

2006-88



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE
TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**

**THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
RESEARCH COUNCIL OF TURKEY**

**ULUABAT GÖLÜ
ÖTRİFİKASYON KONTROLÜ İÇİN
MAKSİMUM ALICI ORTAM FOSFOR YÜKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

72815

PROJE NO: ÇAYDAG-103Y122

Elektrik, Elektronik ve Enformatik Araştırma Grubu
Electric, Electronics and Informatics Research Grant Committee

ULUABAT GÖLÜ
ÖTRİFİKASYON KONTROLÜ İÇİN
MAKSİMUM ALICI ORTAM FOSFOR YÜKLERİNİN
BELİRLENMESİ

72815

PROJE NO: ÇAYDAG-103Y122

Y. DOÇ. DR. AYŞEGÜL AKSOY
ELİF BULUT
ARAŞ. GÖR. FİRDES YENİLMEZ

TEMMUZ 2006

ANKARA

ÖNSÖZ

Ötrifikasyon kontrolünde besin maddesi yüklerinin tanımlanması önemli bir aşamayı arz etmektedir. Bu çalışmada, bir RAMSAR alanı olan Uluabat Gölü için maksimum alıcı ortam fosfor yüklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Genel hatlarıyla proje, havza bazında göle ulaşan yüklerin belirlenmesini, özellikle yayılı kaynakların etkisini incelemektedir. Bu proje ve projede görev alan yüksek lisans öğrencisi Elif Bulut, TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Projenin SWAT kullanarak fosfor yükü belirlenmesi ve fosfor indeksi oluşturulması çalışmalarında Elif Bulut, WASP ile modelleme bölümünde ise Araş. Gör. Firdes Yenilmez görev almıştır.

Bu projede kapsamında yer alan fosfor indeksi oluşturma çalışmalarında TÜBİTAK'ın yanısıra Orta Doğu Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Fonu'nun da katkıları olmuştur (Proje no: BAP-2004-03-11-02). Saha çalışmaları için Orta Doğu Teknik Üniversitesi tarafından araç sağlanmıştır. Proje 15/09/2004 tarihinde başlamış, kamu kurumlarından elde edilmesi gereken verilerin tesliminin gecikmesi nedeniyle 6 ay uzatma ile birlikte 15/03/2006 tarihinde tamamlanmıştır.

Bu çalışma süresinde teknik yardımları nedeniyle Serkan Girgin'e, yine yardımları ve önerileri için Mehmet Gölge, ziraat mühendisleri Cemalettin Akın, Mustafa Kaya ve Hulusi Gururi'ye çok teşekkür ederiz. Saha çalışmaları ve laboratuvar deneylerindeki yardımlarından ötürü de yüksek lisans öğrencisi Muhittin Aslan ve Araş. Gör. Gamze Güngör Demirci'ye teşekkürlerimizi iletiriz.

İÇİNDEKİLER

1. Giriş	1
2. Genel Bilgiler	4
2.1 Uluabat (Apolyont) Gölü Havzası	4
2.2 SWAT Modeli	6
2.3 Pİ (Fosfor İndeksi)	8
2.4 WASP	9
3. Yöntemler	10
3.1 SWAT Girdilerinin Oluşturulması	10
3.1.1 Meteorolojik veriler	10
3.1.2 Uluabat Gölü Havzasının Oluşturulması	12
3.1.3 Toprak ve Arazi Kullanımı Bilgileri	18
3.1.3.1 Toprak Sınıfı Katmanı	18
3.1.3.1.1 Havza alanında toprak bünyesi sınıflandırması	21
3.1.3.1.2 USLE_K faktörünün belirlenmesi	24
3.1.3.1.3. SOL_BD (nemli yığın yoğunluğu)'nin belirlenmesi	24
3.1.3.1.4. SOL_AWC (Toprakta kullanılabilir su kapasitesi)'nin belirlenmesi	25
3.1.3.1.5. SOL_K (doygun hidrolik geçirgenlik)'nin belirlenmesi	26
3.1.3.2. Arazi kullanımı katmanı	26
3.1.4. HTB Dağılımı ve Diğer Girdiler	29
3.2 Pİ Oluşturulmasında İzlenen Yöntem	31
3.2.1 Kaynak Faktörü	32
3.2.1.1 Toprak testi etkisi	32
3.2.1.2 Kimyasal Gübre Etkisi	34
3.2.1.3 Çiftlik Gübresi Etkisi	36
3.2.2 Taşınım Faktörü	36
3.2.2.1 Erozyon ve infiltrasyon miktarları	37
3.2.2.2 Yüzeysel akış potansiyeli	37
3.2.2.3 Su kaynağına uzaklık	38

3.3 WASP ile Uluabat Gölü'ndeki P'un Modellenmesi	38
4. Bulgular ve Tartışma	42
4.1. SWAT Sonuçları	42
4.1.1 SWAT'ın Kalibrasyonu	42
4.1.1.1 73 nolu alt havza için kalibrasyon sonuçları	43
4.1.1.2 77 nolu alt havza için kalibrasyon	45
4.1.2. Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı Simülasyon Sonuçları	48
4.1.3 Farklı Yönetim Biçimlerinin Uygulanması	54
4.1.3.1. Senaryo I (Göze SÖL, 3D, 2000/2005)	55
4.1.3.2. Senaryo II (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	61
4.1.3.3. Senaryo III (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	62
4.1.3.4. Senaryo IV (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	64
4.1.3.5. Senaryo V (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	68
4.1.3.6. Senaryo VI (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	70
4.1.3.7. Senaryo VII (Göze SÖL, AWC, 2000/2005)	71
4.2 Pİ	75
4.2.1 Toprak Analizleri	75
4.2.2 Pİ Oluşturulması	78
4.3 WASP MODELİ SONUÇLARI	83
4.3.1 Göl Su Kalitesi Analizi	83
4.3.2 WASP ile modelleme	89
5. Sonuçlar ve Öneriler	95
Kaynaklar	98
Ek A. SWAT'ta Kullanılan Toprak Parametreleri	104
Proje özet bilgi formu	105
Tablo 4.1 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	43
Tablo 4.2 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	48
Tablo 4.3 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	54
Tablo 4.4 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	55
Tablo 4.5 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	61
Tablo 4.6 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	62
Tablo 4.7 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	64
Tablo 4.8 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	68
Tablo 4.9 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	70
Tablo 4.10 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	71
Tablo 4.11 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	75
Tablo 4.12 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	78
Tablo 4.13 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	83
Tablo 4.14 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	89
Tablo 4.15 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	95
Tablo 4.16 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	98
Tablo 4.17 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	104
Tablo 4.18 Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı	105

Dağılımı, Senaryo I-a	54
TABLolar LİSTESİ	
Tablo 4.0. P yükleri, Senaryo II	55
Tablo 3.1. DYH özellikleri	12
Tablo 3.2. Sonuçlarda %10'dan az hataya ulaşmak için gereken maksimum	13
Tablo 4.13 CBS verisi mekansal çözünürlüğü	16
Tablo 3.3. SWAT'ta kullanılan farklı bünyeler için kum, silt ve kil oranları	22
Tablo 3.4. Bünyeye göre USLE_K değerleri	24
Tablo 3.5. Bünyeye göre SOL_BD değerleri (Mg/m ³)	25
Tablo 3.6. Bünyeye göre SOL_AWC değerleri (mm H ₂ O/mm toprak)	25
Tablo 3.7. Bünyeye göre SOL_K değerleri (mm/h)	26
Tablo 3.8. KHGM toprak haritası ve SWAT arazi kullanımı veri tabanı eşleştirilmesi	27
Tablo 3.9. Noktasal kaynak deşarj verisi	29
Tablo 3.10. Havza girişı deşarj verisi	29
Tablo 3.11. Domates (TOMA), Buğday (AGRC) ve Mısır (CORN) için tarımsal uygulamalar	30
Tablo 3.12. Pİ değerlendirmesi	32
Tablo 3.13. Toprak numuneleri özellikleri (01.05.2005)	33
Tablo 3.14. Toprak numuneleri özellikleri (30.06.2005)	34
Tablo 3.15. Numune Noktaları Koordinatları	39
Tablo 4.1. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; Alt-havza 73 (Yıllık ortalama değerler)	44
Tablo 4.2. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; alt-havza 77, varsayılan model parameter değerleri ile elde edilen sonuçlar	46
Tablo 4.3. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; Alt-havza 77; kalibrasyon sonucu	47
Tablo 4.4. Uluabat Gölü'ne taşınan SED ve P Yükleri	48
Tablo 4.5. Arazi kullanımına göre çalışılan havza alanından kaynaklanan SYLD, SED P ve ÇÖZ P Taşınımı	49
Tablo 4.6. Tarımsal Uygulamalara Göre, uygulanan ve taşınan P Dağılımı	54
Tablo 4.7. Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yüğü; Senaryo I-a	56
Tablo 4.8. Farklı Tarımsal Üretimlere Göre, Uygulanan ve Taşınan P	

Dağılımı; Senaryo I-a	56
Tablo 4.9. Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü; Senaryo I-b	60
Tablo 4.10. P yükleri; Senaryo II	61
Tablo 4.11. Uluabat Gölü'ne Taşınan Sediman ve P Yükleri, Senaryo III	62
Tablo 4.12. Uluabat Gölü'ne taşınan sediman ve P yükleri, Senaryo IV	68
Tablo 4.13. Uluabat Gölü'ne taşınan P Yükü; Senaryo V	69
Tablo 4.14. Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yükü; Senaryo VI	70
Tablo 4.15. Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü; Senaryo VII	71
Tablo 4.16. 01.05.2005 tarihli saha çalışmasından elde edilen numunelerin analizleri	76
Tablo 4.17. 30.06.2005 tarihli saha çalışmasından elde edilen numunelerin analizleri	77
Tablo 4.18. P haritaları için senaryolar	79
Tablo 4.19. Laboratuvar analizi sonuçları	84
Şekil 4.1. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama COZ P yükü	85
Şekil 4.2. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü	87
Şekil 4.3. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D yükü	88
Şekil 4.4. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo I	89
Şekil 4.5. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo II	90
Şekil 4.6. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo III	91
Şekil 4.7. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo IV	92
Şekil 4.8. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo V	93
Şekil 4.9. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo VI	94
Şekil 4.10. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo VII	95
Şekil 4.11. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P D P yükü, Senaryo VIII	96
Şekil 4.12. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo I	97
Şekil 4.13. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo II	98
Şekil 4.14. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo III	99
Şekil 4.15. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo IV	100
Şekil 4.16. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo V	101
Şekil 4.17. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo VI	102
Şekil 4.18. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo VII	103
Şekil 4.19. Alt-hayranlıdan taşınan yıllık ortalama P SEDP + ÇÖZP yükü, Senaryo VIII	104

Şekil 4.17. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP-ÇÖZP) yükü	74
ŞEKİLLER LİSTESİ	
Şekil 4.18. P1 haritası (S1)	78
Şekil 2.1. Uluabat Gölü ve RAMSAR Antlaşması ile belirlenen sınır	4
Şekil 3.1. Bölgedeki meteoroloji istasyonları	11
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan DYH	13
Şekil 3.3. SWAT tarafından oluşturulan Uluabat Gölü havzası ve alt-havzalar	15
Şekil 3.4. Drene olan havza girişleri, M-1 ve AGİ-302 istasyonları	17
Şekil 3.5. Toprak sınıfı katmanı	23
Şekil 3.6. Arazi kullanımı katmanı	28
Şekil 3.7. Bölgedeki gübre çeşidi tercihleri	35
Şekil 3.8. Uluabat Gölü Model Segmentleri	40
Şekil 4.1. AGİ-302, sediman yükü – akım eğrisi, 2002-2004	45
Şekil 4.2. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü	50
Şekil 4.3. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü	51
Şekil 4.4. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP + ÇÖZP) yükü	52
Şekil 4.5. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SYLD yükü	53
Şekil 4.6. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü, Senaryo I	57
Şekil 4.7. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü, Senaryo I	58
Şekil 4.8. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP + ÇÖZP) yükü, Senaryo I	59
Şekil 4.9. Gübre Uygulama Miktarlarındaki İndirimin Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yükü üzerindeki etkisi	61
Şekil 4.10. Senaryo III için arazi kullanımı haritası	63
Şekil 4.11. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü, Senaryo III	65
Şekil 4.12. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZP yükü, Senaryo III	66
Şekil 4.13. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP+ÇÖZP) yükü, Senaryo III	67
Şekil 4.14. Emet ve Orhaneli Çayları İle Taşınan P Yüklerindeki indirimin Mustafakemalpaşa Çayı ile Taşınan P Yüküne etkisi	69
Şekil 4.15. Alt-havzalardan taşınan yıllık Ortalama SED P yükü, Senaryo VII	72
Şekil 4.16. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü, Senaryo VII	73

Şekil 4.17. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP+ÇÖZP) yükü, Senaryo VII	74
Şekil 4.18 Pİ haritası (SI)	78
Şekil 4.19 Pİ haritası (SIX)	80
Şekil 4.20 Pİ haritası (SXI)	81
Şekil 4.21 Pİ haritası (SXII)	81
Şekil 4.23 Pİ haritası (SXIII)	82
Şekil 4.23 Pİ haritası (SXIV)	83
Şekil 4.24 Yaz aylarındaki ortalama sıcaklık	85
Şekil 4.25 Yaz aylarındaki ortalama pH	85
Şekil 4.26 Yaz aylarındaki ortalama ÇO	86
Şekil 4.27 Yaz aylarındaki ortalama bulanıklık	86
Şekil 4.28 Yaz aylarındaki ortalama Chl-a	87
Şekil 4.29 Yaz aylarındaki ortalama iletkenlik	87
Şekil 4.30 Yaz aylarındaki ortalama toplam P	88
Şekil 4.31 Yaz aylarındaki ortalama Kjeldahl N	89
Şekil 4.32. Kalibrasyon sonucu elde edilen ÇO profili – Segment 2	90
Şekil 4.33. Kalibrasyon sonucu elde edilen ÇO profili – Segment 4	90
Şekil 4.34. Kalibrasyon sonucu elde edilen Chl-a profili – Segment 2	91
Şekil 4.35. Kalibrasyon sonucu elde edilen Chl-a profili – Segment 4	91
Şekil 4.36. Kalibrasyon sonucu elde edilen P profili – Segment 2	92
Şekil 4.37. Kalibrasyon sonucu elde edilen P profili – Segment 4	92
Şekil 4.38. Kalibrasyon sonucu elde edilen NO ₃ profili – Segment 2	93
Şekil 4.39. Kalibrasyon sonucu elde edilen NO ₃ profili – Segment 4	93
Şekil 4.40 Farklı senaryolar için 5 yıllık süreçte gölde gözlenebilecek ortalama P (PO ₄) değerleri	94

ÖZ

Bu çalışma, Uluabat Gölü'ne giden fosfor yüklerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Kalibrasyonu takiben, SWAT ile sediman ve fosfor taşınımı modellenmiştir. Modelde kullanılan arazi kullanımı ve diğer koşullar için göle yıllık 4 grP/m²/yıl'lık bir fosfor yükü ulaştığını sonucuna varılmıştır. Uygulanan gübre miktarı, Emet ve Orhaneli havzalarından gelen yükler ve Uluabat Gölü etrafındaki tarımsal alanların varlığı, göle giden fosfor yüklerini etkilediği sonucuna varılmıştır. Bu faktörlerde yapılan iyileştirmeler sonucunda göle giden fosfor yükünün yarı yarıya azaltılabileceği hesaplanmıştır. Ancak, bu değer hedeflenen 1.0 gP/m²/yıl'dan fazladır

Havza için oluşturulan fosfor indeksi, çalışılan havzanın güney kısımları hariç, diğer tüm tarım yapılan alanlarda yüksek fosfor taşınım riski olduğunu göstermiştir. Yağış miktarı ve gübreleme metodu, bu riski arttıran en önemli faktörler olarak ortaya çıkmıştır.

Gölde yapılan analizler, yaz aylarında alg, ÇO ve besin maddesi konsantrasyonlarının arttığını göstermiştir. Sınırlı sayıda ölçümler gölün fosfor kısıtlı olduğunu göstermektedir ancak toplam azotun toplam fosfora oranı nispeten sınırdaki olduğu için bu kuvvetli bir kısıtı göstermemektedir. WASP ile elde edilen sonuçlar, fosfor yükündeki %50'lik bir azalmanın gölde gözlenen P konsantrasyonlarını önemli ölçüde azaltılabileceğini göstermiştir. Ancak sonuçların anlamlı olabilmesi için sediman aktivitesinin de modellenmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uluabat Gölü, SWAT, Fosfor İndeksi, Modelleme, Fosfor; Yayılı Kaynaklar, Ötrifikasyon

ABSTRACT

This study aims at determining the phosphorus loads to Lake Uluabat. Following the calibration, SWAT was used to model the phosphorus and sediment transport. For the landuse and conditions assumed, it was concluded that a load of 4 grP/m²/year reached to the lake. The amount of fertilizer applied, the loads from the Emet ve Orhaneli watersheds and presence of agricultural lands around the lake were the factors effecting the phosphorus input. Improvements in these conditions decreased the phosphorus load to the lake by half. But still, this value was higher than the target load of 1.0 gP/m²/year.

The phosphorus index developed for the watershed showed that there was a high risk of phosphorus transport through the agricultural lands in the watershed except the south region. Rainfall amount and fertilization method were among the factors that enhanced the risk of phosphorus transport.

The measurements in the lake showed that algae, dissolved oxygen, and nutrient concentrations were increasing in the summer months. A small number of measurements indicated phosphorus limitation in the lake, however, this limitation was not strong as the total nitrogen to total phosphorus ratio was at the borderline. The results obtained with WASP showed that a 50% reduction in the phosphorus loads might significantly decrease the phosphorus concentrations in the lake. However, in order to have sound conclusions, sediment activities should be modeled as well.

Keywords: Lake Uluabat, SWAT, Phosphorus Index, Modeling, Phosphorus, Diffused Sources, Eutrophication.

1. GİRİŞ

Göllerin su kaliteleri, havzalarından taşınan sediman ve besin maddeleri ile etkilenmektedir. Bugün dünyadaki birçok gölde ötrifikasyona bağlı sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için havza bazında yönetim ve kirlilik kontrolüne ihtiyaç bulunmaktadır.

Havza bazında su kalitesi kontrolü için A.B.D. Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından göl ve nehirler için toplam maksimum günlük yük (total maximum daily load) (TMGY) belirlenmesi çalışmaları yapılmaktadır. Bu yaklaşımla, her bir alıcı ortam için kirlilik kaynakları ve bu kaynaklardan gelen yükler havza bazında belirlenmektedir. Bu yüklerin belirlenmesiyle alıcı ortamın tolere edebileceği yüklere hangi yollarla ulaşılması gerektiği irdelenmekte, yönetim planları oluşturulmakta ve uygulanmaktadır. Bu çalışmalar sonucu özellikle azot, fosfor, koliform gibi kirleticiler için TMGY belirleme çalışmaları yapılmış, stratejiler belirlenmiş ve uygulamalar başlatılmıştır (USEPA, 2000a; USEPA; 2000b; Virginia Tech, 2001). Yapılan çalışmalara bir örnek Champlain Gölü'nde P için TMGY tayinidir. Proje sonucunda oluşturulan planda, gölde sürdürülebilir su temini sağlamak ve sağlıklı bir ekosistemin gelişmesine olanak vermek amacıyla P deşarjlarının azaltılması önerilmiştir. Bu proje ile, 20 yıllık bir sürede istenilen kriterlere ulaşabilmek için P yönetim planı oluşturulmuş olup, su kalitesi iyileştirmesi için uygun ve ekonomik yönetim programları belirlenmiştir (Vermont Agency of Natural Resources, 2002). Culver ve diğerlerinin (2002) Muddy Creek için yaptığı TMGY çalışması sonucunda önerilen stratejilerin uygulanmasıyla nitrat oranlarının %8,5 azalacağı ve su kalitesinde iyileşme sağlanacağı vurgulanmıştır.

Her havza nehir, ve göl için farklı şartlar geçerli olduğundan her biri için farklı yönetim planları oluşturulması gereklidir. Bunun için TMGY tayini, lokal durumu etkileyen faktörlerin hesaba katılmasını, noktasal ve yayılı kaynakların göz önünde bulundurulmasını ve havza bazında çalışmayı gerektirmektedir. Ötrifikasyona neden olan yayılı besin kaynakları çoğu zaman tarımsal aktiviteler neticesinde ortaya çıkmakta ve birçok yerde en az noktasal kaynaklar kadar önemli olabilmektedir (Isermann, 1990). Gübre uygulamaları ve

hayvan atıkları, tarımsal havzalarda başlıca P kaynaklarıdır (Lambert ve diğ., 1985; Cooke, 1988; Sharpley ve diğ., 1994). Bitki ihtiyacından fazla olarak gübreleme yapmak, topraktaki P miktarının artmasına ve toprağın P ile doymasına yol açmaktadır. Böylece, P'un toprak solüsyonuna salınma potansiyeli artmakta, sızıntı ve yüzeysel akış ile taşınım riskini arttırmaktadır. (McDowell ve diğ., 2002; McDowell ve Sharpley, 2001). Norveç'teki yüzeysel sulardaki antropojenik P girdilerinin %45'i tarımsal alanlardan gelmektedir. Chesapeake Koyu'ndaki (A.B.D.) P'un %61'i tarımsal kaynaklıdır (Bechmann, ve diğ., 2005).

Bu çalışma Uluabat Gölü için P TMGY tayinini, yani göle ulaşan P miktarlarını belirlemeyi amaçlamaktadır. Uluabat Gölü Marmara Denizi'nin güneyinde, Bursa kentinin 30 km kadar batısında yer alan, sığ bir göldür. 1970'lere kadar potansiyel bir içmesuyu kaynağı olarak kabul edilen göl, 1990'lara ulaşıldığında su kalitesi problemleriyle dikkat çekmiştir. Tarımdan dönen sular, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarına bağlı kirlenme önemli boyutlara ulaşmıştır (Yersiz ve diğ., 2001; DHKD, 2002). Göldeki ötrifikasyonu kontrol eden besin elementinin P olduğu ve göle ulaşan P miktarının zaman içinde arttığı da belirlenmiştir (Altınayar, 1998; Celtemen ve diğ., 2000). Bu nedenle P yükünün kontrolü su kalitesinin iyileştirilmesi için önemlidir.

Göl ve çevresi, koruma altındaki habitatlar ile birlikte, 15 Nisan 1998 tarihinde RAMSAR Sözleşmesi kapsamına alınmıştır. Böylece, Uluabat Gölü'nün doğal yapısı ve ekolojik karakteri uluslararası koruma altına alınmıştır (Celtemen ve diğ., 2000; Yersiz ve diğ., 2001). 1998 yılında, Doğal Hayatı Korum Derneği (DHKD), Çevre Bakanlığı ve DSİ ile, Uluabat Gölü için entegre yönetim planı hazırlamak amacıyla bir proje başlatmıştır. Bu proje sonucunda, göldeki ötrifikasyon problemini kontrol etmek için, göle giden P yükünün gelecek 5 yıl içinde $1 \text{ g/m}^2/\text{yıl}$ 'ın altına indirilmesi gerektiği sonucuna varılmış, bu amaçla bir yönetim planı oluşturulmuştur. Halihazırda, göle giden P yükü $1-8 \text{ gP/m}^2/\text{yıl}$ olarak verilmiştir (WWF-Türkiye, 2000).

TMGY tayini veya kirleticiler azaltma stratejilerini belirleme, hem noktasal hem de yayılı kaynaklardan gelen kirleticilerin taşınımının havza bazında modellenmesini gerektirmektedir. Bununla birlikte, özellikle yayılı kaynaklardan taşınımı etkileyen erozyon, yeraltısuyuna sızma, yeraltısuyundan beslenme, yağmur suyu ile taşınım gibi mekanizmaları içerebilecek

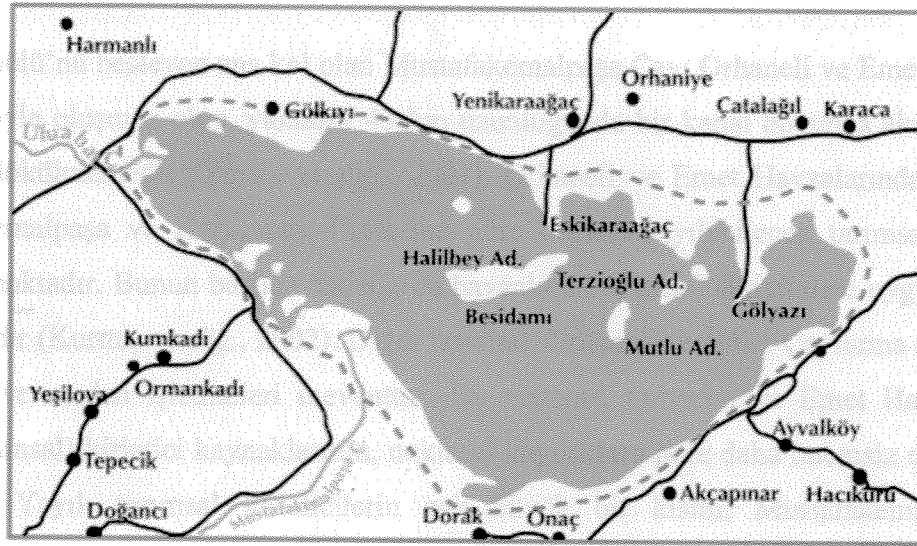
modeller kullanılmalıdır. Bu gerekleri karşılayabilmek için EPA tarafından geliştirilen BASINS modeli araştırmacıların kullanımına sunulmuştur (USEPA, 1998). BASINS, EPA tarafından geliştirilen ve yaygın kullanımlı çeşitli programların (QUAL2E, SWAT, PLOAD, vb) birleştirilmesiyle oluşturulmuş bir paket bilgisayar programıdır. Dünyada yeni yeni kullanılmaya başlanan bu program, daha çok havza bazında su kalitesinin modellenmesinde kullanılmaktadır. Program ayrıca, Coęrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile (ArcView-Spatial Analyst) entegre edilmiştir. CBS bazlı bir programın kullanılması ise, su kalitesi modellemesi sonuçlarının, havza genelinde net bir şekilde ortaya konması ačasından avantaj sağlamaktadır. Çalışılan alan ile ilgili bilgiler (arazi kullanımı, kirleticilerin dağılımı, vb.) kullanıcı tarafından belirlenen ölçekte görüntülenebilmektedir. Bu alışmada BASINS içinde yer alan, noktasal ve yayılı kirleticilerin taşınımını simule eden SWAT programı kullanılmıştır. Bu nedenle, bundan sonraki bölümlerde bu modelin ismi kullanılacaktır.

Çalışma, üç ana aşamadan oluşmaktadır. Projenin ilk aşamasında, SWAT programı yardımıyla göle ulaşan sediman ve P yükleri belirlenmiştir. Bu yüklerin farklı yönetim stratejileri ile nasıl değişebileceği irdelenmiştir. İkinci aşamada fosfor indeksi (PI) kullanılarak, P kaybı riskinin yüksek olduğu althavzalar belirlenmiştir. Son aşamada ise, ilk aşamada elde edilen potansiyel yüklerin göldeki P konsantrasyonu üzerindeki etkileri WASP modeli yardımıyla incelenmiştir. Bu aşamalarda ağırlık yayılı kaynakların üzerinde yoğunlaşmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 ULUABAT (APOLYONT) GÖLÜ HAVZASI

Uluabat Gölü, Türkiye'deki önem arzeden göllerden biridir. 40°12' kuzey enlemi ve 28°40' doğu boylamı arasında, Bursa sınırları içinde bulunmaktadır (Kurttaş ve diğ., 2002). Kuzeyi Karaağaç-Kirmikir, batısı Mustafakemalpaşa, doğusu Akçalar Ovası, güneyi ise Çamlıtepe ve Hisartepe Dağları ile sınırlanmıştır. Gölün güney-batı kıyıları 1993 yılında yapılan seddelerle çevrilmiş ve gölün bu kesimi tarıma açılarak geçmişte olduğu gibi geniş alanlara yayılması engellenmiştir. Uluabat Gölü ve RAMSAR Antlaşması ile belirlenen sınırlar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Kesik kırmızı çizgi RAMSAR sınırını göstermektedir. Gölün yüzey alanı 160 km², ortalama depolama hacmi 300 hm³ ve toplam drenaj alanı 10.413 km²'dir. En düşük ve en yüksek derinlikler 7,5 ve 2,5 m olarak verilmiştir. Ancak, gölün büyük bir kısmında derinlik 1-2 m'yi aşmamaktadır (Celtemen ve diğ., 2000).



Şekil 2.1. Uluabat Gölü ve RAMSAR Antlaşması ile belirlenen sınır (kırmızı kesik çizgilerle gösterilen) (<http://www.bursacevreorman.gov.tr/uluabat.htm>)

Göl Mustafakemalpaşa Çayı ile beslenmektedir. Batısındaki Uluabat dolaylarındaki çıkış ayağından Uluabat deresine boşalarak, Karacabey ilçe merkezinin kuzeyinde Susurluk Çayı ve Manyas Gölü çıkış ayağı olan Karadere ile birleşmekte, kuzey yönünde Karacabey boğazından akarak Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Ancak, su seviyesinin düşük olduğu zamanlarda, göle Simav Çayı'ndan da su gelmektedir (Celtemen ve diğ., 2000). Uluabat Gölü'nün drenaj alanını üç kısma ayırmak mümkündür. Bunlardan Mustafakemalpaşa Havzası 9.913 km²'lik yüzölçümü ile toplam drenaj alanının %95,2'sini oluşturmaktadır. Göl alanının 160 km² olan yüzölçümü toplam drenaj alanının %1,5'ünü oluşturmaktadır. Mustafakemalpaşa Havzası ve göl alanı dışında kalan drenaj alanı 343 km² olup, toplam drenaj alanın %3,3'ü kadardır (Celtemen ve diğ., 2000).

Balıkçılık aktivitelerinin yoğun olduğu göl, koloidal kil nedeniyle devamlı bulanıktır. Göldeki fitoplanktonların baskın durumuna göre suya bazen yeşilimsi-sarı, bazen de grimsi-sarı renkler hakim olmaktadır. Sulama amacıyla gölden su çekilmektedir. Göl ve Mustafakemalpaşa Çayı'ndan alınan su ile Akçalar, Kirmikir ve Mustafakemalpaşa sol ve sağ sahil sulamaları yapılmaktadır (Celtemen ve diğ., 2000).

Uluabat Gölü'nü besleyen ana kol olan Mustafakemalpaşa Çayı Orhaneli ve Emet Çayları'nın birleşmesiyle oluşmuş olup, yaklaşık 43 km uzunluğunda bir kanal boyunca akarak Uluabat Gölü'ne dökülmektedir (Yersiz ve diğ., 2001). Orhaneli ve Emet Havzalarındaki ilçelerde, Mustafakemalpaşa ve Karacabey İlçelerine göre önemli sayılabilecek tarımsal aktiviteler bulunmamaktadır. Bunun başlıca nedeni, bu havzalarda tarımsal aktivitelere uygun arazilerin az olmasıdır (Kurttaş ve diğ., 2002). Diğer taraftan, Orhaneli ve Emet Çaylarına deşarj yapan sanayiler ve maden işletmeleri mevcuttur. Bu nedenle, Orhaneli ve Emet Havzalarındaki yayılı (tarımsal) kirletici kaynaklarının, noktasal kaynaklara göre daha önemsiz olduğu kabul edilebilir. Yayılı tarımsal kirleticilerin çok büyük bir kısmı, Mustafakemalpaşa Çayı Havzası'ndan (Emet ve Orhaneli Havzaları dışında kalan alanlar) taşınmaktadır. Gölde gözlenen kirliliğe bağlı olarak çözünmüş oksijende görülen azalma sık sık balık ölümlerine neden olmaktadır (Yersiz ve diğ., 2001). Su kalitesi problemleri nedeniyle, son yıllarda biyoçeşitlilikte azalma gözlenmiştir (DHKD, 2002). 1990'larda yapılan ölçümler, su kalitesi sınıfının Su Kalitesi Kontrolü Yönetmeliği'ne göre Sınıf III, hatta Sınıf IV'e gerilediğini göstermiştir (Celtemen ve diğ., 2000).

2.2 SWAT MODELİ

SWAT noktasal ve yayılı kaynaklardan gelen besin maddeleri ve sediman miktarlarını belirleyebilen fiziksel bazlı bir hidrolojik modeldir. Su ve sediman taşınımı, bitki büyümesi, besin maddesi döngüsü gibi fiziksel prosesler SWAT tarafından modellenmektedir. SWAT, havzaya ait hava durumu (günlük yağış, en yüksek/en düşük hava sıcaklığı, solar radyasyon, rüzgar hızı, bağıl nem, vd.), toprak özellikleri, topoğrafya, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve arazi yönetimi uygulamaları verilerine ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda, günlük yağış, en yüksek/en düşük sıcaklık, solar radyasyon, rüzgar hızı ve bağıl nem için verilerde eksik olan değerler SWAT tarafından üretilmektedir. Böylece, yeterli gözlem verisi (nehir gözlem verisi) olmayan havzalar da modellenmektedir (Neitsch et al., 2002a).

SWAT'ta, havza birçok sayıda alt-havzalara ayrılmaktadır. Kullanıcı, farklı arazi kullanımı ve toprak sınıflarını alt-havzalara paylaştırabilmekte ve ArcView arayüzü ile mekansal dağılımını görebilmektedir. Her alt-havzaya ait veriler, iklim, hidrolojik tepki birimleri (HTB), gölet/bataklık, yeraltı suyu ve alt-havzayı besleyen ana kanal veya nehir kategorileri altında gruplandırılmaktadır. HTB, alt-havzayı oluşturan belirli arazi örtüsü, toprak özellikleri ve yönetim kombinasyonlarına sahip olan alanlardır. Hesaplamalardaki temel yaklaşım kütle dengesidir. Su dengesi, havza içindeki P taşınımında başlıca faktördür (Neitsch et al., 2002a).

SWAT her tür arazi örtüsünü modellemede tek bir bitki büyüme modelini kullanmaktadır. Bu model bitki büyümesi, kök bölgesindeki su ve besin maddelerinin taşınması, terleme ve biyokütle üretimini belirlemektedir. Bitki tarafından kullanılmayan ve üst tabakada bulunan P ise taşınımına kaynak olmaktadır. P'nin bitkisel kullanımı, bitki büyümesi için arz-talep yaklaşımına göre hesaplanmaktadır. Belirli bir gündeki bitkisel P ihtiyacı, bitkisel gelişmişlik için tahmin edilen bitki biyokütlesine ait P içeriği ile gerçek P içeriği arasındaki fark olarak hesaplanmaktadır. Bitki kullanımına ek olarak, çözünebilir P ve organik P de suyun kütleli akımı ile topraktan taşınabilmektedir (Neitsch et al., 2002b).

Erozyon ve sediman üretimi herbir HTB için Modifiye Edilmiş Üniversal Toprak Kaybı Eşitliği (Modified Universal Soil Loss Equation, MUSLE) ile hesaplanmaktadır. Geleneksel USLE eşitliği aşınma enerjisinin belirtisi olarak yağmuru kullanırken, MUSLE, erozyon ve sediman taşınımında yüzeysel akış miktarını kullanmaktadır (Neitsch et al., 2002b).

SWAT, her HTB’de gerçekleştirilen yönetim biçimlerini tanımlayabilmek için çeşitli opsiyonlar içermektedir. Kullanıcı, büyüme mevsiminin başlangıç ve bitişini tanımlayabilmekte, kullanılan gübrenin, pestisit, sulama uygulamalarının zamanını ve miktarını belirleyebilmektedir. Büyüme mevsiminin sonunda, biyokütle HTB’den ürün olarak kaldırılmakta veya kalıntı olarak yüzeyde kalmaktadır. Bunlara ek olarak, otlama, gübre ve sulama uygulamaları için çeşitli yönetim biçimlerinin eklenebilmesi özelliği mevcuttur (Neitsch et al., 2002b). Model hakkında ve modelin kullandığı varsayımlar hakkında daha geniş bilgi kullanıcı kılavuzundan elde edilebilir (Neitsch, 2002a).

SWAT, yüzey akışı, arazi kullanımındaki değişikliklerin su kalitesine etkileri ve iklimin havza hidrolojisi üzerine etkilerinin simülasyonunda dünya çapında kullanılmaktadır (Peterson and Hamlett, 1998). Manguerra ve Engel (1998) SWAT kullanarak, yüzey akışı tahmini için, sentetik ve gerçek havzaların hidrolojik parametrizasyonunu çalışmıştır. Santhi ve diğ. (2001) noktasal ve yayılı kirletici kaynak içeren geniş bir havzada SWAT’ın kalibrasyonunu ve validasyonunu çalışmışlar, model çıktılarının ölçüm değerleriyle uyum gösterdiğini belirtmişlerdir.

Tripathi ve diğ., (2003) SWAT modelini kullanarak Hindistan’daki bir havzada toprak yönetimi için kritik alt-havzaları belirlemişlerdir. SWAT’ın özellikle küçük tarımsal havzalarda yüzey akışı, sediman üretimi ve besin maddesi kayıplarını doğru olarak tahmin ettiği sonucuna varmışlardır. SWAT modeli, kirlilik yükünün büyük bir kısmına neden olan kritik alt-havzaların tanımlanmasında başarılı bulunmuştur.

Grizzetti ve diğ. (2003) SWAT’ı kullanarak Finlandiya’daki bir havza için azot (N) ve P kaybını modellemişler ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. SWAT ile elde edilen yayılı kirletici değerlerini, geleneksel istatistiksel metotlarla elde edilen değerlerle karşılaştırmışlar ve SWAT ile elde edilen tahminlerin kabul edilebilir olduğu sonucuna varmışlardır.

2.3 Pİ (FOSFOR INDEKSİ)

Ulmabet GÜB ve kalitesi modellenmesi, WASP modeli (SÖRÜM) 1) yapılandırılarak yapılmıştır. Bu Tarımsal kaynaklı kirliliğin kontrolünde risk alanlarının belirlenmesi önemli bir sayfayı oluşturur. A.B.D Tarım Bakanlığı, Zirai Araştırmalar Servisi tarafından geliştirilen Pİ, ötrifikasyon sorununu hızlandırma açısından risk taşıyan tarımsal alan(lar)ın veya uygulamaların belirlenmesinde kullanılmaktadır (Lemunyon ve Gilbert, 1993). P'un çevresel sorun yaratabilmesi için öncelikle yeterli bir kaynağın (toprakta yüksek miktarda fosfor konsantrasyonu, gübre veya kimyasal uygulaması, vs) ve sonra da bu kaynağın sızma, akış gibi yollarla hassas bir bölgeye taşınımı gereklidir. Ancak bu iki faktör bir araya geldiği zaman ortaya bir sorun çıkması mümkündür. Bu yüzden, iyi bir toprak ve su yönetimi için, bu iki koşulun kesiştiği durumlar kontrol altına alınmalıdır. Bu alanlar "kritik kaynak alanları" olarak adlandırılırlar.

