

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN CBS DESTEKLİ
ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur YÜCEL

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN CBS DESTEKLİ
ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uğur YÜCEL
(501121627)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501121627 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Uğur YÜCEL**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN CBS DESTEKLİ ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Dursun Zafer ŞEKER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd.Doç.Dr. Zaide DURAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Fatmagül KILIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **29 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Tüm çalışma ve eğitim hayatımda her zaman yanımda olup, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Sakine, babam Halit Seyfi ve kardeşim Ebru'ya,
Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren ve her türlü desteği veren değerli hocam Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker'e,
Çalışmam süresince her zaman yanımda olup bana destek vererek bu süreci mümkün olduğunca rahat ve kolay atlatmamı sağlayan, isimlerini tek tek sayamayacağım tüm dostlarıma ve çalışma arkadaşlarıma,
Sonsuz teşekkürler.

Mayıs 2015

Uğur Yücel
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ	5
3. ÇOK ÖLÜTLÜ KARAR ANALİZİ VE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	13
3.1 CBS ve ÇÖKA	13
3.2 Problemin Belirlenmesi ve Karar Analizinin Modellenmesi	15
3.3 Katmanların Normalleştirilmesi (Normalizasyon).....	17
3.4 Ağırlıkların Belirlenmesi.....	18
3.5 ÇÖKA Problemlerinde Kullanılan Yöntemler	19
3.6 Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY).....	21
3.6.1 Problemin tanımlanması	22
3.6.2 Hiyerarşinin kurulması.....	22
3.6.3 İkili karşılaştırmanın oluşturulması	23
3.6.4 AHY'nin uygulama alanları.....	27
3.6.5 AHY'nin avantajları dezavantajları	30
4. UYGULAMA.....	33
4.1 Çalışma Alanı.....	33
4.2 Kullanılan Veriler.....	34
4.3 Ölçütlerin Belirlenmesi ve Ağırlıkları.....	36
4.4 Normalleştirme (Normalizasyon).....	41
4.5 Çalışma Verilerin Düzenlenmesi	42
4.6 Ölçütlerin Değerlendirilmesi.....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR

AHY	: Analitik Hiyerarşı Yöntemi
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CI	: Consistency Index (Tutarlılık İndeksi)
CR	: Consistency Rate (Tutarlılık Oranı)
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
ELECTRE	: Elimination and Choice Expressing Reality
GIS	: Geographic Information Systems
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
RI	: Tesadüfilik Göstergesi
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : Karar analizi yöntemleri.....	20
Çizelge 3.2 : İkili karşılaştırma tercih ölçeği.....	24
Çizelge 3.3 : İkili karşılaştırma matrisi.	25
Çizelge 3.4 : Tesadüfilik göstergesi.	27
Çizelge 4.1 : İkili karşılaştırma matrisi.	39
Çizelge 4.2 : Bağlı ölçüt ağırlıkları (1. Adım).....	39
Çizelge 4.3 : Bağlı ölçüt ağırlıkları (2. Adım).....	40
Çizelge 4.4 : Ölçütlerin ağırlıkları	41

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : CBS'nin tarihsel gelişimi	9
Şekil 3.1 : Karar verme süreci	14
Şekil 3.2 : Çözüm diyagramı	16
Şekil 3.3 : Karar analizi modeli akış şeması.....	17
Şekil 4.1 : Çalışma alanı	33
Şekil 4.2 : Sarioğlan halihazır haritasının ekran görüntüsü	35
Şekil 4.3 : Sarioğlan imar planı sınırlarının ekran görüntüsü	36
Şekil 4.4 : Sarioğlan ilçesine ait nokta verilerine ilişkin ekran görüntüsü	43
Şekil 4.5 : Sayısal yüzey modelinin oluşturulmasına ilişkin ekran görüntüsü	44
Şekil 4.6 : Yüksekliğe bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.....	44
Şekil 4.7 : Meskuna alanlara bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi	45
Şekil 4.8 : Ulaşım yollarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi	46
Şekil 4.9 : Tarım arazilerine bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi	47
Şekil 4.10 : İmar alanına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.....	48
Şekil 4.11 : Enerji kaynaklarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi	49
Şekil 4.12 : Su kütlelerine bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi	50
Şekil 4.13 : Kuyu ve sondaj alanlarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.....	51
Şekil 4.14 : Map Algebra fonksiyonu yardımıyla ölçütlerin değerlendirilmesi	52
Şekil 4.15 : Yüksekliğe bağlı uygunluk analizi	53
Şekil 4.16 : Meskun alanlara bağlı uygunluk analizi.....	54
Şekil 4.17 : Ulaşım yollarına bağlı uygunluk analizi	55
Şekil 4.18 : Tarım arazilerine bağlı uygunluk analizi.....	56
Şekil 4.19 : İmar alanlarına bağlı uygunluk analizi	57
Şekil 4.20 : Enerji kaynaklarına bağlı uygunluk analizi.....	58
Şekil 4.21 : Su kütlelerine bağlı uygunluk analizi	59
Şekil 4.22 : Kuyu ve sondaj alanlarına bağlı uygunluk analizi	60
Şekil 4.23 : Tüm ölçütlere bağlı atıksu arıtma tesisi yerinin uygunluk analizi	61
Şekil 4.24 : Tüm ölçütlere bağlı sınıflandırılmış atıksu arıtma tesisi yerinin uygunluk analizi.....	62
Şekil 4.25 : Mevcut atıksu arıtma tesisi projesinin karar analizdeki yeri.....	63

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN UYGUN ALANLARIN CBS DESTEKLİ ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Günümüzde ilçeler, kentler gibi yerleşim alanları hızlı bir şekilde büyümekte ve gelişmektedir. Bu ilçelerdeki gelişmenin kontrolü, çalışmaların ekonomik, iyi koşullarda yapılabilmesi, yaşayan insanların ihtiyaçlarının tespit edilmesi ve planlanması için bilgi sistemlerine gün geçtikçe daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Atıksu arıtma tesislerinin kurulması modern şehirleşmede önemli bir yer tutmaktadır. Bu tesislerin yerlerinin belirlenmesi; şehir yaşanırılığı, çevrenin temiz olması ve atık suların tekrar doğaya temiz bir şekilde geri dönmesi açısından önemli bir faktördür.

Bu çalışmada, Kayseri ili Sarioğlan ilçesi için halihazır haritası, imar planı kullanılarak ilçeye yapılacak olan atıksu arıtma tesisinin yerinin en uygun şekilde belirlenebilmesi için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında bir Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) modeli oluşturulması amaçlanmıştır.

Sarioğlan ilçesi; güneyinde Bünyan, doğusunda Akkışla, batısında Özvatan ilçeleri ve kuzeyinde Sivas ili bulunmaktadır. Kayseri'nin küçük ilçelerinden biri olan Sarioğlan'ın 2014 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre nüfusu 14.521 kişidir.

Türkiye'deki kanalizasyon, yağmur suyu tahliyesi ve atık su arıtma tesisi projelerinin hazırlanması ve inşaatı konusunda deneyimli ve aktif bir kamu kurumunda çalışan 2 müdür ve 5 teknik uzmanın görüşleri alınarak atıksu arıtma tesislerinin yapılacağı yerler belirlenirken en önemli 8 adet ölçüt belirlenmiştir. Aynı kurumun çalışanlarının katıldığı bir anket çalışması yardımıyla ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak ağırlıkları belirlenmiştir. Belirlenen ağırlıklardan; düşük kotlu arazi, imar alanlarına uzaklık, kamulaştırma, meskuna uzaklık ve ulaşım yollarına yakınlık ölçütlerinin ağırlıkları diğer ölçütlere göre daha yüksek olduğu görülmüş olup analiz sırasında bu ölçütlerin daha baskın geldiği görülmüştür.

Çalışmadaki verilerin aynı kapsamda analiz edilebilmesi için bazı ölçütlerin en büyük değeri 1, bazı ölçütlerin ise en büyük değeri 0 olacak şekilde normalleştirme yapılmıştır. Normalleştirme işlemi sonucunda ölçütlerin değerleri 0 ile 1 arasında olacak şekilde belirlenmiştir.

Tüm ölçütler belirlenen ağırlıklarıyla beraber CBS yazılımı yardımıyla birleştirilmiş, analiz sonunda ortaya çıkan sentez haritası yeniden normalleştirilmiş, uygun analizi sonuçlarına göre 9 farklı bölüme ayrılmış ve arıtma tesisinin yapılabileceği en uygun alanlar belirlenmiştir. Belirlenen alan yaklaşık 33 hektar olarak hesaplanmıştır.

DETERMINING SUITABLE AREAS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANT USING GIS BASED MULTICRITERIA DECISION ANALYSIS METHOD

SUMMARY

In our days residential areas like counties and cities are growing and developing expeditiously. Thereby to control the development constructionally and economically in the residential areas, specifying and planning the needs of residents, information systems are needed gradually.

A significant increase in environmental problems in our country in recent years. Rivers, lakes and marine waters contaminated waste next to the threatening situation has come to vibrant health. Especially in the areas of migration cities and towns it has been large-scale population growth. Uncontrolled sewage discharges are a result of population growth and development in addition to industrialization. This situation gives serious damage to the environment. Plants such as environmental pollution caused by the death of the living being also affected negatively and cause economic losses.

Increasing environmental problems in our country has led to increased sensitivity on this issue. After disposing of the waste water that holds an important place in terms of the environment and has rendered harmless discharge on the agenda. Therefore, the existing water source pollution to water sources and wastewater treatment is required for more efficient use.

Establishment of waste water treatment has a great role in modern urbanizing. Locating the treatment facilities is an important factor for city inhabitability, clean environment and waste waters' oscillation to the nature.

The first wastewater treatment plant in the modern sense in the world was founded in Hamburg in 1842. The start of the construction of treatment plants after 1870. It is only passed from the date of the present number of 15,000 wastewater treatment plants in the United States. Last time in have been great advances in technology and treatment techniques, but also changed the concepts and principles related to environmental regulations.

Construction of the treatment plant, a process that began with the completion of the work on planning and design. Proper selection and design of process, site selection, after the completion of the transactions, such as making ground surveys of selected land to the construction process begins with the establishment of the treatment plant site.

There are many factors in planning the construction of treatment plants. On the other hand, the siting of a residential treatment facility is quite complex and involving many disciplines. Therefore, in addition to a number of factors in determining the spatial extent of the location of the treatment plant it must be taken into consideration as well.

It is possible to determine the location of the treatment plant with a lot of information system and analysis. The most important of Geographic Information System used in many urban problems (GIS) and the Multi-Criteria Decision Analysis are studies using together.

Today, using GIS and analytic hierarchy process along; land suitability analysis, energy management, risk analysis, marketing, management of groundwater resources, the personnel selection made mobile information system design in technology selection and work among the candidates who applied and received an application become referenced in this similar to many areas..

In this study, to locate the most appropriate area for waste water treatment plant for Sarioğlan County in Kayseri Province, Analytical Hierarchy Method (AHM) was used on Geographical Information System (GIS) platform and aiming to constitute The Multiple Criteria Decision Making model.

Determining the right place before the wastewater treatment plant; the cost is an important factor in terms of the plant during operation and the efficiency is low. A multi-criteria decision analysis application will increase the accuracy of the analysis to be made of current data. These methods include studies to be carried out without the idle will be possible to give you years of service.

For this purpose, given the work carried out in general using AHP and attempted to establish a view on how it is applied in different areas of the chosen method. GIS concept, historical development, tasks were addressed to the field of application and benefits. GIS and Multi-Criteria Decision Analysis of the relationship, identifying the existing problems, the modeling of decision analysis, to determine the extent, normalization, emphasizing the determination weight.

AHP is available with both objective and subjective evaluation criteria. Criteria can be seen from the assessment of whether it is consistent. At the same time, the weights of the criteria determined by the binary comparison, when another new measure of weight added or changed substantially different results may be removed when the current measure.

Sarioğlan County's neighboring settlements are Bünyan to the south, Akkışla to the east, Özvatan and Sivas to the North. Also Sarioğlan is one of the smallest counties of Kayseri Province and its population is 14.521 for 2014 according to the Address Based Population Registration System.

Sarioğlan County, 65 km from Kayseri, Sivas is 130 km away. County established the Sarioğlan Valley takes its name here. There are 1150 m above mean sea level.

Locating the optimum areas for waste water plantations, 8 most important criterion have been determined. In this way, 2 managers' and 5 technical experts' opinions who have experience in sewerage systems, rainwater disposal systems and wastewater treatment plants and working actively in public corporation have been received. By means of a survey which was attended by employees of the same corporation criteria weights are determined by making binary comparisons. From determined weights, the low elevation, distance to the urban area, expropriation, the weights of the criteria of distance to residential and proximity to the roads found to be higher than other measures during the analysis have been seen more dominant of these criteria.

For analyzing the data in study to the same extent the maximum value of some criteria is 1, and for some measure of the maximum value is normalized to be 0. As a result of the normalization process values of the criteria are determined to be between 0 and 1.

All criterion combined by help of ArcGIS with their designated weights, synthesis map is normalized again that came off in the end of the analysis, divided into 9 sections and determined the most appropriate area of the treatment plant can be made.

As a result, the county's height information of the land, construction, agricultural and residential areas, transportation and power lines, have been informed about the water bodies and sources and how it is seen to affect the location of the extent of the treatment plant. Criteria specified weights of all the eligible regions of the wastewater treatment plant south of the town on the map emerged when combined reference may be made and it is seen that the most appropriate area of 33 hectares.

1. GİRİŞ

Atık su; evlerden, sanayi tesislerinden farklı ticari işletmelerden, kurumlardan ve benzer binalardan kullanıldıktan sonra boşaltılan sular atık su olarak tanımlanmaktadır. Bu sular insan ve hayvan dışkısı ve idrarı ile grisü denilen banyo, lavabo ve mutfaklardan kullanım sonucu kirlenen sulardan ibarettir (Url-1).

Dünyada su kaynakları günden güne azalmakta ve bu kaynaklar arasında içilebilir kalitede olan su kaynakları da her geçen gün azalarak tükenme noktasına gelmiştir. Diğer yandan bir şekilde arıtılmadan alıcı ortamlara bırakılan atık sular, miktarı her geçen gün azalan su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır (Url-1).

Son yıllarda ülkemizde çevre sorunlarında ciddi artışlar görülmektedir. Akarsu, göl ve denizlerin kirlenmesi yanında atık sular da canlı sağlığını tehdit eden duruma gelmiştir. Özellikle göç alan şehir ve ilçelerde büyük çapta nüfus artışları olmuştur. Nüfus artışları yanında sanayileşmedeki gelişmeler sonucunda pis sular kontrolsüz deşarj edilmektedir. Bu durum çevreye ciddi zararlar vermektedir. Çevre kirliliği canlıların ölmesine sebep olduğu gibi bitkileri de olumsuz yönde etkilemekte ve ekonomik kayıplara sebep olmaktadır.

Ülkemizde çevre sorunlarının artması bu konuda hassasiyetin artmasına sebep olmuştur. Çevre yönünden önemli bir yer tutan atık suların toplanıp atılması ve zararsız hale getirildikten sonra deşarjı gündeme gelmiştir. Bu nedenle var olan su kaynaklarının kirlenmemesi ve su kaynaklarının daha verimli kullanılması için atık suların arıtılması gerekmektedir.

Dünyada modern anlamda ilk atıksu tesisi 1842 yılında Hamburg'da kurulmuştur. Arıtma tesislerinin inşaatına başlanması 1870 yılından sonradır. Bu tarihten günümüze kadar yalnızca A.B.D.'de yapılan atıksu arıtma tesislerinin sayısı 15.000'i geçmiştir. Geçen zaman içinde teknolojiye ve arıtma tekniklerinde büyük gelişmeler olmuş, aynı zamanda çevre ile ilgili kavramlar ve yönetmelik esasları da değişmiştir (Muslu, 1996).

Arıtma tesislerinin inşaatı, planlama ve tasarım ile ilgili işlerin tamamlanması ile

başlayan bir süreçtir. Uygun prosesin seçimi ve projelendirilmesi, yer seçimi, seçilen araziye ait zemin etütlerinin yapılması gibi işlemler tamamlandıktan sonra şantiye kurulması ile arıtma tesisinin inşaat işlemine başlanır (Url-2).

Arıtma tesislerinin inşaatının planlanmasında birçok etken bulunmaktadır. Öte yandan arıtma tesislerinin yerlerinin belirlenmesi oldukça karmaşık ve birçok meslek disiplini ilgilendiren bir konudur. Bu nedenle arıtma tesislerinin yerinin belirlenmesinde birçok etkenin yanında konumsal ölçütün de değerlendirmeye alınması gerekir.

Arıtma tesislerinin yerlerinin belirlenmesi birçok bilgi sistemi ve analiz yöntemleriyle mümkün olabilmektedir. Bunlardan en önemlisi birçok şehircilik problemlerinde kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Çok Ölçütlü Karar Analizini (ÇÖKA) birlikte kullanarak yapılan çalışmalardır.

ÇÖKA, bir amaç doğrultusunda birçok alternatif arasından seçim yapabilmeyi sağlayan bir karar verme yöntemidir. Aynı zamanda, Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV) adıyla tanımlanır. Aranan çok sayıdaki ölçütü en iyi şekilde karşılayan seçeneklerin, analitik olarak sıralanması mantığına dayanmaktadır (Doğramacı, 2009).

Analitik Hiyerarşi Yöntemi, hem objektif hem de sübjektif değerlendirme ölçütlerini kullanması, ölçütler arası yapılan değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığını test etmesi ve belirlenen ölçütler dikkate alınarak alternatiflerin öncelik değerlerinin belirlenmesi amacıyla çok yaygın şekilde kullanılan çok ölçütlü karar verme yöntemidir (Bakan, 2011).

Günümüzde CBS ve AHY birlikte kullanılarak; arazi uygunluk analizi, enerji yönetimi, risk analizi, pazarlama, yeraltı su kaynaklarının yönetimi, mobil bilgi sistem tasarımlarında teknoloji seçimi ve iş başvurusunda bulunan adaylar arasından yapılan personel seçimi ve bu benzer pek çok alanda başvurulmuş bir uygulama halini almıştır.

Manap (2006), Avrupa'dan Türkiye'ye tatil amaçlı gelen bir turist, AHY kullanılarak kendisine uygun turizm merkezini seçmesi amaçlanmıştır. Çalışmasında 10 tane turizm merkezini bulunmaktadır. Bu 10 tane alternatifi 7 tane ölçüte (fiyat, mesafe, mavi bayrak, doğallık, ören yerleri, eğlence ve yoğunluk) bağlı

değerlendirme yapılmıştır ve yapılan değerlendirmeye hangi turizm merkezinin tercih edilmesi gerektiğine karar vermiştir.

Aydın ve diğ. (2009) yaptığı çalışmada, Ankara’da açılması düşünülen yeni bir hastane için en iyi yerin seçimini yapmaya çalışmışlar. Alternatifler, Ankara’nın farklı sosyo-ekonomik düzeylerinde olan; Sincan, Çankaya, Altındağ, Konutkent ve Şehir Merkezi’dir. Bu çalışma için ölçütler; yatırım maliyetleri, rekabet unsurları, demografik yapı, çevresel faktörler, bina konumu ve bina özellikleridir. Ölçütlerin ikili kargalaştırmalarının yapılabilmesi amacıyla, anket yöntemi ile uzman görüşlerinden faydalanmışlardır. AHY ile yapılan hesaplamalar sonunda hastane yapımı için en uygun yerin Çankaya ilçesi olduğu belirlenmiştir.

Güngör ve diğ. (2010) çalışmasında, AHY kullanılarak il olmaya uygun olan ilçelerin belirlenmesinde ve il olması uygun olan ilçelerin öncelik sıralamasını belirlemeyi amaçlamışlardır. Alternatifleri belirleme aşamasında merkez nüfusu 50000’den fazla, toplam nüfusu 100000’den fazla ve bağlı olduğu il mesafesi 100 km den fazla olması şartını koymuşlardır. Belirlenen şartları sağlayan ilçeler belirlendikten sonra, bunları değerlendirmek amacıyla 9 adet ölçüt (uzaklık, merkez nüfus, ilçe nüfus, yüzölçümü, belde sayısı, bağlanacak ilçe sayısı, bağlanacak toplam nüfus, geçici nüfus ve kişi başı reel ücret) belirlemişlerdir. Ölçütlere göre alternatifleri değerlendirmeleri sonucu il olmaya en uygun ilçenin Alanya ilçesi olduğuna karar vermişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, AHY kullanılarak ve CBS tabanlı Kayseri ili Sarioğlan ilçesine yapılacak olan atıksu arıtma tesislerinin konumu ile ilgili seçeneklerin karşılaştırılması ve ilgili faktörleri göz önüne alarak tesis için en uygun yerlerin bulunması amaçlanmıştır.

Bu kapsamda:

1. Bölümde genel olarak AHY kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalara yer verilmiş ve seçilen yöntemin ne kadar farklı alanlarda uygulanabilir olduğu konusunda bir görüş oluşturulmaya çalışılmıştır.
2. Bölümde; coğrafi bilgi sisteminin kavramına, tarihsel gelişimine, görevlerine, kullanıldığı alanlara ve faydalarına değinilmiştir.

