

Kırsal yayılı kaynaklar için modelleme destek sistemi ve yerel uygulaması

Kızıltan YÜCEİL*, İ. Ethem GÖNENÇ

İTÜ İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Kırsal havzalarda sürdürülebilir kalkınma için yayılı kaynak modellerinin bir araç olarak kullanılabilmesi gerekmektedir ve çalışmada buna yönelik bir modelleme destek sistemi oluşturulmuştur. Sistemin Türkiye özelinde uygulanabilmesine rehberlik edici bir örnek çalışma Köyceğiz-Dalyan havzasında yapılmıştır. Uygulamada, kırsal kesime özel, gelişkin bir modelleme destek sistemi kurmak için gerekli sistematik yaklaşım, uygulama güçlükleri ve bunların telafi yöntemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Türkiye’de kırsal alanlardaki yayılı kaynakların modellenmesi için, projelerin baştan sona yönetimine dair hem yöneticilerin ve hem de araştırmacıların faydalanabileceği kapsamlı bir dokümantasyon oluşturulmuştur. Öte yandan, Türkiye’de nadiren uygulanmış HSPF (Hydrological Simulation Program-FORTRAN), modelleme sürecinde kullanılarak bir hidrolojik model zemini de geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırsal yayılı kaynak kirliliği, HSPF, havza modelleme, hidroloji, toprak analizleri, meteoroloji.

Model support system for rural non-point sources and local implementation

Abstract

This study deals with developing a model support system for non-point source modeling, which is a vital tool for sustainable management of rural basins. Guidance on developing this system is provided via a case study over Köyceğiz-Dalyan Watershed, in Turkey. The case study defines; the systematic approach to establish this system, possible general and local difficulties during application, and workarounds for these problems. Decision-makers, researchers and modelers in Turkey may use this fully documented information to form, propose, initiate, manage, and finalize similar projects on rural area non-point source modeling. HSPF (Hydrological Simulation Program-FORTRAN), which is a sound hydrological model with very rare applications in Turkey, was implemented to develop the core model for prospective use within a much comprehensive watershed model. Although the quantified modeling outputs of this study should be considered as preliminary, they also act as a reliable and timesaving initial step towards a much broader evaluation of the non-point sources in this rural watershed. Given that developing an integrated approach for watershed management is quite a fertile and a rather young concept, this study will nevertheless guide the non-point source modeling process as a tool for the possible implementation of holistic environmental management plans in Turkey.

Keywords: Rural non-point source pollution, HSPF, watershed modeling, hydrology, soils analysis, meteorology.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Kızıltan YÜCEİL. yuceilki@itu.edu.tr; Tel: (216) 417 54 49.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ İnşaat Fakültesi'nde tamamlanmış olan "Design of model support system for rural area non-point source modeling: Köyceğiz-Dalyan Watershed case study" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 23.12.2004 tarihinde dergiye ulaşmış, 09.02.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.07.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Havza planlama stratejilerinin ana hedefi; doğal kaynakların korunması, çevrenin kendini yenileyebileceği bir duruma getirilmesi ile hassas ve tehdede açık kaynakların sürdürülebilir şekilde yönetimi olmalıdır (ESCAP-UN, 1997; EPA, 2002). Havza ekosisteminde taşıma kapasitesi ile sosyoekonomik sistemin gereksinimleri arasında bir denge vardır. Karar verme süreci içinde, havzanın çok amaçlı kullanımlarına gelecekte de hizmet edecek şekilde kararların alınabilmesini sağlayacak, havza sistemindeki çeşitli kullanıcıların uyumu ve koordinasyonu ile kurulan bir plan yapılıdır. Bu plan “bütünleşmiş, sürdürülebilir havza yönetimi planı” olarak anılmaktadır (Gönenç vd., 2002a).

Havza yönetim planlarının, yayılı (noktasal olmayan) kaynakların da değerlendirilebildiği bir karasal sistem tanımlaması baz alınarak geliştirilmesi zorunludur. Bu amaç için, matematiksel modeller en yaygın kullanılan ve gerekli tüm veriler temin edildiği sürece en güvenilir araçlardır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) gelişmeleri de, bu araçların bütünleşik analizlerde kullanılması için geçmişe kıyasla çok daha zengin olanaklar sunmaktadır. Kırsal nitelikli havzalarda yayılı kaynakların modellenmesi, tarım uygulamaları (gübre, besi maddesi ve pestisit kirliliği), yüzeysel akış (sediment erozyonu kaynaklı kirlilik) ve kompleks zemin hidrolojisi mekanizmaları nedeniyle kritik ve zordur.

Doğal yüzeyaltı akış ve drenaj sistemlerinden kaynaklanan yüklemelerin tespiti oldukça karmaşıktır (Chen, 2001). Buna ilaveten, yayılı kaynak model sistemlerinde simüle edilmesi gereken süreç ve mekanizmaların sayısı arttıkça, bunların tanımlanması, modellenmesi, kalibre edilmesi, geçerlenmesi (validation) ve doğrulanması (verification) için gerekli veri ihtiyacı da o denli artmaktadır. Öte yandan, karasal süreçlerin çok ağır olması, verilerin uzun süreler boyunca izleme gerektiren zaman serileri halinde derlenmesini zorunlu kılmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde, uzun vadeli, merkezi erişimli, yeterli nicelikte ve güvenilir nitelikte veri bankalarının azlığı nedeniyle, kırsal havzalarda yayılı kaynak modellemesi için veri toplanması

daha da güçleşmektedir. “Model destek sistemi” kavramı ile teknik gerekliliklerin asgari yeterlikte karşılanması sağlanarak, bu ülkelerde kara kaynaklı modelleri bir araç olarak kullanarak bütünleşmiş sürdürülebilir havza yönetimi geliştirebilmek mümkün olabilecektir.

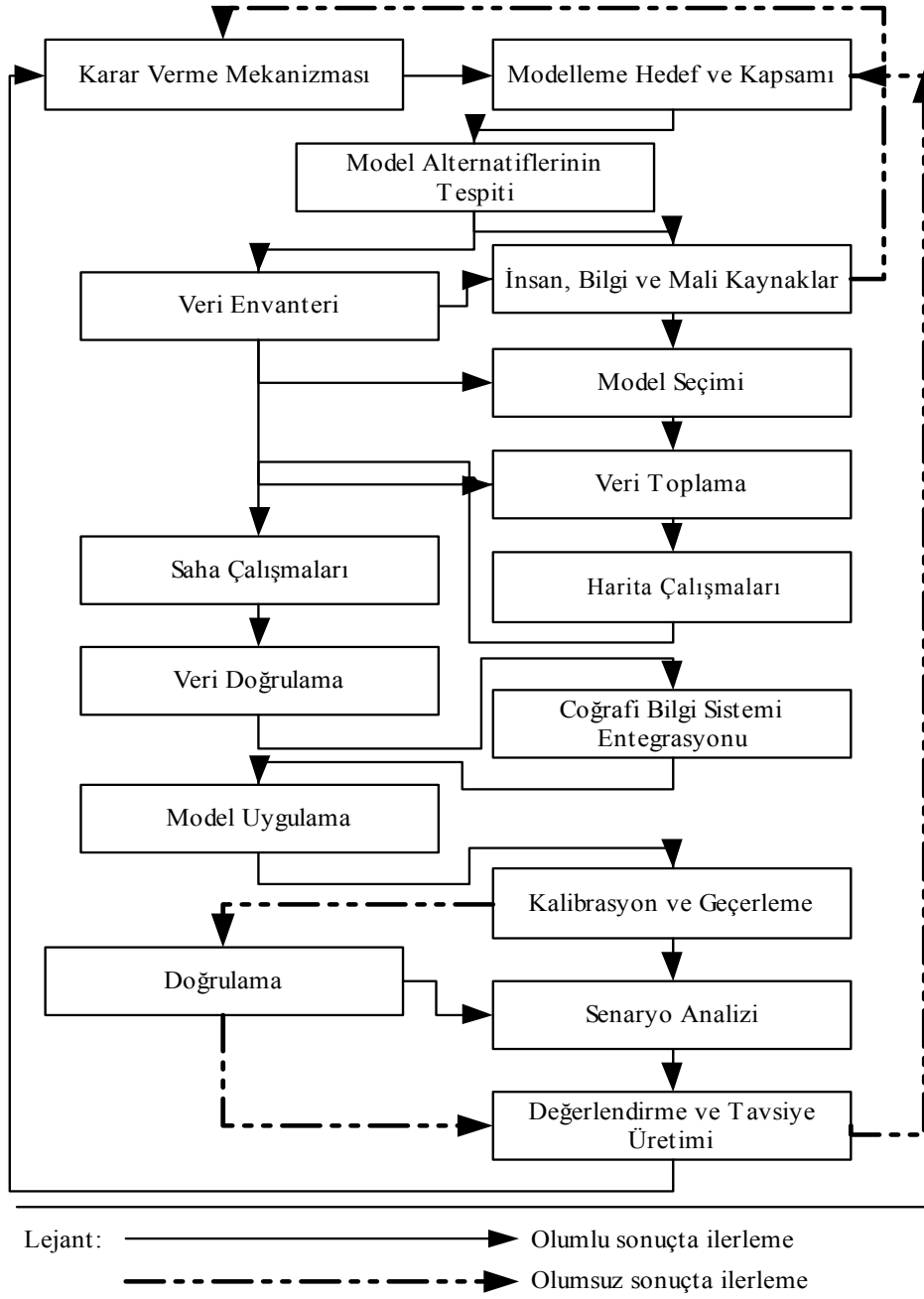
Model Destek Sistemi (MDS)

