SAPANCA GÖLÜ VE HAVZASI İÇİN GÜNCEL CBS VERİ ALTYAPISININ OLUŞTURULMASI

C. Aydöner[1], K. Güneş[2], R. İleri[3], M. Albay[4], İ. Yolcubal[5], R. Keleş[6], İ. Bayram[7]
[1,2]TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Çevre Enstitüsü, Gebze, Kocaeli. [1]Cihangir.Aydoner@mam.gov.tr ,[2]Kemal.Gunes@mam.gov.tr
[3]Sakarya Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya. ileri@sakarya.edu.tr
[4]İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, İstanbul. albay.hermano@gmail.com
[5]Kocaeli üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kocaeli. yolcubal@kou.edu.tr
[6]Sakarya Büyükşehir Belediyesi ADASU Genel Müdürlüğü, Sakarya. rustemkeles@gmail.com
[7]Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İSU Genel Müdürlüğü, Kocaeli. ibayram@isu.gov.tr

ÖZET

Sapanca Gölü, başta Adapazarı olmak üzere çevresinde bulunan tüm yerleşimler için içme ve kullanma suyu kaynağı olmasının yanında, ülkemizdeki büyük sanayi kuruluşlarından bazıları için gereken endüstriyel su ihtiyacının önemli bir miktarını sağlamaktadır. Gölün bu derece yoğun kullanılması nedeniyle göl havzası içerisinde kirlilik yaratabilecek unsurların tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması şarttır. Bu amaçla havza genelinde toplanacak verilerin değerlendirilmesi ve karar vermeye yönelik olarak sorgulanması, analiz edilmesi ve sunulması için Sapanca Gölü havzası için coğrafi bilgi sistemi altyapısı oluşturma ihtiyacı doğmuştur. "Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik Kaynaklarına Özgü Kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Geliştirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması" projesi kapsamında olası mekansal kararların daha sağlıklı ve doğru verilmesi için oluşturulan Sapanca Gölü ve Havzası Coğrafi Bilgi Sistemi altyapısında farklı veri kaynaklarından faydalanılmıştır. Teknik özellikleri ve maliyeti göz önüne alındığında, stereo olarak görüntü alabilen ALOS uydusu havzadaki güncel altlık veri katmanlarının üretilmesinde en önemli veri kaynaklarından biri olmuştur. Uydunun 2.5 m çözebilirlikli siyah-beyaz stereo verileri kullanılarak sayısal yükseklik modeli, sayısal yükseklik modelinin girdi veri olarak kullanılması ile dereler bazında alt havzalar ve havza sınırları otomatik olarak üretilmiştir. Yine ALOS uydusunun 10m çözebilirlikli çok bantlı verisi ile 2.5 m çözebilirlikli siyah-beyaz verisi birlikte kullanılarak karma veri oluşturulmuş ve bu veriden güncel arazi örtüsü/arazi kullanım durumu, dereler, yollar vb veriler sayısallaştırılmış, vektörel veri katmanları şeklinde CBS ortamına entegre edilmiştir. Uydu verilerinin yanında, kurum ve kuruluşlardan ve arazi çalışmalarından havza açısından önemli olabilecek diğer veriler temin edilmiştir. Bu veriler arasında Sapanca Gölü'ne ait batimetri verileri, havza hidrojeolojisine yönelik sondaj kuyularında yapılan ölçümler, havza içerisinde bulunan derelerden ve gölden alınan suların kalitesi ile ilgili veriler sayılabilir. Havza sınırları dahilinde üretilen tüm mekansal ve mekansal olmayan bu veriler daha önce tasarlanmış olan veri modeline entegre edilerek planlama faaliyetleri için kullanılacak bir CBS veri altyapısı oluşturulmuştur. İlk olarak doğal arıtım için uygun olabilecek alanların tespit edilmesi çalışmasında kullanılan söz konusu CBS veri altyapısının farklı çalışmalarda kullanılması ve güncel tutulmasına yönelik olarak ilgili kamu kurum ve kuruluşlar için farkındalık oluşturulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Sapanca Gölü, Havza, Coğrafi Bilgi Sistemi Altyapısı, ALOS.

CREATING UP-TO-DATE GIS DATA INFRASTRUCTURE FOR SAPANCA LAKE AND ITS BASIN

ABSTRACT

Along with its usage for drinking and being a natural source of water for Adapazarı in particular and its surrounding settlements, Sapanca Lake also provides a significant amount of industrial water for some of the major industries in Turkey. Due to the intense utilization of this lake, it is essential to take the necessary measures to identify and prevent the factors causing the pollution within the lake basin. For this purpose, the need for creating a GIS infrastructure for the Sapanca Lake Basin, which will evaluate the data collected throughout the basin, query this data for decision support purposes, and analyze and display this data, arose. Within the framework of the project titled " Research and Development of Control Technologies Specific to Sapanca Lake's Priority Pollutant Resources and the Adaptation of These Technologies to the Lake Basin", different data sources are used for giving possible spatial decisions in a more healthy and correct manner in the GIS infrastructure of the Sapanca Lake and its basin. Technical specifications and costs are taken into consideration. ALOS satellite, which can take stereo images, is one of the most important data sources for producing up-to-date data layers. Using PAN stereo data of the ALOS satellite, which has 2.5m spatial resolution, a digital elevation model (DEM) was created. Also by using DEM as input, sub-basins and basin boundaries of the Sapanca Lake were automatically delineated. Again, a composite image was generated by using the ALOS PAN and multispectral data and up-to-date landcover/ landuse map, streams, roads, etc. were digitized from the composite image and integrated into the GIS environment as vector data layers. In addition to satellite data, various other data, which are important for the lake and its basin, were obtained from institutions, governmental organisations and in-situ measurements. Bathymetric data of the Sapanca Lake, measurements