Pİ'nin ilk versiyonu, 8 alan özelliğini göz önünde bulundurur. Bu özellikler, 3 taşınım özelliği (toprak erozyonu, sulama erozyonu ve akış sınıfı) ve 5 kaynak özelliğinden (toprak fosfor testi, fosforlu gübre uygulama sıklığı, fosforlu gübre uygulama şekli, organik fosfor kaynağı uygulama sıklığı ve organik fosfor kaynağı uygulama şekli) ibarettir. Alan özelliklerinin herbirinin bir ağırlık faktörü vardır ve Pİ bu katsayıların yardımıyla hesaplanır. Pİ'nin proses bazlı deterministik yaklaşımlar üzerindeki bir avantajı, kolayca elde edilebilen girdi verilerini ve gerçek tarımsal uygulamaları baz almasıdır.

Pİ bugüne kadar yoğunlukla A.B.D'de, zirai veya insan aktivitesi bazlı besin maddesi yönetimi için bir planlama aracı olarak kullanılmıştır. Bazı Avrupa ülkeleri de bu yaklaşımı benimsemiş olmakla birlikte, Avrupa standartları için bir Pİ geliştirilmesi için henüz kapsamlı araştırmalar yapılmamıştır (Djodjic ve diğerleri, 2002; Tuhkanen ve diğ., 2001). Heathwaite ve diğ., 2003 yılında yayınladıkları araştırma raporunda, Avrupa ülkeleri için geliştirilmiş bir Pİ indeksi önermişlerdir. Bu konudaki çalışmalar Avrupa'da yavaş yavaş önem kazanmaya başlamıştır (Bechmann ve diğ., 2005).

2.4 WASP

Uluabat Gölü su kalitesi modellemesi, WASP modeli (Sürüm 7) kullanılarak yapılmıştır. Bu model sucul sistemler için geliştirilmiş olup, zaman değişimli adveksiyon, dispersiyon, noktasal ve yayılı kütle yüklerine ve sınır değişimlerine dayanmaktadır. Model iki alt modelden oluşur; organik kimyasallar ve metaller gibi toksik bileşiklerin sucul sistemlerdeki etkilerini simule eden TOXI7 ve çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, nütrient konsantrasyonlarındaki değişimi tahmin etmek gibi nispeten daha rutin su kalitesi değerlendirmelerinde kullanılan EUTRO7 modeli.

WASP modeli, sürekli akışlı tank prensibiyle çalışmaktadır. Çalışılan su kütlesi segmentlere ayrılır. Su kalitesi parametreleri konsantrasyonları herbir segment için hesaplanırken, segmentler arasında değişim hızına bağlı olarak geçiş meydana gelir.

WASP, sınırlı oranda hidrolojik hesap yapabilmektedir. Bunun yanında, EPA tarafından geliştirilmiş hidrolojik simülasyon programlarından HSPF, DYNHYD, ve CE-QUAL-RIV1 tarafından üretilen verileri okuyabilmektedir. Sürüm 7'de ayrıca net giriş ve çıkış değerleri bazında hesaplama da yapılabilmektedir. Modelle ilgili daha geniş bilgi WASP kullanıcı kılavuzundan (Ambrose ve diğ., 1993) temin edilebilir.

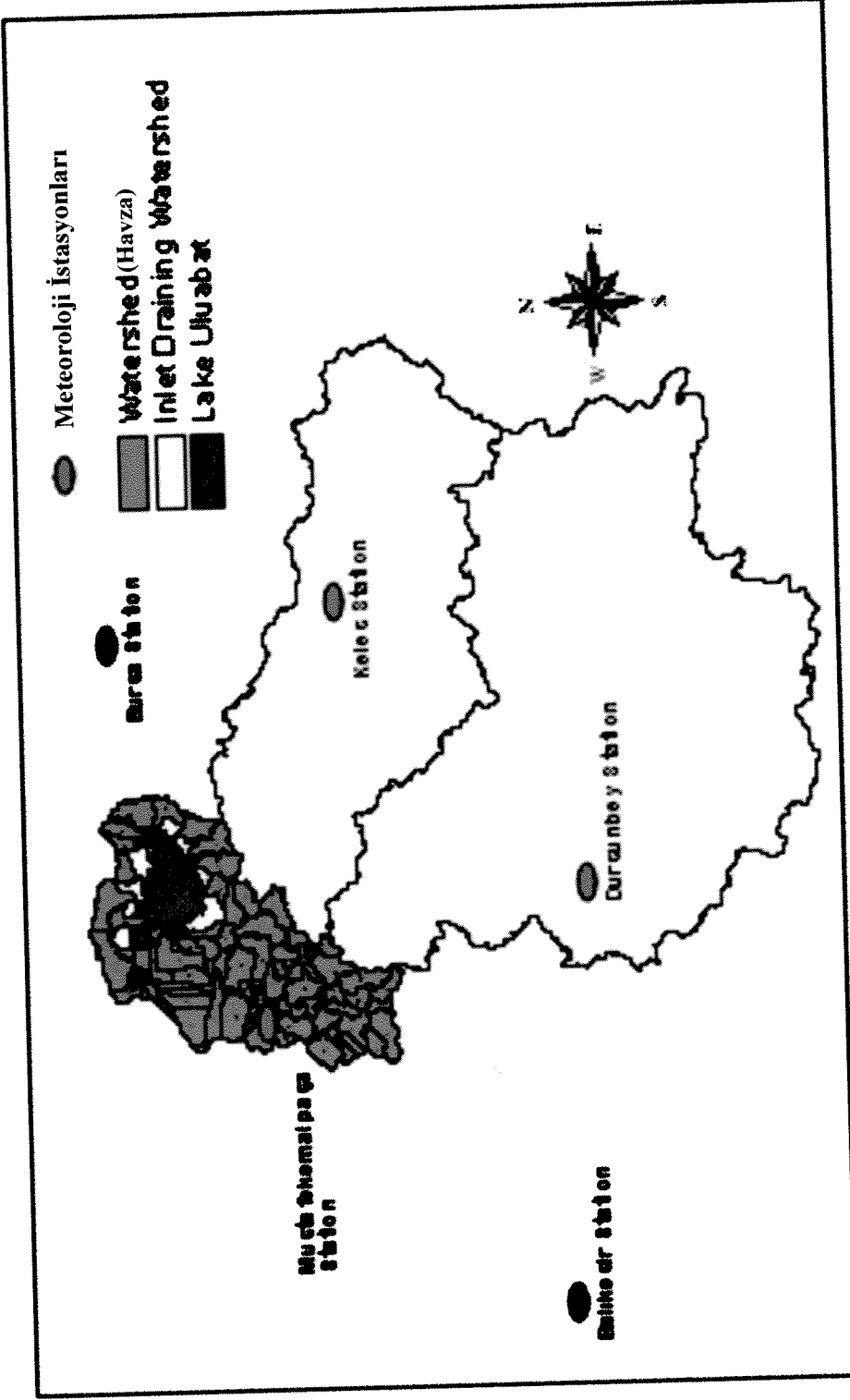
3. YÖNTEMLER

3.1 SWAT GİRDİLERİNİN OLUŞTURULMASI

DSİ tarafından yapılan çalışmalarda (Celtemen ve diğ., 2000), Uluabat Gölü'nün yeraltısuyu ile beslenme düzeyinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle tarımsal kirliliğin belirlenmesinde taşınımın sadece üst toprak erozyonu, yağmur suyu ve yüzeysel sularla taşınım yoluyla gerçekleştiği varsayılacaktır. SWAT için gereken girdilerin hazırlanmasında kullanılan yöntemler ve varsayımlar aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Meteorolojik veriler

SWAT günlük en düşük ve en yüksek sıcaklık, yağış, solar radyasyon, rüzgar hızı, bağıl nem verilerine ihtiyaç duymaktadır. SWAT'ta kullanılan meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMI) temin edilmiştir. Bu çalışma için Bursa, Mustafakemalpaşa, Balıkesir, Dursunbey ve Keleş meteoroloji istasyonları verileri kullanılmıştır. Bursa ve Mustafakemalpaşa istasyonlarına ait 15 yıllık (1990-2004) günlük meteorolojik veri kullanılmıştır. Balıkesir, Dursunbey ve Keleş meteoroloji istasyonlarına ait 20 yıllık (1985-2004) günlük veri alınmıştır. Bu veriler SWAT'ta ortalama verileri hesaplayan "hava durumu veri üretme aracı" için girdi olarak kullanılmıştır. Model, hesaplamalar için uygun olan istasyonu göreceli mesafeye bağlı olarak kendi seçmektedir. Uluabat Gölü'ne en yakın istasyon olan Mustafakemalpaşa istasyonunda rüzgar hızı ve solar radyasyon verileri üretilmemektedir. Bu nedenle, simülasyonlarda, rüzgar hızı ve solar radyasyon verileri olarak Bursa istasyonu verileri kullanılmıştır. SWAT'a girilen istasyonların lokasyonları hesaplamalarda kullanılabilme olasılığı olan meteoroloji istasyonları lokasyonları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Bölgedeki meteoroloji istasyonları

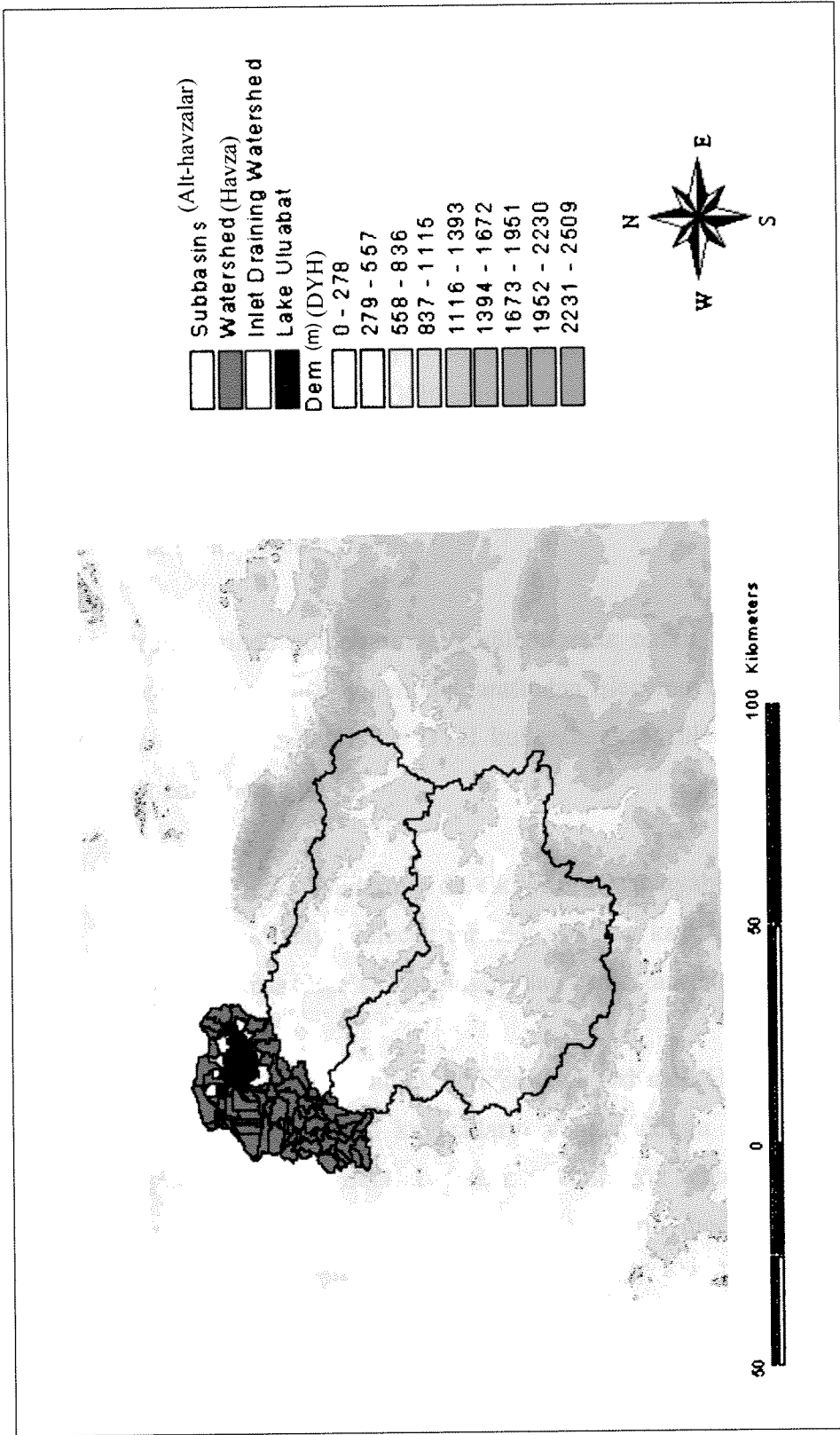
3.1.2 Uluabat Gölü Havzasının Oluşturulması

SWAT'taki otomatik havza sınırı belirleme aracı (Automatic Delineation Tool), dijital yükseklik haritası (DYH) kullanarak havza sınırlarını belirlemekte, yüzey akışını yönlendirecek eğimlerin hesaplanmasını sağlamaktadır. Ayrıca, alanı hidrolojik olarak birbirine bağlı alt-havzalara ayırmaktadır. Havza sınırı belirleme aracı Arcview ve Spatial Analyst eklentisini kullanmaktadır. DYH'nin yanında dijital nehir ağının da kullanılmasıyla havza oluşturulmaktadır. Havzanın oluşturulmasıyla elde edilen görüntüde alt-havzalar, akarsular ve nehir/dere birleşme noktaları (outlets) görülmektedir (Di Luzio ve diğ., 2002).

Bu çalışmada kullanılan DYH (Şekil 3.2) Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) elde edilmiştir. DYH özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. DYH'ye ek olarak 1/100.000'lik topoğrafik haritalardan oluşturulan nehir ağı kullanılmıştır.

Tablo 3.1. DYH özellikleri

Parametre	Değer
Projeksiyon	Universal Transverse Mercator (UTM)
Merkez Meridyen	27.000000
Ölçek Faktörü	0.999600
Orijin Enlemi	0.000000
Coğrafi Koordinat Sistemi	GCS European 1950
Datum	D European 1950
Zon	35
Ölçek	1/250,000
Piksel Boyutu	30 m x 30 m



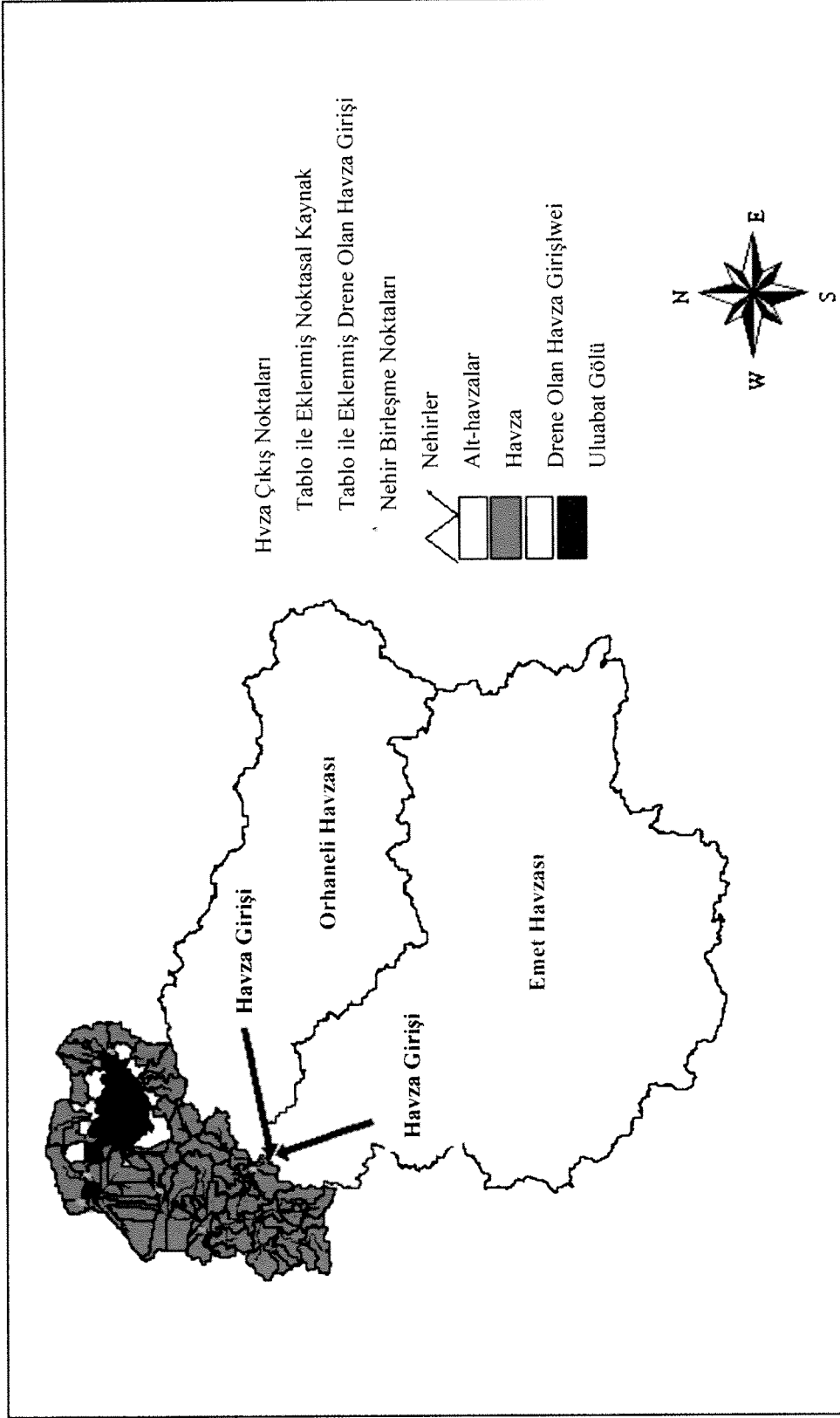
Şekil 3.2. Çalışmada kullanılan DYH

DYH'in proseslenmesi için minimum alt-havza alanı olarak 615 ha kullanılmıştır. SWAT tarafından belirlenen minimum, önerilen ve maksimum alanlar sırasıyla 618,73 ha, 12300 ha ve 247491 ha'dır. Minimuma yakın bir eşik değeri seçilmesinin nedeni, göl etrafında bulunan ve göle akan ufak derelerin havzalarının da belirlenmesinin sağlanmasıdır. Yapılan işlem sonucunda SWAT tarafından havzadaki nehir/dere kolları, nehir/dere çıkış noktaları (outlet) belirlenmiştir. Bunlara ek olarak, 6 adet nehir çıkış noktası manuel olarak eklenmiştir. Bunlardan ikisi, Mustafakemalpaşa Havzası'ndaki DSİ su kalitesi gözlem istasyonlarına yakın noktalar. Bu yaklaşımın uygulanmasının nedeni, bu noktalardaki sediman ve P değerlerini rapor halinde alıp, elde edilen sonuçları ölçüm değerleriyle karşılaştırabilmektir. Geri kalan 4 adet ek dere çıkış noktası Uluabat Gölü sınırına yerleştirilmiştir. Göle akan 13 adet dere ana havza çıkış noktası olarak seçilmiş ve sonuç olarak 78 adet alt-havza, 546 HTB oluşturulmuştur (Şekil 3.3). Bu nehirlerin çoğu mevsimlik yağışa bağlı olarak akış gösteren, çoğu zaman kuru olan derelerdir.

Havzanın görüntülerinde göl etrafında görülen beyaz renkli alanlar, o bölgedeki alanların nispeten eğimsiz olması nedeniyle model tarafından işlenemeyen alanları göstermektedir. Bu problem daha yüksek çözünürlükte DYH kullanılarak çözülebilese de böylesi bir DYH bu çalışmada elde edilememiştir.

SWAT noktasal kirlilik kaynaklarının da etkilerini hesaplayabilmektedir. Mustafakemalpaşa Havzası üzerinde önemli sayılabilecek bir adet noktasal kaynak tanımlanmıştır. Bu noktasal kaynak, Mustafakemalpaşa İlçe'sinden deşarj olan kanalizasyondur (Yersiz ve diğ., 2001).

Simülasyonlar için gerekli olan birçok veri Emet ve Orhaneli Havzaları için mevcut değildir. Bu havzalar, daha çok noktasal kaynakların yoğun olduğu havzalardır. Bu nedenle, bu havzalardan gelen özellikle noktasal kirlilik yükünü göz önünde bulundurabilmek için su kalitesi verileri kullanılmıştır. Bu amaçla, bu havzaların modellenen alana giriş noktaları "drene olan havza girişleri (inlet of a draining watershed)" olarak tanımlanmıştır.



Şekil 3.3. SWAT tarafından oluşturulan Uluabat Gölü havzası ve alt-havzalar

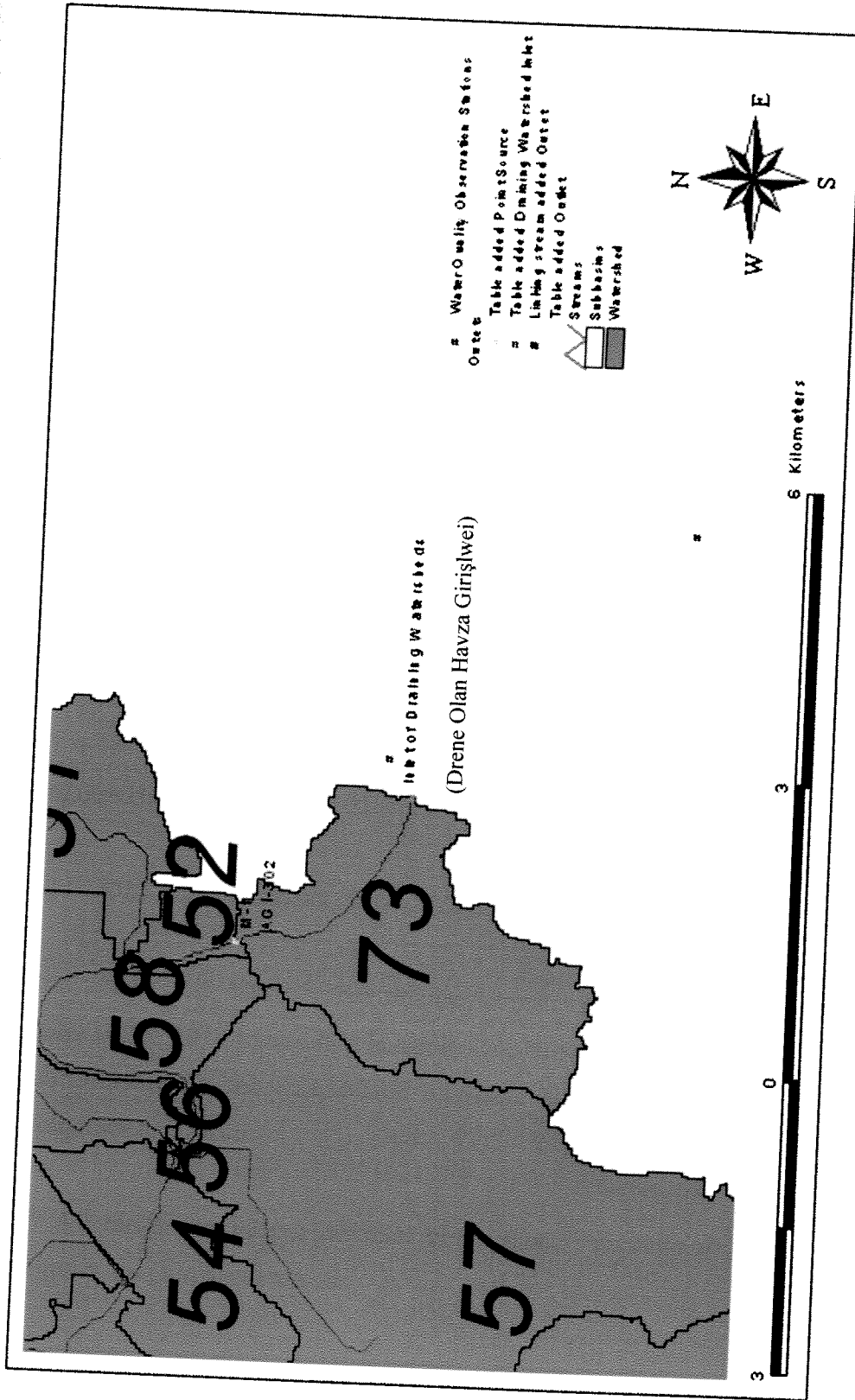
Mustafakemalpaşa Çayı üzerindeki DSİ su kalitesi gözlem istasyonu M-1'den temin edilen veriler ile Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü'nden (EİE) alınan AGİ-302 istasyonuna ait akım verileri kullanılmıştır. Bu istasyonlar drene olan havza girişi noktalarına yaklaşık 2,8 km mesafede bulunmaktadır. Bu nedenle, bu veriler Emet ve Orhaneli Havzaları'ndan taşınan toplam akım ve kirlilik konsantrasyonu değerlerini yansıtmaktadır. Drene olan havza girişleri (Orhaneli ve Emet) 73 nolu alt-havza girişinde bulunmaktadır (Şekil 3.4).

Daha önce de belirtildiği gibi bu çalışmada 1/250.000 ölçekli ve 30 m x 30 m piksel boyutlu DYH kullanılmıştır. Cotter ve diğ. (2003) CBS girdi verisinin mekansal çözünürlüğünün su kalitesi model çıktılarındaki belirsizlik üzerindeki etkilerini çalışmıştır. Başarılı model sonuçları için ihtiyaç duyulan çözünürlükler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Sonuçlarda %10'dan az hataya ulaşmak için gereken maksimum CBS verisi mekansal çözünürlüğü (Cotter ve diğ., 2003)

Sonuç	Maksimum veri çözünürlüğü (m)		
	DYH	Arazi kullanımı	Topraklar
Akım	300	1000	1000
Sediman	30	30	500
NO ₃ -N	200	500	500
TP (Toplam-P)	30	300	500

Cotter'ın (2003) sonuçlarına göre, SWAT sonuçları arazi kullanımı ve toprak sınıfına göre daha çok DYH'nin çözünürlüğüne duyarlılık göstermektedir. SWAT'ta %10'dan daha az hatalı bir sonuç elde etmek için gereken DYH çözünürlüğü akım tahminleri için 300 m'den; NO₃-N tahminleri için 200 m'den; sediman ve toplam-P için ise 30m'den az olmalıdır. Bu çalışmada kullanılan DYH bu kriterlere göre yeterlidir. Arazi kullanımı ve toprak veri katmanları Eski Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nden (KHGM) alınan 1/25.000 ölçekli haritalardan oluşturulmuş ve SWAT'a eklenmiştir. Arazi kullanımı haritası yeterli detayı içerirken, toprak özellikleri verilerinde eksiklik mevcuttur. Bu nedenle, eksik veriler için aşağıdaki bölümlerde tartışılan tahmini değerler kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Drene olan havza girişleri, M-1 ve AGI-302 istasyonları

3.1.3 Toprak ve Arazi Kullanımı Bilgileri

Havza alanındaki tüm toprak sınıfları için gerekli olan veriler bulunmamaktadır. Bu nedenle, toprak sınıfı katmanının oluşturulmasında erişilebilir veriye ek olarak, literatürden alınan ortalama değerler kullanılmıştır. KHGM'den 1/25.000 ölçekli arazi kullanımı haritası satın alınmıştır. Verilerin 1970-1980 dönemine ait olması nedeniyle, arazi kullanımı katmanı Türkiye İstatistik Kurumu (TİK) tarafından hazırlanan arazi kullanım haritası (Ölçek: 1/250.000, Dönem: 1987-1990) ile güncellenmiştir.

3.1.3.1 Toprak Sınıfı Katmanı

Havza alanındaki tüm toprak sınıfları için tam veri seti olmadığı için, ilk önce, aşağıda belirtilen haritalar kullanılarak toprak bünye sınıfları atanmıştır.

(1) DSİ Genel Müdürlüğü Etüd Plan Dairesi Başkanlığı Proje Arşivinden alınan (i) Mustafakemalpaşa Apolyont Projesi Döllük-Güllüce Ovası Bünye Dağılım haritası (Proje No. 0306-13-939, Ölçek: 1/25.000) (ii) Mustafakemalpaşa Ovası Detaylı Arazi Tasnif Bünye Dağılım Haritası (Proje No. 0306/20, Ölçek: 1/25.000, 1976)

(2) KHGM Toprak Haritası (Ölçek: 1/25.000 – 1970-1980).

Bazı alanlar için bünye verisi bulunamamıştır. Başar (2001) tarafından Bursa bölgesinde analiz edilen 1018 toprak numunesinin %63'ünün killi tın (CL – clay loam) bünyeli olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, bünye bilgisinin bulunamadığı bölgelerin CL bünyesine sahip olduğu varsayılmıştır.

SWAT tarafından ihtiyaç duyulan bazı toprak parametreleri ve bu çalışmada kullanılan değerler, aşağıda özetlenmiştir.

HYDGRP Toprak Hidrolojik Grubu (A, B, C veya D). Bu bilgiler toprak haritalarında mevcut olup, olduğu gibi SWAT'a girilmiştir.

A İnfiltrasyon hızı yüksek olan, kum ve çakıllardan oluşan topraklar. Bu topraklar yüksek hızda dikey su iletimine sahiptirler (düşük yüzey akışı potansiyeli).

B İnfiltrasyon hızı orta seviyede olan topraklar. Ortalama ağır bünyeliden ortalama kaba bünyeli olan topraklar. Bu topraklar ortalama hızda su iletimine sahiptirler.

C İnfiltrasyon hızı düşük seviyede olan, genellikle suyun aşağıya doğru hareketini engelleyen katmana sahip topraklar. Bu topraklar düşük hızda su iletimine sahiptirler (yüksek yüzey akışı potansiyeli).

D İnfiltrasyon hızı çok düşük seviyede olan, genellikle yüksek kabarma potansiyeline sahip killi topraklar; sürekli yüksek su tablasına sahip, yüzeyde ya da yüzeye yakın kısımda kil katmanı olan ve kısmen geçirimsiz meteryaller üzerinde sığ topraklar. Bu topraklar çok düşük hızda su iletimine sahiptirler.

SOL_ZMX

Toprak profilindeki maksimum köklenme derinliği (mm). Eğer herhangi bir derinlik girilmezse model kökün bütün toprak derinliği boyunca gelişeceğini varsaymaktadır. Model çalışması sırasında ilk 20 cm'lik toprak için veriler girildiğinden, bu derinlik 20 cm ile sınırlı kalmıştır.

SOL_Z (katman #)

Toprak yüzeyinden katman tabanına olan derinlik (mm). Her bir katman için mevcut veri bulunamadığından ve modelde özellikle gübre kullanımından kaynaklanan P taşınımı modellendiğinden, toprak yüzeyinden sadece ilk 20 cm derinliğe kadar olan toprak özelliklerine ait veriler modele girilmiştir. Bölgede P ihtiva eden

gübreler toprağın ilk 15-20 cm derinliğine uygulanmaktadır (Susurluk Havzası Toprakları, 1971).

- SOL_CBN (katman #) Organik karbon içeriği (% toprak ağırlığı). Bursa Tarım İl Müdürlüğü (Mustafa Kaya, Ziraat Mühendisi, 2004) ile yapılan görüşmelerde, Bursa topraklarındaki organik madde içeriğinin yaklaşık %2 olduğunu bilgisi elde edilmiştir. Bu nedenle, toprak gruplarının organik madde içerikleri ortalama %2 olarak varsayılmıştır. “Organik madde = 1,72 * organik karbon” eşitliği (Rosewell, 1993) kullanılarak organik karbon %1,16 alınmıştır.
- CLAY (katman #) Kil içeriği (% toprak ağırlığı). Modelde kullanılan değerler Bölüm 3.1.3.1.’de açıklandığı gibi belirlenmiştir.
- SILT (katman #) Silt içeriği (% toprak ağırlığı). Modelde kullanılan değerler Bölüm 3.1.3.1.’de açıklandığı gibi belirlenmiştir.
- SAND (katman #) Kum içeriği (% toprak ağırlığı). Modelde kullanılan değerler Bölüm 3.1.3.1.’de açıklandığı gibi belirlenmiştir.
- ROCK (katman #) Kayasal içerik (% toprak ağırlığı). Parça çapı 2 mm’den büyük olan toprak yüzdesi. Başar (2001), Bursa bölgesinden alınan 1018 adet toprak örneklerinin analizinde kaya içeriğine rastlanmadığını belirtmiştir.
- USLE_K (katman #) USLE eşitliği toprak aşınabilirlik (erodibilite) (K) faktörü (birimler: $0,013 \text{ (metrik ton m}^2 \text{ saat) / (m}^3 \text{ – metrik ton cm)}$). Modelde kullanılan değerler Bölüm 3.1.3.2.’de açıklandığı gibi belirlenmiştir.

Modele girilen diğerk toprak ile ilgili parametreler için aşağıda verilen yöntemler izlenmiş veya literatürde çeşitli toprak bünyeleri için belirtilmiş olan değerlerin ortalaması kullanılmıştır. Bunun için bölgede bulunan toprakların bünye özellikleri baz alınmıştır.

3.1.3.1.1 Havza alanında toprak bünyesi sınıflandırması

KHGM'den satın alınan arazi kullanım haritasındaki toprak bünyeleri ince (ağır), orta, kaba (hafif), çeşitli ve karışık olarak sınıflandırılırken; DSİ'den alınan bünye dağılım haritalarında toprak bünyesi ince (ağır), orta, kaba (hafif) ve çok kaba (kaba ve çok kaba, kaba sınıfı içinde toplanmıştır) olarak sınıflandırılmıştır. Söz konusu bünye sınıfları içine alınan toprak yapısı simgeleri, DSİ Toprak ve Drenaj şube Müdürlüğü'nden alınan "Arazi Sınıflandırma Etütlerinde Kullanılan Standartlar" tablosundan alınmıştır. (Kişisel görüşme, 2006)

İNCE (AĞİR) : C (Kil), SC (Kumlu Kil), SiC (Siltli Kil)

ORTA : SiL (Siltli Tın), CL (Killi Tın), SCL (Kumlu Killi Tın), SiCL (Siltli Killi Tın)

KABA (HAFİF) : L (Tın), SL (Kumlu Tın), LS (Tınlı Kum), S (Kum)

Modelde kullanılan toprak özellikleri kum, silt ve kil yüzdelerinin belirlenmesini gerektirmektedir. Bu yüzden KHGM ve DSİ haritalarında verilen ince, orta, kaba gibi toprak sınıflarındaki kil, silt ve kum yüzdelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Topraksu Genel Müdürlüğü, Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi Toprak Etüt şubesi tarafından hazırlanan "Susurluk Havzası Toprakları" (1971) raporunda verilmiş olan ve Susurluk Havzasında yapılan toprak analiz sonuçları kullanılmıştır.

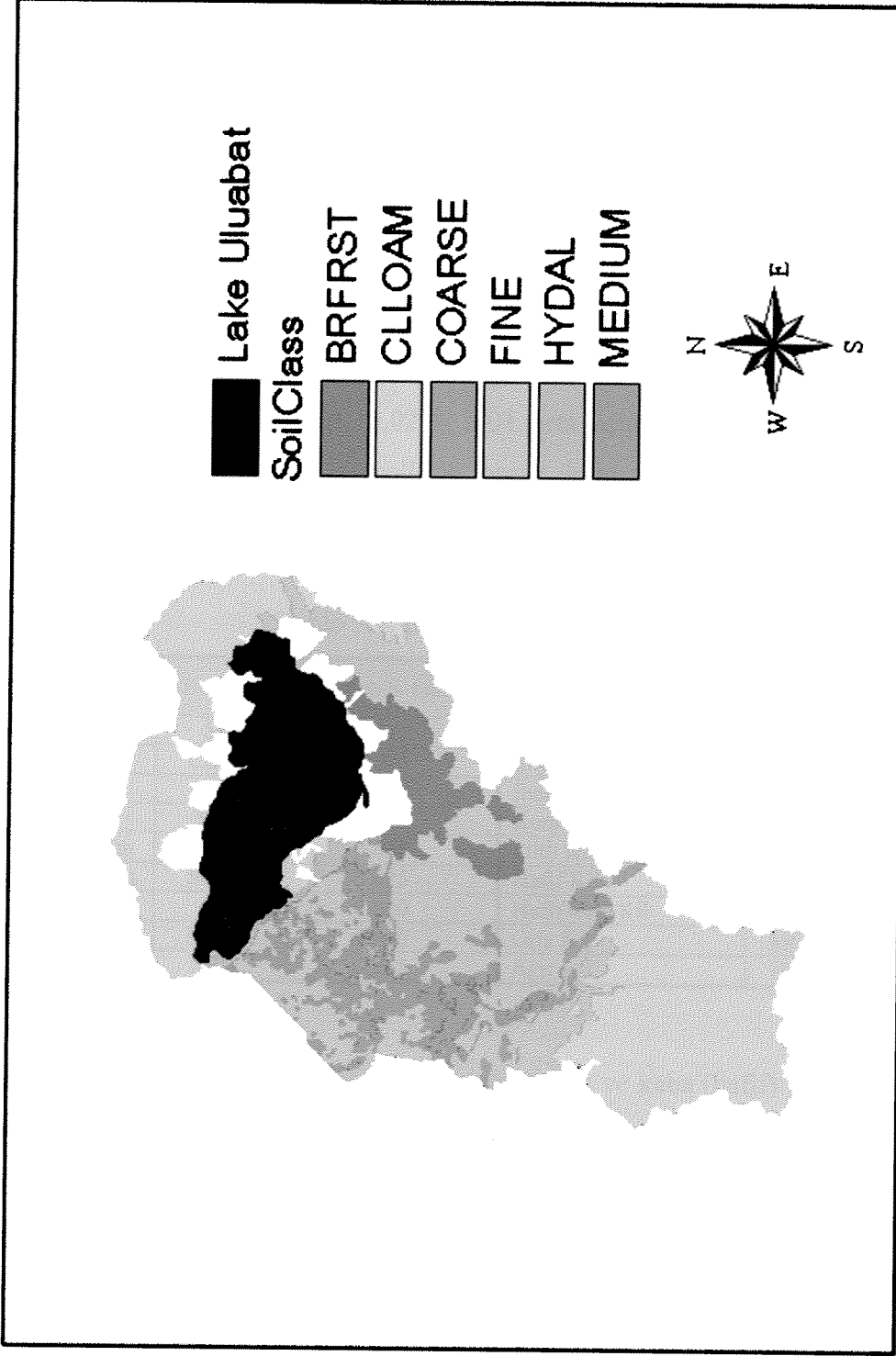
KHGM haritasında topraklar İNCE (COARSE veya AĞİR), ORTA (MEDIUM), KABA (FINE veya HAFİF), HYDAL (Hidromorfik Alüvyal Topraklar), BRFRST (Kahverengi Orman Toprakları) ve CLLOAM (Killi Tın) olarak sınıflandırılmıştır. Yine aynı haritada HYDAL topraklarının karışık bünyeli olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle, bu tip topraklar için, kum, silt ve kil yüzdeleri, ince, orta ve kaba bünyeler için verilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Susurluk Havzası Toprakları (1971) raporunda, BRFRST

topraklarındaki ana materyallerin daha ziyade kil ve kireççe zengin tortul karakterdeki kütleler olduğu belirtilmiştir. Buna bağlı olarak, BRFRST toprakları için killi topraklar için verilen değerler kullanılmıştır. Toprak sınıfları ile ilgili olarak veriye ulaşamayan bölgelerin, Başar (2001) çalışması baz alınarak, CLLOAM bünyeli olduğu kabul edilmiştir. Herbir toprak sınıfı için modelde kullanılan kum, silt ve kil yüzdeleri Tablo 3.3'te verilmiştir. SWAT'ta kullanılan toprak sınıfı haritası Şekil 3.5'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. SWAT'ta kullanılan farklı bünyeler için kum, silt ve kil oranları

İNCE (HAFİF)		
% Kum	% Silt	% Kil
23,15	34,35	42,50
ORTA		
% Kum	% Silt	% Kil
32,88	39,84	27,28
KABA (HAFİF)		
% Kum	% Silt	% Kil
66,60	22,98	10,42
HYDAL		
% Kum	% Silt	% Kil
40,88	32,39	26,73
BRFRST		
% Kum	% Silt	% Kil
15,08	28,57	56,35
CLLOAM		
% Kum	% Silt	% Kil
33,00	32,33	34,67

Yağış ve yüzey akışıyla oluşan erozyon modife edilmiş universal toprak kaybı eşitliği (Modified Universal Soil Loss Equation, MUSLE) ile hesaplanmaktadır (Williams, 1975). MUSLE, Wischmeier ve Smith (1965, 1978) tarafından geliştirilen universal toprak kaybı eşitliğinin (Universal Soil Loss Equation, USLE) modifiye edilmiş versiyonudur. USLE yağış enerjisinin fonksiyonu olarak ortalama yıllık toplam erozyonu tahmin etmektedir. MUSLE'de yağış enerji faktörü, yüzey akışı faktörü ile değiştirilmiştir (Neitsch ve diğ., 2002b). USLE'de olduğu gibi MUSLE'de de USLE_K faktörü kullanılmaktadır.