3. Bölümde; CBS ve ÇÖKA'nın ilişkisi, mevcut problemin belirlenmesi, karar analizinin modellenmesi, ölçütlerin belirlenmesi, normalleştirmesi ve ağırlık belirlemesi ile AHY'ne değinilmiştir.

4. Bölümde; AHY kullanımına örnek bir çalışma olan Kayseri ilinin Sarıoğlan ilçesinin arıtma tesisi için yer seçimi için CBS analizleri kullanılmasına yönelik tüm işlem adımlarına değinilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde bütün bu çalışmaların sonunda elde edilen sonuçlar bir kez daha gözden geçirilmiş ve elde edilen bulgular doğrultusunda daha sonraki çalışmalar için öneriler geliştirilmiştir.

2. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ

“CBS; bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak yoğun ve karmaşık konum bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği bir yönetim tarzı, coğrafi verinin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ve bunların bir bütünü olarak tanımlanmaktadır.” (Sarıtürk, 2015).

Coğrafi bilgi sistemleri (CBS); dünyada pek çok yerde, gün içinde devam eden işlerin daha hızlı yürütülmesinden ortaya çıkan problemlerin en doğru ve en hızlı bir şekilde çözülmesine kadar pek çok alanda, toplum yaşamına büyük katkı ve avantajlar sağlamaktadır. Bu nedenle ülkemizde de özellikle doğru ve gerekli bilgiye en kısa zamanda daha fazla ihtiyaç duyduğumuz bir dönemde, CBS’den başta kamu kurum ve kuruluşları olmak üzere hemen hemen her sektörün gerektiği ölçülerde faydalanması gerekmiştir (Yomralıoğlu, 2002).

Coğrafi bilgi sisteminin açıklarken bazı temel kavramları bilmemiz. Bu sistemi daha kolay kavramamızı sağlar. Bunların bazılarını söyle sıralayabiliriz.

Veri: “Kurumsal amaçlara bağlı olarak işlerin yapılandırılmamış bir biçimde kaydedilmesidir. Özümsememiş ve yorumlanmamış gözlemler, işlenmemiş gerçekler olarak tanımlanabilir.” (Barutçugil, 2002).

Enformasyon: Düzenlenmiş veri olarak tanımlanabilir. Yalnızca ilgili kişi için bir anlam taşımaktadır. “Veriden çok daha zengin bir içeriğe sahip olan enformasyon yazılı, sözlü veya görsel bir mesajdır.” (Barutçugil, 2002).

Bilgi: Kişisel anlamda düzenlenmiş enformasyondur. Bilgi, veri ve enformasyondan daha karışık bir kavramdır ve “deneyim ve değerlere ilişkin enformasyonun akışkan bir karması” şeklinde tanımlı yapılmaktadır. Enformasyon nasıl verilerden türetiliyorsa, bilgi de enformasyondan türetilir. Bilginin değerli olma nedeni veri ve enformasyondan farklı olarak eyleme daha yakın olmasıdır. Sahip olduğumuz bilginin sonucunda bir karar verebilmekte ve onu eyleme geçirebilmekteyiz (Barutçugil, 2002).

Sistem: Sistem sözcüğünün kökeni, Latince "systema" (bütün) kelimesinden gelmektedir. Çok basit anlamda sistem; bir sonuç elde etmeye yarayan yöntemler düzeni olarak adlandırılır (Yomralıoğlu, 2002).

CBS'yi 5 ana başlıkta bileşenlerime ayırabiliriz. Bunlar:

- Donanım
- Yazılım
- Veri
- İnsanlar
- Yöntemler

Donanım (Hardware): CBS'nin işlemlerini olanak tanıyan bilgisayar ve buna bağlı yan ürünlerin bütünü donanım olarak adlandırılır. Bütün sistem içerisinde en önemli araç olarak gözüken bilgisayar tek başına yeterli olmaz. Bilgisayarın yanında yan donanımlara da ihtiyaç vardır. Yazıcı (printer), çizici (plotter), tarayıcı (scanner), sayısallaştırıcı (digitizer), veri kayıt üniteleri (data collector) gibi cihazlar CBS için önemli sayılabilecek donanımlardır. Son yıllarda birçok CBS yazılımı farklı donanımlar üzerinde çalışmaktadır. Merkezileştirilmiş bilgisayar sistemlerinden masaüstü bilgisayarlara, kişisel bilgisayarlardan ağ (network) donanımlı bilgisayar sistemlerine kadar çok değişik donanımlar mevcuttur (Özkan, 2008).

Yazılım (Software): Bilgisayarda koşabilen program, coğrafi bilgileri depolamak, analiz etmek ve görüntülemek gibi ihtiyaç ve fonksiyonları kullanıcıya sağlamak için, yüksek düzeyli programlama dilleriyle gerçekleştirilen algoritmalarlardır. Yazılımların büyük bir kısmı ticari amaçlı firmalarca geliştirilip üretilmiştir. Bunun yanı sıra üniversite ve benzeri araştırma kurumlarınca da eğitim ve araştırmaya yönelik geliştirilmiş yazılımlar da mevcuttur. Dünyadaki CBS pazarının büyük bir kısmı yazılım geliştiren firmaların elindedir. Bunun sonucunda CBS bu tür yazılımlarla anılmaktadır. En çok kullanılan ve bilinen CBS yazılımlarını sıralarsak ArcGIS, Intergraph, MapInfo, SmallWorld, Genesis, Idrisi, Grass gibi yazılımlardır.

Coğrafi bilgi sisteminde kullanılan bir yazılımda olması gereken temel unsurlardan bazıları şunlardır (Özkan, 2008):

- a) Coğrafi veri/bilgi girişi ve işleme için gerekli araçları bulundurmalı,
- b) Bir veri tabanı yönetim sistemine sahip olmalı,
- c) Konumsal sorgulama, analiz ve görüntülemeyi desteklemeli,
- d) Ek donanımlar ile olan bağlantılar için arayüz desteği olmalıdır.

Veri (Data): CBS'nin en önemli bileşenlerinde biri de veridir. Grafik yapıdaki coğrafi veriler ile tanımlayıcı nitelikteki öznitelik veya tablo verileri gerekli kaynaklardan toplanabileceği gibi, piyasada bulunan hazır haldeki veriler de satın alınabilir. CBS konumsal veriyi diğer veri kaynaklarıyla birleştirebilir. Böylece birçok kurum ve kuruluşa ait veriler organize edilerek konumsal veriler bütünleştirilmektedir. Veri, uzmanlarca CBS için temel öge olarak kabul edilirken, elde edilmesi en zor bileşen olarak ta görülmektedir. Veri kaynaklarının dağınıklığı, çokluğu ve farklı yapılarda olmaları, bu verilerin toplanması için büyük zaman ve maliyet gerektirmektedir. CBS'ye yönelik kurulması tasarlanan bir sistem için harcanacak zaman ve maliyetin yaklaşık %50 den fazlası veri toplamak için gerekmektedir (Özkan, 2008).

İnsanlar (People): CBS teknolojisi içinde olmazsa olmazlardan biri insan faktörüdür. İnsanlar gerçek dünyadaki problemleri uygulamak üzere gerekli sistemleri yönetir ve geliştirir. CBS kullanıcıları, sistemleri tasarlayan ve koruyan uzman teknisyenlerden günlük işlerindeki performanslarını artırmak için bu sistemleri kullanan kişilerden oluşan geniş bir kitledir. Bu sebeplerden ötürü coğrafi bilgi sistemlerinde insanların istekleri ve yine insanların bu istekleri karşılamaları gibi bir süreç yaşanır. CBS'nin gelişmesi insanların onu geliştirmelerine ve CBS'yi kullanabilme yeteneklerini artırmaya ve değişik alanlara yine CBS'nin pozitif yönleriyle göstermekle mümkün olabilecektir (Özkan, 2008).

Yöntemler (Methods): CBS'nin başarılı olabilmesi için iyi tasarlanmış plan ve iş kurallarına göre işlemesi gerekmektedir. Bu tür işlevler her kuruma özgü model ve uygulamalar şeklindedir. CBS'nin kullanıldığı yerler içerisindeki birimler veya kurumlar arasındaki konumsal bilgi akışının verimli bir şekilde sağlanabilmesi için metodların geliştirilerek kullanılması gerekir. Konuma dayalı verilerin elde edilerek kullanıcı talebine göre üretilmesi ve sunulması mutlaka belli kurallar çerçevesinde gerçekleşir. Çoğu zaman kuralların belirlenmesi şeklinde olan bu uygulamalar bir bakıma kurumun yapısal organizasyonu ile doğrudan ilgilidir. Bu sebeplerden dolayı

yasal düzenlemelere gidilerek gerekli yönetmelikler hazırlanarak kurallar belirlenir (Özkan, 2008).

CBS'nin kullanılması ilk olarak operasyonel konularda gerçekleşmiştir. CBS'yi kullanan kurumların bilgilerinin büyük bir çoğunluğu coğrafi bölgelere ait veriler oldukları için CBS'nin kullanılmasıyla bilgi edinmede ve bu bilgilerin daha verimli bir şekilde yorumlanması kolaylaşmıştır. Bir sonraki aşamada ise Coğrafi Bilgi Sistemleri, yer bulma, yer analizi gibi konularda kullanılmıştır. Günümüzde ise CBS sistemleri şirketlerin küresel dünyada avantajı elde etmek için kullandıkları en önemli karar verme destek sistemlerinden birisi olmuştur (Tecim, 2008).

CBS'nin tarihsel olarak gelişimi incelendiğinde kullanılmaya başlanması on sekizinci yüzyılın ortalarına dayanmaktadır. İlk kez on sekizinci yüzyılın ortalarında kartografik çalışmalar ve ilk eksiksiz temel haritalar o yıllarda yapılmıştır. Tematik haritalar o yıllardan sonra kendini göstermiştir. Bu gelişmelerden sonraki iki yüzyıl içerisinde çeşitli gelişmeler olmuştur. Bunların en önemlisi 1940'lı yıllardan sonra elektronik hesaplayıcılarda meydana gelen gelişmeler ve onu takip eden bilgisayar teknolojisi ile ortaya çıkmıştır (Aksaraylı, 2005).

CBS 1980'lerden itibaren kurumsallaşmaya başlaması, şu anda dünyada geldiği durumu göz önüne alınca oldukça hızlı ve önemli bir aşama geçirdiği ortaya çıkmaktadır.

1963'de başlayıp 1970 de tamamlanan Kanada Coğrafi Bilgi Sistemleri projesi dünyada CBS'nin temel taşı oluşturduğu önemli aşamadır. Daha sonra yazılımların gelişmesiyle kullanıcı grupları, kitaplar, dergiler ve dernekler oluşmaya başlamıştır (Tecim, 2008). Tüm bu tarihsel gelişmelerin tamamı Şekil 2.1'de gösterilmiştir.

1970 Öncesi	1970	1980	1990	2000
Kanada CBS (CGIS) ve URISA kuruldu (1963)	Kanada CBS tamamlandı ve ilk CBS sempozyumu düzenlendi (1970)	ESRI Arc/Info CBS yazılımını piyasaya sürdü ve GPS uygulamaya geçti (1981)	MapInfo Professional Piyasaya sürüldü, IRS-1B ve ERS-1 uydusu fırlatıldı (1991)	Mobil CBS yazılımı ArcPad piyasaya sürüldü (2000)
ESRI ve Integraph kuruldu (1969)	Landsat Uydusu fırlatıldı (1972)	İşlem şirketi kuruldu (1984) GRASS yazılımı geliştirildi ve Mapping Awareness dergisi yayınlandı (1985)	JERS-1 uydusu fırlatıldı, GIS Europe yayınlandı, ArcCAD, MapBasic ve MapeXtreme piyasaya çıktı, Sayısal Grafik kuruldu (1992)	ArcGIS 8.1 piyasaya sürüldü (2001)
	ERDAS kuruldu (1978)	MapInfo kuruldu, SPOT uydusu fırlatıldı ve Burrough ilk CBS kitabını yazdı, PC Arc/Info çıktı (1986)	Open GIS Cons. Kuruldu, Türksyed 1. Ulusal CBS Semp. Düzenlendi (1994)	Tübitak BiİLSAT uydusu fırlatıldı (2003)
		Chorley rapor hazırlandı, IJGIS dergisi yayınlandı, İdrisi hayata geçti (1987)	RADARSAT-SAR uydusu fırlatıldı (1995)	ArcGIS 9 ve MapeXtreme .NETs piyasaya sürüldü (2004)
		Smallworld TransCAD yazılımları piyasaya çıktı, TIGER açıldı, Türkiye'de EGHAS yazılımı geliştirildi (1988)	AGIS yazılımı geliştirildi, IRS-1D ve Landsat-7 uydusu fırlatıldı, Arc/Info 8 ve ArcIMS geliştirildi (1997)	Quicbird uydusu fırlatıldı (2005)
		NETCAD firması ve EMİ Mühendislik kuruldu (1989)	ICONOS uydusu fırlatıldı (1999)	

Şekil 2.1 : CBS'nin tarihsel gelişimi (Tecim, 2008).

CBS'nin birçok unsuru ve özel amaçları vardır. CBS'nin üç temel görevi olduğu ifade edilebilir:

1. Fazla sayıda bilgilerin saklanması, yönetilmesi ve entegre edilmeleri.

Konumsal olan ve olmayan veriler, değişik şekillerde birbirleriyle ilişkilendirip analiz edilebilme imkanına sahip olmaktadır. Konumsal veriler iki veya üç koordinatlı nokta, çizgi ve poligon verilerdir. Konumsal verileri açıklayan, onların özniteliklerini belirten veriler de konumsal olmayan veriler olmaktadır. Bu durumda coğrafi gerçekler iki kısımdan oluşmaktadır (Tecim, 2008):

a) Kartografik bilgiler (nokta, çizgi, poligon ve grid)

b) Öznitelik ve detay bilgiler

2. CBS'in ikinci ana amacı coğrafi tabanlı verileri analiz etmektir.

Temel olarak her kilometre kareye düşen toprak cinslerini gösteren veriler ile ilgili kurumun kayıtlarına göre hazırlanmış olan arazi kullanım verileri birleştirilebilir. Veri toplulukları için istatistik hesaplamalar yapılabilir aynı zamanda herhangi bir yerden başka bir yere en kısa ve uygun bir şekilde gitmek için iki nokta arasındaki uzunluğun hesaplanabilmesi mümkün olmaktadır. Bütün bunların dışında çeşitli mantıksal ve matematiksel modeller kullanılarak coğrafi analizler yapılabilmektedir. Çevre kirliliği, rüzgar ve hava koşulları da göz önüne alınarak oluşturulacak modeller ile çeşitli analizler yapılabilmektedir. Yeni yapılacak bir fabrikanın

kimyasal olumsuzlukları da modeller ile belirlenebilir. Yerleşim merkezine yapılacak olan hastane, itfaiye, okul gibi kamu hizmet kuruluşlarının da hizmet alanları kurulacak olan modeller yardımıyla CBS içerisinde araştırılıp harita altlığı ile görüntülenebilmektedir. Önümüzdeki yıllarda CBS ile farklı amaçlar için geliştirilecek olan modellerin birleştirilmesini sağlanarak, karar vericilere ve planlamacılara model tabanlı karar destek sistemleri oluşturacak çalışmalar hız kazanacaktır. CBS, ilerleyen yıllarda kullanıcılara destek verme durumunda daha etkili kullanım imkanına kavuşacaktır. (Tecim, 2008).

3. CBS'nin üçüncü önemli amacı fazla sayıda ve çeşitte olan verilerin kullanıcılara en uygun şekilde bilgi aktarabilmesi için düzenleyip yönetilmesini sağlamaktır.

CBS çok fonksiyonlu ve kaliteli haritalar üretmek zorundadır ve buna göre tasarlanmıştır. Coğrafya ve harita yapımı üzerine CBS ile ilgili yapılan çalışmalar ve geliştirilen sistemler günümüzün en aktif konularından birini oluşturmaktadır. Kağıt üzerindeki haritaların ekrana konumsal olarak gösterildiği bilinen CBS'nin gücü bundan çok daha fazlasıdır. Harita görüntülerinin diğer bilgiler ile coğrafi olarak ilişkilendirilmesi bilgisayar teknolojisinden önce yapılması imkansız bir konuydu. Demir madeni bulunan doğal kaynağa, Uğur veya Ahmet'e ait olan araziye, otobüs veya minibüs durağına yakın yerleri aynı harita üzerinde görüntüleme CBS ile çok kısa sürede mümkün iken, CBS'nin olmadığı yıllarda oldukça uzun zamanlarını almaktadır. CBS'nin gelecek hakkında tahminler yapmaya uygun bir sistem olarak ortaya çıkması farklı bilim dallarında çalışan araştırmacılar için oldukça önemli bir analiz aracı olmasına neden olmuştur (Tecim, 2008).

Disiplinler arası bir sistem olan CBS, kullanım amacına göre farklı disiplinler için farklı şekillerde kullanılabilir. Her uygulayıcı kendisini alanında olan uygulamalar için böyle bir sistemi kurmak amacıyla çalışır. Kendi amaçlarına uygun bilgi sistemini kurmak için veri toplama, istenildiği zaman veriyi çağırma, dünya üzerinde var olan gerçek varlıkların konumsal veriye dönüşümü ve görüntülenmesi gibi işlemleri yapılması gerekmektedir. Birbirleriyle yakın çalışma alanları olan disiplinlerin hazırladıkları sistemlerin birbiriyle ilişkilendirilmesi ile birçok amaca hizmet edebilecek genel anlamda CBS uygulamaları oluşturabilir (Tecim, 2008).

CBS bilginin mekandan bağımsız olarak düşünülemeyeceği savının doğru olduğu göz önünde bulundurulduğunda mekanla ilintili her türlü bilgiyi işleyecek analizini

yapabilecek kapsam ve nitelikte olan bir bilgi sistemidir. Uygulama alanı oldukça geniş olan bu sistem; analiz, uygulama, yönetim ve denetime olanak sağlamaktadır (Özkan, 2008).

CBS ile sürekli güncellenen haritalar hazırlanması için pek çok avantaj sağlar. Aynı zamanda CBS, bilgiyi en hassas ve hızlı yolla değerlendirmek için pek çok olanak sağlayan bir bilgi tekniğidir. CBS, haritacılık, hava fotoğrafları ölçümleri, uzaktan algılama, istatistik ve bilgisayar bilimi gibi disiplinlerin ortak noktasında yer almaktadır (Özkan, 2008).

CBS; planlama, analiz ve normal operasyonlar için, bilgi akışı, bilgi gösterimi, karar verme için, yeniden yapılanma için etkin karar almaya giden süreci eksiksiz dolduran bir araçtır. CBS'nin kamu yönetiminde kullanım ve uygulama alanları oldukça geniştir. Bu alanları şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

- Uygun yer seçimi,
- Optimum güzergah belirleme,
- Optimum koridor belirleme,
- Modellendirme ve simülasyon,
- Kaynak tahmini ve yönetimi,
- Coğrafi bilgi üretimi,
- Haberleşme vericileri,
- Oy kullanma merkezlerinin belirlenmesi,
- Baraj yerlerinin seçimi,
- Askeri alanların belirlenmesi,
- Polisiye olaylara müdahale,
- Adres belirlenmesi,
- Nüfus gelişimini modelleme ve şehir planlaması,
- Madencilik,
- Vergi toplama,
- Nüfus sayımı gibi uygulama alanlarını saymak mümkündür (Özkan, 2008).

Tüm bu uygulama alanları kentin yönetimi ve kontrolüne dair olan uygulamaları içeren bir bilgi sisteminin sonucu olduğundan doğru bilgiye, doğru analize ve doğru karar elde etmek bu sistemle çok daha kolaydır.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ VE KULLANILAN YÖNTEMLER

3.1 CBS ve ÇÖKA

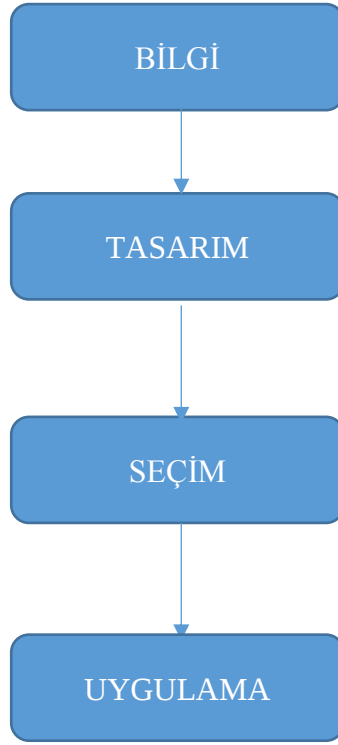
Mekansal karar verme sürecine yardımcı olmak CBS'nin asıl hedeflerinden biridir. Karar analizi, karmaşık karar problemlerinin matematiksel modelinin ortaya çıkarılarak, sistematik işlemler ve istatistiksel irdelemelerle çözümlenmesi olarak tanımlanabilir (Malczewski 1999a), (Malczewski, 1999b).