made in boreholes, and water quality measurements made in the streams and the Sapanca Lake are among these types of data. With the integration of all spatial and non-spatial data produced within basin into the data model designed before, the GIS data infrastructure has been established for the use of planning activities. Related public instutitions and organizations were made aware of the technology, in order to be able to use the aformentioned GIS infrastructure, which was initially used to determine the areas which could be suitable for natural treatment, and to keep it up-to-date.

Keywords: Sapanca Lake, Watershed, Geographical Information System Infrastructure, ALOS.

1. GİRİŞ

Sapanca Gölü, başta Adapazarı olmak üzere çevresinde bulunan tüm yerleşimler için içme ve kullanma suyu kaynağı olmasının yanında, ülkemizdeki büyük sanayi kuruluşlarından bazıları için gereken endüstriyel su ihtiyacının önemli bir miktarını sağlamaktadır. Gölün bu derece yoğun kullanılması nedeniyle göl havzası içerisinde kirlilik yaratabilecek unsurların tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması şarttır. Bu kapsamda yapılan "Sapanca Gölü'nün Öncelikli Kirlilik Kaynaklarına Özgü Kontrol Teknolojilerinin Araştırılıp Geliştirilerek Göl Havzası İçin Uyarlanması" projesinin 1. iş paketi kapsamında olası mekansal kararların daha sağlıklı ve doğru verilmesi için "Sapanca Gölü ve Havzası Coğrafi Bilgi Sistemi Veri Altyapısı" oluşturma ihtiyacı doğmuştur. Özelikle göle karayollarından gelen kirliliğin bertarafı amacıyla sözkonusu sistemin tasarlanması daha isabetli kararların alınmasını sağlayacaktır.

Söz konusu altyapının oluşturulmasında farklı veri kaynaklarından faydalanılmıştır. Teknik özellikleri ve maliyeti göz önüne alındığında, stereo olarak görüntü alabilen ALOS uydusu havzadaki güncel altlık veri katmanlarının üretilmesinde en önemli veri kaynaklarından biri olmuştur. Uydunun 2.5 m çözebilirlikli siyah-beyaz stereo verileri kullanılarak sayısal yükseklik modeli, sayısal yükseklik modelinin girdi veri olarak kullanılması ile dereler bazında alt havzalar ve havza sınırları otomatik olarak üretilmiştir. Yine ALOS uydusunun 10m çözebilirlikli çok bantlı verisi ile 2.5 m çözebilirlikli siyah-beyaz verisi birlikte kullanılarak karma veri oluşturulmuş ve bu veriden güncel arazi örtüsü/arazi kullanım durumu, dereler, yollar vb veriler sayısallaştırılmış, vektörel veri katmanları şeklinde CBS ortamına entegre edilmiştir. Uydu verilerinin yanında, kurum ve kuruluşlardan ve arazi çalışmalarından havza açısından önemli olabilecek diğer veriler temin edilmiştir. Bu veriler arasında Sapanca Gölü'ne ait batimetri verileri, havza hidrojeolojisine yönelik sondaj kuyularında yapılan ölçümler, havza içerisinde bulunan derelerden ve gölden alınan suların kalitesi ile ilgili veriler sayılabilir.

Sapanca Gölü Coğrafi Bilgi Sistemi Veri Altyapısında bulunan veriler ve kullanılan yöntemler aşağıda detaylı olarak anlatılmıştır.

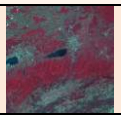
2. YÖNTEM

2.1. Uydu Görüntülerinin Temin Edilmesi ve Geometrik Düzeltme

Güncel verileri içeren bir altyapının oluşturulması için ilk olarak bölgenin Tablo 1'de verilen uydu görüntüleri satın alınmıştır. Söz konusu uydu görüntülerinin alınmasında, sahip olduğu yüksek çözümleme gücü ile maksimum verinin üretilebilmesi ve düşük maliyette olması, etkili olan faktörlerdir. Japon Uzay Ajansı'nın 2006 yılında yörüngesine gönderdiği ALOS (Advanced Land Observing Satellite) uydusunda 3 farklı algılayıcı sistem bulunmaktadır. Bunlardan stereo çekim yapabilen PRISM (Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping) 2.5m çözebilirlikli ve 35x35km'lik çerçeve genişliğine sahiptir. 4 bantlı 10m çözebilirlikli AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer-2) ise 70x70km'lik bir çerçeve genişliğine sahiptir. Uydunun PALSAR adı verilen algılayıcısı ise SAR verisi toplamaktadır.(Kamiya, 2000).

Ham olarak temin edilen ALOS uydu görüntülerinin harita niteliğinde kullanılabilmesi için geometrik olarak düzeltilmesi gerekmektedir. Bu amaçla arazi çalışması düzenlenerek görüntüde tespit edilebilen, yol ve ırmak kesişim noktası, duvar köşesi gibi belirgin yerlerde GPS ile koordinat ölçümleri yapılmıştır. Şekil 1'de ölçüm yapılan noktaların görüntü üzerindeki dağılımları verilmiştir.