Şekil 3.5 Toprak sınıfı katmanı

3.1.3.1.2. USLE_K faktörünün belirlenmesi

Bütün diğer faktörler aynı olduğu halde bile bazı topraklar diğerlerinden daha kolay aşınmaktadırlar. Bu farklılık toprak aşınabilirliği olarak tanımlanmış olup, toprağa ait özelliklerden kaynaklanmaktadır (Neitsch ve diğ., 2002b). SWAT'ta kullanılan USLE_K faktörleri bünyelere göre belirlenmiştir. Bünyelere göre kullanılan değerler Tablo 3.4'de verilmiştir. Bu faktörler ayrıca Özden ve Özden (1998) tarafından "Türkiye İçin Toprak Erozyonu Tahmin Modeli" çalışmalarında da kullanılmıştır. USLE_K değeri her zaman sıfırdan büyük olup, genellikle 0,1 değerinden azdır. 0,02'den küçük değerler düşük aşınabilirliğe sahip toprakları; 0,02 – 0,04 orta aşınabilirliği ve 0,04'ten yüksek olanlar aşınabilirliği göstermektedir. Genellikle toprak, kum veya kil fraksiyonundaki düşüğe bağlı olmadan silt içeriğindeki artış ile daha fazla aşınabilir olmaktadır (Rosewell, 1993).

Tablo 3.4. Bünyeye göre USLE_K değerleri

Bünye	Simge	Önerilen K faktörü	Bünye	Simge	Önerilen K faktörü
Kum	S	0,015	Killi Tın	CL	0,030
Killi Kum	CLS	0,025	Siltli Killi Tın	SiCL	0,040
Tınlı Kum	LS	0,020	İnce Kumlu Killi Tın	FSCl	0,025
Kumlu Tın	SL	0,030	Kumlu Kil	SC	0,017
İnce Kumlu Tın	FSL	0,035	Siltli Kil	SiC	0,025
Kumlu Killi Tın	SCL	0,025	Hafif Kil	LC	0,025
Tın	L	0,040	Hafif Orta Kil	LMC	0,018
Tın,İnce Kumlu	Lfsy	0,050	Orta Kil	MC	0,015
Siltli Tın	SiL	0,055	Ağır Kil	HC	0,012

Kaynak: Rosewell, 1993.

Bunun yanında, KHGM haritasında ince (ağır), orta ve kaba (hafif) bünyeli alüvyal topraklar için USLE_K değerleri sırasıyla 0,02, 0,037, ve 0,026 olarak alınmıştır. Hidromorfik alüvyal topraklar ve kahverengi orman toprakları için kullanılan USLE_K değerleri sırasıyla 0,029 ve 0,017'dir.

3.1.3.1.3. SOL_BD (nemli yığın yoğunluğu)'nin belirlenmesi

SWAT programında kullanılacak olan SOL_BD değerleri, mevcut veri olmadığından literatürden alınmıştır. Bünye sınıflarına göre SOL_BD değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir. İnce (C-SC-SiC), orta (SiL-CL-SCL-SiCL) ve kaba (L-SL-LS-S) bünye grupları için kabul

edilen SOL_BD değerleri, bünye sınıfına bağlı olarak literatürde verilen değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.5. Bünyeye göre SOL_BD değerleri (Mg/m³)

Bünye	Simge	Önerilen SOL_BD değeri		Bünye	Simge	Önerilen SOL_BD değeri	
		Aralık	Ort.			Aralık	Ort.
Kum	S	1,60 – 1,70	1,65	Killi Tın	CL	1,40 – 1,50	1,45
Tınlı Kum	LS	1,55 – 1,65	1,60	Siltli Killi Tın	SiCL	1,45 – 1,55	1,50
Kumlu Tın	SL	1,50 – 1,60	1,55	Kumlu Kil	SC	1,35 – 1,45	1,40
Killi Tın	SiL	1,45 – 1,55	1,50	Siltli Kil	SiC	1,40 – 1,50	1,45
Kumlu Killi Tın	SCL	1,45 – 1,55	1,50	Kil	C	1,25 – 1,45	1,35
Tın	L	1,45 – 1,55	1,50				

Kaynak: Guides For Editing Soil Properties, 2005.

3.1.3.1.4. SOL_AWC (Toprakta kullanılabilir su kapasitesi)'nin belirlenmesi

SWAT programında kullanılacak olan SOL_AWC değerleri, mevcut veri olmadığından literatürden alınmıştır. Bünye sınıflarına göre SOL_AWC değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir. İnce (C-SC-SiC), orta (SiL-CL-SCL-SiCL) ve kaba (L-SL-LS-S) bünye grupları için kabul edilen SOL_AWC değerleri, içerdikleri bünye sınıfları için literatürde verilen SOL_AWC değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Tablo 3.6. Bünyeye göre SOL_AWC değerleri (mm H₂O/mm toprak)

Bünye	Simge	Önerilen SOL_AWC değeri		Bünye	Simge	Önerilen SOL_AWC değeri	
		Aralık	Ort.			Aralık	Ort.
Kum	S	0,06-0,08	0,07	Killi Tın	CL	0,15-0,19	0,17
Tınlı Kum	LS	0,09-0,11	0,10	Siltli Killi Tın	SiCL	0,18-0,20	0,19
Kumlu Tın	SL	0,12-0,14	0,13	*Kumlu Kil	*SC [†]	0,16-0,21	0,19
Killi Tın	SiL	0,20-0,22	0,21	Siltli Kil	SiC	0,11-0,13	0,12
Kumlu Killi Tın	SCL	0,16-0,18	0,17	Kil	C	0,09-0,11	0,10
Tın	L	0,17-0,19	0,18				

Kaynak: Guides For Editing Soil Properties, 2005. (*Ley ve diğ., 1994).[†]SC bünye sınıfı için verilen değer hariç diğer değerler, organik madde içeriği %0,5-3 arasında olan topraklar içindir.

3.1.3.1.5. SOL_K (doğun hidrolik geçirgenlik)'nın belirlenmesi

Bünye sınıflarına göre SOL_K değerleri Tablo 3.7'de verilmiştir. İnce (C-SC-SiC), orta (SiL-CL-SCL-SiCL) ve kaba (L-SL-LS-S) bünye grupları için içerikler göz önünde bulundurularak literatürde verilen SOL_K değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Hidromorfik alüvyal topraklar karışık bünyeli olduğundan, SOL_K değeri, literatürde bütün bünye sınıfları için verilen SOL_K değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Kahverengi orman toprakları daha çok kil ve kireççe zengin materyallerden oluşmuştur (Susurluk Havzası Toprakları, 1971). Bu nedenle, bu toprak grubun için killi bünye için verilen SOL_K değeri kullanılmıştır.

Tablo 3.7 Bünyeye göre SOL_K değerleri (mm/h)

Bünye	Simge	Önerilen SOL_K değeri		Bünye	Simge	Önerilen SOL_K değeri	
		Aralık	Ort.			Aralık	Ort.
Kum	S	152,40-508,10	330,25	Killi Tın	CL	5,10-15,20	10,15
Tınlı Kum	LS	152,40-508,10	330,25	Siltli Killi Tın	SiCL	5,10-15,20	10,15
Kumlu Tın	SL	50,80-152,40	101,60	Kumlu Kil	SC	1,50-5,10	3,3
Killi Tın	SiL	15,20-50,80	33,00	Siltli Kil	SiC	1,50-5,10	3,3
Kumlu Killi Tın	SCL	5,10-15,20	10,15	Kil	C	1,50-5,10	3,3
Tın	L	15,20-50,80	33,00				

Kaynak: Guides For Editing Soil Properties, 2005.

SWAT için gerekli olan toprak parametreleri başlangıç değerleri ve literatürdeki aralıkları Ek A'daki Tablo A.1'de verilmiştir.

3.1.3.2. Arazi kullanımı katmanı

Suyun hareketi toprak özelliklerinin yanısıra, bitki örtüsüne bağlıdır. Bitki örtüsü tarafından tutulan yağmur miktarı, bitki örtüsünün tipine göre değişmektedir. Toprak üzerindeki sık bitki örtüsü, toprağı yağmur damlalarının etkisinden korur ve erozyonu azaltır. Dolayısıyla bitki örtüsünün az olması demek, artan yüzeysel su akışıyla nehirlerle taşınan besin maddesi miktarının da artması demektir.

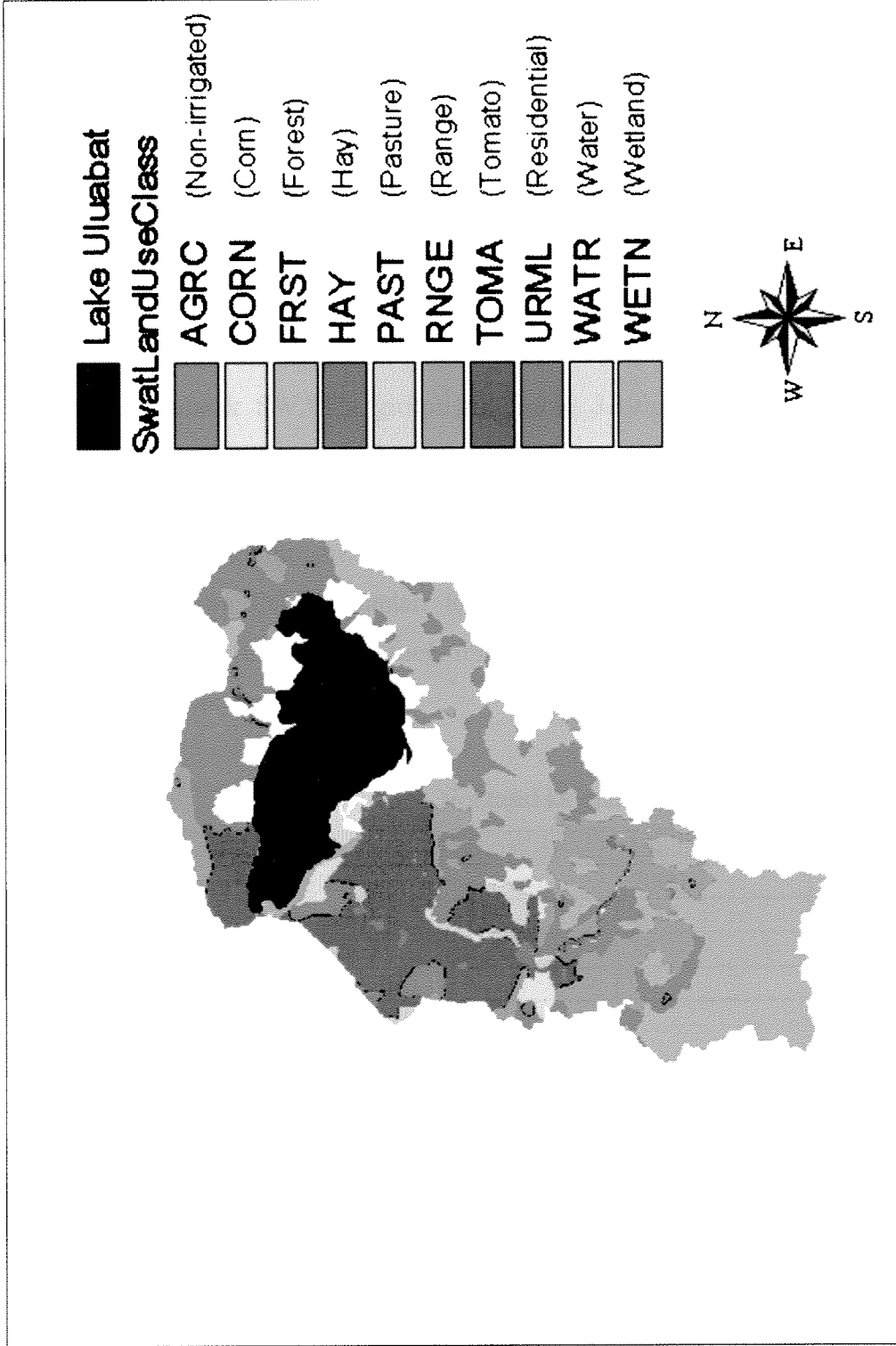
Uluabat Gölü Havzası'nın modellenen kısmına ait arazi kullanımı verileri, KHGM'den alınan toprak haritası baz alınarak oluşturulmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi KHGM arazi kullanımı verileri DİE tarafından hazırlanan arazi kullanımı haritası ile güncellenmiş ve yeni

bir arazi kullanımı katmanı oluşturulmuştur. Daha sonra arazi kullanımı haritasındaki arazi kullanımı verileri, SWAT veribankasında bulunan uygun arazi kullanımları ile eşleştirilmiştir (Tablo 3.8). Modellenen alan, Mustafakemalpaşa ve Karacabey İlçeleri sınırları içindedir. Bu ilçelerde en çok yetiştirilen tarımsal ürünler buğday, domates ve mısırdır (DİE,2002; 1997 Köy Envanteri, 2002). Sulu tarım alanları SWAT'taki domates ve mısır ile eşleştirilmiştir. Buğday yetiştirilirken sulama yapılmaması ve ürünün sıkışık yetişen bir ürün olması nedeniyle SWAT veri bankasındaki AGRC ile eşleştirilmiştir. Bu alanlar kuru tarım yapılan alanları temsil etmektedir. Domates bahçelerde de yetiştirilebildiğinden KHGM haritasındaki bahçeler de TOMA ile eşleştirilmiştir. Üzüm alanlarının yakınında kuru tarım yapılmasından dolayı üzüm, AGRC ile eşleştirilmiştir.

Tablo 3.8'de verilen değerler, modellenen alanın %22'sinde kuru tarım, %23'ünde sulu tarım yapıldığını ve alanın %34'lük kısmında ormanların bulunduğunu göstermektedir. Karşılaştırma yapmak gerekirse, modellenen alanın büyük ölçüde bağlı bulunduğu Bursa'da, yaklaşık 11043 km² alanda, kuru tarım, sulu tarım ve ormanlar sırasıyla, %28, %14 ve %29'lük oranlara sahiptirler (KHGM, 1995). Sulu tarımın yaygın oluşu Karacabey ilçesinin büyük bölümünün modellenen alan dışında kaldığı kabul edilirse, modellenen 813 km²'lik havza alanı için öngörülen arazi kullanımının makul olduğu sonucuna varılabilir. Modellenen arazi kullanımı haritası Şekil 3.6'da gösterilmiştir.

Tablo 3.8. KHGM toprak haritası ve SWAT arazi kullanımı veri tabanı eşleştirilmesi

Grid değeri	Alan (%)	EKHGM haritası, arazi kullanımı		SWAT veribankasında tanımlanan arazi kullanımı	
		Tanımlama	Simge	Tanımlama	Simge
1	1,02	Yerleşim Alanı	YR	Yerleşim Alanı – Orta/Az Yoğun	URML
2	2,37	Fundalık	F	Yayılı-Çayır	RNGE
4	19,35	Sulu Tarım	S	Domates	TOMA
5	33,53	Orman	O	Orman-Karışık	FRST
6	21,67	Kuru Tarım	N	Tarımsal Alan-Sıkışık-Büyüyen	AGRC
7	1,31	Mera	M	Mera	PAST
9	0,42	Irmak	IR	Su	WATR
11	2,42	Yetersiz Sulu Tarım	Sy	Mısır	CORN
14	0,06	Bahçe	B	Domates	TOMA
16	4,26	Göl	GL	Su	WATR
22	11,97	Çayır-Doğal Bitki Örtüsü	Ç	Yayılı-Çayır	RNGE
25	1,07	Sazlık-Bataklık	SB	Ormansız Sulak Alan	WETN
27	0,29	Kumullar	KM	Kuru Ot	HAY
33	0,27	Üzüm	Ü	Tarımsal Alan-Sıkışık-Büyüyen	AGRC



Şekil 3.6 Arazi kullanımı katmanı

3.1.4. HTB Dağılımı ve Diğer Girdiler

Arazi kullanımı ve toprak katmanları SWAT veri bankasıyla eşleştirildikten sonra, bu katmanlar SWAT tarafından üstüste oturtularak oluşturulan havza ve ilgili alt havzalara ait arazi kullanımı/toprak sınıfı kombinasyonları belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra, modellenen havzadaki 546 adet HTBler oluşturulmuştur. HTB dağılımı tanımlandıktan sonra, meteorolojik veriler “hava durumu verisi tanım diyalogu kutusu” üzerinden ithal edilmiştir.

Noktasal kaynak (Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon deşarjı) ve drene olan havza girişlerine (Orhaneli ve Emet Havzaları) ait veriler modele girilmiştir. Kanalizasyon deşarjı ve havza girişi verileri sırasıyla sabit günlük yükler (Tablo 3.9) ve yıllık ortalama günlük yükler (Tablo 3.10) olarak SWAT’a girilmiştir. Tablo 3.10’daki değerler DSİ M-1 Su Kalitesi Gözlem İstasyonu ve EİE – AGİ-302 istasyonuna ait akım ve su kalitesi verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışmada P modellemesi yapılacağından sadece P ve askıda katı madde (AKM) verileri kullanılmıştır. Başlangıç toprak P konsantrasyonu olarak, her alt-havzadaki TOMA, AGRC ve CORN alanları için 8 kg/da değeri girilmiştir. Başar (2001), Bursa bölgesinden alınan 1018 toprak örneğinin %52’sinde, alınabilir P miktarının orta seviyede (4-12 kg/da) olduğunu belirtmiştir.

Tablo 3.9. Noktasal kaynak deşarj verisi

Parametre	Miktar
Su debisi* (m ³ /gün)	7000
Sediman** (ton/gün)	2,45
Organik P** (kg/gün)	35
Çözünebilir P** (kg/gün)	70

*Mustafakemalpaşa Belediyesi’nden sağlanmıştır.

**Tipik Atıksu Kompozisyonu, Topacık (1987).

Tablo 3.10. Havza girişi deşarj verisi

Parametre	2001	2002	2003	2004
Debi* (m ³ /gün)	1738886	4235760	2056320	2558131
Sediman* (ton/gün)	35,8	332,9	88,1	162,2
P* (kg/gün)	84,0	912,7	475,8	238,1

*Orhaneli ve Emet Çaylarının toplamı..

Simulasyonlar için, tarımsal aktivitelerin (TOMA, AGRC, CORN) olduğu her alt-havzada uygulanan tarımsal yönetim biçimleri için başlangıç durumları oluşturulmuştur. Bu yönetim biçimleri ile ilgili bilgiler Bursa Tarım İl Müdürlüğü'ndeki ziraat mühendisleri ile yapılan kişisel görüşmeler sonucunda ve "Tarımcının El Kitabı" (1989) adlı kaynaktan elde edilmiştir. Domates, buğday ve mısır için uygulanan yöntemler Tablo 3.11'de verilmiştir. Uygulamaların 2001-2004 yıllarında da geçerli olduğu varsayılmıştır.

Tablo 3.11. Domates (TOMA), Buğday (AGRC) ve Mısır (CORN) için tarımsal uygulamalar

Uygulama	Uygulama tarihi/Uygulama miktarı
TOMA	
Tırmık ile sürme	10 Nisan
Gübre uygulaması	10 Mayıs – (DAP, 18-46)
Bitki büyüme mevsiminin başlaması	15 Mayıs
Sulama	15 Mayıs – 342 mm
Sulama	30 Mayıs – 342 mm
Sulama	15 Haziran - 342 mm
Sulama	30 Haziran - 342 mm
Sulama	15 Temmuz - 342 mm
Sulama	30 Temmuz - 342 mm
Hasat ve Kaldırma	1 Eylül
AGRC	
Pulluk ile sürme	1 Kasım
Kültivatör ile sürme	15 Kasım
Gübre uygulaması (20-20 Kompozit)	1 Aralık – 2500 kg/ha
Bitki büyüme mevsiminin başlaması	1 Aralık
Gübre uygulaması (Üre)	1 Mart – 2000 kg/ha
Hasat ve Kaldırma	1 Temmuz
CORN	
Pulluk ile sürme	10 Mart
Gübre uygulaması (Saf Azot)	15 Mart – 2500 kg/ha
Gübre uygulaması (Saf Fosfor)	15 Mart – 1000 kg/ha
Bitki büyüme mevsiminin başlaması	15 Nisan
Gübre uygulaması (15-15-15 Kompozit)	15 Nisan – 4000 kg/ha
Gübre uygulaması (Üre)	15 Nisan – 2000 kg/ha
Sulama	17 Nisan – 424 mm
Sulama	30 Mayıs- 424 mm
Sulama	30 Haziran - 424 mm
Hasat ve Kaldırma	30 Temmuz

Not: Sulama verileri DSİ'ye ait Mustafakemalpaşa Sulaması tablosundan alınmıştır.

DSİ M-1 istasyonundan alınan su kalitesi verileri, Emet ve Orhaneli nehirlerinin birleşme noktasındaki başlangıç değerleri olarak alınmıştır. Buradaki alt-havzada (73 numaralı alt-havza) önemli miktarda tarımsal veya diğer aktiviteler olmadığından, bu yaklaşım geçerli sayılmıştır. Aslında, sonuçlar bölümünde verilen kalibrasyon sonuçları yapılan varsayımı desteklemektedir.

Sulama ihtiyacı verileri de SWAT'a girilmiştir. DSİ 37 nolu alt-havza'da sulama sağlamaktadır. Debi $0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ 'nin altına düşmediği durumlarda Mustafakemalpaşa Çayı'ndan sulama suyu alınabildiği varsayılmıştır. EİE verilerine göre çayda 2002 ve 2003 yılları, Mayıs-Ekim arası gözlenen en düşük debi $10,5 \text{ m}^3/\text{s}$ olmuştur. Sulama için Mustafakemalpaşa Çayı'ndan su alımı Mayıs-Ekim ayları arasında yapıldığından, söz konusu döneme ait debi verisi kullanılmıştır. Alt-havza 37'deki nehir kolundan alınabilecek en yüksek günlük sulama suyu alımı miktarı 7100 mm olarak girilmiştir. Bu değer, DİE'den sağlanan Mustafakemalpaşa Sulaması Tablosu'nda verilen bitki su ihtiyacı değerlerinden hesaplanmıştır.

3.2 Pİ OLUŞTURULMASINDA İZLENEN YÖNTEM

Pİ'nin oluşturulmasında A.B.D. Pennsylvania Eyaleti için uygulanmış olan yöntem kullanılmıştır. Bu indeks, diğerlerine göre çok daha fazla test edilmiş ve başka eyaletler veya ülkeler için oluşturulan Pİ'ne baz oluşturmuştur (Sharpley ve diğ., 2003; Bechmann ve diğ. 2005). Bu nedenle, çalışılan havza için Beegle ve diğerleri (2006) tarafından hazırlanan Pennsylvania PI (PPI) örnek olarak alınmıştır. Pİ indeksi genel olarak tarla bazında uygulansa da, havza ve alt havzalar bazında kullanılma örnekleri de mevcuttur (Bechmann ve diğ., 2005). Pİ'nde P kaynaklarını ve P taşınımını etkileyen çeşitli faktörler, bazı katsayılar oranında toplam P taşınım riskine etki etmektedir. Pİ şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$Pİ = 2 * \text{Kaynak Faktörü} * \text{Taşınım Faktörü} \quad (3.1)$$

Elde edilen değerler Tablo 3.12'de verildiği şekilde değerlendirilmektedir.

Tablo 3.12 Pİ değerlendirmesi

Değer aralığı	P taşınım riski
0 – 59	Düşük
60 -79	Orta
80 - 99	Yüksek
> 100	Çok yüksek

3.2.1 Kaynak Faktörü

Kaynak faktörü şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\text{Kaynak Faktörü} = \text{toprak testi} + \text{kimyasal gübreleme} + \text{çiftlik gübresi kullanımı} \quad (3.2)$$

3.2.1.1 Toprak testi etkisi

Pİ için gereken bilgilerden bir tanesi topraktaki P miktarıdır. Bu miktar 0,2 ile çarpılarak daha sonraki işlemlerde kullanılmaktadır. Ancak, PPI'nde toprak P miktarını belirlemek için Mechlich-III yöntemi kullanılmaktadır. Oysa, çalışılan alandaki Tarım İl Müdürlükleri toprak P tayinlerini Olsen (1954) metoduyla yapmaktadırlar. Bu metod, genellikle alkali topraklar için önerilen bir metoddur. Bölgedeki topraklar da genellikle bu özelliğindedir (Başar, 2001). Olsen metodu, Mechlich-III ile karşılaştırıldığında alkali topraklarda daha düşük P sonuçları vermektedir (Sawyer and Mallarino, 1999). Bunun yanında Bechmann ve diğ. (2005), toprak testi için kullanılan 0,2 katsayısını 0,3'e çıkarmışlardır. Bunun nedeni Norveç'te standard olarak Amounyum laktat (P-AL) metodu ile toprak P tayini yapılmasıdır. Mechlich-III ve P-AL sonuçları arasındaki ilişki, katsayının 0,3'e çıkarılmasını desteklemektedir. Neyroud ve Lisher (2003) yaptıkları çalışmada Olsen Metodunun P-AL ve Mehlich-III metoduna göre daha az seviyede P miktarı gösterdiğini belirtmişlerdir. Her ne kadar bu tür karşılaştırmalar Uluabat Bölgesi için mevcut değilse de, literatürdeki bilgiler baz alınarak, bölgede Olsen metoduyla ölçülen toprak P konsantrasyonları için Pİ'nde kullanılacak olan katsayı 0,4 kabul edilmiştir.

01.05.2005 ve 30.06.2005 tarihlerinde yapılan Uluabat Gölü saha çalışmalarında, özellikle tarım yapılan güney, güneybatı kesimlerindeki arazilerden özellikle farklı ürünler yetiştirilen tarlalardan toprak numuneleri alınmıştır. Toprak numunelerinin alındığı noktalara ait koordinatlar ve numunelerin alındığı alanda yetiştirilen ürünler Tablo 3.13 ve Tablo 3.14'te verilmiştir. X-Y-Z formatındaki numune numarasında X numune alma çalışma numarasını, Y tarla numarasını, Z ise Y tarlasından alınan numune sırasını göstermektedir

Tablo 3.13 Toprak numuneleri özellikleri (01.05.2005)

Numune No.	Koordinat	Ürün / Lokasyon
1-A-1	40° 11914 N, 28°26291 E	Mısır
1-A-2	40° 11916 N, 28° 26241 E	
1-A-3	40° 11920 N, 28° 26182 E	
1-B-1	40° 11709 N, 28° 27114 E	-
1-B-2	40° 11679 N, 28° 27111 E	-
1-C-1	40° 11047 N, 28° 27214 E	Bezelye
1-C-2	40° 11087 N, 28° 27800 E	Yol-Göl Arası (Ekili Değil)
1-D-1	40° 10018 N, 28°29696 E	Domates
1-D-2	40° 10016 N, 28° 29699 E	
1-E-1	40° 09781 N, 28° 29465 E	Marul
1-E-2	40° 69784 N, 28° 29463 E	Mısır
1-F-1	40° 09655 N, 28° 29184 E	Buğday
1-F-2	40° 09650 N, 28° 29184 E	
1-F-3	40° 09625 N, 28° 29158 E	Domates
1-F-4	40° 09621 N, 28° 29152 E	
1-F-5	40° 09624 N, 28° 29267 E	Yol Kenarı Kavaklar
1-G-1	40° 09092 N, 28° 28718 E	Şeker Pancarı
1-G-2	40° 09090 N, 28° 28726 E	

Tablo 3.14 Toprak numuneleri özellikleri (30.06.2005)

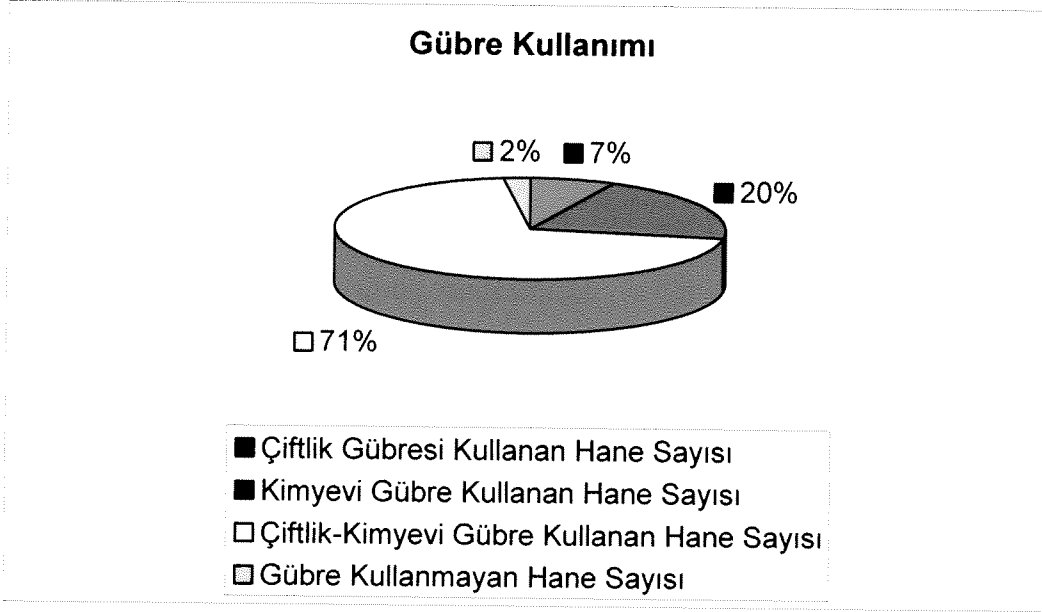
Numune No.	Koordinat	Ürün / Lokasyon
2-H-1	40° 11.704 N, 28°27. 058 E	Kavak Ağaçları kenarı
2-H-2	40° 11. 902 N, 28° 26. 938 E	
2-H-3	40° 11. 879 N, 28° 26. 948 E	
2-J-1	40° 11. 466 N, 28° 27. 275 E	Buğday
2-J-2	40° 11. 452 N, 28° 27. 252 E	
2-J-3	40° 11. 443 N, 28° 27. 234 E	
2-K-1	40° 11. 443 N, 28°27. 242 E	Şeker Pancarı
2-K-2	40° 11. 446 N, 28° 27. 248 E	
2-K-3	40° 11. 454 N, 28° 27. 265 E	
2-L-1	40° 11. 365 N, 28° 27. 431 E	Mısır
2-L-2	40° 11. 353 N, 28° 27. 442 E	
2-L-3	40° 11. 333 N, 28° 27. 461 E	
2-M-1	40° 11. 163 N, 28° 27. 629 E	Domates
2-M-2	40° 11. 159 N, 28° 27. 626 E	
2-M-3	40° 11. 153 N, 28° 27. 632 E	
2-N-1	40° 10. 027 N, 28° 29. 611 E	Kavun
2-N-2	40° 10. 021 N, 28° 29. 599 E	
2-N-3	40° 10. 014 N, 28° 29. 588 E	
2-P-1	40° 09. 095 N, 28° 29. 530 E	Biber
2-P-2	40° 09. 989 N, 28° 29. 524 E	
2-R-1	40° 10. 003 N, 28° 29. 530 E	Buğday
2-R-2	40° 10. 009 N, 28° 29. 523 E	
2-S-1	40° 09. 767 N, 28° 29. 458 E	Domates
2-S-2	40° 09. 761 N, 28° 29. 454 E	

Bu numunelerin analizi Olsen Metodu kullanılarak yapılmıştır. Ancak, Pİ indeksinin oluşturulmasında kapsamlı bir çalışma olan Başar'ın (2001) sonuçları kullanılmıştır. Bu çalışmada, bölgedeki P miktarlarının çoğunlukla 4-12 kg/da arasında değiştiği bildirilmiştir.

3.2.1.2 Kimyasal Gübre Etkisi

Kimyasal gübre etkisi, kimyasal gübre kullanım miktarı (kg/ha) ve gübreleme metodu katsayısının çarpımına eşittir. Kimyasal gübre miktarının bulunabilmesi için Tablo 3.11'de verilen ve çiftçilere önerilen gübreleme miktarları baz alınmıştır. Önerilen miktarın %50'sinin kimyasal gübreden, geri kalanının ise çiftlik gübresinden elde edildiği

varsayılmıştır. Bu varsayımın temeli, Şekil 3.7’de verilen bölgedeki gübre çeşidi tercihlerine (DİE, 2002) dayanmaktadır.



Şekil 3.7 Bölgedeki gübre çeşidi tercihleri

Gübreleme metodu için PPI’nde verilen katsayılar şöyledir.

0,2	Toprağın 5 cm derinliğine enjeksiyon	
0,4	Gübre uygulanmasından hemen sonra mekanik olarak gübre ve toprağı	karıştırma
0,6	Gübre uygulanmasından en az 1 hafta sonra mekanik olarak gübre ve	toprağı
	karıştırma veya karıştırmanın uygulanmaması (Nisan-Ekim ayları)	
0,8	Gübre uygulanmasından en az 1 hafta sonra mekanik olarak gübre ve	toprağı
	karıştırma veya karıştırmanın uygulanmaması (Kasım-Mart ayları)	
1,0	Gübrenin donmuş veya karla kaplı araziye uygulanması	

Tablo 3.11’de önerilen gübreleme zamanları farklı bitkiler için farklı zamanlarda yapılmaktadır. Ancak Nisan-Ekim aylarında gübrelemenin daha fazla yapıldığı varsayılmıştır. Bununla birlikte aynı tarlada her sene farklı ürün çeşidi gözlenebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada, ortalama bir sonuç alabilmek için 0,6 katsayısı kullanılmıştır.

3.2.1.3 Çiftlik Gübresi Etkisi

Çiftlik gübresi etkisi, çiftlik gübresi kullanımı (kg/ha), gübreleme metodu katsayısı ve çiftlik gübresi kaynağı katsayısı çarpımına eşittir. Kimyasal gübre kullanımı bölümünde anlatıldığı gibi toplam gübre kullanımının %50'sinin çiftlik gübresi olduğu varsayılmıştır. Gübreleme metodu için kimyasal gübreleme metodlarında kullanılan aynı katsayı geçerlidir. Çiftlik gübresi kaynağı katsayısının belirlenmesinde PPI'de verilen farklı kaynaklar için geçerli olan katsayıların genel ortalamasını kullanmış olan Bechmann ve diğerlerinin (2005) yaklaşımı benimsenmiştir. Bu katsayılar aşağıda özetlenmiştir.

- 0,5 Proseslenmiş çiftlik gübresi
- 0,8 Büyük ve küçükbaş hayvanların gübresi
- 1,0 Tavuk gübresi

Bu çalışmada, bölgedeki sütçülük faaliyetleri de göz önünde bulundurularak, 0.8 katsayısı kullanılmıştır.

3.2.2 Taşınım Faktörü

Taşınım Faktörü şu şekilde tanımlanmıştır;

$$\text{Taşınım Faktörü} = \text{Taşınım Toplamı} * \text{düzeltme faktörü}/22 \quad (3.3)$$

Düzeltme faktörü, yüzeysel akışın göle veya diğer su kütlelerine ulaşmasını azaltacak yöntemlerin kullanılıp kullanılmadığına bağlı olarak belirlenmektedir. Kullanılan faktörler şöyledir.

- 0,7 Suya 50 m ve daha az yakındaki arazilerde koruma alanının bulunması
- 1,0 Su kütlesi etrafında çimenlik ve otlu arazinin bulunması
- 1,1 Direkt bağlantı

Bölgedeki arazi çalışmalarında, incelenen tarlaların birbirine bağlı olduğu, gölün hemen kenarında bile tarım yapıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle, daha riskli grubu temsil etmek için 1.1 katsayısı kullanılmıştır.