MDS ile modelleme çalışmasının tüm öncül ihtiyaçlarının karşılanması hedeflenmektedir. Bu ihtiyaçlar; veri gereksiniminin belirlenmesi, veri envanteri oluşturulması, veri kaynaklarının tespiti, veri tedariki, farklı uzmanlık alanlarının katkılarının tespit edilmesi, bu ekiplerin oluşturulması, mali kaynakların ve imkanların tespiti, gerçekleştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması, vb birçok teknik nitelikte olmayan proje yönetim konularının da hayata geçirilmesini kapsamaktadır. Bunun dışında, proje hedef ve kapsamının belirlenmesinde; çalışma bölgesinde farklı kurumlarda ve yetki kademelerindeki karar vericilerin, öncelik, beklenti ve tercihleri ile kamuoyu eğilimleri ve mevzuat hükümleri de en az teknik, mali ve insan kaynakları yeterlilikleri kadar belirleyicidir. MDS'nin yeterli derecede işleyemediği projelerde, üretilen modelleme sonuçlarında yeterlilik yada güvenilirlik sorunları ile karşılaşılabilen, hatta projelerin sonuç üretmeksizin sonlanabilmesi mümkün olabilmektedir. Kırsal havzalarda yayılı kaynaklardan ileri gelen kirlilik risklerinin değerlendirilmesi için uzun süreli zaman serileri ile bütünleşik ve karmaşık model yapılarının gerekli olduğu düşünüldüğünde, MDS uygulamasının önemi daha da artmaktadır.

Modelleme proje yönetimi çemberi

Modelleme projelerinde karar verme mekanizması ile model uygulama ve model destek süreçleri arasında organizasyon ve koordinasyonun sağlanmasına yönelik bir proje yönetim şablonu oluşturulmuştur. Şekil 1’de temsil edilen bu proje yönetim yapısı bir dizi aşamadan ve ara karar verme eylemlerinden oluşmaktadır.

Her projenin işlevselliği, ortaya çıkaracağı sonuçların gerçekleştirilebileceği kaynakların



Şekil 1. Modelleme proje yönetimi çemberi

mevcudiyeti kadar, karar vericilerin bu sonuçlara göstereceği duyarlılık ile de sınırlıdır. Bu nedenle, bir proje olarak modelleme çalışmasına başlanabilmesi için karar verme mekanizmasında yer alan tüm taraf kurum ve kuruluşların, projenin gereklilik ve yapılabilirliğine bilimsel gerekçelerle ikna edilmesi gereklidir. Bu gerekçeler, bir kavramsal çalışmada, havzadaki doğal ve insan kaynaklı işlevler (talepler), bu işlevler arasındaki rekabet ve çelişkiler (sorunlar) ile havzada etkin süreç ve mekanizmalar (yapı/kavramlar) tespit edi-

lerek ortaya çıkarılır. “Yapının” özelliklerine göre “taleplerin” “sorunlar” en aza indirilerek karşılanabilmesi için hangi somut “hedeflere” ulaşılması gerektiği tanımlanmalıdır. Takiben, hedeflere uygunluğu tespit edilen her modelin gerektireceği veri ve kaynak kullanımları ile, hazır yada erişilebilir durumdaki veri, bilgi, personel ve finansman kaynaklarının envanteri çıkarılır. Tüm kaynakların optimum kullanımı ile hedeflere ulaşılacağı, karar vericilerin onayı ile de tespit edilirse modelleme projesi başlatı-

labilir. Bu aşamada, mali yada diğer nedenlerle, teknik olarak tercih edilen modelin, elimine edilmesi, kapsam ve çerçevesinin gözden geçirilmesi yada radikal olarak eylemsizlik kararı alınması da mümkündür. Kavramsal analizden başlayıp modelleme proje çalışmasının başlama kararının sonuçlanmasına kadar geçen süreç “öncül faz” olarak adlandırılmıştır.

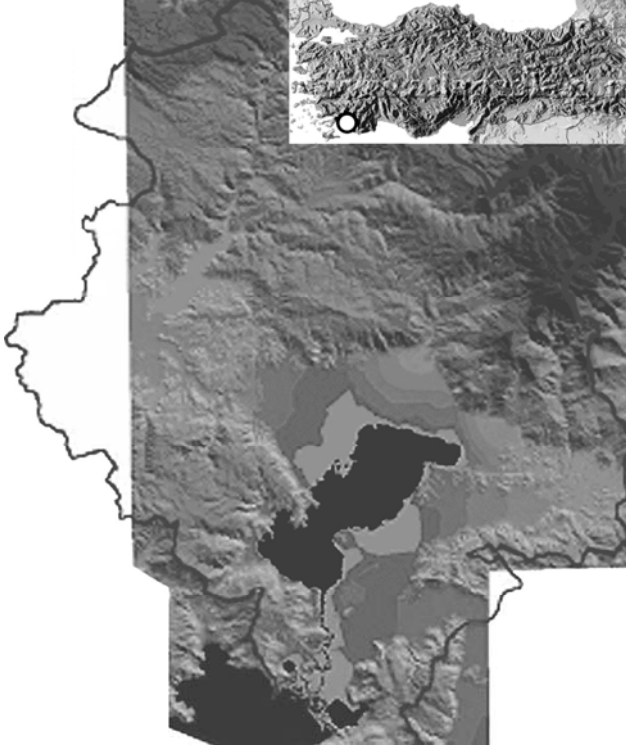
Öncül fazı takiben “veri derleme fazı” başlamış olacaktır. MDS'nin temelini oluşturan bu fazda bir sonraki ve nihai süreç olan “model uygulama fazı” kapsamında kullanılacak tüm ve her türlü veri ve kaynakların tedariki tamamlanmalıdır. Kırsal havzalarda yayılı kaynak modelleme özelinde bu fazda, hazırlanan envanter ve model veri ihtiyaç listesi üzerinden; meteoroloji veri setleri, iklim bilgileri, yüzeysel, yüzeyaltı ve yeraltı akımlarına ilişkin kayıtlar, model parametrelerine ilişkin literatür verileri, toprak özellikleri, su kalitesi özellikleri, kirletici parametrelerine ait yük verileri gibi birçok konuda ilgili kaynak ve kurumlardan veri ve bilgi toplanmasına başlanır. Havza sınırlarının ve diğer alan bazlı özelliklerinin tespiti ve CBS oluşturulması için ilk çalışma olarak, tematik haritalar dijital ortamda, eş koordinat sisteminde ve yeterli hassasiyette derlenmelidir. Modelin uygulaması ve kalibrasyonu için veri üretilen saha çalışmaları, toprak özelliklerinin de aralarında bulunduğu bir dizi tematik haritanın CBS'nde çakıştırılması sonucunda planlanabilir. Ayrıca saha çalışmalarıyla, güvenilirliği, hassasiyeti yada çözünürlüğü düşük tematik haritalar yada diğer veri kaynakları sınanabilir. Arazi kullanım ve uygunluk planlarının saha üzerinde tespitinin yapılması ve planlama çalışmalarının gerçekleştirilme durumunun incelenmesi de saha çalışmalarının ayrı bir işlevidir (Tanık vd., 2003). Tüm verilerin kabul edilebilir bir güvenilirlikte ve yeterli sayıda derlenmesi tamamlandığında tercihen CBS altlığı kullanılarak bir veritabanı oluşturulması ve zamana ve/veya mekâna bağlı veri sorgulamalarının yapılabilmesi mümkün kılınmalıdır.