Tablo 1. Sapanca ve Havzası için alınan uydu görüntüsü bilgileri

No	Uydu	Algılayıcı	Tarih	Çözünürlük	Küçültülmüş Görüntüsü
1	ALOS	PRISM	26.06.2008	2.5 m	
2	ALOS	PRISM	09.05.2007	2.5 m	
3	ALOS	AVNIR-2	26.06.2008	10 m	

Şekil 1. GPS koordinat ölçümlerinin dağılımı

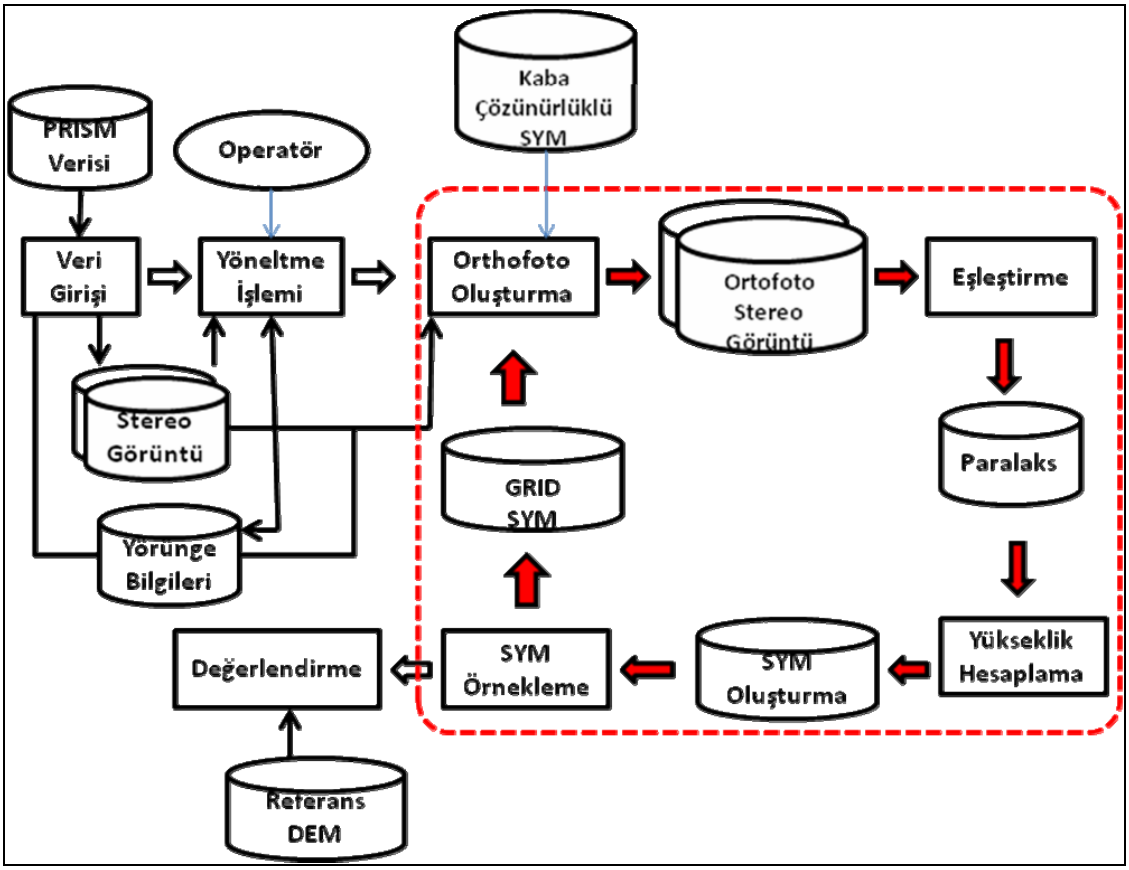
Yukarıda verilen GPS ölçüm noktaları kullanılarak iki farklı çerçevede temin edilen 2.5m çözünürlüklü uydu verilerine ait geometrik düzeltme raporu Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Uydu görüntülerine ait geometrik düzeltme raporu

Görüntü no	Nokta Sayısı	X RMS (piksel)	Y RMS (piksel)	Toplam RMS (piksel)
2424(Sapanca-Doğu)	30	0.92	0.80	1.22
2423(Sapanca -Batı)	29	0.73	0.89	1.15

2.2. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Havza Sınırlarının Üretilmesi

