

# COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ İLE İÇMESUYU HAVZALARINDA KONUT GELİŞİM ALANI BELİRLENMESİ: YUVACIK BARAJ GÖLÜ HAVZASI ÖRNEĞİ

A. Koç<sup>a\*</sup>, T. Gökgez<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 Esenler, İstanbul, Türkiye – f5014005@std.yildiz.edu.tr

<sup>b</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220 Esenler, İstanbul, Türkiye – gokgez@yildiz.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELEER:** İçme suyu havzaları, Havza karakteristikleri, Konut gelişim alanları, Coğrafi bilgi sistemleri, Analitik hiyerarşi yöntemi

## ÖZET:

İçme suyu havzalarındaki tarımsal faaliyetler, sanayileşme ve yerleşimler, su kalite ve miktarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, içme suyu havzalarında sürdürülebilir su yönetimi için planlama tekniklerinin belirlenmesi gerekmektedir. İçme suyu havzalarında, imar düzenlemesi için talep edilen yeni yerleşim alanları belirlenirken, havzanın kendine özgü fiziksel özellikleri değerlendirilmelidir. Havzanın karakteristiğini gösteren kriterlerin seçimi, su kalite ve miktarına etki eden faktörlerin belirlenmesi ve sürdürülebilir su yönetiminin sağlanabilmesi için önemlidir. Bu çalışmada belirlenen kriterler; havza koruma sınırları, arazi kullanımı, yeraltı suyu koruma alanları, yerleşim yerine uzaklık, eğim, ulaşım ve dere taşkın sınırıdır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi araçlarıyla mekânsal analizler yapılmış ve Kocaeli ili Yuvacık Baraj Gölü Havzasında konut gelişim alanları belirlenmiştir.

## DETERMINATION OF RESIDENTAL DEVELOPMENT AREAS IN DRINKING WATER BASINS WITH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ANALYTIC HIERARCHY METHOD: YUVACIK DAM LAKE BASIN EXAMPLE

**KEYWORDS:** Drinking water basins, Basin characteristics, Residential development areas, Geographic information systems, Analytic hierarchy method

## ABSTRACT:

Agricultural activities in drinking water basins, industrialization and settlements negatively affect water quality and quantity of water. Therefore, planning techniques for sustainable water management in drinking water basins should be determined. In determining the new settlement areas demanded for the zoning planning in drinking water basins, the specific physical properties of the basin should be evaluated. Selection of criterions showing the characteristics of the basin is important for determining the factors affecting water quality and quantity of water and ensuring sustainable water management. The criterions determined in this study are; basin borders, land usage, protected groundwater boundaries, distance to settlement, slope, transportation and river flood boundary. The spatial analyzes were made using Geographical Information System tools by using the criterion weighted by Analytical Hierarchy Method which is one of the multiple criteria decision making methods and residential development areas were determined in Yuvacık Dam Basin of Kocaeli province.

## 1. GİRİŞ

Kentlerdeki nüfusa bağlı yoğun yerleşim alanlarındaki hava kirliliği, gürültü, arsa ve bina fiyatlarının fazlalığı ve insan yaşamını zorlaştıran diğer birçok faktöre karşın, içme suyu havzaları, temiz havası, orman ve su gibi doğal kaynaklara yakınlığı ve yerleşimi engelleyemeyen yasal engellerin bulunmaması dolayısıyla, birçok kesim tarafından yaşam alanı olarak tercih edilen cazibe merkezi konumundadır (Suri, 2001).

Geçmişten bugüne kadar su kaynaklarının çevresinde ve içme suyu havzalarımızda planlama yapılmadığı için, artan nüfusla birlikte havzalardaki su kaynakları üzerinde oluşan sosyal baskı artarak devam etmektedir (Yüksek, 2004). Bu baskının sonucunda ise havza ekosistemi bozulmakta ve havza içerisindeki su kaynakları ve kaynak beslenme alanlarına etki eden kirlenici faktörler artmaktadır. Bu nedenle, içme suyu havzalarında sürdürülebilir su yönetimi için, yeni imar planlama tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS), coğrafi bilgileri toplamak, depolamak, sorgulamak, analiz etmek, görüntülemek ve sunmak için güçlü bir araçtır. Bu nedenle mekânsal karar verme süreçlerinde büyük etkiye sahiptir (Eastman vd., 1998).

Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) ise planlama konusu alan seçimi, yerleşim yeri seçimi, altyapı ve üst yapı imalatı için koridor güzergâh seçimi gibi mekânsal problemlerin çözümüne yönelik kullanılacak CBS tabanlı dinamik bir modeldir.

Bu çalışmada, Kocaeli ili Yuvacık Baraj Gölü Havzasında yeni yerleşim alanlarının oluşturulabilmesi için, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden AHY ile belirlenen kriter ve ağırlıkları CBS tabanlı mekânsal analizlerle ilişkilendirilerek yer seçimi alanlarının tespit edilmesi amaçlanmıştır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Yuvacık Baraj Gölü Havzası, Marmara bölgesinde ve Kocaeli ili İzmit ilçesinin yaklaşık 16 km güney doğusundadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yuvacık Baraj Gölü Havzası.

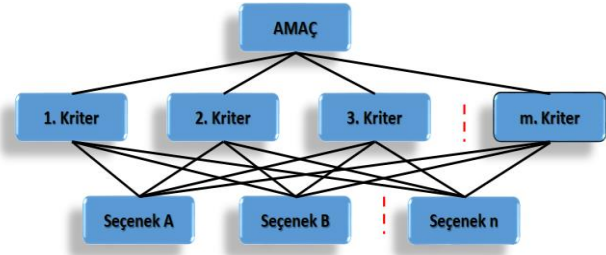
### 2.2 Analitik Hiyerarşi Yöntemi

AHY, ilk olarak Myers ve Alpert ikilisi tarafından 1968 yılında ortaya atılmış ve 1977 yılında Saaty tarafından çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan bir model olarak geliştirilmiştir (Yılmaz, 2014).

AHY, çok sayıda seçenek arasından seçim yaparken, çok kriterli bir karar verme durumunda kullanılır. Sonlu sayıda seçeneğin yer aldığı problemlerde en iyi seçeneği bulan bir yöntemdir. AHY'nin akılcılığı; problem çözme hedefine odaklanması, problem hakkında ilişkiler ve etkilerden oluşan bütünlük bir model geliştirme yetisine sahip olması ve en iyi çözüme ulaşabilmesi olarak ta açıklanabilir. (Saaty, 1994).

Karmaşık çok kriterli karar problemleri için geliştirilen AHY; problemin tanımlanması, hedef kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesi, karşılaştırma matrislerinin oluşturulması, kriterlerin ağırlıklandırılması ve tutarlılık oranının belirlenmesi adımlarından oluşmaktadır.

AHY'de ele alınan problem; ana hedef, kriterler, alt kriterler ve seçenekler düzeyinde hiyerarşik bir sistemi içeren bir modele dönüştürülmektedir. Hiyerarşik sistem genel olarak en az üç düzeyden oluşur ve buna göre en üst düzeyde problemin genel amacı, amacın altında ise sırasıyla kriterler ve seçenekler yer alır (Şekil 2). Konumsal verileri içeren seçenekler; vektör veri yapısında nokta, çizgi ve poligonlarla, raster veri yapısında piksellerle ifade edilir (Malczewski, 1999).



Şekil 2. Analitik hiyerarşi modeli (Saaty, 2008).

AHY'de, amaç belirlendikten sonra, amaca uygun kriter ve alt kriterler belirlenir ve sonrasında kriter ve alt kriterlerin önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karşılaştırma matrisleri oluşturulurken, karar verici tarafından, Tablo 1'de görülen 1 ile 9 arasındaki derecelendirme esas alınarak, kriterlerin önem değerleri belirlenmektedir (Tablo 2).

Tablo 1. AHY ölçek esasları (Saaty, 2008).

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki kriterin eşit öneme sahip olması durumu
3	1. kriterin 2. kriterden daha önemli olması durumu
5	1. kriterin 2. kriterden çok önemli olması durumu
7	1. kriterin 2. kriterden nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. kriterin 2. kriterden nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi (Saaty, 2008).