İtaşınım faktörü için taşınım toplamı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır;

$$\text{İtaşınım Toplamı} = \frac{\text{erozyon miktarı} + \text{yüzeysel akış potansiyeli} + \text{infiltrasyon} + \text{su kaynağına uzaklık}}{\text{uzaklık}} \quad (3.4)$$

3.2.2.1 Erozyon ve infiltrasyon miktarları

Erozyon miktarı (ton/ha/yr) ürün yönetimi, uygulanan tarımsal yöntemler, toprak sürme gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada SWAT tarafından alt-havzalar için belirlenmiş olan erozyon değerleri kullanılmıştır. Infiltrasyon değerleri arazide yeraltısuyuna drenaj yapılıp yapılmadığı ile ilgilidir. Kullanılabilecek katsayılar şöyledir

- 0 İnfiltasyon yok
- 1 Rastgele infiltrasyon
- 2 Tasarlanmış infiltrasyon

Bölgedeki tarımdan dönen suların özellikle infiltrasyon yöntemiyle bertaraf edilmesi gibi bir yaklaşım mevcut değildir. Ayrıca bölgedeki topraklarda kil oranı yüksektir. Bu yüzden bu katsayı baz olarak 0 alınmıştır.

3.2.2.2 Yüzeysel akış potansiyeli

Bu faktör genellikle topraktaki kil oranlarıyla ilgilidir. PPI'de yüzey akış potansiyelini gösteren katsayı 0 ve 8 arasında 5 gösterge ile belirtilmektedir. 0 ve 8 sırasıyla çok düşük ve çok yüksek potansiyeli göstermektedir. Bu potansiyel bölgedeki alanlar için toprak haritalarında A, B, C, D (özellikleri daha önce SWAT HYDGRP değişkeni için verilmiştir) olarak gösterilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada, bu gösterge 0,0 ve 7,5 arasında değişecek şekilde değiştirilmiştir. Buna göre A, B, C, D sınıfı topraklar sırasıyla 0,0, 2,5, 5,0, ve 7,5 katsayılarıyla Pİ'ne girilmiştir.

3.2.2.3 Su kaynağına uzaklık

Bu faktör, Pİ tarla bazında uygulandığında anlam kazanmaktadır. Ancak bu çalışmada Pİ alt-havzalar bazında uygulanmıştır. Bu nedenle alt havza içinde bazı bölgeler bir dereye veya göle yakınken, diğerleri uzak olabilmektedir. Bu nedenle, 0'dan 8'e kadar değişen bu gösterge için 0 sayısı kullanılmıştır.

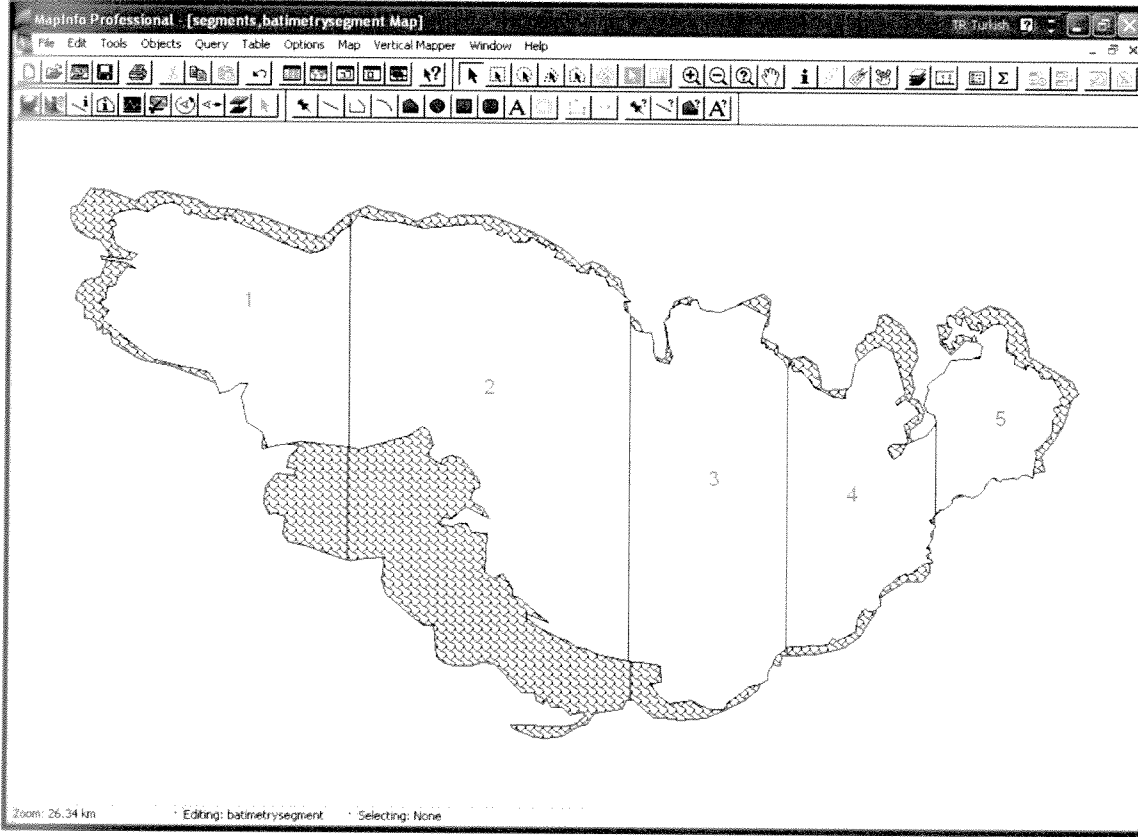
3.3 WASP İLE ULUABAT GÖLÜ'NÜNDEKİ P'UN MODELLENMESİ

Uluabat Gölü'nün mevcut durumunu irdeleyebilmek için gölden 01.05.2005, 30.06.2005 ve 16.08.2005 tarihlerinde çeşitli noktalardan numune alınmış ve bu numunelerin, standard metodlar kullanılarak, toplam P (PO_4), Kjeldahl azotu, amonyak (NH_4), nitrat (NO_3) ve klorofil-a (Chl-a) analizleri yapılmıştır. 01.05.2005 tarihinde hava koşulları nedeniyle sadece 3'er derinlikten olmak üzere sadece 3 noktadan numune alınabilmıştır. 30.06.2005 tarihinde numune alma cihazının arızalanması nedeniyle hepsi sadece yüzeyden olmak üzere 9 noktadan numune alınmıştır. 16.08.2005 tarihinde ise 4 noktadan (3 derinlik/nokta) numune alınabilmıştır. Bütün numune alınan noktalarda aynı zamanda YSI 6600 EDS çok parametrelili su kalitesi ölçüm sondası ile de ölçüm yapılmıştır, bazı noktalarda ise sadece sonda ile ölçüm gerçekleştirilmiştir. Göl'den numune alınan noktaların koordinatları Tablo 3.15'te, analiz sonuçları ise sonuçlar bölümünde verilmiştir.

Uluabat Gölü'ndeki su kalitesini ve özellikle P konsantrasyonlarını modellemek amacıyla WASP (Sürüm 7) modeli kullanılmıştır. Öncelikle, kalibrasyon için kullanılabilecek olan ve konsantrasyon verilerinin sayısı ve yerleri dikkate alınarak, göl segmentlere ayrılmıştır. Göl sisteminin tanımlanması ve segmentlere ayırma işlemi için DİE'den temin edilen uydu fotoğrafı ve batimetri haritasından (Kurttaş ve diğ., 2002) faydalanılmıştır. Mapinfo programı kullanılarak göl alanının koordinatları tanımlanmış ve göl 5 segmente ayrılmıştır (Şekil 3.8). Segment yüzey alanları yine aynı program kullanılarak hesaplanmıştır. Segmentler arası geçiş alanları gölün batimetri ve koordinatlandırılmış haritalarının birleştirilmesi ile hesaplanmıştır. Gölün sığ olması sebebiyle gölde tabakalaşmanın olmadığı varsayımı kullanılmıştır. Uluabat Gölü'nde, sedimandaki aktivitelerin modellenmesi için yeterli veri bulunmadığından, sedimandan gelen yükler ortalama yük olarak modele girilmiştir.

Tablo 3.15. Numune Noktaları Koordinatları

Numune No.	Derinlik	Koordinat
Tarih: 01.05.2005		
M11	Yüzey	40° 09.990 N, 28° 39.609 E
M12	Orta	
M13	Dip	
M21	Yüzey	40° 11.222 N, 28° 34.416 E
M22	Orta	
M23	Dip	
M31	Yüzey	40° 11.854 N, 28° 35.236 E
M32	Orta	
M33	Dip	
M4	Sadece sonda ile ölçüm yapılmıştır.	40° 10.620 N, 28° 38.124 E
Tarih: 30.06.2005		
H1	Yüzey	40° 10.163 N, 28° 38.508 E
H2	Yüzey	40° 09.073 N, 28° 37.807 E
H3	Yüzey	40° 08.684 N, 28° 37.553 E
H4	Yüzey	40° 08.117 N, 28° 37.090 E
H5	Yüzey	40° 09.391 N, 28° 34.768 E
H6	Yüzey	40° 10.673 N, 28° 33.263 E
H7	Yüzey	40° 11.148 N, 28° 32.701 E
H8	Yüzey	40° 11.577 N, 28° 32.443 E
H9	Yüzey	40° 11.276 N, 28° 35.884 E
Tarih: 16.08.2005		
A11	Yüzey	40° 08.896 N, 28° 38.780 E
A12	Orta	
A13	Dip	
A21	Yüzey	40° 08.489 N, 28° 36.260 E
A22	Orta	
A23	Dip	
A31	Yüzey	40° 09.260 N, 28° 34.798 E
A32	Orta	
A33	Dip	
A41	Yüzey	40° 11.045 N, 28° 33.164 E
A42	Orta	
A43	Dip	
A5	Sadece sonda ile ölçüm yapılmıştır.	40° 09.168 N, 28° 37.614 E
A6	Sadece sonda ile ölçüm yapılmıştır.	40° 11.596 N, 28° 34.273 E



Şekil 3.8 Uluabat Gölü Model Segmentleri

Modelleme çalışmalarında çözülmüş oksijen (ÇO), Chl-a, P ve NO₃ parametreleri değerlendirilmiştir. WASP7'nin alt modeli EUTRO kullanılarak, model kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon, Ocak 2000'den Haziran 2000'e kadar olan 6 aylık bir zaman dilimi bazında yapılmıştır. Bu döneme ait veriler Çevre Bakanlığı, Çevre Referans Laboratuvarı tarafından hazırlanan Uluabat Gölü ve Çevresi Su Kirliliği İnceleme Raporu'ndan (Yersiz ve diğ., 2001) alınmıştır. Ocak ayı verileri başlangıç değerleri olarak kullanılmıştır.

Modelin hidrodinamik hesaplamaları için "net akım" seçeneği kullanılmıştır. Bu seçeneğe göre, karşı akıma sahip olan bir segment arayüzünde model net akımı kurar ve segmentler arası kütle taşınımını hesaplar. Uluabat Göl'ünü besleyen Mustafakemalpaşa Çayı'na ait debi değerleri EİE'den elde edilmiştir. Su Kirliliği İnceleme Raporun'nda (Yersiz ve diğ., 2001) göl için kurulan su bütçesine bakıldığında göle giren ve çıkan yıllık toplam debi değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak gölün çıkış ayağı olan Uluabat Çayı'ndan çıkan debi miktarı, Mustafakemalpaşa'dan giren miktara eşit alınmıştır. Ayrıca, daha önce yapılan çalışmalarda da belirtildiği gibi gölün çıkış ayağı özellikle ilkbahar ve

bazen de sonbahar aylarında gölü besler duruma geçmektedir. Bunun sebebi, göl su seviyesinin düşük olduğu bu aylarda gölün boşalım ayağı olan Uluabat Çayı'ndan su gelmesidir (Akdeniz, 2005). Bu geri besleme miktarı yıllık su bütçesinden (Yersiz ve diğ., 2001; Akdeniz, 2005) bulunmuştur ve beslemenin gerçekleştiği aylar için göle giriş olarak verilmiştir. Yağış ve diğer meteorolojik veriler, DMİ Bursa istasyonundan temin edilmiştir. Buharlaşma miktarları ise yine göl yıllık su bütçesinden bulunmuş ve sıcaklık verilerine orantılı olarak ayarlanarak modele girilmiştir.

Taşınımla ilgili kısımda organik N, organik P ve CBOD için "Solids1", Chl-a için "Solids 2" ve P için "Solids 3", çökelmenin gerçekleşebilmesi için seçilmiştir (Ambrose ve diğ., 1993). Sedimandan gelen yükler için Akdeniz'in (2005) çalışmasında verilen NH_4 , NO_3 , P, organik N ve organik P değerleri kullanılmıştır.

Kalibrasyonda kullanılan kinetik parametreler ve katsayılar, modelde verilen aralıklar ve literatürdeki değerler (Lung and Larson, 1995; Celtemen, 1998; Tufford ve McKellar, 1999) baz alınarak ayarlanmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. SWAT SONUÇLARI

4.1.1 SWAT'ın Kalibrasyonu

Modeli kalibrasyonu yıllık ortalama koşullar için Neitsch ve diğ. (2002a) tarafından önerildiği gibi üç aşamada aşağıda verilen sıralamayla gerçekleştirilmiştir:

- Su dengesi ve nehir akışı
- Sediman miktarları
- P konsantrasyonları

Nehir akışı, sediman ve P kalibrasyonu, havzadaki iki istasyon baz alınarak yapılmıştır. Kalibrasyon ilk önce Mustafakemalpaşa çayının yukarısındaki 73 nolu alt-havza çıkışındaki istasyon (M-1); daha sonra Uluabat Gölü yakınlarındaki 77 nolu alt-havza çıkışındaki istasyon (M-2) için gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyonun başarılı olup olmadığını değerlendirmek için iki farklı katsayı kullanılmıştır. Bunlar, sırasıyla Eşitlik 4.1 ve 4.2'de verilen Dv (ölçülen değerde sapma değeri, %) ve E_{NS} (Nash-Stucliffe Verimlilik katsayısı)'dir.

$$Dv_i = \frac{Q_{Mi} - Q_{Si}}{Q_{Mi}} \cdot 100 \quad (4.1)$$

$$E_{NS} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - Q_{Mi})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{Si} - \bar{Q}_M)^2} \quad (4.2)$$

burada,

- Q_{Si} : Hesaplanan değer (simülasyon sonucu)
 Q_{Mi} : Gözlenen (ölçülen) değer
 \bar{Q}_M : Simülasyon zaman aralığındaki ortalama ölçüm değeri
 n : Gözlem sayısıdır.

Kalibrasyon işleminin başarılı olup olmadığını belirlemek için bazı kriterlerin sağlanması gerekmektedir. Van Liew ve Garbrecht (2003),

- $E_{NS} \geq 0,75$ olan simulasyon sonuçlarını iyi,
- $0,75 > E_{NS} > 0,36$ olan simulasyon sonuçlarının başarılı,
- E_{NS} değeri 0,36'dan az olan sonuçları ise başarısız kabul etmişlerdir.

Santhi ve diğ. (2001) aşağıdaki kriterler sağlanınca kalibrasyonu tamamlamışlardır.

- Eğer hesaplanan ve gözlenen nehir akışlarının ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%15$, $E_{NS} \geq 0,50$ ve benzerlik katsayısı (R^2) $\geq 0,60$ ise.
- Eğer hesaplanan ve ölçülen sediman miktarı ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%20$, $E_{NS} \geq 0,50$ ve $R^2 \geq 0,60$ ise.
- Eğer hesaplanan ve ölçülen çözünmüş P (ÇÖZ P) değerleri ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%25$, $E_{NS} \geq 0,50$ ve $R^2 \geq 0,60$ ise.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen kriterler sağlandıktan sonra kalibrasyon işlemi sonuçlandırılmıştır. R^2 , kalibrasyon sadece 2002 ve 2004 yılları için gerçekleştirildiğinden dolayı hesaplanmamıştır.

- Eğer hesaplanan ve gözlenen nehir akışlarının ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%15$ ve $E_{NS} \geq 0,50$ ise.
- Eğer hesaplanan ve ölçülen sediman miktarı ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%20$ ve $E_{NS} \geq 0,50$ ise.
- Eğer hesaplanan ve ölçülen çözünmüş P (ÇÖZ P) değerleri ortalamaları arasındaki sapma $\pm\%25$ ve $E_{NS} \geq 0,50$ ise

4.1.1.1 73 nolu alt havza için kalibrasyon sonuçları

Gözlenen akım verileri AGİ-302 akım gözlem istasyonu ve DSİ'ye ait M-1 istasyonundan sağlanmıştır (Şekil 3.4). Her iki istasyon da aynı lokasyonda bulunmaktadır. Gözlenen su kalitesi verileri M-1 istasyonundan alınmıştır. M-1 istasyonuna ait akım ve su kalitesi verileri, kütle/zaman olarak gözlenen sediman ve çözünebilir P yıllık yüklerin hesaplanmasında

kullanılmıştır. DSİ verileri az sayıda anlık ölçümleri göstermektedir ve genellikle, en fazla ayda bir kez ölçüm alınmaktadır. Bu ölçümler için nehirdeki akış hızı da verilmektedir. Anlık verileri, aylık ortalama gibi varsayıp kullanmak büyük hatalara sebep olabilir. Bu nedenle, günlük akım değerlerinin bulunduğu AGİ-302 istasyonu baz alınmıştır. Sediman ve P yükleri hesaplanırken AGİ-302 istasyonu aylık ortalama akım değerlerine $\pm\%20$ aralığında yakın olan M-1 istasyonu akım değerleri ve bu akımlara karşılık gelen konsantrasyon değerleri kullanılmış, diğer veriler iptal edilmiştir.

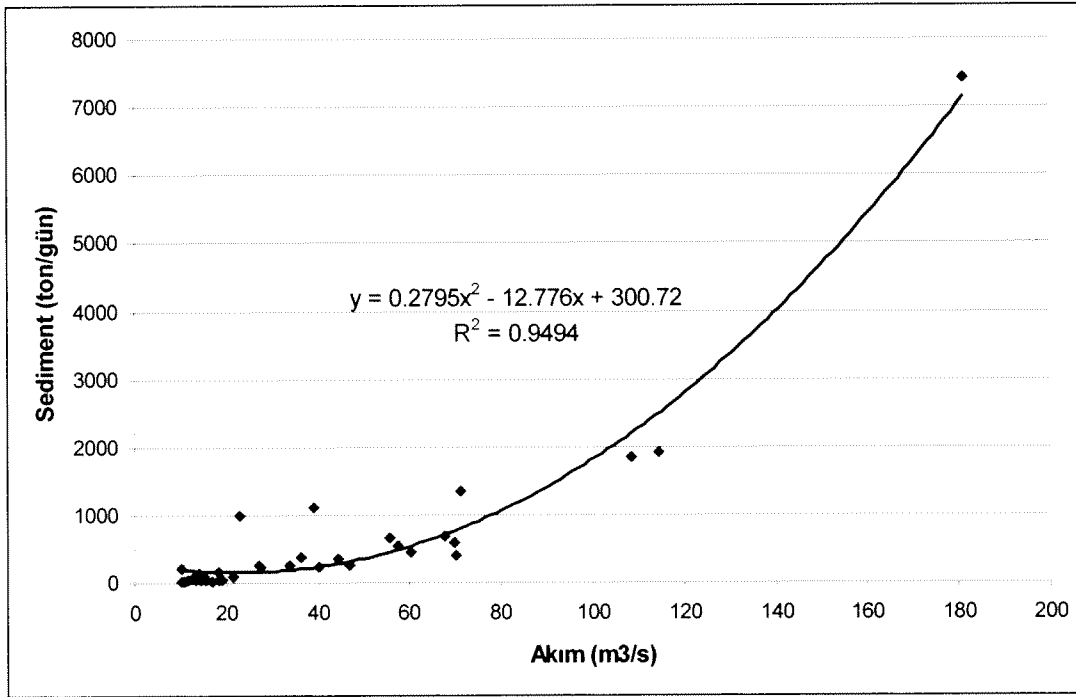
Tablo 4.1'de, alt-havza 73 için sonuçlar verilmiştir. Kalibrasyon 2002 ve 2004 yılları için gerçekleştirilmiştir. 2001 yılı havza genelinde başlangıç hidrolojik durumu oluşturması için kullanılmıştır. 2003 yılı sonuçlarda gösterilmemiştir çünkü bu yıla ait DSİ verilerinin alındığı nehir akış hızları, AGİ-302 istasyonu verileri ile benzer trend göstermemektedir.

Tablo 4.1. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; Alt-havza 73 (Yıllık ortalama değerler)

Yıl	Akım (m ³ /s)			Sediman (ton/yıl)			P (kg/yıl)		
	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)
2002	49.03	49.14	-0.23	121494	121500	-0.01	333131	333200	-0.02
2004	29.61	29.70	-0.31	59361	59370	-0.01	87148	87160	-0.01
Ort.	39.32	39.42	-0.26	90427	90435	-0.01	210139	210180	-0.02
E _{NS}	0.99			0.99			1.00		

Varsayılan parametre değerleri ile yapılan başlangıç çalışması, 73 nolu alt-havzada başarılı olmuştur. Sonuç olarak, yukarıda sıralanan kriterler baz alındığında, modelin çalıştırılmasında kullanılan girdi değerleri doğrulanmış ve 73 nolu alt-havza için yapılan kalibrasyon çalışması başarılı sonuç vermiştir.

Akıma ek olarak, kalibrasyon sonuçları 2002 ve 2004 yılları için hesaplanan ortalama sediman yükü değerleri ile de kontrol edilmiştir. İlgili veriler AGİ-302 istasyonunda temin edilmiştir. Bu istasyondaki günlük sediman yükü (ton/gün) ve akım (m³/s) arasındaki ilişki Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. AGİ-302, sediman yükü – akım eğrisi, 2002-2004

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi, SWAT tarafından DSİ verileri kullanılarak AGİ-302 istasyonu noktasında hesaplanan ortalama akım ve sediman yükü değerleri sırasıyla 39,4 m³/s and 90435 ton/yıldır. AGİ-302 istasyonu verileri kullanılarak oluşturulan sediman yükü-akım eğrisinde 39,4 m³/s’lük akım için gözlenen ortalama sediman yükü değeri 84467 ton/yıl’dır. Bu yükün belirlenmesinde klasik $y=ab^x$ bağıntısı yerine tamamen veriye bağlı ampirik bir yöntem izlenmiştir. Bunun nedeni, birçok araştırmacı tarafından $y=ab^x$ bağıntısının sediman taşınımında doğru sonuç vermediğinin gösterilmiş olmasıdır. SWAT tarafından hesaplanan ve AGİ-302 istasyonunda gözlenen sediman değerleri arasındaki yıllık sapma %7,1’dir. Bu da kullanılacak DSİ verilerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemin geçerliliğine işaret etmektedir.

4.1.1.2 77 nolu alt havza için kalibrasyon

73 nolu alt-havza için kalibrasyon tamamlandıktan sonra, 77 nolu alt-havza için kalibrasyon yapılmıştır. Bu alt-havza, Uluabat Gölü’ne daha yakın olup, 73 nolu alt-havza da dahil olmak üzere diğer alt-havzalardan gelen yükleri de almaktadır. 77 nolu alt-havzanın kalibrasyonu 2002 ve 2004 yılları için yapılmıştır. 2001 yılı havza genelinde başlangıç hidrolojik durumu oluşturması için kullanılmıştır. Bu havzada EİE’nin istasyonu bulunmaması nedeniyle yine

73 nolu havzada olduğu gibi AGİ-302 nolu istasyondaki akım değerlerine yakın akım değerine sahip olan DSİ M-2 istasyonu verileri kullanılmıştır.

77 nolu alt havza, birçok alt havzadan giriş aldığı için SWAT modelinde varsayılan (default) katsayılarla yapılan ilk deneme 73 nolu havzada olduğu gibi iyi sonuç vermemiştir. Tablo 4.2’de görüldüğü gibi, model genel olarak akımı fazla hesaplamış; sediman ve P yüklerini de az hesaplamıştır.

Tablo 4.2. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; alt-havza 77, varsayılan model parameter değerleri ile elde edilen sonuçlar

Yıl	Akım (m ³ /s)			Sediman (ton/yıl)			P (kg/yıl)		
	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)
2002	49.54	56.61	-14.27	198036	142100	28.25	431193	439800	-2.00
2004	36.60	35.68	2.52	67522	70880	-4.97	296249	198700	32.93
Ort.	43.07	46.14	-7.14	132779	106490	19.80	363721	319250	12.23
E _{NS}	0.70			0.63			0.05		

Hesaplanan ve gözlemlenen değerler arasındaki farkları azaltmak için model parameterlerinde Neitsch ve diğ. (2002a), Santhi ve diğ. (2001) ve Muleta ve Nicklow (2005) tarafından önerilen şekilde modifikasyon yapılmıştır.

Akım kalibrasyonu için Neitsch ve diğ. (2002b) ve Muleta ve Nicklow (2005) tarafından önerilen 7 parametre, yine bu araştırmacılar tarafından önerilen aralıklar içinde değiştirilmiştir. Nehir akımı kalibrasyonunda en yüksek değişiklik RCHRG_DP (akifer perkolasyon katsayısı) ve GWQMN (taban suyu akımının oluşması için gerekli olan sığ akiferdeki su derinliği eşik değeri) parametrelerinde yapılan modifikasyon sonucu gözlenmiştir. Bu nedenle, RCHRG_DP ve GWQMN parametreleri dışındaki parametreler, varsayılan değerleri ile kabul edilmiş, sadece bu iki parameter değerinde değişiklik yapılmıştır. Sediman kalibrasyonu için CH_EROD (kanal aşınabilirlik faktörü), CH_COV (kanal örtü faktörü) ve tarım uygulanan alanlardaki USLE_C değerlerinde, P miktarları için ise PHOSKD (P toprak kısımlandırma (adsorpsiyon) katsayısı) parametrelerinde yine önerilen aralıklarda modifikasyon yapılmıştır. Bu değişiklikler sonucunda Tablo 4.3’de verilen değerler elde edilmiştir.

Tablo 4.3. Gözlenen ve hesaplanan akım, sediman ve P yükleri; Alt-havza 77; kalibrasyon sonucu

Yıl	Akım (m ³ /s)			Sediman (ton/yıl)			P (kg/yıl)		
	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)	Göz.	Sim.	Dv (%)
2002	49.54	52.58	-6.14	198036	151700	23.40	431193	469800	-8.95
2004	36.60	33.20	9.29	67522	84620	-25.32	296249	245100	17.27
Ort.	43.07	42.89	-0.42	132779	118160	11.01	363721	357450	1.72
E _{NS}	0.75			0.71			0.55		

Tablo 4.3’de verilen sonuçlar başarılı kabul edilmiş ve kalibrasyon işlemi sonlandırılmıştır. Kalibrasyon sonucunda akım değerleri için ulaşılan E_{NS} ve en yüksek Dv değerleri sırasıyla 0,75 ve %9,3 olmuştur. Bu değerler kabul edilebilir değerlerdir; çünkü, gözlem verilerinde birçok potansiyel hata bulunmaktadır. Yağıştaki mekansal çeşitlilik ve akım hızlarındaki hatalar potansiyel olarak hatalara sebep olabilmektedir (Santhi ve diğ., 2001). Winter (1981), yağış miktarlarındaki hatalara bağlı olarak, nehir akımı ve buharlaşmaya ait yıllık tahminlerdeki hatanın %2’den %15’e kadar çıkabildiğini belirtmiştir.

Sediman değerlerinde hesaplanan ve gözlenen miktarlar arasındaki fark, Dv, yaklaşık %25 olmasına rağmen sediman taşınımı için yapılan kalibrasyon sonlandırılmıştır. Çünkü bu değerler, az sayıdaki verilere bağlı olarak elde edilmiş en iyi sonuçlardır. Santhi ve diğ. (2001), örnekleme stratejilerindeki hataların SWAT kalibrasyonu üzerinde önemli etkileri olabileceğini belirtmiştir. Walling ve Webb (1988), tam bulanıklılık ve günlük akım verileri kullanılarak dahi hesaplanan yıllık sediman yükleri değerlerinde %23’ten %83’e kadar hata olabileceği belirtilmiştir. Yersiz ve diğ. (2001) tarafından M-2 istasyonunda Haziran 1999-Mayıs 2000 döneminde askıda katı madde (AKM) ölçümleri yapılmıştır. Bu dönemde ölçülen ortalama AKM konsantrasyonu 56 mg/l’dir. Simülasyon sonucu M-2 istasyonu noktasında elde edilen ortalama AKM konsantrasyonu, 2002 ve 2004 yılları için, 77 mg/l’dir. 1999-2000 döneminde gözlenen ortalama yıllık toplam yağış yaklaşık 618.6 mm iken 2002-2004 döneminde gözlenen yıllık ortalama toplam yağış yaklaşık 672.8 mm olmuştur. Yağış farkının da sediman taşınımına etki edebileceği göz önünde bulundurulursa, elde edilen sediman taşınımı kalibrasyonunun makul olduğu kabul edilmiştir.

P simülasyonu için E_{NS}’da 0,55 değerine ulaşılmıştır. Dv için en yüksek değer yaklaşık %17 olmuştur. Bu noktada kalibrasyon sonlandırılmıştır. Çok kısıtlı sayıda DSİ verisi kullanıldığı

göz önünde bulundurulursa bu sonuçların başarılı olduğu kabul edilebilir. Haziran 1999-Mayıs 2000'de gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilen ortalama P konsantrasyonu, su kalitesinin P açısından Su Kalitesi Kontrol Yönetmeliğine göre Sınıf III olduğunu göstermektedir (Yersiz ve diğ., 2001). SWAT tarafından simüle edilen ortalama yıllık P konsantrasyonu da bu aralık içinde kalmaktadır. Sonuç olarak, akım, sediman ve P yükleri kalibrasyonu 2002 ve 2004 yılları için yıllık olarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Uluabat Gölü'ne Sediman ve P Taşınımı Simülasyon Sonuçları

1-5, 13, 20-23 ve 26-28 nolu alt-havzalar Uluabat Gölü'ne deşarj olan en son noktadaki alt havzalardır. Model sonuçlarına göre, bu alt-havzalara ait çıkış noktalarından Uluabat Gölü'ne ulaşan sediman (SED) ve P yükleri Tablo 4.4'te verilmiştir. 22 nolu alt-havza Mustafakemalpaşa Çayı'nın aşağı-nehir noktasındaki alt-havzadır. Simülasyon koşulları dikkate alındığında, sediman yükünün %85'i ve P yükünün %80'i Mustafakemalpaşa Çayı ile taşınmaktadır. Modelde bu çayın aynı zamanda tarımdan dönen suları da ihtiva ettiği varsayılmıştır.

Tablo 4.4. Uluabat Gölü'ne taşınan SED ve P Yükleri

Alt-havza No.	SED (ton/yıl)	P (kg/year)
1	1315.50	2903.50
2	4004.50	15910.00
3	2271.00	7226.50
4	1931.50	3997.00
5	1812.50	39265.00
13	2101.50	4904.50
20	3602.50	10549.50
21	955.00	1493.50
22	119915.00	374350.00
23	680.50	2177.00
26	561.70	1344.50
27	720.60	1406.00
28	558.15	894.50
Toplam	140430.00	466421.5

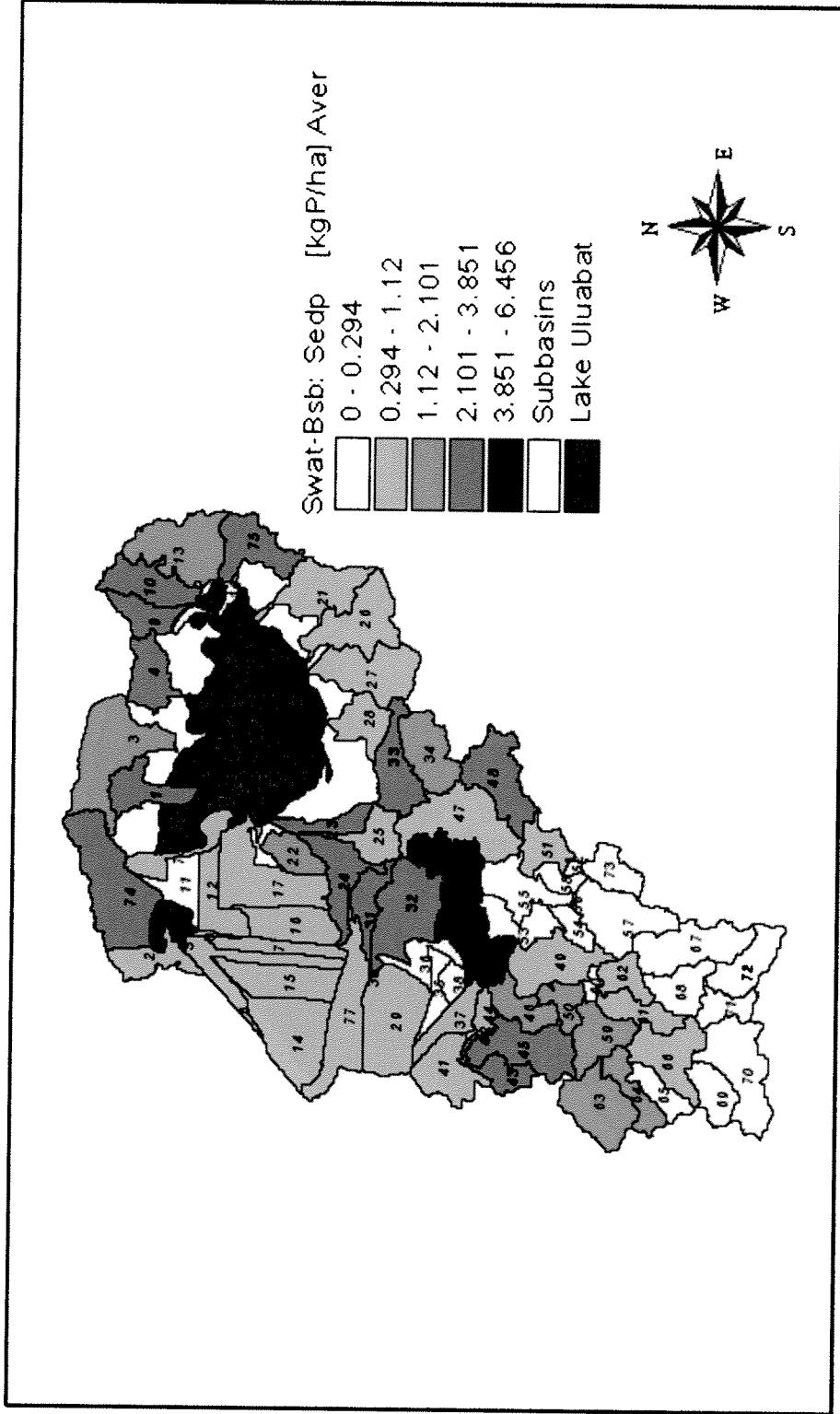
Havza alanında yüzey akışı ile yüzeysel sulara taşınan sediman (SYLD), sedimanla taşınan çözünebilir P (SED P) ve yüzey sularıyla taşınan P (ÇÖZ P) değerleri, bu çalışmada modellenen arazi kullanımı ve tarımsal aktivitelere göre Tablo 4.5'te verilmiştir. Simülasyon sonuçlarına göre, modellenen alandan kaynaklanan SYLD'nin %97,4'ü, SED P'nin %99,8'i ve ÇÖZ P'nin %99,0'u tarımsal alanlardan taşınmaktadır. Bu arazi kullanımları içinde,

AGRC (sıkışık yetişen ürünler, kuru tarım) alanlarından taşınan SYLD ve SED P miktarı TOMA ve CORN alanlarından taşınan SYLD ve SED P miktarından fazladır. Bu fark, bu alanlarda uygulanan arazi sürme işlemlerindeki uygulamaları arasındaki farklılıklara bağlıdır. Arazi sürme işlemleri, toprağın erozyona karşı direncini azaltmaktadır. Diğer taraftan, AGRC alanlarından taşınan ÇÖZ P miktarı % 30 iken, TOMA ve CORN alanlarından taşınan ÇÖZ P miktarı %69'tur. Bu fark, gübre uygulamaları ve sulama işlemleri ile ilgili olup; TOMA ve CORN alanlarında gübre uygulandıktan sonra sulama yapılmaktadır.