Karar analizlerinde ana yöntem; problemi anlaşılabilir, küçük parçalara ayırmak ve bu parçaları anlamlı bir çözüm üretmek için mantıksal yollarla entegre etmektir (Malczewski, 1999b).

Karar verme süreci dört aşamada incelenebilir (Simon,1960). Bu aşamaları şöyle sıralayabiliriz.

- Bilgi (karar analizi için gerekli verilerin toplanması),
- Tasarım (olası seçeneklerin bulunması),
- Seçim (alternatifler arasından en uygun olanının seçilmesi),
- Uygulama (analizde elde edilen önerinin kullanılması).

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi karar verme sürecinde doğrusal bir süreç izlenmemektedir. Herhangi bir aşamada, diğer bir aşamaya geri dönülebilir.



Şekil 3.1 : Karar verme süreci

CBS, karar verme sürecine bilgi evresine destek olmaktadır. Mekansal verinin toplanmasında ve analizinde karşılaşılabilecek sorunlar etkili bir şekilde CBS ile aşılmaktadır. Mekansal karar vermenin ilk basamaklarında ortaya çıkan büyük hacimdeki verilerin depolanması ve yönetilmesi sırasında CBS büyük bir rol oynar (Gökkaya, 2014).

Bilgi evresinde ortaya çıkan sorunların çözümü bu bilgi gruplarının geliştirilmesi ve analiz tasarım evresinde yapılmaktadır. Bu evrede, karar vericiye, vereceği kararlarda destek sağlayacak seçeneklerin üretilmesini sağlayan bir model oluşturulur (Gökkaya, 2014).

CBS genel olarak mekansal karar seçeneklerinin tasarımı sürecine destek sağlayan sistemler olarak tanımlanmasına rağmen, birçok CBS programı özellikle karar vericinin gereksinim duyabileceği ileri mekansal analiz ve modelleme konularında eksiktir (Keenan, 2004). Ortaya çıkan bu eksikliği ortadan kaldırmak için bir CBS platformu üzerinde karar verme teknikleri ile CBS fonksiyonlarının birleştirmek gerekmektedir.

Seçim evresinde CBS, karar vericinin tercihlerinin karar verme süreci içerisine dahil edilmesinde kritik bir öneme sahip olmaktadır. Genel olarak bir CBS, ölçütlerin

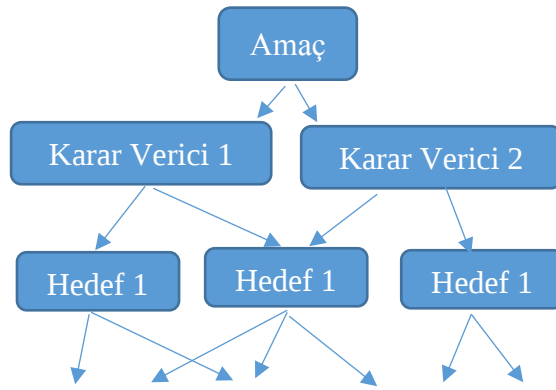
değerlendirilmesi bağlamında önceliğin ve seçimin gösterimine olanak sağlayamamaktadır (Carver, 1991). CBS’den bir karar destek sistemi olarak yararlanabilmek için karar verme tekniklerinin CBS içine dahil edilmesi gerekmektedir (Carver, 1991). CBS’nin karar verme sürecindeki başarısı, bu tasarım zamanında içine dahil edilen sistemin bir mekansal karar destek sistemi olarak ne kadar iyi tasarlanabildiği ile doğru orantılıdır.

Konumsal ölçütlerle karar verme zamanında; birçok faktörün tanımlanması ve değerlendirmeye alınması, bu faktörler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, karar verme problemini zorlaştırmaktadır. CBS ve ÇÖKA, konumsal karar problemlerinde karar vericinin daha etkin karar vermesini sağlamaktadır (Malczewski, 1999a).

3.2 Problemin Belirlenmesi ve Karar Analizinin Modellenmesi

Problemin anlaşılması ve tanımlanması ile karar analizi başlar. Problemin tanımlanması; karar ölçütlerinin araştırılması, verilerin toplanması ve işlenmesi basamaklarından oluşur (Simon, 1960; Malczewski, 1999b). Bu basamakta, problem bir şekilde ele alınarak problemin nasıl ve hangi yöntemlerle çözüleceği ortaya konulur, problemin çözümü için gerekli veriler ve bu verilerin niteliği saptanır (Malczewski, 1999a).

Bir karar analizinde problemin çözüme ulaşılabilmesi için belirlenen ölçütlerin değerlendirilmesi gereklidir. Amaçlar ve öznitelikler yardımıyla değerlendirme ölçütleri belirlenir. Bir özneliliğin değerini minimum ve maksimum alacağı değerler ile temsil etmektedir. Şekil 3.2’de gösterildiği gibi, bu ölçütler seçeneklerle beraber değerlendirildiğinde seçeneklerin önemine göre bir sıralama yapılır (Güçlüer, 2010).



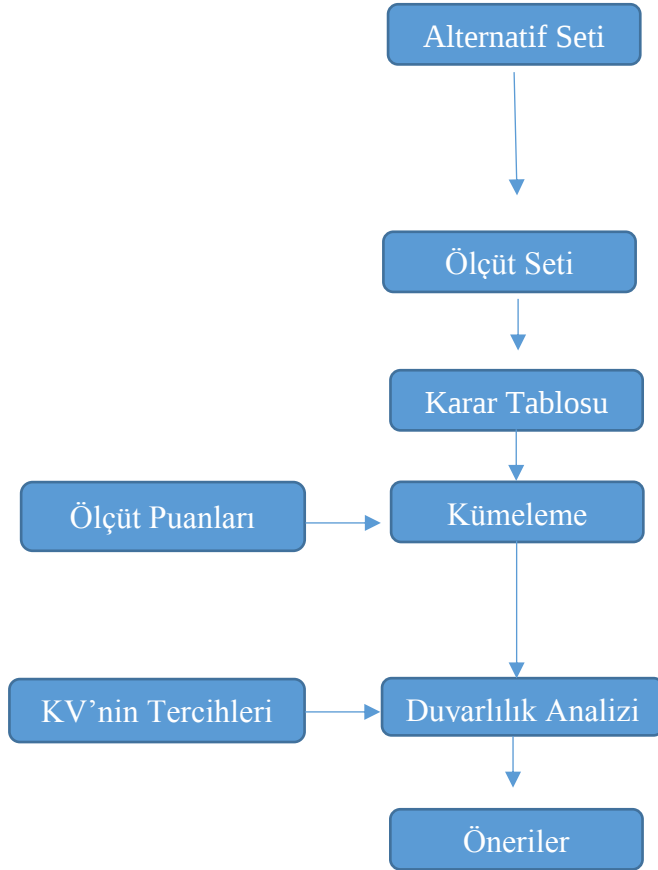
	Ölçüt ₁	Ölçüt ₁	Ölçüt ₁	...	Ölçüt ₁
Seçenek ₁	Sonuç ₁₁	Sonuç ₁₂	Sonuç ₁₃	...	Sonuç _{1n}
Seçenek ₂	Sonuç ₂₁	Sonuç ₂₂	Sonuç ₂₃	...	Sonuç _{2n}
...	...	...	...	...	...
Seçenek _a	Sonuç _{n1}	Sonuç _{n2}	Sonuç _{n3}	...	Sonuç _{nn}
Tercihler	Ağırlık ₁	Ağırlık ₂	Ağırlık ₃	...	Ağırlık _n

Şekil 3.2 : Çözüm diyagramı (Güçlüer, 2010).

Her karar analizi genel model diye bilinen temel bir akışla oluşmaktadır. Akış şemasının adımlarını Şekil 3.3 gibi sıralayabiliriz (Belka, 2005):

- Alternatiflerin sağlanması
- Ölçütlerin sağlanması
- Her ölçüt puanlarının hesaplanması
- Karar tablosunun oluşturulması
- Ölçüt ağırlıkları kullanılarak karar vericinin tercihlerinin belirlenmesi

- Alternatiflerin sıralanması için karar tablosundaki verilerin toplanması (kümelenmesi).
- Sonuçlardaki belirsizlik ve hataları önlemek için duyarlılık analizi yapılması
- Her bir alternatif için son önerilerin yapılması adına iyi alternatiflerin ayrılması veya alternatiflerin iyiden kötüye doğru sıralanması (Güçlüer, 2010).



Şekil 3.3 : Karar analizi modeli akış şeması.

3.3 Katmanların Normalleştirilmesi (Normalizasyon)

Değerlendirme ölçütleri belirlendikten sonra bir karar analizi problemlerinde, belirlenen tüm ölçütler CBS katmanları şeklinde hazırlanır. Ölçüt katmanları farklı birimlerden olabileceğinden ve birbirleriyle karşılaştırabilmek için normalleştirilmesi gerekmektedir. Ölçüt katmanlarının normalleştirilmesinde en fazla kullanılan yöntemler; Doğrusal Ölçek Dönüşümü, Değer/Fayda fonksiyonu ve Bulanık Mantık yaklaşımları yöntemleridir (Malczewski, 1999a), (Malczewski, 1999b).

Doğrusal Ölçek Dönüşümü ölçüt katmanlarının normalleştirilmesinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Birçok Doğrusal Ölçek Dönüşümü yöntemi mevcuttur. Bu yöntemler arasında en sık kullanılanları En Büyük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü ve En Büyük ve En Küçük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümü yaklaşımlarıdır (Öztürk, 2009).

En Büyük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümünde en yüksek değer yine en yüksek olacak şekilde normalleştirilir (3.1), bu dönüşümde aynı zamanda en düşük değer en yüksek olacak şekilde normalleştirme de yapılabilir (3.2). En Büyük ve En Küçük Değere Göre Doğrusal Ölçek Dönüşümünde ise en yüksek değer yine en yüksek olacak şekilde normalleştirilir (3.3), bu dönüşümde aynı zamanda en düşük değer en yüksek olacak şekilde de normalleştirme yapılabilir (3.4). x'_{ij} : i . seçeneğin, j . ölçüt için normalleştirilmiş değeridir. Normalleştirilmiş değerler 0-1 aralığında yer alır (Malczewski, 1999a).

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (3.1)$$

$$x'_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (3.2)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_j^{min}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (3.3)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_j^{max} - x_{ij}}{x_j^{max} - x_j^{min}} \quad (3.4)$$

3.4 Ağırlıkların Belirlenmesi

Bir karar analizinde ölçütler karar vericiler tarafından farklı ağırlıklarda belirlenebilir. Bu sebeple ölçütlerin karar analizinde bağıl önemi hakkında bilgilerin toplanması gerekmektedir. Ölçütlerin ağırlıkları, karar vericilerin tercihlerine göre

belirlenir. Ağırlık belirleme işlemi, her bir ölçüte diğer ölçütlere göre bağıl önemini gösteren bir ağırlığın belirlenmesiyle gerçekleştirilir (Öztürk ve Batuk, 2007).

Ölçüt ağırlıkları, kullanıcının isteğine bağlı olarak sayı aralığını büyük veya küçük değerler seçilebilir. Ölçütlerin ağırlıkları belirlenirken ağırlıklar genelde toplamı 1 olacak şekilde normalleştirilir. n adet ölçüt olması durumunda ağırlıkların kümesi (w),

$w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ve $\sum w_j = 1$ olarak tanımlanır.

Ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi sırasında en çok kullanılan yöntemler şunlardır:

- Sıralama
- Puanlama
- İkili Karşılaştırma
- Tercih Önceliği Analizi

Bu yöntemler doğrulukları, kullanım kolaylık dereceleri, anlaşılabilirliği ve teorik yapısı bakımından birbirinden farklıdır (Malczewski, 1999a).

3.5 ÇÖKA Problemlerinde Kullanılan Yöntemler

ÇÖKA CBS ile beraber kullanılırken birçok yöntemden faydalanılabilir. Bu yöntemler:

- Basit Ağırlıklı Toplam Yöntemi (Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme)
- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi
- Analitik Hiyerarşi Yöntemi
- Değer/Fayda Fonksiyonu Yaklaşımı
- İdeal Nokta Yöntemi (TOPSIS)
- Uyum Yöntemi (ELECTRE)
- Bulanık Mantık İşlemi
- Bulanık Ağırlıklı Toplam Yöntemi
- Sıralı Ağırlıklı Ortalama

Olarak sıralanabilir. Malczewski (1999a) göre karar analizlerinin yöntemlerin girdisi, çıktısı, kullanılan yazılımlar, karar verme türleri farklı olabilir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 : Karar analizi yöntemleri (Malczewski, 1999a; Öztürk, 2009).

Yöntem	Girdiler	Çıktılar	Karar Türü	ÇÖKA Yazılımı	CBS-ÇÖKA Entegrasyonu
Basit Ağırlıklı Toplam	Özitelik değerleri, Ağırlıkları	Sıralı (Ordinal)	Deterministik	Spreadsheets Excel	CBS modelleme IDRISI, SPANS CBS modelleme,
Çok Öznitelikli Değer	Değer fonksiyonları, Ağırlıkları	Sayısal (Kardinal)	Deterministik, Bulanık Mantık	Logical Decisions, MATS, Spreadsheets Excel	CBS ve ÇÖKA yazılımlarının entegrasyonu -
Çok Öznitelikli Fayda	Fayda fonksiyonları, Ağırlıkları	Sayısal (Kardinal)	Probabilistik, Bulanık Mantık	Logical Decisions, HIPRE 3+, Spreadsheets Excel	CBS modelleme, CBS ve ÇÖKA yazılımlarının entegrasyonu -
Analitik Hiyerarşi	Öznitelik değerleri, İkili Karşılaştırma	Sayısal (Kardinal) ya da Oran ölçeği	Deterministik, Probabilistik, Bulanık Mantık	Expert Choise, HIPRE 3+, Spreadsheets Excel	IDRISI, GeoChoice CBS modelleme, CBS ve ÇÖKA yazılımlarının entegrasyonu
İdeal Nokta	Öznitelik değerleri, Ağırlıklar	Sayısal (Kardinal)	Deterministik, Probabilistik, Bulanık Mantık	AIM, Spreadsheets Excel	GeoChoice CBS ve ÇÖKA yazılımlarının entegrasyonu
Uyum	Öznitelik değerleri, Ağırlıklar	Kısmi ya da tam sıralı (Ordinal)	Deterministik, Probabilistik, Bulanık Mantık	ELECTRE, Spreadsheets Excel	ArcINFO'da arayüz
Sıralı Ağırlıklı Ortalama	Öznitelik ağırlıkları, Sıralı ağırlıklar	Sayısal (Kardinal) ya da Sıralı (Ordinal)	Bulanık Mantık	Spreadsheets Excel	IDRISI

AHY birbirinden bağımsız ve farklı olan karar ölçütlerini uygun bir şekilde kıyaslayabilmek için en uygun yöntemlerden biridir. Karmaşık karar problemlerini bu yöntem sayesinde basit bir şekilde ifade edilebilir. Bu karar analizi yönteminde ağırlıklar belirlenirken ikili karşılaştırmadan faydalanıldığı için ölçütlerin ağırlıkları birbirine göre en doğru şekilde ifade edilir. CBS ile beraber

çalışmasında yüksek verim alınan AHY, aynı zamanda uygulama safhasında basit yazılımlarla uygulanabilir.

3.6 Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY)

Thomas L. Saaty tarafından 1965 yılında ortaya konan AHY ilk kez 1971 yılında ABD Savunma Bakanlığında olasılık planlama problemlerinde kullanılmıştır. İlerleyen süreçle beraber daha çeşitli alanlarda bu yöntem kullanılmış ve 1973 yılında Sudan ulaşım projelerinde kullanılmasıyla tam olgunluğa ulaşmıştır. Teorik olarak tam olarak gelişimini 1974-1978 yıllarında tamamlamıştır (Göksu ve Güngör, 2008).

AHY kullanılarak hem objektif, hem de sübjektif karar ölçütleri karşılaştırılabilmekte ve böylelikle birbirinden farklı karar ölçütlerine dayanan bir ağırlıklama sonucu bir kullanılabilir bir veri elde edilmektedir. AHY, karmaşık karar problemlerinde, özellikle sübjektif karar unsurlarının var olduğu problemlerde rahatlıkla uygulanabilecek bir teknik sunmaktadır (Timor, 2004).

“AHY karar vericinin çok karmaşık bir problemi basit, anlaşılır bir hiyerarşik yapıda kurmasına, tüm ölçütleri sistematik bir tarzda analiz ve sentez etmesine olanak vermektedir.” (Çam ve Toraman, 2003). “AHY, bileşenleri arasında karmaşık ilişkiler bulunan sistemlere ait karar problemlerinde, sistemi alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıda oldukça basitleştirerek ifade edip, sezgisel ve mantıksal düşünceyle inceleyebilen ve bunların modellenmelerine olanak sağlayan bir yaklaşımdır.” (Özden, 2008).

Saaty’ye göre AHY’nin teorik alt yapısı 4 aksiyoma dayandırılmıştır. Bunlar;

Aksiyom 1 (Karşılık Olma): Bu aksiyom karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Bir karşılaştırma matrisinin bilinmesi buna karşılık gelen diğer matrisinde bilinmesini sağlamaktadır. Eğer matrisin biri a_{ij} ise diğeri a_{ji} dir (Saaty, 1986).

Aksiyom 2 (Homojenlik): AHY, oranları özellik bakımından bir birinden çok farklı olmayan homojen elementleri karşılaştırabilir. Elementleri ikili karşılaştırmak için onların homojen olması veya ortak bir özellik bakımından bir birlerine yakın olması gerekmektedir (Garker ve Vargas, 1987).

Aksiyom 3 (Bağımsızlık): Sentez aksiyomu olarak da adlandırılan bağımsızlık aksiyomu hiyerarşinin bir seviyesindeki elementle ilgili yargıların veya önceliklerin kendisinden daha aşağıdaki elementlerden bağımsız olduğunu ifade etmektedir (Forman ve Gass, 2001).

Aksiyom 4 (Beklentiler): Beklentiler aksiyomu (expectation axiom) AHY ile ilgili iki fikir öne sürmektedir. Birincisi, insanların düşüncelerinin arkasında bir kısım gerekçeler vardır ve insanlar fikirlerinin sonuçlara yeterince yansıtıldığından emin olmak isterler. İkincisi, alternatiflerin sırası hem karar vericilerin kararına hem de karar probleminin doğasına bağlıdır (Saaty, 2008).

3.6.1 Problemin tanımlanması

AHY'nin ilk aşamasında mevcut problem tanımlanır. Problemin tanımlanmasından sona AHY ile karar vericinin ulaşmak istediği amaç belirlenmiş olur (Özden, 2008). “AHY kullanılarak çözülecek problemler için önce mümkün olduğu kadar ayrıntılı bir tanım yapılır ve bu tanımlar belli bir öncelik hiyerarşisine göre belirlenir. Diğer bir deyişle AHY, karar problemini mevcut durumun daha kolay anlaşılabilmesini sağlayacak şekilde derecelendirmektedir.” (Aydın, 2008).

3.6.2 Hiyerarşinin kurulması

AHY'nin ikinci aşamasında hiyerarşi kurulur. Hiyerarşi yapı oluşturulmadan önce AHY'de karar vericinin amacı doğrultusunda ölçütlerin ve ona ait olan alt ölçütlerin belirlenmesi gerekir. AHY'de öncelikle amaç belirlenir. Amaç belirlendikten sonra seçimi etkileyen ölçütler ortaya konur. Bu işlemlerden sonra ölçütler dikkate alınarak potansiyel alternatifler belirlenir. Tüm bu işlemler sonunda karar analizi için hiyerarşik bir yapı oluşturulmuş olur (Dağdeviren ve Eren, 2001).

Bir hiyerarşi oluşturulurken dikkat edilmesi gereken konular aşağıdaki gibidir (Saaty, 1990):

- Elemanlarının değişime duyarlılığını kaybetmeyecek şekilde problem mümkün olduğunca temsil edilmeli,
- Problemin çevresi dikkate alınmalı,
- Çözüme katkı sağlayacak konu veya faktörlerin belirlenmesi,
- Problemle ilgili katılımcıların belirlenmesi.

Satty (1996) bir karar analizinde bir hiyerarşi kurmanın avantajlarını şu şekilde sıralamıştır:

- Hiyerarşik gösterim, sistemdeki üst seviyedeki önceliklerin nasıl değiştiğinin, alt seviyedeki öncelikler üzerindeki etkisini göstermede oldukça başarılıdır.
- Hiyerarşiler, bir sistemin alt seviyelerinin yapısı ve fonksiyonları hakkında oldukça geniş bir şekilde bilgi verirler ve üst seviyedeki elemanlar ve amaçlar hakkında görüş sağlarlar. Bir seviyedeki elemanların kısıtlarının tamamen karşılanması, bir üst seviyede kendini en iyi biçimde gösterir.
- Gerçek sistem eğer hiyerarşik olarak düzenlenmiş ise değerlendirilmesi, örneğin modüler yapıli sistemler, bu sistemlerin bir bütün olarak değerlendirilmesine göre daha verimli ve hızlı sonuçlar sağlamaktadır.
- Hiyerarşiler kararlı ve esnektirler. Kararlılığı, küçük değişikliklerin küçük etkilere sahip olmasından, esnekliği ise iyi yapılandırılmış bir hiyerarşinin performansının yapılacak eklemeler sonucu değırmeyeceğindendir.

