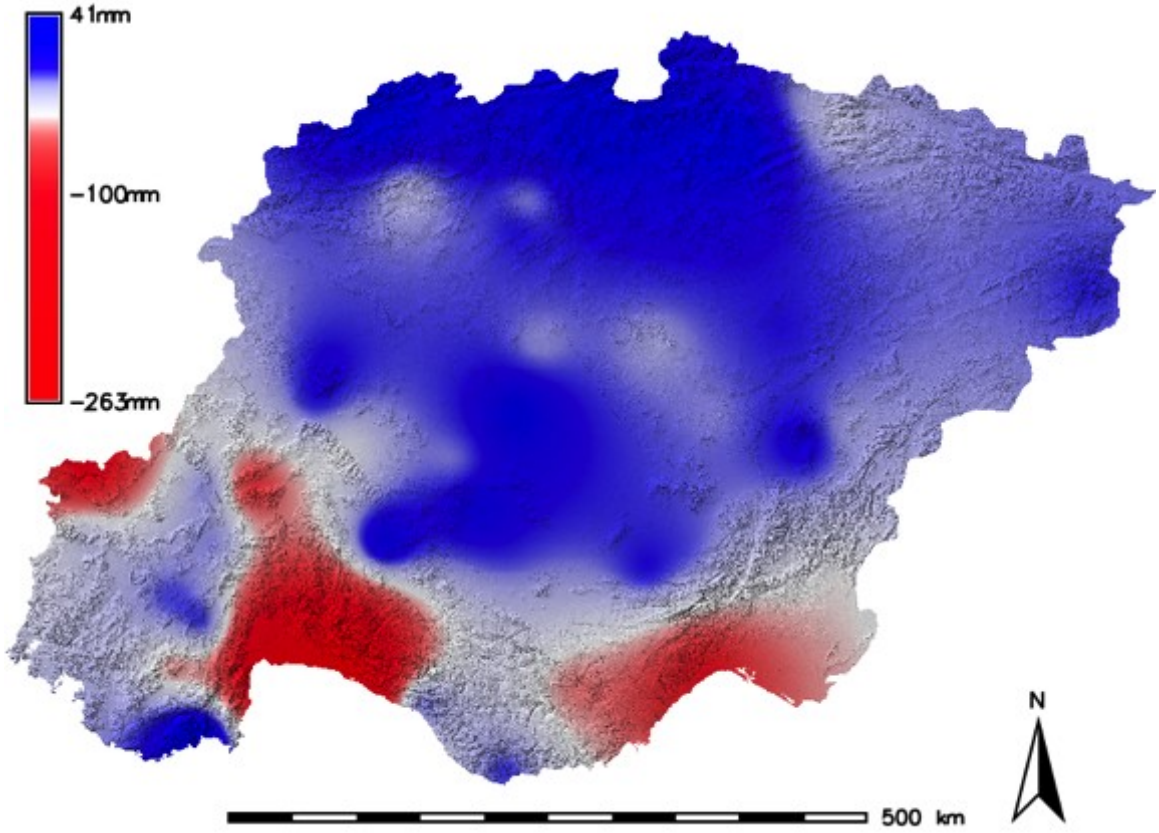
Şekil 39. Neolitik dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.



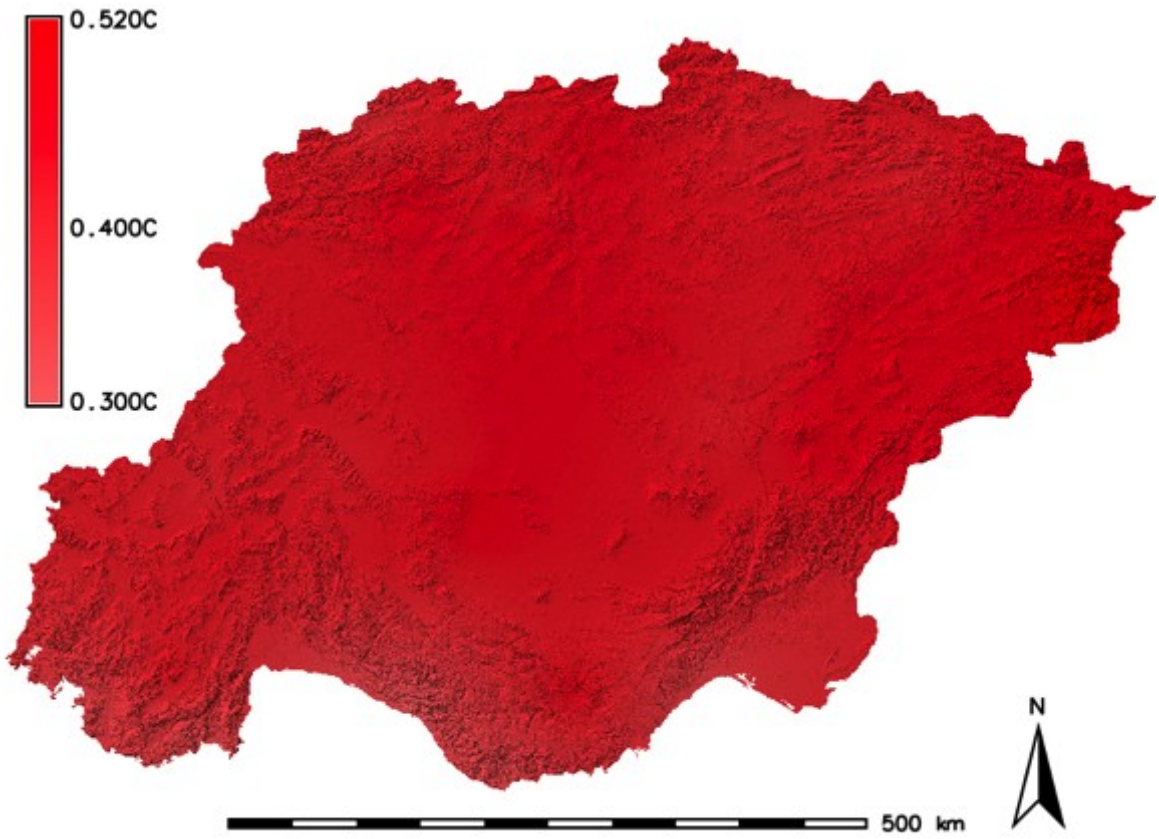
Şekil 40. Neolitik dönemde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.

Şekiller 41 ve 42'de Tunç çağları boyunca (ETÇ-OTÇ-GTÇ, GÖ 5000-3200) yıllık ortalama yağış ve sıcaklıkta meydana gelen değişimler görülmektedir. Tunç çağları süresince araştırma bölgesinin orta ve kuzey kesimlerinde yıllık ortalama yağış çok hafif bir atış gösterirken kıyı bölgelerde belirgin bir düşüş gözlemlenmektedir. Bu değişim, yıllık ortalama sıcaklığın 0.3 ile 0.5^{o} Santigrat arttığı göz önüne alındığında önemli bir ısınmaya ve kuraklığa işaret etmektedir. Bu şartlar altında, GTÇ dönem yerleşmelerin, ETÇ dönem yerleşmelere göre daha sıcak ve kurak şartlar altında yaşadığını göstermektedir. OTÇ ve GTÇ dönemlerin Anadolu genelinde

sosyal, ekonomik ve politik yapılarda daha karmaşık oluşumlara sahne olduğu hatırlanacak olursa, bu iklimsel değişimlerin, özellikle artan yoğun üretim modelleri karşısında bitki örtüsünü de baskı altına alacağı ve biyoçeşitlilikte belirgin bir düşüşe neden olacağı düşünülmektedir.

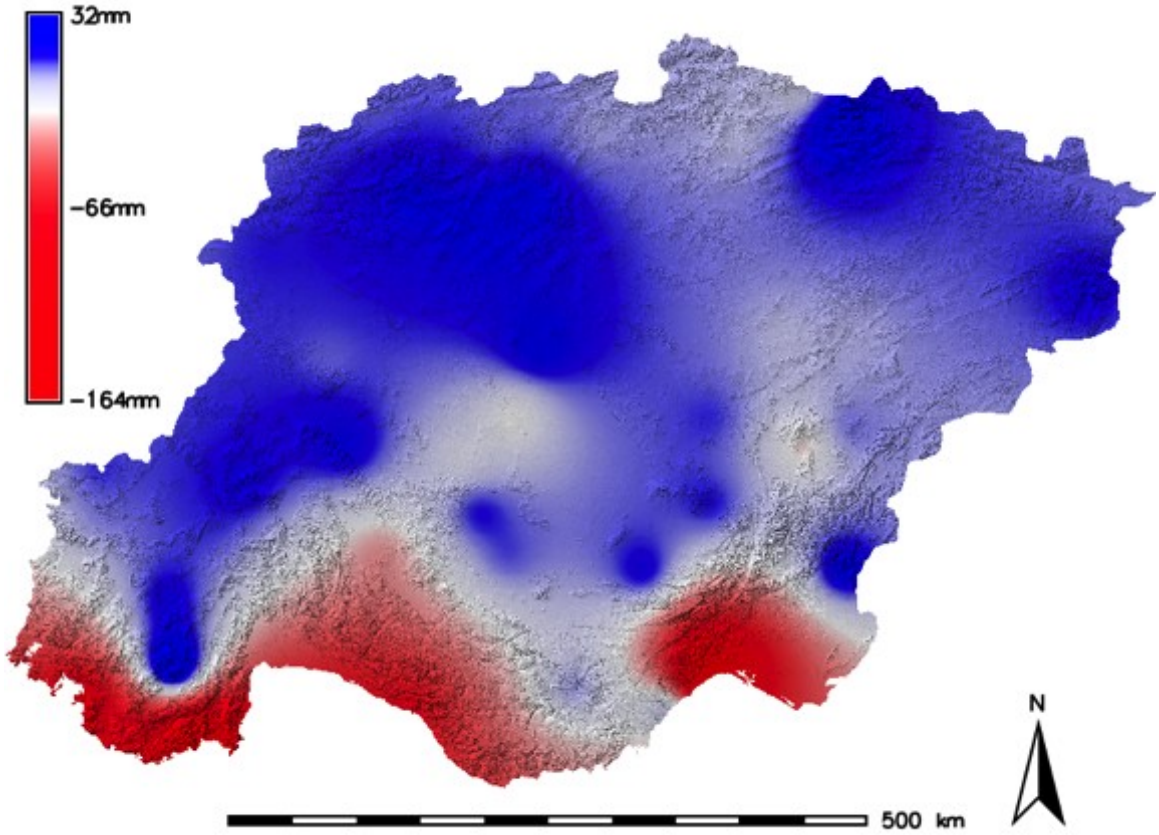


Şekil 41. Tunç Çağı boyunca araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.

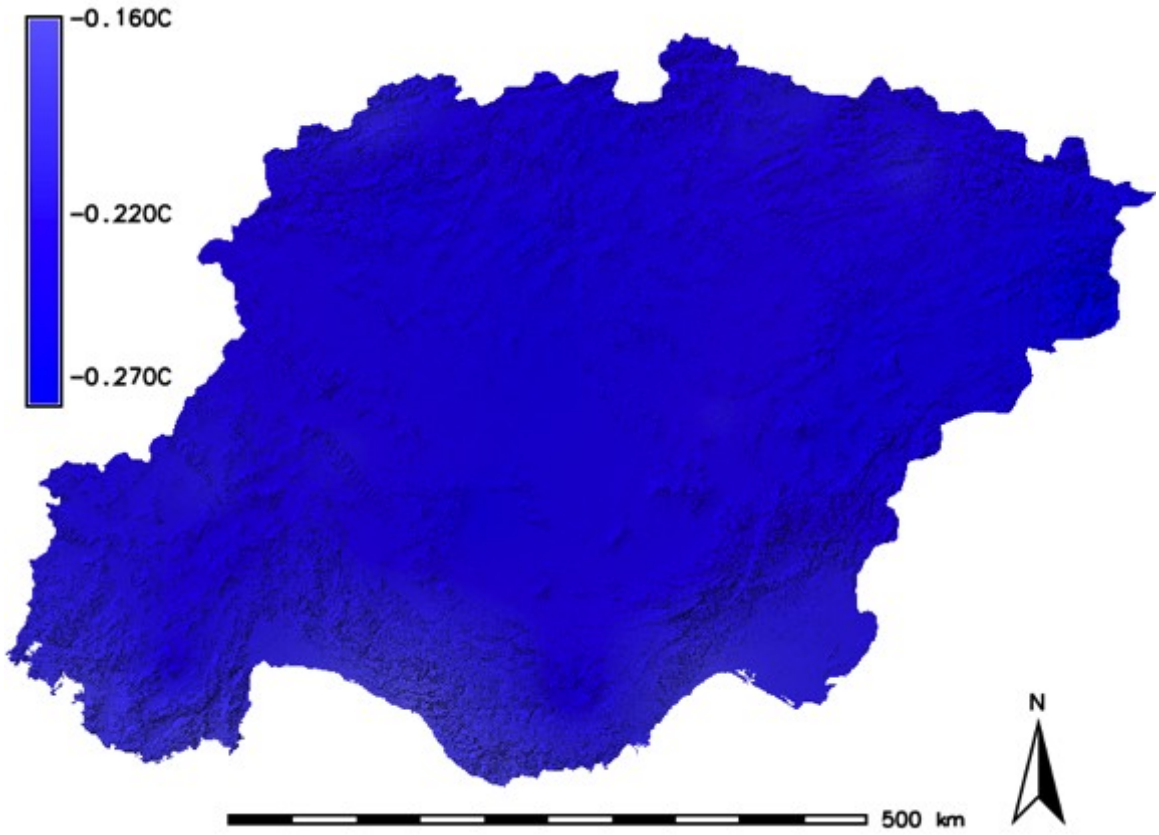


Şekil 42. Tunç Çağı boyunca araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.

Şekil 43-44'te Demir Devri boyunca gözlemlenen yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değişimleri verilmiştir. Yıllık ortalama yağıştaki değişim, miktar olarak daha düşük olsa da etkilediği alan açısından Tunç çağlarındaki yağış değişimlerine benzerlik göstermektedir. Buna karşın Demir Devri'nde yıllık ortalama sıcaklık belirgin sayılabilecek bir düşüş göstermektedir. Bu nedenle araştırma bölgesinin Demir Devri iklimini özellikle güney kesimlerde daha kurak ama serin olarak nitelendirmek mümkündür.



Şekil 43. Demir Devri'nde araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağışta meydana gelen değişimi gösteren harita.



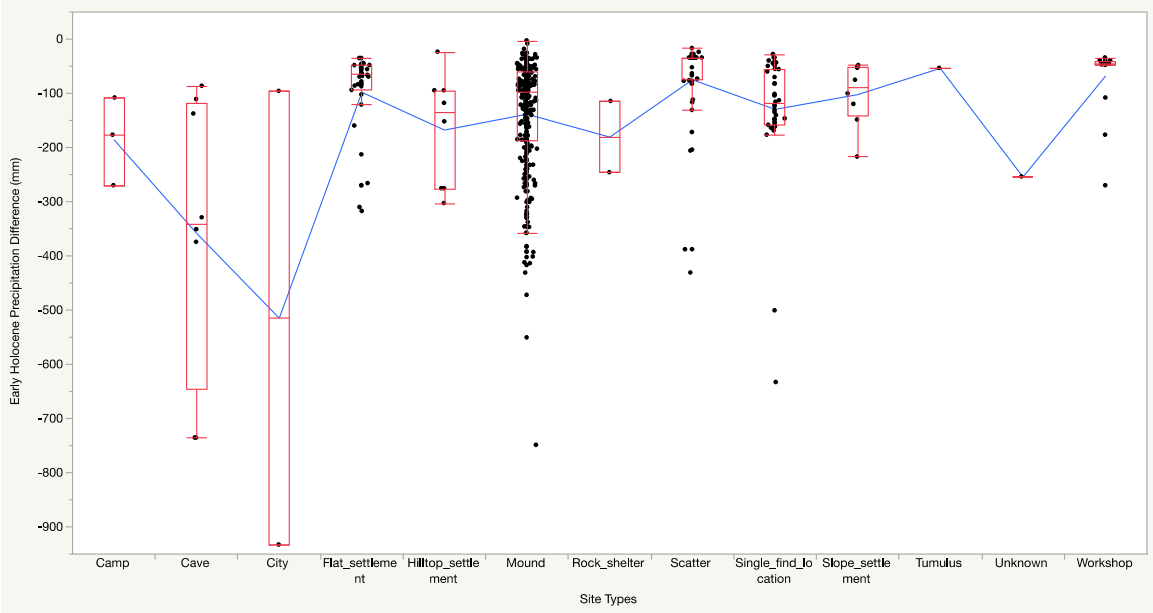
Şekil 44. Demir Devri'nde araştırma bölgesinde yıllık ortalama sıcaklıkta meydana gelen değişimi gösteren harita.

4.5.2 Erken ve Orta Holosen'deki İklimsel Değişimlerin Arkeolojik Yerleşmelere Olan Etkisi

Gerçekleştirilen proje kapsamında hazırlanan ve sunulan fark haritalarından elde edilen genel resmin, proje kapsamında değerlendirilen arkeolojik yerleşmelerin dağılımına herhangi bir etkide bulunup bulunmadığını anlamak için her yerleşmenin faal olduğu arkeolojik dönemde yağış ve sıcaklık değişimlerinden ne kadar (kaç mm veya kaç derece Santigrat) etkilendiğini araştırmak için bazı istatistiksel ölçümler yapılmıştır.

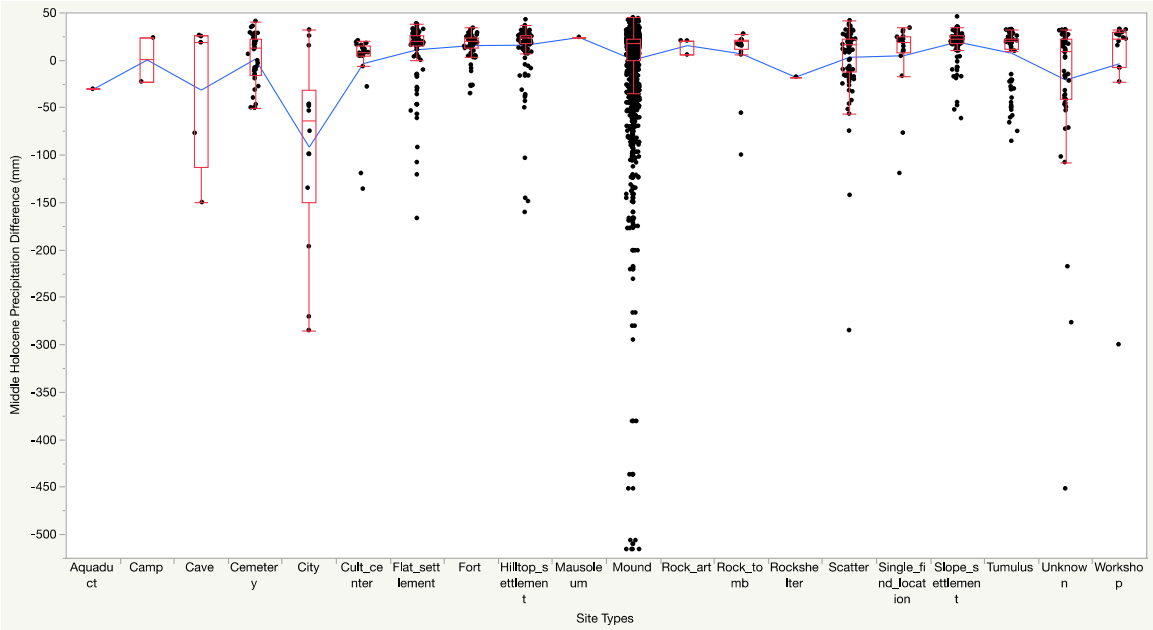
Şekil 45'te sunulan ANOVA analizi, Erken Holosen yerleşmelerinde yıllık ortalama yağış değişimlerini ifade etmektedir. Grafikteki dağılım göz önüne alındığında birbirinden çok farklı

değerler olduğu açıktır. Benzer bir durum, Erken Holosen'deki sıcaklık değişimleri için de geçerlidir. Bu nedenle, Erken Holosen yerleşmelerin araştırma alanının belirli kısımlarında bulunmasına karşın farklı çevresel şartlar ifade ettiğini önermek mümkündür.

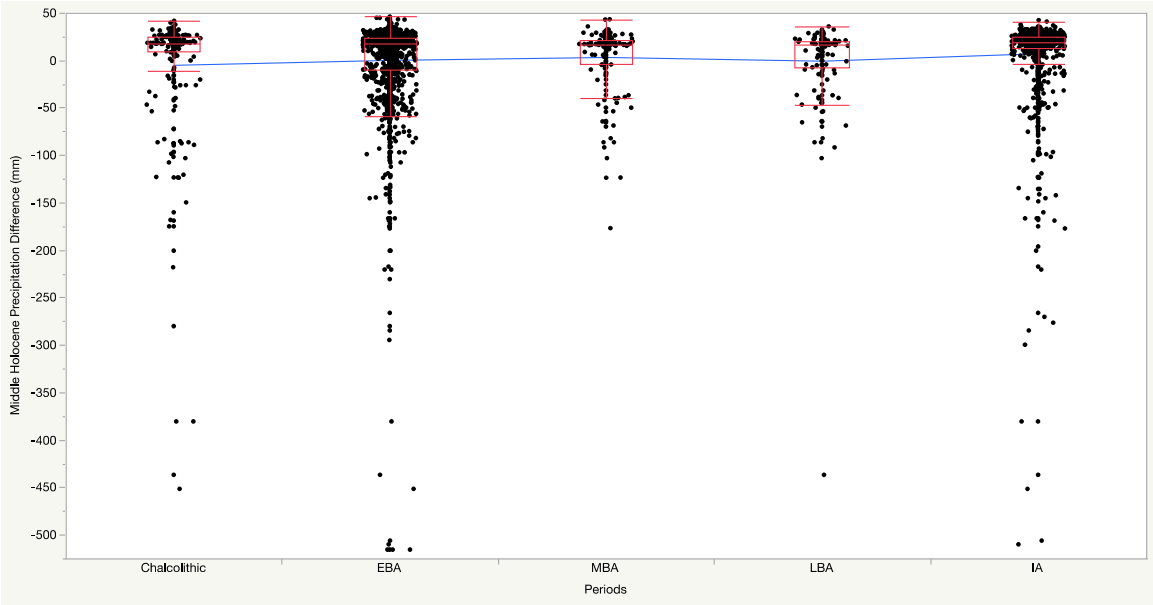


Şekil 45. Proje kapsamında değerlendirilen yerleşme tiplerinin Erken Holosen'de yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.

Şekil 46'da sağlanan ANOVA ise Orta Holosen dönemdeki yerleşme tiplerinin gösterdiği yıllık ortalama yağıştaki değişimleri ifade etmektedir. Buna göre, Orta Holosen yerleşme tipleri de sıcaklık ve yağıştaki değişimlerden farklı oranlarda etkilenmişlerdir. Orta Holosen dönemin kapsadığı arkeolojik evrelerin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişiklikler ise Şekil 47'de gösterilmiştir. Buna göre, en büyük değişim ETÇ ve GTÇ arasındaki dönemde meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, sosyal, politik ve ekonomik olarak en büyük değişimlerin görüldüğü Tunç çağlarında araştırma bölgesinin iklimsel anlamda belirgin bir değişim gösterdiğine işaret etmektedir.