Model uygulama fazı tüm verilerin hazır hale getirilmesi ile başlar. Bu aşamada temini gerçekleştirilebilen güvenli veri setleri kullanılarak, model uygulama sınırları ve sınır koşulları, baş-

langıç koşulları, simülasyon süresi ve minimum zaman aralığı, ve modellenecek parametreler ve kullanılacak modüller tespit edilerek model çatısı oluşturulur. Veri derlemesi aşamasında hedeflenmiş ancak erişilememiş veri kaynaklarının ortaya çıkardığı eksiklikleri, bazı öngörü ve kabuller yaparak kısmen telafi etmek mümkün olabileceği gibi, daha güvenli sonuç üretebileceği öngörülen bir kapsamda model uygulamasının gözden geçirilmesi de mümkündür. Model uygulaması kalibrasyon için kullanılan veri setleri ile kabul edilebilir bir uyum sağlanana kadar tekrarlanır. Kırsal alanlarda yayılı kaynak modeli için, ilk olarak hidrolojik modelin kalibre edilmesi gerekmektedir. Takiben sediment ve kalite parametrelerinin kalibrasyonu gerekecektir. Kalibre edilmiş model parametrelerinin yakın bir simülasyon süresindeki çevre şartlarına göre yeniden sınanarak teyit edilmesi ise geçerleme aşamasıdır. Kalibrasyon ve geçerleme süreçlerinin sonucunda model hedef ve çerçevesine göre tatmin edici neticeler üretildiği takdirde, bir dizi senaryo üretilerek karar vericilerin planlamaya yönelik somut sorularının yanıtları tespit edilmelidir. Sonuçların niceliksel kıyaslamalar açısından tatminkar olmaması veya veri setlerinden ileri gelebilecek hatalar dışında doğal şartlardan beklenen sonuçların üretileniyor olması durumunda, doğrulama sürecinin izlenmesi tercih edilebilir. Doğrulama sürecinde mevcut süreç ve mekanizmalar ile bunların çözüm teknikleri incelenerek model performansı değerlendirilir ve gerekli görülürse bu yöntemlerde değişiklikler yapılır. Bu nedenle, eğer istenirse geçerleme sonuçları olumlu dahi olsa niceliksel sonuçların teorik sınamasının yapılması için de doğrulama sürecine başvurulabilir. Doğrulama süreci neticesinde de kabul edilemez sonuçların ortaya çıkması halinde olumsuz bir değerlendirmeye varılarak projenin başarısız sonuçları yorumlanarak karar vericilere rapor edilir. Ancak sonuçların olumlu etki yapması durumunda senaryo çalışmalarına devam edilir ve senaryo çalışmaları sonuçları saptama ve önerilerle karar vericilere sunulur. Bu şekilde proje çemberi tamamlanmış olmaktadır. Karar vericiler projelerin başarılı veya başarısız sonuçlarına göre çalışmalarını yenilemeyi yada sonuçların uygulamaya geçirilmesi konusunda görüş belirlemeyi değerlendirebileceklerdir.

Uygulama bölgesi

Çalışmada modelleme proje yönetim çemberinin adımları takip edilerek Köyceğiz-Dalyan kırsal havzasında bir yayılı kaynak modeli tanımı yapılmış, destek sistemi oluşturulmuş ve çalışmaların sonucunda temin edilebilen veriler ve kaynaklar çerçevesinde kalibre edilmiş bir hidrolojik model oluşturulmuştur. Havzanın konumu üç boyutlu sayısal yükseklik haritası üzerinde Şekil 2’de verilmektedir (Gönenç vd., 2002a).



Şekil 2. Köyceğiz Gölü Dalyan Lagünü havzası

Seçilen uygulama bölgesi, Türkiye'nin Akdeniz ile Ege bölgelerinin birleştiği bir kesimde yer almakta, yaklaşık toplam 1 200 km² yüzeye yayılmış Köyceğiz Gölü ile Dalyan Lagünü ana havza alanlarından oluşmaktadır. Köyceğiz Gölü tek bir ağızdan Dalyan Lagünü sistemine bağlanmakta ve karmaşık bir kanal ağından sonra Akdeniz ile birleşmektedir. Havza, tehlike altındaki ve endemik türleri ile Türkiye'nin ve Akdeniz'in nadir rastlanan hassas ve korunması gereken ekosistemlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bölgenin önemli bir kısmı Özel Çevre Koruma bölgesi olarak ilan edilmiştir. Akdeniz'e özgü *Caretta caretta* türü deniz kaplumbağalarının son derece az sayıdaki yumurtlama

ve yuvalanma alanlarından biri olan İztuzu plajı, havzanın Akdeniz ile sınırını belirlemektedir. Bölgede yaklaşık 45 000 kişilik bir nüfus temel olarak tarım, turizm ve balıkçılık ile uğraşmaktadır. Endüstriyel alanlar ise yok denecek kadar azdır (Gönenç vd., 2002a).

İşlev, çelişki, kavram ve amaçlar

İşlevler: Balıkçılık, turizm ve tarım temel insan kaynaklı işlevlerdir. Zengin nitelikteki doğal, ekolojik, tarihi ve kültürel varlıklar, bölgedeki toplum-çevresel işlevlerdir.

Çelişkiler: Lagün kanallarındaki tekne turları ve sahilindeki tarım faaliyetleri (pestisit ve gübre kirliliğinin sulama ve sızma sonucu kanala karışımı) balıkçılık için gerekli yüzeysel su kalitesini tehdit etmektedir. Bu nedenle, tarım ve turizm işlevleri, balıkçılık işleviyle çelişkilidir. Doğal ve ekolojik kaynaklar turizm talebini büyütmede, büyüyen turizm talebi bakir doğal hayatı tehdit etmektedir. Ekonomik büyümenin getirdiği daha iyi eğitim ve bilinçlenme ile çevre konusundaki kamuoyu duyarlılığı artmakta, ancak öte yandan ekonomik faaliyetler kirlenici kaynaklarının artması riskini de beraberinde getirmektedir. Temel ekonomik faaliyet olan tarım, bu büyümenin itici gücü olabileceği gibi kontrolsüz kimyasal madde kullanımı ile çevre tehdidinin de ana kaynağı olabilir. Dolayısıyla, sosyoekonomik işlevlerle çevresel işlevler arasında genel bir çelişki söz konusudur.

Kavramlar (yapı): Bölge %85 düzeyinde orman alanları ile kaplı olup, dağınık yerleşim alanları ihmal edilebilir seviyededir. Bu nedenle havza genel kabul olarak geçirimli karakteristiğe sahiptir. Geçmiş araştırmalar, tarımsal alanlardaki pestisit ve sulama uygulamalarının dikkate alınması gereken yayılı kirlenici kaynaklar olduğunu göstermektedir (Karak, 2000; Ün, 2000; Gürel, 2000; Güvensoy, 2000; Gönenç vd., 2002a). Noktasal kaynaklara uygulanan üçüncü derece arıtma göldeki ötrofikasyon riskini minimize edebilmeyi amaçlamaktadır. Ancak yayılı kaynak katkısının dikkate alınır düzeyde olduğunun tespit edilmesi halinde bu kaynakların kontrolü yada deşarj standartlarının revizyonu için yasal düzenlemelerin geliştirilmesi düşünülmelidir.

Amaçlar: Kırsal yayılı kaynak kirlilik yüklerinin araştırılması için havza ölçeğinde modelleme çalışması yapılmalıdır. Güvenilebilir bir model yapısının kurulması ile havzadaki işlevlerin sınırlandırılması yada yeniden düzenlenmesini kapsayan önlemlerin üretilmesini sağlayabilecek değerlendirmeler yapılabilir. Karar vericiler bir bütünleşik havza yönetim planının oluşturulmasında bu değerlendirmeleri kullanabilirler.