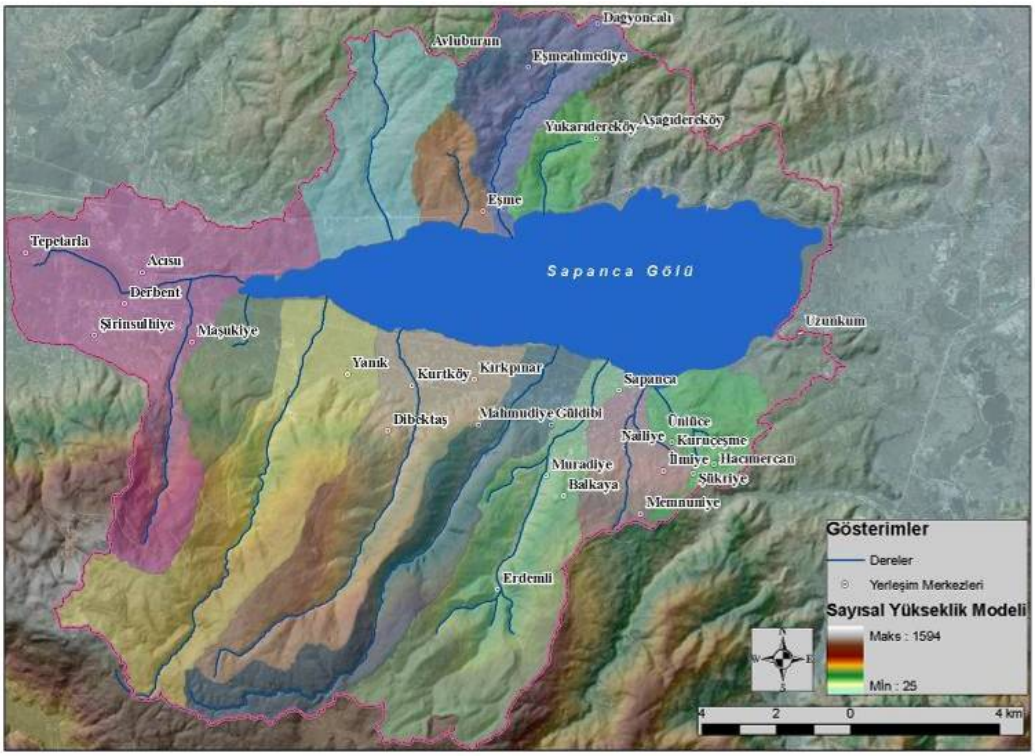
ALOS uydusu, yörüngesi boyunca geriye doğru, nadirde ve ileriye doğru olmak üzere aynı anda algılama yapabilen 3 adet PRISM algılayıcısına sahiptir. Nadir'e göre ±23.8º lik bir eğiklikle algılama yapacak şekilde yerleştirilen geri ve ileri algılayıcılar uygun B/H baz oranı sağlanması ile yüksek doğrulukta sayısal yükseklik modelinin üretilmesine katkıda bulunmaktadır. B/H oranının oranının 0.5 ile 1.0 arasında olduğu durumlar da stereo veriden sayısal yükseklik modelinin üretilmek mantıklıdır.(Hasegawa ve diğ, 2000). PRISM uydu verisinin çekildiği andaki yörünge ve kamera bilgileri esas alınarak yapılan çalışmanın genel akışı Şekil 2'de verilmiştir. (Futamura vd., 2002)



Şekil 2. Stereo Uydu verisinden SYM oluşturma genel akışı (Futamura vd., 2002)

Sapanca Gölü ve havzası için geriye doğru olan PRISM algılayısıcının görüntü alamaması nedeni ile nadir ve ileriye doğru algılayıcıların çektiği görüntüler kullanılarak tek bir stereo görüntüden sayısal yükseklik modeli üretilmiştir. Üretilen sayısal yükseklik modelinin doğruluğunun kontrolü için mevcut 1: 25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar ile birlikte arazide yapılan GPS ölçümleri kullanılmıştır. Uydu verisinden üretilen sayısal yükseklik modeli ile yapılan ölçümler karşılaştırılmış olup iki veri arasında maksimum 5m'ye varan farklar belirlenmiştir. Sahip olduğu çözünürlük göz önüne alındığında söz konusu farklar kabul edilebilir sınırlar içerisinde değerlendirilmiştir.

Sapanca gölü ve etrafına ait sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasından sonra ArcGIS Desktop yazılımı ile havza hidroloji analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler neticesinde akış yönleri, olası dereler, sapanca gölü havzası ve alt havzalarına ait sınırlar belirlenerek haritalanmıştır (ESRI, 2007). Şekil 3'te Sapanca Gölü için oluşturulan SYM üzerinde dereler, yerleşim yerleri ve alt havzalar ile birlikte Sapanca Gölü Havzası sınırları verilmiştir.



Şekil 3. Sapanca Gölü Havzası ve alt havza sınırları

2.3. Arazi Örtüsü/Arazi Kullanımı Haritalarının Oluşturulması

Uydu görüntülerinin geometrik olarak düzeltilmesinden sonra yüksek çözümleme gücüne sahip olan 2.5m çözünürlüklü siyah beyaz (PAN) görüntüsü ile 10m çözümleme gücüne sahip olan renkli (Multi Spectral) görüntü birleştirilerek Şekil 4'te örneği verilen 2.5m çözünürlüklü renkli görüntü oluşturulmuştur.