3.6.3 İkili karşılaştırmanın oluşturulması

Analitik hiyerarşi yönteminde ağırlıklar belirlenirken ikili karşılaştırma yöntemi kullanılır. Aynı zamanda karar probleminin özelliğine göre seçeneklerin bağılı önemini elde etmek için de ikili karşılaştırmalar kullanılabilir (Saaty, 1980).

AHY’de ölçeğin belirlenmesi en önemli faktörlerden biridir. Ölçeğin belirlenmesi için önce bu ölçek için belli bir sayılar dizini alınır. Sayı dizini verildikten sonra bu sayılar kullanılarak belirlenecek önceliklerin birbirleriyle nasıl bir ilişkide olacağı karar verilir (Saaty, 1980).

İkili karşılaştırma terimi iki faktörün ya da ölçütlerin birbirleriyle karşılaştırılması anlamına gelir. Bu terim belirlenirken karar vericinin yargılarına dayanır. İkili karşılaştırmalar karar ölçütlerinin ve alternatiflerin öncelik dağılımlarının kurulması için oluşturulmuştur. Bütün bu karşılaştırmalar matrisler şeklinde gösterilir (Öztürk ve Batuk, 2007).

İkili karşılaştırma yargılarının oluşturulurken, yani karar verici tarafından bir ölçütün diğeri bir ölçüte göre ne kadar önemli olduğunu belirlemek için (1-9) puanlı tercih ölçeğı kullanılır (Çizelge 3.2). “Bu ölçeğın etkinliğı çeşitli alanlardaki uygulamalar

ve başka ölçeklerle yapılan teorik karşılaştırmalar sonucunda saptanmıştır.” (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).

Çizelge 3.2 : İkili karşılaştırma tercih ölçeği (Saaty, 1980).

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit Önemli
3	Orta derecede daha önemli olması
5	Kuvvetli derecede önemli olması
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli olması
9	Aşırı derecede önemli olması
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Saaty, AHY'nin kullanılmasında uygulanacak konu üstünde uzman kişilerle yüz yüze görüşüp, anket yapıp, onların ikili karşılaştırmalara ilişkin görüşlerinin alınmasının daha sağlıklı sonuçlar çıkartacağını düşünmektedir.

İkili karşılaştırma yönteminin en büyük olumlu yanlarından biri, tek seferde sadece 2 ölçütün düşünülmesidir. n adet ölçüt için ikili karşılaştırma yöntemi, $n(n-1)/2$ adet karşılaştırmadan oluşur. Bu duruma örnek verecek olursak, 5 değerlendirme ölçütlü bir karar problemi 10 adet ikili karşılaştırma yapmayı gerektirir.

Eğer mutlak ölçeklerin kullanırsa ikili karşılaştırmalar matrisi doğrudan ölçüm değerleri ile oluşturulur. Göreceli veya mutlak ölçümlerle toplanan bilgilere göre önem dereceleri matrise dönüştürülür. i'inci ölçüt ile j'inci ölçütün önem derecesi a_{ij} ile gösterildiğinde, ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur (3.5) (Oğuzlar, 2007).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ . & . & \cdots & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

Eğer i'inci ölçüt j'inci ölçüt ile karşılaştırıldığında alınan değer (a_{ij}), j'inci ölçütün i'inci ölçüte göre önem derecesi, i'inci ölçütün j'inci ölçüte göre önem derecesinin çarpmaya göre tersidir (karşılık olma aksiyomu). Bu ifadeyi aynı zamanda, $a_{ji}=1/a_{ij}$ şeklinde gösterilebilir (Çizelge 3.3) (Özden 2008).

Burada ölçüt 1, ölçüt 1'le karşılaştırıldığında ikisinin aynı ölçüt olması dolayısıyla bir öncelik veya üstünlük söz konusu olamayacağından değeri 1'dir (Çizelge 3.3).

Ayrıca ölçüt 2, ölçüt 1'e göre "biraz daha önemli" olduğundan a_{21} 'in değeri 3'tür. Bunun yanı sıra ölçüt 1'in ölçüt 2'ye göre önem derecesi karşılık olma aksiyomu nedeniyle 1/3 olacaktır.

Çizelge 3.3 : İkili karşılaştırma matrisi.

	Ölçüt 1	Ölçüt 2	...	Ölçüt (n-1)	Ölçüt (n)
Ölçüt 1	$a_{11}=1$	$a_{12}=1/3$	...	...	$a_{1n}=3$
Ölçüt 2	$a_{21}=3$	$a_{22}=1$	...	...	...
...	...	...	...	...	...
Ölçüt (n-1)	...	...	...	...	...
Ölçüt (n)	$a_{n1}=1/3$	...	...	...	$a_{nn}=1$

İkili karşılaştırmaların önem derecelerinden oluşan A matrisi oluşturulduktan sonra gelecek diğer adım normalleştirme. Her bir sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünür. b_j sütunun toplam değerini göstermek üzere, sütunların toplam değeri hesaplanır (3.6).

$$b_1 = \sum_{i=1}^n a_{i1} \quad (3.6)$$

Bu işlemden sonra ikili karşılaştırma matrisinin elemanları kendi bulundukları sütunun toplam değerine bölünür (3.7).

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_i} \quad (3.7)$$

Bu işlem adımları uygulandıktan sonra c_{ij} elemanlarından oluşan ve ikili karşılaştırmaların normalleştirilmiş halini gösteren $n \times n$ boyutlu C matrisi hesaplanır (3.8).

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.8)$$

C matrisinden yararlanarak, ölçütlerin birbirlerine göre yüzde ağırlık değerleri elde edilir (3.9).

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.9)$$

C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır. Bu işlemden sonra C matrisinin satır ortalamalarından oluşan ve ölçütlerin yüzde ağırlıklarını gösteren W sütun vektörü hesaplanır (3.10) (Evren ve Ülengir, 1992).

$$W = \begin{bmatrix} w_1 = \frac{c_{11} + c_{12} + \dots + c_{1n}}{n} \\ w_2 = \frac{c_{21} + c_{22} + \dots + c_{2n}}{n} \\ \dots \dots \dots \\ w_n = \frac{c_{n1} + c_{n2} + \dots + c_{nn}}{n} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (3.10)$$

İkili karşılaştırmada çıkan yargıların tutarlılığını ölçmek için bir tutarlılık oranı kullanılmaktadır. Saaty tarafından belirlenen bu tutarlılık oranı için önerilen üst limit 0.10'dur. Eğer bu işlemler sonucunda çıkan tutarlılık oranı 0.10'un altında ise yargıların yeterli bir tutarlılık gösterdiği kabul edilmektedir. Bu yapılan değerlendirmenin devam edebileceğini göstermektedir (Öztürk, 2009).

Eğer tutarlılık oranı 0.10'un üstünde çıkarsa yargılar tutarsız kabul edilmektedir. Böyle bir durumda yargıların kalitesinin olduğu ortaya çıkar ve iyileştirilmesi gerekmektedir. Tutarlılık oranı yargıların yeniden değerlendirilmesi ile istenilen orana getirilebilir. Tüm bunlara rağmen tutarlılık oranı istenilen seviyeye gelmezse, problemin tekrar kurulması ve sürecin en baştan ele alınması gerekir (Malczewski, 1999a).

Malczewski (1999a) tutarlılık oranının belirlenmesi için aşağıdaki adımların izlenmesi gerektiğini belirtmiştir.

- Ağırlıklı toplam vektör belirlenir (W) ve buna göre tutarlılık vektörü (D) hesaplanır (3.11).

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} d_1 \\ d_2 \\ \vdots \\ d_n \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

- Tutarlılık vektörünün değerlerinin her biri, kendine ait ölçütün ağırlığına bölünüp, her ölçüt için (e) değeri bulunur (3.12).

$$e_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3.12)$$

- Tutarlılık indeksi (CI), λ kullanılarak hesaplanır (3.13 ve 3.14)

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} \quad (3.13)$$

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (3.14)$$

- Tutarlılık indeksinin karşılaştırılan ölçüt sayısına bağlı olarak değişen tesadüfilik göstergesi (RI) çizelgeye bakılarak bulunur (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 : Tesadüfilik göstergesi (Malczewski (1999a)).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

- Tutarlılık oranı (CR) hesaplanır (3.15).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.15)$$

CI: İkili karşılaştırma matrisinin tutarlılık indeksi

RI: Tesadüfilik göstergesi (eleman sayısına bağlıdır)

3.6.4 AHY'nin uygulama alanları

Analitik hiyerarşi yöntemi, çok geniş bir alanda kullanılabilen bir karar analizi yöntemidir (Saaty, 2000). Yöntemin kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralamıştır (Saaty, 1994; Bakan, 2011):

- Kaynak tahsis etme,
- İhtiyaçları belirleme,
- Planlama,

- Sistemleri tasarlama,
- Performans ölçme,
- Sistemin sürekliliğini sağlamak,
- Optimizasyon,
- Alternatifler kümesi oluşturma,
- Öncelik belirleme,
- Çıktıları tahmin etme,
- Çatışmaları giderme.

Alt başlıklar altında incelersek AHY ile birçok karar analizi uygulaması bulunmaktadır. AHY'nin uygulama yapılan alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Aydın, 2008; Bakan, 2011):

Sosyal problemler:

- Rekabetteki davranış Şekli,
- Eğitim,
- Çevresel kararlar,
- Sağlık,
- Kanun düzenleme,
- Tedavi seçimi,
- Nüfus dinamikleri,
- Kamu sektörü.

Teknolojik problemler:

- Pazar seçimi,
- Portföy seçimi,
- Teknoloji transferi,
- Bilgisayar teknolojilerinin ve bilginin seçimi,
- Telekomünikasyon sistemleri için satıcı seçimi,

- Güneş enerjisi teknolojilerinin kullanımını arttırma,
- Hidrojen yakıt sistemlerinin taşınması uygulamaları,
- Enerji tasarrufu,
- Uzay araştırmaları.

Ekonomi/Yönetim Problemleri:

- Hesap denetimi,
- Veri tabanı seçimi,
- Yatırım kararları,
- Dizayn ve mimarlık,
- Muhasebe ve finans,
- Bütçeleme,
- Sermaye yatırımı,
- Kar/zarar analizi
- Karar destek,
- Üretim,
- Makro-ekonomik planlama,
- Pazarlama,
- Tüketici seçimi,
- Ürün tasarımı,
- Pazarlama stratejisi,
- Planlama,
- Portföy seçimi,
- Risk analizi,
- Başvuru ve performans değerlendirmeleri,
- Grup karar verme,

- Kaynak tahsisi,
- Stok problemleri,
- Politika/strateji,
- Ulaştırma,
- Tarım,
- Su araştırma.

Politik problemler:

- Silah kontrolü,
- Çatışma analizi,
- Politik adaylık,
- Güvenlik değerlendirmesi.

3.6.5 AHY'nin avantajları dezavantajları

Bakan (2011), AHY'nin çok ölçütlü karar verme durumunda sağladığı avantajları şöyle sıralamıştır.

- AHY, karar vericinin hedefe ilişkin seçeneklerin doğru bir şekilde belirlmesine olanak veren uygulaması kolay bir karar verme imkanı sağlar.
- Karmaşık problemleri birleştiren basit bir yapısı vardır.
- Karar vericilerin karar probleminin tanımasını ve unsurlarına ilişkin anlayışlarını arttırır.
- Bir karar problemine ilişkin hem objektif hem sübjektif düşüncelerle, hem nitel hem de nicel bilgilerin karar sürecine dahil edilmesine olanak verir.
- Karar vericinin yargılarının tutarlılık derecesini ölçmesine imkan verir.
- Karar vericinin duyarlılık analizi yaparak son kararın esnekliğini doğrulaması mümkündür.
- Toplu kararlarında kullanımı uygundur.

- AHY'ye ilişkin yazılım paketi Expert Choice, karar vericinin uygulamayı hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştirmesine imkan verir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).
- Kullanıcılar bu yöntemi basit bulmakta ve yöntemden uzaklaşma yerine genellikle ondan etkilenmektedirler.
- İleri seviyede teknik bilgi gerektirmemekte ve neredeyse herkes tarafından kullanılabilir.
- AHY somut bilgilerin dışında soyut kavramlarla da uğraşır.
- AHY karar problemlerini temsil etmek için basit ayrıntılandırılmış hiyerarşik yapılara güvenir. Böyle uygun bir temsille risk, çatışma ve tahmin etme problemlerini ele alır.
- AHY farklı uzmanlık ve tercihlerin düşünülmesi gereken grup kararlarında bir cevaba ulaşmak için basit ve etkili bir prosedür sağlar (Saaty, 1994)

AHY teorik ve uygulamaya yönelik kullanıcılar tarafından bazı eleştirilere konu olmakta ve avantajlarının yanında bir takım konularda AHY'nin dezavantajları bulunmaktadır (Bakan, 2011). Bunlar:

- Sıra değiştirme AHY'nin uygulanmasında çok dikkat edilmesi gereken bir konudur. Herhangi bir karar alternatifi probleme çıkartıldığında veya eklendiğinde karar alternatifleri sıralamasının değişebilir. Modelleme sürecinin subjektif doğası AHY'nin bir kısıtı olarak görülmektedir. Bu, AHY ile yapılmış analizin yüzde yüz doğru kararları garanti edemeyeceği anlamına gelir.
- Bir karar hiyerarşisindeki kademe sayısı arttıkça ikili kargalaştırma sayısı da artar. Bu durum, AHY modelini kurmak için daha fazla zaman ve çabayı gerektirir. Expert Choice ve diğer yazılım programlarının kullanılması gereken zaman ve çabayı azaltmasına rağmen, metodolojinin yine de daha az biçimsel yöntemlere göre daha fazla zaman ve çaba gerektirdiği ileri sürülmektedir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001).
- Yöntem tek seferde 10 civarında faktörün ele alınmasına imkan sağlamaktadır.

- Yöntemin bireysel performans değerlendirmesinde kullanılmasında, değerlendirici sürekli ikili karşılaştırmalar yaptığı için konuya çok daha fazla dikkatli olmakta ve bundan kaynaklı daha fazla zaman harcamaktadır (Özkan, 2007).
- AHY karar problemini tek yönlü bir hiyerarşi ile modellemektedir. Bundan kaynaklı faktör ve faktör grupları arasındaki ilişkileri dikkate almamaktadır (Dağdeviren ve diğ., 2005).
- AHY modelinin oluşturulması aşamasında faktörlerin her aşamada doğru seçilememesi ve ayrışımın sağlanamaması sonuçların geçerliliğinin sorgulanmasına sebep olabilmektedir (Aydın, 2008).

4. UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde yer alan Kayseri ili Sarioğlan ilçesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. İlçenin güneyinde Bünyan, doğusunda Akkışla, batısında Özvatan ilçeleri ve kuzeyinde Sivas ili bulunmakta ve 2014 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre nüfusu 14.521 kişidir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Çalışma alanı.

Sarioğlan ilçesi; Kayseri'ye 65 km, Sivas'a 130 km uzaklıktadır. İlçe Kızılırmak'a karışan Sarioğlan Çayı Vadisine kurulmuş ve adını buradan almıştır. Deniz seviyesinden ortalama 1150 m yükseklikte bulunmaktadır.

İlçenin 2009 yılında yaptırılan imar planı kuzeyde Sarioğlan Deresi'ne kadar uzanmakta, güneyde ise Kayseri-Sivas Karayolu'na yeni açılan geniş bir yol ile bağlanmaktadır. Kayseri-Sivas Karayolu şehir merkezine 4 km mesafeden geçmektedir.

Sarioğlan imar planı çok engebeli bir topoğrafya üzerine kurulmuştur. Güneyde karayolu kenarında zemin kotu 1175-1180 m civarında olup, şehir merkezine doğru gidildiğinde, sanayi alanının yakınında zemin kotu 1158 m'ye kadar düşmekte, Büyükbakarcık Tepesi eteklerinde 1164 m'ye çıkmakta, Kayseri Caddesi boyunca tekrar 1168 m'ye yükselmektedir.

İmar planı içindeki tepe civarlarında arazi eğimi % 8'lere kadar çıkmakta, bu eğim tepelerden uzaklaştıkça % 2'lere kadar düşmektedir. İmar planı içinde en yüksek kotlu noktalar olarak, karayolu kenarında 1175 m ve Büyükbakarcık Tepesi 1175 m kotu gösterilebilir. İmar planının en düşük kotlu yeri ise demiryolu yakınındaki 1145 m zemin kotlarıdır.

Sarioğlan Deresi, imar planının kuzeyinden kuzey-kuzeydoğu yönünden akmaktadır. Devlet demir yolu hattı güneybatı-kuzeydoğu yönünde imar planı ikiye ayırmaktadır. Demiryolu batısında kalan kısımda zemin kotu 1168 m'ye kadar yükselmektedir. Bu kısımdaki yerleşim, imara uygun olarak gerçekleşmiş olup, yolların çoğu açıktır.

Bölge içerisinde yer alan en önemli akarsu, Çiftlik Beldesi'nin kuzeyinde geçen Kestuvan Çayı'nın devamı olan, Sarioğlan Çayı'dır. Sarioğlan Çayı ilçenin 12 km kuzeyinden geçerek, Kızılırmak'a birleşir. Sarioğlan Barajı 1991-2002 yılları arasında tarım arazilerini sulama amacıyla yapılmıştır. Baraj su tuttuğu zamanlarda Sarioğlan Çayı'nın su seviyesi büyük oranda düşmektedir.

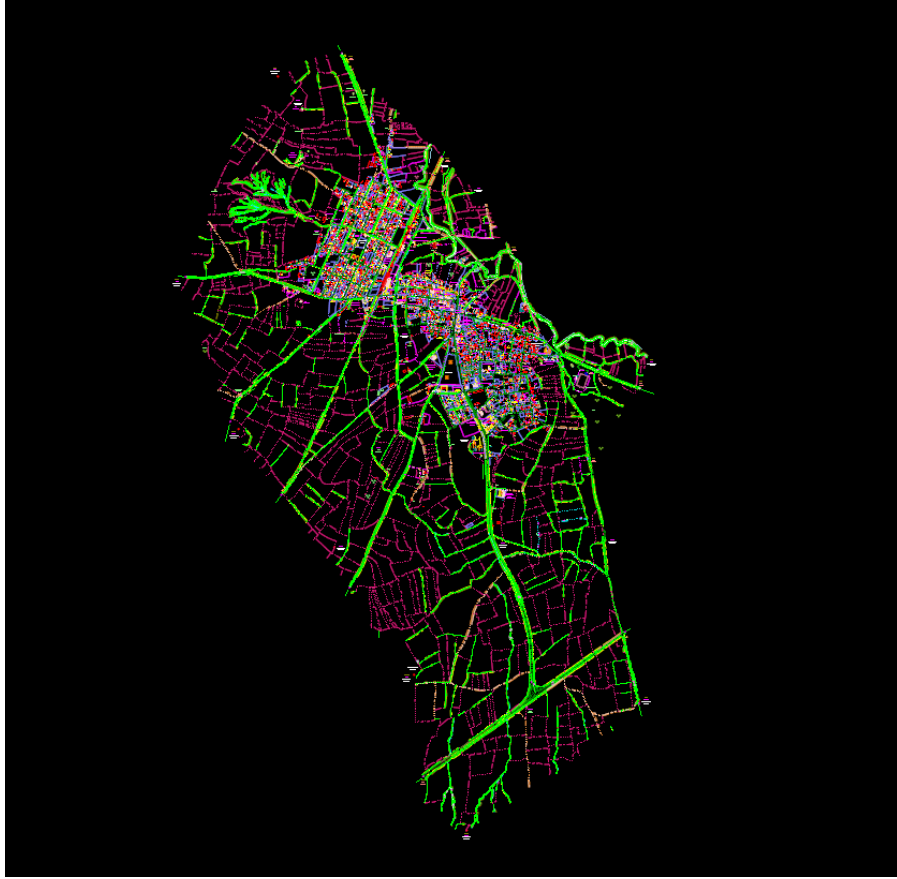
4.2 Kullanılan Veriler

Çalışma bölgesi Sarioğlan ilçesi belediyesinin 2005 yılında yaptırmış olduğu halihazır harita ile sınırlı turulmuştur. Bu sınırın içinde kalan alan 907 ha gayrimeskun ve 243 ha meskun olmak üzere toplam 1150 ha'dır. Verilerin düzenlenmesi, alanların belirlenmesi, çalışma alanındaki noktaların koordinat ve

yükseklik bilgilerinin belirlenmesi ve gerekli katmanların mevcut halihazır haritadan çıkartılması için NetCAD 5.1 GIS ve AutoCAD 2011 yazılımları kullanılmıştır. Bu verilerin işlenebilmesi ve gerekli analizlerin yapılabilmesi içinde ArcGIS 10.1 yazılımı kullanılmıştır.

Uygulamanın amacına bağlı olarak ölçütler hakkında gerekli bilgileri toplayabilmek için bölgenin sayısal halihazır haritası, sayısal imar planı ve mevcutta var olan ilçenin kanalizasyon ve atıksu arıtma projeleri kullanılmıştır.