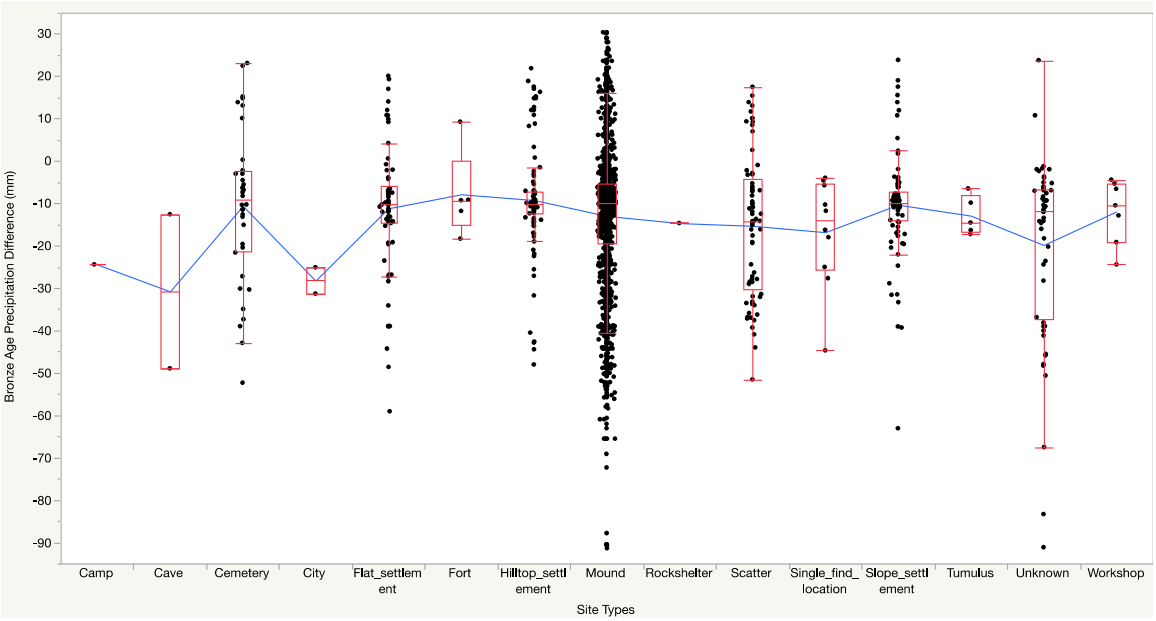


Şekil 46. Proje kapsamında değerlendirilen yerleşme tiplerinin Orta Holosen'de yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.



Şekil 47. Orta Holosen döneme ait arkeolojik evrelerin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.

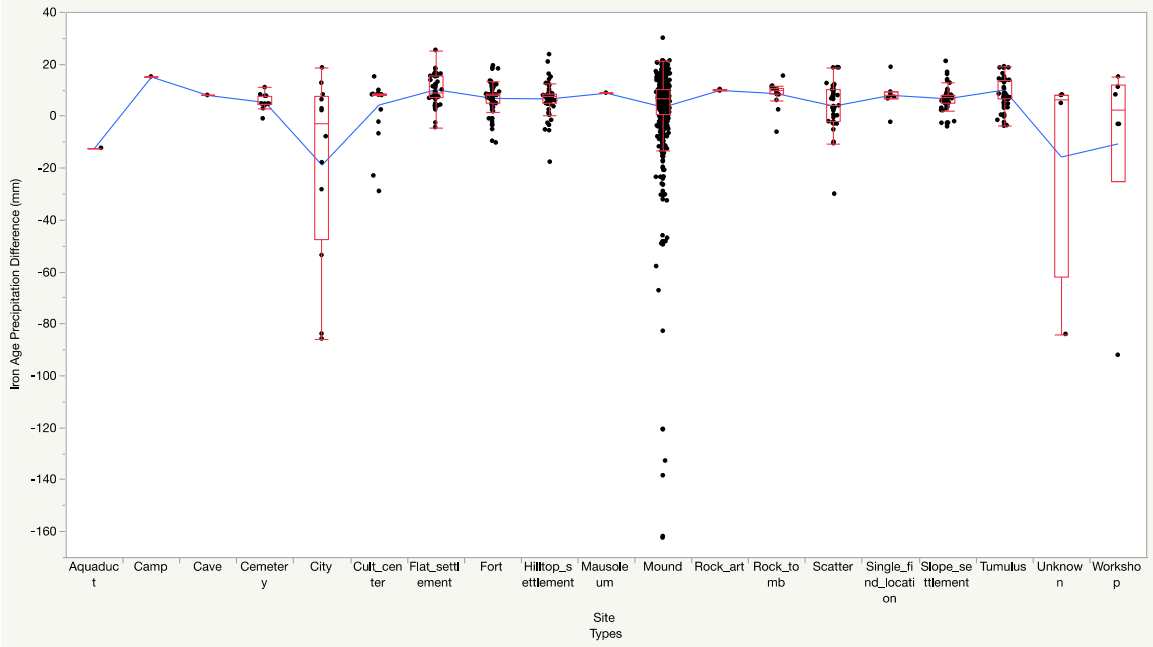
Bahsedilen yıllık ortalama yağış miktarındaki değişimlerin belirli bir dönemdeki yerleşme tiplerini nasıl etkilediğini anlamak için Tunç çağlarına bakmak yeterli olacaktır. Yaklaşık 1800 yıllık süreçte faaliyet gösteren yerleşmelerde kaydedilen yıllık ortalama yağış miktarındaki değişimleri ANOVA ile analiz edildiğinde (Şekil 48) höyük tipindeki yerleşmelerin çok geniş bir spektrumda yağış değişikliklerinden etkilendiği görülmektedir. Yağıştaki düşüşün 90 mm'ye ulaştığı bu süreçte büyük boyutlu yerleşmeler olan şehirlerin sadece 30 mm'lik yağış kaybı göstermesi önemlidir. Bu sonuç, o dönem için merkez görevi gören bu yerleşmelerin olası iklim değişikliklerinden daha az şiddette etkilendiğini gösterse de büyük yerleşmelerin etrafında yoğun üretim modelinden kaynaklanan antropojenik etkinin boyutlarının büyük olacağı unutulmamalıdır.



Şekil 48. Tunç çağlarına ait yerleşme tiplerinin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0365). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.

Demir Devri'nde de (Şekil 49) Tunç çağlarındakine benzer bir durum göze çarpmaktadır. Yapılan ANOVA analizlerinde yıllık ortalama sıcaklık ve yağış değerlerindeki değişimin farklı işlevi olan arkeolojik yerleşmelerde farklı oranlarda hissedildiği gözlemlenmiştir. Höyük gibi çok evreli ve tam işlevi belli olmayan yerleşmeler çok geniş bir spektrumda bu iklimsel değişikliklerden etkilenmişler ancak (+38 mm'den -160 mm'ye kadar) ancak işlevi daha iyi bilinen

yerleşmeler (örn. kaleler) veya belirli bir topografik özelliğe sahip olanlar (örn. tepe üstü yerleşmeleri) bu değişimlerden daha az etkilenmişlerdir. Şehir boyutunda olan büyük yerleşmeler ise Tunç çağlarındaki şehirlere kıyasla iklimsel değişikliklerden daha çok etkilenmişlerdir.



Şekil 49. Demir Devri'ne ait yerleşme tiplerinin yıllık ortalama yağış miktarındaki değişikliklerini gösteren Varyans Analizi (ANOVA) grafiği (p=<0.0001). Mavi çizgi her bir yerleşme tipinin gösterdiği ortalama değerini ifade etmektedir.

4.5.3 Genel Değerlendirme

Gerçekleştirilen proje kapsamında hazırlanan iklim modelleri, bunların yayınlanmış çoklu vekil veri setleriyle karşılaştırılması ve yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerindeki değişimlerin yüz yıl ölçekte CBS ortamında sayısal haritalara dönüştürülmesi sonucunda yedi arkeolojik döneme ait 21 tipten 4495 arkeolojik yerleşmeyi değerlendirmek mümkün olmuştur. Bu değerlendirme sonucunda, erken dönemlerden (Paleolitik) geç dönemlere (Demir Devri) kadar yerleşmelerin farklı şiddette iklimsel değişime maruz kaldığı ortaya konmuştur. Bununla beraber, yerleşmelerin tiplerine göre bu iklimsel değişimlerden etkilenme oranları da farklılık göstermektedir. Sadece topografik formasyon olarak tanımlanan, fonksiyonu tam olarak bilinemeyen höyük tipi yerleşmelerin toplam yerleşmelerin %74'ünü oluşturması ve arkeolojik yerleşme veri setinin çok büyük oranda yüzey araştırmalarından elde edilen izlenimlerle fonksiyonlarının tespit edilmesi, iklim değişikliği ve yerleşmelerin bu değişimlere gösterdiği adaptasyon konusunda daha detaylı yorum yapmamızı engellemektedir. Ancak, yine de elde

edilen analiz sonuçlarından işlevi daha belirgin olan şehir, kale gibi yerleşmelerin bu değişimlerden daha az etkilendiği ortaya konmuştur. Tüm bu değerlendirmeleri yaparken ısrarla üstünde durulması gereken konu iklim değişikliği ve sosyal, ekonomik, politik çöküş senaryoları arasındaki ilişkidir. Gerçekleştirilen proje sonucunda, araştırma bölgesinde dönemsel kuraklık izleri belirmişse de bunların farklı yöntemlerle sağlaması yapılamamıştır. Bu durumda hem vekil veri setlerinin daha güvenilir yaş-derinlik modellerine sahip kılınması hem de PaleoView gibi kapsamlı GCM paleoiklim modellerinin istatistiksel yöntemlerle ölçek büyültmesine ihtiyaç vardır. Ancak eldeki veri seti mekânsal ölçek ve kronolojik olarak daha güvenilir hale getirildiğinde insan-çevre ilişkilerine ait büyük resim daha net hale gelecektir. Veri iyileştirilmesi gerçekleşinceye kadar ise arkeolojik verinin zenginleştirilmesi ve özellikle yerleşmelerin fonksiyonlarına ilişkin bazı çalışmaların yapılması gereklidir. Bu çalışmalar bir ekibin gerçekleştireceği ölçekte olmayıp, geniş bir katılım gerektirmektedir.

4.6 Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modellerinin Sonuçları

Gerçekleştirilen projede, detaylı olarak çalışılmış ve farklı veri gruplarından bilimsel araştırmalar sonucunda detaylı bilgi toplanmış arkeolojik yerleşmelerde etmen-temelli toprak kullanım modelleri uygulanmıştır. Araştırma bölgesinde değerlendirilen yerleşmelerden çok azı bilimsel kazı çerçevesinde çalışılmaktadır. Arkeolojik kazısı yapılan yerleşmeler arasından; kazı sonuçlarının detaylı yayınları bulunan, farklı paleoçevresel veri setlerinin bilimsel yöntemlerle çalışıldığı, sonuçlarının bilim insanları ile paylaşıldığı yerleşme sayısı çok azdır. Bu nedenle gerçekleştirilen proje kapsamında ve proje çerçevesinde sağlanan teknik altyapı ile iki arkeolojik yerleşmede etmen-temelli toprak kullanım modeli uygulanmıştır. Bunlardan birincisi Çorum İli Uğurludağ İlçesi'nde bulunan ve ETÇ-III (GÖ 4400-4000) dönemine ait Resuloğlu yerleşmesidir. İkinci yerleşme ise Burdur İli Hacılar İlçesi'ndeki ETÇ-I (GÖ 5100-3900) Hacılar Büyük Höyük'tür. Her iki yerleşmede bulundukları bölgede yıllarca çalışmış arkeologlar tarafından 15 yıldır kazılmakta olan yerleşmelerdir. Farklı çevresel şartlara sahip yerleşmeler araştırma bölgesinin iki farklı ucunda olup sosyal ve ekonomik olarak birbirine benzemeyen şartlar içermektedir.

4.6.1 Resuloğlu Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modeli Sonuçları

Resuloğlu; Delice Vadisi'nde bulunan, Delice Çayı'nın Kızılırmak Nehri'ne kavuştuğu Kavşut Köyü'ne birkaç kilometre mesafede bir tepe üstü yerleşmesidir. Gerçekleştirilen projenin yürütücüsü 2016 yılından beri Resuloğlu Kazısı Başkan Yardımcılığı yapmakta, Delice Vadisi genelinde arkeolojik ve jeoarkeolojik yüzey araştırması yürütmektedir. ETÇ-III evresine (GÖ 4400-4000) ait tepe üstü yerleşmesi yarıklı bayır (*badland*) olarak tanımlanan bir jeomorfolojik özellik göstermekte, civarında cips kayalar yoğun olarak bulunmaktadır. Günümüzde çok seyrek

ve otlardan oluşan bir bitki örtüsü gözlemlenmektedir. Vadi tabanından yaklaşık olarak 150 metre yüksekte bulunan yerleşmeden Delice Nehri ve taşkın ovası görülebilmektedir. ETÇ-III sonunda yerleşimin son bulduğu Resuloğlu'nda yaklaşık bin yıl aradan sonra Demir Devri başında (GÖ 3000) kısa süreli bir yerleşme daha tespit edilmiştir. Resuloğlu'nun esas yerleşmesi olan ETÇ-III evresinde yapılan arkeolojik kazılarda 15 odalı ve ayrı bir duvar ile yerleşmenin genelinden ayrılan beyin evi, yaklaşık 4x4 metre boyutlarında 20 hane, ortada açık bir işlik alanı ve her biri yaklaşık bir ton kapasiteli 60'dan fazla tahıl silosu bulunmuştur. Silolardan ve hanelerin içindeki ocak ve fırınlardan ele geçen kömürleşmiş tahıllar analiz edilmiştir. ETÇ-III sonunda Mezopotamya'da varlığı tartışılan 4.2 dönemsel kuraklığının hemen öncesinde yerleşilen ve kuraklık evresinden sonra da yaşamın sürdüğü bilinen Resuloğlu yerleşmesi gerçekleştirilen proje açısından etmen-temelli toprak kullanım modelinin uygulanması için kapsamlı veri sağlamıştır. Burada yürütülen kazı ve yüzey araştırmalarından elde edilen sonuçların jeoarkeolojik açılardan değerlendirmesi ve ulaşılan ilk sonuçlar bu projenin bir çıktısı olarak yayınlanmıştır (Arıkan ve Yıldırım, 2018).

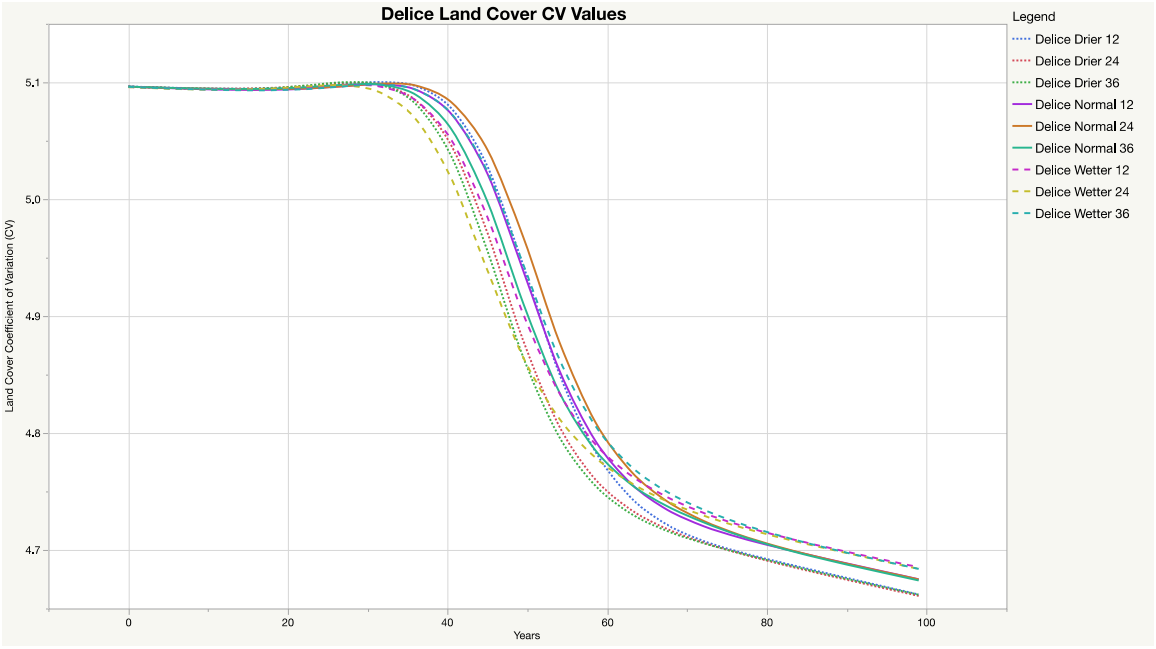
Eldeki veri setlerinden ETÇ-III evresinde çayır tipi bitki örtüsüne sahip olduğu bilinen Resuloğlu yerleşmesi için üç farklı iklim tipi hazırlanmıştır. 'Normal' olarak tanımlanan iklim tipi projede kullanılan MİM sonuçlarının, yerleşme civarındaki beş Meteoroloji istasyonundan alınan veri ile hazırlanmış halidir. MİM'in sağladığı yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinin %15 oranında değiştirilmesiyle 'Kurak' ve 'Yağışlı' iklim tipleri elde edilmiştir. Ayrıca, modelin farklı nüfus yoğunluklarının çevreye yapacağı antropojenik etkileri yansıtması için üç farklı nüfus yoğunluğu ile çalıştırılmıştır. Buna göre; 'Düşük' nüfus 12, 'Normal' nüfus 24, 'Yüksek' nüfus yoğunluğu ise 36 kişi ile başlayan simülasyonları ifade etmektedir. Üç nüfus yoğunluğu ve üç iklim tipi olmak üzere toplam dokuz senaryonun test edildiği simülasyonlar hem kısa (100 yıllık) hem de uzun (400 yıl süren ETÇ-III evresi boyunca) çalıştırılmıştır. Her bir senaryo, istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde etmek ve rastlantısallığı ortadan kaldırmak amacıyla 20 defa tekrarlanmıştır.

Kısım 3.4'te açıklandığı gibi; MML farklı antropojenik faaliyetlerin çevreye etkilerini bu faaliyetler sonucunda ortadan kaldırılan bitki örtüsünün yoğunluğu olarak ifade eder. Yoğunluktaki değişim birimsiz bir değer olan varsyasyon katsayısı (*coefficient of variation, CV*) kullanılarak, standart sapmanın ortalamaya bölünmesi ile hesap edilir. Buna göre, simülasyon başında hesaplanan çayır tipi bitki örtüsü CV değerinin simülasyon sonunda ulaştığı CV değeri hesaplanarak bitki örtüsündeki yoğunluk değişimi ortaya çıkarılır. Bu değişim sadece ne kadar bitki örtüsünün ortadan kaldırıldığını göstermez aynı zamanda yerleşmenin civarındaki

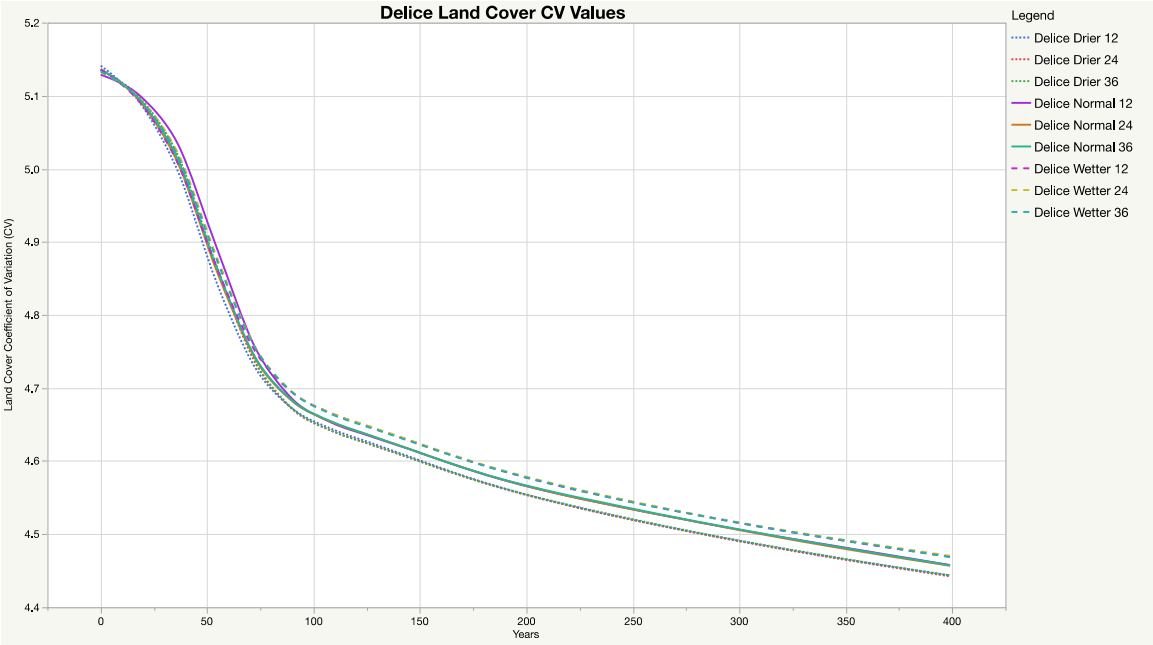
biyoçeşitlilik değişiminin de bir göstergesi olur. Çayır tipi bitki örtüsünün basitleştirilmiş döngüsü bir tablo olarak verilmiştir (Tablo 5). Resuloğlu yerleşmesindeki kısa süreli (100 yıllık) simülasyonlar bitki örtüsü yoğunluğunun iki evreli olarak değiştiğini göstermektedir (Şekil 50). Başlangıç CV değeri 5.1 olan bitki örtüsü yaklaşık 40. yılda düşüşe girmekte ve 60. yıldan itibaren 4.72 civarında bir CV değerinde plato yapmaktadır. Sonuçlar arasında nüfus yoğunluğu ve iklim tipleri açısından bazı farklar bulunsa da belirgin bir farklılık göze çarpmamaktadır. Bu durumda simülasyonlardaki temel farkın süre (çevrenin ne kadar zaman için antropojenik etkiye maruz kaldığı) öne çıkmaktadır. Uzun süreli (400 yıllık) simülasyonlarda bu fark belirgin hale gelmektedir (Şekil 51). Bu simülasyonlarda 5.1 civarında başlayan CV değeri hızla düşüşe geçerek yaklaşık 100. yılda 4.65 CV değerine ulaşmakta ve 150. yıldan itibaren sürekli olarak hafif bir düşüş eğilimi göstermektedir. Simülasyonlar sonunda 4.4 civarında bir CV değerine ulaşılmaktadır. Uzun süreli simülasyonlarda da nüfus yoğunluğunun veya iklim tipinin ayrıştırıcı bir etkisi tespit edilmemiştir. Kısa süreli simülasyonlar ile karşılaştırıldığında, uzun süreli simülasyonlarda antropojenik etkinin bitki örtüsünde daha hızlı değişimlere yol açtığı, bu değişimlerin yerleşme civarındaki biyoçeşitliliği önemli ölçüde düşürdüğü gözlemlenmektedir. Tarım, hayvancılık, odun toplama gibi faaliyetlerin etkilerini yansıtan bitki örtüsü yoğunluğu değişimi bu nedenlerle önemli bir ölçüttür.

tki Örtüsü Tipi	Geçerlilik Yılı	Bitki Örtüsü Tipi	Geçerlilik Yılı
Bitki örtüsüz toprak	0	Çim yoğun step ve seyrek çalı	17
Çok seyrek çim	2	Çim yoğun step ve orta seyrek çalı	20
Orta seyrek çim	4	Çim yoğun step ve çalı	23
Orta yoğunlukta çim	6	Çim yoğun step ve çalı	25
Çim	8	–	–
Orta yoğunlukta çim ve seyrek otlar	10	–	–
Orta-yoğun çim ve otlar	12	–	–
Çim yoğun step	14	–	–

Tablo 5. Çayır bitki örtüsünün basitleştirilmiş döngüsü.