	1. Kriter	2. Kriter	3. Kriter	...	n. Kriter
1. Kriter	a <sub>11</sub>	a <sub>12</sub>	a <sub>13</sub>	...	a <sub>1n</sub>
2. Kriter	a <sub>21</sub>	a <sub>22</sub>	a <sub>23</sub>	...	a <sub>2n</sub>
3. Kriter	a <sub>31</sub>	a <sub>32</sub>	a <sub>33</sub>	...	a <sub>3n</sub>
:	:	:	:	:	:
n. Kriter	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>n3</sub>	...	a <sub>n5</sub>

Karar vericiler tarafından oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde kriterlere atanan önem değerlerinin hedeflenen aralıkta olup olmadığı, Tutarlılık Oranı (TO) hesabı ile belirlenir. Hesaplanan TO değeri, eğer 0.1'den küçük ise, ikili karşılaştırmaların kabul edilebilir bir düzeyde olduğunu gösterir. Eğer 0.1'e eşit veya 0.1'den büyük ise değerlendirmelerin tutarsız olduğunu gösterir ki, bu durumda, yapılan tüm işlemin tekrarlanması gerekir.

Problemin çözümünün son aşaması tüm düzeyleri kapsayacak bir bileşik ağırlıklandırmanın yapılmasıdır. Bu işlem hiyerarşinin her düzeyinde herhangi bir ağırlığın belirli bir sırada diğer hiyerarşi düzeyindeki ilgili ağırlıkla çarpılmasından oluşmaktadır. AHY, karar vericinin bir karar problemi üzerindeki çeşitlilik arz eden yargılarını, en iyi kararı verebilmek için sistematik bir biçimde oluşturmaktadır. İkinci düzeyden en alt düzeye kadar bu işlem adım adım devam ettirilmekte ve en son aşamada bir bileşik ağırlık vektörü elde edilmektedir.

### 3. UYGULAMA

Yuvacık Baraj Gölü Havzası'nda yeni yerleşim yeri seçimi için en uygun alanların belirlenmesi amacı doğrultusunda aşağıdaki işlem adımları takip edilerek bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Adım 1: Veri altyapısı ve çalışma alanının özellikleri dikkate alınarak kriterler (arazi kullanımı, yer altı suyu koruma alanları, mevcut yerleşim yerlerine olan uzaklık, karayoluna olan uzaklık, eğim, havza koruma alanları) belirlenmiştir.

Adım 2: CBS yazılımı olarak ArcGIS 10.5 ve eklentilerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Adım 3: Vektör formatındaki veriler 10 m çözünürlüklü raster formatına dönüştürülmüş ve tüm veriler TUREF / TM30 (EPSG:5254) sisteminde konumlandırılmıştır.

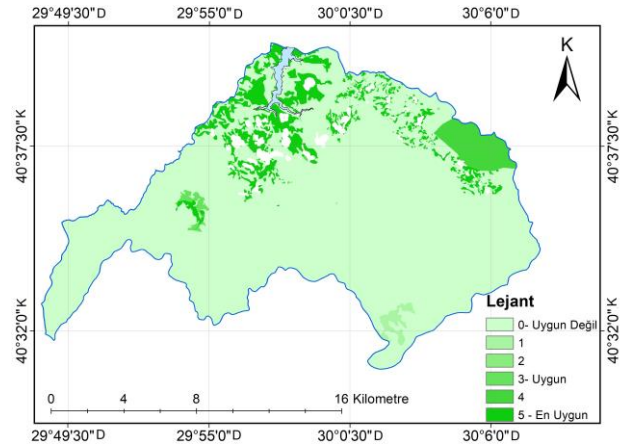
Adım 4: Belirlenen değer aralığına (0-5) göre kriterler yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil 3-8).

Adım 5: Kriterler için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuş ve karar verici tarafından değer ataması yapılmıştır.