Kullanılan Sayısal Halihazır Harita, ITRF koordinat sisteminde olup İller Bankası tarafından 2005 yılında yaptırılmıştır. 48 adet 1/1000'lik ve 8 adet 1/5000'lik paftası bulunmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Sarıoğlu halihazır haritasının ekran görüntüsü.

Kullanılan Sayısal İmar Planı, ITRF koordinat sisteminde olup İller Bankası tarafından 2009 yılında yaptırılmıştır. 19 adet 1/1000'lik ve 9 adet 1/5000'lik paftası bulunmaktadır (Şekil 4.3). Karar analizinde imar planının sınırları bizim için önemlidir. Kullanılan imar planında sadece sınırlar bulunmaktadır.



Şekil 4.3 : Sarıoğlu imar planı sınırlarının ekran görüntüsü.

Kullanılan Kanalizasyon ve Atıksu Arıtma projeleri 2007 yılında İller Bankası tarafından yaptırılıp tasdik edilmiştir.

4.3 Ölçütlerin Belirlenmesi ve Ağırlıkları

“Atıksu arıtma tesisi yer seçimi bölgenin arazi kullanımı ve imar planı ile sosyal, çevresel ve mühendislik ölçütleri dikkate alınarak yapılmalıdır. Arıtma tesisi yer seçiminde, yakında ikamet eden halkın sosyal, ekonomik ve politik isteklerinin karşılanması gerektiği unutulmamalıdır. Bu yüzden yer seçimi sürecine halkın katılımının sağlanması kritik önem taşımaktadır” (Koyuncu ve diğ., 2012).

Atıksu arıtma tesisi için seçilebilecek muhtemel tüm yer seçenekleri, topografik durum, çevresel etkiler ve atıksuların toplama ve arıtma ekonomisi göz önünde tutularak değerlendirilmelidir. Belirtilen hususları, gerektiği ölçüde değerlendirmek üzere ilgili bütün disiplinlerin temsil edildiği bir uzmanlar grubu yer seçimi çalışmalarını yürütmek üzere görevlendirilmelidir. (Koyuncu ve diğ., 2012). Yer

seçeneklerinin değerlendirilmesi sürecinde başlıca aşağıdaki temel prensipler dikkate alınır:

- Arıtma tesisi yeri toplanan atıksuların cazibe ile getirilebileceği düşük kotlu bir arazi olmalıdır,
- Tesis yeri, mevcut ve planlanan meskn mahallerden olabildiğince uzak tutulmalıdır. Tesisler estetik unsurlar ve koku oluşum riski gözetilerek tasarlanmalıdır,
- Olabildiğince büyük bir alan seçilerek, gelecekteki gelişme alanları ve koruma bandı ihtiyaçları da karşılanmalıdır,
- Arıtma tesisi yeri taşkın etki alanında yer almamalı ve asgari 100 yıllık taşkından tam korunmuş olmalıdır. Gerekli koruma önlemleri alınmadan taşkın etki alanlarından yer seçimi kati suretle önlenmelidir,
- Tesis yerine yıl içinde her zaman kolayca ulaşım mümkün olacak yol bağlantısı bulunmalı, enerji, haberleşme ve içme suyu bağlantıları kolay yapılabilmelidir,
- Tesis yeri arıtılmış atıksuların deşarj edilebileceği büyük bir su kütlesi ve/veya sulama yapılabilecek tarım arazilerine yakın olmalıdır,
- Tesis yerindeki zeminin taşıma gücü, pahalı ıslah ve temel mühendisliği işleri gerektirmeyecek ölçüde yeterli olmalıdır,
- Mümkünse orta derecede eğimli bir saha, özellikle uygun (cazibeli akışlı) bir hidrolik profile imkn vereceği için tercih edilmelidir,
- Saha doğal, tarihi ve arkeolojik sit alanlar ile ekolojik bakımdan hassas koruma alanları içinde yer almamalıdır,
- Yer seçiminde, meskn mahallerdeki kıyı alanlarının korunması ve etkilenmemesine öncelikle zen gösterilmelidir,
- Seçilen yerde mümkünse arazi kamulaştırma ihtiyaı asgari düzeyde olmalıdır (Koyuncu ve diğ., 2012).

Yukarıda bahsi geçen ölçütler bir atıksu artıma tesisin yerinin belirlenmesi konusunda önemli faktörlerdir. Bu çalışmada tüm bu ölçütler, ilgili referans kaynaklara, bölgenin yapısına ve atıksu artıma tesisi konusunda uzman ilgili

kurumlardan teknik uzman ve müdürlerin içinde bulunduğu bir anket çalışması ile 8 adet ana başlıkta toplanmış ve gerekli değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu ltler:

- Düşük kotlu arazi
- Meskuna uzaklık
- Ulaşım yollarına yakınlık
- Tarım arazilerine yakınlık
- İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma
- Enerji kaynağına yakınlık
- İrmak vb. su kütlelerine yakınlık
- Kuyu ve sondaj alanlarına uzaklıktır.

Yukarıda belirlenen ölçütlerin ağırlıkları ikili karşılaştırma yöntemi ile hesaplanmıştır. İgili karşılaştırma yöntemi birçok ölçüte bağlı olarak karar verme yöntemlerinden biri olan AHY kullanılmaktadır (Saaty, 1980).

Bu yöntemde matrisleri oluşturmak için ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. İgili karşılaştırma değeri için iki ölçütün birbirleriyle karşılaştırılmıştır. İgili karşılaştırmalar karar ölçütlerinin dağılımlarının kurulması için tasarlanmıştır. Bu karşılaştırmalar matrisler şeklinde düzenlenmiştir.

Bu çalışmada ağırlıklar, Atıksu Arıtma projeleri hazırlama ve yapımı konusunda birçok çalışma yapmış ve bu konuda deneyimli olan İlbank A.ř kurumundan toplamda 2 Müdür ve 5 Teknik Uzman'ın katıldığı bir anket çalışması ile belirlenmiştir.

Bunun için yukarıda belirtilen ölçütler için önem sırasına göre ikili karşılaştırmalar yapıp 1 ile 10 puan arasında değerler verilmesi istenmiştir. 10 puan en önemli, 1 puan ise en önemsiz ölçütü göstermektedir. Verilen harfler ikili karşılaştırma matrislerinde temsil ettiği ölçütü göstermektedir.

- Düşük kotlu arazi (A)
- Meskuna uzaklık (B)
- Ulaşım yollarına yakınlık (C)
- Tarım arazilerine yakınlık (D)

- İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma (E)
- Enerji kaynağına yakınlık (F)
- Irmak vb. su kütlelerine yakınlık (G)
- Kuyu, sondaj ve doğal sit alanlarına uzaklık (H)

Anket çalışması yapıldıktan sonra katılımcıların verdikleri puanlara göre ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur (Çizelge 4.1). Örneğin; A ölçütünün, E ölçütüne göre ikili karşılaştırma matrisinin değeri 3 olduğu belirlenmiştir. Bu değer; A ölçütünün, E ölçütüne göre orta derecede daha önemli olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1 : İkili karşılaştırma matrisi.

	A	E	B	C	F	G	D	H
A	1	3	4	5	6	7	8	9
E	1/3	1	3	4	5	6	7	8
B	1/4	1/3	1	3	4	5	6	7
C	1/5	1/4	1/3	1	3	4	5	6
F	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3	4	5
G	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3	4
D	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1	3
H	1/9	1/8	1/7	1/6	1/5	1/4	1/3	1

Ölçütlerin ağırlıkları normleştirilmiş ve birbiriyle orantılı şekilde hesaplanabilmesi için bağıl ölçüt ağırlıkları matrisleri oluşturulmuştur. Birinci adımda her ölçüt için diğer ölçütlere göre aldığı ikili puanlar ondalık hale dönüştürülmüş ve toplanmıştır. (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Bağıl ölçüt ağırlıkları (1. Adım).

	A	E	B	C	F	G	D	H
A	1	3	4	5	6	7	8	9
E	0.333	1	3	4	5	6	7	8
B	0.250	0.333	1	3	4	5	6	7
C	0.200	0.250	0.333	1	3	4	5	6
F	0.167	0.200	0.250	0.333	1	3	4	5
G	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	1	3	4
D	0.125	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	1	3
H	0.111	0.125	0.143	0.167	0.200	0.250	0.333	1
Toplam	2.329	5.218	9.093	13.950	19.783	26.583	34.333	43

İkinci adımda ölçütler için kullanıcılar tarafından verilmiş değerler, ikili karşılaştırma ile çıkan toplam değerlere bölünüp bağıl ölçütler hesaplanmıştır. Bir ölçütün, diğer bütün ölçütlere göre olan bağıl ölçütleri toplanıp ortalaması alınmıştır. Elde edilen bu değer ölçütün bu uygulamadaki ağırlığıdır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Bağıl ölçüt ağırlıkları (2. Adım).

	A	E	B	C	F	G	D	H	Ağırlık	e
A	0.429	0.575	0.440	0.358	0.303	0.263	0.233	0.209	0.351	9.427
E	0.143	0.192	0.330	0.287	0.253	0.226	0.204	0.186	0.227	9.683
B	0.107	0.064	0.110	0.215	0.202	0.188	0.175	0.163	0.153	9.461
C	0.086	0.048	0.037	0.072	0.152	0.150	0.146	0.140	0.104	9.041
F	0.072	0.038	0.027	0.024	0.051	0.113	0.117	0.116	0.070	8.587
G	0.061	0.032	0.022	0.018	0.017	0.038	0.087	0.093	0.046	8.236
D	0.054	0.027	0.018	0.014	0.013	0.013	0.029	0.070	0.030	8.144
H	0.048	0.024	0.016	0.012	0.010	0.009	0.010	0.023	0.019	8.482
Toplam	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	

Bulunan (e) değerlerinin ortalaması alınarak, (λ) değeri bulunmuştur. Bu değerle ve ölçüt sayısı kullanılarak tutarlılık indeksi hesaplanmıştır.

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n e_i}{n} = 8.88274437$$

$$\text{Tutarlılık indeksi (CI)} = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.126106339$$

$$\text{Tutarlılık oranı (CR)} = \frac{CI}{RI} = 0.08943712$$

İkili karşılaştırmalarda tutarlılığın belirlenmesi amacıyla tutarlılık oranı hesaplanmış ve 0.089 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.10'dan küçük olduğu için yargılar tutarlıdır. Bütün bu işlemler sonucunda karar analizinde kullanılacak ölçütlerin ağırlıkları hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 : Ölçütlerin ağırlıkları.

ÖLÇÜT	AĞIRLIK
Düşük kotlu arazi (A)	0.351
Meskuna uzaklık (B)	0.153
Ulaşım yollarına yakınlık (C)	0.104
Tarım arazilerine yakınlık (D)	0.030
İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma (E)	0.227
Enerji kaynağına yakınlık (F)	0.070
İrmak vb. su kütlelerine yakınlık (G)	0.046
Kuyu ve sondaj alanlarına uzaklık (H)	0.019

4.4 Normalleştirme (Normalizasyon)

Ölçüt katmanların doğru bir şekilde değerlendirebilmek için veriler aynı değerler arasında olması gerekmektedir. Bunun için normalleştirme kullanılabilecek en verimli yöntemlerden biridir.

Bütün ölçütler için en büyük piksel değerleri ArcGIS Map Algebra aracı kullanılarak, yakın olma koşulunun arandığı, yollar, tarım arazileri, enerji kaynağı ve ırmak ölçütlerinde büyük değer yine büyük olacak şekilde normalleştirilmiştir (4.1). Burada en büyük değer olarak her bir katmandaki öklid mesafelerini gösteren piksel değerlerinden en büyük olanlar x_{max} olarak işleme sokulmuştur. Bu şekilde yakınlık koşulu aranan ölçütlerde en uygun olan için 1'e, uygun olmayan noktalar için de 0'a yaklaşan piksel değerleri atanmıştır. Bu işlemlerin sonucunda, objelere en uzak mevkide olan piksel veya pikseller doğrudan "0" değerini almaktadır.

$$x'_{ij} = 1 - \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (4.1)$$

Uzak olma koşulu arandığı meskun, imar durumu ve kuyu ölçütleri için de normalleştirme işlemi uygulanmıştır (4.2). Bunun sonucunda konum olarak en yakın noktalar için 0'a, en uzak noktalar için de 1'e yaklaşan yeni piksel değerleri atanmıştır. Konum olarak en uygun yer olan piksel veya pikseller, "1" değerini almıştır.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^{max}} \quad (4.2)$$

Oranlar korunacak şekilde ölçütler normalleştirilerek, Alınan bütün değerler 0 ile 1 arasında olmuştur. Bu yöntem ile farklı ölçütler birbirleriyle değerlendirilmesi sırasında daha uygun hale getirilmiş ve sentez haritalarından daha doğru sonuçlar çıkartılmış oldu.

4.5 Çalışma Verilerinin Düzenlenmesi

Veriler bir ÇÖKA kullanılması için birtakım işlemler görmüştür. Çalışma alanının belirlenmesi ve bu alanda kullanan verilerin güncellenmesi bu kapsamda önemli bir yer tutmaktadır. Kullanılan tüm veriler beraber değerlendirilebilmesi için her ölçüt ITRF koordinat sistemine dönüştürülmüştür.

Bu uygulamada ArcGIS yazılımının içinde bulunan “Euclidean distance” aracı kullanılmakta, çalışma bölgesi önceden belirlenmiş bir sınır ile sınırlanmakta, eşit alana sahip “m x n” adet piksele bölünmekte, ölçüt verilerinde bulunan noktalarda aralarındaki mesafeler hesaplanmaktadır. Daha sonra her bir piksel koordinatı için hesaplanmış olan farklı değerlerden en küçük olanları seçilerek “10 x 10” pikselden oluşan bir raster verisi şeklinde düzenlenmektedir. Tüm bu işlemlerin sonunda çalışma bölgesindeki her bir noktanın, kendisine en yakın obje ile arasındaki mesafeleri gösteren yeni bir veri elde edilmiştir.

Çalışmadaki ölçütlerden; meskuna uzaklık, ulaşım yollarına yakınlık, tarım arazilerine yakınlık, imar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma, enerji kaynağına yakınlık, ırmak vb. su kütlelerine yakınlık, kuyu ve sondaj alanlarına uzaklık ait vektör veriler 10x10 piksel kenar uzunluğuna sahip raster verilere dönüştürülmüştür.

Her bir ölçütteki mesafe değerlerinin farklı sayılardan oluşmasından dolayı, her ölçüt ağırlıklar ile işlem gördüğü zaman, her ölçütte farklı ve orantısız piksel değerleri olacaktır. Bu işlemin sonucunda çıkacak verilerden sağlıklı bir sonuç olmayacaktır. Tüm bu sebeplerle yapacağımız analizden orantılı değerlerin çıkabilmesi için ölçüt katmanlarının ağırlıkları ile değerlendirilmeden önce normalleştirilmeleri gerekmektedir. Tüm ölçütler analizlerden sonra ArcGIS te bulunun Raster Calculator aracı ile normalleştirilmiş ve 0 ile 1 arası değerler almıştır.

Çalışmadaki ölçütlerin her biri tek başına büyük önem taşımaktadır. Değerlendirmede kullandığımız ölçütlerin herhangi biri bulunmadığı zaman, bir yorum yapabilmek için ölçütlerin tek tek değerlendirilmesi gerekir. Ölçütler 9 eş

sınıfa ayrılarak, her ölçüt için atıksu arıtma tesisinin yapımında en uygun alanlar belirlenmiştir.

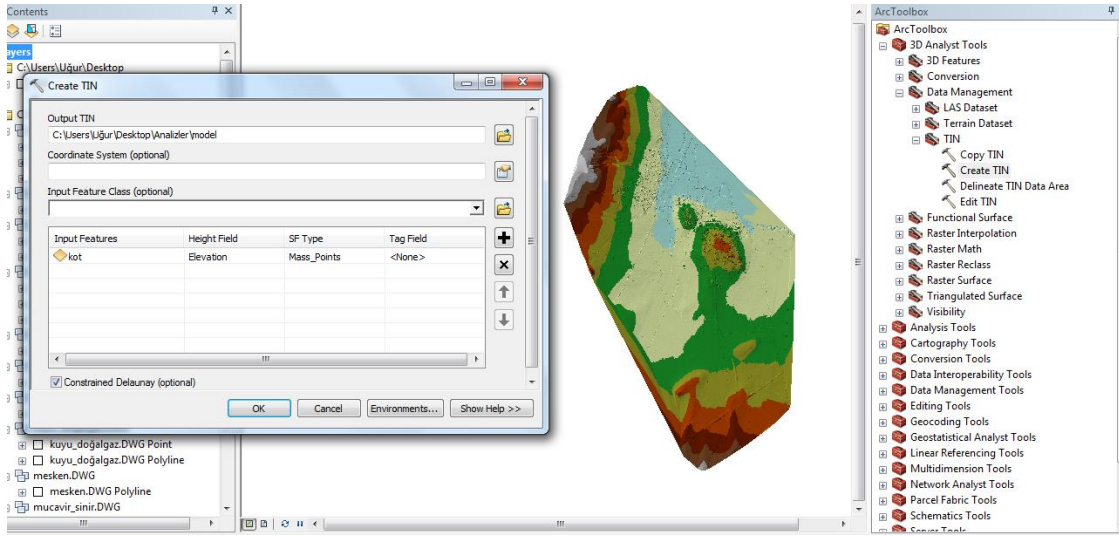
- Düşük kotlu arazi

Çalışma bölgesinin yükseklik verileri ilçenin sayısal hali hazırlarında bulunan 101296 adet takeometre ve detay noktaları kullanılarak, NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür (Şekil 4.4).



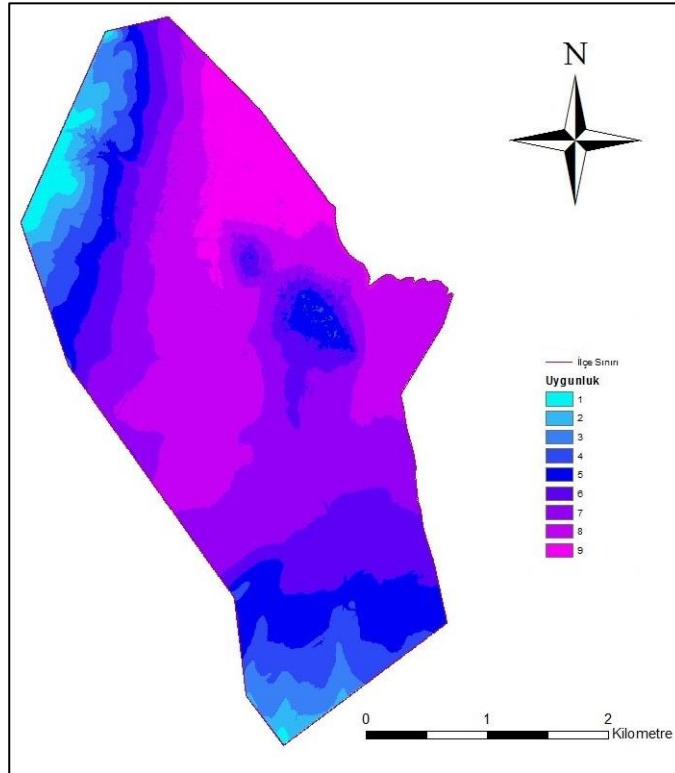
Şekil 4.4 : Sarıoğlan ilçesine ait nokta verilerine ilişkin ekran görüntüsü.

ArcGIS’de ArcToolBox’ın içinde bulunan “Create TIN” aracı kullanılarak bir yüzey modeli oluşturulmuştur (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Sayısal yüzey modelinin oluşturulmasına ilişkin ekran görüntüsü.

Oluşturulan yüzey, ArcGIS ile yükseklik verilerini analize dahil edebilmek için “TIN to Raster” aracı ile raster verisine dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırı olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.6).