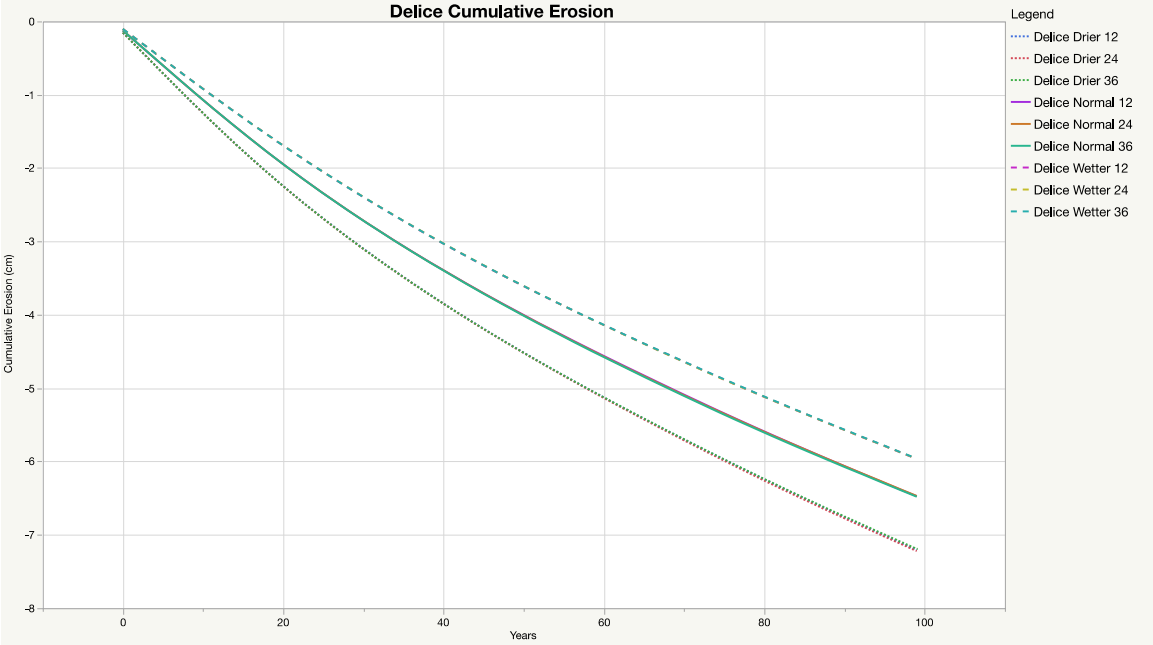
Şekil 50. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



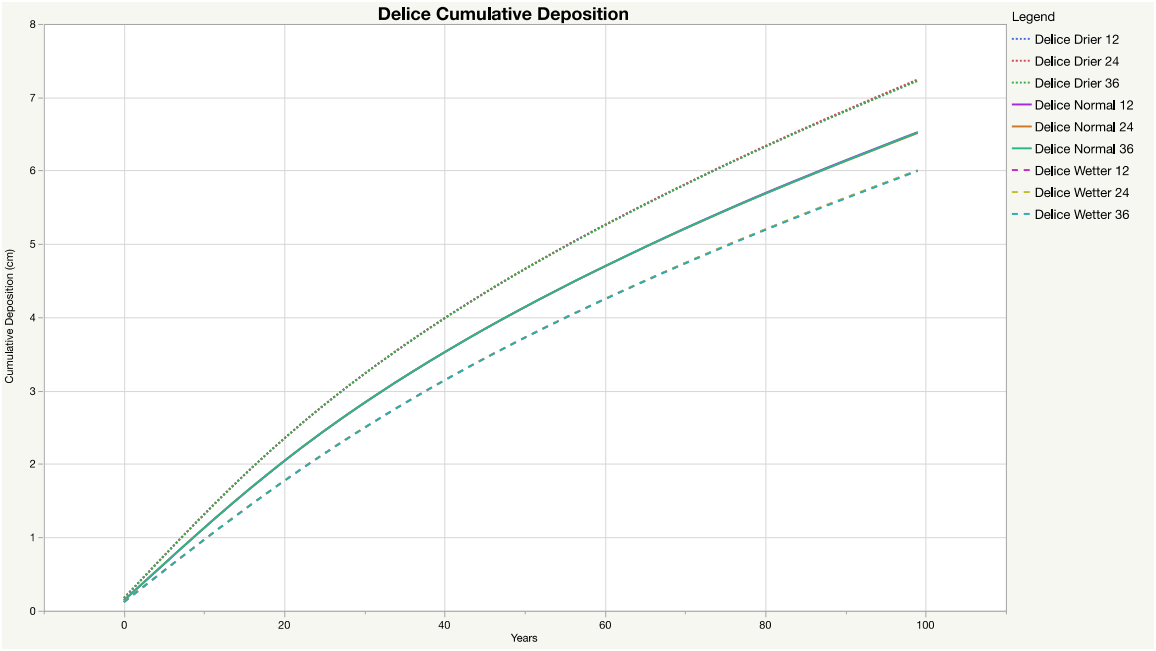
Şekil 51. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

Resuloğlu simülasyonlarının antropojenik etki ölçümündeki bir başka ölçütü yüzey süreçlerde (erozyon-yığılma) meydana gelen değişimlerdir. Bitki örtüsünün en etkin şekilde antropojenik etki ile ortadan kalkacağı, bunun da yerleşme civarındaki erozyon-yığılma oranlarını değiştireceği düşünüldüğünde, MML'in ortaya koyduğu sonuçlar özellikle farklı iklim tiplerinde çevreye insan etkilerinin hesaplanması açısından önem kazanmaktadır. Şekil 52 kısa süreli simülasyonlarda meydana gelen erozyon oranlarını, Şekil 53 ise bu simülasyonlardaki yığılma oranlarını göstermektedir. Erozyona uğrayan ve bunun sonucunda başka bir yere taşınarak yığılan sediman miktarı aynı olacağından her iki grafikte de maksimum değerler aynıdır. Grafiklerde süreden bağımsız olarak değerler arasında oluşan fark nüfus yoğunluğu değil iklim tipi tarafından belirlenmektedir. 'Normal' iklim tipinde 100 yılda yaklaşık 6.5 cm olan değer kurak iklim tipinde 7 cm'yi geçmektedir. Yağışlı iklimin daha az bitki örtüsü altında daha fazla sedimanı hareket ettirmesi beklenirken en düşük erozyon-yığılma değeri 6 cm ile bu senaryolarda gözlemlenmiştir. Uzun süreli (400 yıllık) simülasyon sonuçları yukarıdaki deseni değiştirmemiş, sadece erozyon ve yığılma miktarını 6-7 cm'den 14-16 cm aralığına çekmiştir (Şekiller 54 ve 55). Şekil 56'da ise 400 yıllık simülasyon sonucunda Resuloğlu yerleşmesi ve civarındaki sedimanın uğradığı kümülatif erozyon ve yığılma oranlarının haritası sağlanmıştır. Bu haritada görüldüğü

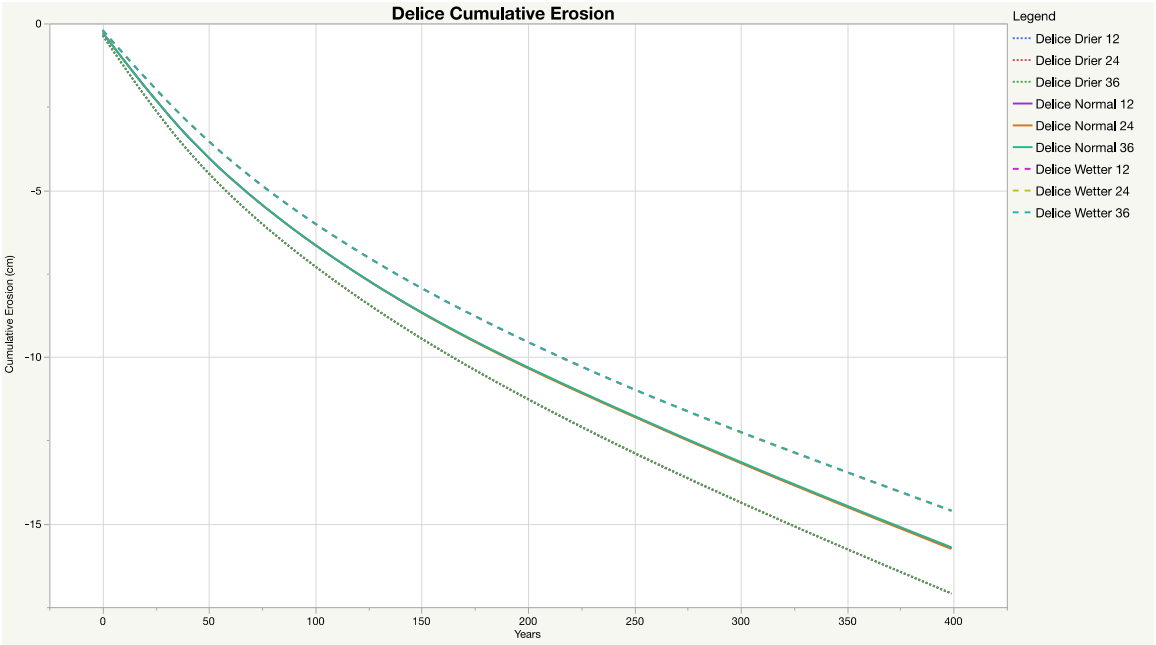
gibi, özellikle bölgenin doğusundaki yamaçlardan taşınan sediman Delice ve kollarının yardımıyla taşkın ovalarında depolanmıştır.



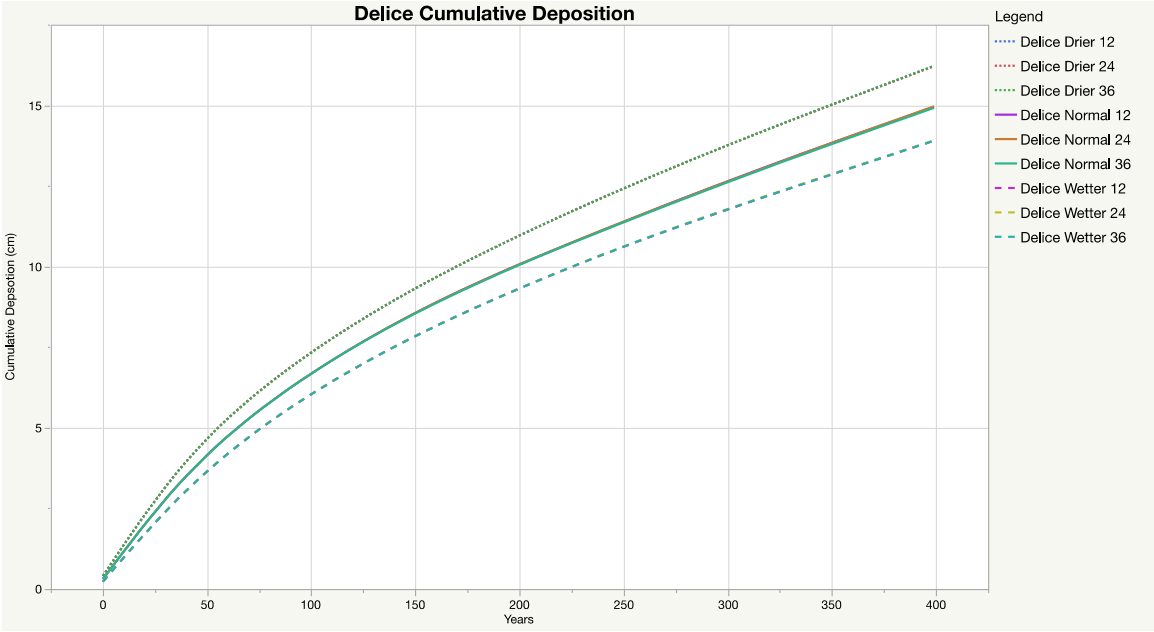
Şekil 52. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



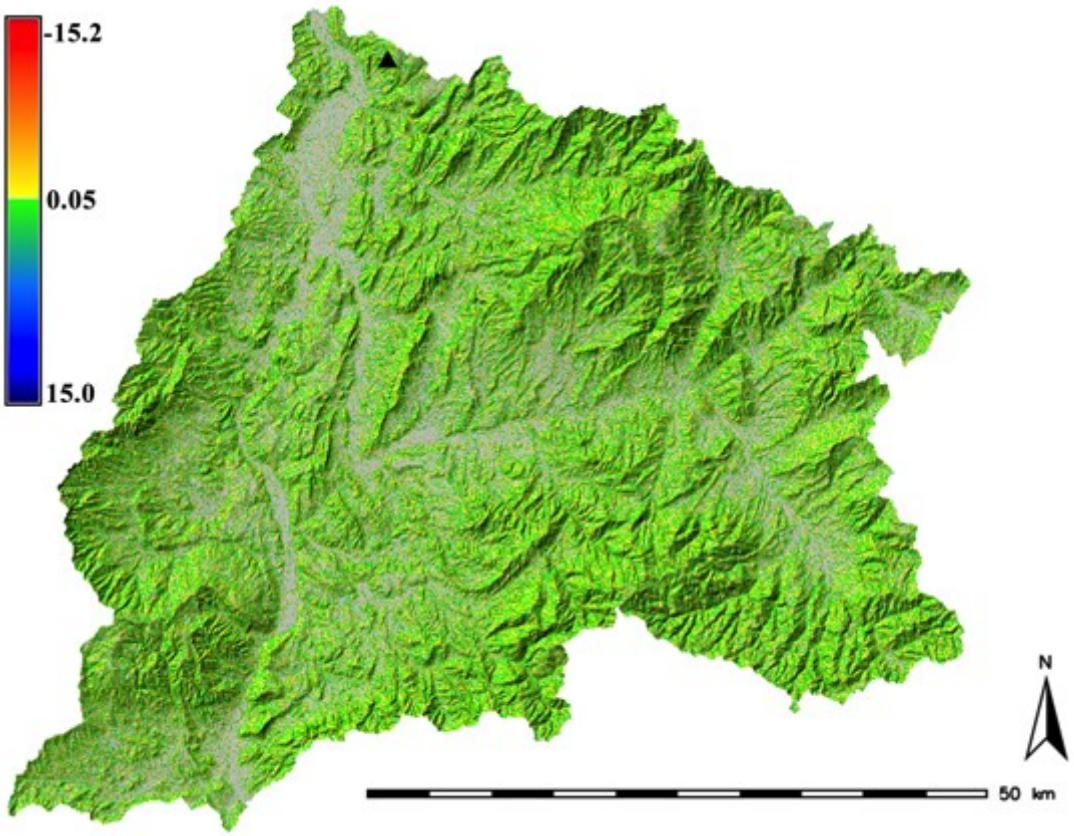
Şekil 53. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



Şekil 54. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



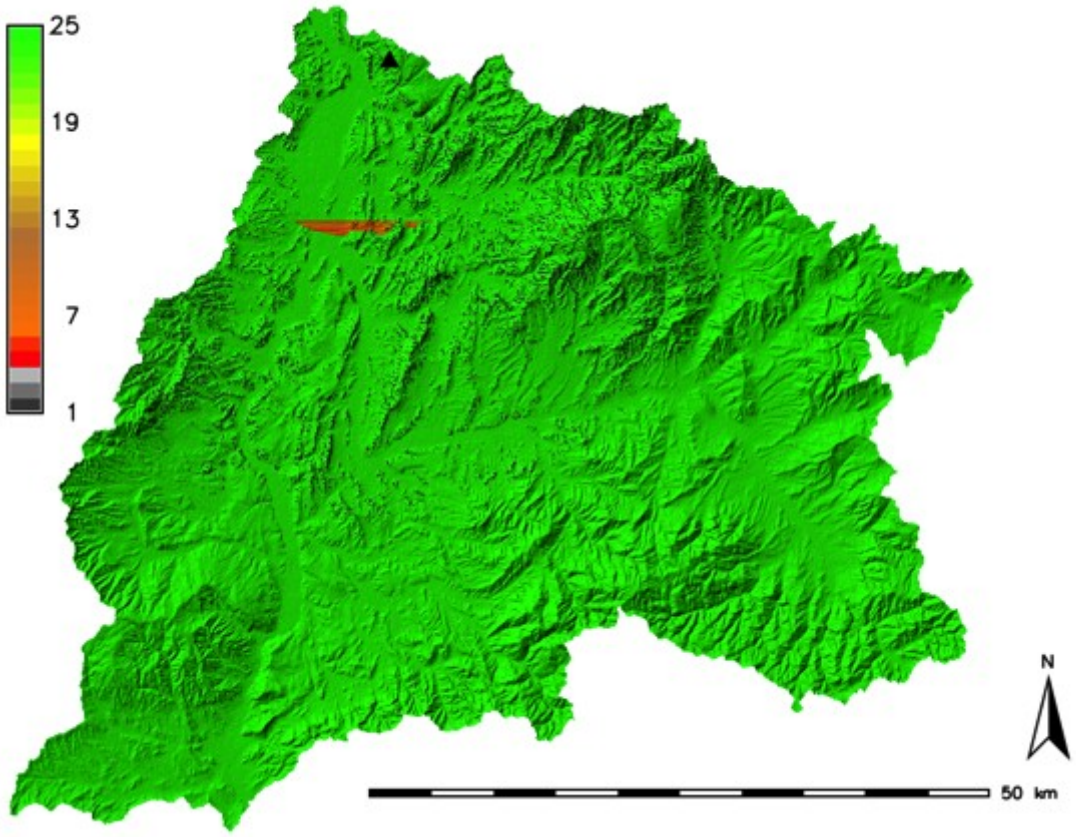
Şekil 55. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



Şekil 56. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait kümülatif erozyon-yığılma değerlerini gösteren harita.

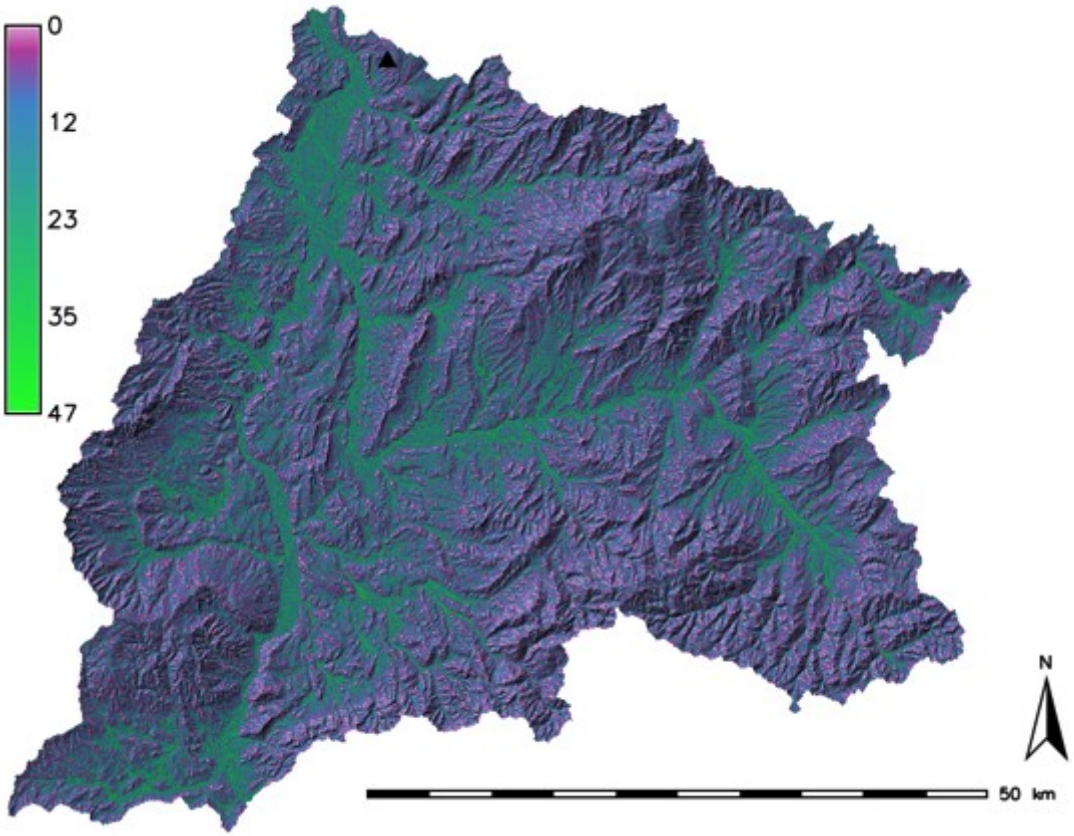
Resuloğlu yerleşmesinde 400 yıllık normal iklim şartlarında ve orta nüfus yoğunluğunda başlatılan simülasyon sonucunda Şekil 57'de verilen haritada bitki örtüsündeki değişim görülmektedir. Buna göre, tüm yeşil alanlar antropojenik etkiye uğramamış (Lejand değeri 25, yani tamamen çayır olarak kalan) alanlar olup diğer alanlar tarım, yakacak odun toplama ve veya hayvancılık faaliyetleri nedeniyle farklı bitki örtüsü yoğunluklarına sahip olmuştur. 400 yılın sonunda antropojenik etki altında değişen bitki yoğunluklarının kategorileri yukarıda verilen tablodan kontrol edilebilir. Resuloğlu yerleşmesindeki tarım faaliyetinin Delice Nehri'nin daha geniş olan ve yerleşmenin birkaç km güneyindeki taşkın alanında olduğu (haritada kırmızı renkli) ancak hayvancılık faaliyetlerinin yerleşmenin doğusundaki tepelere yayıldığı görülmektedir. Erozyon ve yığılma grafikerinde 400 yıllık simülasyonların 14-16 cm'ye ulaşması ve bitki örtüsünün CV değerindeki belirgin düşüşün esasen hayvancılık faaliyetlerinin artışına bağlı olduğu düşünülmektedir. Bulunduğu alanın topografik ve jeolojik şartları nedeniyle ekonomisini

uzun süreçte yoğun tarım faaliyetine bağlayamayacağı açık olan Resuloğlu yerleşmesinde hayvancılığın rolünün büyük olduğu açıktır.



Şekil 57. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda bitki örtüsündeki değişimi gösteren harita. Lejand; normal iklim türünde ve orta nüfus yoğunluğunda çayır tipi bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri gösterir. Lejand'daki değerlerin bitki örtüsü olarak karşılığı Kısım 4.6.1'de verilen tablodan görülebilir. Siyah üçgen yerleşmenin yerini göstermektedir.

Bu değişimler sonucunda Resuloğlu yerleşmesi civarında 400 yıl sonunda toprak kalınlığında meydana gelen değişimi gösteren harita Şekil 58'de verilmiştir. Yarıklı bayır ortamında özellikle tepelerde hayvan otlatma faaliyeti sonucunda taşınan sedimanın Delice'nin yataklarında taşındığı ve taşkın ovalarında yığıldığı açıktır.



Şekil 58. Resuloğlu yerleşmesinde yapılan 400 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda toprak kalınlığındaki değişimi gösteren harita. Lejand; normal iklim türünde ve orta nüfus yoğunluğunda çayır tipi bitki örtüsünde toplam toprak kalınlığında meydana gelen değişimi gösterir. Siyah üçgen yerleşmenin yerini göstermektedir.