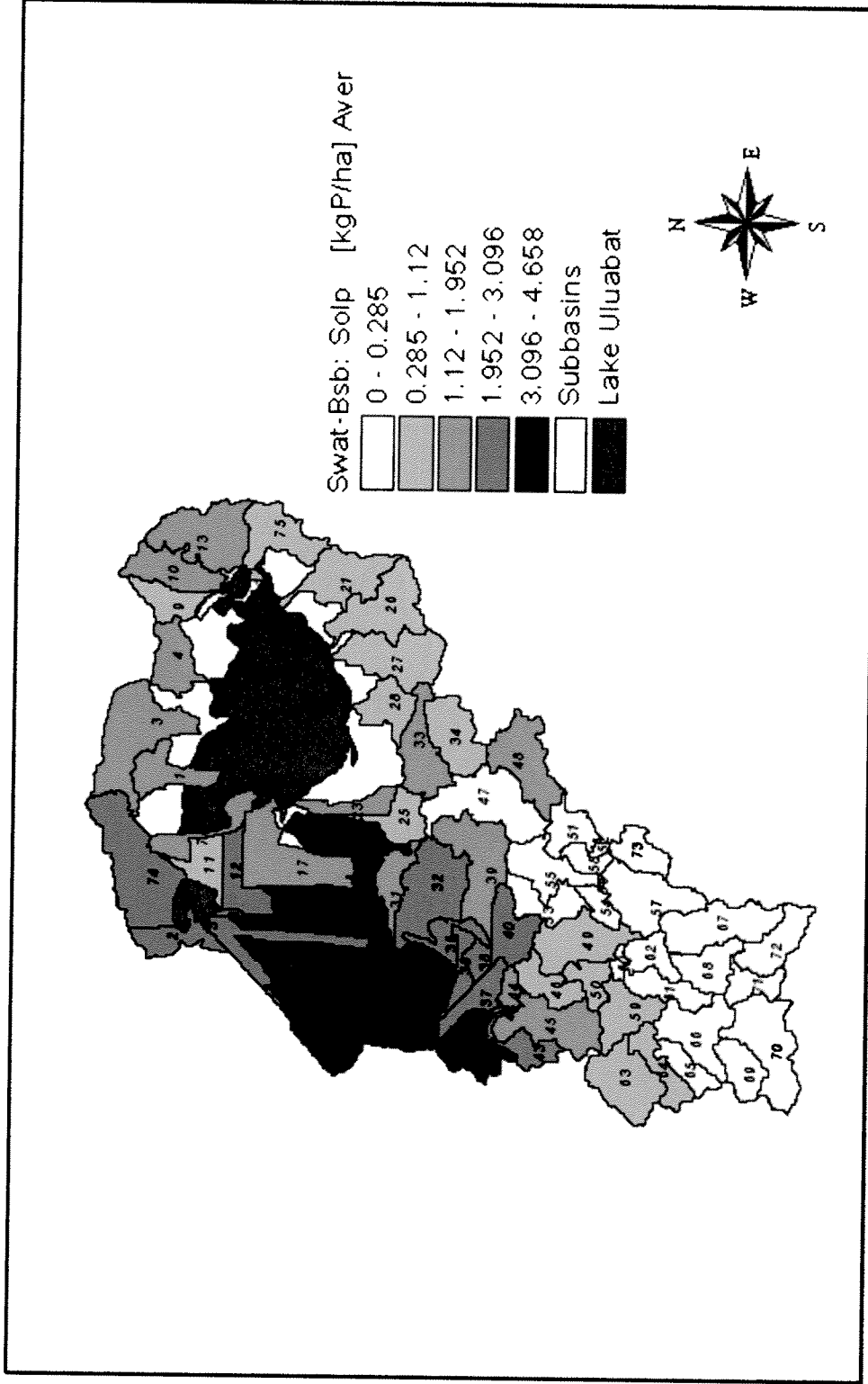
Tablo 4.5. Arazi kullanımına göre çalışılan havza alanından kaynaklanan SYLD, SED P ve ÇÖZ P Taşınımı

Arazi Kullanımı	SYLD (ton/yıl)	SED P (kg P/yıl)	ÇÖZ P (kg P/yıl)	% SYLD	% SED P	% ÇÖZ P
AGRC	32849.37	59469.80	36407.75	68.72	51.66	30.03
TOMA	9760.14	31341.25	64488.82	20.42	27.22	53.19
CORN	3945.67	24130.20	19139.36	8.25	20.96	15.79
FRST	879.28	131.90	828.59	1.84	0.11	0.68
RNGE	306.77	45.21	268.97	0.64	0.04	0.22
PAST	8.32	1.82	37.08	0.02	0.00	0.03
HAY	3.16	0.61	6.30	0.01	0.00	0.01
URML	45.07	3.47	39.00	0.10	0.00	0.03
WETN	1.76	0.88	15.95	0.00	0.00	0.01
TOPLAM	47800.00	115125.14	121231.80	100.00	100.00	100.00

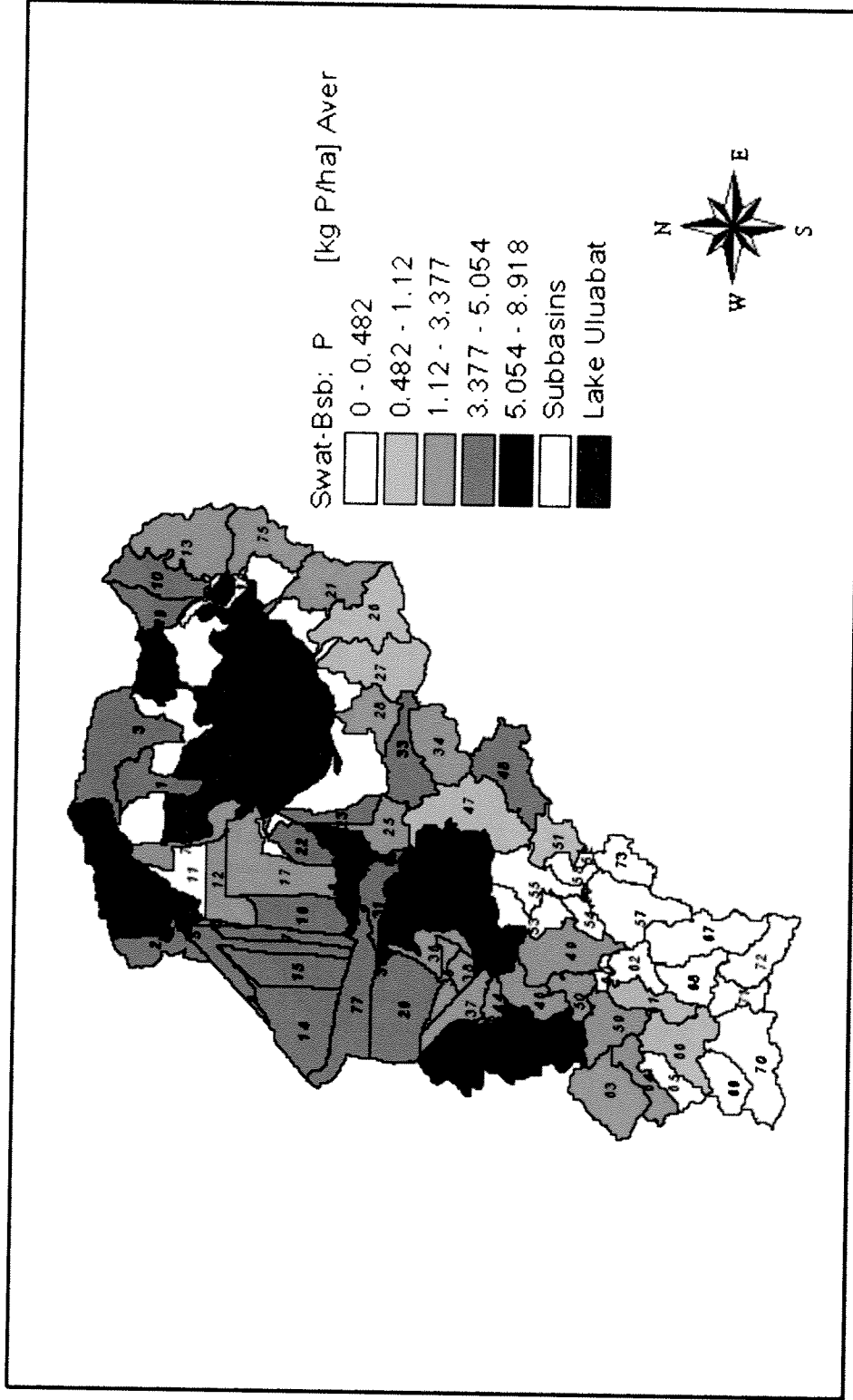
Tarımsal aktivitelere göre uygulanan ve taşınan ÇÖZ P dağılımı Tablo 4.6'da verilmiştir. Havza alanına uygulanan ÇÖZ P'nin %1,6'sı havza içindeki yüzeysel sulara taşınmaktadır. Havza alanının yaklaşık %2,4'lük kısmında CORN sınıfı arazi kullanımı bulunurken taşınan ÇÖZ P'nin yaklaşık %18'si CORN alanlarından taşınmaktadır. Bu, CORN alanlarında daha sık gübre uygulamasından dolayıdır. AGRC ve TOMA alanlarının yüzdeleri sırasıyla %21,9 ve %19,4'tür. AGRC ve TOMA alanlarından taşınan % ÇÖZ P miktarları sırasıyla %40,8 ve %40,8 olarak hesaplanmıştır. Model sonuçları, sulama yapılan tarım alanlarından taşınan ÇÖZ P miktarının, sulama yapılmayan alanlardan taşınan ÇÖZ P miktarından fazla olduğunu göstermiştir. Sulu tarım ve kuru tarım yapılan alanların yüzölçümü yaklaşık olarak aynı olduğu halde (sulu tarım %21,9%, kuru tarım %21,8), ÇÖZ P miktarının %58,8'i sulu tarım yapılan alanlardan (TOMA ve CORN), % 40,8'i kuru tarım yapılan alanlardan (AGRC) taşınmaktadır. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P (kg P/ha), ÇÖZ P (kg P/ha), P (SEDP+ÇÖZP, kg P/ha) ve SYLD (ton/ha) sırasıyla Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



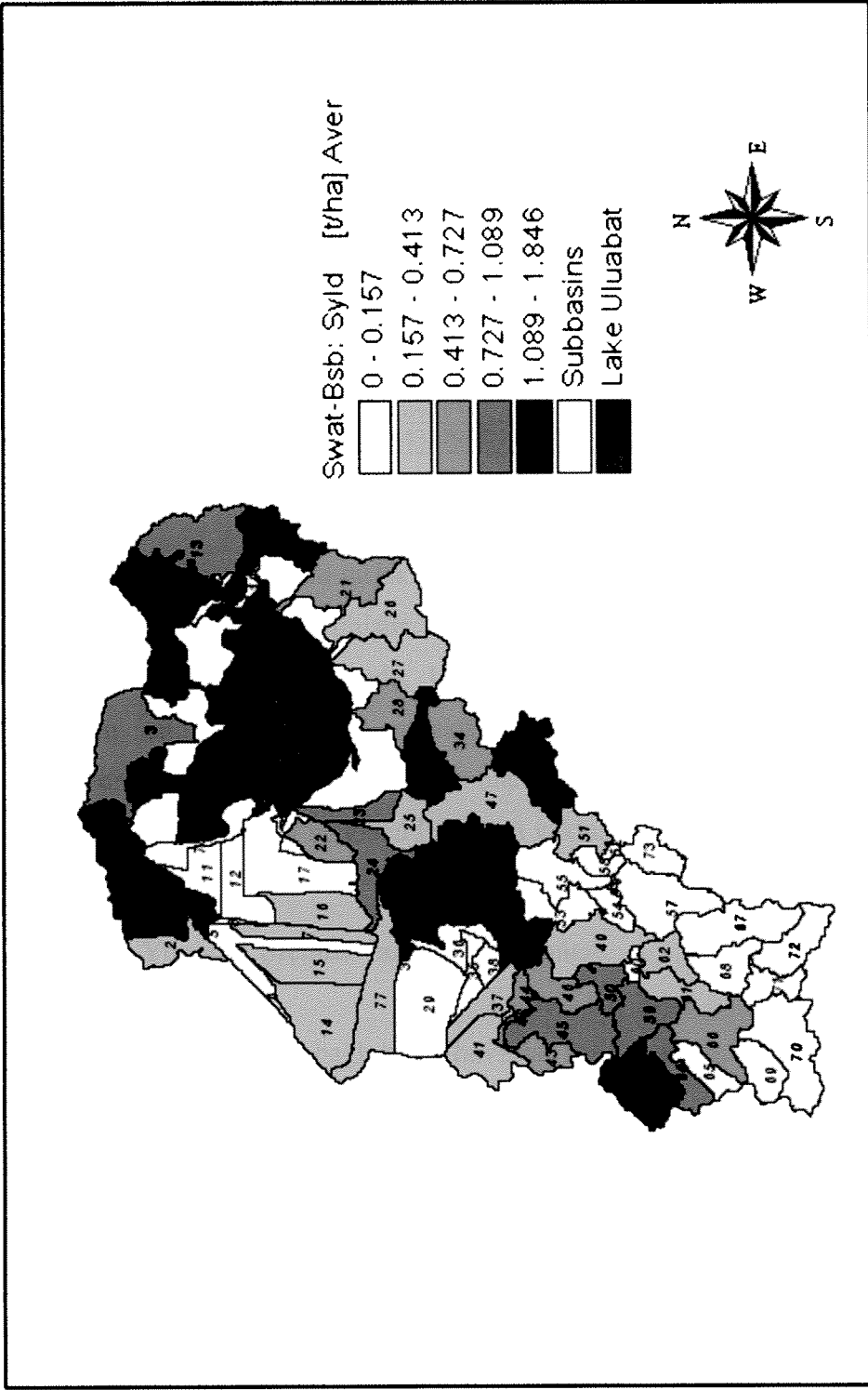
Şekil 4.2. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü



Şekil 4.3. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü



Şekil 4.4. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SED + ÇÖZP) yükü



Şekil 4.5. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SYLD yükü

Tablo 4.6 Tarımsal Uygulamalara Göre, uygulanan ve taşınan P Dağılımı

Tarımsal Aktivite	Yıllık Ortalama ÇÖZ P Uygulaması (kg/ha)	Area (ha)	ÇÖZ P Uygulanan (kg/yıl)	ÇÖZ P (kg/yıl)	SED P (kg/yıl)	Taşınan %P, Arazi Kullanımına Göre	Taşınan %P, Tüm ÇÖZ P Uygulaması İçinde
AGRC	220	17828	3922226	36407.75	59469.80	2.44	0.67
TOMA	505	15791	7974253	64488.82	31341.25	1.20	0.67
CORN	1264	1971	2491470	19139.36	24130.20	1.74	0.30
TOTAL	-	35590	14387949	120036.00	114941.30	-	1.63

Uluabat Gölü Yönetim Planı taslak belgelerinde (DHKD, 2002), Uluabat Gölü'ne P yükünün 1-8 g P/m²/yıl olduğu belirtilmiştir. DHKD, Çevre Bakanlığı ve DSİ tarafından 1998 yılında başlatılan proje tamamlandığında, Uluabat Gölü'ne giden P yükünün 5 yıl içinde 1 g P/m²/yıl'ın altına indirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır (WWF-Türkiye, 2000). Simülasyon koşullarında ve göl alanı olarak 1998 yılı değeri (116 km² (Aksoy, 2004)) alındığında, Uluabat Gölü'ne giden P miktarı yaklaşık 4 g P/m²/yıl olarak hesaplanmıştır.

4.1.3 Farklı Yönetim Biçimlerinin Uygulanması

Toprak kaybı ve P yüküne bağlı kritik havzalar belirlenmiştir. Bu analiz belirli bir eşik değer üzerinde yük meydana getiren havzaların belirlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, eşik değerler olarak, literatürde uygulanan değerler kabul edilmiştir. Tripathi ve diğ. (2003), Tim et al. (1992), ve Mannering (1981) toprak kaybı için eşik değeri olarak yaklaşık 11 ton/ha/yıl'ı kullanmışlardır. Tim ve diğ. (1992) ve DelRegno ve Atkinson (1988) P yükü eşik değeri olarak yaklaşık 1 kg P/ha/yıl değerini baz almıştır. Bu çalışmada da bu kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Bu eşik değerlerin değiştirilmesi mümkündür. Buradaki analiz sadece göreceli bir yük haritası oluşturulması amacıyla yapılmıştır. Varsayılan koşullar için, modellenen alanda sediman yükleri bazında kullanılan eşik değer için kritik alt-

havza bulunmamaktadır. Fakat, 78 adet alt-havzadan 50'si P yükü bakımından kritik durumdadır. Tahmin edilebileceği gibi, bu havzalarda tarımsal aktiviteler mevcuttur.

Uluabat Gölü'ne giden P yükünü etkileyebilecek alternatifleri değerlendirebilmek için yedi adet senaryo çalışılmıştır. Senaryo I'de, tarım alanlarına (AGRC, TOMA, ve CORN) uygulanan gübre miktarı değiştirilmiş; Senaryo II'de, sulamanın P taşınımına etkisini görebilmek için sulama miktarı dört kat artırılmış; Senaryo III ve IV'te, göl ve Mustafakemalpaşa Çayı etrafında tampon bölge yaratmak için yeşillik alanlar eklenmiştir. Senaryo V'da Emet ve Orhaneli Çayları ile taşınan P yükünün, Uluabat Gölü'ne giden P yükü üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Senaryo VI'da Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon sisteminden taşınan P yükünün, toplam P yüküne olan etkisine bakılmıştır. Son olarak Senaryo VII'da Uluabat Gölü etrafındaki tarımsal alanlar kaldırılmış ve çayır tipi arazi kullanımı uygulanmış, %50 daha az gübreleme uygulanmış, Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon sistemi ile Emet ve Orhaneli Çayları'ndan taşınan P yükü değerleri %50 azaltılmıştır. Her senaryo için elde edilen sonuçlar, başlangıç durumu sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Başlangıç durumu, 4.1.2'nci bölümde verilen durumu yansıtmaktadır ve "baz durum" olarak belirtilecektir.

4.1.3.1. Senaryo I

Senaryo I, Senaryo I-a ve Senaryo I-b olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Senaryo I-a'da, tarımsal alanlardaki (AGRC, TOMA, CORN) gübre uygulaması iki katına çıkarılırken, baz durumdaki sulama miktarlarında (Tablo 3.11) değişiklik yapılmamıştır. Sonuçlar Tablo 4.7'de verilmiştir.

Tablo 4.7'de görüldüğü gibi, gübre kullanımı miktarı iki katına çıkarıldığında Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü baz duruma göre (Tablo 4.4) yaklaşık %33 oranında artış göstermiştir. Baz durumda Uluabat Gölü'ne giden P yükü 4,0 gP/m²/yıl olarak bulunmuşken, senaryo I-a, 5,3 gP/m²/yıl'lık bir yük oluşturmuştur.

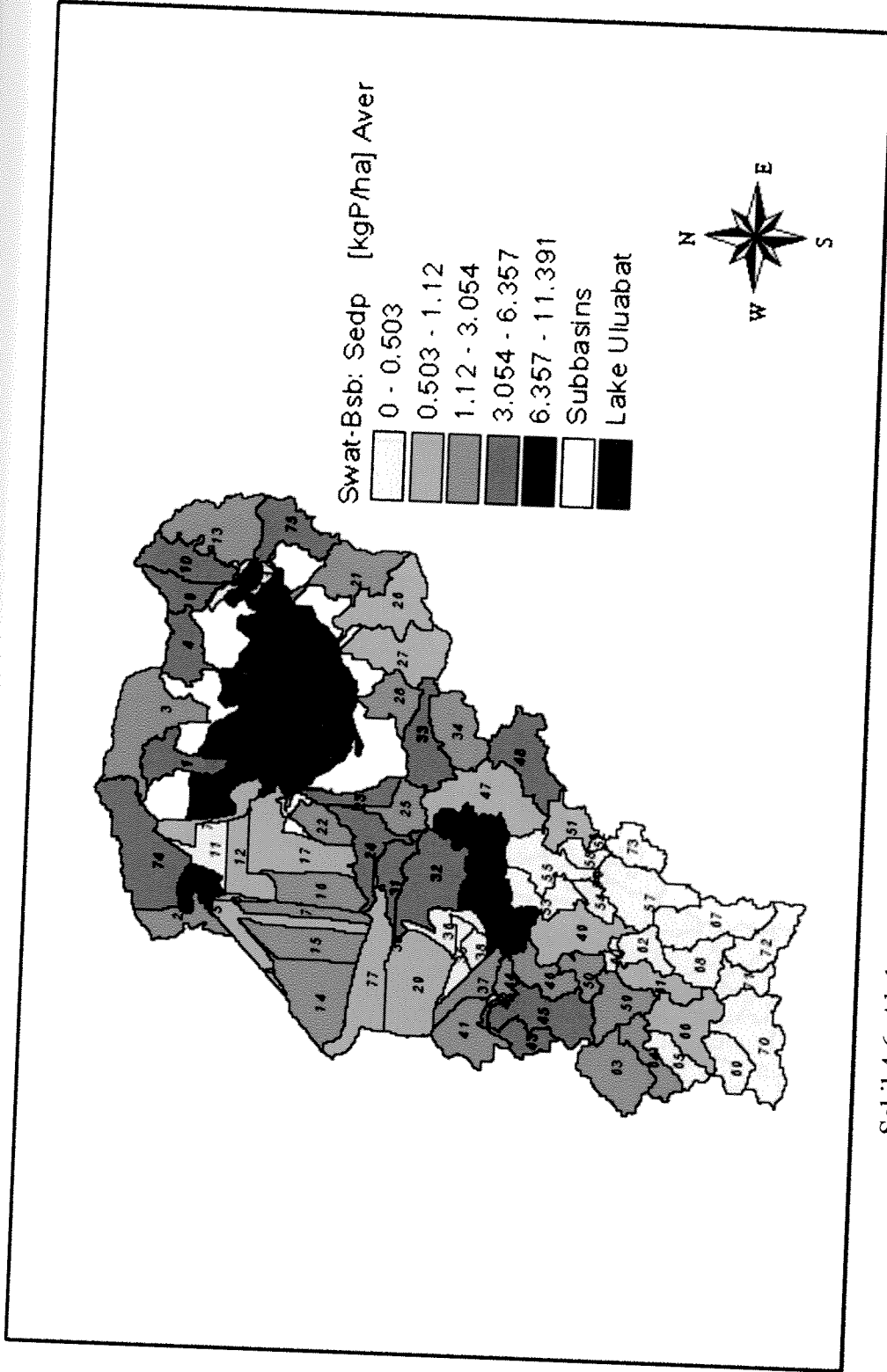
Tablo 4.7. Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yüğü; Senaryo I-a

Alt-havza No.	P, Senaryo I-a (kg/yıl)
1	4807.00
2	27545.00
3	12126.00
4	6637.00
5	70120.00
13	8134.00
20	16130.00
21	2425.50
22	460000.00
23	3832.50
26	2207.00
27	2296.00
28	1447.50
Toplam	617707.50

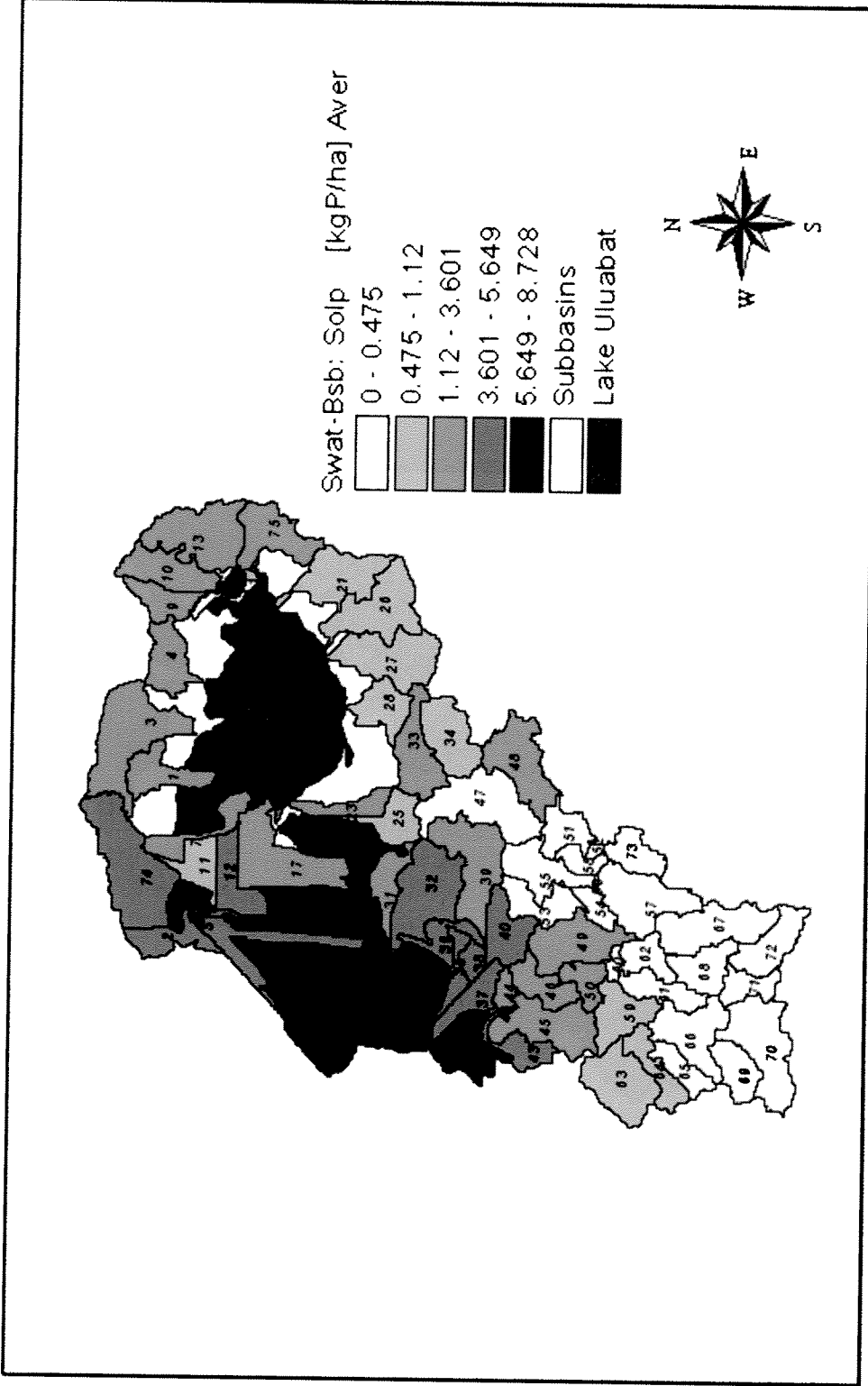
Senaryo I-a için, farklı tarım alanlarında taşınan P miktarları Tablo 4.8'de verilmiştir. Baz durumla (Tablo 4.6) karşılaştırıldığında, tarımsal alanlardan taşınan P miktarı farklı üretimler için %35 ile %47 arasında artmıştır (AGRC=%35, TOMA=%43 ve CORN=%47). Beklendiği gibi alt-havzalardan taşınan P miktarı artış göstermiştir. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P (kg P/ha), ÇÖZ P (kg P/ha) ve P (SEDP+ÇÖZP, kgP/ha) sırasıyla Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Tablo 4.8. Farklı Tarımsal Üretimlere Göre, Uygulanan ve Taşınan P Dağılımı; Senaryo I-a

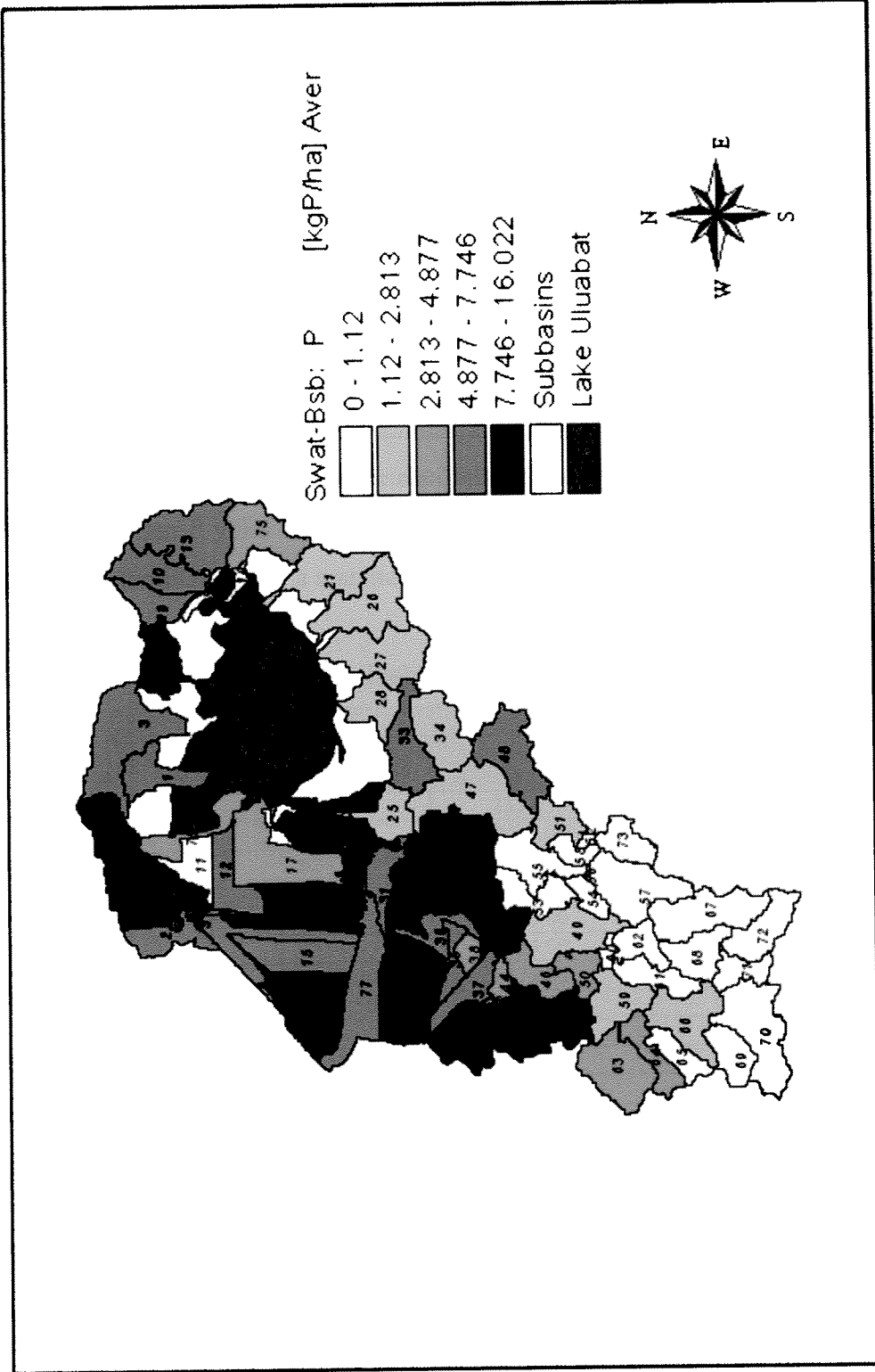
Tarımsal Aktivite	Senaryo I-a				
	Yıllık Ortalama P Uygulaması (kg/ha)	Alan (ha)	Uygulanan P (kg/yıl)	ÇÖZ P (kg/yıl)	SED P (kg/yıl)
AGRC	440	17828	7844320	63141.5	84936.8
TOMA	1010	15791	15948910	117896.6	50736.6
CORN	2528	1971	4982688	37127.6	44976.1
TOPLAM	-	35590	28775918	218165.7	180649.5



Şekil 4.6. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü, Senaryo I



Şekil 4.7. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü, Senaryo I



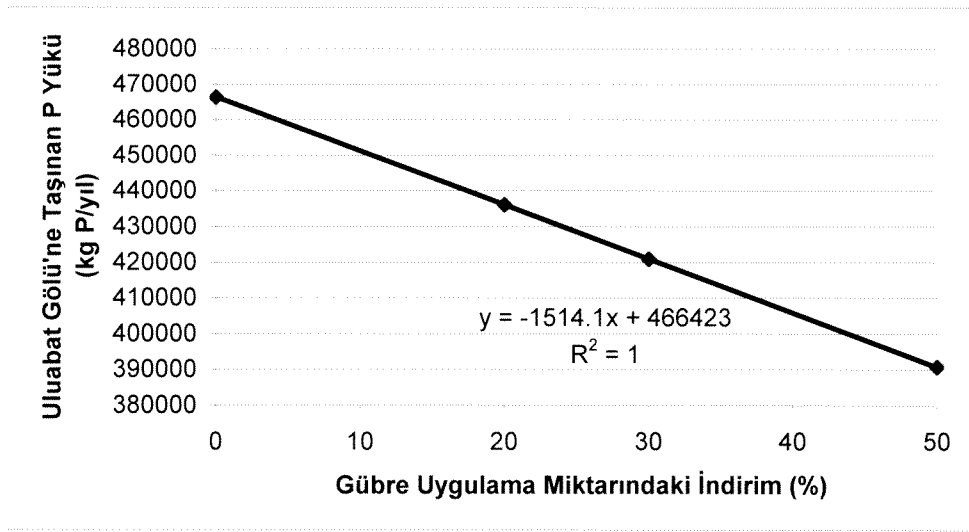
Şekil 4.8. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP + ÇÖZP) yükü, Senaryo I

Eşik değeri için 78 adet alt-havzadan 56'sı Senaryo I-a çalışmasında kritik havza olarak tespit edilmiştir. Baz duruma göre alt-havza daha kritik havza statüsüne gelmiştir. P taşınımı bakımından kritik olarak tespit edilen her alt-havzada tarımsal aktivite bulunmaktadır.

Gübre kullanımındaki artışa ek olarak gübre kullanımındaki azalmanın etkileri Senaryo I-b'de çalışılmıştır. Havzadaki tarımsal alanlarda uygulanan gübre miktarları %20, %30 ve %50 oranlarında azaltılmıştır. Tablo 4.9'da verildiği gibi, uygulanan gübre miktarı %20, %30 ve %50 oranlarında azaltıldığında, Uluabat Gölü'ne giden P yükü, baz duruma göre (Tablo 4.4) sırasıyla yaklaşık %7, %10 ve %16 oranlarında azalmıştır. P yükü, gübre uygulamasında %20, 30, ve %50'lik azalma sonucu sırasıyla 3,8 gP/m²/yıl, 3,6 gP/m²/yıl ve 3,4 gP/m²/yıl değerlerine gerilemiştir. Bu rakamlar sırasıyla %5, %10, ve %15'lik bir azalmaya denk gelmektedir. Havza alanında tarımsal alanlardaki gübre kullanımındaki azalma ile Uluabat Gölü'ne ulaşan P yükü ilişkisi Şekil 4.9'da gösterilmiştir. Göle giden P yükü ile kullanılan gübre miktarındaki azalma arasında lineer bir ilişki görülmüştür.

Tablo 4.9. Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü; Senaryo I-b

Alt-havza No.	Senaryo I-b		
	%20'lik İnd. (kg/yıl)	%30'luk İnd. (kg/yıl)	%50'lik İnd. (kg/yıl)
1	2523.00	2332.50	1952.00
2	13585.00	12420.00	10077.00
3	6247.00	5757.00	4777.00
4	3469.00	3206.00	2677.00
5	33095.00	30010.00	23820.00
13	4258.50	3934.00	3285.00
20	9437.00	8878.00	7763.00
21	1307.50	1215.00	1028.95
22	357200.00	348600.00	331500.00
23	1846.50	1681.00	1348.00
26	1172.50	1086.30	914.30
27	1228.00	1139.00	961.85
28	783.75	728.45	617.85
Toplam	436152.80	420987.30	390721.95



Şekil 4.9. Gübre Uygulama Miktarlarındaki İndirimin Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yüğü üzerindeki etkisi

4.1.3.2 Senaryo II

Senaryo II'de, sulamanın Uluabat Gölü'ne giden P yükü üzerine etkisini görmek için sulu tarım alanlarındaki sulama miktarı dört kat artırılmıştır. Gübre miktarları, baz durumdaki değerler gibidir ve Tablo 3.11'deki tarımsal yönetim biçimi kullanılmıştır. Simülasyon sonuçları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. P yükleri; Senaryo II

Alt-havza No.	P, Senaryo II (kg/yıl)
1	2903.50
2	15910.00
3	7226.50
4	3997.00
5	39265.00
13	4904.50
20	10549.50
21	1493.50
22	374350.00
23	2177.00
26	1344.50
27	1406.00
28	894.50
Toplam	466421.5

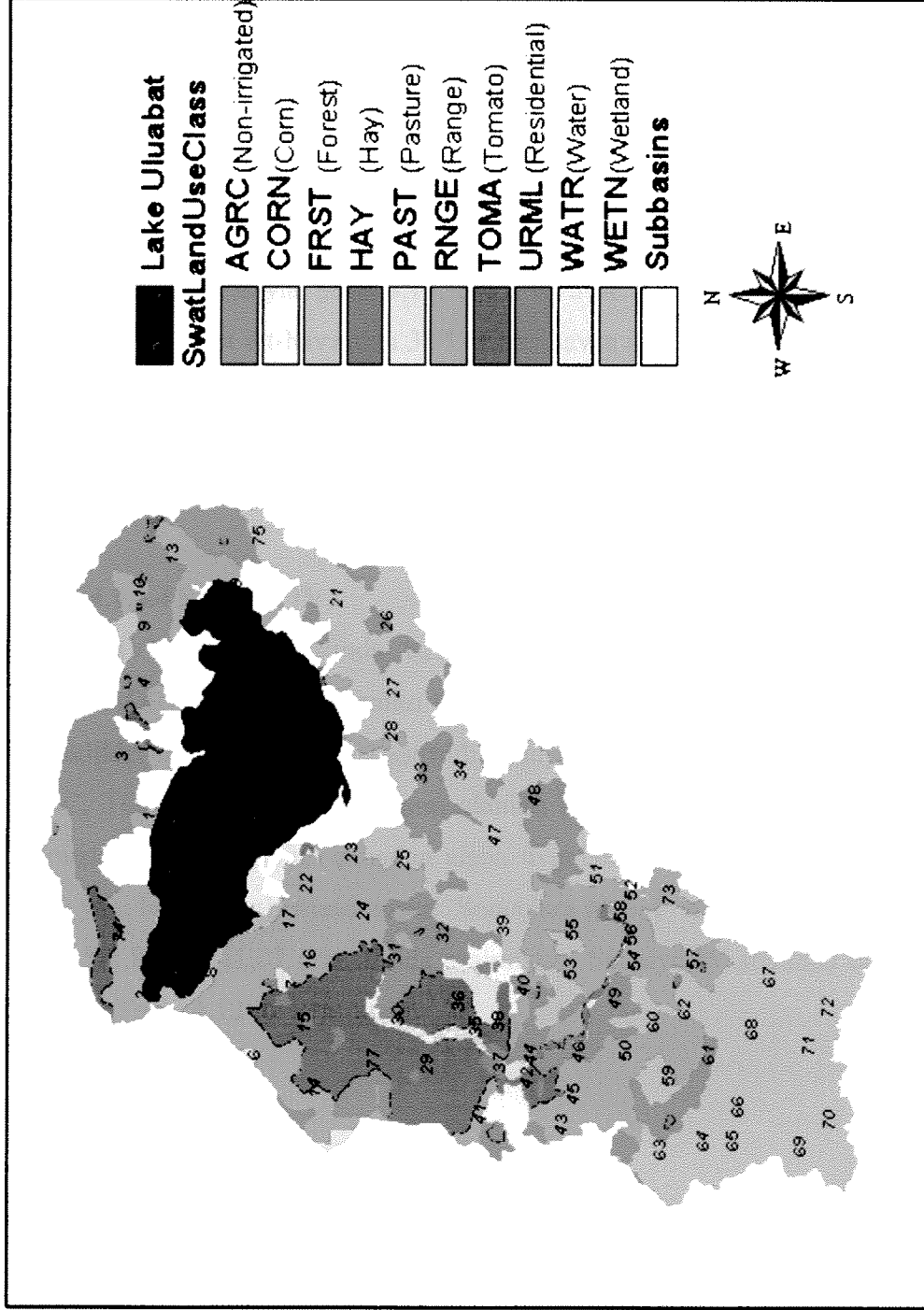
Tablo 4.10’da görüldüğü gibi, sulama miktarları dört kat artırıldığında Uluabat Gölü’ne giden ÇÖZ P yükü miktarında değişiklik gözlenmemiştir. Sonuç olarak, çalışılan koşullarda, sadece sulama miktarının göle giden ÇÖZ P yükü üzerinde önemli bir etkisi yoktur. Konsantrasyonlar değişse bile kütle/zaman olarak toplam miktar değeri etkilenmemiştir.

4.1.3.3 Senaryo III

Senaryo III’te, Uluabat Gölü çevresindeki AGRC, TOMA ve CORN tarımsal alanlar kaldırılmış ve bu alanlara arazi örtüsü olarak çayır atanmıştır (Şekil 4.10). Buna bağlı olarak, RNGE kullanımı alanı %11.95 oranında artarken; AGRC, TOMA ve CORN için kullanılan alanlar sırasıyla %2.73, %8.61 ve %0.61 oranlarında azalmıştır. Bu senaryonun çalışılan alana uygulanması için 78 adet alt-havza ile 540 HTB içeren yeni bir proje oluşturulmuştur. Bu yaklaşımın amacı göl etrafında tampon bölge oluşturmak ve bu tampon bölgenin göle giden P ve sediman yükü üzerine olan etkisini değerlendirmektir. Beklendiği gibi, P ve sediman yükleri sırasıyla ortalama %6 ve %11 oranlarında azalmıştır. Senaryo III için elde edilen simülasyon sonuçları Tablo 4.11’de verilmiştir.