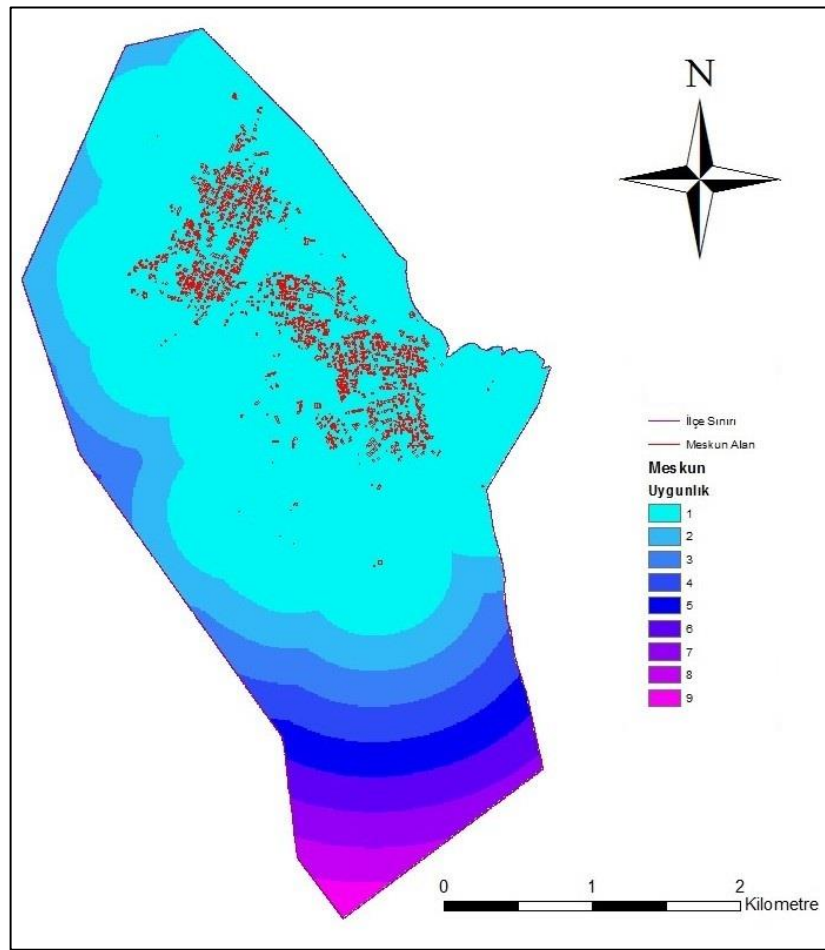


Şekil 4.6 : Yüksekliğe bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

- Meskuna uzaklık

Çalışma alanındaki meskun alanları ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.7).



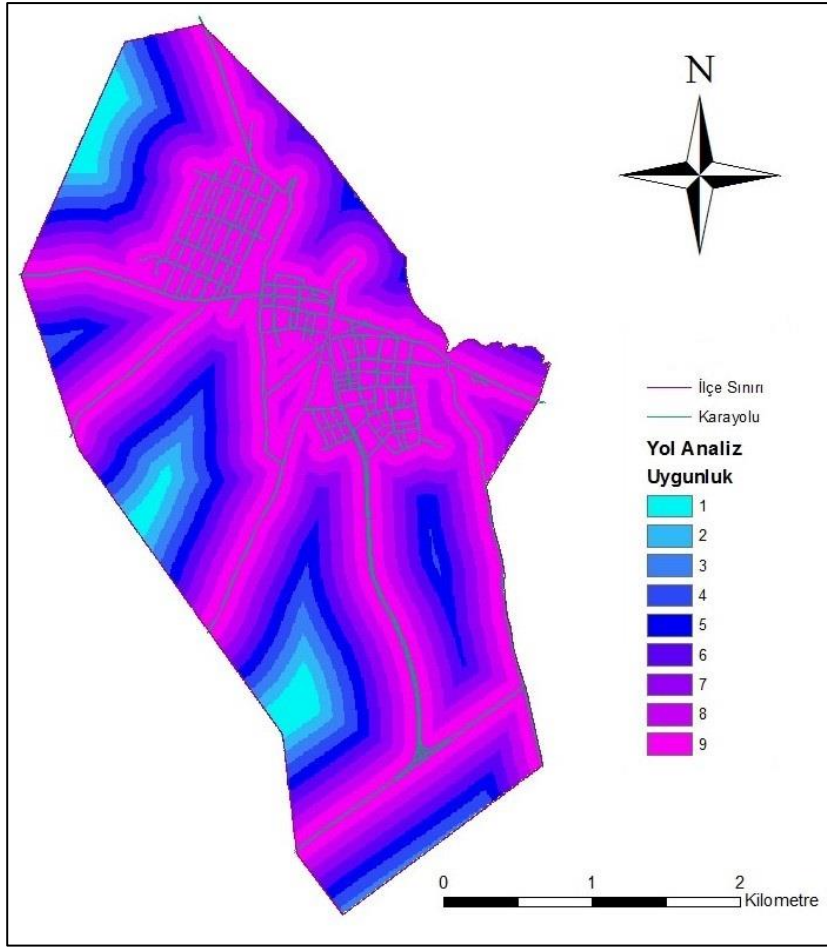
Şekil 4.7 : Meskuna alanlara bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

Meskun analizin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Meskun alanlara bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 6 hektar olduğu görülmüştür.

- Ulaşım yollarına yakınlık

Çalışma alanındaki ulaşım yolları ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.8).



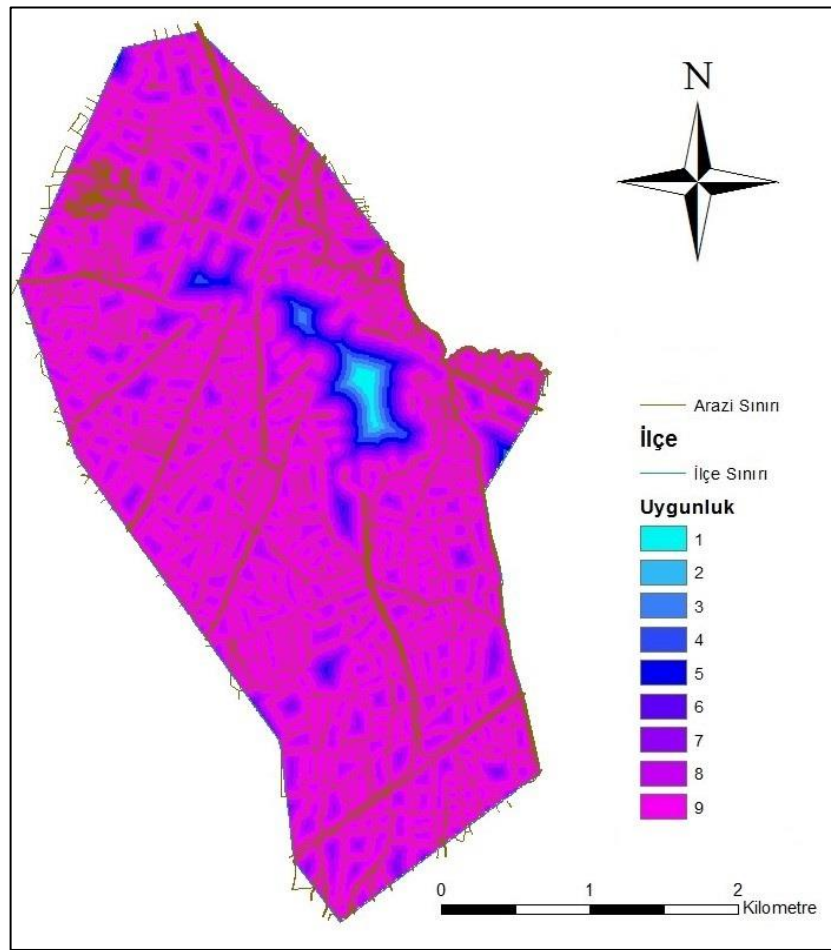
Şekil 4.8 : Ulaşım yollarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

Ulaşım analizinin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisinin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Ulaşım yollarına bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 426 hektar olduğu görülmüştür.

- Tarım arazilerine yakınlık

Çalışma alanındaki tarım arazileri ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.9).



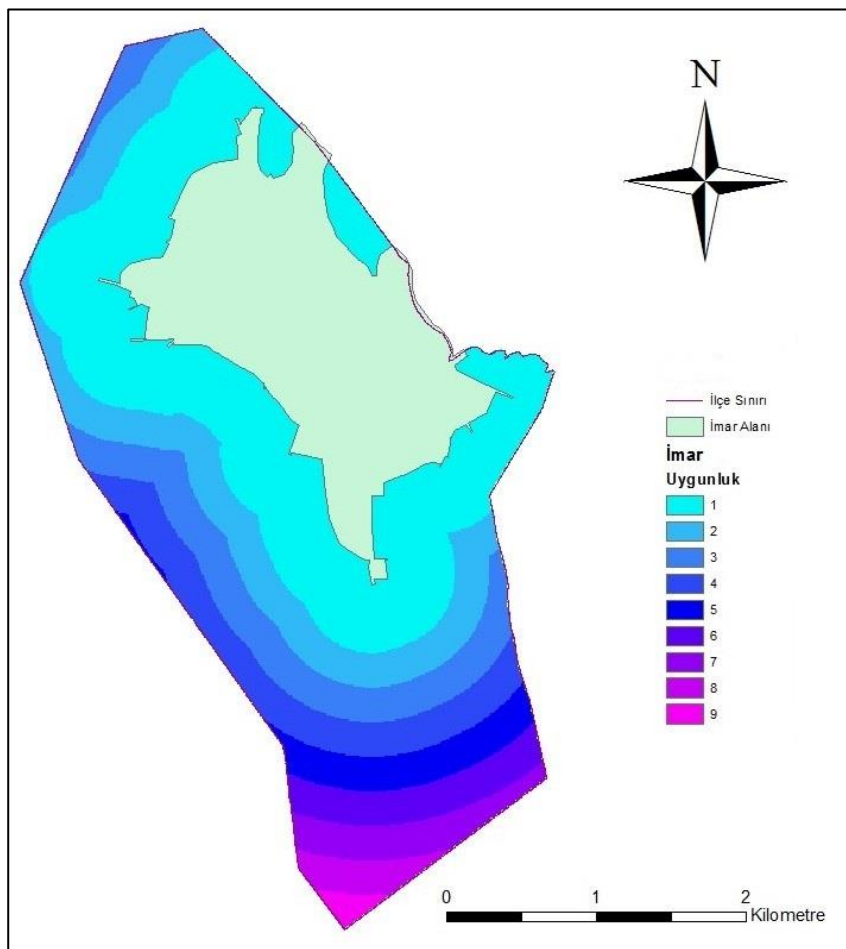
Şekil 4.9 : Tarım arazilerine bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

Tarım arazilerine yakınlık sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Tarım alanlarına bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 891 hektar olduğu görülmüştür.

- İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma

Çalışma alanındaki imar sınırı ilçenin imar planından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.10).



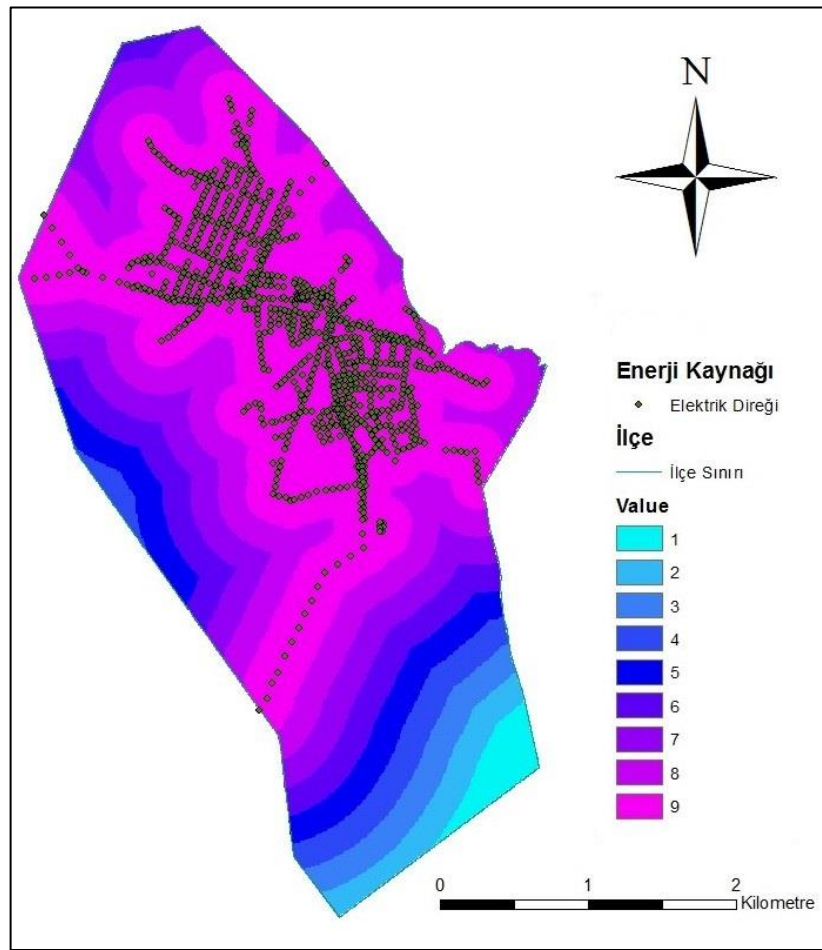
Şekil 4.10 : İmar alanına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma analizinin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. İmar alanına bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 5 hektar olduğu görülmüştür.

- Enerji kaynağına yakınlık

Çalışma alanındaki enerji kaynakları ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.11).



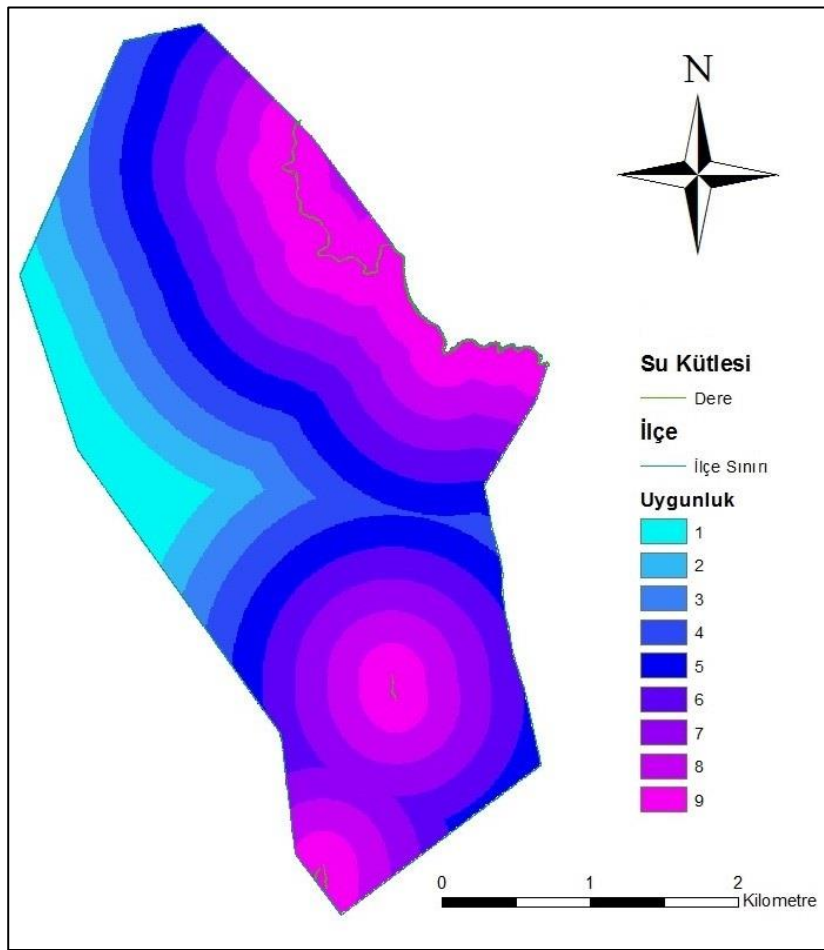
Şekil 4.11 : Enerji kaynaklarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

Enerji kaynağına yakınlık analizinin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Enerji kaynaklarına bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 352 hektar olduğu görülmüştür.

- Irmak vb. su kütlelerine yakınlık

Çalışma alanındaki su kütleleri ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.12).



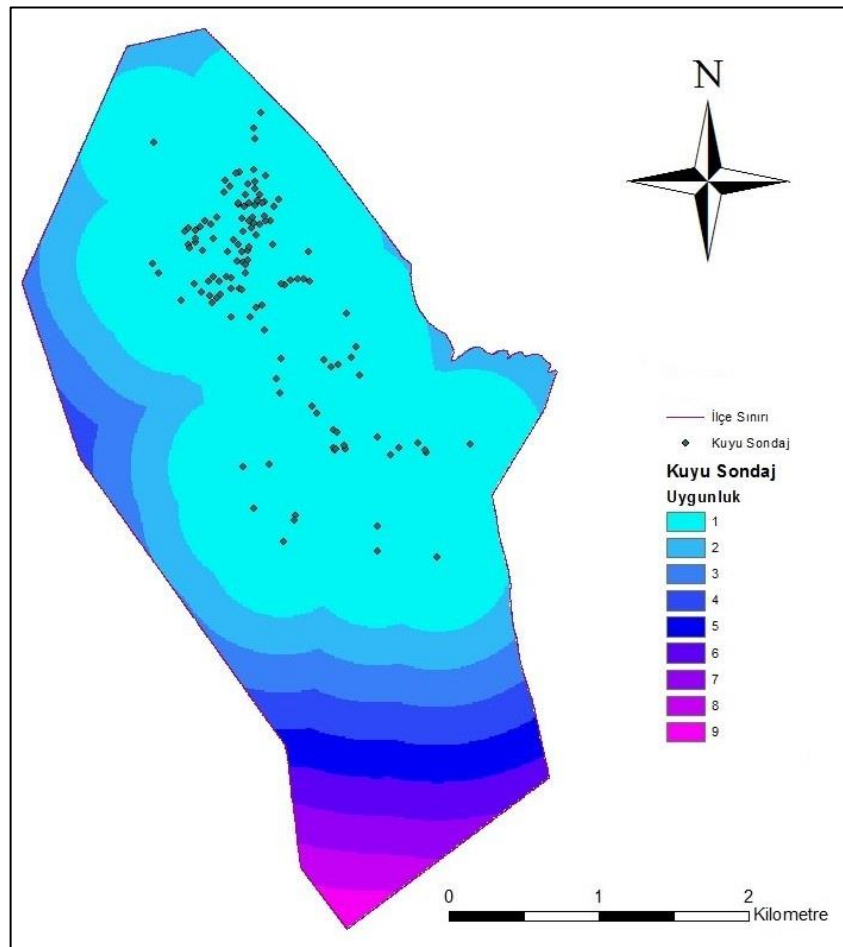
Şekil 4.12 : Su kütlelerine bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

Su kütlelerine yakınlık analizinin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Su kütlelerine bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 143 hektar olduğu görülmüştür.

- Kuyu ve sondaj alanlarına uzaklık

Çalışma alanındaki kuyu ve sondaj alanları ilçenin sayısal halihazır haritasından NetCAD yardımıyla DWG formatına dönüştürülmüştür.

Bu veriler ArcGIS'e çizgi formatında tanıtılmış ve "distance/Euclidean distance" aracı ile piksel büyüklükleri 10x10 olacak şekilde raster verilere dönüştürülmüş, normalleştirilmiş ve ilçe merkez sınırlarını olacak şekilde bölünmüştür. Normalleştirilmiş bu veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa bölünmüş ve en uygun yerlerin değeri 9, düşük uygunluktan olan yerlerin değeri ise 1 olmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 : Kuyu ve sondaj alanlarına bağlı sınıflandırılmış uygunluk analizi.

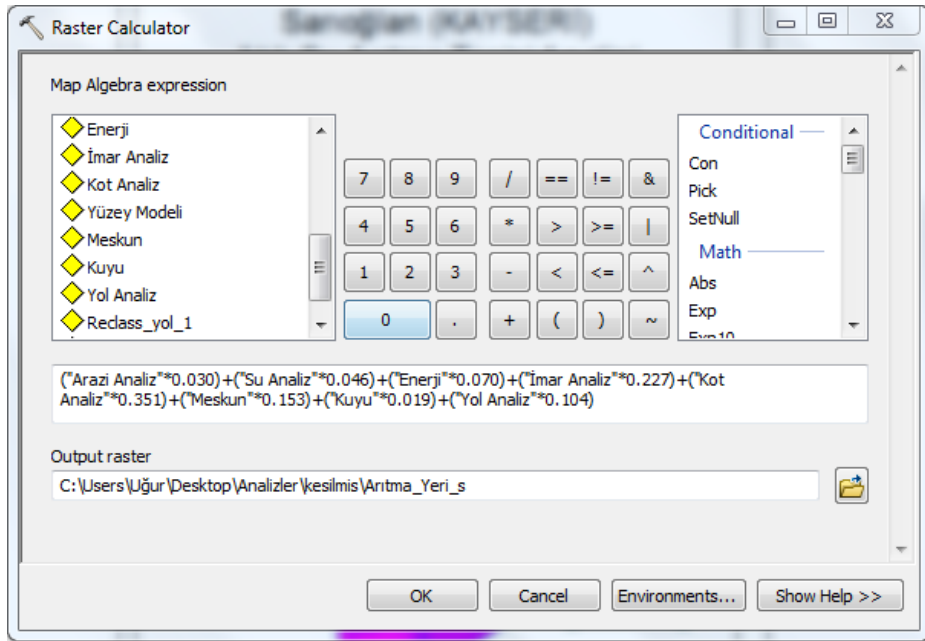
Enerji kaynağına yakınlık analizinin sonunda bu ölçüte göre atıksu arıtma tesisin kurulabileceği en uygun yerler belirlenmiştir. Kuyu ve sondaj alanlarına bağlı belirlenen en uygun olan alan toplamda yaklaşık 6 hektar olduğu görülmüştür.

4.6 Ölçütlerin Değerlendirilmesi

Bu aşamada, araştırmada yapılan toplamda 8 analizin değerlendirilmiş ve mevcut yerler içerisinde en uygun yerin neresi olduğunu belirlenmiştir. Tek tek değerlendirilmiş ölçütler bir araya getirilerek tek bir sonuç elde edilmiştir.