4.6.2 Hacılar Büyük Höyük Etmen-Temelli Toprak Kullanım Modeli Sonuçları

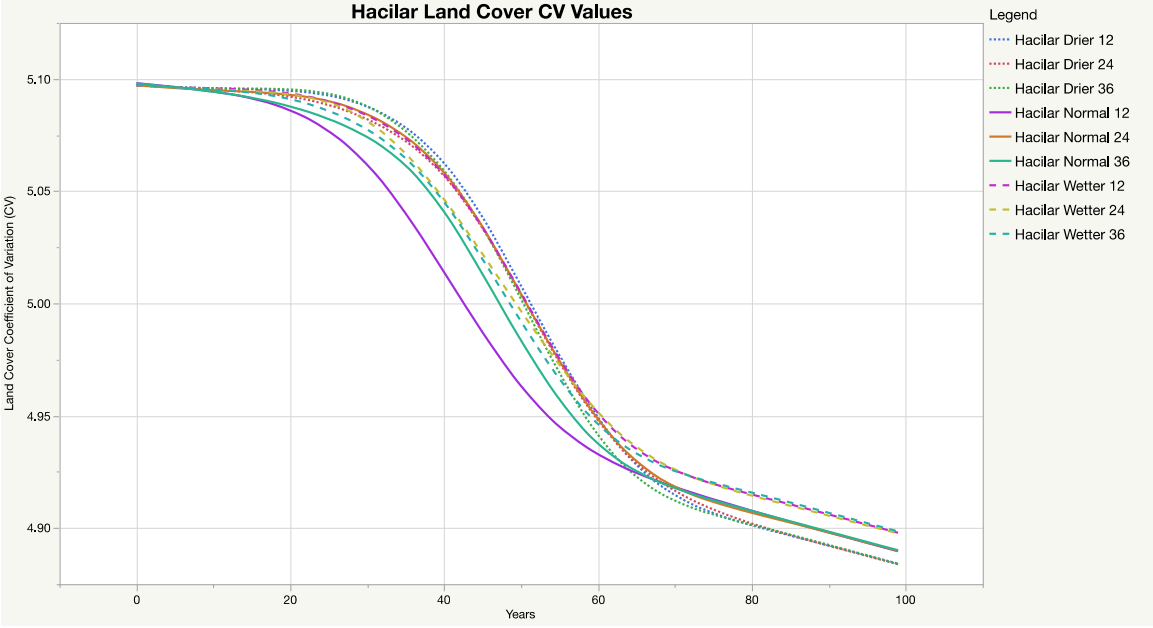
Hacılar Büyük Höyük Burdur Gölü'nün hemen güneyinde, 1960'lı yıllarda İngiliz arkeolog James Mellaart'ın kazdığı Hacılar Höyüğü'ne yaklaşık 400 metre mesafede bir höyüktür. İstanbul Üniversitesi Kazısı olan Hacılar Büyük Höyük Toros dağlarının eteğinde uzana düzlükte, dağlardan inen bir akarsuyun oluşturduğu eski bir nokta bar (*point bar*) önünde yer alan bir yerleşmedir. Civarda ağırlıklı olarak kireçtaşı hakimdir. Bugün bitki örtüsü maki tipindedir. Ovada bulunan Hacılar Büyük Höyük'te yapılan arkeolojik kazılarda Höyük sınırını çevreleyen kazemat adı verilen bir sur sistemi ortaya çıkarılmıştır. Kazemat yaklaşık olarak 10x4 m boyutlarında odaya verilen isim olup uzun duvarların ortak kullanımı ile birbirine bitişik düzende inşa edilen bu odalar hem savunma amaçlı bir duvar oluşturmakta hem de yaşam alanı, depo gibi işlevler üstlenmektedir. Bugüne kadar yapılan kazılarda, kazematlı sur sisteminin gerisinde, Höyüğün

orta alanında birkaç megaron tipi yapı ortaya çıkmışsa da orta alanın yerleşme planı netlik kazanmamıştır. ETÇ-I evresinde (kal. GÖ 5100-3900) yerleşilen Hacılar Büyük Höyük'te şu ana kadar en belirgin olarak tespit edilen evre budur. Ancak, bir höyük formasyonu olması nedeniyle alt kotlarda daha erken evrelerin varlığı beklenmektedir. Kazematlı sur sisteminin ne kadarının yerleşim için ne kadarının depo amaçlı kullanıldığı kesin olarak bilinmemektedir. Bu durumda bazı varsayımlar yapılmış ve hane/depo alanı oranı yarı yarıya olarak tespit edilmiştir. Sur sisteminin batı tarafında ve sur duvarına yakın bir noktada istinat duvarına benzer bir yapı bulunmuşsa da detaylı çalışmalar henüz gerçekleştirilmemiştir. Bu istinat duvarının önünde çakıllı ve kumlu dolgunun varlığı bir sel dolgusunu akıllara getirse de bunun farklı açılardan değerlendirilmesi gereklidir. Gerçekleştirilen projenin yürütücüsünün denetiminde bir yüksek lisans tezi ile Hacılar Büyük Höyük ve civarının jeoarkeolojik ve jeomorfolojik değerlendirmesi yapılacaktır. Bölgede TÜBİTAK destekli bir paleoçevre ve jeoarkeoloji araştırma programı başlatmak için yürütücünün 2019 yılı birinci döneminde SOBAG'a yaptığı proje başvurusu 'ar-ge içermediği' için değerlendirmeye alınmamıştır. Bu nedenle başka TÜBİTAK programlarından destek arayışı sürmektedir.

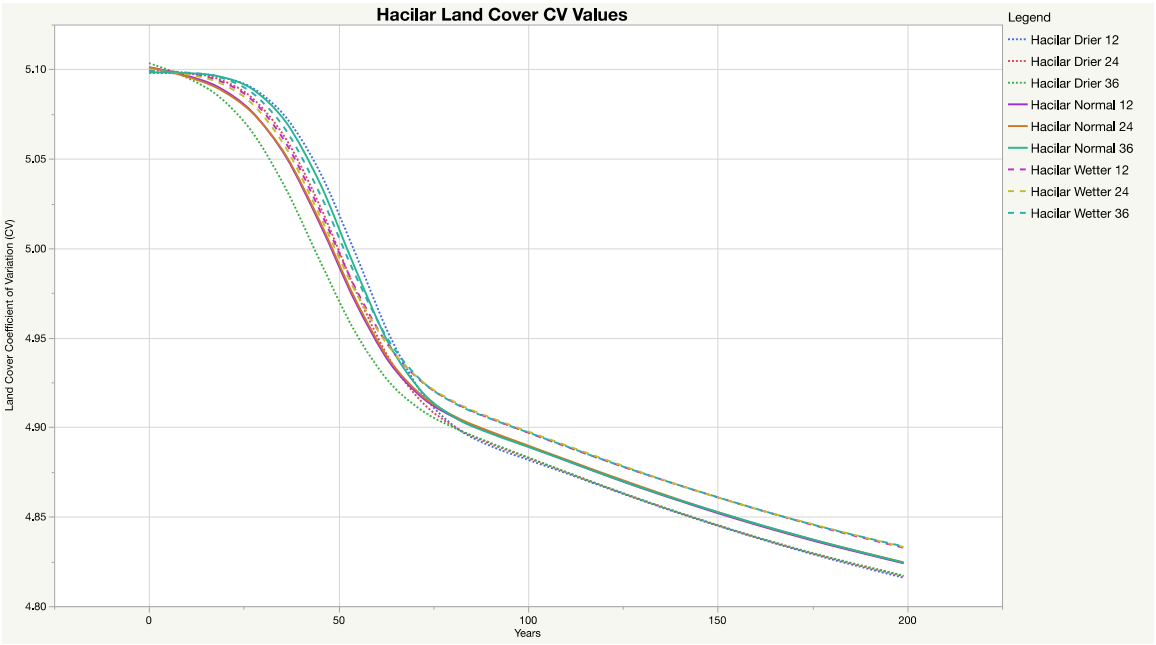
Hacılar Büyük Höyük simülasyonları da Resuloğlu simülasyonları ile aynı düzeni takip etmektedir. Buna göre; Hacılar Büyük Höyük'te de üç farklı nüfus yoğunluğu, Höyük civarındaki yedi istasyondan elde edilen veri setlerinin MİM ile çalıştırılmasına dayanan üç iklim tipi hem kısa (100 yıllık) hem de tüm ETÇ-I evresi (200 yıl) süresince çalıştırılmış olup her bir senaryo 20 defa tekrarlanmıştır. Hacılar Büyük Höyük civarındaki ETÇ bitki örtüsü henüz kesin olarak bilinmemektedir ancak yakındaki Sagalassos Arkeolojik Kazı Ekibinin Gravgaz Gölü'nde yaptığı sondajlardan elde edilen polen kayıtlarını projede araştırmacı olarak yer alan Dr. Öğr. Üy. Demet Biltekin kullanarak bitki örtüsü modeli geliştirmiş olup bölgenin bitki örtüsünü çayır tipi olarak tanımlamıştır ve etmen-temelli toprak kullanım modellerinde bitki örtüsü bu şekilde tanımlanmıştır.

Kısa simülasyonlarda 5.1 CV değeri ile başlayan bitki örtüsü 20. yıldan itibaren düşüşe geçmiş ve 60. yılda 4.9 CV değerinde plato yapmıştır (Şekil 59). Hacılar'da bitki örtüsü değişimi de iki aşamalı bir seyir izlemesine rağmen Resuloğlu'na göre daha düşük yoğunlukta seyretmektedir. Nüfus yoğunluğu ve iklim tipinin yine belirleyici olmadığı kısa süreli simülasyonlarda Hacılar Büyük Höyük ile Resuloğlu arasındaki farkın temel sebebinin yerleşmelerin bulunduğu topografya olduğu düşünülmektedir. Hacılar Büyük Höyük ovada, Resuloğlu ise yarıklı bayır formasyonunda yer almaktadır. Uzun süreli bitki örtüsü değişimi grafiği (Şekil 60) 20. yıldan itibaren 5.1 seviyesinden düşüşe geçen CV değeri 75. yıldan itibaren

plato 4.9 CV değerinde plato yapmış ancak simülasyon sonunda CV değeri 4.8'e kadar inmiştir. Resuloğlu'nda yapılan uzun simülasyonların Hacılar'dan bir kat daha uzun sürdüğü göz önüne alınsa da uzun simülasyonlarda da iki yerleşme arasında belirgin bir fark bulunmakta ve Hacılar Büyük Höyük iklim tipi, nüfus yoğunluğu ve bitki örtüsü gibi çevresel ve sosyal şartlar aynı tutulduğunda biyoçeşitlilikteki değişim açısından daha avantajlı bir durum sunmaktadır.

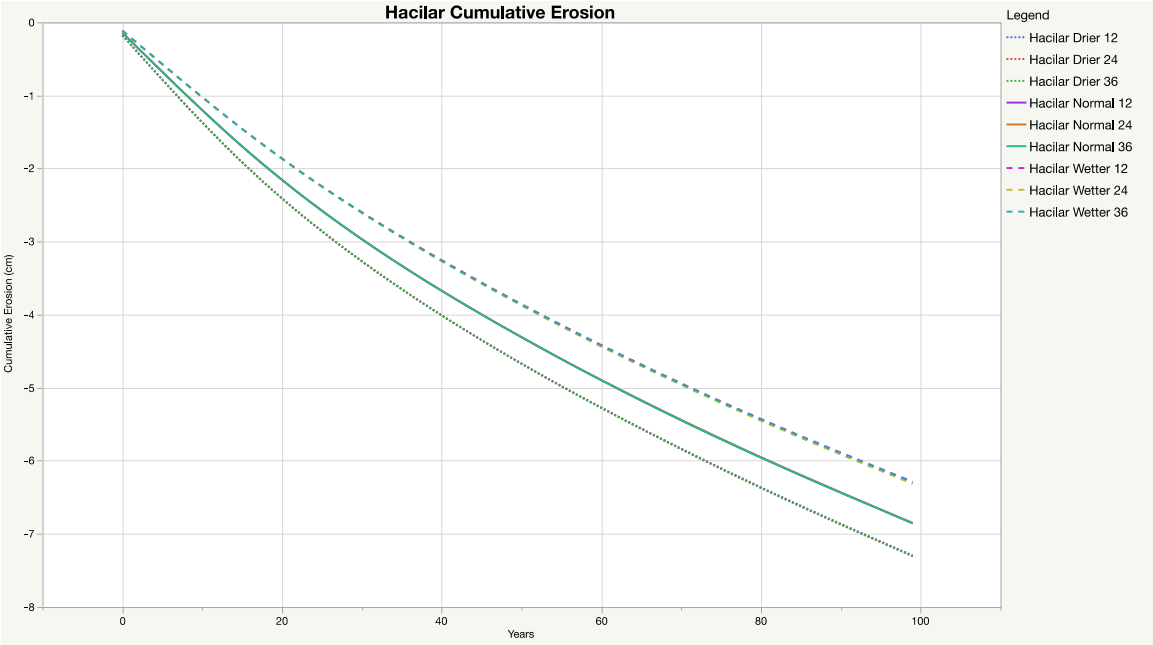


Şekil 59. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

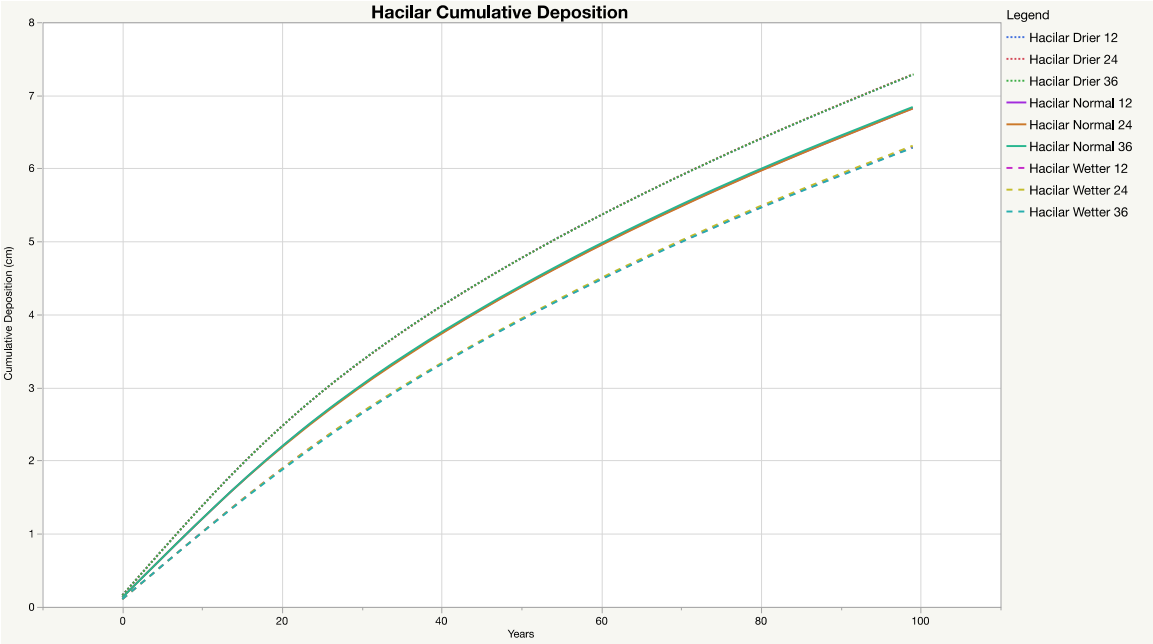


Şekil 60. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait çayır tipi bitki örtüsündeki yoğunluk değişikliğini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

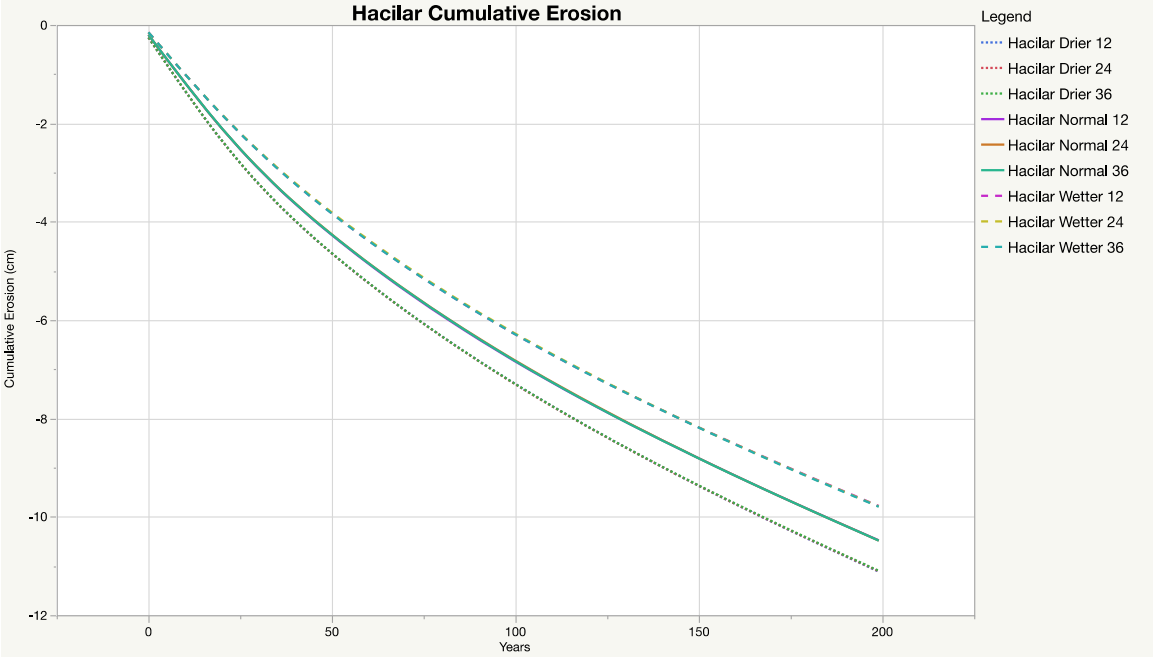
Hacılar Büyük Höyük çevresinde farklı nüfus yoğunlukları, antropojenik etki ve farklı iklim tipleri altında meydana gelebilecek olan erozyon-yığılma miktarları da hesaplanmıştır. Buna göre, kısa süreli simülasyonlarda (Şekiller 61 ve 62) 'Normal' iklim tipi yaklaşık 7 cm erozyon değeri oluştururken 'Kurak' iklim tipinde bu değer 7.2 cm, 'Yağışlı' iklim tipinde ise 6.2 cm olarak gerçekleşmiştir. Uzun süreli simülasyonların erosyon-yığılma miktarlarında meydana getirdiği değişiklik yine belirgin bir fark yaratmıştır (Şekiller 63 ve 64). 'Normal' iklim tipinde 10.2 cm olan erozyon oranı, 'Kurak' iklim için 11 cm, 'Yağışlı' iklim için 9.9 cm olarak hesaplanmıştır. Hacılar Büyük Höyük için gerçekleştirilen uzun süreli etmen-temelli toprak kullanım simülasyonlarında hesaplanan erozyon-yığılma değerleri Resuloğlu'na kıyasla daha düşük seviyelerde kalmıştır. Her ne kadar Hacılar Büyük Höyük'teki uzun simülasyonlar sadece 200 yıllık olsa da düz topografyanın etkileri yüzey süreçlerin de mütevazı sayılabilecek bir düzeyde değişmesine katkıda bulunmuştur. Şekil 65'de ise 100 yıllık simülasyonlarda sedimanın kümülatif erozyon ve yığılma miktarları ile yerlerini gösteren harita sağlanmıştır. Yerleşmenin içinde bulunduğu havzanın doğu ucunda, özellikle yerleşme civarında diğer düzlüklere kıyasla daha yoğun bir sediman hareketliliği görülmektedir. Ancak bölgenin genel olarak düzlük olan yapısı erozyon-yığılma oranlarını Resuloğlu'na oranla daha düşük seviyelerde tutmuştur.



Şekil 61. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

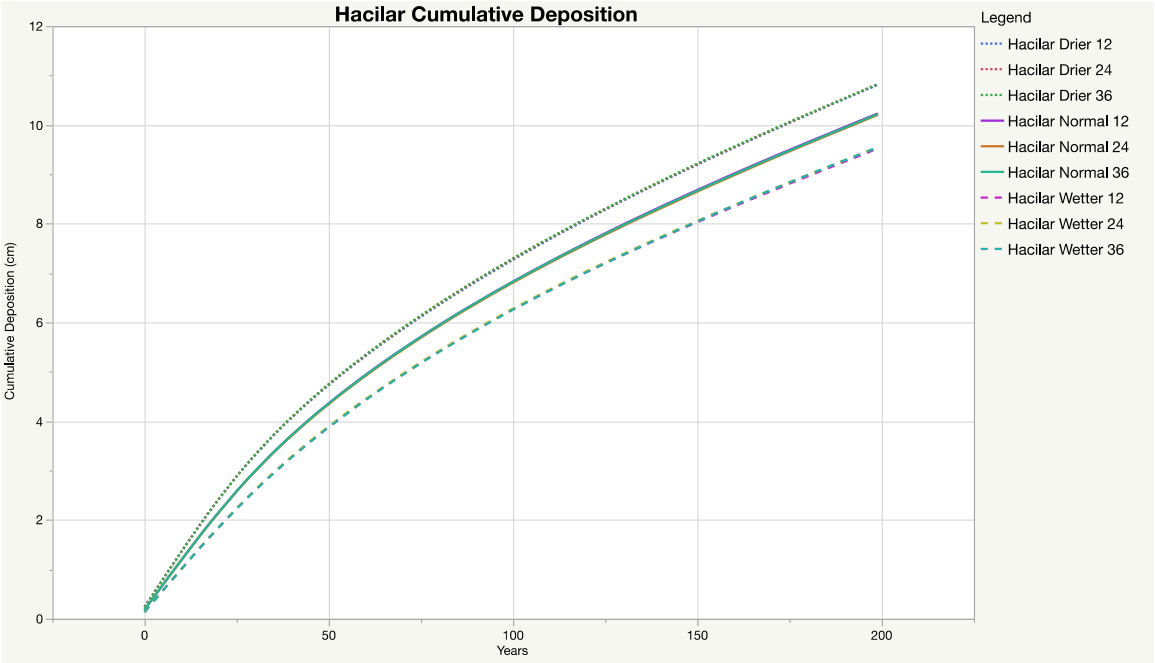


Şekil 62. Hacılar yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

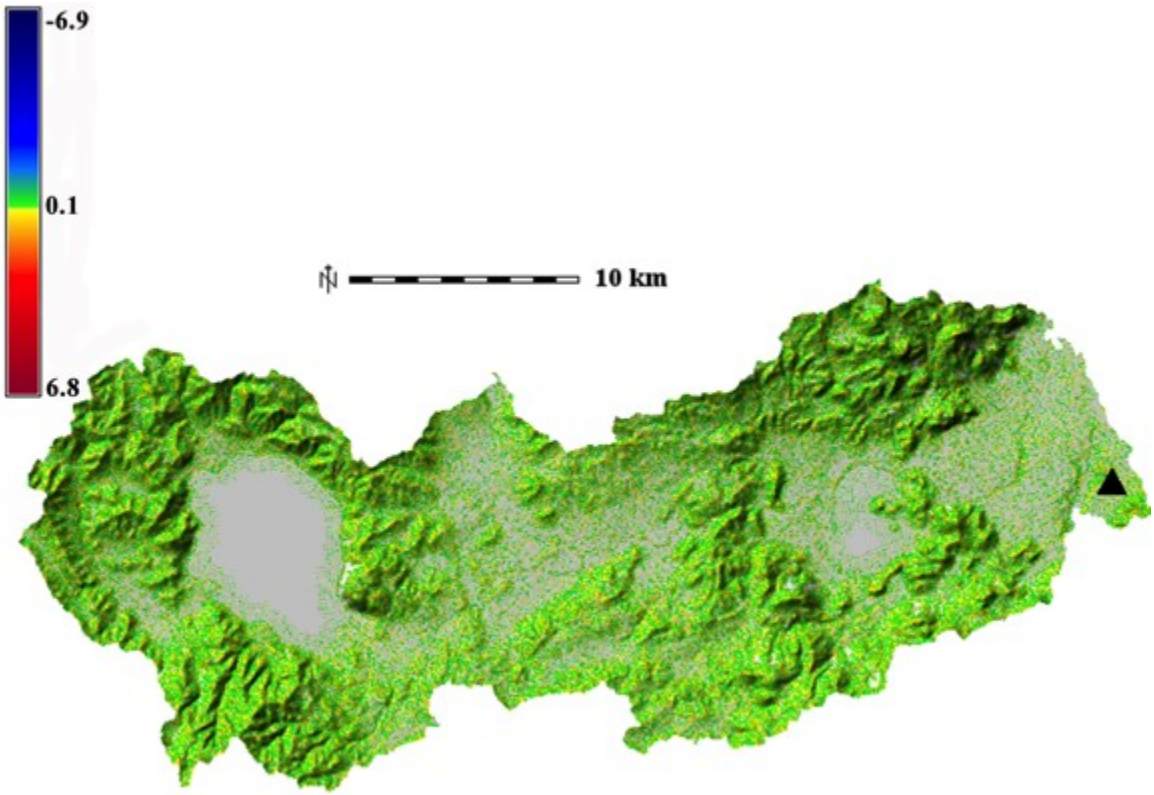


Şekil 63. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam erozyon değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.