Model seçimi

HSPF modeli ile birlikte dünyada yaygın kullanıma sahip AGNPS, ANSWERS, CREAMS, PRZM, SWRRB ve UTMTOX gibi diğer kırsal bölge yayılı kaynak modelleri de karşılaştırılmalı bir teknik analize tabi tutulmuştur. Bu analizde veri, personel, çok disiplinli uzmanlık, yaygınlık, literatür zenginliği gibi unsurlar da dikkate alınmıştır. Tekil ve uzun süreli yağış/akış simülasyonunun tüm yüzeysel ve yüzeyaltı katmanlarda yürütülebilmesi, erozyon modeli, pestisit modeli, besi (azot ve fosfor türleri) maddeleri, iz ve kullanıcı tanımlı kalite bileşenlerinin modellenmesi, geçirimli ve geçirimsiz arazi parçaları için ayrı modüllerin bulunması, farklı arazi kullanım özelliklerine göre segmentasyon yapılabilmesi ve akarsular için hidrolik ve kalite modeli içermesi ve bu sayede tüm havzadaki kara ve su sistemlerinin entegre şekilde ve eşzamanlı simüle edilebilmesi, nedenleri HSPF modelini ön plana çıkarmıştır. Neticede, genel itibarda sofistike bir model olması, çok disiplinli uzmanlık ve veri ihtiyacının yüksek olması, dolayısıyla personel ve mali gereksinimlerinin de fazla olması dezavantajlarına karşın, Amerikan Çevre Teşkilatı (USEPA) başta olmak üzere dünya çapındaki birçok kuruluş tarafından kamu kullanımına açık referansların ve modelleme destek araçlarının bulunması ve kompleks havza özelliklerine hitap eden teknik üstünlükleri nedeniyle tercih edilmiştir.

Veri temini

Gerek model alternatiflerinin oluşturulması gerekse model seçimi sonrasında yapılan veri envanteri çalışmasını takiben, envanterde eksik olduğu saptanan veri setlerinin temini sürecine girilmiştir.

İlk önce, T.C. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) yağış, buharlaşma, sıcaklık, güneş radyasyonu, bulutluluk, nem, rüzgar, toprak sıcaklığı gibi birçok parametrenin farklı gözlem süreleri için günlük toplam ve ortalama değerleri ile uzun dönem ortalamaları temin edilmiş, derlenmiş ve analiz edilmek üzere Microsoft® Access™ veritabanı ve Microsoft® Excel™ tabloları yazılımı ortamlarına aktarılmıştır.

Türk Silahlı Kuvvetleri Harita Genel Komutanlığı (TSKHGK) ile yapılan özel bir protokol ile havzanın savunma güvenliği için aykırı görülmeyen önemli bir kısmının 1:25 000 ölçekli sayısal topografya haritaları, iki aşamada temin edilmiştir. Bu haritalar daha sonra CBS altlığı olarak ve sayısal arazi modeli kurulmasında kullanılmıştır.

T.C. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'ne (KHGM) bağlı Ulusal Bilgi Merkezi (UBM) ile Ankara'da yapılan çalışmalar sonucunda toprak grupları, arazi kullanımı, arazi kabiliyet sınıfları, coğrafi veriler ile akarsu ve yüzeysel akış yataklarına ilişkin CBS katmanları temin edilmiş ve bazı veri giriş hataları ilgili merkezdeki uzmanlarla Ankara'da yapılan ortak çalışmalarla giderilmiştir. Bu katmanlar daha sonra CBS kullanılarak toprak analizlerinin planlanması, model segmentasyon çalışması ve saha gözlemleri ile arazi kullanım planlarının doğrulanması çalışmalarında kullanılmıştır.

Türkiye Araştırma ve Geliştirme Merkezi (TAGEM) kaynaklarından elde edilen idari sınırlar, karayolları, flora fauna bilgileri, yerleşimler ve benzeri katmanlarla CBS'nin sosyoekonomik, yönetsel ve ekolojik katmanları da takviye edilmiştir.

KHGM'ne bağlı Ankara Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü (TGAE) uzmanları ile Ankara'da yapılan çalışmalarla toprak analizlerinin bütçe kısıtları içinde kalarak tespit edilen proje amaçlarını optimum seviyede karşılayacak bir toprak analizi planlama çalışması yapılmıştır. Aynı zamanda bu görüşmelerde bölgede il ve ilçe bazında geçmişte yapılmış toprak analizlerine ait bilgileri içeren kaynaklar elde edilmiştir.

İzmir Menemen TGAE ile irtibata geçilmiş ve Köyceğiz Toprak Araştırma İstasyonu ekibi katılımı sağlanarak, bölgede toprak numunesi alma çalışması yapılmış, alınan örnekler Menemen'deki laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ile toprak özelliklerinin tanımlanmasına yardımcı olunmuş, ilgili bazı model giriş parametreleri belirlenmiş ve CBS entegrasyonu ile mekansal dağılım analizi yapılmıştır.

Devlet Su İşleri'nin (DSİ) Ankara'daki kaynaklarında yapılan araştırmalarla havzadaki iki önemli akarsu olan Namnam ve Yuvarlakçay için akım ölçüleri temin edilmiş ve Namnam verileri hidrolojik model çalışmasında kalibrasyon amaçlı olarak kullanılmıştır.

Güvensoy (2000) araştırmalarının sonuçlarına göre tespit edilmiş olan kritik pestisit türlerinin kullanımı sahada araştırılmıştır. Bütçe imkanlarının yetersizliği ve pestisit türlerinin numune alma istasyonlarında tespit edilememesi nedeniyle bir analiz çalışması yapılamamış ancak bu konuda bölgede yetkili kurumun İzmir Bornova Zirai Araştırmalar Merkezi olduğu tespit edilerek ön temaslar yapılmıştır.

Finansman ve ekip organizasyonu

Çalışmanın finansmanı için; TÜBİTAK Yer Deniz Hava Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu (YDABÇAG, Proje № 100Y047) tarafından desteklenen "Lagünlerin Sürdürülebilir Yönetimi için Ekosistem Modelleme" projesi (Gönenç vd., 2002b), İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu (Proje № 937) tarafından desteklenen "Köyceğiz-Dalyan Lagünü ve Havzası'nın Modellenmesi ve Arazi Planlaması" projesi (Gönenç, 2002a) ve İstanbul Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Lisansüstü Tez Destekleme Fonu ile desteklenen "Kırsal alanlarda yayılı kaynak modellemesi için model destek sistemi geliştirilmesi: Köyceğiz-Dalyan Havzası örnek çalışması" doktora tezi projesi kaynakları oluşturulmuştur. Proje ihtiyaçlarına göre çok kısıtlı olan bu kaynaklarla, TSKHGK topografya haritaları, DMİ meteoroloji verileri, UBM tematik haritaları ile Menemen TGAE saha ve laboratuvar çalışmalarının satın alma hizmetleri karşılanmıştır. Ayrıca diğer dış hizmetlerin temini,

sarf malzemesi ve teçhizat alımları ile seyahat masrafları da bu kaynaklardan sağlanmıştır. Ancak bütün olarak tam ölçekli bir çalışma için gerekli kaynakların çok altında imkanlar üretilebilmiştir.

İhtiyaç duyulan disiplinlerarası katkının sağlanabilmesi için İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Çevre Mühendisliği Bölümü'nde koordine edilen çalışmalara farklı aşamalarda; İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü'nden ve KHGM UBM'nden CBS uzmanları, Ankara ve Menemen TGAE ziraat ve toprak mühendisliği uzmanları, DMİ'nden meteoroloji mühendisliği uzmanlarının katkıları sağlanmıştır. Bunun yanı sıra, çalışma boyunca NATO-CCMS destekli şekilde bölgede yürütülen bir proje kapsamında, bir çok disiplinden uluslararası uzmanın görüş ve birikiminden de istifade edilmiştir (Gönenç ve Wolflin, 2005).