Uygulamamızda toplamda 8 adet ölçütten faydalanılmıştır. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra her bir ölçüt için ağırlıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

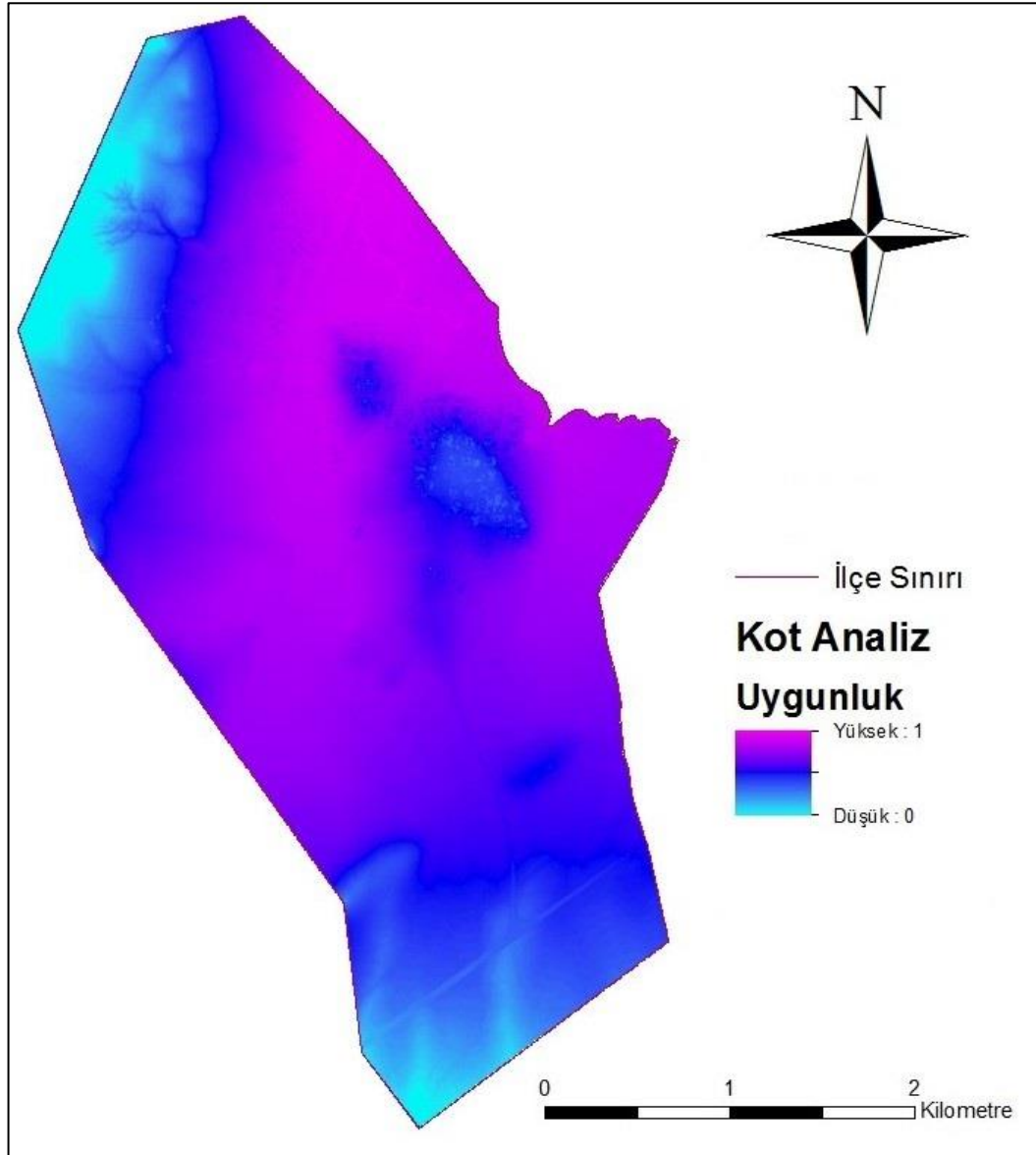
8 adet ölçütün normalleştirilmiş ve ilçe sınırına göre kesilmiş raster verisi, ikili karşılaştırma yöntemi ile bulunmuş her bir ölçütün ağırlıkları kullanılarak ArcGIS yazılımının “raster calculator” aracı ile bütün ölçütlerin raster değerleri ve ağırlıkları kullanılarak yeniden değerlendirilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.14 : Map Algebra fonksiyonu yardımıyla ölçütlerin değerlendirilmesi.

- Düşük kotlu arazi

“Arıtma tesisi yeri toplanan atıksuların cazibe ile getirilebileceği düşük kotlu bir arazi olmalıdır.” (Koyuncu ve diğ., 2012). Yapılan anket çalışması ve ikili karşılaştırma yöntemi kullanılarak yapılan değerlendirmede atıksu arıtma tesisin yapımı sırasında en önemli etken, arazinin hizmet vereceği alana göre kot olarak daha düşük bir bölgede olmasıdır. Yer seçim analizinde bu ölçütün (Şekil 4.15) ağırlığı 0.351 olarak alınmıştır.



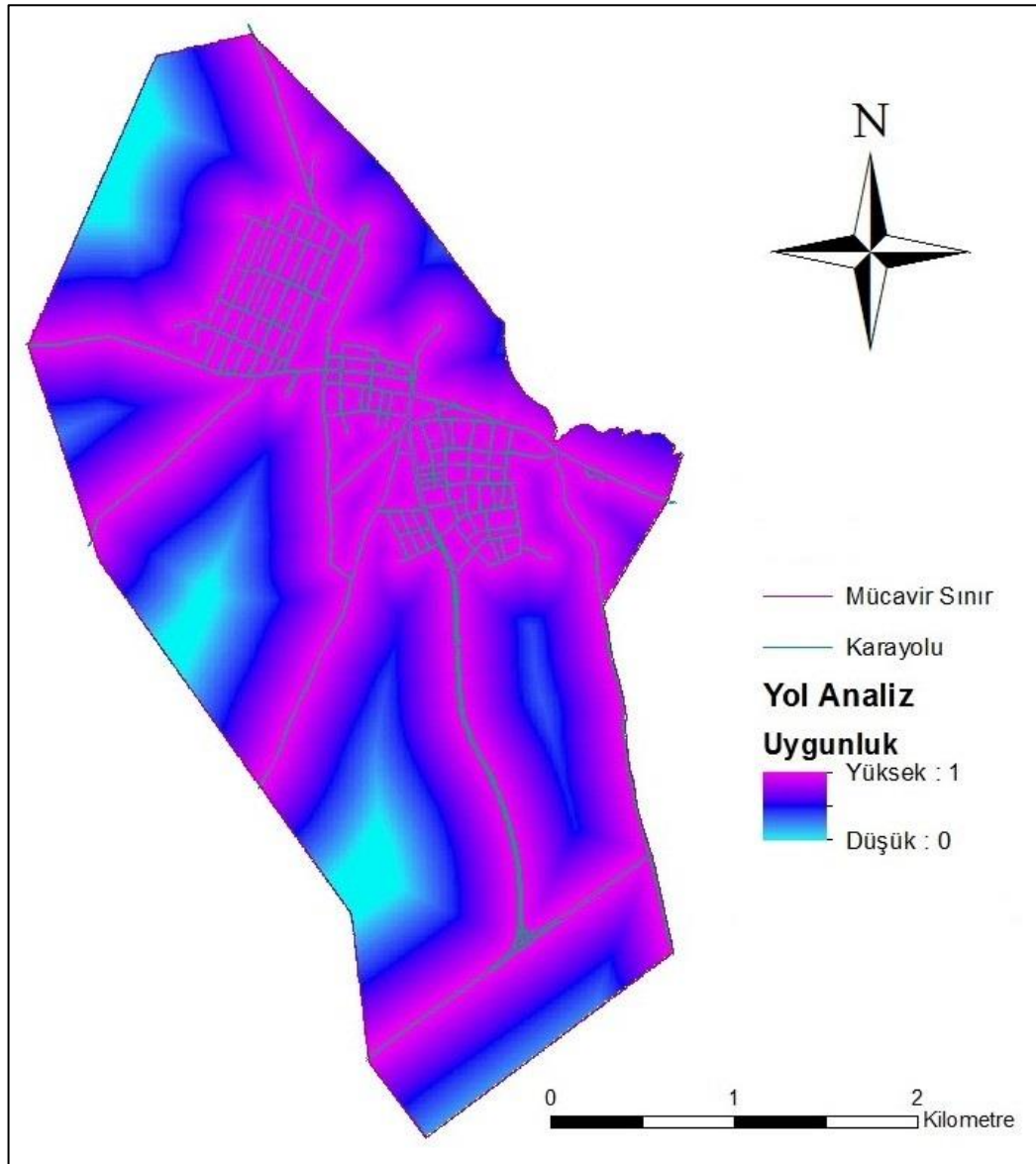
Şekil 4.15 : Yüksekliğe bağlı uygunluk analizi.

“Tesis yeri, mevcut ve planlanan meskun mahallerden olabildiğince uzak tutulmalıdır. Tesisler estetik unsurlar ve koku oluşum riski gözetilerek tasarlanmalıdır.” (Koyuncu ve diğ., 2012). Arıtma tesisinin gerek çevreye yayacağı kokudan gerekse ilerleyen yıllarda şehrin büyüyerek tesisin şehir içinde kalmasıyla oluşacak problemlerle karşı karşıya kalmaması için meskun alanlardan uzak olması tercih edilir. Yer seçimi analizinde bu ölçütün (Şekil 4.16) ağırlığı 0.153 olarak alınmıştır.



- Ulaşım yollarına yakınlık

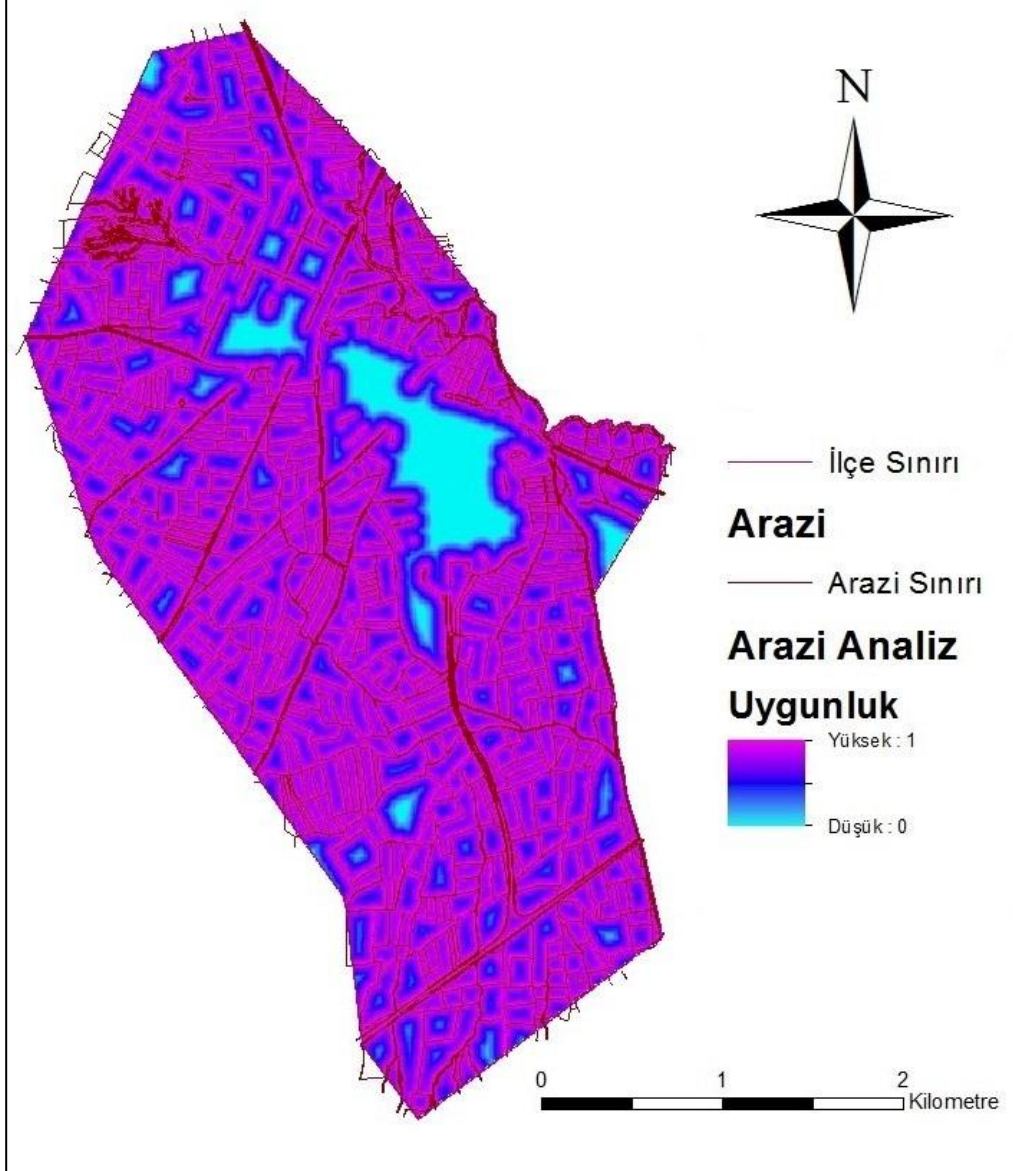
Tesisin yapımı, işletilmesi ve herhangi bir arıza sırasında müdahale edilebilmesi için ulaşım önemli faktörlerden biridir. “Tesis yerine yıl içinde her zaman kolayca ulaşım mümkün olacak yol bağlantısı bulunmalı, enerji, haberleşme ve içme suyu bağlantıları kolay yapılabilmelidir.” (Koyuncu ve diğ., 2012). Ancak aynı zamanda yollar arıtma tesisi yapımı sırasında da yapılabileceği için yer seçimi analizinde bu ölçütün (Şekil 4.17) ağırlığı 0.104 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.17 : Ulaşım yollarına bağlı uygunluk analizi.

- Tarım arazilerine yakınlık

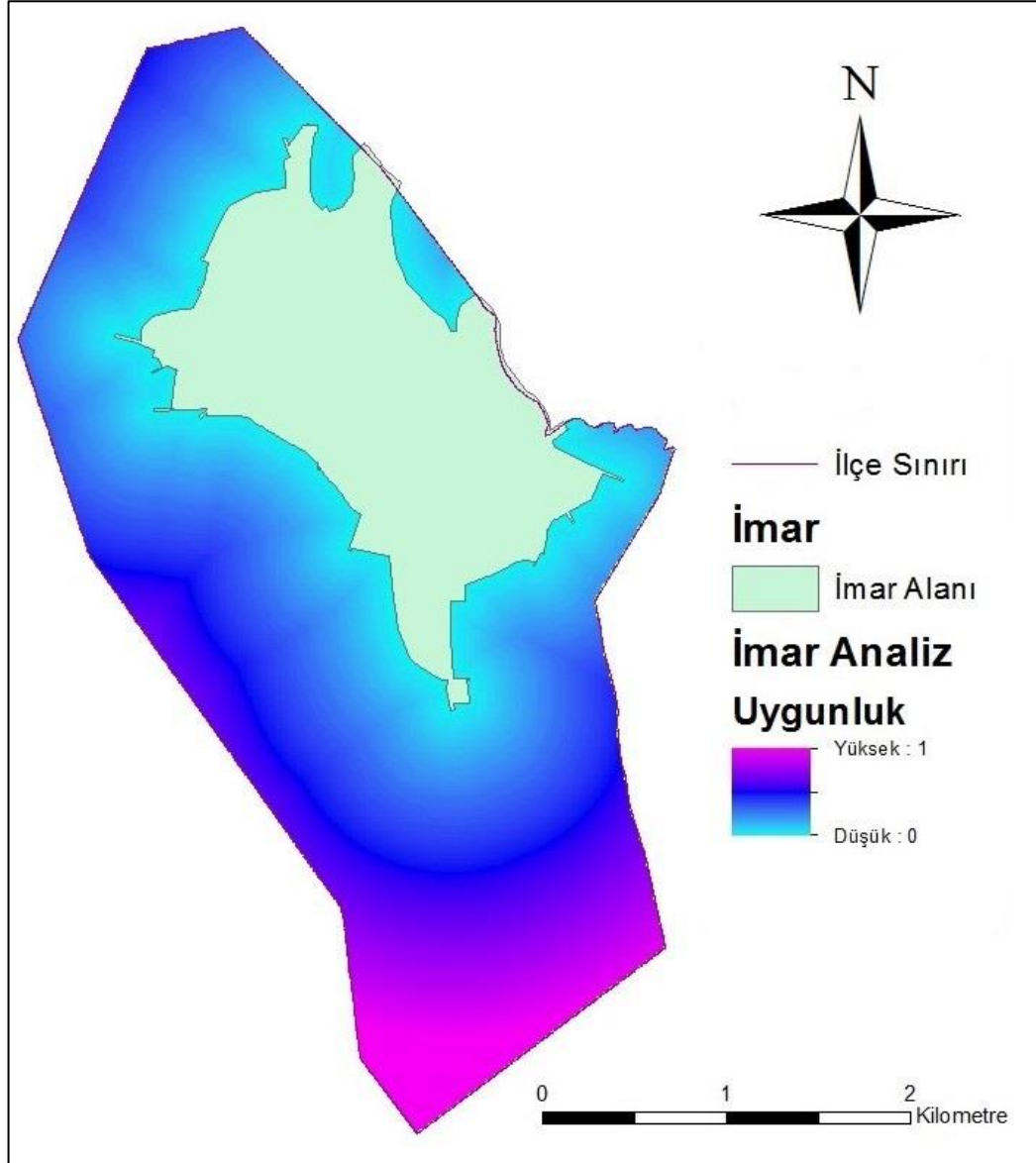
Atıksu arıtma tesisinde arıtılan kirli sular, arıtma sonrasında tarımda sulama amaçlı kullanılabilir. Arıtma tesisinin tarım alanlarına yakın olması bu amaç için önemlidir. Yer seçim analizinde bu ölçütün (Şekil 4.18) ağırlığı 0.030 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.18 : Tarım arazilerine bağlı uygunluk analizi.

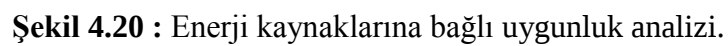
- İmar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma

“Olabildiğince büyük bir alan seçilerek, gelecekteki gelişme alanları ve koruma bandı ihtiyaçları da karşılanmalıdır. Seçilen yerde mümkünse arazi kamulaştırma ihtiyacı asgari düzeyde olmalıdır.” (Koyuncu ve diğ., 2012). Maliyet açısından da imar alanında olması ve kamulaştırma ekstra bir külfet getirecektir. Arıtma tesisleri mümkün olduğunca imar alanından uzak olmalıdır. Yer seçim analizinde bu ölçütün (Şekil 4.19) ağırlığı 0.227 olarak belirlenmiştir.

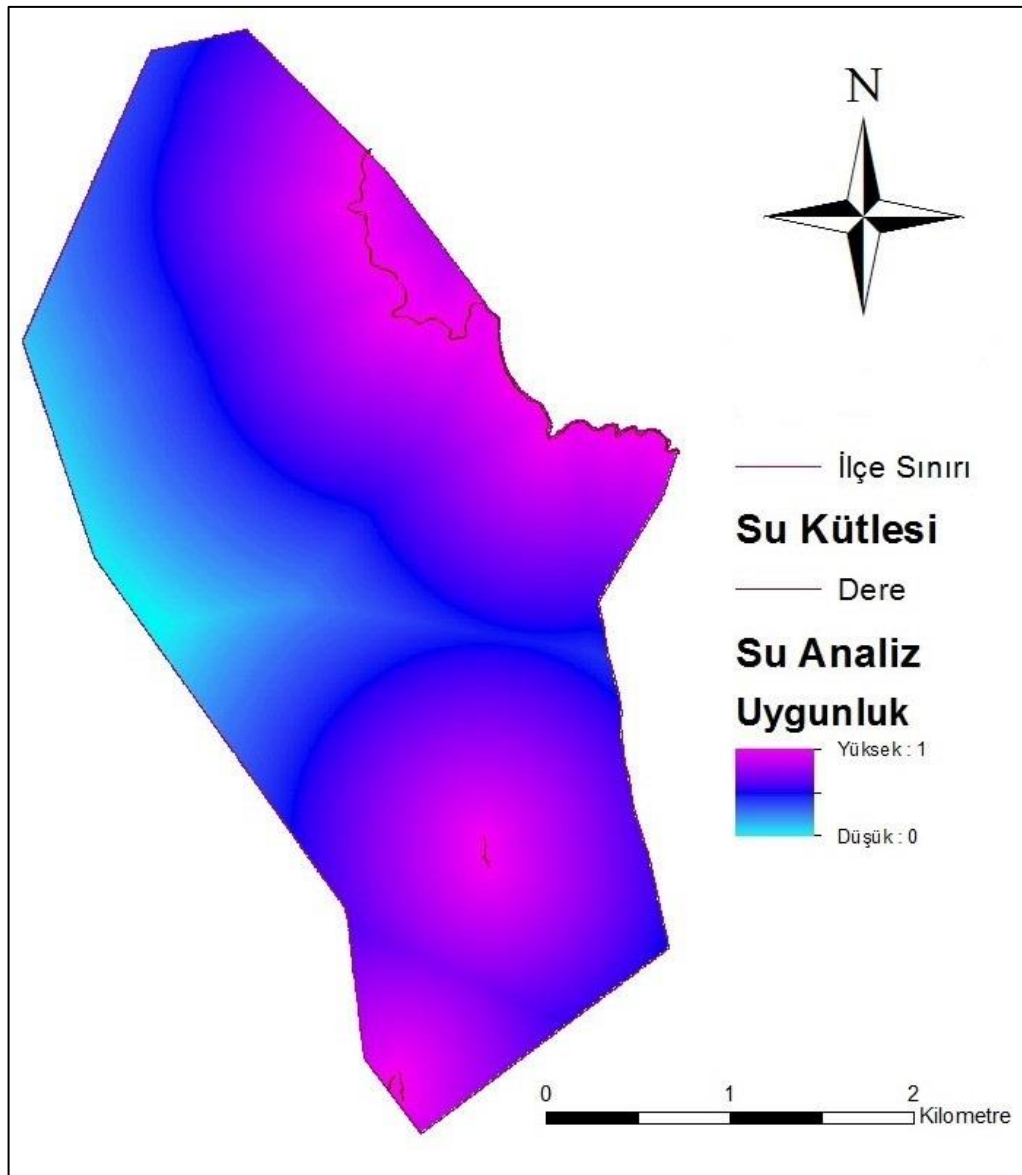


Şekil 4.19 : İmar alanlarına bağlı uygunluk analizi.