,



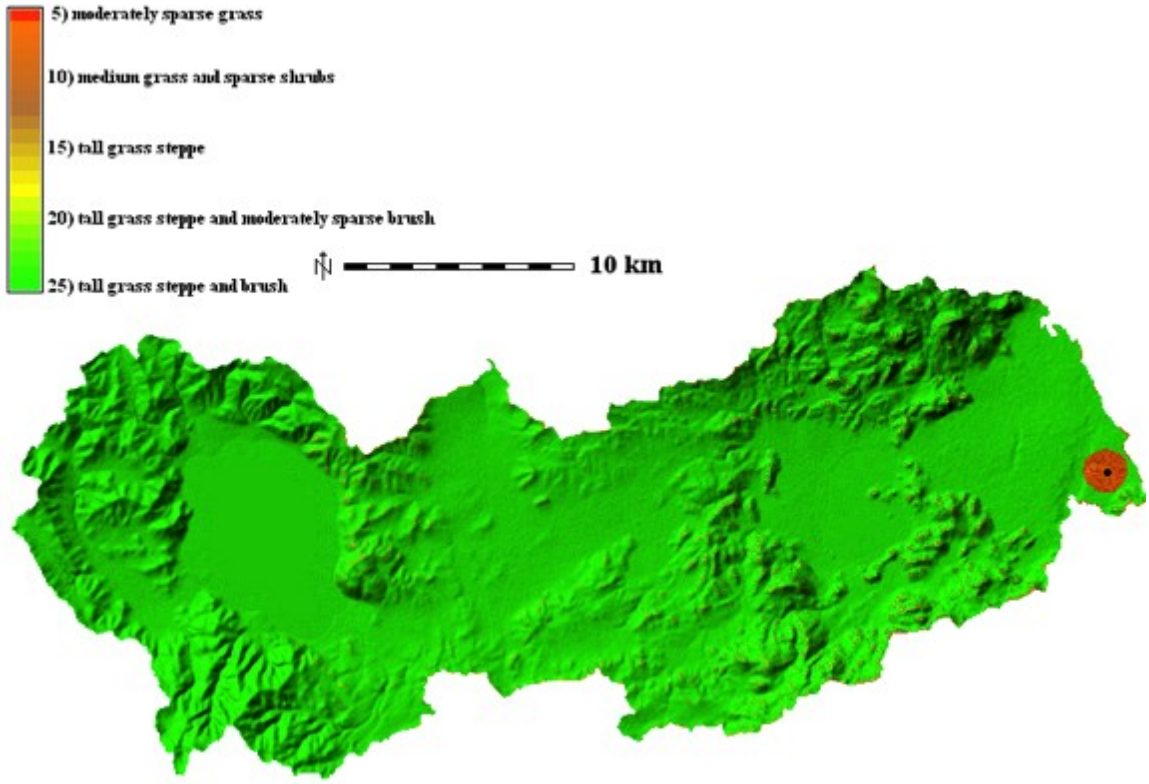
Şekil 64. Hacılar yerleşmesinde yapılan 200 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait toplam yığılma değerlerini gösteren grafik. Lejand, kurak-normal-yağışlı iklim türlerinde ve düşük-orta-yüksek nüfus yoğunluklarını ifade eder.



Şekil 65. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeline ait kümülatif erozyon-yığılma değerlerini gösteren harita.

Hacılar Büyük Höyük'te 100 yılda, normal iklim şartlarında ve orta nüfus yoğunluğunda gerçekleştirilen simülasyon sonucunda bitki örtüsü yoğunluğunda meydana gelen değişimi gösteren harita Şekil 66'da görülmektedir. Bu haritada, yerleşmenin etrafında kırmızı renkli bir antropojenik etki alanı görülmektedir. Bu etki alanı bugüne kadar farklı arkeolojik yerleşmelerde yapılan simülasyonlara benzemektedir. Tarım, hayvancılık ve yakacak odun toplama faaliyetleri yerleşmenin merkez alındığı bir daire içinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle Resuloğlu simülasyonları tamamen farklı bir durum gösterirken Hacılar Büyük Höyük simülasyonları genel duruma uygun bir desen ortaya koymuştur. Hacılar Büyük Höyük'te hayvancılık faaliyetlerinin, Resuloğlu'na kıyasla, yerleşmenin merkezinde gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca, Resuloğlu ile Hacılar Büyük Höyük'teki bitki örtüsü değişimi haritaları karşılaştırıldığında, ilkindeki bitkisiz

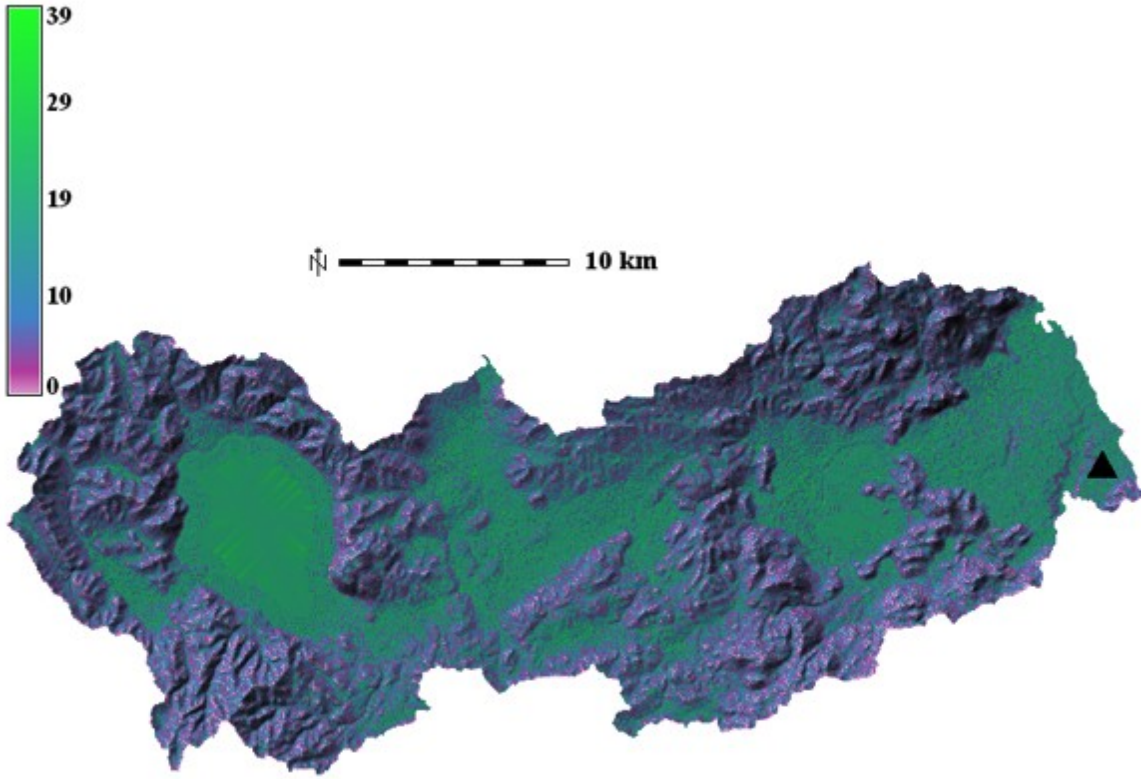
toprak veya çok düşük yoğunluklu bitki örtüsü olan toprak kategorilerinin (Lejand değeri 1-4 arası) bulunduğu ancak Hacılar Büyük Höyük'te lejandın 5'ten başladığı, yani bitki örtüsünün en yoğun antropojenik etkinin görüldüğü alanlarda bile belirli bir yoğunlukta olduğu görülmektedir.



Şekil 66. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda bitki örtüsündeki değişimi gösteren harita. Lejand; normal iklim türünde ve orta nüfus yoğunluğunda çayır tipi bitki örtüsünde meydana gelen değişimleri gösterir. Lejand'daki değerlerin bitki örtüsü olarak karşılığı Kısım 4.6.1'de verilen tablodan görülebilir. Siyah nokta yerleşmenin yerini göstermektedir.

100 yıllık simülasyon sonunda Hacılar Büyük Höyük civarında toprak kalınlığında meydana gelen değişimi gösteren harita Şekil 67'de verilmiştir. Buna göre simülasyonun yapıldığı alanda alçak tepelerle birbirinden ayrılmış üç düzlük olduğu görülmektedir. En doğudaki düzlükte Hacılar Büyük Höyük yerleşmesi bulunmaktadır. Tüm düzlüklerde toprak kalınlığı artmıştır. Ancak, Hacılar Büyük Höyük yerleşmesindeki antropojenik faaliyetler sonucunda kendi

içinde bulunduğu düzlükteki yüzey süreçler toprak kaybını (bir yerden başka yere taşınan sedimanın yerleşmeden uzaklaşmasını) engellemiştir.



Şekil 67. Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde yapılan 100 yıllık etmen-temelli toprak kullanım modeli sonucunda antropojenik etkiler sonucunda toprak kalınlığındaki değişimi gösteren harita. Lejand; normal iklim türünde ve orta nüfus yoğunluğunda çayır tipi bitki örtüsünde toplam toprak kalınlığında meydana gelen değişimi gösterir. Siyah üçgen yerleşmenin yerini göstermektedir.

5. TARTIŞMA / SONUÇ

5.1 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemlerinin Genel Değerlendirmesi

Gerçekleştirilen projede, hem modellerden hem de çoklu vekil veri-temelli paleoçevre kurgularından elde edilen sonuçlar Orta ve Güneybatı Anadolu'da GÖ 12.000-2600 arasında belirgin iklimsel ve çevresel değişimlere işaret etmiştir. Projenin en önemli sonuçlarından birisi bu değişimlerin vekil veri setleriyle farklı paleoiklim modellerinin sonuçlarından kısmen de olsa deneştirilmesi olmuştur. Mekânsal ve zamansal olarak ölçekleri (çözünürlükleri) farklı veri setlerinin paleoçevresel değişimler açısından deneştirilmesi ve bunlarda ortak olarak beliren

paleoiklimsel ve paleoçevresel desenlerin arkeolojik yerleşme sistemleri açısından değerlendirilmesi, gerçekleştirilen projenin en önemli amaçlarından birisiydi. Bu bağlamda, özellikle Erken ve Orta Holosen dönemleri arasındaki paleoiklimsel değişimleri, bunların paleoçevre üstündeki etkilerini daha açık bir şekilde ortaya koymuş bulunmaktayız. Erken Holosen süresince (özellikle ikinci yarısında) yağıştaki düşüş ve sıcaklıktaki genel artışın Orta Holosen'deki koşulların temelini hazırladığını söyleyebiliriz. Her ne kadar paleoiklim modelleri farklı desenler sunsa da paleoiklim açısından genel eğilim bu yöndedir ve bunlar güvenilir yaş-derinlik modeli olan vekil veri setleri tarafından da teyit edilmektedir. Bu dönemde araştırma bölgesinde giderek artmakta olan bir yerleşme yoğunluğu tespit edilmiştir. Erken Holosen ile ağırlıklı olarak yerleşik düzene geçmeye ve evcilleştirme, tohum ıslahı gibi zaman ve emek yoğun işlerle meşgul olan insan gruplarının önce açık hava yerleşmeleri ardından Neolitik Dönem'de ilk köyler ve Kalkolitik ile ilk kasabaların ortaya çıktığını, proje kapsamında toplanan veriden hazırlanan dağılım haritaları net olarak ortaya koymaktadır.

Erken Holosen süresince artan yerleşme yoğunluğu ve özellikle Erken Holosen'in ikinci yarısından itibaren çeşitlenen ekonomik üretim modelleri (örn: hayvancılık modelinin ortaya çıkması), aynı zamanda paleoçevresel değişimlere sadece paleoiklim açısından değil antropojenik bakımdan da bakılması gerekliğini getirmektedir. Yerleşme sistemlerinde yoğunluğun artması aynı zamanda farklı yüzey tiplerinin de insan faaliyetlerine açılması antropojenik değerlendirmelerin yapılması gerekliğini daha ön plana çıkarmaktadır. Bunlara ek olarak, Kalkolitik Dönem'de insan gruplarının metal teknolojisini icat ettiği ve bunun için gerekli yakıt ihtiyacını yakın çevrelerindeki ormanlardan karşılandığı düşünülürse paleoçevreye antropojenik etkilerin ölçeğinin ve şiddetinin Erken Holosen'in ikinci yarısından itibaren (y. GÖ 7000'den itibaren) artması beklenmelidir. Elde edilen sonuçlara göre bu dönemde belirgin bir antropojenik etkiden bahsetmek mümkün değildir. Ancak, bu sonuç antropojenik etkinin yokluğu olarak algılanmamalıdır çünkü proje kapsamında değerlendirilen veri setleri bölgesel eğilimleri göstermekte ve Kalkolitik Dönem için bölgesel ölçek henüz çok üst seviyede kalmaktadır. Diğer bir deyişle, Kalkolitik Dönem'deki antropojenik etkilerin ölçeğinin yerel seviyede kaldığı, bunların ancak arkeolojik yerleşme bazında gerçekleştirilecek jeoarkeolojik araştırmalarla kanıtlanabileceği düşünülmektedir. Araştırma bölgesinde henüz böyle bir çalışmanın sonuçları yayınlanmamıştır. Ancak, yürütücünün daha önceki TÜBİTAK destekli Malatya-Arslantepe projesinde Kalkolitik dönemde başlayan sulu tarımın yerleşme civarındaki erozyonu çok az değiştirdiği tespit edilmiştir (Arıkan vd., 2016). Arslantepe'de ETÇ ile başlayan süreçte hayvancılığın giderek artması ve gerçekleştirilen simülasyonlarda otlak alanların Beydağları'nın

kuzey eteklerine kadar yayıldığı sonucunun elde edilmesiyle yerleşme etrafındaki erozyonun aniden birkaç kat daha fazla ölçülmesi farklı bir üretim modelinde (sulu tarım / hayvancılık) antropojenik etkilerin ne kadar farklı olabileceğini göstermiştir. Arslantepe'de gerçekleştirilen çalışmaya benzer araştırmaları bu proje kapsamında ele alınan bölgelerde de gerçekleştirmek üzere girişimlerimiz vardır (bkz. Kısım 5.4). Böylece antropojenik etkilerin yerel ölçeği çok daha sağlıklı değerlendirilebilecektir.

Paleoiklimsel ve paleoçevresel değişimler Orta Holosen ile birlikte farklı bir görüntü sunmaya başlar. Gerek paleoiklim modellerinin sonuçlarının kendi içinde farklılık göstermesi gerekse vekil veri–temelli paleoçevresel kurguların sonuçlarıyla yapılan deneştirmelerin hem benzerlikler hem de farklılıklar göstermesi bu dönemin paleoiklimi ve paleoçevresel değişimleri konularında yapılacak değerlendirmelerde araştırma bölgesi içindeki nüanslara daha dikkatli yaklaşılmasını gerektirmektedir. PV modeli sonuçları bölgesel kuraklıkların olabileceğine işaret etmekte ancak bunların daha net olarak tespit edilebilmesi için ölçek küçültme (*downscaling*) gerekmektedir. Giderek daha kuraklaşan bir Orta Holosen paleoiklimi ortaya koyan PV sonuçlarının genel olarak vekil veri setleriyle daha uyumlu olduğu gözlenmiştir. MİM sonuçları ise araştırma bölgesinin kuzeyi ve güneyi için farklı eğilimler sunmakta; örneğin 4.2 olayının Orta-kuzey Anadolu'da belirgin olmadığına işaret etmektedir. Buna karşılık, MİM sonuçları araştırma bölgesinin güney kısmında sıcaklık artışı belirtmektedir ve bu değişim özellikle palinolojik değişimlerle uyum göstermektedir.

Orta Holosen, arkeolojik olarak önceki döneme göre daha keskin değişimler içermektedir. Kalkolitik Dönem'de ortaya çıkan ve çok az sayıda olduğu düşünülen kasaba boyutundaki yerleşmelerin ETÇ ile giderek daha yaygın hale geldiğini arkeolojik kayıtlardan bilmekteyiz. Buna göre, özellikle Orta Anadolu'da topluluklara politik açıdan hakim olan beylerin ekonomik olarak ta faaliyetleri kontrol ettiğini düşünmemiz doğru olacaktır. Üretim faaliyetlerinin çeşitlendiği, teknolojilerin iyileştirilerek uygulama alanlarının toplumlararası ilişkilerle genişlediği ETÇ sonunda araştırma bölgesinde beylik sisteminden şehir-devletler sistemine geçiş görülmektedir. İlk şehir devletler (Hattush – Boğazkale, Karum-Kanes (Kültepe) – Kayseri, B/Purushattum (Acemhöyük) – Aksaray, Amkuwa (Alişar?) – Yozgat), coğrafi olarak belirli bir alana sıkışmanın getirdiği ekonomik ve demografik kısıtlamalarla kendi aralarında mücadeleye girişmiş ve bu süreç devam ederken Asur Ticaret Kolonileri (ATK) sayesinde, bu sosyo-politik aşamalardan çok daha önce geçerek imparatorluk seviyesine ulaşmış Mezopotamyalı Asur ile ilişkiler kurmuşlardır. Hem Anadolu şehir-devletlerinin kendi mücadeleleri hem de ATK ile kurdukları uzun mesafeli ticaret ağlarının sürdürülebilmesi çok daha yoğun üretim modellerini gerekli

kılmaktadır. Bu sosyo-ekonomik süreçlerden en iyi ihtimalle 1000 yıl daha önce geçen Güney Mezopotamya'nın ilk şehir devletleri (Ur, Uruk, vb.) yoğun üretim modellerini sulama kanalını icat ederek yılda birkaç ürün almayı başarmışlardır. Orta Anadolu'da ise yoğun üretim modeli ancak şehir devletlerin içine girdiği mücadeleden birisinin hem politik hem de ekonomik olarak güçlenerek çıkması, bölgenin üretime uygun arazilerinin bu güç altında kontrol edilmesi ve uzun mesafeli ticaret ağlarının da bu merkezi güce bağlanmasıyla mümkün olmuştur. Bu güç, Anadolu'nun da ilk imparatorluğu olan ve nüvesinin OTÇ'de atıldığı Hitit İmparatorluğu'dur.

Yoğun üretim modelleri, kısa zamanda çok daha fazla ürün elde etmeye, ürünün merkezde toplanarak merkezi yönetimin uygun gördüğü gruplara uygun gördüğü oranlarda yeniden dağıtılmasını ve elde kalan artı ürünün yine merkezi yönetimin uygun gördüğü işler için veya gerekli ham madde ve malların sağlanmasında takas için kullanılmasını içermektedir. Dolayısıyla, bu erken karmaşık toplumlarda yoğun üretim modelleriyle elde edilen artı ürün sadece merkezi yönetimi sosyal ve politik açılardan prestijli hale sokmakla kalmamakta aynı zamanda bir ödeme aracı işlevi de görmekteydi. ETÇ ile giderek önem kazanan ve araştırma bölgesinde yaygınlık gösteren yoğun üretim modeli OTÇ ve GTÇ boyunca önemini artırarak devam etmiştir. Yukarıda kısaca özetlenen hiyerarşik sosyo-ekonomik değişime eşlik eden bir diğer olgu alternatif sosyal organizasyon yapısının belirmesidir. Özellikle yoğun üretim modelinin iklimsel ve/veya coğrafi şartlar nedeniyle mümkün olmadığı bölgelerde, hayvancılık odaklı üretimin daha düşük nüfus yoğunluğuna sahip ve birbirine kan bağıyla bağlı aşiret sistemler tarafından gerçekleştirildiği bu sistemler ekonomik ve politik açılardan hiyerarşik sistemlerden farklıdırlar. Aşiret bağlantılarıyla idare edilen, üretim modelleri ağırlıklı olarak hayvancılığa dayanan, tarımı kendi ihtiyaçlarını görmek için yapan ve karar verme mekanizmalarında liderlik kurumunun ancak belirli zamanlarda (örn: belirli mevsimlerde) veya toplumun geniş bir kesimini ilgilendiren birkaç konuda belirgin olarak ortaya çıktığı heterarşik sistemlere araştırma bölgesinin tarıma daha az elverişli bölgelerinde (Örn: Delice Vadisi) veya iklimsel olarak hiyerarşik sistemlerin yoğun tarımsal üretimine imkan olmadığı dönemlerde görülmesi önemlidir. Böylece, sosyal olarak karmaşık yapıları sadece hiyerarşik sistemlere angaje etmemiş olmak sağlanırken insan topluluklarının –özellikle imparatorluk gibi karmaşık sistemlerin– ekonomik açıdan tehdit edildiği dönemsel kuraklık evrelerinde 'toplumsal çöküş' senaryolarına da alternatif bir yaklaşım sağlanmış olmaktadır. Hiyerarşi ve heterarşi sosyal karmaşıklık yelpazesinin iki ucu gibi görüldüğünde, ve bu iki uç arasında geliş-gidişlerin toplumların değişen çevre şartlarına uyum sağlamasına imkan verdiğini varsaydığımızda, Weiss ve diğer araştırmacıların çok yaygın olarak gördüklerini söyledikleri 4.2 kuraklık evresi ve bunun sonucunda meydana geldiğini iddia ettikleri

toplumsal çöküş olaylarını daha eleştirel olarak değerlendirmek önem kazanmaktadır. Bu konuda daha detaylı değerlendirme bir sonraki kısımda verilmiştir.

Orta Holosen arkeolojik yerleşme sistemlerinin bu arka plana dayanarak değerlendirilmesinde şüphesiz öne çıkan konu antropojenik etkilerin ölçeğidir. Erken Holosen için yerel ölçekte kaldığını savunduğumuz antropojenik etkilerin Orta Holosen'de ETÇ ile başlayan ve neredeyse 1500 yıl devam eden yoğun üretim sistemlerinde yerelden bölgesele değişen ölçekte gözlemleneceği açıktır. Nitekim, Beyşehir İşgal Fazı bunun vekil veri setlerindeki en net karşılığıdır. Orta Holosen başında araştırma bölgesinde giderek artan yerleşme yoğunluğu yukarıda değinilen sosyal, ekonomik ve politik değişimlerin sonucunda dalgalı bir seyir izler ve yerleşme sayıları OTÇ'den itibaren azalırken yerleşmelerin alanı genişler. Bu değişim GTÇ'de de takip edilir. Bunun sonucunda, daha büyük yerleşmelerin daha geniş alanları yoğun tarım üretimiyle etki altına aldığı, geriye kalan yerleşmelerde ise otlakların antropojenik etki getirdiği düşünülmektedir. Antropojenik etkiler sonucunda Beyşehir İşgal Fazı ve benzeri süreçleri Orta ve Güneybatı Anadolu'nun farklı yerlerinde beklemeliyiz ve bunların özellikle polen veri setlerinde açık bir şekilde görüleceğini düşünmekteyiz. Maalesef gerçekleştirilen projede tespit ettiğimiz durum, yaş-zaman modeli güvenilir çok az polen veri setinin bulunması, bu sonuçlara ulaşmamızda en büyük engel olarak karşımızda durmaktadır.

Orta Holosen yerleşme sistemlerinde yapılan analiz sonuçlarında paleoiklimsel şartlara bağlı ani bir değişim, çöküş, yok oluş gibi yorumlanacak herhangi bir desen bulunmamıştır. Yerleşme sistemlerindeki değişimler zaman içinde meydana gelen sosyal, ekonomik ve politik değişimleri yansıtmaktadır. MİM sonuçları ile beraber değerlendirildiğinde yerleşme sistemlerindeki değişimlerde çevresel şartlara bazı adaptasyonlar belirmiştir ancak bunlar büyük çaplı değildir. Öte yandan, PV modeli sonuçlarına göre arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin değerlendirilmesi için öncelikle PV modeli sonuçlarının ölçek küçültmeye tabi tutulması gereklidir zira şu andaki model sonuçları sadece üst ölçekten (bölgeler üstü) kıyaslamaya izin vermektedir.