Meteorolojik analizler

Bölge civarındaki DMİ istasyonları Köyceğiz, Fethiye, Marmaris, Dalaman ve Muğla'da yer almaktadır. Temin edilen yağış, buharlaşma, sıcaklık, güneşlenme, bulutluluk, rüzgar ve nem verileri bir dizi dönüşüm operasyonundan geçirilerek MS Access veritabanına aktarılmıştır. Hidrolojik model için temel olan yağış parametresi üzerinden yapılan analizlere göre havza içindeki tek istasyon olan Köyceğiz tek başına temsil edici olarak seçilmiştir. Ortalama yağış yüksekliklerinin uzun dönem ortalamaları analiz edilerek, kış aylarında yaklaşık her 2 günde bir kez 16 mm mertebesinde bir yağış beklendiği ve kurak yaz aylarında ayda 1 veya 2 kez ve 7 mm düzeyinde yağış olayı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yağış ve buharlaşma parametrelerinin uzun dönem ortalamaları birlikte analiz edilerek su bütçesi ve mevsimsel hidrolojik hareketler hakkında fikir oluşturulmuştur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yaz döneminin başlangıç ve sonunda yağış ve buharlaşma aylık düzeyde eşitlenmekte, senenin her iki altı aylık dönemin sonunda ise eklenik olarak hidrolojik döngüye giren ve çıkan toplam su miktarı eşitlenmektedir

Senelik maksimum yağış olayları Normal, Log-Normal, Gumbel, Gamma II, Pearson III ve

Log-Pearson III istatistik dağılımları için analiz edilerek, şiddet-süre-tekerrür eğrileri oluşturulmuş, farklı yağış sürelerinde farklı görülme periyotlarındaki yağışların olası miktar ve şiddetlerinin hesabı için ampirik üstel ifadeler geliştirilmiştir. Tüm yağış süreleri için maksimum yağışlara en uygun istatistiksel dağılımın tespiti için geliştirilen bir niceliksel yöntemle Log-Pearson III dağılımının uyumu tespit edilmiştir. Analizler sonucunda 100 yılda bir tekerrür etmesi beklenen 5 dakikalık bir yağış olayında, Log-Pearson-III dağılımına göre yağış şiddeti 225 mm/saat olup yağış miktarı en yağışlı Aralık ayında düşebilecek ortalama günlük toplam yağıştan 1 mm daha yüksektir (19 mm). 100 yıllık 24 saatlik bir yağış için ise hesaplanan yağış şiddeti ise 9 mm/saat olup yağış yüksekliği Aralık ayındaki ortalama aylık yağış yüksekliği toplamına yakındır (215 mm). Son olarak, havza için 100 yıllık periyoda sahip maksimum yağışlar için Log-Pearson-III dağılımına göre “t”, “saat” cinsinden yağış süresini, “i”, “mm” cinsinden yağış miktarını göstermek üzere aşağıdaki ifade kullanılabilecektir:

$$i = 61.5897 \times t^{0.4178} \quad (1)$$

Bu analizlerin yanı sıra, veritabanı ortamına aktarılan meteorolojik verilerin, zaman serilerinin depolanması için kullanılan “havza veri yönetimi” (WDM) standardına dönüştürülmesi WDMUtil yazılımı kullanılarak sağlanmıştır. Bu dönüştürme operasyonu esnasında açık siper olarak ölçülen DMİ buharlaşma verilerinin, hidrolojik modelde esas alınan karasal buharlaşma kayıplarını temsil eden potansiyel evapotranspirasyon (PET) parametresine çevrilmesi için okumaların yapılabildiği bahar ve yaz aylarında “0.7” dönüşüm faktörü, kış aylarında ise Jensen dönüşümü kullanılmıştır (Hummel vd, 2001).

Toprak analizleri

Sayısal tematik haritalar ve Menemen TGAE toprak ve ziraat mühendisliği uzmanlarının da katılımı ile havzanın tüm alanının %40 üzerindeki bir kesiminde yapılan saha incelemelerine göre, bölgede hakim yedi toprak grubu bulunmaktadır. Havzanın yaklaşık %80’ini kaplayan ağaçlık ve yüksek bölgelerde, sert ana kayanın

üzerinde kalınlığı 20-35 cm sıklığında seyreden, kahverengi kireçsiz orman yada kırmızı/kahverengi Akdeniz toprakları bulunmaktadır. Su kütlelerinin sahilleri ve akarsu deltalarında sık görülmek üzere, tarıma elverişli, 60 cm ve yukarıdaki derinliklerde seyreden, akarsularca taşınan sedimentlerin birikimi ile oluşmuş, genç allüvyal nitelikli topraklar ikinci yaygın önemli gruptur. Genelde yükselteli kesimler ile alüvyal kesimler arasında bulunan kollüvyal topraklar, hızlı yüzeysel akışla yüksek eğimli kesimlerden yıkanan toprak örtüsünün düşük eğimli tepe yada vadi yamaçlarında birikmesi ile oluşan zengin, orta derinlikli ve tarıma elverişli niteliğe sahiptir. Alüvyal ve kolüvyal topraklar tarıma elverişli olmaları ve benzer geçirimsizlik özellikleri göstermeleri nedeniyle havza modelleme açısından önemlidir. Köyceğiz Gölü ile Dalyan Lagün sistemi arasındaki birleşimden itibaren güneye doğru uzanan sulak alanlarda allüvyal ve hidromorfik oluşumlar görülmektedir. Hidromorfik kesimler su hareketlerinin kontrolünde oluşmuştur ve yüksek yeraltı suyu seviyesi kimi zaman yüzeye ulaşmaktadır. Sulak alanlardaki allüvyal topraklar, sınırladıkları su ortamındaki tuzluluk ve alkalinite özelliklerini yansıtmaktadır. Bunun dışında kuru dere yatakları yada üzerinde toprak örtüsü bulunmayan çıplak kayalıklar da havza için de eser seviyede mevcuttur.

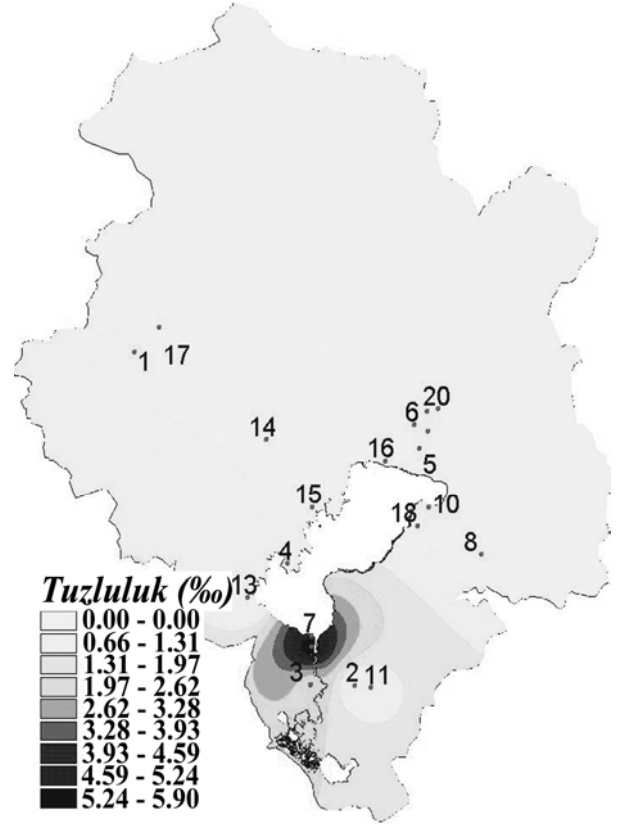
CBS arazi kullanım ve kabiliyet katmanlarına ait verilerin, 1960’lı yıllarda üretilmiş bir dizi analog toprak haritası baz alınarak sayısallaştırıldığı tespit edilmiş olup, bu verilerin o zamandan bu yana yapılan arazi uygulamalarıyla uyumlu olup olmadığı da bu çalışma ile yerinde belirlenmiştir (Tanık vd., 2003). Muğla İli arazi varlığı konulu bir çalışmada yüksek çözünürlüklü ölçüm kareleri (grid) kullanılarak ve yüzlerce toprak deneyi yapılarak kapsamlı bir analiz oluşturulduğu belirlenmiştir (Duran vd., 1998). Ne yazık ki, her deney noktasına dair son derece değerli detaylar içeren bu çalışmanın bazıını oluşturan ölçüm raporlarının akıbeti meçhuldür. Bu nedenle, bölgede yeniden toprak analizleri yapılması gereği gündeme gelmiş ve sonuçta radikal bütçe sorunları ortaya çıkmıştır. Türkiye’de merkezi olarak erişilebilir bir veri sisteminin kurulabilmesinin kritik gerekliliği, bu örnekle bir kez daha teyit edilmiştir.

Toprak analizleri kapsamında sahada ve Mene-men TGAE laboratuvarlarında standart fiziksel toprak analizi (bünye, tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı), nem, toprak sıcaklığı (saha ölçümü), toplam azot, nitratlar ve standart toprak verimlilik analizi (bünye, tuzluluk, pH, kireç, fosfor, organik madde) ölçümleri yapılmıştır. Bunun dışında saha çalışmasında ekili alan içinde bulunan her bir istasyon için arazi sahibi ile görüşme yapıp, kullanılan tarım ilaçları, sulama yöntemleri, mevsimlik ekim yapıp yapılmadığı gibi hususlar araştırılmıştır. Ayrıca saha ölçümlerinde toprak örtüsü kalınlığının ölçülmesine de çalışılmış 100 cm'ye kadar olan kesimlerde ana kaya derinliği ölçülmüştür.