Tablo 4.11. Uluabat Gölü’ne Taşınan Sediman ve P Yükleri, Senaryo III

Alt-havza No.	SED (ton/yıl)	% Azalma	P (kg/year)	% Azalma
1	1079.00	17.98	2405.00	17.17
2	1960.50	51.04	6855.50	56.91
3	2143.00	5.64	6804.50	5.84
4	1369.50	29.10	2931.50	26.66
5	703.70	61.18	13900.00	64.60
13	1652.50	21.37	3897.50	20.53
20	3146.50	12.66	9087.00	13.86
21	797.50	16.49	1212.50	18.81
22	118230.00	1.41	365200.00	2.44
23	65.55	90.37	188.50	91.34
26	561.70	0.00	1344.50	0.00
27	516.05	28.39	978.90	30.38
28	51.33	90.80	34.75	96.12
Toplam	132276.80	5.81	414840.20	11.06



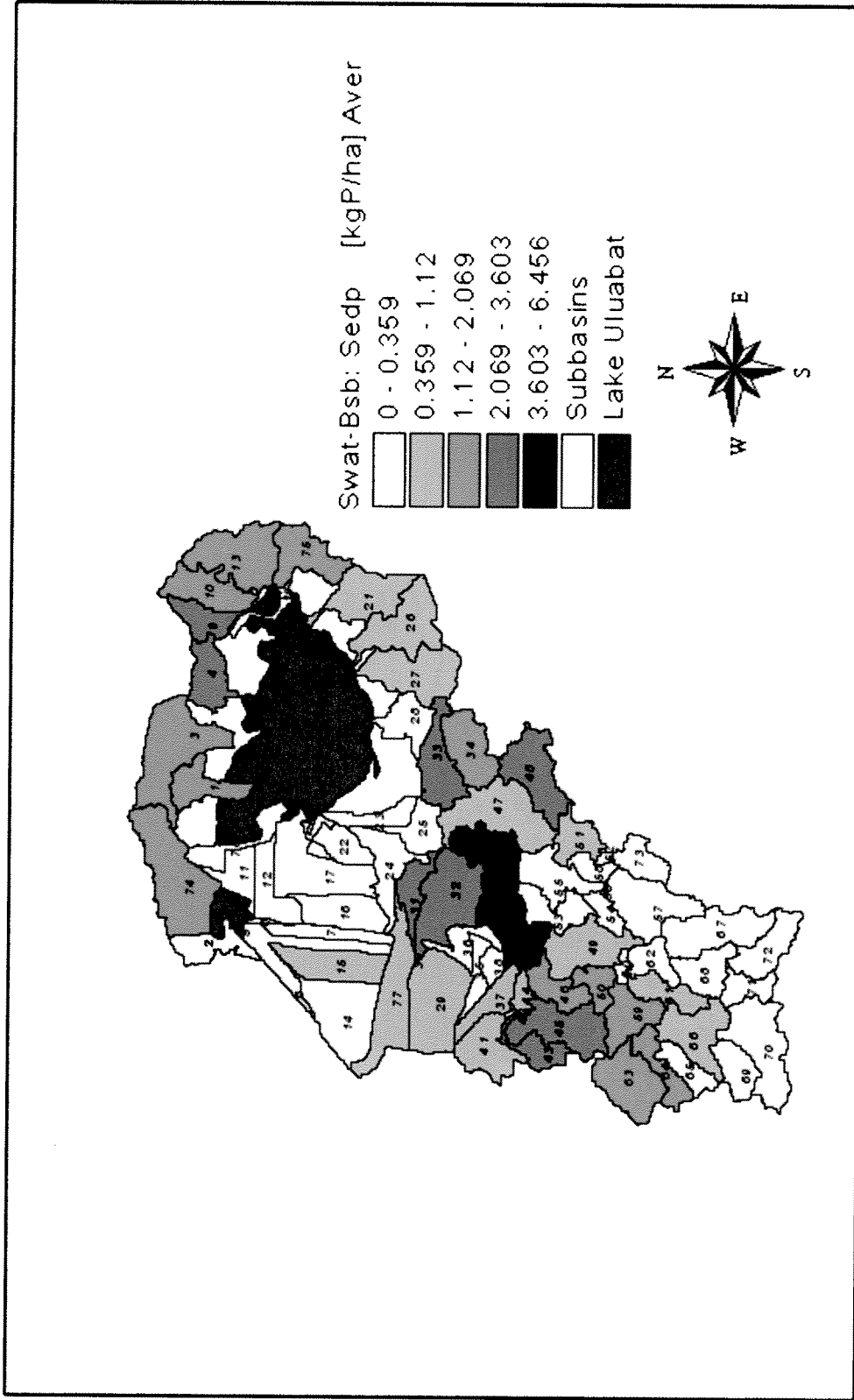
Şekil 4.10. Senaryo III için arazi kullanımı haritası

Baz durumda, göle giden P miktarı $4,0 \text{ gP/m}^2/\text{yıl}$ olarak hesaplanmışken, bu senaryo sonunda $3,6 \text{ gP/m}^2/\text{yıl}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, Uluabat Gölü etrafındaki tarımsal alanların kaldırılmasının, göle giden P yükünü yaklaşık olarak %10 oranında azaltılabileceğini göstermektedir.

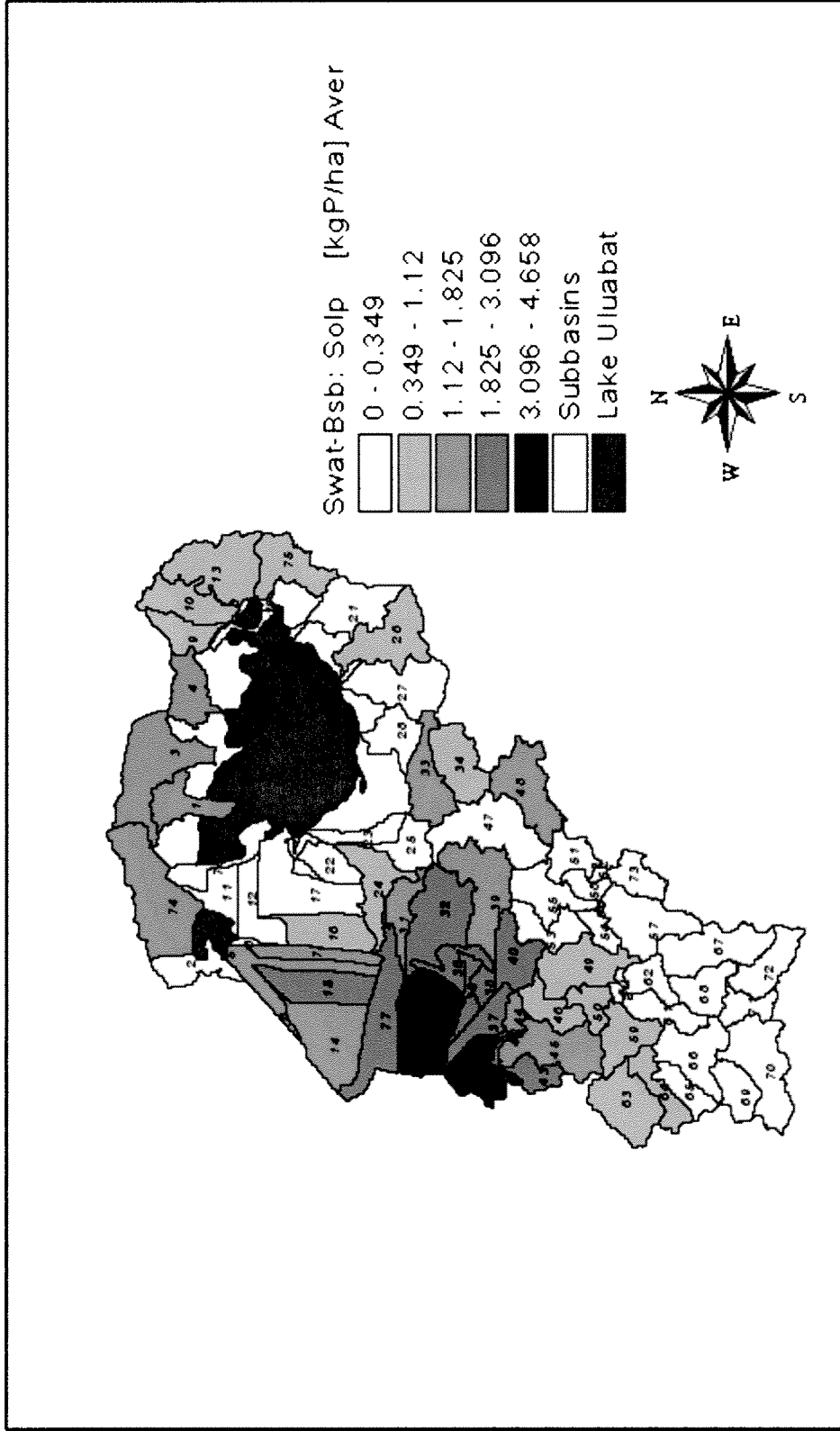
Alt-havzalardan gelen yıllık ortalama SED P (kg P/ha), ÇÖZ P (kg P/ha) ve P (SEDP+ÇÖZP, kgP/ha) yükleri sırasıyla Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13'te gösterilmiştir. P yükü eşik değeri için, 78 adet alt-havzadan 38'i kritik havza olarak değerlendirilmiştir. Bu rakam, baz duruma göre 14 alt-havzanın kritik olmaktan çıktığını göstermektedir. Bu çıkarımlar, su kütlelerine ulaşan besin maddesi yüklerini kontrol etmede, tampon bölgelerin önemini göstermektedir.

4.1.3.4 Senaryo IV

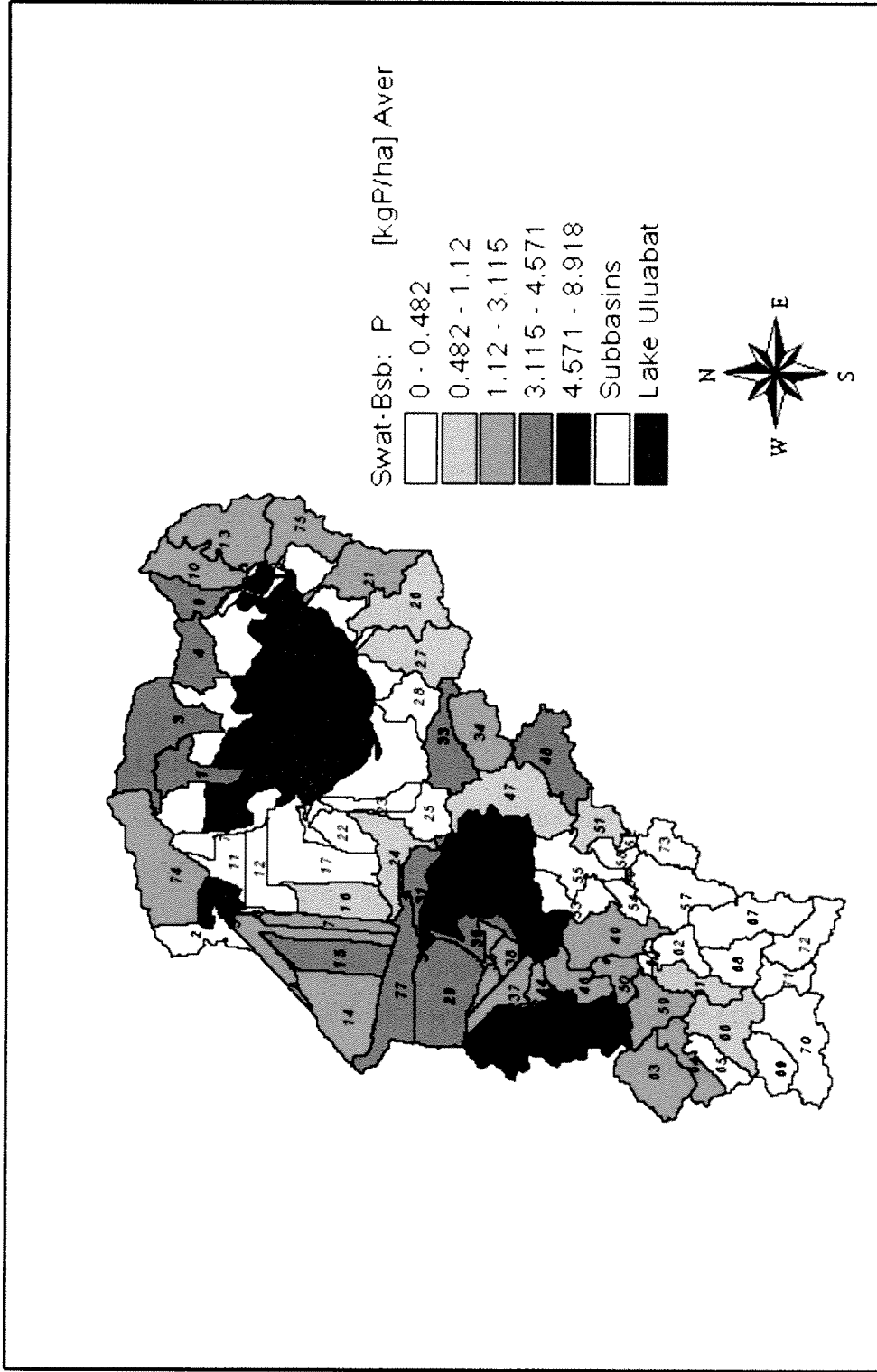
Senaryo IV'de, Göl etrafında tarım yapılabilirken, Mustafakemalpaşa Çayı etrafındaki TOMA, AGRC, ve CORN alanları kaldırılmış ve bu alanlara çayır kullanımı atanmıştır. Bu değişiklikle, baz durumla karşılaştırıldığında RNGE kullanımı alanı %1,72 oranında artmış, AGRC, TOMA ve CORN kullanım alanları sırasıyla %1.03, %0.34 ve %0.35 oranlarında azalmıştır. Bu senaryonun çalışılan alana uygulanması için 78 adet alt-havza ile 549 HTB içeren yeni bir proje oluşturulmuştur. Sonuçlara göre, P ve sediman yükleri sırasıyla ortalama olarak %1,88 ve %1,02 oranlarında azalmıştır. Senaryo IV sonunda elde edilen simülasyon sonuçları Tablo 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.1.1. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P yükü, Senaryo III



Şekil 4.12. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZP yükü, Senaryo III



Şekil 4.13. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP+ÇÖZP) yükü, Senaryo III

Tablo 4.12. Uluabat Gölü'ne taşınan sediman ve P yükleri, Senaryo IV

Alt-havza No.	SED (ton/yıl)	% Azalma	P (kg/yıl)	% Azalma
1	1315.50	0.00	2903.50	0.00
2	4004.50	0.00	15910.00	0.00
3	2271.00	0.00	7226.50	0.00
4	1931.50	0.00	3997.00	0.00
5	1812.00	0.00	39110.00	0.40
13	2101.50	0.00	4904.50	0.00
20	3602.50	0.00	10546.00	0.03
21	955.00	0.00	1486.00	0.50
22	118480.00	1.20	365800.00	2.28
23	680.50	0.00	2170.50	0.30
26	561.70	0.00	1330.00	1.08
27	720.60	0.00	1395.50	0.75
28	558.15	0.00	894.35	0.02
Toplam	138994.50	1.02	457673.90	1.88

Göle giden P miktarı, bu senaryo sonunda 3,95 gP/m²/yıl olarak bulunmuştur. P yükündeki azalma dikkate değer seviyede değildir. Bu çalışmada öngörülen koşullar için, göl çevresinde tampon bölge oluşturmak daha yararlı gözükmektedir. Ancak, eşik değer baz alındığında, 78 adet alt-havzadan 47'si Senaryo IV için kritik havza olarak değerlendirilmiştir. Bu rakam, baz duruma göre 3 alt-havzanın kritik olmaktan çıktığını göstermektedir.

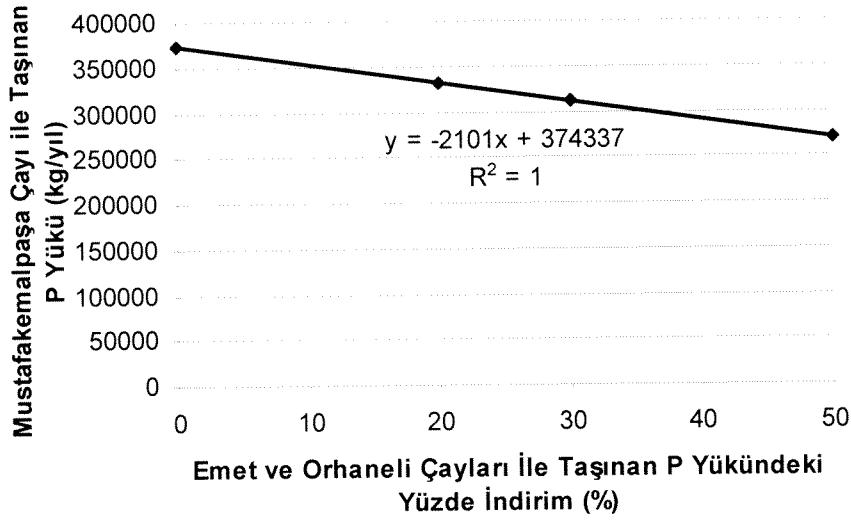
4.1.3.5 Senaryo V

Senaryo V'te, drene olan havza noktasında Emet ve Orhaneli Çayları'ndan gelen P yükü %20, %30 ve %50 oranlarında azaltılmıştır. Simülasyon sonuçları Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13'de görüldüğü gibi, P yükünde Mustafakemalpaşa Çayı'nın Uluabat Gölü'ne döküldüğü havza olan 22 nolu alt-havza çıkış noktasında P yüklerinde azalma görülmüştür. Gölü çevreleyen diğer havzalar bekleneneği gibi etkilenmemiştir. Mustafakemalpaşa Çayı ile Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü miktarı, uygulanan %20, %30 ve %50'lik indirimler sonunda baz durumla (Tablo 4.7) karşılaştırıldığında sırasıyla yaklaşık %11, %17 ve %28 oranlarında azalmıştır. Baz durum için göle giren P yükünün 4,0 gP/m²/yıl'dan, drene olan havza girişindeki %20, %30, ve %50'lik P azaltılması sonucunda sırasıyla 3,7 gP/m²/yıl, 3,5 gP/m²/yıl ve 3,1 gP/m²/yıl'a düşmesi sonucunu ortaya çıkarmıştır. Şekil 4.14'de görüldüğü gibi Uluabat Gölü'ne Mustafakemalpaşa Çayı ile taşınan P yükü ile Emet ve Orhaneli Çayları'ndan gelen P yükü değerleri arasında bu çalışmada varsayılan indirim oranları için lineer bir ilişki vardır.

Tablo 4.13. Uluabat Gölü'ne taşınan P Yükü; Senaryo V

Alt-havza No.	P, Senaryo V, %20'lik İnd. (kg/yıl)	P, Senaryo V, %30'luk İnd. (kg/yıl)	P, Senaryo V, %50'lik İnd. (kg/yıl)
1	2903.50	2903.50	2903.50
2	15910.00	15910.00	15910.00
3	7226.50	7226.50	7226.50
4	3997.00	3997.00	3997.00
5	39265.00	39265.00	39265.00
13	4904.50	4904.50	4904.50
20	10549.50	10549.50	10549.50
21	1493.50	1493.50	1493.50
22	332300.00	311300.00	269300.00
23	2177.00	2177.00	2177.00
26	1344.50	1344.50	1344.50
27	1406.00	1406.00	1406.00
28	894.50	894.50	894.50
Toplam	424371.50	403371.50	361371.50



Şekil 4.14 Emet ve Orhaneli Çayları İle Taşınan P Yüklerindeki indirimin Mustafakemalpaşa Çayı ile Taşınan P Yüküne etkisi

Emet ve Orhaneli Çayları daha çok noktasal kaynakla çevrelenmiştir. Bu nedenle, Uluabat Gölü'ne taşınan P yükünü azaltmak için, Mustafakemalpaşa Havzası'nda gerçekleştirilen

tarımsal aktiviteler ile birlikte Emet ve Orhaneli Havza'larındaki noktasal kaynaklar da kontrol altına alınmalıdır.

4.1.3.6 Senaryo VI

Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon sisteminden gelen P yükü baz durum için 70 kg/gün iken, Senaryo VI'da sırasıyla %20, %30 ve %50 oranlarında azaltılmıştır. Sonuçlar Tablo miktarları Tablo 4.14'de verilmiştir.

Tablo 4.14. Uluabat Gölü'ne Taşınan P Yükü; Senaryo VI

Alt-havza No.	Senaryo VI, %20'lik İnd. (kg/yıl)	Senaryo VI, %30'luk İnd. (kg/yıl)	Senaryo VI, %50'lik İnd. (kg/yıl)
1	2903.50	2903.50	2903.50
2	15910.00	15910.00	15910.00
3	7226.50	7226.50	7226.50
4	3997.00	3997.00	3997.00
5	39265.00	39265.00	39265.00
13	4904.50	4904.50	4904.50
20	10549.50	10549.50	10549.50
21	1493.50	1493.50	1493.50
22	369200.00	366650.00	361550.00
23	2177.00	2177.00	2177.00
26	1344.50	1344.50	1344.50
27	1406.00	1406.00	1406.00
28	894.50	894.50	894.50
Toplam	461271.50	458721.50	453621.50

Tablo 4.14'de görüldüğü gibi, 22 nolu alt-havza çıkışında hesaplanan P yükünde değişim olmuştur. Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon sisteminin Mustafakemalpaşa Çayına deşarjıyla oluşan P yükünün %20, %30 ve %50 azaltılmasıyla, çaydan kaynaklanan P yükü sırasıyla %1,4, %2,1 ve %3,4 azalmaktadır. Kanalizasyon sisteminden gelen P yükü %20 ve %30 azaltıldığında, Uluabat Gölü'ne taşınan P miktarı 4,0 gP/m²/yıl olmuştur. %50'lik bir azalma ise 3,9 gP/m²/yıl'lık bir yüke neden olmuştur. Bu da diğer faktörler göz önüne alınırsa, Uluabat gölüne taşınan P miktarı bazında, Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon deşarjının önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu sonuç sadece göl alanı bazında göle ulaşan P miktarı kapsamında geçerlidir. Deşarjın kabul edilebilecek bir durum olduğunu göstermemektedir.

4.1.3.7 Senaryo VII

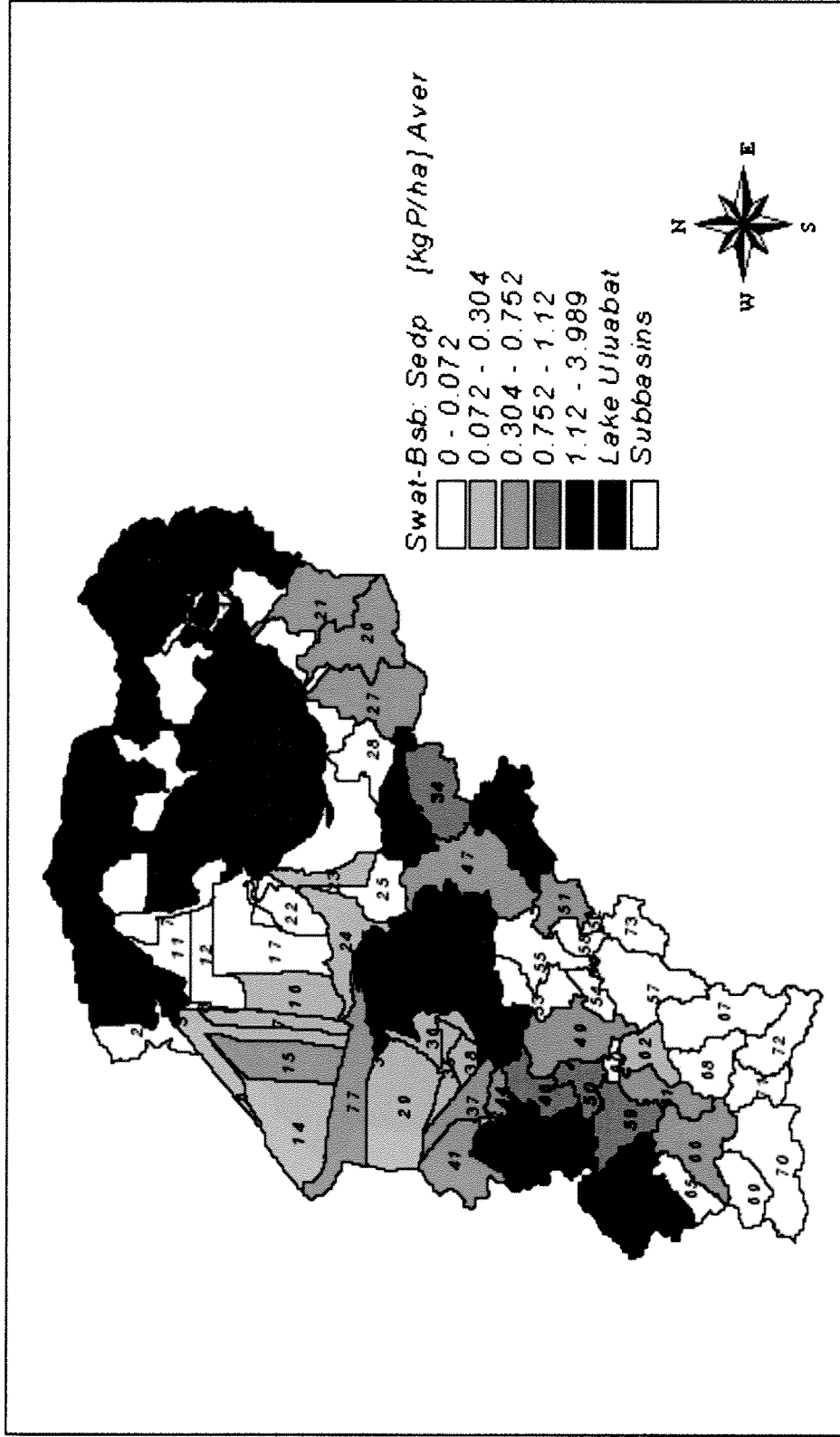
Senaryo VII'de, uygulanan senaryoların toplam etkisini görmek için uygulanmıştır. Buna göre, Uluabat Gölü çevresindeki tarımsal alanlar kaldırılmış ve bu alanlara çayır kullanımı atanmış, Mustafakemalpaşa İlçesi kanalizasyon sistemi, Emet ve Orhaneli Havzalarından gelen P yükü ve tarımsal alanlarda kullanılan gübre miktarları %50 oranında azaltılmıştır. Sonuçlar Tablo 4.15'de baz durum değerleri verilerek sunulmuştur.

Tablo 4.15. Uluabat Gölü'ne taşınan P yükü; Senaryo VII

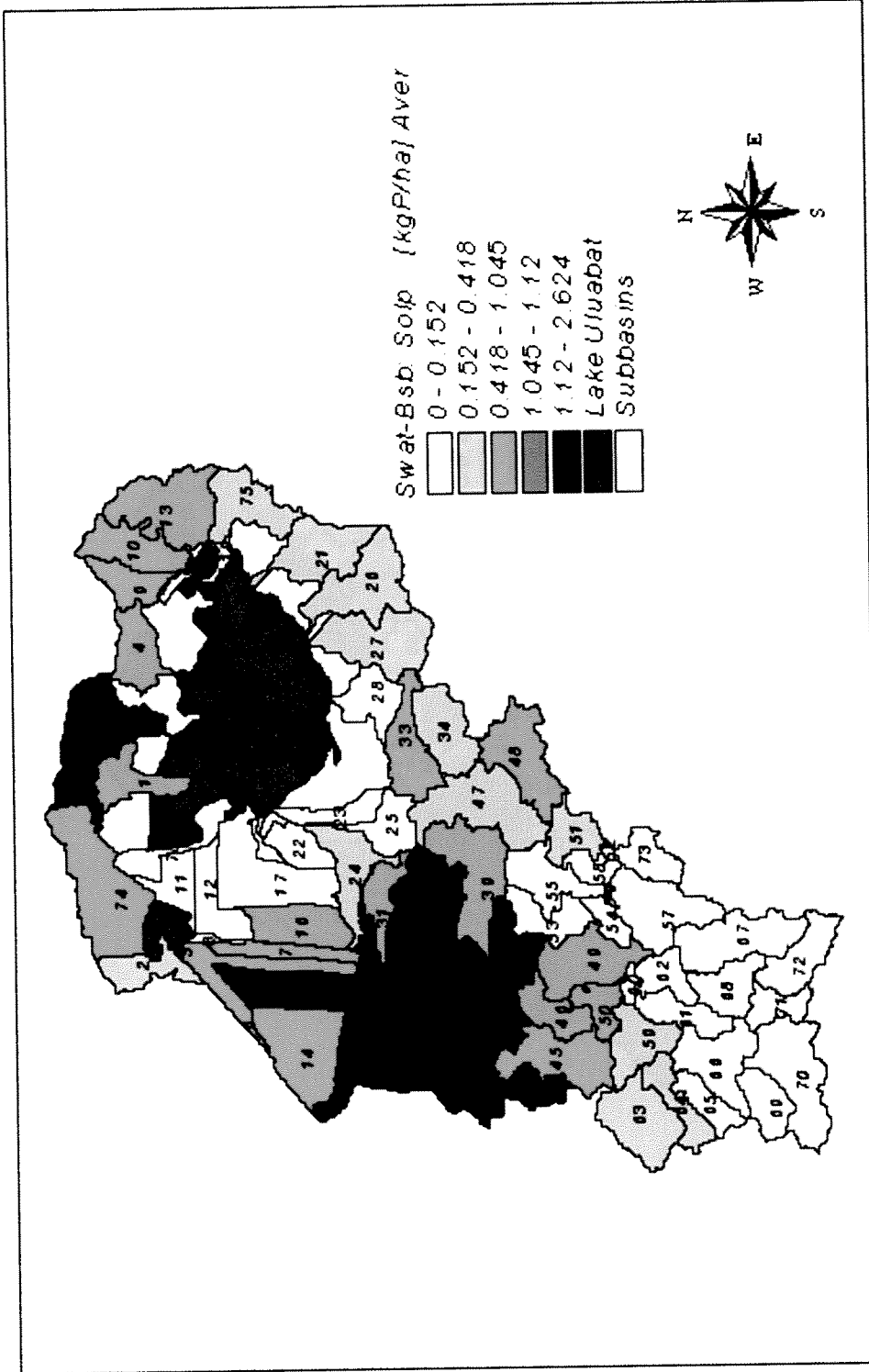
Alt-havza No.	P, Baz Durum (kg/yıl)	P, Senaryo VII, (kg/yıl)
1	2903.50	1617.00
2	15910.00	4442.50
3	7226.50	4502.00
4	3997.00	1958.00
5	39265.00	8739.00
13	4904.50	2607.00
20	10549.50	6712.00
21	1493.50	838.60
22	374350.00	208700.00
23	2177.00	121.90
26	1344.50	914.30
27	1406.00	674.20
28	894.50	34.75
Toplam	466421.50	241861.30

Tablo 4.15'de görüldüğü gibi, Uluabat Gölü'ne giden P yükü %48 oranında azalmıştır. Baz durumunda göle giren P miktarı 4,0 gP/m²/yıl olarak hesaplanmışken, bu senaryo sonunda yük 2,1 gP/m²/yıl olarak bulunmuştur.

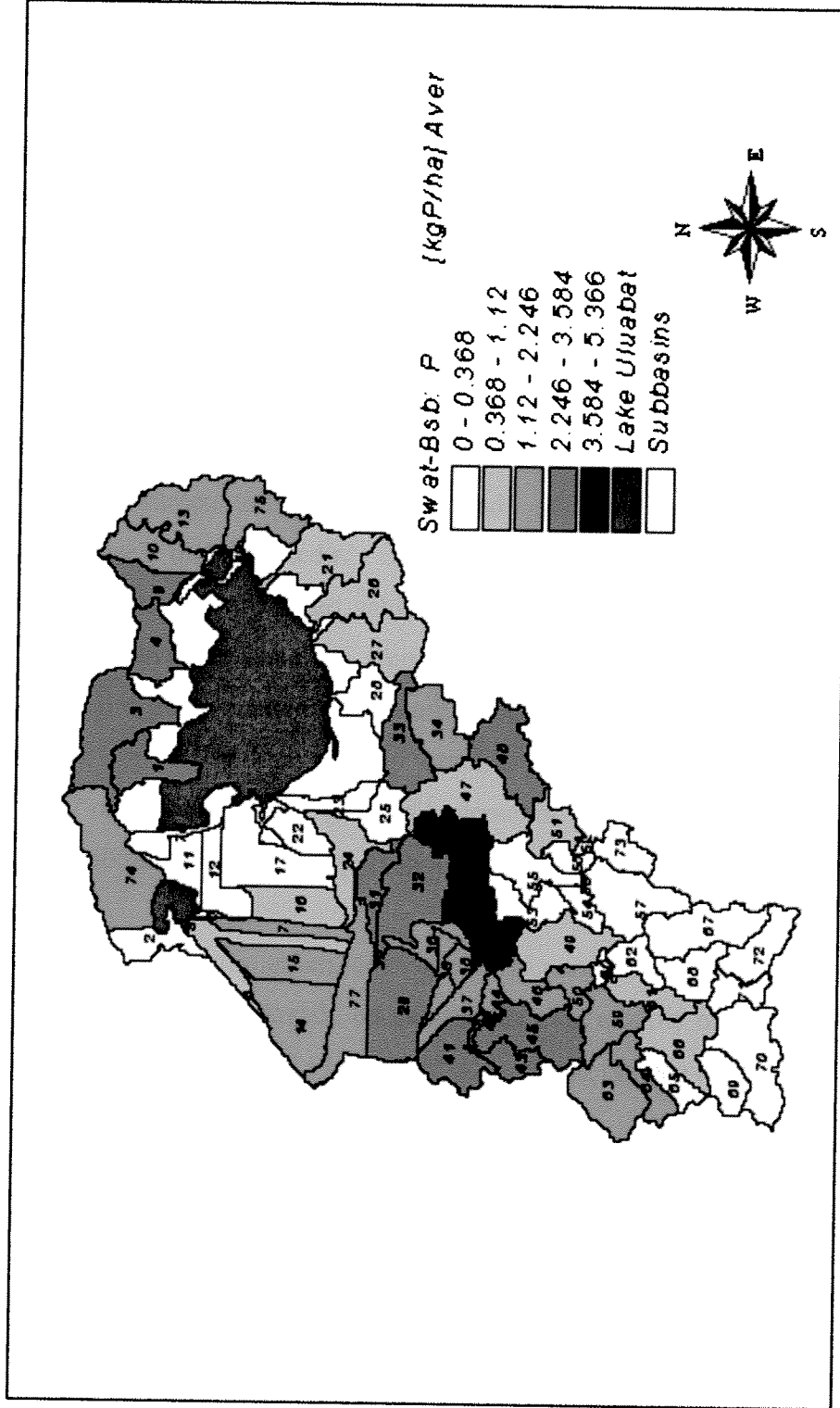
Senaryo VII için alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama SED P (kg P/ha), ÇÖZ P (kg P/ha) ve P (SEDP+ÇÖZP, kgP/ha) yükleri sırasıyla Şekil 4.15, Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de gösterilmiştir. P taşınımı eşik değeri baz alındığında, 78 adet alt-havzadan 35'i Senaryo VII için kritik havza olarak tanımlanmıştır. Baz duruma göre kritik havza sayısı 15 azalmıştır.



Şekil 4.15. Alt-havzalardan taşınan yıllık Ortalama SED P yükü, Senaryo VII



Şekil 4.16. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama ÇÖZ P yükü, Senaryo VII



Şekil 4.17. Alt-havzalardan taşınan yıllık ortalama P (SEDP+ÇÖZP) yükü, Senaryo VII

4.2 Pİ

4.2.1 Toprak Analizleri

01.05.2005 ve 30.06.2005 tarihlerinde yapılan Uluabat Gölü saha çalışmaları sırasında toplanan toprak örneklerinin Olsen metoduyla ölçülen P içerikleri sırasıyla Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de verilmiştir. Bu tablolardan görülebileceği gibi ürün çeşidine ve hatta aynı ürünün yetiştiği farklı tarlalara göre topraktaki P miktarlarının değiştiği görülmektedir. Numune alınan süreçte tarlaların çoğunluğunda gübreleme işlemi yapıldığından, topraktaki P değerleri yüksek olabilmektedir. 30.06.2005 tarihlerinde iki domates tarlasından alınan örneklerde ortalama P miktarları yaklaşık 4 ve 38 mgP/kg toprak'tır. Bu da aynı ürün için yapılan gübre uygulamasına ve zamanlamasına bağlı olarak topraktaki P miktarlarının değişebileceğini göstermektedir. Yüksek miktarda gübre uygulamasını takip eden yağmur, daha yüksek oranda P miktarına sahip topraklardan daha fazla P taşıyacaktır. Tablo 4.16 ve Tablo 4.17'de görülebileceği gibi, gübrelemenin nispeten az olduğu kavaklık alanlarda ortalama P miktarı yaklaşık 5 mg/kg toprak'tır.