5.2 Paleoiklimsel Değişimler ve Arkeolojik Yerleşme Sistemlerinin Rezilyans (Esneklik) Kavramı Açısından Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen projede uygulanan paleoiklim modellerinin sonuçları, özellikle MİM ve PV modellerinin farklı algoritmalara sahip olması nedeniyle, araştırma bölgesinde GÖ 12,000-2600 arasında meydana gelen iklimsel değişiklikler konusunda ortak bir desen sağlamamıştır. Özellikle PV ve MİM arasında Erken ve Orta Holosen'deki yağış rejimlerinin farklılığı ve sıcaklık değişimlerinde (bkz. Kısım 4.3) ortaklıklar tespit edilememesi paleoiklim modellerinin

sonuçlarının kendi aralarında bir kıyaslama yerine çoklu vekil veri-temelli paleoçevresel kurgularla kıyaslama yapılması gerekliliği ortaya çıkarmıştır.

Çoklu vekil veri-temelli paleoçevresel kurguların sonuçları ile paleoiklim modellerinin sonuçları birlikte değerlendirildiğinde Orta ve Güneybatı Anadolu'da Erken ve Orta Holosen dönemlerindeki iklimsel değişikliklerin hem vekil veri setleri hem de paleoiklim modelleri tarafından genel hatlarıyla saptandığı ortaya konmuştur. Bu proje gerçekleştirilmeden önce bu kapsamdaki karşılaştırmalar model sonuçları üstünden yapılmaktaydı. 18-22 Mart 2019 tarihleri arasında hem bu projede sağlanan hem de 2221 programında sağlanan destek ile Marsilya Üniversitesi öğretim üyelerinden Prof. Dr. Joel Guiot'nun davet edilmesiyle İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Üniversitesi Orman Fakültesi'nde gerçekleştirilen *"Polen Vekil Verisinden Paleoiklimsel Kestirimler Yapmak: Transfer Fonksiyonu ve Diğer Yöntemler Çalıştayı"* kapsamında aralarında Proje'de araştırmacı olarak yer alan Dr. Öğ. Üy. Demet Biltekin'in de bulunduğu katılımcılara güvenilir yaş-derinlik modeli olan polen kesitlerinden Bitki Fonksiyonel Tipleri hazırlanması ve bunlardan da paleoiklimsel dengenin ortaya konması yöntemleri konusunda kapsamlı bir eğitim verilmiştir. Bu çalıştay sonucunda; proje kapsamında olup güvenilir yaş-derinlik modeli sağlayan sadece birkaç polen kesitinden birisi olan Eski Acıgöl polen kayıtlarına Dr. Öğ. Üy. Demet Biltekin istatistiksel yöntemleri uygulayarak polen kayıtlarından paleoiklime ulaşmıştır. Böylece ülkemizde ilk defa bir bölgenin (Orta-Güney Anadolu) paleoiklim dinamikleri hem model (PV ve MİM) hem de çoklu vekil-veri temelli kurgulamalar ve Bitki Fonksiyonel Tipleri'ni içeren üç farklı yöntemle çalışılmıştır. Yapılan modellemeler ve model-veri kıyaslamaları sonucunda vekil veri setleri ile PV arasında daha yakın bir uyum tespit edilmiştir. Bu nedenle, yerel üstü ölçekte yapılacak paleoiklimsel kurgularda vekil veri setleri ile PV paleoiklim modeli sonuçlarının karşılaştırılması daha sağlıklı sonuçlar doğuracaktır. Öte yandan, PV paleoiklim modeli sonuçları ölçek küçültme yapılmadan kullanıldığında yaklaşık 300 km'lik gridler halinde değer sunmaktadır. Yani, PV modelinin sağladığı her bir yağış veya sıcaklık değeri 300x300 km'lik bir alan için geçerli olmaktadır. Bu alan, arkeolojik değerlendirmeler açısından çok büyüktür.

PV değerlerinin ölçek küçültme işlemi başlı başına bir proje olduğundan ve bu projede bu işlemler yapılmadığından, arkeolojik veri setlerinin değerlendirilmesinde MİM kullanılmıştır. MİM'in sinoptik (yerel ölçekte) olması dışında bir başka avantajı da sonuçların 100 yıllık zaman ölçeğinde sağlanmasıdır. PV'deki model çıktıları 6 saatlik olup yoğun bir veri düzenleme ve hesaplama gerektirmektedir. Ayrıca, bölgesel ölçekteki vekil veri-temelli paleoçevresel kurgulamalar ile yerel kurgulamalar kıyaslandığında, MİM sonuçlarının daha geçerli paleoiklimsel

desenler sunduğu anlaşılmıştır. Bu durum hem araştırma bölgesinde (Tecer Gölü'nde) hem de yürütücünün daha önce tamamladığı 113K826 no'lu projede (Arslantepe-Malatya) ortaya konmuştur. Bu sonuçlar göstermektedir ki MİM sonuçları ile arkeolojik yerleşmelerde yapılan jeoarkeolojik ve paleobotanik araştırmaların sonuçları birbirine yakınlık göstermektedir. Bu nedenlerle, yapılacak paleoçevresel kurgulamaların ölçeğini göz önünde tutarak PV veya MİM sonuçlarının kullanılması önem kazanmaktadır.

Esneklik (Rezilyans) Teorisi ekoloji alanında önemli olsa da (Walker vd. 2004; Gunderson 2000) son birkaç on yılda arkeoloji alanındaki uygulamaları da önem kazanmıştır (Redman ve Kinzig, 2003). Rezilyans Teorisi kısaca bir sistemdeki (en geniş anlamıyla Ekosistem'deki) değişimlere alt ve üst seviyeden adaptasyon sağlanacağı ve bu adaptasyonlar sırasında bazı değişimlerin meydana geleceğini önermektedir. Buna göre; değişimlere en alt seviyede verilen cevaplar bireyler tarafından geliştirilen kısa süreli uyum mekanizmalarıdır (Holling 2002; 1973). Bu adaptasyon mekanizmaları toplumun genelini henüz etkilemeyen ancak bireylerin yaşamlarını devam ettirmeleri için gerekli değişimleri içermektedir. Buna bir örnek olarak sulama sistemlerindeki değişimler gösterilebilir. Belirli bir bölgede, giderek artan kanal açma ve kanal muhafaza masraflarının (iş gücü, harcanan zaman, vb.) azaltılması için bireyler, toplumun geneline kıyasla, daha farklı yöntemler geliştirebilir. En alt seviyede, bireyler tarafından başlatılan uyuma yönelik bu mekanizmalar çevresel değişim gerektiren şartların ağırlaşmaması halinde kümülatif bir değişime yönelmez. Ancak, çevresel değişimin zaman içinde toplumun genelini tehdit eden seviyeye ulaşmasıyla en alt seviyede başlayan uyuma yönelik mekanizmalar toplum genelinde ilgi görebilir ve yayılabilir (Holling 2002). Yukarıdaki örnekle devam edecek olursak; bir bölgeden başlayıp toplumun tümünün yaşadığı coğrafyayı etkileyen çevresel değişimler sonucunda eski kanal açma ve muhafaza yöntemleri terk edilip o zaman kadar toplumun küçük bir kısmı tarafından kullanılan farklı yöntemler genele yayılarak yeni bir standart haline gelebilir. Böylece toplumun en alt seviyesinde, bireyler tarafından, kısa süreli veya toplumun küçük bir kısmının uyuma yönelik olarak geliştirdiği uyum mekanizmaları gerekli çevresel şartlar oluştuğunda en üst seviyede, toplumun geneli tarafından benimsenir ve uygulanır (Holling 2002). Rezilyans Teorisi'ne göre bu değişimler meydana gelirken sadece karar verme mekanizmaları değil toplumun sosyal, politik, ekonomik yapısı da değişime uğrar (Peeples vd. 2006; Holling 2002). Bu değişimler toplam dört döngü ile özetlenir: 'yayılma' (çevresel değişimin başlangıcı), 'yeniden düzenleme' (bireyler seviyesinde uyum mekanizmalarının ortaya çıkışı), 'büyüme' (uyum mekanizmalarının toplum geneline yayılması) ve 'koruma' (uyum mekanizmalarıyla eş güdümlü sosyo-ekonomik değişimler). Bu döngülerden

ikincisinde ve üçüncüsünde sosyal organizasyon daha gevşek (örn: beylik) bir haldeyken birinci ve dördüncüsünde daha katı (hiyerarşik) durumlar göstermektedir. Ayrıca, üretim potansiyeli ikinci ve dördüncü döngülerde daha yüksek seviyeye ulaşmaktadır.

Rezilyans Teorisi'nin arkeolojiye uygulandığı ilk örneklerden birisi olan Redman ve Kinzig'in (2003) çalışmasında bu döngüler GÖ 5500'den başlayıp 4000'de biten bir örnekle özetlenmektedir. Buna göre, Redman ve Kinzig Uruk şehir devletlerinin ortaya çıkışından itibaren oluşan sosyo-politik değişimlerin getirdiği üretim artışı ve nüfus patlamasının olumsuz çevresel etkilerini; bunlara önce bireyler tarafından getirilen çözümleri sonra da bu çözümlerin toplum tarafından nasıl yaygın olarak uygulandığını açıklamaktadır. Bu örneklerden yola çıkarak, Uruk şehir devletiyle başlayan döngünün Akad İmparatorluğu ile sona erdiğini, bu hiyerarşik sistemler altında üretim potansiyelinin Uruk ve Akad dönemlerinde en yüksek olduğunu, aradaki evreler olan Er Hanedanlık ve Cemdet Nasr dönemlerinde ise (şehir devletlerden bölgesel krallık ve imparatorluklara uzanan süreçte) nispeten daha gevşek olan üretim potansiyelinin daha mütevazi ölçülerde geçekleştiği açıklanmaktadır.

Rezilyans Teorisi'ni araştırma bölgesine uyguladığımızda ise Teori'nin geneli doğruluğunu korumakta ancak bölgesel farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Bu farklılıklar, proje çerçevesinde uygulanan etmen-temelli toprak kullanım modelleri sonuçlarından tespit edilebilir. Proje'de ETÇ-I ve III evrelerinde yerleşilmiş olan Resuloğlu ve Hacılar Büyük Höyük kendilerine özgü çevre (iklim, bitki örtüsü), topografik ve kültürel şartların modelleme ortamına taşınmasıyla simüle edilmiştir. Simülasyonlar hem kısa süreli (100 yıllık) hem de yerleşmelerin faal olduğu tüm süre için yapılmıştır. Yerleşmelerin kendine has şartları dışındaki tüm değişkenlerin sabit olduğu deney ortamlarında Hacılar Büyük Höyük ve Resuloğlu yerleşmelerinin hem antropojenik faaliyetlerin etki alanları hem de yarattıkları antropojenik etkinin şiddeti açısından farklı sonuçlar vermesi projenin en ilginç ve önemli sonuçlarından birisi olmuştur.

ETÇ-I (GÖ 5100-4900) evresinde yerleşilen Hacılar Büyük Höyük Göller Bölgesi'nde, araştırma alanının güney ucunda yer almaktadır. Sur sisteminin koruduğu yerleşme Resuloğlu'na göre topografik olarak daha stabil ancak bitki örtüsü yoğunluğu açısından benzer ortamda bulunmaktadır. Bölge; ETÇ-I evresinde Orta ve Batı Anadolu ile ticari bağları bulunan, kültürel açıdan hem yerel hem de bölgeler arası özellikler gösteren bir yerleşmedir. ETÇ-I evresinde bölgede kendi kendine yeten yerleşmelerin varlığı bilinmekte ve bunların beylik aşamasına geçmekte olduğu düşünülmektedir. Bu özellikleriyle de kendisinden yaklaşık 500 yıl sonra yerleşilmiş olan Resuloğlu'na benzemektedir. Benzer sosyo-politik süreçlerden geçmekte olan yerleşmelerden Hacılar Büyük Höyük'te antropojenik faaliyetler yerleşmenin hemen

etrafında bir etki alanı yaratmıştır. Yerleşmeye uygulanan etmen-temelli toprak kullanım simülasyonu sonuçları bitki örtüsü yoğunluğundaki değişimin Resuloğlu'na göre daha kısıtlı gerçekleştiğin, bu nedenle bitki örtüsü çeşitliliğindeki düşüşün daha sınırlı olduğu, simülasyonun yapıldığı havzada erozyon oranlarının da görece daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Rezilyans Teorisi'ne göre Hacılar Büyük Höyük 'yeniden düzenleme' evresinde yer almaktadır. Yerleşmedeki organizasyonun belirli bir seviyede olmasına rağmen hiyerarşik yapıya ait herhangi bir kanıtın olmadığı şartlar altında kendi kendine yeten üretimi amaçlayan modelin de bu döngünün bir parçası olduğu düşünülmektedir. Bu şartlar altında etmen-temelli toprak kullanım modellerinin sonuçları değerlendirildiğinde Rezilyans Teorisi'nin beklentileri karşılanmış olmaktadır.

ETÇ-III evresinde (GÖ 4400-4000), Hitit öncülü Hatti döneminde, beylik olarak yerleşilen Resuloğlu yarıklı bayır ortamı içinde yer alan bulunan 60'dan fazla silonun tahıl üretimine önem verildiğini gösterdiği bir yerleşmedir. Resuloğlu bir tepe üstü yerleşmesi olduğundan kapsamlı bir savunma sistemine ihtiyaç duyulmamış, kısmen istihkam edilen kesimlerde ise duvarın doğal şartlar sonucunda tahrip olduğu düşünülmektedir. Yapılan arkeolojik kazılarda, hanelerde dokuma tezgahlarının zaman içinde yoğunluk kazandığı gerçeği yerleşme genelinde ekonomik olarak hayvancılığın ağırlıklı bir hale geldiğine işaret etmektedir. Yapılan etmen-temelli toprak kullanım simülasyonlarının sonucunda bitki örtüsündeki değişimin biyoçeşitliliği belirgin ölçüde düşürdüğü, yarıklı bayır ortamı sonucunda zaten erozyonun yüksek oranda seyrettiği bir bölgede bitki örtüsü yoğunluğunun antropojenik faaliyetler sonucunda düşüş gösterdiği tespit edilmiştir. Simülasyonlar ayrıca, hayvancılık faaliyetinin etki alanının genişlediğine işaret etmektedir. Resuloğlu'nun bulunduğu Orta-kuzey Anadolu'nun bu dönemde içinden geçtiği sosyo-politik süreç göz önüne alındığında bunun Rezilyans Teorisi'ndeki 'yeniden düzenleme' evresinden 'koruma' evresine geçiş dönemi olduğu, bu gibi dönemlerde sosyal organizasyonun sonraki dönemlere kıyasla daha gevşek olduğu ancak üretim potansiyelinin giderek yükseldiği bilinmektedir (Holling 2002; Gunderson 2000). Bu şartlar göz önüne alındığında, simülasyon sonuçlarının özellikle hayvancılık faaliyetlerinin yoğunluğu ve çevreye etkisi bakımından Rezilyans Teorisi'nin beklentilerini yansıttığı düşünülmektedir.

5.3 Projenin Amaçları ve Araştırma Sonuçları Açısından Değerlendirilmesi

Gerçekleştirilen projenin amaçlarından birisi Erken ve Orta Holosen dönemlerine ait, araştırma bölgesinde bulunan arkeolojik yerleşmelerin bir veri tabanına kaydedilmesiydi. Bu amaç 4495 yerleşmenin kaydedilmesiyle gerçekleştirilmiştir. Projenin ikinci amacı araştırma bölgesinden elde edilen ve sonuçları yayınlanmış çoklu vekil veri setlerinin bir veri tabanında

saklanmasıydı. Hem arkeolojik veri setine hem de polen, izotop, kömür gibi vekil veri setlerine http://arkeoloji.demo.valuetics.com adresinden ulaşılabilmektedir. Bu web sayfası henüz genel kullanıma açılmamıştır. Koordinat girerek veya sağlanan harita üzerinde bir alan çizerek bu alanın içinde kalan farklı dönemlerden arkeolojik yerleşme ve polen, izotop, kömür gibi vekil veri setlerine ulaşmak, farklı derinliklerdeki karotların özelliklerini sorgulamak mümkündür. Bu veri tabanı projenin TÜBİTAK tarafından kabul edilmesini takiben genel kullanıma açılacaktır. İletişim bilgilerini kaydederek hesap oluşturacak kullanıcılar, istedikleri veri setlerini sorgulayıp görüntüleyecek ve sorgu sonuçlarını bir dosyada indirebileceklerdir. Böylece projenin bir başka amacı olan paleoçevre-kronoloji-arkeoloji veri setlerinin bilim insanlarına sunma/sağlama amacı da gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Gerçekleştirilen projenin dördüncü amacı sinoptik olan Makrofiziksel İklim Modeli'ni araştırma bölgesine uygulamak ve bunun sonuçlarını GCM türünden bir paleoiklim modeli ile kıyaslamaktır. MİM ve PV modelleri araştırma bölgesi için uygulanmış, sonuçların (yıllık ortalama yağış ve sıcaklık değerlerinin) 100 yıl ölçekte karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Bu karşılaştırmada her iki paleoiklim modelinin farklı prensiplere dayanması ve özellikle PV modelinin mekânsal çözünürlüğünün proje kapsamındaki imkanlarla yükseltilememesi daha sağlıklı bir karşılaştırmaya imkan vermemiştir. Paleoiklim modelleri yağış için farklı sonuçlar sunmaktadır. Yaz yağışları için PV Orta Holosen'de artış göstermekteyken MİM azalmaya işaret etmektedir. Kış yağışları için PV Orta Holosen'de hafif bir artışa işaret ederken MİM sonuçları düşüş göstermektedir. Yağış rejimlerindeki farklılıkların ardında paleoiklim modellerinin kullandığı algoritmaların farklılığının olduğu düşünülmektedir. Modellerin sıcaklık ile ilgili sonuçlarında benzerlikler görülmektedir. Her iki paleoiklim modeli de Erken ve Orta Holosen'de kışların daha ılıman yazların ise daha serin olduğuna işaret etmektedir. Bu benzerliğin ardında sıcaklık hesaplamaları için benzer algoritmaların olduğunu düşünmekteyiz. PV yıllık ortalama sıcaklık değerlerinde daha yavaş bir artışa işaret ederken MİM sonuçları bu değişkende belirgin bir değişim ortaya koymamaktadır. Kısa süreli sıcaklık hesaplamalarında paleoiklim modelleri farklı eğilimler göstermektedir. Örneğin, kal. GÖ 9000 Temmuz sıcaklıkları için PV ve MİM farklı değerler sunmakta olup bu farklılıkların paleoiklim modelleri arasında doğrudan kıyaslama yapmaya imkan vermediğini düşünmekteyiz. Bu nedenlerle paleoiklim modelleri ile vekil veri kıyaslamalarının daha sağlıklı sonuçlar sunacağını düşünmekteyiz.

Gerçekleştirilen projenin beşinci amacı Önasya'da 8.2 ve 4.2 gibi dönemsel kuraklık olaylarının araştırma bölgesinde de paleoiklim modellerinden gözlemlenip gözlemlenemeyeceğini anlamaktır. PV ve MİM sonuçlarının yağış değişkeni açısından

değerlendirilmesi sonucunda yukarıda değinilen dönemsel kuraklık evrelerinin tanımlanması kısmen mümkün olmaktadır. PV 8.2, 5.2 ve 4.2 için bazı değişimler gösterse de bunların şiddetinin ve etkilediği alanın daha doğru tespit edilebilmesi için model çıktılarının istatistiksel yöntemler kullanılarak ölçek küçültmesi (*downscaling*) gereklidir. MİM için ise yağış değişkeninde özellikle 4.2 civarında bazı sinyaller alınsa da bunlar araştırma bölgesinin kuzeyinde mevcut değildir. Sıcaklık için de benzer sorunlar ve endişeler geçerlidir. Bu nedenlerle, araştırma bölgesinde dönemsel kuraklık vardır veya yoktur demek için henüz erken olmakla beraber bu olayların araştırma bölgesini homojen olarak etkilemediğini söyleyebiliriz. Farklı paleoiklim modeli sonuçları farklı iklimsel eğilimlere işaret etse de bazı dönemsel kuraklıkların meydana gelip gelmediği, bunların etkilediği alanın genişliği ölçek küçültme yapıldıktan sonra daha net anlaşılacaktır.

Gerçekleştirilen projenin yedinci amacı belirli veri zenginliğini sağlayan arkeolojik yerleşmelere etmen-temelli toprak kullanım modelinin uygulanmasıdır. Çorum'daki ETÇ-III Resuloğlu tepe üstü yerleşmesi ve Burdur'daki ETÇ-I Hacılar Büyük Höyük yerleşmesinde uygulanan toprak kullanım modellerinde test edilen 18 senaryo ile bu amaç gerçekleştirilmiştir. Uygulanan model sonuçlarının paleoiklim ve paleoçevre veri setleriyle değerlendirilmesi ve rezilyans (esneklik) kavramı perspektifinden yorumlanması yapılmıştır. Böylece projenin sekizinci amacı da gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen projede ilk araştırma sorusu vekil veri setleriyle paleoiklim modellerinin sonuçları arasında bir uyum olup olmadığıdır. Bu soruda öne sürmüş olduğumuz hipotez özellikle dönemsel kuraklıkların hem vekil veri setlerinde hem de paleoiklim modeli sonuçlarında belirgin olacağıydı. Bu hipotez kısmen doğrulanmıştır. Özellikle Kısım 4.1'de verilen sonuçlar PV sonuçlarının vekil veri setleriyle sıcaklık açısından kıyaslanmasında uyum tespit edilememiş, yağış açısından yapılan kıyaslamalarda ise PV paleoiklim modeli sonuçları ile Salda, Nar, Hazar ve Van gölleri ile belirli bir uyum olduğu tespit edilmiştir. MİM sonuçları ile vekil veri setleri arasında özellikle yağış değişkeni açısından PV sonuçlarına göre daha yüksek bir uyum vardır ancak MİM'in zaman çözünürlüğünün PV'den düşük olması karşılaştırmanın daha sağlıklı olmasını engellemektedir. Bu sonuçlara göre, hem paleoiklim hem de vekil veri setleri araştırma bölgesinde özellikle Orta Holosen'den itibaren yağışta düşüş göstermekte ancak dönemsel kuraklık tespiti için özellikle yaş-derinlik modeli güvenilir vekil veri setinin (polen veya izotop) azlığı büyük bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. İnanıyoruz ki ülkemizin göllerinde sağlıklı yaş-derinlik modeli sunan vekil veri araştırmaları yapılmalı; ya eski veri setleri yeniden

değerlendirilmeli veya bilimsel bir program çerçevesinde bir elin parmaklarını geçmeyecek sayıda olan güvenli yaş-derinlik modeli sağlayan göllerin sayısı artırılmasıdır.

Gerçekleştirilen projenin ikinci araştırma sorusu dönemsel kuraklık evrelerinin araştırma bölgesinde gözlemlenip gözlemlenemeyeceğidir. Bu soruda öne sürdüğümüz ilk hipotez dönemsel kuraklıkların araştırma bölgesinde sadece kısmen gözlemlenebileceği, ikinci hipotez ise MİM sonuçlarının daha küçük alanlarda kuraklık göstereceği, üçüncü hipotez ise MİM sonuçlarının vekil veri setlerinde görülmeyen kuraklık evrelerini ortaya çıkaracağıydı. Bu sorudaki ilk hipotezimiz ilk araştırma sorunundaki tartışmada açıklandığı gibi, kısmen doğrulanmıştır. Güvenilir yaş-derinlik modeli olan vekil veri setleri çok az sayıda olmasına rağmen bunlardan bazıları Orta Holosen'deki genel kuraklık evrelerini bazıları ise (Nar Gölü ve Eski Acıgöl gibi) doğrudan dönemsel kuraklıkları göstermektedir. Ancak ikinci ve üçüncü hipotezlerimiz doğrulanmamıştır. MİM sonuçları araştırma bölgesinin farklı yerlerinde farklı iklim desenleri göstermiş ancak küçük alanlarda kuraklık veya Önasya'da tanımlanmamış olan yeni bir dönemsel kuraklık ortaya çıkarmamıştır.