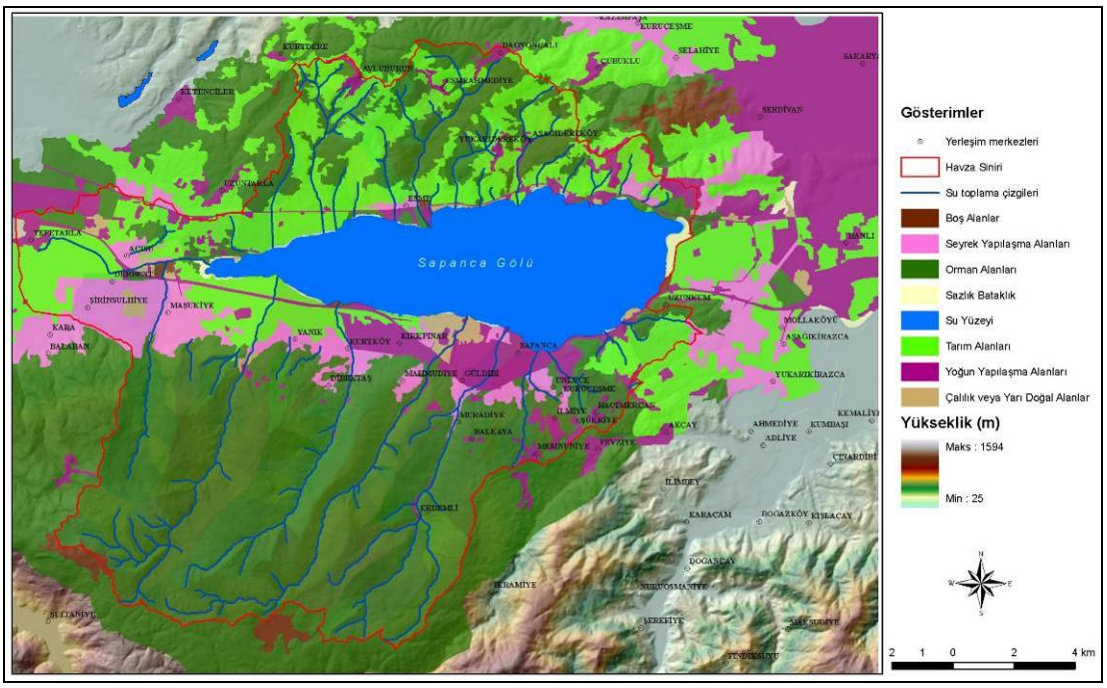
10m çözünürlüklü renkli MS görüntüsü

2.5m çözünürlüklü PAN görüntüsü

2.5m çözünürlüklü PAN+MS renkli görüntüsü

Şekil 4. Yüksek çözünürlüklü uydu verisinin oluşturulması

Harita niteliği kazandırılan söz konusu görüntü altlık alınarak arazi örtüsü/arazi kullanım durumu görüntü üzerinden sayısallaştırılmıştır. CORINE 1. düzey sınıflandırmanın esas alındığı Sapanca gölü havzası arazi örtüsü/arazi kullanım haritası Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Sapanca Gölü Havzası Arazi Örtüsü/Arazi Kullanım Haritası

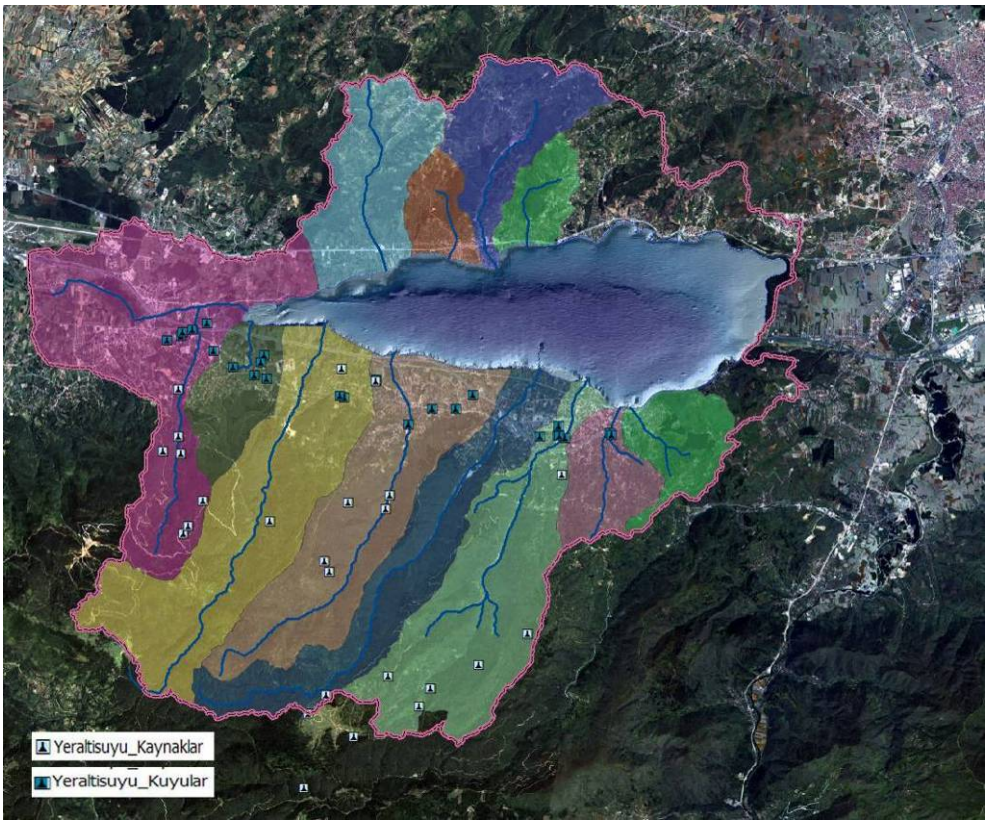
2.4. Hidrojeolojik Çalışmalar

Sapanca Göl havzasının özellikle güney kesimlerinin detaylı hidrojeolojisi çalışılarak akifer (yeraltı su tutma yapıları) sistemlerinin belirlenmesi, akifer sistemleriyle göl arasındaki ilişkinin ortaya konulması, havzadaki yeraltı sularının hidrojeokimyasal açıdan değerlendirilerek kalite ve kirlilik açısından yorumlanması, yeraltı sularının köken, dolaşım ve beslenme mekanizmalarının izotopik yöntemlerle ortaya konulması amaçlanmaktadır. Tüm bu çalışmaların ortaya konulması ve yorumlanması aşamalarında havzanın güneyini jeolojik ve hidrojeolojik açıdan temsil edecek şekilde, bölgede homojen olarak dağılmış 25 kaynak noktası ile 25 kuyu noktası belirlenerek CBS veri altyapısına entegre edilmiştir.