Bu çalışmada, Pİ oluşturulurken, çok daha fazla numunenin analiz edildiği Başar'ın (2001) çalışması baz alınmıştır. Ancak, bu çalışmadan elde edilmiş olan toprak P değerleri de bir sonraki bölümde verildiği gibi Pİ oluşturulmasında göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 4.16 01.05.2005 tarihli saha çalışmasından elde edilen numunelerin analizleri

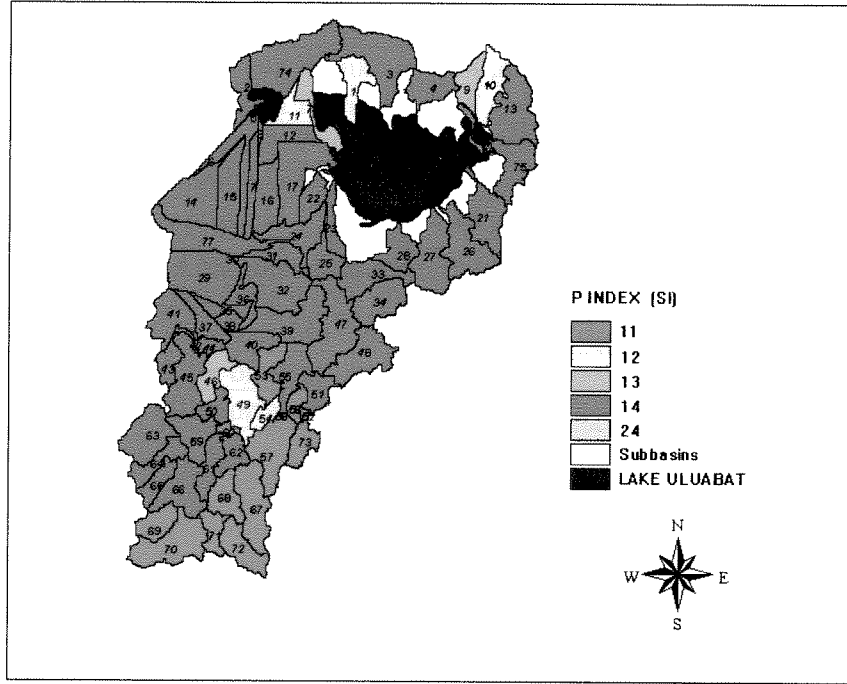
Ürün/lokasyon	Numune No.	P (mg P/kg toprak)
Mısır	1-A-1	60,7
	1-A-2	161,8
	1-A-3	86,5
	1-A ortalama	103,0
-	1-B-1	53,9
	1-B-2	21,0
	1-B ortalama	37,5
Bezelye	1-C-1	25,7
Yol-Göl Arası (Ekili Değil)	1-C-2	4,6
Domates	1-D-1	21,1
	1-D-2	24,0
	1-D ortalama	27,0
Marul Mısır	1-E-1	89,5
	1-E-2	30,6
	1-E ortalama	60,0
Buğday	1-F-1	13,9
	1-F-2	21,7
	1-F-b-ortalama	17,8
Domates	1-F-3	-
	1-F-4	19,1
	1-F ortalama	19,1
Yol Kenarı Kavaklar	1-F-5	4,51
Şeker Pancarı	1-G-1	60,9
	1-G-2	33,5
	1-G ortalama	47,2
Genel ortalama		34,6

Tablo 4.17 30.06.2005 tarihli saha çalışmasından elde edilen numunelerin analizleri

Ürün/lokasyon	Numune No.	P (mg P/kg toprak)
Kavak Ağaçları kenarı	2-H-1	3,3
	2-H-2	5,0
	2-H-3	7,6
	2-H-ortalama	5,3
Buğday	2-J-1	31,2
	2-J-2	11,9
	2-J-3	15,7
	2-J ortalama	19,6
Şeker Pancarı	2-K-1	27,6
	2-K-2	28,8
	2-K-3	22,7
	2-K-ortalama	26,4
Mısır	2-L-1	19,7
	2-L-2	16,0
	2-L-3	15,3
	2-L-ortalama	17,0
Domates	2-M-1	4,6
	2-M-2	3,8
	2-M-3	4,7
	2-M-ortalama	4,4
Kavun	2-N-1	28,8
	2-N-2	21,1
	2-N-3	38,5
	2-N-ortalama	29,5
Biber	2-P-1	6,9
	2-P-2	10,1
	2-P-ortalama	8,5
Buğday	2-R-1	16,4
	2-R-2	21,0
	2-R-ortalama	18,7
Domates	2-S-1	29,2
	2-S-2	28,5
	2-S-ortalama	28,9
Genel ortalama		17,6

4.2.2 Pİ Oluşturulması

Yöntemler bölümünde bahsedilen method kullanılarak, baz durum için Pİ oluşturulmuştur. Bu durum “Pİ Senaryo I (SI)” olarak adlandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.18’de verilmiştir. Bu şekilde, Tablo 3.12’de verilen Pİ değerlendirme aralıkları 1 (düşük risk), 2 (orta risk), 3 (yüksek risk) ve 4 (çok yüksek risk) olarak tanımlanmıştır. Şeklin lejantında yer alan iki haneli rakamlar, bir alt-havzayı oluşturan HTB’ler için gözlenen minimum ve maksimum P taşınma risklerini göstermektedir. Örneğin, bir alt-havza “14” rakamına denk gelen renkle boyanmışsa, bu alt-havzada P taşınımı riski bakımında 1 ve 4 değerlerini veya bu aralıktaki değerleri taşıyan HTB’lerin olduğunu sonucu çıkarılmalıdır.



Şekil 4.18 Pİ haritası (SI)

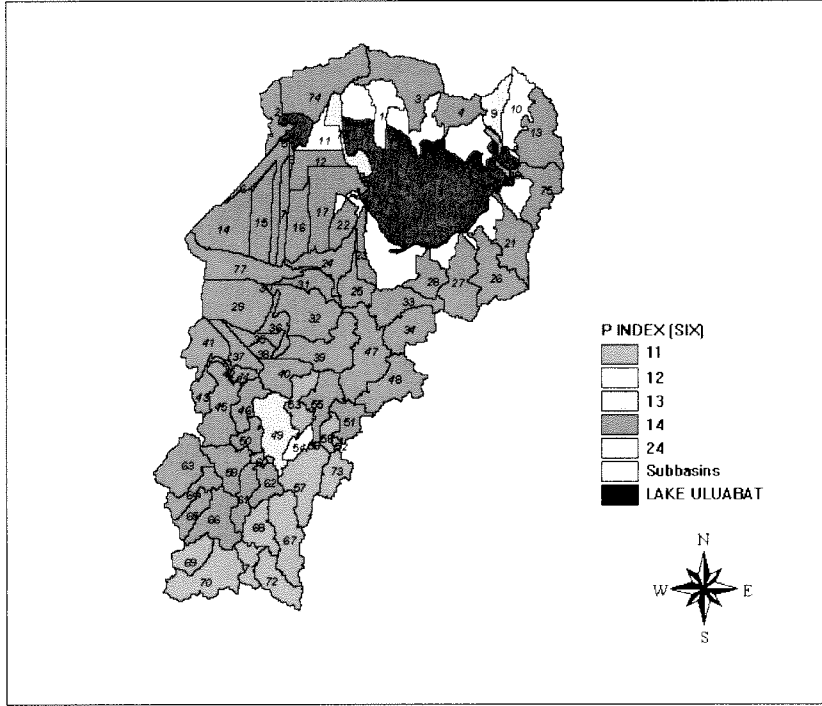
Baz durum için, çalışılan havza alanının en güneyi çok düşük P taşınımı riskine sahiptir. Bu alanlar genellikle ormanlık bölgelerdir. Ancak, bölgenin çoğunluğu yüksek P taşınımı riskine sahiptir. Bu alanların büyük bölümü tarım yapılan alanlardır. Havzanın genelinde yüksek P taşınımı riski olması, bu bölgelerde tarımsal aktivitelerin ve uygulamaların kontrol edilmesi gerekliliğine işaret etmektedir.

Farklı uygulamaların P_I'ne yapacağı etkiyi inceleyebilmek için farklı senaryolar çalışılmıştır. Baz durumu oluşturan faktörlerde değişiklik yapılmış ve P_I haritasındaki farklılıklar incelenmiştir. Değişiklikler saha çalışmalarından elde edilen toprak numunelerini de yansıtabilecek şekilde toprak P miktarının artırılmasını içermektedir. Bunun yanında kullanılan gübre miktarı ve gübreleme yöntemi değiştirilmiştir. Aynı zamanda, farklı yağış oranlarının P_I üzerindeki etkisi incelenmiştir. Test edilen senaryolar ve baz durumu oluşturan S_I'e göre yapılan değişiklikler Tablo 4.18'de özetlenmiştir.

Tablo 4.18 P_I haritaları için senaryolar

Senaryo no	S _I üzerinden yapılan değişiklik
SII	Topraktaki P miktarı = 12 gr/kg
SIII	Topraktaki P miktarı = 16 gr/kg
SIV	Topraktaki P miktarı = 20 gr/kg
SV	Topraktaki P miktarı = 24 gr/kg
SVI	Topraktaki P miktarı = 28 gr/kg
SVII	Topraktaki P miktarı = 32 gr/kg
SVIII	Topraktaki P miktarı = 36 gr/kg
SIX	Topraktaki P miktarı = 40 gr/kg
SX	1.5 kat fazla gübre kullanımı
SXI	2 kat fazla gübre kullanımı
SXII	Gübrelemenin toprak altına enjeksiyon yoluyla yapılması
SXIII	Yıllık ortalama yağış = 850 mm
SXIV	Yıllık ortalama yağış = 510 mm

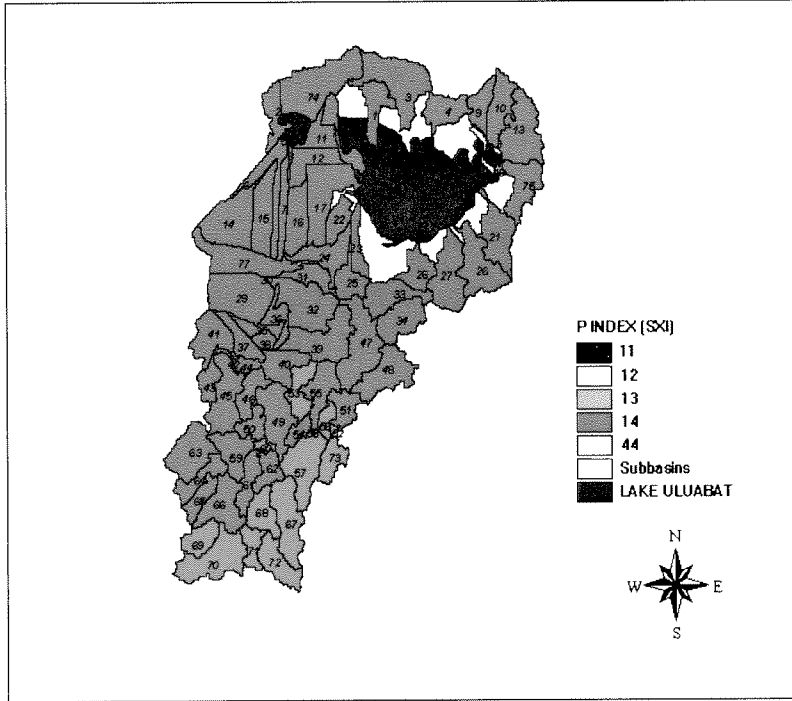
Tablo 4.18'de verilen senaryolardan SII, SIII, SIV, SV ve SVI, baz durumla (S_I) karşılaştırıldığında risk haritasında belirgin bir değişiklik meydana getirmemiştir. Ancak, SVII ve SVIII bir alt-havzanın daha yüksek risk seviyesine, SIX ise iki alt-havzanın daha yüksek risk seviyesine çıkmasına neden olmuştur. Senaryo SIX'daki durum Şekil 4.19'da verilmiştir. Topraktaki P miktarının artması, P taşınım riskini arttırmıştır.



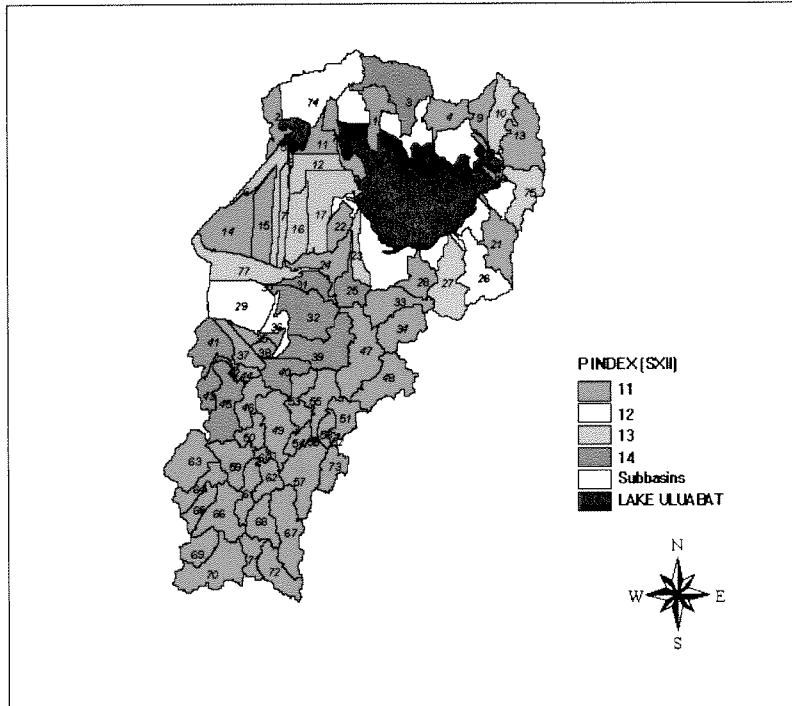
Şekil 4.19 Pİ haritası (SIX)

Gübre kullanım miktarının artması, özellikle Mustafakemalpaşa çayının da geçtiği havzanın orta aşağı kesimlerinde ve gölün kuzey kesimlerinde risk artışına sebep olmuştur. Diğer bölgelerde de risk artmış olsa da, bu artışlar baz durum için geçerli olan risk sınıfı aralıklarında kalmıştır. Ancak, baz durum için bile bölgenin geneli yüksek P taşınımı riskine sahiptir. Gübreleme miktarının iki katına çıktığı SXI için Pİ haritası Şekil 4.20’de verilmiştir.

Şekil 4.21, uygulanan gübre miktarı baz durumla (SI) aynı olmak kaydıyla, gübrelemenin toprak altına enjeksiyon yoluyla yapıldığı SXII için Pİ haritasını göstermektedir. Şekilde görüleceği gibi, tarım yapılan arazilerden P taşınım riski önemli ölçüde, tüm havza için azalmıştır. Bu da sadece gübreleme metodunun su kaynaklarına ulaşan P’un kontrolü için ne kadar önemli olabileceğini göstermektedir. Bu yöntemle, üst tabakadan erozyon veya yağmur suyu ile P taşınımı azaltılabilecektir.

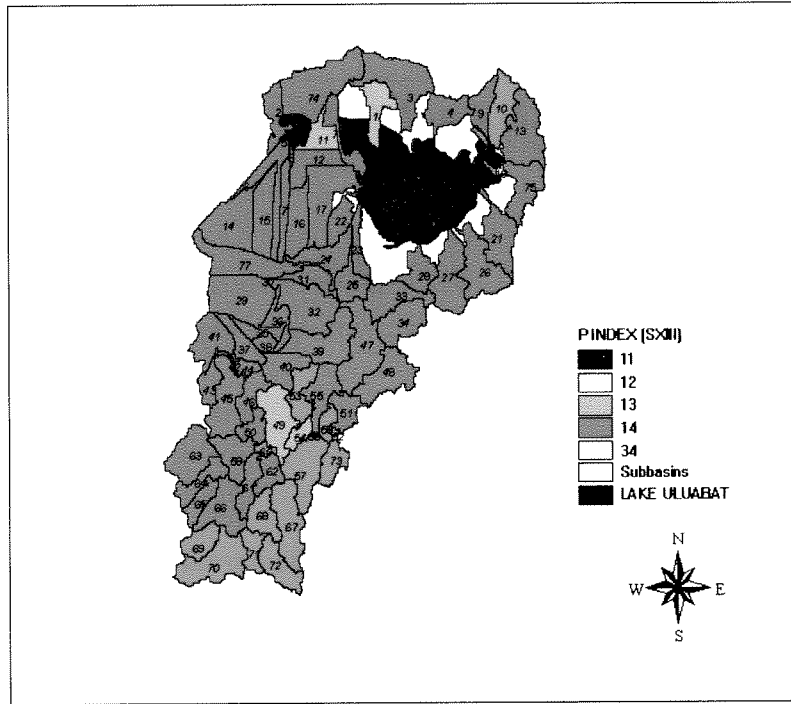


Şekil 4.20 Pİ haritası (SXI)

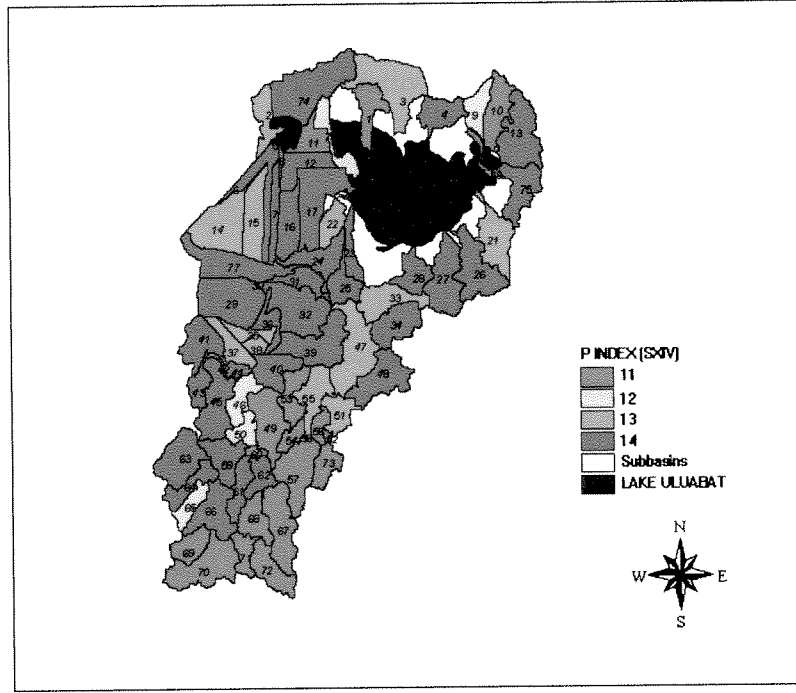


Şekil 4.21 Pİ haritası (SXII)

Şekil 4.22 ve Şekil 4.23 yağışın Pİ üzerindeki etkilerini özetlemektedir. SXIII ve SXIV, baz durumdaki yıllık ortalama yağışın sırasıyla %20 çoğaldığını ve azaldığını varsaymaktadır. Şekil 4.22’de görüleceği üzere, yağıştaki %20’lik artış, gölün kuzeyindeki ve alt orta alanlarında risk sınıflarının artmasına neden olmaktadır. Diğer bölümler, ormanlık alan hariç olmak üzere, baz durumdaki gibi yüksek P taşınım riskine sahiptir. Ancak, yağışta %20’lik bir azalma, Şekil 4.23’te görülebileceği gibi, havza bazında P taşınım riskinin baz duruma göre azalmasına sebep olmaktadır. Bu da, havzada yağışın P taşınımı açısından önemini göstermektedir.



Şekil 4.22 Pİ haritası (SXIII)



Şekil 4.23 Pİ haritası (SXIV)

4.3 WASP MODELİ SONUÇLARI

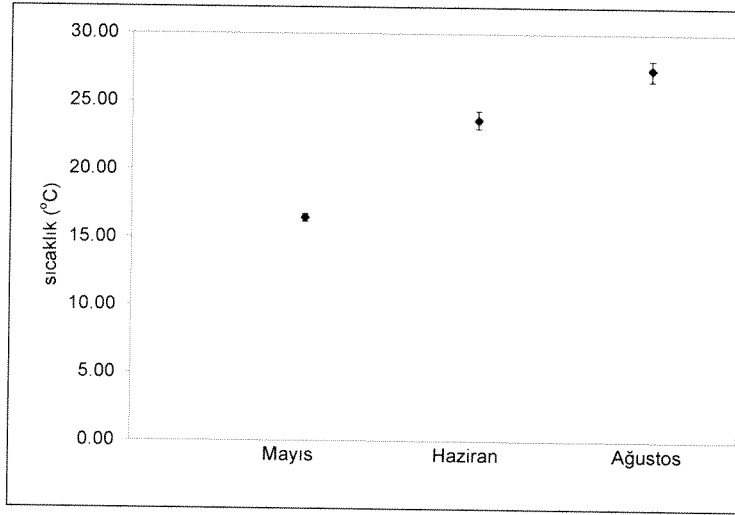
4.3.1 Göl Su Kalitesi Analizi

Göl su kalitesinin mevcut durumunu irdeleyebilmek için, su kalitesinin kötüleştiği yaz aylarını kapsayan, yöntem bölümünde detayları verilen saha çalışmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçları Tablo 4.19'da verilmiştir. Sonda ile yapılan ölçümler Şekil 4.24, ile 4.28 arasında verilmiştir.

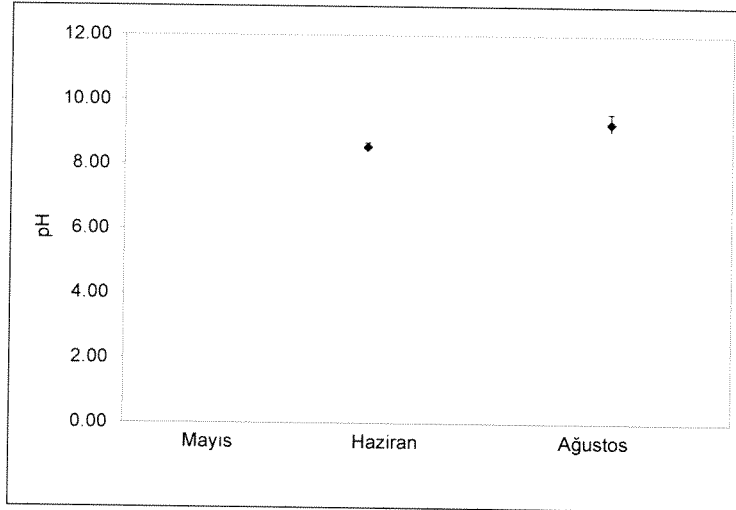
Şekil 4.24'de görülebileceği gibi, gölün sığ olması nedeniyle su sıcaklığı ağustos ayında 25°C 'nin üzerine çıkmaktadır. Bu da gölde alg oluşumunu çoğaltan faktörlerden biridir. pH değerleri incelendiğinde, yaz aylarında yüksek değerlerin gözlemlendiği, hatta ağustos ayında pH'nın 9.0'ın üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 4.25). CO_2 'in havadan suya geçme hızı fotosentez hızı ile karşılaştırıldığında az olursa, pH yükselmesi beklenmelidir. Özellikle alg (Chl-a) konsantrasyonlarının yüksek olduğu durumlarda bu durum daha sık görülebilir. Uluabat Gölü için de bu durum söz konusu olabilir.

Tablo 4.19 Laboratuvar analizi sonuçları

Ölçüm tarihi	Numune No.	Derinlik	Toplam P (PO ₄) (mg/l)	Kjeldahl N (mg/l)	NH ₄ (mg/l)	NO ₃ (mg/l)	Chl-a (µg/l)
01.05.2005	M11	Yüzey	0,05	0,73	-	-	-
	M12	Orta	0,04	0,45	-	-	-
	M13	Dip	0,05	0,78	-	-	-
	M21	Yüzey	0,04	0,17	-	-	-
	M22	Orta	0,03	0,95	-	-	-
	M23	Dip	0,06	-	-	-	-
	M31	Yüzey	0,03	0,22	-	-	-
	M32	Orta	0,04	0,84	-	-	-
	M33	Dip	0,05	0,45	-	-	-
30.06.2005	H1	Yüzey	0,19	-	-	0,14	42,62
	H2	Yüzey	0,16	0,45	-	0,10	53,28
	H3	Yüzey	0,25	3,36	-	0,19	66,30
	H4	Yüzey	0,18	24,53	-	0,25	95,90
	H5	Yüzey	0,21	-	-	0,15	21,31
	H6	Yüzey	0,22	-	-	0,20	66,30
	H7	Yüzey	0,14	-	-	0,12	47,36
	H8	Yüzey	0,20	-	-	0,16	44,99
	H9	Yüzey	0,23	-	-	0,12	23,68
16.08.2005	A11	Yüzey	0,35	0,84	-	0,11	136,16
	A12	Orta	0,60	21,06	1,01	0,26	186,48
	A13	Dip	0,39	0,56	0,22	0,13	165,76
	A21	Yüzey	0,30	0,45	0,06	0,11	29,60
	A22	Orta	0,38	0,39	-	0,15	162,80
	A23	Dip	0,47	0,62	0,56	0,21	29,60
	A31	Yüzey	0,35	0,39	0,22	0,11	79,92
	A32	Orta	0,36	0,78	-	0,12	65,12
	A33	Dip	0,60	31,08	-	0,22	50,32
	A41	Yüzey	0,25	-	-	0,12	88,80
	A42	Orta	0,27	-	-	0,14	112,48
	A43	Dip	0,29	-	-	0,16	112,48



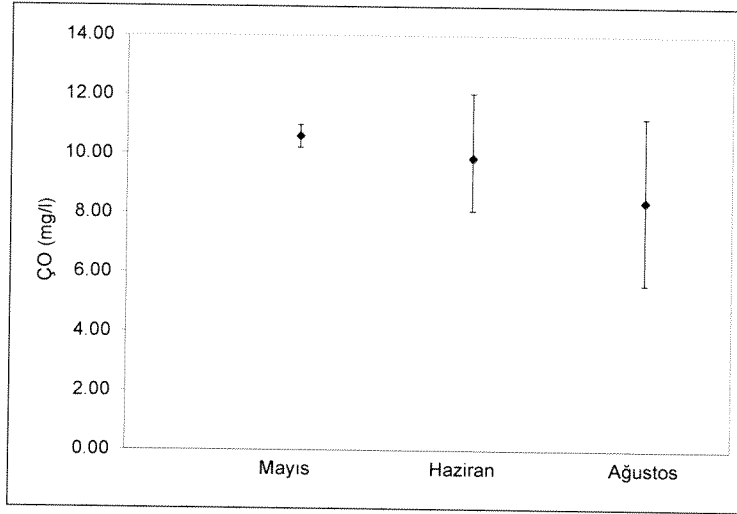
Şekil 4.24 Yaz aylarındaki ortalama sıcaklık



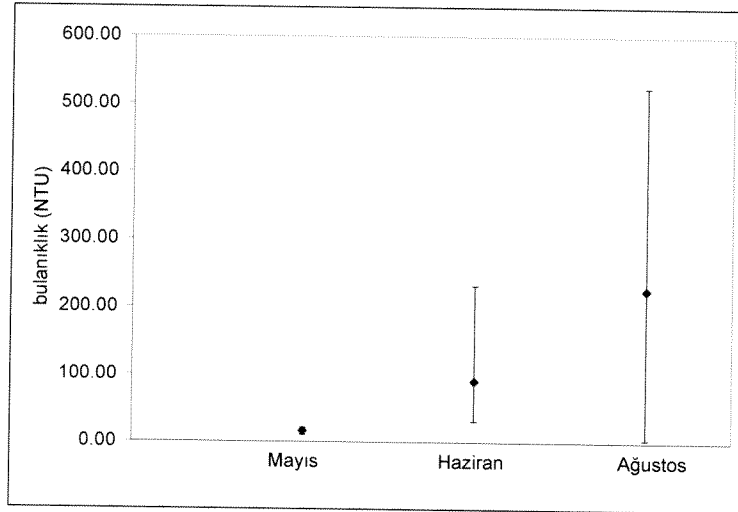
Şekil 4.25 Yaz aylarındaki ortalama pH

Şekil 4.26'da verilen ÇO profili incelendiğinde, yaz aylarında havanın ısınmasıyla beraber ortalama konsantrasyonların düştüğü görülmektedir. Sıcaklığın artmasıyla O₂ çözünürlülüğü azalmaktadır. Ancak, ÇO değerleri gene de yüksektir. Bu yüksek değerlerin gölün iyi bir karışıma sahip olmasından ve Tablo 4.19'da verildiği gibi yüksek Chl-a seviyelerinden kaynaklanması olasıdır. Gece vakti O₂ kullanan algler, gündüz O₂ üretmektedir. Sonda ile yapılan ölçümler, gölün özellikle yüzeye yakın bölümlerinin süper doymun O₂'ye sahip olduğunu göstermiştir. Bu da alg aktivitesinin yüksek olduğunun bir kanıtıdır. Ancak bu durum, yazı takip eden aylarda alglerin ölmesini takiben daha düşük ÇO gözlenmesine neden olabilir. Alg yoğunluğunun aynı zamanda bulanıklığın artmasına neden olacağı da bir

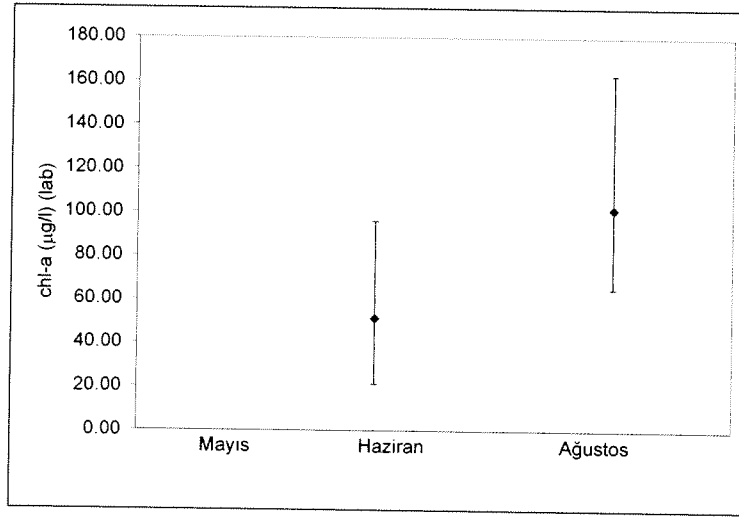
gerçektir. Nitekim, Şekil 4.27’de görülebileceği gibi bu durum gerçekleşmiştir. Mayıs ayında ortalama 0.65 m seki derinliği ölçülürken, bu değer Haziran ve Ağustos aylarında sırasıyla 0.33 ve 0.20 m’ye düşmüştür. Tablo 4.19’da verilen Chl-a konsantrasyonları Şekil 4.28’de görsel olarak tekrarlanmıştır.



Şekil 4.26 Yaz aylarındaki ortalama ÇÖ

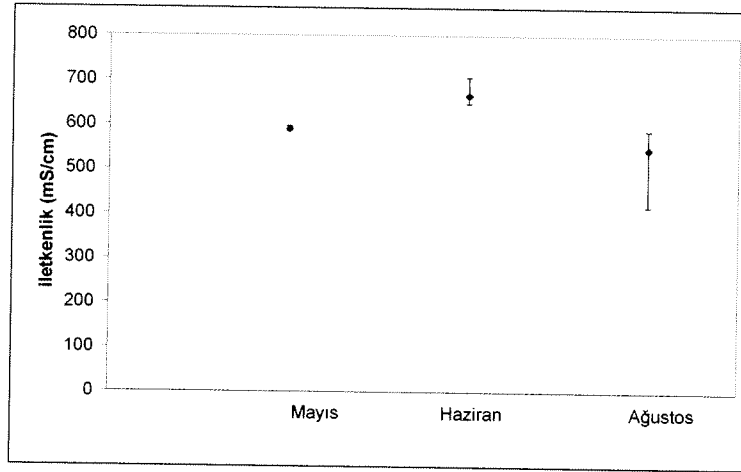


Şekil 4.27 Yaz aylarındaki ortalama bulanıklık



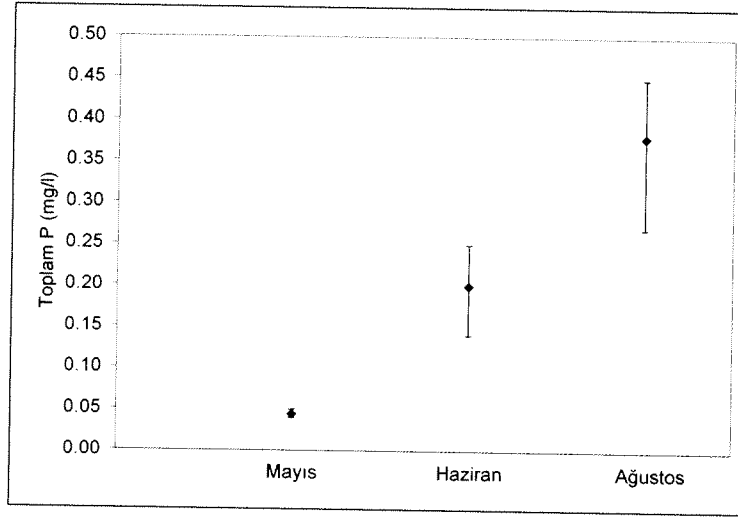
Şekil 4.28 Yaz aylarındaki ortalama Chl-a

Şekil 4.29'da verildiği üzere göldeki iletkenlik değerleri yüksek seviyededir. Sediman yükü ve tarımdan geri dönen suları alan bir göl için bu beklenebilecek bir sonuçtur. İletkenlik değerinin ağustos ayında nispeten düşmesi, bu ayda suyun buharlaşması ve Mustafakemalpaşa Çayı'ndan gelen yüklerin azalması ile ilgili olabilir.



Şekil 4.29 Yaz aylarındaki ortalama iletkenlik

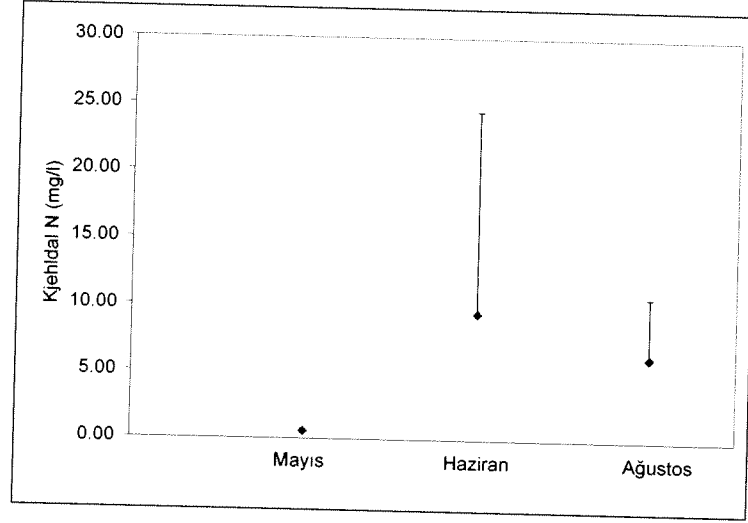
Tablo 4.19'da verilen toplam P miktarları, yaz aylarından yükselen bir trend göstermektedir. Şekil 4.30'da da görsel olarak verilen bu artış, tarımsal aktivitelerden dolayı göle giren P yüküyle ve göl suyunun buharlaşmasıyla ilişkili olabilir. Bununla birlikte sedimandan gelen P yükü de bu artışa neden olabilir.



Şekil 4.30 Yaz aylarındaki ortalama toplam P

Kjeldahl N değerleri incelendiğinde (Tablo 4.19, Şekil 4.31), genel olarak Mayıs ayı ile karşılaştırıldığında Haziran ve Ağustos aylarındaki değerlerin daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu, alg konsantrasyonlarının artmasına bağlanabilir. Tablo 4.19'da görülebileceği gibi mayıs ayında NO_3 ölçümlerinden sonuç alınamamıştır. Ancak, haziran ve ağustos aylarında benzer ortalama değerler (0.16 mg/l) ölçülmüştür. NH_4 ölçümlerinden sadece ağustos ayında sonuç alınabilmiştir.

Nitrit değerlerinin eser olduğu ve NO_3 değerleri de göz önüne alınırsa, toplam N/toplam P oranları 10'dan büyüktür (16-48). Bu haliyle göl P kısıtlı (Thomann ve Mueller, 1987) kabul edilse de, bu değerler sınıra çok yakındır. Bu çalışmada yapılan ölçümler göldeki su kalitesinin 2006 yaz ayları için belirlenmesini amaçlamıştır. Ancak, daha sağlıklı bir değerlendirme yapabilmek için daha uzun dönemli ve sistematik gözlemlerin yapılması gereklidir.

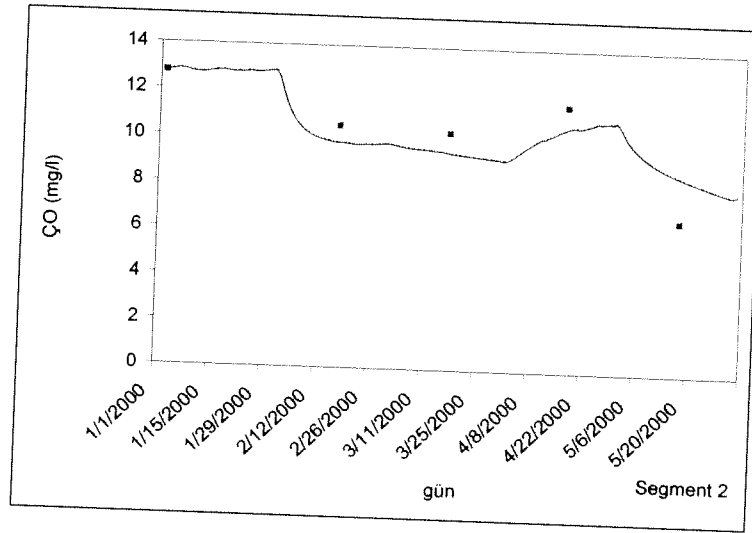


Şekil 4.31 Yaz aylarındaki ortalama Kjeldahl N

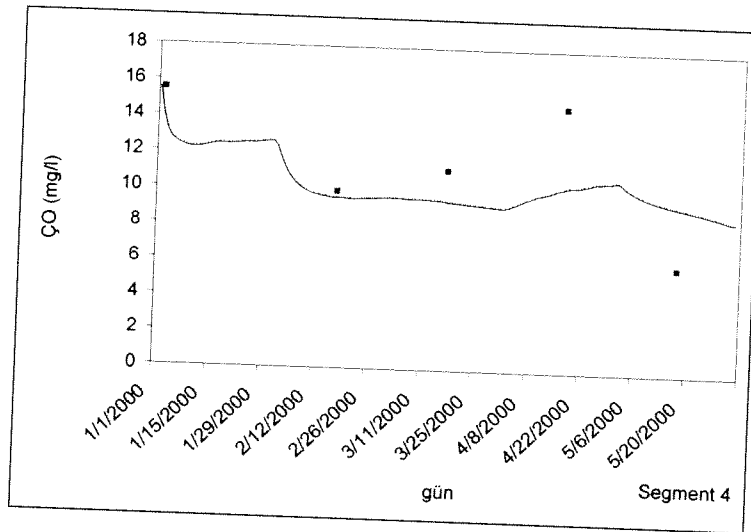
4.2 WASP İLE MODELLEME

Model kalibrasyonu sonucu elde edilen su kalitesi parametre değerleri profillerine örnekler Segment 2 ve Segment 4 için aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Şekil 4.32 ve Şekil 4.33 ÇO profillerini, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35 Chl-a profillerini, Şekil 4.36 ve Şekil 4.37 P profillerini, Şekil 4.38 ve Şekil 4.39 NO₃ profillerini göstermektedir. Bu şekillerde görülebileceği gibi, incelenen tüm parametrelerde göle gözlemlenen değerlerin profillerine yakın ilişki bulunmuştur. Pik ve minimum değerler her zaman yakalanamamış olsa bile, profillerdeki azalma ve yükselmenin yakalanmış olması önemlidir. Kullanılan gözlem ve girdi verilerindeki muhtemel hatalarda dikkate alındığında, kullanılan varsayımlar için modelin başarı ile kalibre edildiği sonucuna varılmıştır.