Projenin üçüncü araştırma sorusu yerleşme sistemlerinde Erken ve Orta Holosen süresince meydana gelen değişimlerin iklim değişikliğine adaptasyon olarak değerlendirilip değerlendirilemeyeceğidir. Bu soruda öne sürdüğümüz hipotezlerden ilki sosyal organizasyonlarda heterarşik-hiyerarşik düzen geçişleri olacağı, ikinci hipotez ise bu geçişlerin üretim sistemlerinin değerlendirilmesinden yansıyacağıydı. Kısım 4.5'teki sonuçlar arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin ancak kısmen iklim değişikliğine adaptasyon olarak yorumlanabileceğini göstermektedir. Yerleşme sistemlerindeki değişimi belirleyen esas faktör, araştırma bölgesinin geçirdiği sosyal, ekonomik ve politik evrimdir. Orta ve Güneybatı Anadolu'nun Erken Holosen'de kendi dinamikleriyle gelişmesi ve Orta Holosen'in ikinci yarısından itibaren bölgeler arası iletişim ve ticaret ağlarına dahil olması sonucunda hiyerarşik sistemler (örn: Hacılar Büyük Höyük) daha yaygın hale gelmiştir. Ancak, Resuloğlu örneğinde olduğu gibi, bu sistemler ortaya çıkarken aşiret bağlarını koruyan, kendi kendine yeten ve çevresindeki diğer beyliklerle ticaret bağını koruyan heterarşik yerleşmeler de bilinmektedir (Arıkan ve Yıldırım, 2018). Bu nedenlerle, yerleşme sistemlerindeki orta veya uzun vadeli değişimlerin sadece birkaç faktör ile değerlendirilmesi, bölgesel çöküş gibi dramatik senaryoların doğrulanmaya çalışılması yerine havza bazında paleoiklimsel ve paleoçevresel değişimlerin kurgulanması ve bunların arkeolojik veri setleriyle objektif ve gerçekçi bir şekilde ele alınması varılan sonuçların bilimsel doğruluğunu artıracaktır.

Gerçekleştirilen projenin dördüncü araştırma sorusu iklim değişikliklerinin yüzey süreçlere olan etkisinin ne ölçüde olacağıdır. Bu soruda öne sürdüğümüz hipotezlerden birincisi bitki örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde erozyon-yığılma oranlarının çok daha fazla olacağı, ikinci hipotez ise bitki örtüsünün düşük yoğunluk gösterdiği yerlerde hayvancılığa dayalı üretim modelinin daha yaygın olacağıydı. Etmen*temelli toprak kullanım modellerinin sonuçları her iki hipotezimizi de doğrulamıştır. Resuloğlu gibi yarıklı bayır formasyonlarında yer alan yerleşmelerde simülasyon bireyleri giderek hayvancılığa dayalı üretim modellerini benimsemiş ve civardaki tüm tepeleri otlak olarak kullanmışlardır. Bunun sonucunda, aynı simülasyon denklemleriyle başlamalarına rağmen hem kısa hem de uzun dönemde Resuloğlu'ndaki toprak kullanım modelleri Hacılar Büyük Höyük'teki modellerin sonuçlarına göre daha yüksek erozyon-yığılma oranları göstermiştir.

5.4 Öneriler

Gerçekleştirilen proje; disiplinler arası bir yapıyla, farklı veri setlerinin ilgili uzmanları tarafından taranarak, bir kuramsal çerçeve altında belirli araştırma sorularının cevaplanabileceğini göstermiştir. Uygulanan yöntemler açısından hem doğa bilimleri hem de sosyal ve davranış bilimleri açısından ülkemizde öncül bir rol üstlenmiştir. Özellikle Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma Grubu'nun (SOBAG) bu gibi projeleri desteklemesi önemlidir. Hal-i hazırda ülkemizde yürütülmüş saha araştırmalarında çok çeşitli veri setleri oluşturulmuştur. Ancak, çok çeşitli sebeplerle bu veri setleri ya diğer araştırmacılarla paylaşılmamış veya buradaki gibi sentez odaklı projelerde toplanan veri setlerinin yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin bu proje kapsamında yapılan değerlendirmelerde araştırma bölgesinde güvenilir yaş-derinlik modeli olan polen kesitlerinin sadece birkaç gölde mevcut olduğunu görmek proje ekibimiz için hem şaşırtıcı hem de üzücü olmuştur. Ülkemizdeki göllerden elde edilen vekil veri setlerinin bilimsel güvenilirliğinin taranması ve gerekirse veri setlerinin bilimsel açıdan güvenilir kılınması için bir araştırma programı başlatılması (örn: yeniden veri toplama, toplanan verinin modern laboratuvar yöntemleriyle yeniden çalışılması, vb.) gereklidir. Ayrıca, büyük emekle sahada toplanan verinin yaygın olarak paylaşılabilmesi önemlidir. Bu amaçla, gerçekleştirilen proje kapsamında hazırlanan veri tabanının hem arkeolojik yerleşmeler hem de çalışılması tamamlanmış vekil veri setleri açılarından genişletilmesi önem kazanmaktadır. Son önerimiz, gerek SOBAG gerekse diğer TÜBİTAK araştırma gruplarının (Çevre Atmosfer Yer ve Doga Bilimleri Araştırma Grubu –ÇAYDAG– gibi) ülkemizde çok az sayıda gerçekleştirilen modelleme ve simülasyon projelerine giderek artan oranda destek vermesidir. 2019 yılının ilk döneminde TÜBİTAK SOBAG ve ÇAYDAG nezdinde gönderdiğim dört projeden üçü "araştırma-geliştirme

özelliği olmadığı için" panellere dahi sokulmadan iade edilmiştir. Modelleme ve simülasyon kısa sürede geliştirilemeyen yöntemler olup, geliştirilen platformların ise mümkün olduğunca farklı durumda test edilmesi gerekmektedir. Farklı şartlarla test edilmesi gereken platformların açıkları, gerekli değişiklik ve iyileştirmeler ancak bu testlerde ortaya çıkan sorunlar anlaşıldıktan sonra yapılabilir. Böylece, bilimsel olarak denenmiş ve testlerden geçmiş bir platformun geliştirilmesi mümkün olacaktır. Maalesef SOBAG "bir modelleme yönteminin farklı dönemlerden farklı yerleşmelere uygulanması araştırma-geliştirme prensiplerini sağlamaz" diyerek simülasyon yönteminin en temel kuralının gerçekleştirilmesini engellemiştir. Bundan sonrası için, TÜBİTAK'taki araştırma gruplarının simülasyon içeren projeleri farklı bir bakış açısıyla değerlendirmesini, bu projelere 'bir yöntemin sayısız kere farklı yerlerde uygulanan şekli' olarak bakmaktan hızla uzaklaşmasını, bu projelerin simülasyon platformlarının iyileştirilmesi ve daha gerçekçi benzetimlere ulaşılması için önemli fırsatlar olarak değerlendirmesini ümit etmekteyiz.

KAYNAKÇA

Al-Jaloudy, M.A. “Country Pasture/Forage Resource Profiles: Jordan. Food and Agriculture Organization of the United Nations Country Pasture Profiles.”. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/Counprof/Jordan/Jordan.htm#4.%20RUMINANT%20%20LIVESTOCK%20PRODUCTION%20SYSTEMS Son erişim tarihi: 1 Eylül 2015

Algaze, G. 1993. The Uruk World System: The Dynamics of Early Mesopotamian Civilization. Chicago: University of Chicago Press.

Altaweel, M. 2008. “Investigating Agricultural Sustainability and Strategies in Northern Mesopotamia: Results Produced Using a Socio-ecological Modeling Approach” Journal of Archaeological Science 35, 821–35.

Anonim. 2007. Sayfa 573-80. Characteristics and changes in archaeology-related environmental data during the Third Millennium BC in upper Mesopotamia, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?. Editör: Kuzucuoğlu, C., Marro, C. Georges D. IFEA.

Anthropocene http://www.anthropocene.info/en/home Son erişim tarihi: 1 Eylül 2015

Arıkan, B. Reorganization and Risk: Environmental Change and Tribal Land Use in Marginal Landscapes of Southern Jordan, (Ph.D.), Arizona State University, School of Human Evolution and Social Change, Arizona (2010).

Arıkan, B. “Cooperation and Competition: The Comparative Assessment of Tribal Dynamics in the Marginal Landscapes of the Wadi el-Hasa, in west-central Jordan in the Early Bronze and Iron ages. Traces in Time 1”. (http://www.archaeologicaltraces.org/OJS/index.php/traces_in_time/article/view/4/22) Son erişim tarihi: 1 Eylül 2015

Arıkan, B. 2012. “Don’t Abhor Your Neighbor for He Is a Pastoralist: The GIS-based Modeling of the Past Human-Environment Interactions and Landscape Changes in the Wadi el-Hasa, West-central Jordan”, Journal of Archaeological Science 39, 2908-20.

Arıkan, B. 2014 . “Macrophysical Climate Modeling, Economy, and Social Organization in Early Bronze Age Anatolia”, Journal of Archaeological Science 43(C), 38-54.

Arıkan, B. 2015. “Modeling the Paleoclimate (ca. 6,000-3.200 cal. BP) in Eastern Anatolia: The Method of Macrophysical Climate Model and Comparisons with Proxy Data”, Journal of Archaeological Science, DOI: 10.1016/j.jas.2015.02.016.

Arikan, B. ve Yıldırım, T. 2018. “Paleoclimate, Geology, Geomorphology, and Middle Holocene Age Systems in the Delice Valley of North-Central Anatolia.” Journal of Field Archaeology 43 (8): 570-90.

Baird, D. 2006. “The Boncuklu Project: The Origins of Sedentism, Cultivation and Herding in Central Anatolia”, Anatolian Archaeology 12, 13-6.

Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M. 2012. ‘’Man, vegetation and climate during the Holocene in the territory of Sagalassos, Western Taurus Mountains, SW Turkey’’, Vegetation History and Archaeobotany, 21, 249-266.

Bakker, J., Paulissen, E., Kaniewski, D., Poblome, J., De Laet, V., Verstraeten, G., Waelkens, M. 2013. ‘’Climate, people, fire and vegetation: new insights into vegetation dynamics in the Eastern Mediterranean since the 1st century AD’’, Climate of the Past, 9, 57-87.

Balkan-Atlı, N. 1994. Sayfa 209-21. The typological characteristics of the Aşıklı Höyük chipped stone industry, Neolithic Chipped Stone Industries of the Fertile Crescent, Editör: Gebel, H.G. ve Kozlowski, S.K. Berlin: Ex Oriente.

Balkan-Atlı, N. ve Binder, D. 2000. “L’ atelier Néolithique de Kömürcü-Kaletepe: Fouilles de 1999”, Anatolia Antiqua 8, 199-214.

Balossi Restelli, F. 2006. The Development of ‘Cultural Regions’ in the Neolithic of the Near East: The Dark Faced Burnished Ware Horizon. British Archaeological Reports-International Series. Oxford: Oxford University Press.

Barry, R. G. ve Carleton, A.M. 2001. Synoptic and Dynamic Climatology. London: Routledge.

Barton, C. M., vd. 2010a. “Land use, Water and Mediterranean Landscapes: Modeling Long–term Dynamics of Complex Socio–ecological Systems”, Philosophical Transactions of the Royal Society A 368 (1931), 5275–97.

Barton, C. M., vd. 2010b. “Computational Modeling and Socioecological Dynamics: A Case Study from Southwest Asia”, American Antiquity 75, 364–86.

Begeman, F., vd. 1994. “Metal Finds From Ilıpınar and the Advent of ‘Arsenic Copper’”, Anatolica 20, 15-36.

Beug, H.J., Bottema, S. 2015. ‘’Late Glacial and Holocene vegetation history at Lake Yeniçağa, northern Turkey’’, Vegetation History and Archaeobotany, 24, 293-301.

Birks, H. John B. ve Birks, Hillary H. 1980. Quaternary Paleoecology. Baltimore: University Park Press.

Biltekin, D., Eriş, K., Çağatay, N., Akçer Ön, S., Bal, A.D. 2018. ‘’Late Pleistocene-Holocene environmental change in eastern Turkey: multiproxy palaeoecological data of vegetation and lake-catchment changes’’, Journal of Quaternary Science, 33 (5), 575-585.

Blackman, M. J. 1986. Sayfa 279-85. The provenience of obsidian artifacts from Late Chalcolithic levels at Aphrodisias, Prehistoric Aphrodisias I: An Account of the Excavation and Artefact Studies. Editör: Joukowsky, M.S. Providence: Brown University Press.

Bonabeau, E. 2002. “Agent-based Modeling: Methods and Techniques for Simulating Human Systems”, Proceedings of the National Academy of Sciences 99, 7280–7.

Bonet, A. ve Pausas, J.G. 2007 “Old Field Dynamics on the Dry Side of the Mediterranean Basin: Patterns and Processes in Semiarid Southeast Spain. Old Fields: Dynamics and Restoration of Abandoned Farmland” 247.

Bottema, S. ve Woldring H. 1984. ‘’Late Quaternary vegetation and climate of Southwestern Turkey’’, Palaeohistoria, 26, 123-149.

Bottema, S. ve Woldring, H. 1986. “Late Quaternary Vegetation and Climate of Southwestern Turkey Part 2”, Palaeohistoria 26, 123-149.

Bottema, S., Woldring, H., Aytuğ, B. 1994. ‘’Late Quaternary vegetation history of northern Turkey’’, Palaeohistoria, 36, 13-72.

Boyer, Peter, vd. 2006. “Holocene Environment and Settlement on the Çarşamba Alluvial Fan, South-Central Turkey: Integrating Geoarchaeology and Archaeological Field Survey”, Geoarchaeology 21(7), 675-98.

Braudel, F. 2009. “History and the Social Sciences: The Longue Durée (translated by Immanuel Wallerstein)”, Review 32 (2), 171-203.

Breniquet, C. 1995 . “La stratigraphie des niveaux prehistoriques de Mersin et l’evolution culturelle en Cilicie”, Anatolia Antiqua 3, 1-31.

Bryson, R. A. ve Bryson, R. U. 2000. “Site–specific High–resolution Models of the Monsoon for Africa and Asia”, Global and Planetary Change 26 (1–3), 77–84.

Bryson, Reid A. ve DeWall, Katherine M. (Editör). A Paleoclimatology Workbook: High Resolution, Site-Specific, Macrophysical Climate Modeling. The Mammoth Site, Hot Springs. (2007).

Buitenhuıs, H. 1997. “Aşıklı Höyük, A Protodomestic Site”, Anthropozoologica 25, 655-62.

Buitenhuis, H. 2004. Sayfa 163-8. The importance of Yumuktepe in the origin and spread of animal domestication, Mersin-Yumuktepe: A Reappraisal, Editör: Caneva, I. ve Sevin, V. Lecce: Congedo Editore.

Caneva, I. 2004. Sayfa 33-44. The early human occupation, Mersin-Yumuktepe: A Reappraisal, Editör: Caneva, I. ve Sevin, V. Lecce: Congedo Editore.

Cauvin, M.C. ve Balkan-Atlı, N. 1996. “Rapport sur les recherhes sur l’obsidienneen Cappadoce, 1993-1995”, Anatolia Antiqua 4, 249-71.

Christensen, L.A. ve McElyea, D.E. 1988. “Toward a General Method of Estimating Productivity-Soil Depth Response Relationships”, Journal of Soil and Water Conservation 43, 199–202.

Cioffi-Revilla, C., vd. 2007. Sayfa 189-200. Agent-based modeling simulation of social adaptation and long-term change in inner Asia, Advancing Social Simulation: The First World Congress in Social Simulation, Editör: Terano, T. and Sallach, D. New York: Springer Verlag.

COHEN, H. 1970. “Palaecology in Southcentral Anatolia by the End of Pleistocene and Beginning of Holocene”, Anatolian Studies 20, 119-36.

Çağatay, N. M., vd. 1999. “A Mid-Late Holocene Sapropelic Sediment Unit From the Southern Marmara Area Shelf and Its Paleooceanographic Significance”, Quaternary Science Reviews 18, 534-40.

Çiner, A, vd. 1999. “Hummocky Moraines in the Namaras and Susam Valleys, Central Taurids, SW Turkey”, Quaternary Science Reviews 18, 659-69.

Dalfes, H. N, Kukla, G. ve Weiss, H. (Editör). Third Millennium BC Climate Change and Old World Collapse. Springer Verlag, Berlin. (1997).

Danladi, I.B., Akçer-Ön, S., 2017. “Solar forcing and climate variability during the past millennium as recorded in a high altitude lake: Lake Salda (SW Anatolia)”, Quaternary International, 486, 185-198.

Dean, J.R., Jones, M.D., Leng, M.J., Noble, S.R., Metcalfe, S.E., Sloane, H.J., Sahy, D., Eastwood, W.J., Roberts, C.N., 2015. “Eastern Mediterranean hydroclimate over the late glacial and Holocene, reconstructed from the sediments of Nar lake, central Turkey, using stable isotopes and carbonate mineralogy”, Quaternary Science Reviews, 124, 162-174.

Debussche, M. vd. 1996. “Changes in Mediterranean Plant Succession: Old-fields Revisited”, Journal of Vegetation Science 7, 519–26.

De Jesus, P. 1980. “The Development of Prehistoric Mining and Metallurgy in Anatolia”, British Archaeological Reports-International Series 74.

Djamali, M, vd. 2010. “Indian Summer Monsoon Variations Could Have Affected the Early Holocene Woodland Expansion in the Near East”, The Holocene 20(5), 813-20.

Düring, B. 2011 . The Prehistory of Asia Minor. From Complex Hunter-Gatherers to Early Urban Societies. Cambridge: Cambridge University Press.

Eastwood, W., vd. 1999. “Holocene Environmental Change in Southwestern Turkey: A Paleoecological Record of Lake and Catchment-Related Changes”, Quaternary Science Reviews 18, 671-95.

Eastwood, W., vd. 2007 “Holocene Climate Change in the Eastern Mediterranean Region: A Comparison of Stable Isotope and Pollen Data from Lake Gölhisar, Southwest Turkey”, Journal of Quaternary Science 22 (4), 327–41.

Eris¸ , K.K., Akçer-Ön, S., Çağatay, M.N., Ülgen, U.B., Ön, Z.B., Gürocak, Z., Arslan, T.N., Bal Akkoca, D., Damcı, E., İnceöz, M., Öztekin Okan, Ö., 2017. “Late Pleistocene to Holocene paleoenvironmental evolution of Lake Hazar, Eastern Anatolia, Turkey”, Quaternary International, 486, 4-16.

Erol, O. 1999. “A Geomorphological Study of the Sultansazlığı Lake, Central Anatolia”, Quaternary Science Reviews, 18, 647-57.

Esin, U., vd. 1991. “Salvage Excavations at the Pre-Pottery Neolithic Site of Aşıklı Höyük in Central Anatolia”, Anatolica 17, 123-74.

Flannery, K. ve Marcus, J. 2012. The Creation of Inequality. How Our Ancestors Set the Stage for Monarchy, Slavery, and Empire. Harvard: Harvard University Press.

Feinman, G.M. 2000. Sayfa 31-51. Corporate/Network: New perspectives on models of political action and the Puebloan Southwest, Social Theory in Archaeology, Editör: Schiffer, M.B. Salt Lake City: The University of Utah Press.

Fischer, B., vd. 2003. Identifying Changes: The Transition from Bronze to Iron Ages in Anatolia and Its Neighboring Regions. Proceedings of the International Workshop, İstanbul, November 8-9, 2002, İstanbul: Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü.

Fontugne, M., vd. 1999. “From Pleniglacial to Holocene: a 14C Chronostratigraphy of Environmental Changes in the Konya Plain, Turkey”, Quaternary Science Reviews 18, 573-91.

Fordham D.A., Saltre F., Haythorne S., Wigley T.M.L., Otto-Bliesner B.L., Chan K.C., Brook B.W., 2017. “PaleoView: a tool for generating continuous climate projections spanning the last 21000 years at regional and global scales.” *Ecography 40* (11): 1348-1358.

Garreta, V., Miller, P.A., Guiot, J., Hely, C., Brewer, S., Sykes, M. T., Litt, T. 2010. “A method for climate and vegetation reconstruction through the inversion of a dynamic vegetation model’’, Climate Dynamics, 35, 371-389.

Garstang, J. 1953. Prehistoric Mersin Yümük Tepein Southern Turkey: The Neilson Expedition in Cilicia. Oxford: Clarendon Press.

Ge, Y., Li, Y., Bunting, M.J., Li, B., Li, Z., Wang, J. 2017. ‘’Relation between modern pollen rain, vegetation and climate in northern China: Implications for quatitative vegetation reconstruction in a steppe environment’’, Science of The Total Environment, 586, 25-41.

Goosse H., Fichefet T., 1999. “Importance of ice-ocean interactions for the global ocean circulation: A model study.” *Journal of Geophysical Research: Oceans 104*: 23337-23355.

Guiot, J., Torre, F., Jolly, D., Peyron, O., Borreux, J., ve Cheddadi, R. 2000. ‘’Inverse vegetation modeling by Monte Carlo sampling to reconstruct paleoclimate under changed precipitation seasonality and CO2 conditions: application to glacial climate in mediterranean region’’, Ecological Modelling, 127, 119-140.

Guiot, J., Wu, H.B., Garreta, V., Hatte, C., ve Magny, M. 2009. ‘’A few prospective ideas on climate reconstruction: from a statistical single proxy approach towards a multi-proxy and dynamical approach’’, Climate of the Past, 5, 571-583.

Guiot, J., Boucher, E., ve Gea-Izquierdo, G. 2014. ‘’Process models and model-data fusion in dendroecology. Frontiers in Ecology and Evolution, 2, 52.

Gunderson, Lance H. 2000 “Ecological resilience in theory and application.” Annual Review of Ecology and Systematics. 31: 425-39.

Gunderson, Lance H. ve Holling, C.S. (Editör). Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press, Washington DC. (2002).

Henderson, J. 2000. The Science and Archaeology of Materials: An Investigation of Inorganic Materials. London: Routledge.

Henderson, S., Holman, S., ve Mortensen, L. 1993. Global Climates - Past, Present, and Future. EPA Report No. EPA/600/R-93/126, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC. 25 – 38, June 1993.

Hodell D.A., J.H. Curtis, M. Brenner, 1995. “Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization“, Nature, 375, 391-394.

Hofierka, J., vd. 2002. “Multivariate Interpolation of Precipitation Using Regularized Spline with Tension”, Transactions in GIS 6 (2), 135-50.

Holling. C.S., Gunderson Lance H. 2002. Resilience and adaptive cycles. Gunderson LH, Holling CS (editörler). Panarchy: Understanding Transformations in Human and Natural Systems. Island Press: Washington DC: 25-62.

Johnson, G. A. 1982. Sayfa 389-421. Organizational Structure and Scalar Stress, Theory and Explanation in Archaeology. Editör: Renfrew, C., Rowlands, M. J., and Abbott, B., New York: Academic Press.

Jones, M.D., 2004. High-Resolution Records of Climate Change from Lacustrine Stable Isotopes through the Last Two Millennia in Western Turkey. Plymouth Üniversitesi Doktora Tezi, MTA Kütüphanesi 522.

Jones, M. D., Roberts, C. N., Leng, M. J., & Türkeş, M., 2006. “A high-resolution late Holocene lake isotope record from Turkey and links to North Atlantic and monsoon climate”, Geology, 34(5), 361-364.

Jones, M, vd. 2007. “Quantifying Climatic Change Through the Last Glacial-Interglacial Transition Based on Lake Isotope Palaeohydrology from Central Turkey”, Quaternary Research 67, 463-73.

Kamp, K. 2000. “From Village to Tell: Household Ethnoarchaeology in Syria”, Near Eastern Archaeology 63, 84–93.

Kaniewski, D. vd. 2010. “Late Second-early first millennium BCabrupt climate changes in coastal Syria and their possible significance for the history of the eastern Mediterranean”, Quaternary Research, 74, 207-15.

Kaniewski, D., Paulissen, E., De Laet, V., Dossche, K., Waelkens, M. 2007. ‘’A high-resolution Late Holocene landscape ecological history inferred from an intramontane basin in the Western Taurus Mountains, Turkey’’, Quaternary Science Reviews, 26, 2201-2218.