Belirlenen kaynak noktaları bölgenin güneyinde ki ortalama 172-1197 m kotları arasında yer alan, daha çok karstik akifer olarak adlandırdığımız mermer birimleri içerisinde gelişmiş Maşukiye ile Sapanca arasında ki geniş bir alanda dağılım gösteren, genellikle ana dereler ve vadileri üzerinde yer alan kaynaklardır. Bölgede, Maşukiye civarında yer alan 6 kaynak İzmit il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bu kaynak sularının idaresi İSU tarafından yapılarak çevredeki köylerin su ihtiyacı karşılanmaktadır. İnceleme alanındaki diğer 19 adet kaynak ise Sakarya il sınırları içinde bulunmaktadır. ADASU tarafından yönetimi yapılan bu kaynak suları ise Sapanca, Kurtköy, Kırkpınar ve Yanık bölgelerindeki köy ve mahallelerin içme suyu ihtiyaçlarının bir kısmını karşılamak üzere kullanılmaktadır.

Belirlenen kuyu noktaları ise ovada yer alan akifer sistemini karakterize etmesi amacıyla seçilmiştir. Kuyular, Maşukiye ile Sapanca arasındaki alüvyal düzlükte 35-70 m kotunda yer alan doğu-batı uzanımlı bir düzlem üzerinde bulunmaktadır. İncelenen kuyuların 11' i Kocaeli il sınırları içinde, 14'ü ise Sakarya il sınırları içinde bulunan ruhsata kayıtlı Devlet Su İşleri (DSİ), Adapazarı İl Özel İdaresi, Adapazarı Su (Adasu), İzmit Su (İSU), bölge belediyeleri ve özel firmalar tarafından açılmış olan kuyulardır.

Göl batimetrisi hidrojeolojik çalışmalarda önemli bir altlık olduğu için, DSI'den dxf formatında temin edilen göl batimetri verileri yeniden derlenmiş ve sisteme entegre edilmiştir (Şekil 6). Gölün en derin noktası -22.5m, en yüksek noktası ise 42.5m kotuna sahip olup yaklaşık 65m'lik bir yükseklik farkı söz konusudur.



Şekil 6. Havza Genelinde Ölçüm Yapılan Yeraltı Suyu Kaynak ve Kuyu Noktaları ile Göl Batimetrisi

2.5. Göl ve Derelerde yapılan Su Kalitesi Ölçüm Çalışmaları

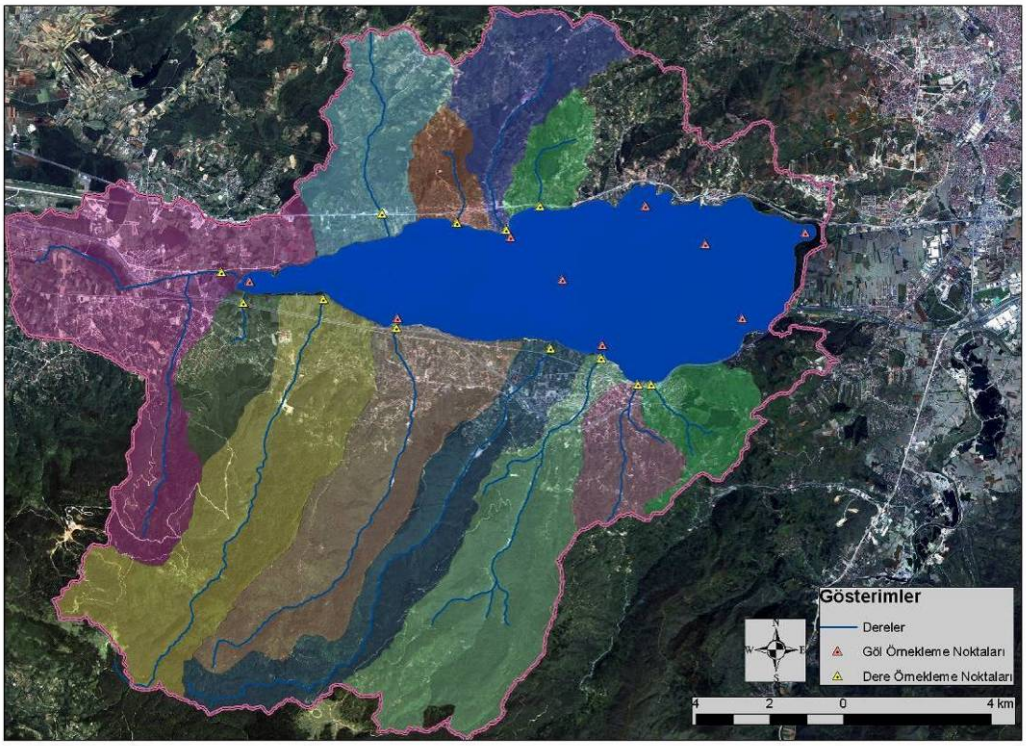
Sapanca Gölü su kalitesinin Eylül 2008 – Mayıs 2010 tarihleri arasında 7 kıyı istasyonu ve 2 açık bölge (pelajik) istasyonu olmak üzere toplam 9 istasyonda örnekleme yapılmıştır (Şekil 8). Su örnekleri kıyı istasyonlarında yüzey ve 1m derinlikten, açık bölge istasyonlarından 4. istasyondan yüzey, 1, 5, 10, 15, 20, 30, 40 ve 50 m derinliklerden; 6. istasyonda ise yüzey, 1, 5, 10, 15, 20 m derinliklerden kapalı su alma kabı ile alınmıştır. Örnekler Mayıs – Eylül ayları arasında her onbeş günde bir, diğer dönemlerde aylık örnekleme şeklinde alınmıştır.