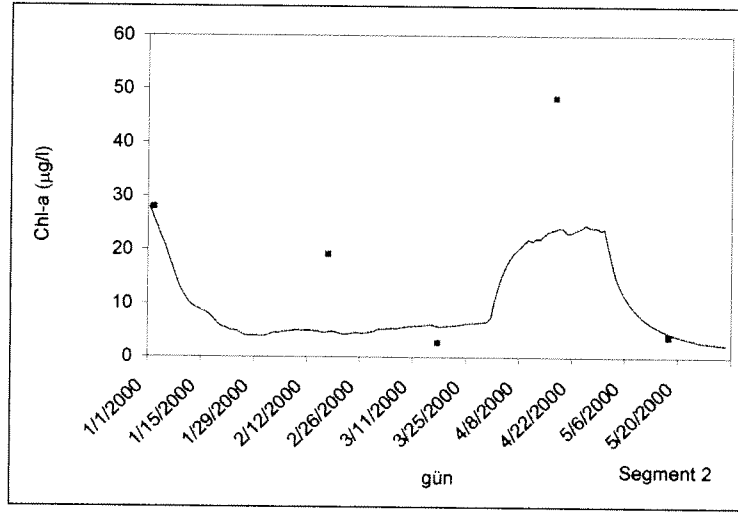
Modelin kalibrasyonunu takiben, göle gelen P yükünün değişmediği, Mustafakemalpaşa Çayı'ndan gelen P yükünün %50 azaldığı ve hem Mustafakemalpaşa Çayı'ndan hem de sedimandan gelen yükün %50 azaldığı varsayılan üç senaryo modellenmiştir. Bu senaryolar sırasıyla LS1, LS2 ve LS3 olarak adlandırılmıştır. Bu yüklerin 5 yıl boyunca göle ulaştığı varsayılarak 5 yıl sonraki su kalitesi parametreleri incelenmiştir.



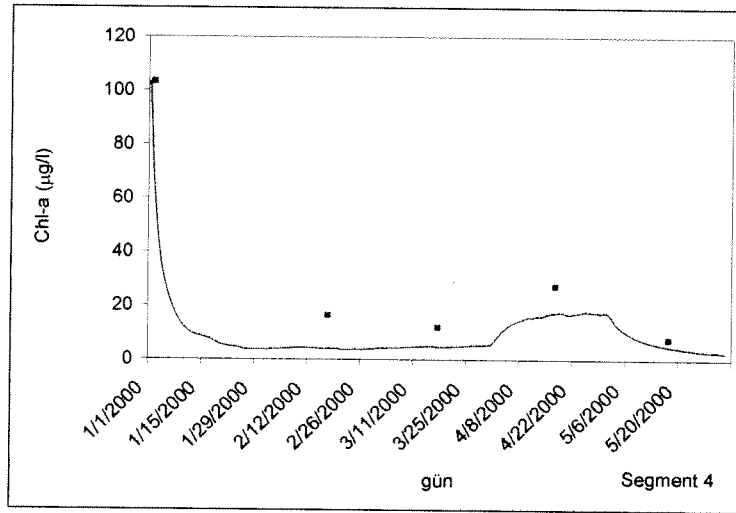
Şekil 4.32. Kalibrasyon sonucu elde edilen ÇO profili – Segment 2 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



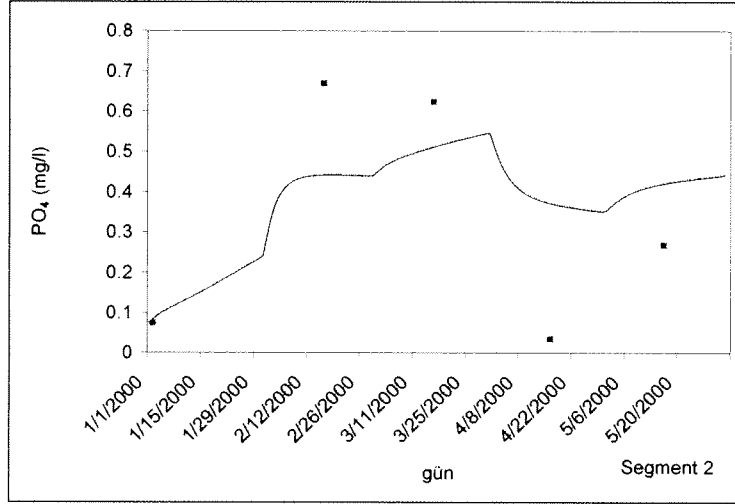
Şekil 4.33. Kalibrasyon sonucu elde edilen ÇO profili – Segment 4 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



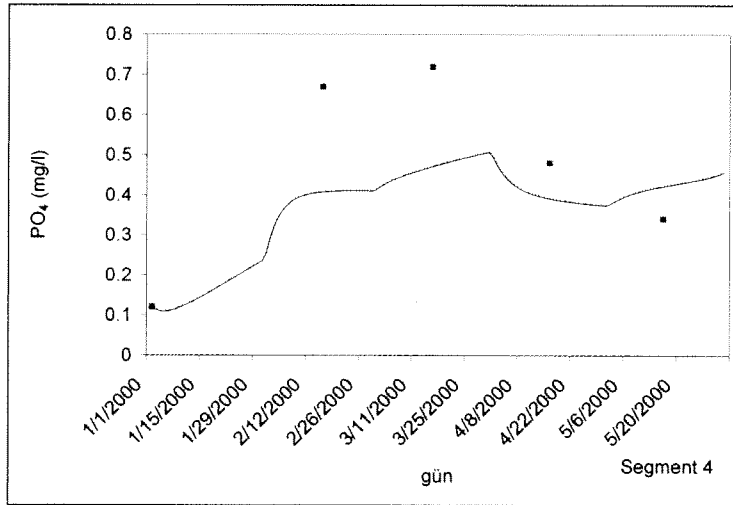
Şekil 4.34. Kalibrasyon sonucu elde edilen Chl-a profili – Segment 2 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



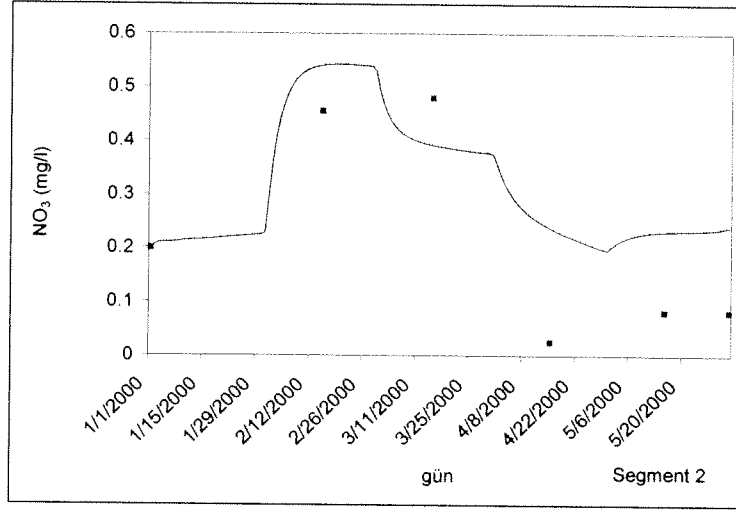
Şekil 4.35. Kalibrasyon sonucu elde edilen Chl-a profili – Segment 4 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



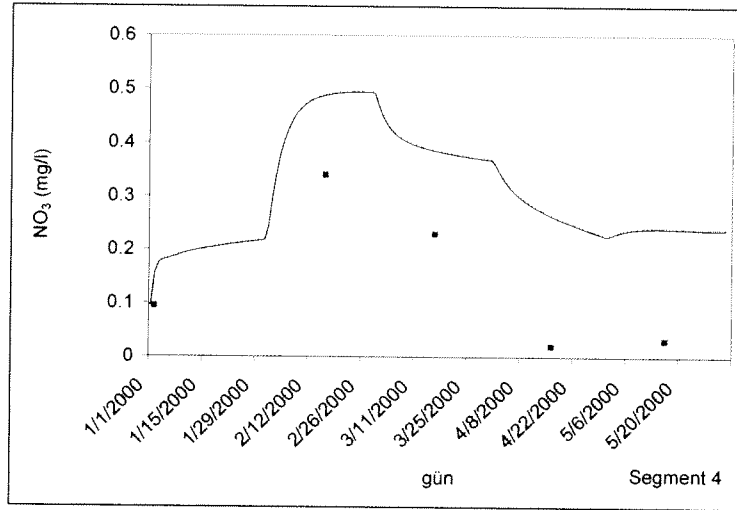
Şekil 4.36. Kalibrasyon sonucu elde edilen P profili – Segment 2 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



Şekil 4.37. Kalibrasyon sonucu elde edilen P profili – Segment 4 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



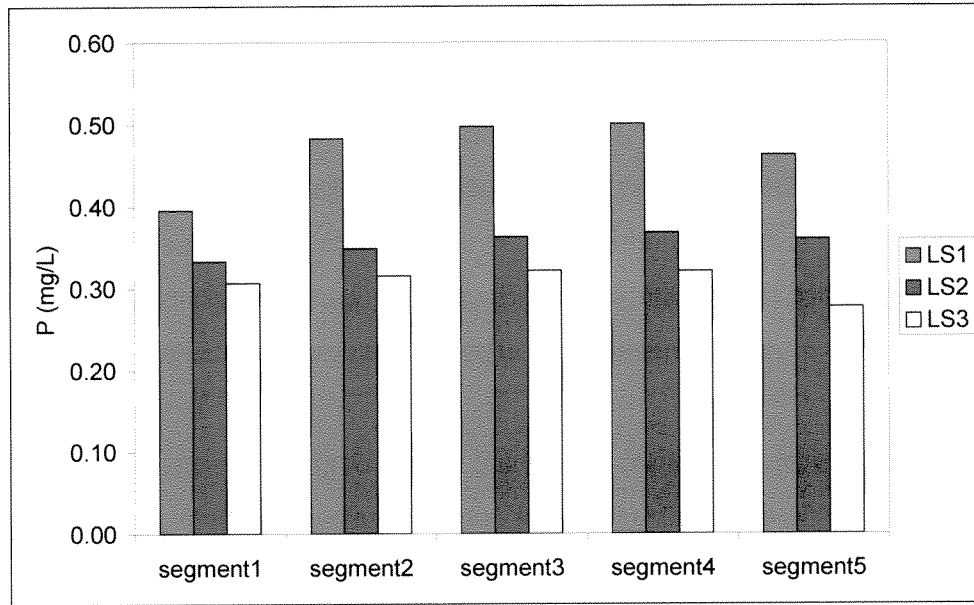
Şekil 4.38. Kalibrasyon sonucu elde edilen NO₃ profili – Segment 2 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)



Şekil 4.39. Kalibrasyon sonucu elde edilen NO₃ profili – Segment 4 (noktalar gözlem değerlerini göstermektedir)

Modelleme sonuçları, ÇO, Chl-a gibi parametrelerde LS1, LS2 ve LS3 için dikkat çekecek, belirgin değişikliklerin olmadığını göstermiştir. Ancak, P yükündeki azalmaya bağlı olarak göldeki P konsantrasyonlarında azalma görülmüştür. Gölde 5 yıllık süreç için Şekil 4.40'de verilen ortalama P değerlerine ulaşılmıştır. Görülebileceği gibi Mustafakemalpaşa Çayı'nın

yanısına, sedimandan P uzaklaştırılması da göl suyundaki P konsantrasyonlarını düşürebilecektir. Ancak hedef alınan konsantrasyonlara (DHKD, 2002) ulaşabilmek için P yükünün daha da azaltılması gerekmektedir.



Şekil 4.40 Farklı senaryolar için 5 yıllık süreçte gölde gözlenebilecek ortalama P (PO₄) değerleri

Yukarıda tartışılan P yüklerindeki değişim, sedimandaki tepkimeleri göz önünde bulundurmamaktadır. Oysa ki, yüksek sediman girdisine sahip olan bu göldeki su kalitesinin gerçek anlamda modellenebilmesi için bu reaksiyonlarında modelde yerini alması gereklidir. Ancak, böyle bir çalışmayı olanaklı kılacak yeterli veri bulunmamaktadır. Yeterli verinin oluşturulması bu proje kapsamında olmayıp, uzun süreli sistematik veri toplanmasını gerektirmektedir. Halihazırda daha önce belirtilen çeşitli projeler kapsamında kısa süreler boyunca toplanmış olan az sayıda veri mevcuttur. Ancak, sediman verisi yok denecek kadar azdır. Bu nedenlerle sağlıklı bir göl modellemesi yapabilmek için bu verilerin tamamlanması gereklidir. Bu çalışmada WASP ile elde edilen sonuçlar ancak bir gösterge olarak kabul edilmelidir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu projede, SWAT programı kullanılarak havza bazında Uluabat Gölü'ne ulaşan P yükleri hesaplanmıştır. Yeterli sayıda aylık veri bulunmaması nedeniyle hesaplamalar yıllık ortalama değerler üzerinden gösterilmiştir. Modelleme sonuçları, göle 4 grP/m²/yıl'lık bir P girişinin olduğunu göstermektedir. Bu değer, ötrifikasyon kontrolü için hedeflenen 1 grP/m²/yıl'lık hedeften uzaktır. P ve sediman yükünün büyük bir bölümü, tarımdan dönen suları da ihtiva ettiği varsayılan Mustafakemalpaşa Çayı tarafından taşınmaktadır. Modellenen alan için P girdilerinin büyük çoğunluğu tarımsal alanlardan kaynaklanmaktadır.

Göle giden P miktarlarını düşürebileceği öngörülen çeşitli senaryolar irdelenmiştir. Bu senaryoların sonucu, modelde varsayılan arazi kullanımı, ürün kompozisyonu ve uygulanan tarımsal metodlar aynı kalmak üzere, kullanılan gübre miktarının, Emet ve Orhaneli Havzalarından taşınan yüklerin ve göl çevresinde tampon bölgelerin olmamasının, göle giden P yüklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Burada, Mustafakemalpaşa havzasındaki tarımsal faaliyetler yanında, Orhaneli ve Emet Çayları tarafından getirilen yüklerin de kontrol edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Ancak, bu havzalar için SWAT'a girdi teşkil edecek yeterli verinin bulunmaması, bu havzalardan kaynaklanan özellikle noktasal kirleticilerin etkilerinin detaylı şekilde irdelenmesine olanak vermemiştir. Ancak, bu çalışma, Uluabat'da ötrifikasyon kontrolü için Emet ve Orhaneli havzaları kaynaklarının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır. Gübre kullanımını azaltma, Mustafakemalpaşa Çayı'ndaki yükleri azaltma ve göl etrafında tarım yapılmayan tampon bölgeler oluşturma yoluyla göle taşınan P yükünde %50'lere varabilecek azalmanın sağlanabileceği tesbit edilmiştir. Gübre kullanımı sadece kullanılan miktarın azaltılması değil, tarımdan dönen suların kontrol edilmesi ile de sağlanabilecektir. Bunun yanında, bu çalışmada test edilmeyen arazi kullanımı veya ürün yelpazesindeki değişiklikler de P yükünü azaltacaktır. Ancak, böyle bir uygulama için kapsamlı çalışmaların yapılması ve bölge halkının da desteğinin aranması gerekmektedir.

Bu proje kapsamında bölge için oluşturulan Pİ, havzanın ormanlık alanlar dışında kalan birçok bölgesinin yüksek P taşınım riskine sahip olduğunu göstermektedir. Fazla gübre

kullanımının arttırdığı topraktaki P miktarı, gübreleme metodu ve yağış miktarı, P taşınımı riskini arttıran önemli faktörler olarak ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada test edilmeyen başka yöntemler de P taşınımını azaltma yönünde yararlı olabilecektir. Ancak, sadece gübreleme yönteminde yapılacak bir değişiklik bile önemli kazanımlara yol açacaktır.

Gölden alınan numuneler üzerinde yapılan analizler, bulanıklılığın 2006 yaz aylarında da sorun olmaya devam ettiğini göstermektedir. Yüksek bulanıklık değerleri ve düşük seki derinlikleri buna kanıttır. Ancak, ÇO miktarları çok düşük seviyelerde değildir. Alg üremesinin yoğun olması ve gölün sığ olması nedeniyle gün içinde süper doymun ÇO değerlerine ulaşabilmektedir. Ancak, bu durumun yaz aylarını izleyen aylarda göl su kalitesini negatif yönde etkilemesi mümkündür. Yine ölçüm yapılan aylardaki besin maddesi konsantrasyonlarındaki artışların yaz aylarındaki su seviyesi düşmelerine ve gübre kullanımına bağlı olduğu düşünülmektedir. 2006 Mayıs-Ağustos döneminde gölün P kısıtlı olduğu görülmüştür. Ancak, bu toplam N/toplam P oranı için sınırdaki bir kısıttır. Bu, göldeki P girdisinin yüksek olmasına ve yüksek alg üremesine bağlı olabilir. Gölün zaman zaman N bakımından da kısıtlı hale gelmesi olası olabilir. N kontrolünün zor olması nedeniyle gölde P azaltılmasına gidilmesi ve bu parametrenin kısıtlı hale getirilmesi, ötrifikasyon kontrolü için önem arz etmektedir.

WASP ile yapılan modelleme çalışmalarında elde edilen sonuçlar gösterge niteliğini taşımaktadır. Malesef, sediman ve göl suyu arasındaki değişimleri modelleyebilecek yeterli sayıda veri bulunamamıştır. Anlamlı sonuçlar elde edebilmek ve projeksiyonlar yapabilmek için sedimandaki aktivitelerin de modelde yer alması gerekmektedir. Bu nedenle, bu alanda da gelecekte çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bu projede karşılaşılan en büyük güçlüklerden birisi de yeterli sayıda ve sistematik tarihsel verinin eksikliğidir. Bunun yanında, kamu kuruluşlarından kimi zaman yüksek ücretlerle satın alınmış olan verilerin güvenilirliğinin de test edilmesi gerekmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerler, kamu kuruluşlarından sağlanan verilerin geçerliliğine de bağlıdır.

Sonuç olarak, projeden elde edilen bilgiler ışığında, planlı gübre uygulanması, gübrenin toprak altına enjeksiyon yoluyla verilmesi, göl çevresinde tampon bölge yaratma, Emet ve

Orhaneli aylarına deşarj edilen kirlilik kaynaklarının kontrolü, bu çalışma koşullarında değerlendirilen diğer alternatifler içinde en etkili olanlarıdır. Uluabat Gölü Yönetim Planı'nda (DHKD, 2002) belirlenen hedef P yüküne ulaşmak için birçok yönetim alternatifi gerekli olabilir. Fakat, simülasyon sonuçlarının da gösterdiği gibi, göle giden P yükünün kontrolü için havza ölçeğinde bir yönetim planının uygulanması elzemdir. Tarımsal aktivitelerin göldeki kirlilik üzerinde önemli etkileri olsa da, diğer noktasal ve yayılı kirletici kaynaklarının da değerlendirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AKDENİZ, S., *Uluabat Gölü Su Kalitesinin Değerlendirilmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Analizi*, (Yüksek Lisans Tezi), Uludağ Üniversitesi, (2005).
- AKSOY, E., Uluabat Gölüne Uzaktan Algılama ve Coğrafik Bilgi Sistem Teknikleri ile Bir Bakış, *Uludağ Üniversitesi Dergisi* (Bizden Bir Bakış), Dergi 6, (Aralık 2004).
- AMBROSE, R.B., Wool, T.A., and Martin, J.L., *The water quality analysis simulation program, WASP5 part A: Model Documentation*, EPA, Environmental Research Laboratoy, Office of Research and Development, (1993).
- Arazi Sınıflandırma Etütlerinde Kullanılan Standartlar Tablosu, Kişisel Görüşme, Cemalettin Aslan, Toprak ve Drenaj Şube Müdürlüğü, DSİ, (2004).
- BAŞAR, H., *Bursa İli Topraklarının Verimlilik Durumlarının Toprak Analizleri İle İncelenmesi*, Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg., 15, 69-83, (2001).
- BECHMANN, M., T. Krogstad, Sharpley, A., A Phosphorus Index for Norway, *Acta Agriculturae Scandinavica Section B- Soil and Plant*, 55, 205-213, (2005).
- BEEGLE, D.B., Weld, J.L., Gburek, W.J., Kleinman, P.J.A., Sharpley, A.N., and Kogelmann, C., *The Pennsylvania Phosphorus Index: Version 1 User Documentation*, USDA, Draft May (2006).
- CELTEMEN, S.P., *Development of a Water Quality Management Plan for Lake Manyas*, M.S. Thesis, Middle East Technical University, pp: 111-114, (1998).
- CELTEMEN S.P., Onur, K.B., Can, D., Özbayram, Y., Torunoğlu, S., Başiplikçi, H., Bayraktar, H., Öner, H., Şentürk, E., Atahan, L., Şener, Ş., Atilla, S., *Susurluk Nehri Havzasında Su Kalitesi Yönetimi*, İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, DSİ, (2000).
- COOKE, J.G., Sources and Sinks of Nutrients in A New Zealand Hill Country Pasture Catchment II. Phosphorus, *Hydrol. Process.*, 2, 123-133, (1988).
- COTTER, A.S., Chaubey, I., Costello, T.A., Soerens, T.S., Nelson, M.A., Water Quality Model Output Uncertainty As Affected By Spatial Resolution of Input Data, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 39, 977-986, (2003).
- CULVER, T.B., Naperala, T.R., Potts, A.L., Zhang, H.X., Neeley, K.A., and Shaw, L.Y., Case study of impact of total maximum daily load allocations on nitrate leaching, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 262, 262-270, (2002).
- DELREGNO, K.J., Atkinson, S.F., Nonpoint Pollution and Watershed Management: A Remote Sensing Geographic Information System Approach, *Lake and Watershed Management*, 4, 17-25, (1988).

- DHKD (Doğal Hayatı Koruma Derneği), Uluabat Gölü Yönetim Planı, Taslak Belgeler, (2002).
- DI LUZIO, M., Srinivasan, R., Arnold, J.G., Neitsch, S.L., *Arcview Interface For SWAT 2000 User's Manual*, Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, (2002).
- DİE, *1997 Köy Envanteri (Bursa)*, Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara, (2002).
- DJODJIC, F., Montas, H.J., Shirmohammadi, A., Bergström, L., and Ulen, B., A decision support system for phosphorus management at a watershed scale, *Journal of Environmental Quality*, 31, 937-945, (2002).
- ISERMANN, K., Share of agriculture in nitrogen and phosphorus emissions into the surface waters of Western Europe against the background of their eutrophication, *Fertilizer Research*, 26, 253-269, (1990).
- KHGM, Tarım, Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Bursa İli arazi Varlığı, pp: 130, (1995).
- FİTZPATRICK, J.J., Di Toro, D.M., A History of Eutrophication Modeling in Lake Erie, <http://www.ijc.org/php/publications/html/modsum/fitzpatrick.html> (2005).
- GRIZZETTI, B., Bouraoui, F., Granlund, K., Rekolainen, S., Bidoglio, G., *Modelling Diffuse Emission and Retention of Nutrients in the Vantaanjoki Watershed (Finland) Using the SWAT Model*, Ecological Modelling, 169, 25-38, (2003).
- Guides For Editing Soil Properties, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, <http://www.mo10.nrcs.usda.gov/references/guides/properties/>; last access January 2005, (2005).
- KURTTAŞ, T., Tezcan, L., Ekmekçi, M., Atilla, A.Ö., Doğdu, N., Aydın, H., Övül, G., Topuz, B., Yavuz, D., Coşkuner, T., Öncel, E., Muslu, F., *Wetlands Management Project Uluabat Lake- Mustafakemalpaşa River System Sediment Accumulation Research Sub-Project*, Hacettepe University, International Research and Application Center for Karst Water Resources (UKAM), (December 2002).
- LAMBERT, M.G., Devantier, B.P., Nes, P., Penny, P.E., Losses of Nitrogen, Phosphorus, and Sediment In Runoff From Hill Country Under Different Fertilizer and Management Regimes, *N.Z.J. Agricult. Res.*, 28, 371-379, (1985).
- LEMUNYON, J.L., and R.G Gilbert, Concept and Need for a Phosphorus Assessment Tool, *Journal of Production Agriculture*, 6, 483-486, (1993).
- LEY, T.W., Stevens, R.G., Topielec, R.R., Neibling, W.H., Soil Water Monitoring and Measurement, Pacific Northwest Cooperative Extension Bulletin – PNW0475, (December

1994). (<http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/pnw0475/pnw0475.html>; last access January 2005.)

LUNG, W.S., Larson, C.E., Water Quality Modeling of Upper Mississippi River and Lake Pepin, *Journal of Environmental Engineering*, 698-699, (1995).

MANGUERRA, H.B., Engel, B.A., Hydrologic Parameterization of Watersheds For Runoff Prediction Using SWAT, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 34, 1149-1162, (1998).

MANNERING, J.V., *The Use of Soil Tolerances As Strategy for Soil Conservation. Soil Conservation Problem and Prospect* R. P. C. Morgan John Wiley & Sons, Chichester, England, , pp: 337-349, (1981).

MCDOWELL, R.W., A.N. Sharpley, Phosphorus Losses In Subsurface Flow Before and After Manure Application to Intensively Farmed Land, *The Science of the Total Environment*, 278, 113-125, (2001).

MCDOWELL, R.W., A.N. Sharpley, Kleinman, P.J., Gburek, W.J., Hydrological Source Management of Pollutants at the Soil Profile Scale, In Haygarth PM, Jarvis SC, editors. *Agriculture, Hydrology and Water Quality*. Oxon, UK:CAB Int. Press., (2002).

MULETA, M.K., Nicklow, J.W., Sensitivity and Uncertainty Analysis Coupled With Automatic Calibration For A Distributed Watershed Model, *Journal of Hydrology*, 306, 127-145, (2005).

NEITSCH, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Srinivasan, R., Williams, J.R., *SWAT User's Manual, Version 2000*, Texas Water Resources Institute, College Station, Texas, (2002a)

NEITSCH, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., King, K.W., *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation, Version 2000*, Texas Water Resources Institute, College Station, Texas (2002b)

NEYROUD, J.A., and Lisher, P., Do different methods used to estimate soil phosphorus availability across europe give comparable results?, *Journal of plant nutrition and soil science*, 166, 422-431, (2003).

OLSEN, J.R., Cole, C.V., Watanabe, E.S., and Dean, L.A., *Estimation of extractable phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate*, Circ. 939, US Dept. Of Agriculture, Washington DC, (1954).

ÖZDEN, Ş., Özden, D.M., *Türkiye Toprak Erozyonu Tahmin Modeli (TURTEM)*, KHGM, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1997, Ankara, (1998).

PETERSON, J.R., Hamlett, J.M., Hydrologic Calibration of the SWAT Model In A Watershed Containing Fragipan Soils, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 34, 531-544, (1998).

ROSEWELL, C.J., *SOLOSS Technical Handbook*, No.11, 2nd Edition, (1993).

SANTHI, C., Arnold, J.G., Williams, J.R., Dugas, W.A., Srinivasan, R., Hauck, L.M., Validation of the SWAT Model On A Large River Basin With Point and Nonpoint Sources, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 37, 1169-1188, (2001).

SAWYER, J.E., and Mallarino, A.P., (1999), Differentiating and understanding the Mechlich 3, Bray, and Olsen soil phosphorus tests, 19th annual crop pest management short course, University of Minnesota, November 22, available at http://extension.agron.iastate.edu/soilfertility/info/mnconf11_22_99.pdf.

SHARPLEY, A.N., Chapra, S.C., Wedepohl, R., Sims, J.T., Daniel, T.C., Reddy, K.R., Managing Agricultural Phosphorus For Protection of Surface Waters: Issues and Options, *J. Environ. Qual.*, 23, 437-451, (1994).

SHARPLEY, A.N., Weld, J.L., Beegle, D.B., Kleinman, P.J.A., Gburek, W.L., Moore, P.A., and Mullins G., Development of phosphorus indices for nutrient management planning strategies in the US. *Journal of Soil Water Conservation*, 58, 137-152, (2003).

Susurluk Havzası Toprakları, Toprak Su Genel Müdürlüğü (Yayın No: 258), Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi Toprak Etüt Şubesi, Ankara, (1971).

Tarımcının El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Bursa İl Müdürlüğü, Çiftçi Eğitimi ve Yayın Şube Müdürlüğü, Bursa, (1989).

THOMANN, R.V., and Mueller, J.A., *Principles of surface water quality modeling and control*, Harper Collins Pubs., NewYork, (1987)

TIM, U.S., Moostaghimi, S., Shanholtz, V.O., Identification of Critical Nonpoint Pollution Source Areas Using Geographic Information Systems and Water Quality Data Modeling, *Water Resources Bulletin, AWRA*, 877-887, (1992).

TOPACIK, D., *Atıksu Arıtma Tesisleri İşletilmesi*, İTÜ İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul Yayın No:42, İstanbul, (1987).

TRIPATHI, M.P., Panda, R.K., Raghuwanshi, N.S., Identification and Prioritisation of Critical Sub-watersheds for Soil Conservation Management Using the SWAT Model, *Biosystems Engineering*, 85, 365-369, (2003).

TUHKANEN, H.R, Uusilato, R. and Yli Halla, M.J., Modification of P Index for Finland, International Phosphorus Transfer Workshop (IPTW) 2001: Connecting Phosphorus Transfer from Agriculture to Impacts in Surface Waters, 28 August-01 September, Plymouth, Devon, England, (2001).

- TUFFORD, D.L., McKellar, H.N., Spatial and temporal hydrodynamic and water quality modelling analysis of a large reservoir on the South Carolina (USA) coastal plain, *Ecological Modelling* 114, 137-173, (1999).
- Uluabat (Apoliyont) Gölü, <http://www.cevreorman.gov.tr/sulak/sulakalan/uluabat.htm>, last access 2005, (2005).
- USEPA, *Water Pollution Control: 25 years of Progress and Challenges for the New Millennium*, EPA 833-F-98-003, Office of Wastewater Management, (June 1998), (<http://www.epa.gov/npdespub/pubs/25PROG.PDF>).
- USEPA, *Decision Rationale: Total maximum daily load of nitrate for Muddy Creek/Dry River*, Virginia, (<http://www.epa.gov/reg3wapd/tmdl/pdf/muddydr.pdf>) (2000a).
- USEPA, *Total maximum daily load (TMDL) program*, (<http://www.epa.gov/owow/tmdlreg3wapd/tmdl>) (2000b)
- VAN LIEW, M.W., Garbrecht, J., Hydrologic Simulation of the Little Washita River Experimental Watershed Using SWAT, *J. Amer. Water Resour. Assoc. (JAWRA)*, 39, 413-426, (2003).
- Vermont Agency of Natural Resources, *Lake Champlain Phosphorus TMDL*, Department of Environmental Conservation, New York State Department, New York. (2002).
- Virginia Tech, *Fecal coliform TMDL for the Dry River*, Rockingham County, Virginia, (<http://www.deq.state.va.us/tmdl/tmdlrpts.htm>), (2000)
- Walling, D.E., Webb, B.W., *The Reliability of Rating Curve Estimates of Suspended Sediment Yield: Some Further Comment. In: Sediment Budgets*, IAHS Publ., 174:337-350, (1988).
- Williams, J.R., Sediment Routing For Agricultural Watersheds, *Water Resour. Bull.*, 11, 965-974, (1975).
- Winter, T.C., Uncertainties In Estimating the Water Balances of Lakes, *Water Resources Research*, 17, 82-115, (1981).
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., *Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains*, Agriculture Handbook 282, USDA-ARS, (1965).
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., *Predicting rainfall losses: A guide to conservation planning*, USDA Agricultural Handbook No. 537. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D. C., (1978).
- WWF (World Wildlife Fund)-Turkey, http://www.wwf.org.tr/tr/su_ulubat_yonetimplani.asp, son erişim 2005, (2000).

Yersiz, N.N., Dikmen, B., Ulusoy, Ü.G., Yavuz, C.T., Çelik, H., Niyattin, D. (2001), *Uluabat Gölü Kirlilik İncelemesi Raporu*, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Çevre Referans Laboratuvarı, (Ocak 2001).

Yersiz, N.N., Dikmen, B., Ulusoy, Ü.G., Yavuz, C.T., Çelik, H., Niyattin, D., *Uluabat Gölü ve Çevresi Su Kirliliği İnceleme Raporu*, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Çevre Referans Laboratuvarı, pp: 14-15, (Temmuz 2001).

EK A. SWAT'TA KULLANILAN TOPRAK PARAMETRELERİ

Tablo A.1. SWAT Tarafından İhtiyaç Duyulan Toprak Parametreleri İçin Kullanılan Başlangıç Değerleri ve Literatürdeki Aralıkları

SWAT Parametre	İnce (ağır) bünye (FINE)		Orta bünye (MEDIUM)		Kaba (hafif) bünye (COARSE)		Hidromorfik Alüvyal Top. (HYDAL)		Kahyerengi Orman Top. (BRFRST)		Killi Tın (CLLOAM)	
	Aralık	Kullanılan	Aralık	Kullanılan	Aralık	Kullanılan	Kullanılan	Kullanılan	Kullanılan	Kullanılan	Kullanılan	Kullanılan
HYDGRP	A,B,C,D	C	A,B,C,D	B	A,B,C,D	A	B	C	C	B	B	B
SOL_ZMX	-	SWAT**	-	SWAT**	-	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**
ANION_EXC L		SWAT**		SWAT**		SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**	SWAT**
SOL_Z (mm)	-	200	-	200	-	200	200	200	200	200	200	200
SOL_BD (Mg/m ³)	1,35-1,45	1,40 ⁽⁹⁾	1,45-1,50	1,48 ⁽⁹⁾	1,50-1,65	1,58 ⁽⁹⁾	1,48	1,48	1,35	1,45	1,45	1,45
SOL_AWC (mm H ₂ O/mm soil)	0,10-0,19	0,14 ⁽⁹⁾	0,17-0,21	0,18 ⁽⁹⁾	0,07-0,18	0,12 ⁽⁹⁾	0,15	0,15	0,10	0,17	0,17	0,17
SOL_K (mm/h)	1,5-5,1	3,30 ⁽⁹⁾	5,1-15,2 ⁽²⁾ 15,2-50,8 ⁽³⁾	15,86 ⁽⁹⁾	15,2-50,8 ⁽⁴⁾ 50,8-152,4 ⁽⁵⁾ 152,4-508,1 ⁽⁶⁾	198,77 ⁽⁹⁾	40,03	40,03	3,30	10,15	10,15	10,15
SOL_CBN (% weight)	-	1,16	-	1,16	-	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
CLAY (%)		42,50		27,28		10,43	26,74	26,74	56,34 ⁽⁸⁾	34,67 ⁽⁸⁾	34,67 ⁽⁸⁾	34,67 ⁽⁸⁾
SILT (%)		34,35		39,84		22,20	32,13	32,13	28,57 ⁽⁸⁾	32,33 ⁽⁸⁾	32,33 ⁽⁸⁾	32,33 ⁽⁸⁾
SAND (%)		23,15		32,88		63,67	39,90	39,90	15,08 ⁽⁸⁾	33,00 ⁽⁸⁾	33,00 ⁽⁸⁾	33,00 ⁽⁸⁾
USLE_K	0,017-0,025	0,020 ⁽⁹⁾	0,025-0,055	0,037 ⁽⁹⁾	0,015-0,040	0,026 ⁽⁹⁾	0,029	0,029	0,017	0,030	0,030	0,030

Kaynak: 1. Guides For Editing Soil Properties, 2005. 2. Rosewell, 1993. 3. Ley et al., 1994.

(1) Hidromorfik alüvyal topraklar EKHGM toprak haritası lejanında karşık bünyeli topraklar olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle, bu toprak grubu için SOL_BD, SOL_AWC, SOL_K, %KİL, %SILT ve %KUM değerler literatürde her toprak bünyesi için verilen değerlerin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

(2) CL-SCL-SiCL için (3) SiL için (4) L için (5) SL için (6) S-LS için (7) Değerler, kil bünyesi sınıfına göre belirlenmiştir. (8) %kil, %silt ve %kum değerleri Susurluk Havzası Toprakları (1971) raporunda verilen analiz sonuçlarının ortalaması alınarak belirlenmiştir.

* Ori. Değerler kullanılmıştır.
** SWAT başlangıç model parametre değerleri.

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

(65)
1-97
2006

Proje Kodu: ÇAYDAG 103Y122
Proje Başlığı: Uluabat Gölü Ötrifikasyon Kontrolü için Maksimum Alıcı Ortam Fosfor Yüklerinin Belirlenmesi
Proje Yürütücüsü ve Yardımcı Araştırmacılar: Y. Doç. Dr. Ayşegül Aksoy (yürütücü) Elif Bulut Araş. Gör. Firdes Yenilmez
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 06531 Ankara
Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü 06531 Ankara
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15/03/2004 – 15/03/2006
Öz (en çok 70 kelime) Bu proje, Uluabat Gölü'ne giden fosfor yüklerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. SWAT ile sediman ve fosfor taşınımı modellenmiş ve göle yıllık 4 grP/m ² /yıl'lık bir fosfor yükünün ulaştığını sonucuna varılmıştır. Havza için oluşturulan fosfor indeksi, çalışılan havzanın güney kısımları hariç, diğer tüm tarım yapılan alanlarda yüksek fosfor taşınım riski olduğunu göstermiştir. WASP ile elde edilen sonuçlar su kalitesinin öngörülebilmesi için sediman aktivitesinin de modellenmesi gerektiğini göstermiştir.
Anahtar Kelimeler: Uluabat Gölü, SWAT, Fosfor İndeksi, Modelleme, Fosfor; Yayılı Kaynaklar, Ötrifikasyon
Projeden Kaynaklanan Yayınlar: Bulut, E., ve Aksoy, A., Uluabat Gölü için tarımsal kirlilik yüklerinin belirlenmesi, <i>6. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Bildiriler Kitabı</i> , ÇMO, 24-26 Kasım, İstanbul, s. 23-30, 2005. Bulut, E. ve Aksoy, A., Impact of fertilizer usage on phosphorus loads to Lake Uluabat, 10th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Sustainable Basin Management, 18-22 September, İstanbul, 2006. Bulut, E. ve Aksoy, A., Modeling the sediment and phosphorus loads to Lake Uluabat, <i>Journal of Environmental Management</i> (hakem değerlendirmesinde), 2006.
Bilim Dalı: Çevre Mühendisliği Doçentlik B. Dalı Kodu: 903