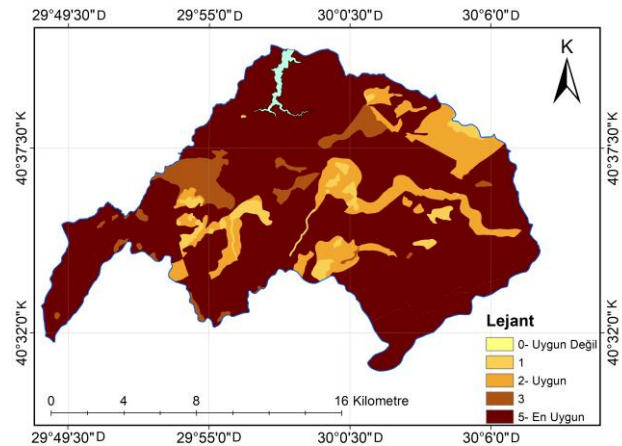
Adım 6: Oluşturulan karşılaştırma matrislerinin ağırlıkları belirlenmiştir.

Adım 7: Oluşturulan matristen yararlanılarak, öz değer vektörü, tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranı belirlenmiş ve kriter ağırlıklarının normalize değerleri hesaplanmıştır.

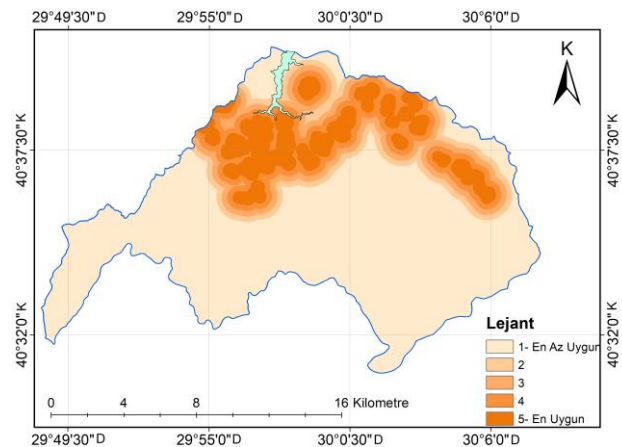
Adım 8: Kriterlere verilen normalize ağırlıkların CBS ortamına aktarılması sonrasında tüm girdi katmanlarının toplanması ile sonuç katmanının üretilmesi sağlanmıştır.



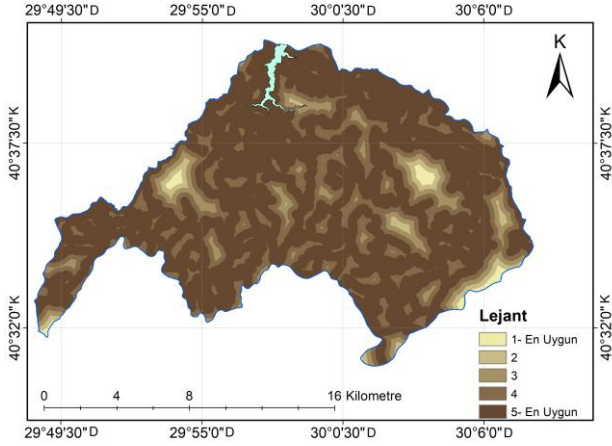
Şekil 3. Yuvacık Baraj Gölü Havzası arazi kullanım alanları yeniden sınıflandırma haritası



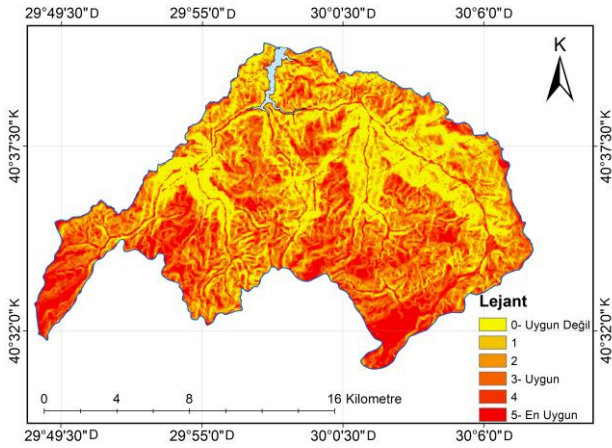
Şekil 4. Yuvacık Baraj Gölü Havzası yer altı suyu koruma alanları yeniden sınıflandırma haritası