Karasal bölgedeki su kalitesi izleme çalışmaları Göl'e dökülen 12 derede (Harmanlı, Kurudere, Maden (Eşme), Değirmen, Balıkhane, Kasabasın, Yanık (Karaçay), Kuruçay (Kurtköy), Mahmudiye, İstanbul, Keçi ve Sarp) yapılmıştır. Numuneler, derelerin göle döküldüğü yere mümkün olan en yakın girişim olmayan noktadan rutin olarak aylık sıklıkta alınmıştır.

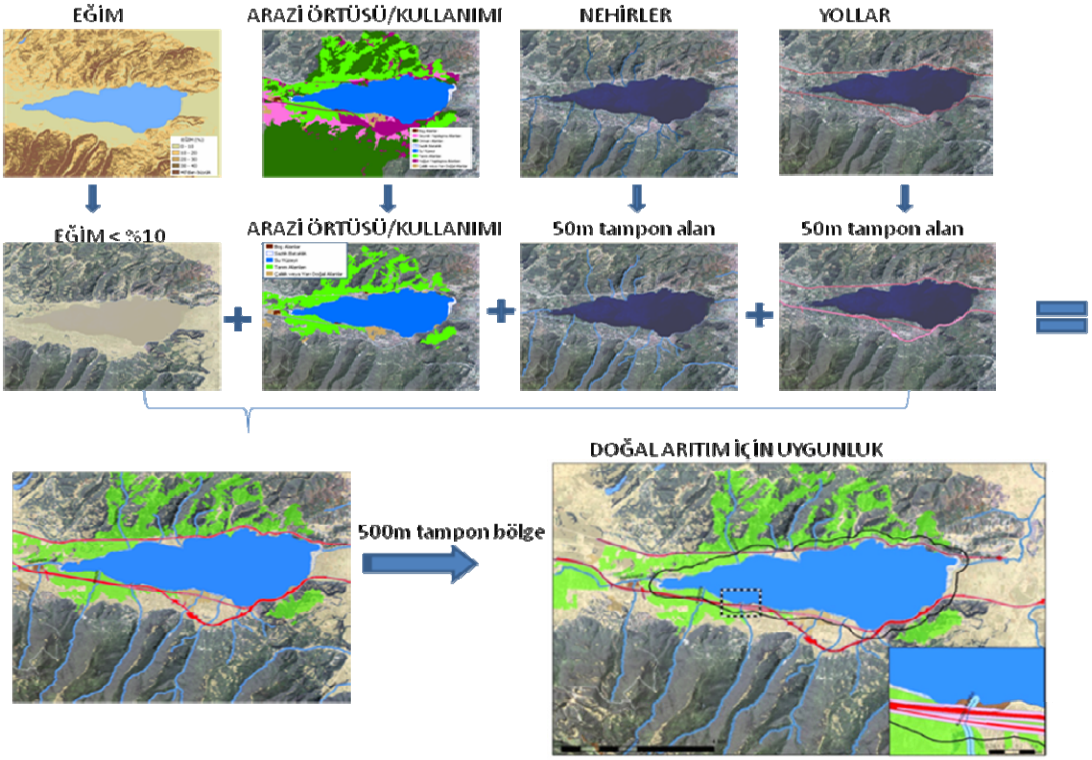
Göl ve dere örnekleme noktalarının yerleri Şekil 7'de gösterilmiş olup buralarda yapılan ölçümler ise Tablolar şeklinde ID numaraları ile ilişkilendirilerek CBS veri altyapısına entegre edilmiştir.

2.6. Doğal Arıtım İçin Uygun Alan Belirleme Analizi

Projenin temel hedeflerinden biri özellikle yağış suları ile göle ulaşan kirliliklerin önlenmesi için göl etrafında kurulacak olan doğal arıtım tesisi için uygun alanların belirlenmesidir. Bu amaçla güncel CBS veri altyapısında bulunan uydu görüntüsü, arazi örtüsü/arazi kullanımı, sayısal yükseklik modeli, eğim durumu, dereler, yollar vb veri katmanları konu uzmanının belirlediği kriterler dahilinde sorgulama ve analizler yapılarak doğal arıtım için uygun olabilecek alanlar belirlenerek haritalanmıştır. Çalışmanın akışı ile birlikte üretilen haritalar Şekil 8'da verilmiştir.