Tüm toprak analizleri sonuçları CBS ortamına aktarılmış ve veri sayısı her ne kadar yetersizse de İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü uzmanlarının katkısı ile bazı alansal dağılım analizi çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalardan tuzluluk ile ilgili olanının sonuçları Şekil 3'de verilmektedir. Dağılım analizi sonuçlarına göre, tuzluluk lagün kanallarının yakınındaki istasyonlarda tüm havzadan farklı olarak yükselmektedir. Lagün kanallarındaki suyun alt tabakasında yüksek tuzlu Akdeniz akımlarının bulunduğu yönündeki Gürel (2000), Ertürk (2002) ve Gönenç (2002b) bulguları, bu çalışmayla, aynı derinlikteki toprak katmanlarında da belirgin şekilde tuzlu bölgeler tespit edildiği için doğrulanmıştır.

Hidrolojik modelleme

Modelleme çalışmaları MDS'nin temin edebildiği tüm veriler ve bilgiler çerçevesinde başlatılmıştır. Buna göre yeraltı suyu tabakalarına ait veriler derlenememiştir. Akarsular ile ilgili olarak havzada sadece Namnam ve Yuvarlakçay için debi ölçüm verilerine ulaşılabilmektedir. Yuvarlakçay verileri oldukça eski, sayıca az ve kesintilidir. Ayrıca saha gözlemleri, teknik incelemeler ve literatür bilgileri Yuvarlakçay akımının önemli ölçüde yeraltı suyu kaynaklarından beslendiği yönündedir (Gönenç, 2002a). Dolayısıyla, yeraltı suyu verilerinin olmadığı bir durumda bu akarsu havzası için hidrolojik bütçenin dengelemesi, zor ve yanıltıcı olabilecektir. Diğer taraftan, Namnam havzasına ait veriler



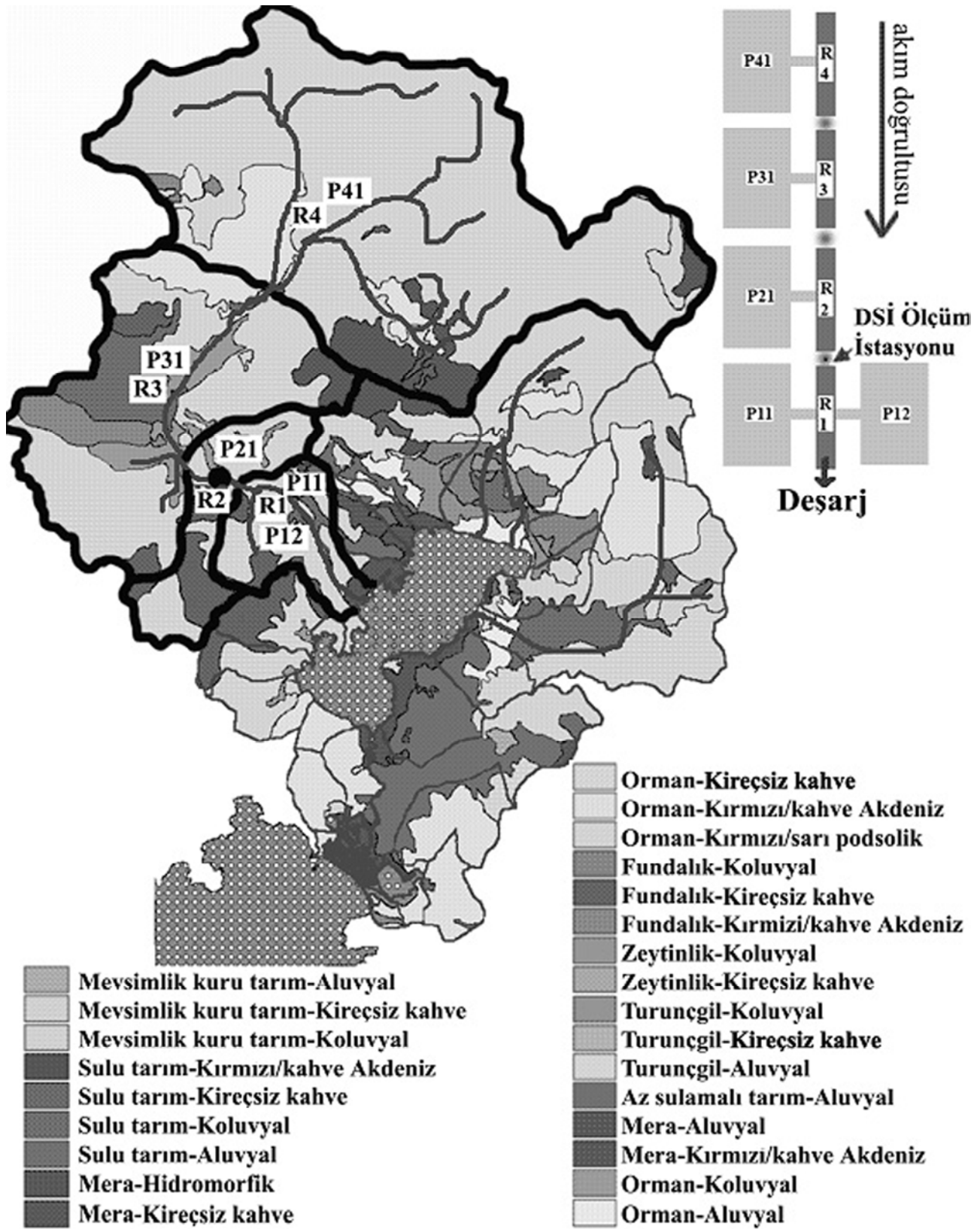
Şekil 3. Toprakta tuzluluk dağılımı

güncel ve daha zengindir. Bu havza, büyüklüğü ve ağaçlık sığ toprak örtüsü de dikkate alındığında temel olarak yüzeysel ve yüzeyaltı akışa bağlı bir drenaj karakteristiği göstermekte, yeraltı suyunun akıma katkısı marjinal düzeyde seyretmektedir. Son olarak Namnam havzası tüm ana havzanın, %55'ini ve Köyceğiz Gölü Havzası'nın %62'sini kapladığı için çalışmada hidrolojik modelin kurulması için tek bölge olarak seçilmiştir.

Arazi kullanımını ile toprak özellikleri sayısal haritalarının havza sınırları ile kesiştirilmesi ile elde edilen segmentasyon haritası üzerinden Namnam Havzası'nda Şekil 4'te görülen model çatısı oluşturulmuştur. Model çatısında ağaçlık kahverengi toprak grubu dört (P41, P31, P21, P12), çay ağzındaki alüvyal tarım alanları bir (P11) drenaj alanı ile temsil edilmiştir. Kalibrasyon için kullanılan DSİ ölçüm istasyonu, P21 drenaj alanında yer almaktadır. Simülasyon dönemi, en güncel verilerin olduğu 1998 yılı olarak seçilmiştir. Ayrıca, bu yıla ait karasal kirlenici yüklerinin hesabına yönelik Karak (2000) ve

Güvensoy (2000) çalışmalarının bulunuyor olması ileriye dönük karşılaştırma düzlemi yaratılabilmesi açısından önemlidir.

Hidrolojik modelleme yaklaşımının tespitinde mevcut imkanlar değerlendirilmiştir. Karasal akımların hesabında kalibrasyonun yapılacağı



Şekil 4. Model çatısı

yüzeysel akış ölçümleri bulunmadığı için kalibrasyonun akarsu akışı üzerinden yapılması benimsenmiştir. Buna göre HSPF modelinin ilgili PERLND modülünün PWATER bölümü ile RCHRES modülünün HYDR bölümü kullanılmıştır. Bu model birimleri ile amaçlanan Namnam alt havza bölgelerinin her birinden gelen toplam yüzeysel, yüzeyaltı ve yeraltı akımlarının akarsu akışına geçmesi ile birlikte oluşan debinin istasyona isabet eden ölçümlerle karşılaştırılarak kalibre edilmesi uygun bulunmuştur. Ancak çalışmada bir akarsu modeli hedeflenmediği ve akarsu akış modellerinde öngörülenden çok yüksek bir zaman birimi ile çalışıldığı için (1 gün) akarsu kesitlerinin yapısının detaylı tanımlanması yapılmamıştır. Öte yandan, çalışma bir bütün olarak havza yönetimi gayesine göre MDS tasarımına odaklandığı için, bu aşamada bir kalite modeli oluşturulmamış ancak üretilen bilgi ve veriler ışığında böyle bir çalışmanın tüm hazırlık süreçleri tamamlanmıştır.