Kaplan, J., Prentice, N.B.I., Harrison, S., Bartlein, P., Christensen, T., Cramer, W., Matyeva, N.V., McGuire, A.D., Murray, D.F., Razzhivin, V.Y., Smith, B., Walker, D.A., Anderson, P.M., Andreev, A.A., Brubaker, L.B., Edwards, M.E., ve Lozhkin, A.V. 2003. ‘’Climate change and arctic ecosystems: 2. modeling, paleodata-model comparisons, and future projections’’, Journal of Geophysical Research, 108, 8171.

Karabıyıkoğlu, M, vd. 1999. “Facies and Depositional Sequences of the Late Pleistocene Göçü Shoreline System, Konya Basin, Central Anatolia: Implications for Reconstructing Lake-Level Changes”, Quaternary Science Reviews 18, 593-609.

Kelts K., Talbot, M.R., 1990. “Lacustrine carbonates as geochemical archives of environmental change and biotic-abiotic interactions”. Large Lakes: Ecological Structure and Function, Editör: Tilzer, M.M ve Serruya C. Springer-Verlag.

Khresat, S.A. vd. 1998. “Land Degradation in North-western Jordan: Causes and Processes”, Journal of Arid Environments 39, 623–29.

Kim, S., vd. DEVS-Suite: A Simulator for Visual Experimentation and Behavior Monitoring, High Performance Computing & Simulation Symposium, Proceedings of the Spring Simulation Conference, Arizona State University-Tempe (2009): 1-7.

Kohler, T. ve Van der Leeuw, Sander (Editör). The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems. School for Advanced Research Press, Santa Fe. (2007).

Kohler, T.A. vd. 2007. Sayfa 61–104. Settlement ecodynamics in the prehispanic central Mesa Verde region, The Model-Based Archaeology of Socionatural Systems, Editör: Kohler, T.A., van der Leeuw, S. Santa Fe: School for Advanced Research Press.

Korfmann, M. ve Kromer, B. 1993. “Demircihöyük, Beşiktepe, Troia – Eine Zwischenbilanz zur Chronologie dreier Orte in Westanatolien”, Studia Troica 3, 135-46.

Koriat, A., vd, 2000. “Toward a Psychology of Memory Accuracy” Annual Review of Psychology 51, 481–537.

Kotthoff U., Pross J., Müller U., Peyron O., Schmiedl G., Schulz H., Bordon A., 2008. “Climate dynamics in the borderlands of the Aegean Sea during formation of sapropel S1 deduced from a marine pollen record.” *Quaternary Science Reviews 27*: 832-845.

Kramer, C. 1982. Village Ethnoarchaeology: Rural Iran in Archaeological Perspective. New York: Academic Press.

Kuzucuoğlu, C. 2007a. Sayfa 21-34. Integrating environmental matters, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Editör: Kuzucuoğlu, C. and Marro, C., Georges D. IFEA.

Kuzucuoğlu, C. 2007b. Sayfa 459-80. Climate and environmental trends during the Third Millennium BC in upper Mesopotamia, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Editör: Kuzucuoğlu, C. and Marro, C., Georges D., IFEA.

Kuzucuoğlu, Catherine ve Marro, Catherine (Editör). Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Georges Dumezil, IFEA. (2007)

Kuzucuoğlu, C., vd. 2011. “Mid– to Late–Holocene Climate Change in Central Turkey: The Tecer Lake Record”, Holocene 21: 173–88.

Kuzucuoğlu, C. ve Roberts, N. 1998. “Evolution de l’Environnement en Anatolie, de 20000 à 6000 BP”, Paléorient 23, 7-24.

Kwiecien, O., Stockhecke, M., Pickarski, N., Heumann, G., Litt, T., Sturm, M., Anselmetti, F., Kipfer,R., Haug, H.G., 2014. “Dynamics of the last four glacial terminations recorded in Lake Van, Turkey”, Quaternary Science Reviews, 104, 42-52.

Lamb, H., Roberts, N., Leng M., Barker, P., Benkaddour, A., van der Kaars, S., 1999. “Lake evolution in a semi-arid montane environment: responses to catchment change and hydroclimatic variation”, Journal of Paleolimnology, 21, 325–343.

Leng, M., vd. 2001. “Oxygen Isotope Analysis of Diatom Silica and Authigenic Calcite from Lake Pınarbaşı, Turkey”, Journal of Paleolimnology 25, 343-9.

Leroy, S.A.G., Kazanci, N., Ileri, Ö. Kibar, M., Emre, O., McGee, E., ve Griffiths, H.I. 2002. ‘’Abrupt environmental changes within a late Holocene lacustrine sequence south of the Marmara Sea (Lake Manyas, N-W Turkey): possible links with seismic events’’, Marine Geology, 190, 531-552.

Leroy, S.A.G., Boyraz, S., ve Gürbüz, A. 2009. ‘’High-resolution palynological analysis in Lake Sapanca as a tool to detect recent earthquakes on the North Anatolian Fault’’, Quaternary Science Reviews, 28, 2616-2632.

Leroy, S.A.G., Schwab, M.J., ve Costa, P.J.M. 2010. ‘’Seismic influence on the last 1500-year infill hstory of Lake Sapanca (Noerth Anatolian Fault, NW Turkey)’’, Tectonophysics, 486, 12-27.

Lionello, P., vd. 2006. Sayfa 1–26. The Mediterranean climate: An overview of the main characteristics and issues, in Lionello, P., Rizzoli, P.M., and Bacolod, R. (Editör), Mediterranean Climate Variability. London: Elsevier.

Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S., Heumann, G., Franz, S.O., Ülgen, U.B., ve Niessen, F. 2009.''PALEOVAN, International Continental Scientific Drilling Program (ICDP): site survey results and perspectives'', Quaternary Science Reviews, 28, 1555-1567.

Marro, C. 2007. Sayfa 13-20. Upper Mesopotamia and the late Third Millennium crisis hypothesis: State of the art and issues at stake, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Editör: Kuzucuoğlu, C. and Marro, C., Georges D. IFEA.

Marro, C. ve Kuzucuoğlu, C. 2007. Sayfa 583-90. Northern Syria and upper Mesopotamia at the end of the Third Millennium BC: Did a crisis take place?, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Editör: Kuzucuoğlu, C., Marro, C., Georges D. IFEA.

Mayer, G.R. ve Sarjoughian, H. 2007. Complexities of Simulating a Hybrid Agent-Landscape Model Using Multi-Formalism Composability, Spring Simulation Conference: Agent- Directed Simulation. Norfolk, Virginia : IEEE Press; 161-8.

Mayewski P.A., Rohling E.E., Stager J.C., Karlen W., Maasch K.A., Meeker L.D., Meyerson E.A., Gasse F., van Kreveld S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J., 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research 62*: 243-255.

Miao, Y.F., Meng, Q.Q., Fang, X.M., Yan, X.L., Wu, F.L., Song, C.H. 2011b. ''Origin and development of Artemisia (Asteraceae) in Asia and its implications for the uplift history of the Tibetan Plateau: a review'', Quaternary International, 236 (1–2), 3–12.

Miebach, A., Niestrath, P., Roeser, P., Litt, T. 2016. ''Impacts of climate and humans on the vegetation in northwestern Turkey: palynological insights from Lake Iznik since the Last Glacial'', Climate of the Past, 12, 575-593.

Mckenzie J.A. 1985. Carbon isotopes and productivity in the lacustrine and marine environment. Chemical processes inlakes, Editör: W. Stumm, Wiley-Interscience.

Mitasova, H.ve Hofierka, J. 1993. “Interpolation by regularized spline with tension II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis”, Mathematical Geology 25(6), 657-69.

Mitasova, H. ve Mitás, L. 1993. “Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation”, Mathematical Geology 25(6), 641-55.

Neteler, M. ve Mitasova, H. 2008. Open Source GIS a GRASS GIS Approach (3.Basım). New York: Springer.

Nieuwenhuyse, O. P. 2007. Plain and Painted Pottery: The Rise of Late Neolithic Ceramic Styles on the Syrian and Northern Plains. Turnhout: Brepols.

Oba, G. 2012. Harnessing pastoralists' indigenous knowledge for rangeland management: Three African case studies, Pastoralism: Research, Policy and Practice 2, 1.

Ocakoğlu, F. vd. 2013. "Early- to mid-Holocene lake leveland temperature records from the terraces of Lake Sünnetin NW Turkey", Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 369, 175-84.

Ön, Z.B., Akçer-Ön, S., Özeren, M.S., Eriş, K.K., Greaves, A.M., Çağatay, M.N., 2017. "Climate proxies for the last 17.3 ka from Lake Hazar (Eastern Anatolia), extracted by independent component analysis of μ-XRF data", Quaternary International, 486, 17-28.

Özbal, H., vd. 2002. Sayfa 39-48. Metallurgy at İkiztepe, Anatolian Metal II, Editör: Yalçın, Ü. Bochum: Deutschen Bergbau Museum.

Özbaşaran, M. 2000. "The Neolithic Site of Musular, Central Anatolia", Anatolica 26, 129-51.

Peeples MA, vd. 2006. "Resilience lost: Intersecting land use and landscape dynamics in the prehistoric Southwestern United States." Ecology and Society. 11(2): 1-18.

Pickarski, N., Kwiecien, O., Djamali, M., Litt, T. 2015. ''Vegetation and environmental changes during the last interglacial in eastern Anatolia (Turkey): a new high-resolution pollen record from Lake Van'', Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 435, 145-158.

Pickarski, N., Litt, T. 2017. ''A new high-resolution pollen sequence at Lake Van, Turkey: insights into penultimate interglacial–glacial climate change on vegetation history'', Climate of the Past, 13, 689-710.

Pitlick, J. 1994. "Relation Between Peak Flows, Precipitation, and Physiography for Five Mountainous Regions in the Western USA", Journal of Hydrology 158(3-4), 219-40.

Redman, C. L. ve Kinzig, A. 2003. "Resilience of Past Landscapes: Resilience Theory, Society, and the Longue Durée", Conservation Ecolology 7 (1): 1–14.

Reed, J. M., vd. 1999. "An Evaluation of the Diatom Response to Late Quaternary Environmental Change in Two Lakes in the Konya Basin, Turkey, by Comparison with Stable Isotope Data", Quaternary Science Reviews, 631-46.

Renard, K.G. vd. 1997. Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agriculture Handbook, Washington D.C.: US Department of Agriculture.

Rhoton, F.E. ve Lindbo, D.L. 1997. "A Soil Depth Approach to Soil Quality Assessment", Journal of Soil and Water Conservation 52, 66–72.

Roberts, N. 1982. Sayfa 231-243. Forest re-advance and the Anatolian Neolithic, Archaeological Aspects of Woodland Ecology, Editör: Bell, M. and Limbrey, S.,British Archaeological Reports-International Series, Oxford: Oxford University Press.

Roberts, N. 1990. Sayfa 53-64. Human-induced landscape change in south and southwest Anatolia in later Holocene, Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape, Editör: Bottema, S., Entjes-Nieborg, G., van Zeist, W. Rotterdam: Balkema.

Roberts, N. 2002. "Did Prehistoric Landscape Management Retard the Post-glacial Spread of Woodland in Southwest Asia?", Antiquity 76,1002-10.

Roberts, N., vd. 1999. "The Late Quaternary in the Eastern Mediterranean Region: An Introduction", Quaternary Science Reviews 18, 497-99.

Roberts, N., vd. 2001a. "The Tempo of Holocene Climatic Change in the eastern Mediterranean Region: New High-Resolution Crate-Lake Sediment Data from Central Turkey", The Holocene 11(6), 721-36.

Roberts, N., vd. 2001b. "The History of Mediterranean-type Environments: Climate, Culture and Landscape", The Holocene 11(6), 631-4.

Roberts, N., vd. 2008. "Stable Isotope Records of Late Quaternary Climate and Hydrology from Mediterranean Lakes: the ISOMED Synthesis", Quaternary Science Reviews 27, 2426-41.

Roberts, N., vd. 2011. "The Mid-Holocene Climatic Transition in the Mediterranean: Causes and Consequences", The Holocene 21(1), 3-13.

Roberts, N. 2015. ''Revisiting the Beyşehir Occupation Phase: Land-cover change and the rural economy in the Eastern Mediterranean during the forst Millenium AD'', Late Antique Archaeology, 11, 53-68.

Russell, N, vd. 2005. "Cattle Domestication at Çatalhöyük revisited", Current Anthropology 46, 101-8.

Ruter, Anthony, vd. 2004. "Climate and Environment of the Subtropical and Tropical Americas (NH) in the mid-Holocene: Comparison of Observations with Climate Model Simulation", Quaternary Science Reviews 23, 663-79.

Sagona, A. ve Zimansky, P. 2009. Ancient Turkey. London: Routledge.

Schiffer, Michael B. 1996. Formation Processes of the Archaeological Record. Albuquerque: University of New Mexico Press.

Schwartz, G.M. 2007. Sayfa 45-68. Taking the long view on collapse: A Syrian perspective, Sociétés Humaines Et Changement Climatique A La Fin Du Troisième Millénaire: Une Crise A-t-Elle Eu Lieu En Haute Mesopotamie?, Editör: Kuzucuoğlu, C. and Marro, C., Georges D. IFEA.

Schoop, U,D. 2005. Sayfa 41-58. The late escape of the Neolithic from the Central Anatolian Plain, How Did Farming Reach Europe? Anatolian-European Relations from the Second Half of the 7th through the First Half of thje 6th Millennium BC, İstanbul: Ege Yayınları.

Shumilovskikh, L.S., Tarasov, P., Arz, H.W., Fleitmann, D., Marret, F., Nowaczyk, N., Plessen, B., Schlütz, F., Behling, H. 2012. ‘’Vegetation and environmental dynamics in the southern Black Sea region since 18 kyr BP derived from the marine core 22-GC3’’. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 337-338, 177-193.

Stein, J. K. ve Farrand, W. R. 2001. Sediments in Archaeological Context. Salt Lake City: University of Utah Press.

Stein, G. J. 2005. The Archaeology of Colonial Encounters: Comparative Perspectives. Santa Fe: School of American Research Press.

Stockhecke, M., Kwiecien, O., Vigliotti, L., Anselmetti, F.S., Beer, J., Çağatay, N., Channell, J.E., Kipfer, R., Lachner, J., Litt, T., Pickarski, N., Sturm, M., 2014b. “Chronostratigraphy of the 600,000 year old continental record of Lake Van (Turkey)”. Quaternary Science RevIews, 104, 8-17.

Stockhecke, M., Timmermann, A., Kipfer, R., Haug, G. H., Kwiecien, O., Friedrich, T., & Anselmetti, F. S., 2016. “Millennial to orbital-scale variations of drought intensity in the Eastern Mediterranean”, Quaternary Science Reviews, 133, 77-95.

Tabuti, J.R.S., vd. 2003. “Firewood use in Bulamogi County, Uganda: Species Selection, Harvesting and Consumption Patterns”, Biomass and Bioenergy 25, 581–96.

Tainter, J. A. 1990. The Collapse of Complex Societies. Cambridge: Cambridge University Press.

Tschora, N. 2004 . Sayfa 187-222. Les rites funérarires d’Alaca Hüyük au Bronze Ancien: Étude comparative, Studia Aegeo-Anatolica, Maison de L’orient et de la Medietrranée, Lyon: Jean Pouilloux.

Turner, R., Roberts, N., Jones, M.D. 2008. ‘’Climatic pacing of Mediterranean fire histories from lake sedimentary microcharcoal’’, Global and Planetary Change, 63, 317-324.

Turner, R., vd. 2010. “Fire, Climate and the Origins of Agriculture: Micro-Charcoal Records of Biomass Burning During the Last Glacial-Interglacial Transition in Southwest Asia”, Journal of Quaternary Science 25(3), 371-86.

Ullah, I. The Consequences of Human Land-use Strategies During the PPNB-LN Transition. A Simulation Modeling Approach, (Ph.D.), Arizona State University, School of Human Evolution and Social Change, Arizona (2013).

Ülgen, U. B., Franz, S. O., Biltekin, D., Çagatay, M. N., Roeser, P. A., Doner, L., Thein, J. 2012. ‘’Climatic and environmental evolution of Lake Iznik (NW Turkey) over the last ~4700 years’’, Quaternary International, 274, 88-101.

Vanniere, B., vd. 2011. “Circum-Mediterranean Fire Activity and Climate Changes During the Mid-Holocene Environmental Transition (8500-2500 cal. BP)”, The Holocene 21(1), 53-73.

Vermoere, M, vd. 2000. “Late Holocene Environmental Change and the Record of Human Impact at Gravgaz near Sagalassos, Southwestern Turkey”, Journal of Archaeological Science 27, 571-95.

Vermoere, M., vd. 2002. “Palynological Evidence for Late Holocene Human Occupation Recorded in Two Wetlands in Southwestern Turkey”, The Holocene 12(5), 569-84.

Vermoere, M. 2004. Sayfa 1-347. Holocene Vegetation History in the Territory of Sagalassos (Southwest Turkey) A Palynological Approach. Studies. Editör: Waelkens M. Eastern Mediterranean Archaeology-SEMA 6. Turnhout: Brepols Publishers n.v.

Van der Leeuw, S. ve Mcglade, J. 1997. Archaeology: Time, Process and Structural Transformations. London: Routledge.

van Zeist, W., Timmers, R.W., Bottema, S. 1970. ‘’Studies of Modern and Holocene Pollen Precipitation in Southeastern Turkey’’, Palaeohistoria, 14, 1968.

van Zeist, W., vd. 1975. “Late Quaternary Vegetation and Climate of Southwestern Turkey”, Palaeohistoria 17, 53-143.

van Zeist, W. ve Bottema, S. 1982. Sayfa 277-93. Vegetation history of Eastern Mediterranean and Near East during the last 20.000 Years, Paleoclimate, Paleoenvironment and Human Communities in Eastern Mediterranean Region in Later Prehistory. Editör: Bintliff, J. and Van Zeist, W., British Archaeological Reports-International Series, Oxford: Oxford University Press.

van Zeist, W. ve Bottema, S. 1991. Late Quaternary Vegetation of the Near East. Wiesbaden: Dr. Ludwig Reichert Verlag.

Walker B, vd. 2004. Resilience and adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecology and Society. 9 (2): 5.

Wang, C.W. 1961. The forests of China with a survey of grassland and desert vegetation.Maria Moors Cabot Fundation, vol. 5. Massachussets: Harvard University, Cambridge.

Wang, X. M., Zhang, X. L., Wang, M. Z., Li, C. S. 2003. ‘’The palynoflora from Paleogene of Fanshi, Shanxi and discussion on their geological age’’, Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 22 (3), 26–31.

Waters, M. R. 1997. Principles of Geoarchaeology. A North American Perspective. Tucson: University of Arizona Press.

Watson, P.J. 1979. Archaeological Ethnography in Western Iran, Viking Fund Publications in Anthropology. Tucson: University of Arizona Press.

Weber, J.N, Keith, M.L., 1963. “Carbon-Isotope Composition and the Origin of Calcareous Coal Balls”, Science, 138, 900-902.

Weiss, H. ve Bradley, R. S. 2001. “Archaeology: What Drives Societal Collapse?”, Science 291(5504), 609-610.

Weiss, H. vd. 1993. The genesis and collapse of third millennium north Mesopotamian civilization. Science, 261, 995-1004.

Wetzel, R.G. 2001. Limnology: lake and River Ecosystems (3rd edt.). San Diego, USA: Academic Press

Wick, L., Lemcke, G., Sturm, M. 2003. ‘’Evidence of Lateglacial and Holocene climatic change and human impact in eastern Anatolia: high-resolution pollen, charcoal, isotopic and geochemical records from the laminated sediments of Lake Van, Turkey’’, The Holocene, 13(5), 665-675.

Wilk, R.R. ve Rathje, W.L. 1982. “Household Archaeology”, American Behavioral Scientist 25, 617.

Woodbridge, J. ve Roberts, N. 2010. “Linking Neo- and Paleolimnology: A Case Study Using Crater Lake Diatoms from Central Turkey”, Journal of Paleolimnology 44, 855-71.

Wu, H.B., Guiot, J., Brewer, S., Guo, Z.T., ve Peng, C.H. 2007. ‘’Dominant factors controlling glacial and interglacial variations in the tree line elevation in tropical africa’’, PNAS, 104, 9720-9724.

Yakar, J. 1985. The Later Prehistory of Anatolia: The Late Chalcolithic and Early Bronze Age, British Archaeological Reports-International Series, Oxford: Oxford University Press.

Zanchetta, G., vd. 2011. “Tephrostratigraphy, Chronology and Climatic Events of the Mediterranean Basin During the Holocene: An Overview”, The Holocene 21(1), 33-52.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Doç. Dr. BÜLENT ARIKAN
Proje No:	215K130
Proje Başlığı:	Holosen'den Antroposen'e: Hesaplamalı Bilimler Perspektifinden Orta ve Güneybatı Anadolu'da İnsan, Çevre ve İklim İlişkilerinin On Bin Yıllık Geçmişine Yeni Bir Bakış
Proje Türü:	3501 - Kariyer
Proje Süresi:	30
Araştırmacılar:	DEMET BİLTEKİN, OZAN MERT GÖKTÜRK
Danışmanlar:	SENA AKÇER ÖN, HASAN NÜZHET DALFES
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	İSTANBUL TEKNİK Ü.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/01/2017 - 15/07/2019
Onaylanan Bütçe:	236850.0
Harcanan Bütçe:	191572.62
Öz:	Proje kapsamında paleoiklim ve çoklu vekil-veri temelli paleoçevresel kurgulaması son 12 bin yıl kapsamında gerçekleştirilen Orta ve Güneybatı Anadolu bölgelerindeki arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişim de paleoçevresel şartların değişimi açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca, araştırma bölgesinde zengin arkeolojik veri sunan iki yerleşme de etmen-temelli simülasyonlar yardımıyla farklı nüfus yoğunluğu ve iklim senaryoları altında incelenmiştir. Gerçekleştirilen proje sonucunda paleoiklim modellerinin kendi aralarında karşılaştırılmasının mekânsal ölçek farklılığı nedeniyle bilgilendirici olmayacağı, farklı paleoiklim modellerinin vekil veri setlerinin farklı özellikleriyle uyum gösterdiği ortaya konmuş ve araştırma bölgesinde homojen olarak değerlendirilebilecek iklimsel değişikliklerin yaşanmadığı ortaya konmuştur. Arkeolojik yerleşme sistemlerindeki değişimlerin ancak kısmen paleoiklim odaklı olabileceği değerlendirilmiş ve geçmiş insan-çevre dinamiklerinin değerlendirildiği etmen-temelli simülasyonlarda ortaya çıkan sonuçlar aynı başlangıç koşullarında, farklı bölgelerdeki topografik şartların ve insan faaliyetlerinin zaman içindeki farklılaşmasının etkilerinin uzun süreçte ne kadar farklı yönlere gidebileceği ortaya konmuştur. Sonuçları itibarıyla, gerçekleştirilen projede kapsamlı paleoçevresel ve paleoiklimsel veri setlerinin karşılaştırması ilk defa yapılmış ve yine ilk defa arkeolojik yerleşme sistemler paleoçevresel açıdan 12 bin yıllık değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Bu değerlendirmeler sonucunda geçmiş sosyal değişimler ile paleoçevresel değişimler arasındaki bağlantının çok kesin olmadığı tespit edilmiştir. Araştırma bölgesinde sağlıklı paleoçevresel değerlendirmeler yapmak, veri setlerini karmaşık istatistiksel yöntemlerle değerlendirmek için kapsamlı saha araştırmalarına ihtiyaç olduğu ortaya konmuştur.
Anahtar Kelimeler:	Paleoiklim, Etmen-Temelli Modelleme, Arkeoloji, Sürdürülebilirlik, Rezilyans
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Paleoclimate, Geology, Geomorphology, and Middle Holocene Settlement Systems in the Delice Valley of North-Central Anatolia (Makale - İndeksli Makale),

TÜBİTAK