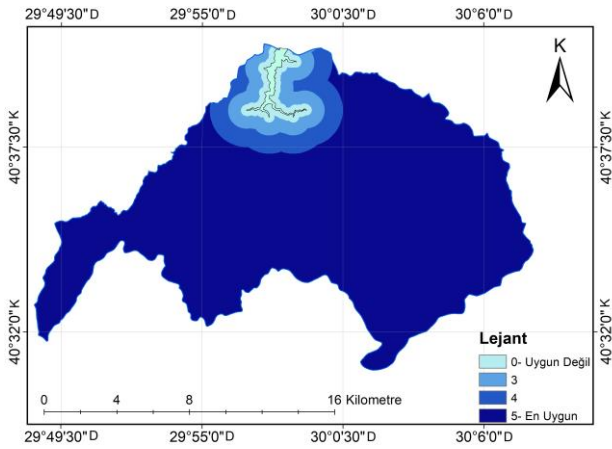
Şekil 5. Yuvacık Baraj Gölü Havzası mevcut yerleşim yerlerine uzaklık yeniden sınıflandırma haritası



Şekil 6. Yuvacık Baraj Gölü Havzası karayoluna uzaklık yeniden sınıflandırma haritası



Şekil 7. Yuvacık Baraj Gölü Havzası eğim yeniden sınıflandırma haritası



Şekil 8. Yuvacık Baraj Gölü Havzası havza koruma alanları yeniden sınıflandırma haritası

### 3.1 Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Kriterlerin birbirine göre derecelendirmesi 1-5 aralığında gerçekleştirilmiştir. Kriterler için oluşturulmuş ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 3'te, kriter ağırlıkları ise Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. İkili Karşılaştırma Matrisi (A: Arazi Kullanımı, B: Yer altı suyu koruma alanları, C: Mevcut yerleşim yerlerine olan uzaklık, D: Karayoluna olan uzaklık, E: Eğimi, F: Havza koruma alanları)

	A	B	C	D	E	F
A	1	1/5	1/3	1/2	2	2
B	5	1	5	5	5	5
C	3	1/5	1	3	4	3
D	2	1/5	1/3	1	3	3
E	1/2	1/5	1/4	1/3	1	1/2
F	1/2	1/5	1/3	1/3	1/2	1

Tablo 4. Kriter Ağırlıkları

	A	B	C	D	E	F
A	0.0833	0.1000	0.0460	0.0492	0.1290	0.1379
B	0.4167	0.5000	0.6897	0.4918	0.3226	0.3448
C	0.2500	0.1000	0.1379	0.2951	0.2581	0.2069
D	0.1667	0.1000	0.0460	0.0984	0.1935	0.2069
E	0.0417	0.1000	0.0345	0.0328	0.0645	0.0345
F	0.0417	0.1000	0.0460	0.0328	0.0323	0.0690

### 3.2 Tutarlılık Oranının Hesaplanması

Tutarlılık oranı 0.034527637 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.1'den küçük olduğu için, kriterlerin ikili karşılaştırma matrislerinde birbirine göre derecelendirilmesi ile hesaplanan ağırlıkların tutarlı olduğu anlaşılmıştır.

### 3.3 Kriter Ağırlıklarının Normalize Edilmesi

Karşılaştırma matrisinin her elemanı, kendi sütun toplamına bölünerek normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş karşılaştırma matrisinin her satırına ait ortalama değerler hesaplanarak sütun vektörü elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Normalize Edilmiş Kriter Ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
A	0.090909
B	0.460922
C	0.207996
D	0.135242
E	0.051323
F	0.053609

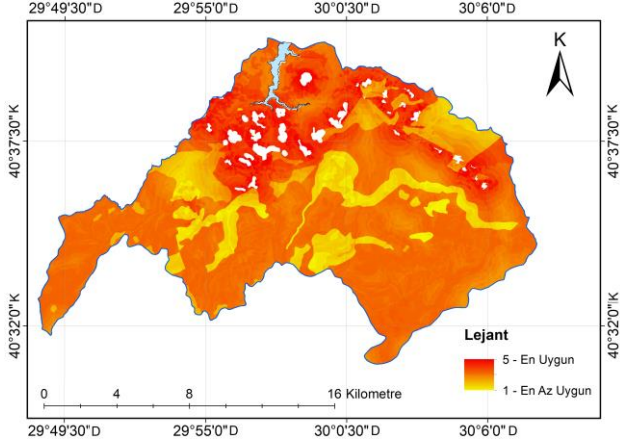
Normalize edilmiş kriter ağırlıklarının CBS ortamına aktarılması sonrasında tüm girdi katmanlarının toplanması ile sonuç katmanının üretilmesi sağlanmıştır.