Kalibrasyon

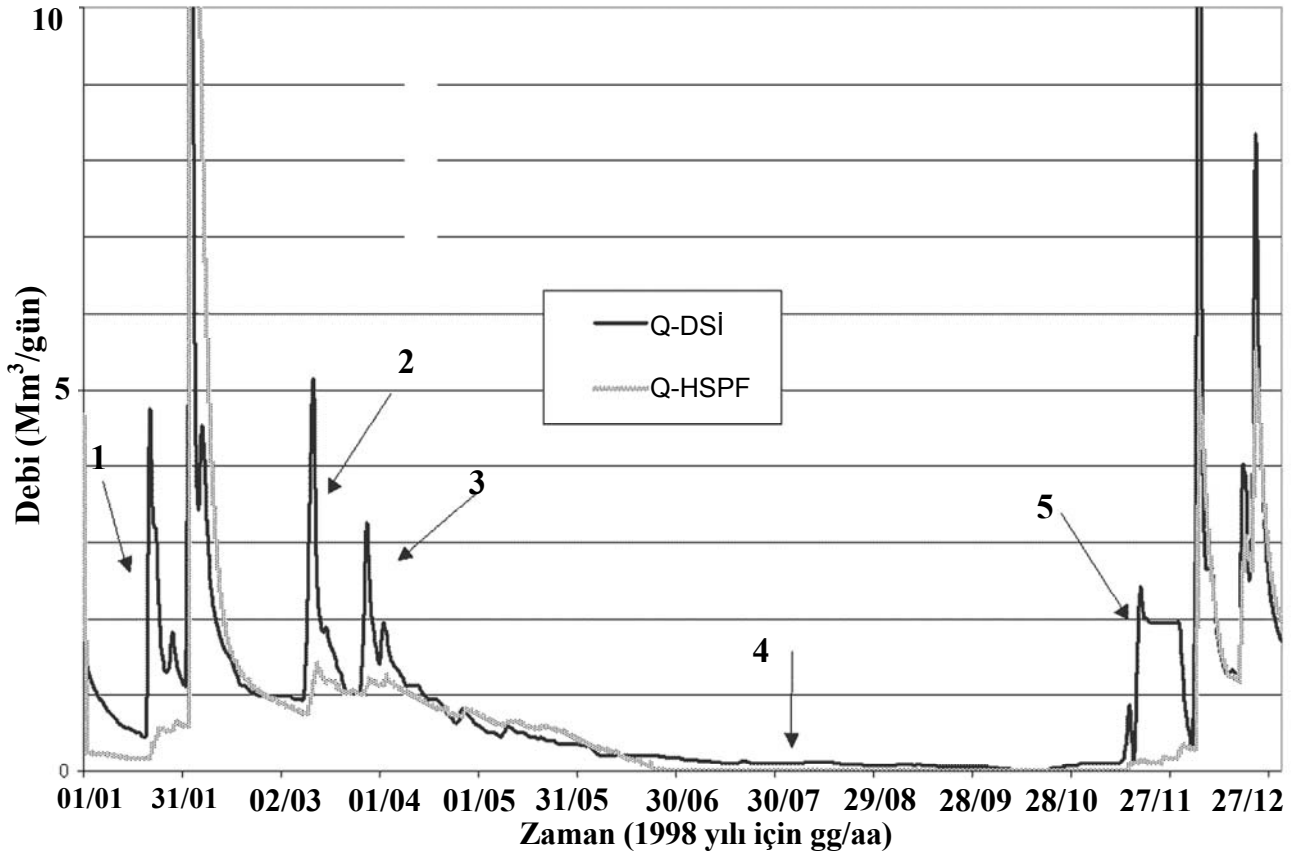
Yapılan çalışmalar sonucunda hidrolojik model Şekil 5’de görüldüğü üzere yıllık su bütçesi parametresine göre kalibre edilmiştir. Simülasyon sonucunda, DSİ istasyonunda 338 milyon m³/yıl olarak ölçülen gerçek debi, 289 milyon m³/yıl olarak hesaplanarak %85 oranında yakalanmıştır. Bu sonucun yıllık su bütçesi kalibrasyonu için yeterli düzeyde olduğu değerlendirilmiştir. 3 Şubat 1998 tarihinde rastlanılan ve 239.2 mm/gün şiddetinde olan yağış olayı, çalışma kapsamında yapılmış olan maksimum yağış analizlerine göre Log-Pearson III dağılımında 24 saatlik 100 yıllık yağış için hesap edilen 214.19 mm/gün değerine kıyasla yüksektir. Başka bir deyişle, bu günlük yağışın 100 yıldan daha yüksek bir tekerrür süresine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu istisnai durumun, simülasyon genelinde bazı kararsızlıklara yol açmış olması da muhtemeldir. Şekil 5’de, 1, 2, 3 ve 5 numaralı ok işaretleri ile gösterilen pik debiler ile simülasyon sonuçları arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bunun bir nedeni, DSİ akım ölçüm istasyonunda gerçekleşen yağış ile DMİ meteoroloji istasyonundaki yağış rasatları arasında dikkate alınabilir bir fark olması olabilir. Bir başka olasılık, suya doygun zeminin yeniden

geçirimli hale geçmesinin gerçekleşenden daha hızlı simüle edilmesidir. Bu durumda, yüzeysel akış azalmakta ve toplam akım değişmemekte ancak dar akarsu akışı pikleri yüzeyaltı akış katkısı ile daha yaygın bir sürede ifade edilmektedir. 4 numaralı ok işareti ile kurak hava debisinin model sonuçlarına yansımamış olması ifade edilmektedir. Akış rasatlarına göre varlığı tespit edilen bu debinin, saha gözlemleri ve meteorolojik analizler doğrultusunda tüm sene içindeki payı çok düşük olmasına karşın yeraltı suyu katkısı ile oluştuğu tahmin edilmektedir. Yeraltı suyu katkısının ihmal edildiği simülasyonda bu nedenle yaz aylarında debi oluşmamakta, senelik bütçede de kayıplar gündeme gelmektedir. Son olarak, havza sisteminde kar süreçleri dikkate alınmamıştır. Özellikle bahar aylarında kar erimesinden kaynaklanan olası ilave debi katkısının kalibrasyondaki farklılığa sebebiyet verme ihtimali bulunmaktadır.

Sonuçlar

Çalışmanın sonucunda aşağıdaki bulgu ve bilgiler üretilmiştir:

1. Gelişmiş ülkelerdeki kapsamlı, standardize edilmiş, detaylı, kamuya açık ve kullanıma hazır veri kaynakları, gelişmekte olan ülkelerde yeterince olgun olmadığı için; kırsal alan yayılı kaynak modelleme projelerinin, simülasyon öncesinde kalan tüm süreç, işlem ve metodlarını ifade eden MDS ile takviye edilmesi gereği saptanmıştır.
2. MDS kapsamında bölgede ve Türkiye’de havza ölçeğinde kalite modelleri ile çalışılırken; DMİ, DSİ, KHGM, TSK gibi kamu kurumlarının hangi birimlerinden, hangi verilerin, hangi şartlarda alınabileceği ve hangi analiz, kontrol ve işlemlere tabi tutulmaları gerektiği tespit edilerek, Köyceğiz-Dalyan Havzası özelinde uygulanmış ve literatür destekli işlenmiş verilerle bir dizi alternatif arasından seçilen HSPF modeli kullanılarak temel bir modelleme çalışması yürütülmüştür.
3. Takribi 50 yıllık yağış rasatları beş DMİ istasyonu için analiz edilerek, havza bütünü için Köyceğiz Meteoroloji İstasyonu verilerinin uygunluğu tespit edilmiştir