Şekil 7. Havza Genelinde Ölçüm Yapılan Dere ve Göl İstasyon Noktaları



Şekil 8. Doğal Arıtım İçin Uygun Olabilecek Alanların CBS'de Analizi

Buna göre;

1. Stereo uydu görüntülerinden üretilen sayısal yükseklik modeli temel alınarak üretilen eğim durumunda %10'nu geçmeyen alanlar doğal arıtım için uygun alan statüsünde değerlendirilmiştir.

2. Yine uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırılarak üretilen arazi örtüsü/arazi kullanımı veri katmanı doğal arıtım açısından uygun olabilecek alanlar açısından irdelenmiştir. Bu kapsamda özellikle çıplak alanlar, çalılık ve yarı doğal alanlar, bataklık ve sazlık alanlar ile tarım alanları uygun olabilecek alanlar olarak değerlendirilmiştir.
3. Göl'e deşarjı olan dereler için oluşturulan 50m'lik tampon bölgeler uygun olabilecek alan statüsünde değerlendirilmiştir.
4. Son olarak göl çevresinde bulunan yollar için oluşturulan 50m'lik tampon alanlar uygun alan olarak değerlendirilmiştir.

Yukarıda maddelere uygun olarak yapılan sorgulamalar kapsamında oluşturulan veri katmanları gölden maksimum 500m mesafe bandının konması ile Şekil 9'de görüldüğü gibi haritalanmıştır. Üretilen bu haritanın konu uzmanı danışman ile birlikte gözle yorumlanması neticesinde doğal arıtım açısından uygun olabilecek alanlar belirlenmiş ve haritalanmıştır.

3. SONUÇLAR

İçme suyu kaynaklarının gün geçtikçe azaldığı dünyada mevcut su kaynaklarının idareli bir şekilde kullanılması veya kirlilik yaratan unsurların önlenmesinde ve gelecek kuşaklara sağlıklı bir şekilde aktarılmasında etkin havza yönetiminin rölü büyüktür. Etkin bir havza yönetimi ise oluşturulan güncel CBS veri alyapısı ile mümkündür.

Türkiye'de bir havzada öncelikli kirliliğin azaltılmasına yönelik ilk ve en kapsamlı çalışmalardan biri olan projenin en önemli çıktılarından biri Sapanca Havzası için güncel CBS veri altyapısı oluşturulmuş olmasıdır. Bu altyapının oluşturulmasında ALOS uydu verileri önemli önemli bir veri kaynağı olmuştur. Özellikle güncel arazi örtüsü/arazi kullanımı, sayısal yükseklik modeli, havza hidroloji analizleri ile üretilen havza sınırları, nehir kolları vb. birçok altlık veriler ALOS uydusunun kullanımı ile güncel olarak üretilmiştir. Uydu görüntüleri dışında Göl içerisinde GPS'le belirlenen 9 adet örnekleme noktalarında çeşitli dönemlerde 15 günde bir ve ayda bir olmak üzere yapılan göl su kalitesi izleme çalışmaları CBS ortamında yapılmıştır. Aynı şekilde karasal kirliliğin göle olan etkilerinin belirlenmesi için göl etrafındaki faal 12 dereden örnekleme çalışmaları yapılarak elde edilen 30 adet parametreye ait sonuçlar da CBS ortamında değerlendirilmiştir. Havza hidrojeolojisi kapsamında Kocaeli Üniversitesi tarafından yapılan çalışmalarla birlikte, göl batimetrisinin CBS veri altyapısına entegre edilmesi özellikle Göl'deki su bütçesinin hesaplanmasında önemli kolaylıklar sağlamıştır.

Sapanca Gölü havzası gibi, içme ve kullanma suyu kaynağı olarak kullanılan diğer havzalar için bu çalışma örnek niteliğinde olup yeni yapılmakta olan havza planlama ve özel hüküm belirleme çalışmalarında da benzer yöntemler kullanılabilir. Oluşturulan CBS veri altyapısı karar vericiler için önemli bir mekanizma olup, sürekli güncel tutulması şartı ile gelecekte de vazgeçilmez bir araç olacaktır. Çünkü uzun yıllar toplanmış olan farklı niteliklerdeki verilerin değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçların paylaşılması doğru tasarlanmış bir CBS ile daha kolaydır.

KAYNAKLAR

Futamura N., Takaku J., Suzuki H., Iijima T., Tadono T., Matsuoka M., Shimada M., Igarashi T., Shibasaki R., 2002, High resolution DEM generation from ALOS PRISM data- algorithm development and evaluation , *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS '02. 2002 IEEE International* , 6, 1-94.

Hasegawa H., Matsuo K., Koarası M., Watanabe N., Masaharu H., Fukushıma Y., 2000, DEM accuracy and the base to height (B/H) ratio of stereo images, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXIII, Part B4, Amsterdam.

Kamiya I., 2000, Geometric Characteristics of the Early Products of ALOS PRISM, *Bulletin of the Geographical Survey Institute,* 54: 75-82.

Martz, L.W., Garbrecht, J., 1993. Automated extraction of drainage network and watershed data from digital elevation models. Water Resources Bulletin, 29 (6):901-908.

ESRI, 2007, ArcGIS Desktop Help Online. http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2, (20.09.2010).