### 3.4 Yer Seçiminin Yapılması

Uygulamanın son aşamasında, kriterlerin sınıflandırması ile oluşturulan girdi raster veri katmanlarına, kriter ağırlıklarının girilmesi ile sonuç raster veri katmanı oluşturulmuştur.

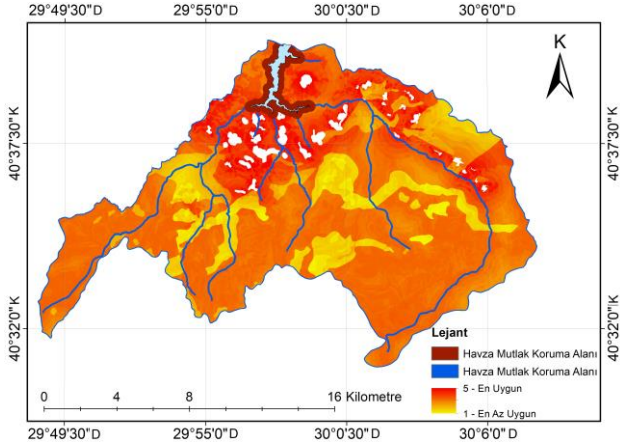
İçme suyu havzasında, konumsal yer seçim problem için üretilen "Konut Gelişim Alanı Yer Seçimi" harita katmanı Şekil 9'te görülmektedir. Aralık değer 1-5 arasında olup, 5 değerindeki alanlar en uygun alan olarak seçilmiştir.





Şekil 9. Yuvacık Baraj Gölü Havzası için yeni yerleşim yeri seçimi uygunluk haritası

2872 Sayılı Çevre Kanunu'na ve 28.10.2017 tarihli ve 30224 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan İçme-Kullanma Suyu Havzalarının Korunmasına Dair Yönetmelik ile 31/12/2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne dayanılarak hazırlanmış olan "Yuvacık Baraj Gölü ve Havzası Özel Hükümleri" uyarınca, havza mutlak koruma alanı ve dere mutlak koruma alanı, yerleşim yeri uygunluk harita katmanına maskeleyerek nihai alanlar oluşturulmuştur (Şekil 10).



Şekil 10. Yeni yerleşim yeri seçimi uygunluk haritası üzerine havza mutlak koruma alanı ve dere mutlak koruma alanı maskeleyme haritası

#### 4. SONUÇ

Yerleşim yeri seçimi gibi çok sayıda kriterin önem derecesine göre ele alınmasını gerektiren karmaşık problemlerin çözümünde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHY'nin etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, belirlenen kriterlerin doğrusal ölçek dönüşümü ile normalleştirilmesi (standartlaştırılması); her bir kriter için uygunluk haritasının yapılması ile her bir kriteri ayrı ayrı ve nihai uygunluk haritası aracılığıyla bir arada algılayabilmemizi sağlamıştır.

Üretilen haritanın, imar planlama çalışmalarında altlık harita olarak kullanılmasının, planlama sürecine destek olacağı düşünülmektedir.

#### KAYNAKLAR

Eastman, J.R., Jiang, H., Toledano, J., 1998. Multi-criteria and multi-objective decision making for land allocation using GIS, Multicriteria Analysis for Land-Use Management Environment & Management Volume 9, pp. 227-251 .

Malczewski, J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis. Kanada.

Yüksek, T., 2004. Türkiye'nin Su Kaynakları ve Havza Planlamasına Dönük Genel Değerlendirmeler. Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi (2004) : 1-2. syf. 71-83.

Saaty, T. L., 1994. How to make a mecision: the analytic hierarchy process. Interfaces, 24 (6), 19-43.

Saaty, T. L., 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1 (1), pp. 83-98.

Suri, L., 2001. Ömerli Su Havzası Ekosistemi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yılmaz, D.Ç., 2014. Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İstanbul Metropolitan Alanında Toplu Taşıma İle Bütünleşik Bisiklet Ağı Kümelerinin Önceliklendirilmesi (Doktora Tezi). İstanbul Yeknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.