Şekil 5. Kalibrasyon sonuçları

4. Takribi 50 yıllık yağış rasatları beş DMİ istasyonu için analiz edilerek, havza bütünü için Köyceğiz Meteoroloji İstasyonu verilerinin uygunluğu tespit edilmiştir.
5. Maksimum yağış analizleri kapsamında istatistiksel dağılım modellerine uygunluk testleri için bir derecelendirme yöntemi geliştirilmiş ve buna göre Köyceğiz İstasyonu'nun tüm yağış sürelerindeki rasatları için en yüksek uyumun Log-Pearson III dağılımında yakalandığı tespit edilmiştir.
6. Maksimum yağış analizi sonuçları ile havzadaki yağışlara ait herhangi bir zaman serisindeki değerlerin, nasıl bir tekerrür süresine tekabül ettiğinin bulunabildiği ampirik bir ifade geliştirilmiştir. Buna göre 100 yılda bir kez, 1 günlük maksimum aylık ortalama yağışın 5 dakikada ve 1 aylık ortalama yağışın 1 günde düşmesi, olasıdır.
7. DMİ verilerinin veritabanı ortamına ve WDM zaman serisi standartlarına getirilmesi sağlanmıştır.
8. Havza ölçeğinde kalite modeli kurulması için gerekli toprak analizlerinin neler olduğu ile Türkiye'deki yetkili uygulama otoriteleri belirlenip, analiz ihtiyaçlarının maddi imkanlara göre optimize edilmesi sağlanmış, saha araştırmaları yürütülmüş, Menemen TGAE ile deneyler koordine edilmiş ve deney sonuçları noktasal ve uzaysal olarak analiz edilmiştir.
9. Toprak ölçüm ve deney sonuçlarına CBS kullanılarak alansal dağılım analizi uygulanmış ve kanal bölgesindeki istasyonlarda tuzluluk parametresinin su ortamına paralel şekilde alt tabakalarda yükseldiği tespit edilmiştir. Bu sonuç kanal bölgesindeki alt tabakada göle doğru ters akım olduğu yöndeki tezleri doğrular niteliktedir.
10. Bölgede saha incelemeleri ve CBS veri analizi ile 1960lı yıllarda yapılan tarımsal arazi kullanım önerilerinin büyük ölçüde uygulandığı tespit edilmiştir.
11. HSPF veri girişlerinin yapılabilmesi için bir arayüz geliştirilmiştir.
12. Karasal alana yönelik temel CBS kurularak, modelleme için toprak yapısı, arazi kullanımı ve alt-havza sınırları çakıştırılarak seg-

- mentasyon çalışması yapılmış ve Namnam alt-havzası için model çatısı oluşturulmuştur.
13. Namnam Havzası için oluşturulan hidrolojik model 1998 yılı su bütçesi parametresi için kalibre edilmiş ve ölçülen değerlere %85'lik bir yaklaşıma sağlanmıştır.
14. Bütünsel bir havza yönetimi için kalite modeli oluşturmak üzere şu ilave çalışmalar gereklidir:
- Namnam Havzası için 1998 yılı uygulaması aynı şartlarda yakın yada komşu bir meteorolojik zaman serisinde geçerlenmelidir.
 - Alt-havzalardaki tüm akarsularda akım ve yeraltısuyu ölçümleri birden fazla noktada yapılmalıdır.
 - Tüm alt-havzalarda toprak analizleri, pestisit ve sızma testleri de dahil olmak üzere nokta ve numune sayısı artırılarak genişletilmelidir.
 - Bu iki kapsamlı çalışma sonrasında tüm havza için HSPF üzerinde kara (PWATER) ve akarsu (HYDR) hidrolojisi ile karasal sediment (SEDMNT), pestisit (PEST) ve kalite modelleri (PQUAL, NITR, PHOS) oluşturulmalıdır.
 - Akarsu kalite modeli ile de (RQUAL) entegrasyon sağlanması halinde tüm karasal sistem ile akarsu sisteminin eşzamanlı ve entegre olarak simüle edilmesi mümkün olabilecektir.
 - Kalibre edilmiş HSPF havza modeli CBS ile birleştirilerek BASINS ortamına aktarılmalıdır.
 - BASINS ortamında aşağıdaki senaryolar için karar vericilere yönelik analizler oluşturulmalıdır:
 - 100 yıllık yağışlar için akut yayılı kirlenme riskleri hesaplanmalıdır.
 - Tarımsal faaliyetlerin olmaması durumu için kirlenme tespit edilerek, tarım uygulamalarının yayılı kaynaklar içindeki rolü açığa çıkarılmalıdır.
 - Tarım alanlarının aynı uygulamalarla büyümesinin kirlilik yükü sonuçları incelenmelidir.

- Yayılı kaynakların toplam kirlenme tablosu içindeki yerini noktasal kaynaklardan ileri gelen yüklerle yıllık düzeyde kıyaslamalar yaparak mevcut noktasal kaynak kontrol yöntemlerinin yeterliğini incelemek gereklidir (Şahinoğlu vd., 1998).

Bu sonuçlara ek olarak, Türkiye'de veri kaynaklarının farklı birimlerde ve dağıtık bir yapıda olması nedeniyle, özellikle kırsal alan yayılı kaynak modelleri gibi disiplinlerarası çalışmalarda kullanılabilme üzere bağımsız araştırmacıların ürettikleri yada derledikleri verilerin standart olarak yüklenebileceği ve paylaşılacağı, ulusal düzeyde merkezi bir veribankası oluşturulmasının, gelişmiş ülkelerdeki havza yönetimi ve ilgili modelleme çalışmaları ile rekabet edebilmek için son derece faydalı olacağı kanaatine varılmıştır.

Teşekkür

Çalışmaya destek veren TÜBİTAK, İTÜ, DMI ve DSİ ile başta Ankara ve Menemen TGAE olmak üzere tüm katkı sağlamış KHGM birimlerine teşekkür edilir.

Kaynaklar

- Chen, Y.D., (2001). Watershed modeling for non-point source water quality simulation: History, recent development and new trends, session 16.1 In: Proceedings of the 5th International Conference on Diffuse/non-point pollution and watershed management, Milwaukee, WI, June 10-15, (2001).
- Duran, A.R., Öğettin, M., Kurucu, Y., Taymaz, İ., Yılmaz, N. ve Ünver, D., (1998). Muğla İli arazi varlığı, T.C Başbakanlık KHGM Yayınları.
- EPA, (2002). Introduction to watershed planning, The Watershed Academy Web, Introduction to the watershed planning process module, (www.epa.gov/watertrain/), USEPA.
- Ertürk, A., (2002). Köyceğiz dalyan lagün sistemi hidrolik modellemesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- ESCAP-UN, (1997). Guidelines and manual on land use planning and practices in watershed management and disaster reduction, ST/ESCAP/1781, Pages 1-23.

- Gönenç, İ.E. ve Wolflin, J., (2005). Coastal lagoons: Ecosystem processes and modeling for sustainable use and development, CRC-Press.
- Gönenç, İ.E., Tanık, A., Gürel, M., Yüceil, K., Ertürk, A., Ekdal, A., ve Karakaya, N., (2002a). Köyceğiz/Dalyan lagünü ve havzası modelleme ve planlaması final raporu, İTÜ Proje No: 937.
- Gönenç, İ.E., Tanık, A., Gürel, M., Yüceil, K., Ertürk, A., Ekdal, ve A., Karakaya, N., (2002b). Lagünlerin sürdürülebilir yönetimi için ekosistem yönetimi ara rapor, TÜBİTAK –YDABÇAG Proje № 100Y047.
- Gürel M., (2000). Nutrient dynamics in coastal lagoons: Dalyan lagoon case study. *Doktora Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- Güvensoy, G., (2000). Fate of pesticides on soil and their impact on water environment, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- Hummel, P. Kittle, ve J. Gray, Jr., M., (2001), WDMUtil A tool for managing watershed modeling time-series Data User's Manual.
- Karak P., (2000). Kara kaynaklı kirleticilerde besi maddesi davranışının incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- Şahinoğlu, D., Gönenç, İ.E., ve Yüceil, K., (1998). Meskun bölgelerden gelen kirlilik, büyükşehirlerde atıksu yönetimi ve deniz kirliliği kontrolü sempozyumu, 279-287, İSKİ.
- Tanık, A., Şeker, D. Z., Gürel, M., Yüceil, K., Karagöz, İ., Ertürk, A., ve Ekdal, A., (2003). Towards integrating land-based information for watershed modelling in a coastal area via GIS, *Proceedings of the 7th International Specialized Conference on Diffuse Pollution and Basin Management*, 3, Theme 6, 6-122-129.
- Ün, Z.B., (2000). Fate and behavior of organic chemicals in water environment, *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.