- Arıtma tesisleri, arıtma işlemini yaparken bir enerjine ihtiyaç duyar. Elektrik hatlarına yakın olması bu anlamda önemlidir. Ancak yine yol gibi sonradan da yapılabilecek ölçütlerden biridir. Yer seçim analizinde bu ölçütün (Şekil 4.20) ağırlığı 0.070 olarak belirlenmiştir.

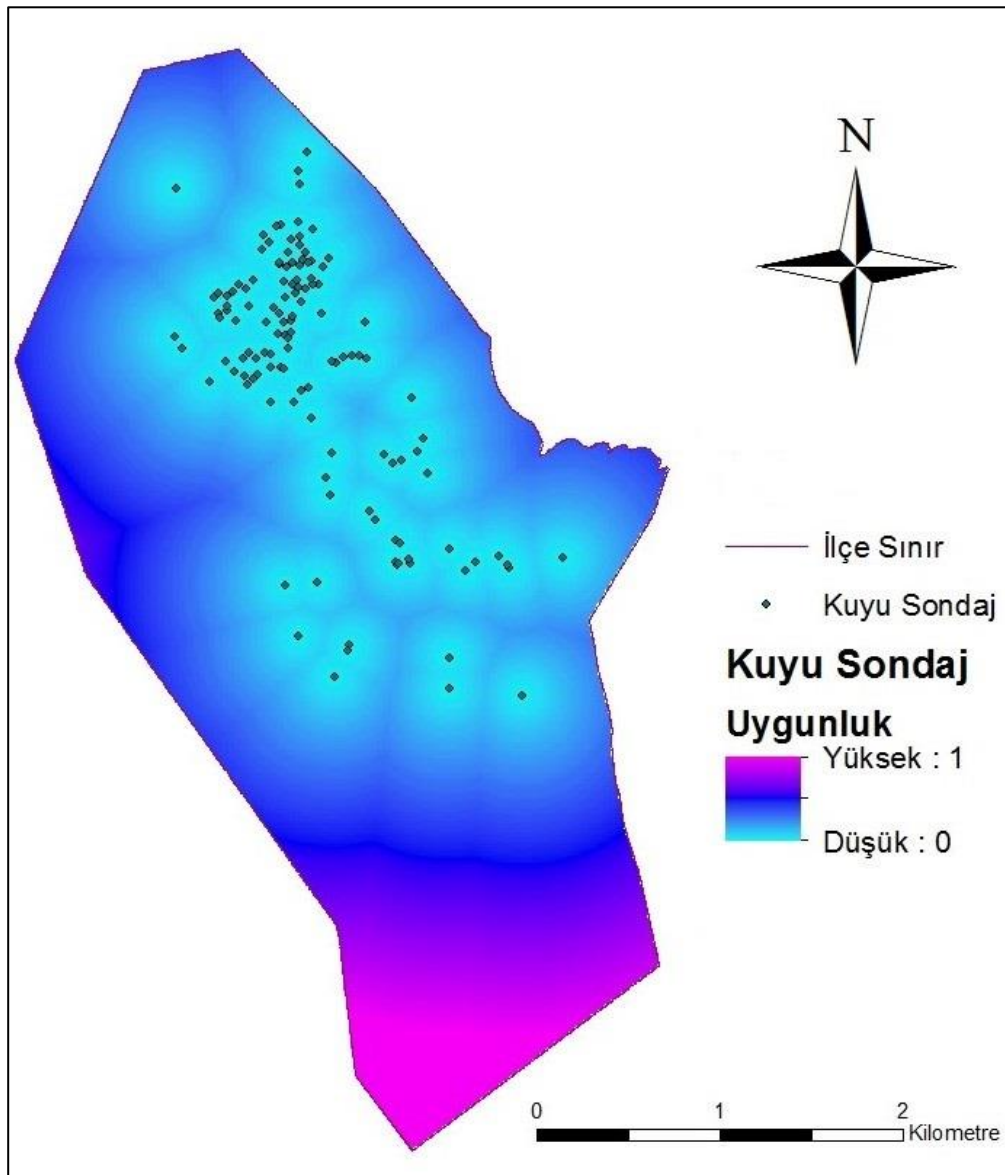


- Tesis yeri arıtılmış atıksuların deşarj edilebileceği büyük bir su kütlesi ve/veya sulama yapılabilecek tarım arazilerine yakın olmalıdır. Arıtılan suyun tekrar kazanımı için herhangi bir su kütlesine yakın olması gerekmektedir. Yer seçim analizinde bu ölçütün (Şekil 4.21) ağırlığı 0.046 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.21 : Su kütlelerine bağlı uygunluk analizi.

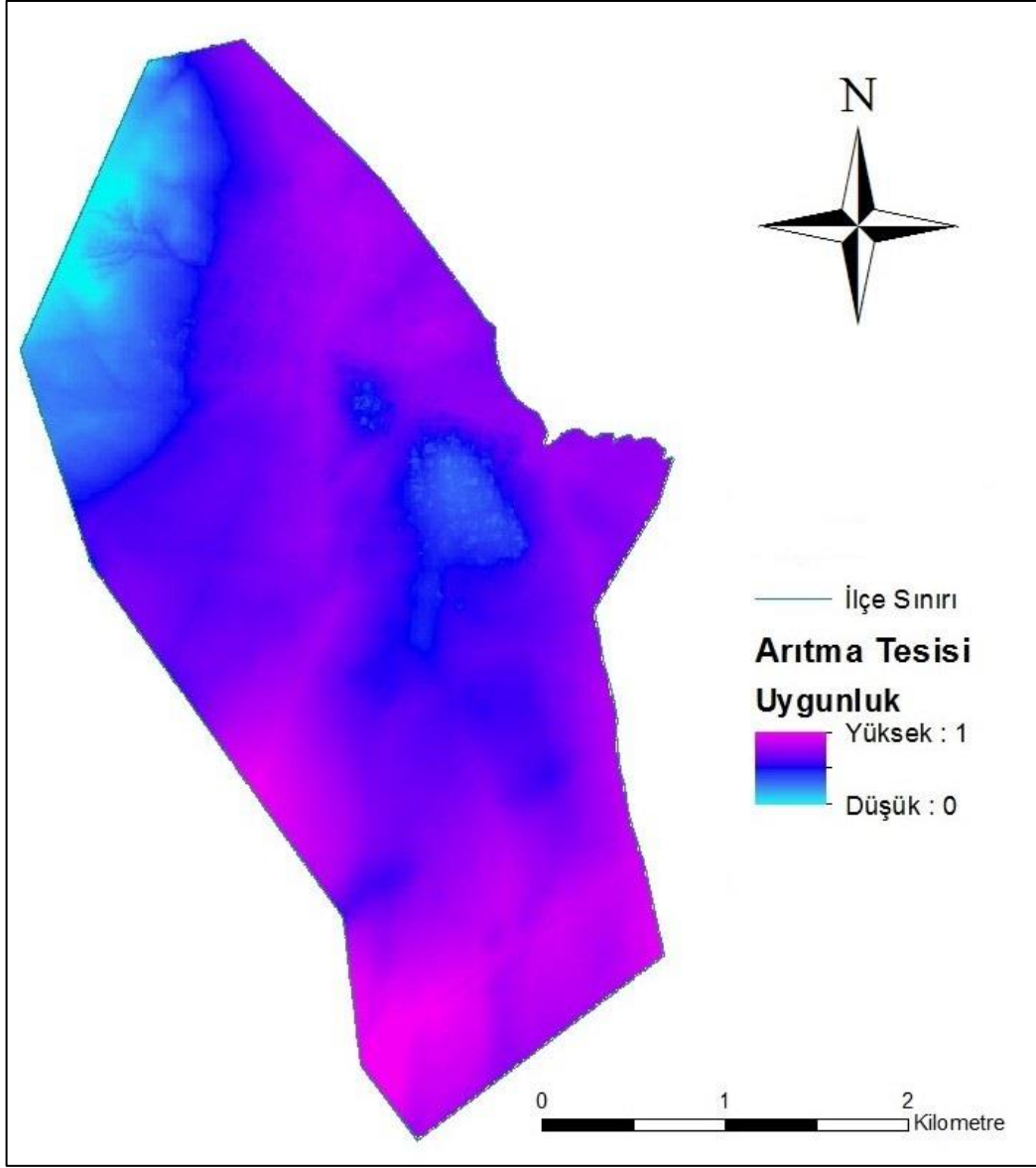
Arıtma tesisine gelecek kirli suların herhangi bir sızıntı sorununda kuyulara yada sondaj noktalarına karışmaması için mümkün olduğunca bu yapılardan uzak olması gerekmektedir. Yapım sırasında doğal sit alanlarına zarar verilmemesi adına yine arıtma tesisi bu alanlardan uzak olmalıdır. Çalıştığımız alanda doğal sit alanı bulunmadığı için mevcut değerlendirmelerde görülmemektedir. Yer seçimi analizinde bu ölçütün (Şekil 4.22) ağırlığı 0.019 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.22 : Kuyu ve sondaj alanlarına bağlı uygunluk analizi.

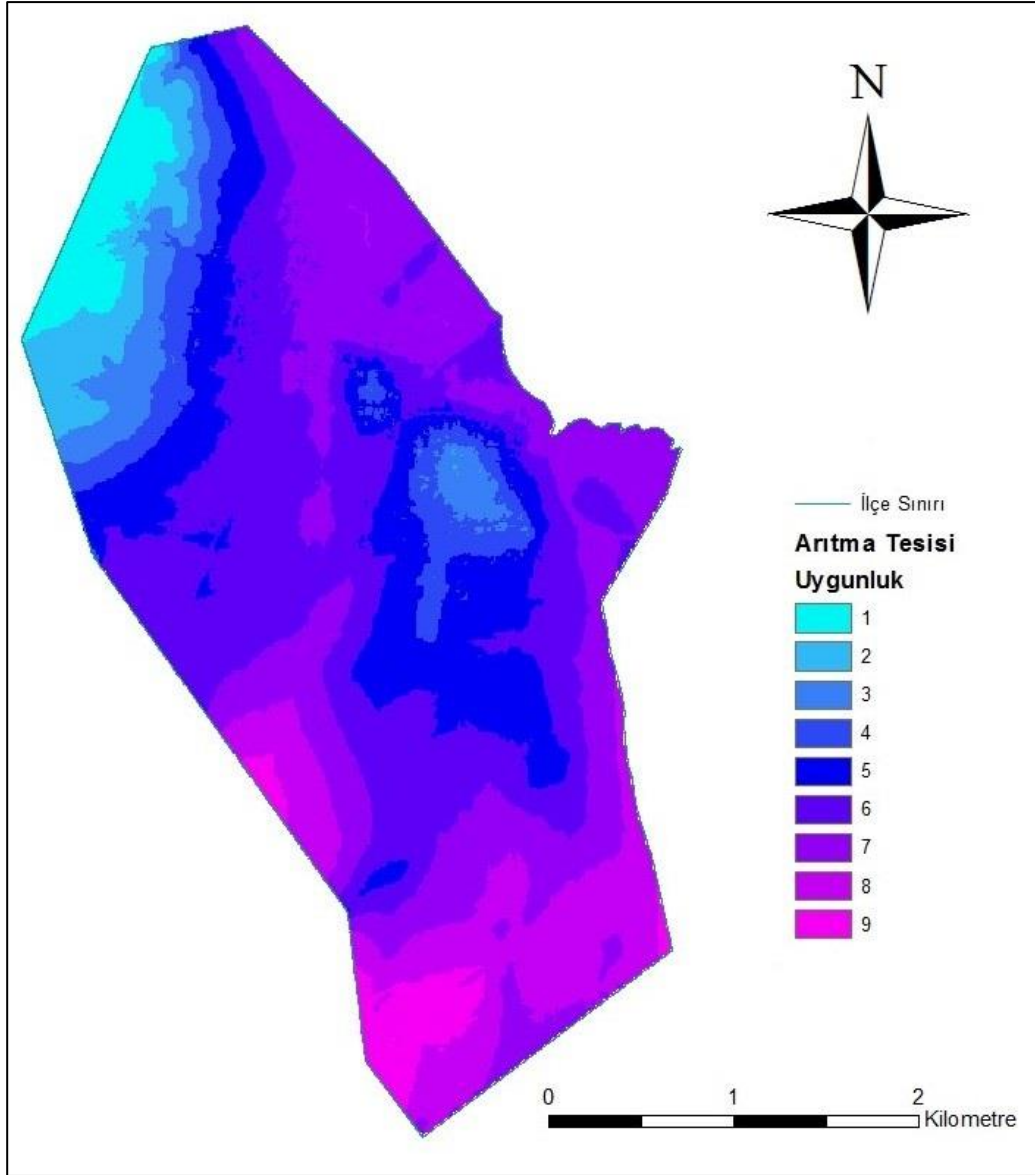
Sekiz adet ölçütün analizleri sonucunda oluşturulmuş olan bütün sentez haritaları ve bu ölçütlerin ağırlıkları da kullanılarak ArcGIS yazılımının “raster calculator” aracı

ile tek bir harita oluşturulmuştur. Bu haritada Sarioğlan ilçesine yapılacak atıksu arıtma tesisi için en uygun yerler belirlenmiştir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 : Tüm ölçütlere bağlı atıksu arıtma tesisi yerinin uygunluk analizi.

Ortaya çıkan bu değer daha orantılı değerlerle değerlendirilebilmesi için en düşük değer 0, en yüksek değer 1 olacak şekilde yeniden normalleştirilmiştir. Normalleştirilmiş sentez haritası 9 adet sınıfa ayrılmış ve en uygun olacak yerler 9, en az uygun olan yerlerde 1 değerini almıştır (Şekil 4.24).

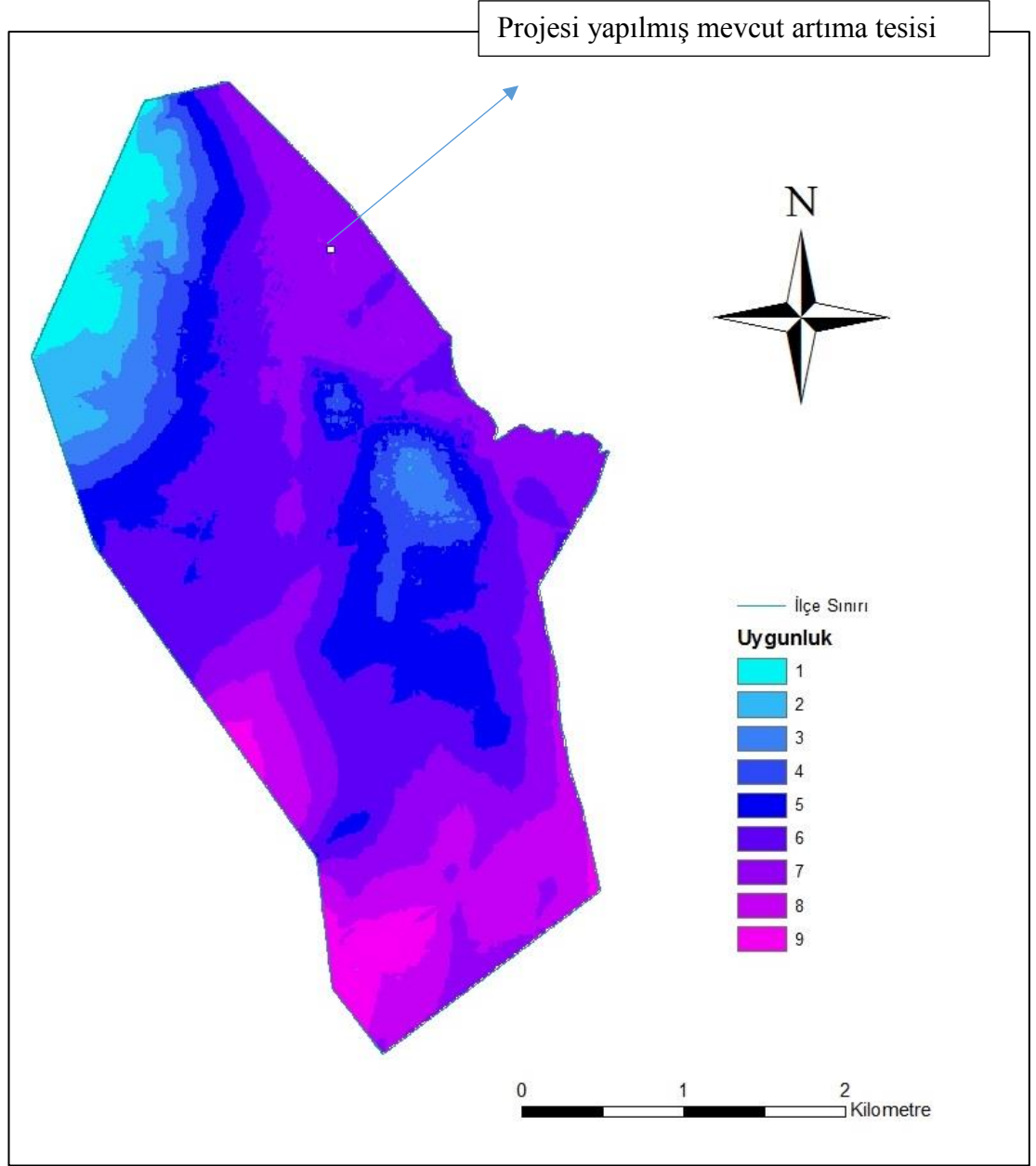


Şekil 4.24 : Tüm ölçütlere bağlı sınıflandırılmış atıksu arıtma tesisi yerinin uygunluk analizi.

Yapılan analiz sonucunda bir Sarioğlan ilçesinde arıtma için en uygun alan ilçenin güney bölgesi, en uygun olmayan alan ise ilçenin kuzeybatısı olarak belirlenmiştir. “9” derecesini alan bir diğer ifadeyle en uygun olan alan toplamda yaklaşık 33 hektar olduğu görülmüştür. “8” derecesini alan uygun olan alan toplamda yaklaşık 126 hektar, “7” derecesini alan uygun olan alan toplamda 289 hektar, “6” derecesini alan uygun olan alan toplamda 343 hektar olduğu görülmüştür.

Uygulanan karar analizine göre Sarioğlan ilçesinde arıtma tesisinin yapılabileceği 791 hektar alan bulunduğu görülmüştür. Geri kalan alanın ise arıtma tesisi inşaatına uygun olmadığı görülmüştür.

İller Bankası tarafından yapılmış olan mevcut arıtma tesisi projesi uygunluk derecesi olarak “7” ve “8” derecelerinde bulunmaktadır. Yapılan proje analizimize göre uygun yerlerde olduğu görülmüştür (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 : Mevcut artıksu arıtma tesisi projesinin karar analizdeki yeri.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde her geçen gün su tüketimi artmakta ve kullanılabilecek temiz su miktarı azalmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının olabildiğince tasarruflu kullanılması gerekmektedir. Kirlenen suyun tekrar kullanıma sunulabilmesi için yapılacak en önemli çalışmalardan biri kullanılan suyun arıtılarak yeniden kullanılmasının sağlanması amacıyla olası her yerleşim birimine tesis edilmesidir.

Yerleşim yerlerinde birçok karmaşık alt yapı tesisi bulundurmaktadır. Bu karmaşık yapının kontrolü ve yönetimi için gelişen teknolojiye ve bilgi sistemlerine ihtiyaç duyulmakta ve yerleşim yerlerine yapılacak her türlü yatırımda, hizmette bir alt yapı organizasyonu gerektirmektedir. Yapılacak herhangi bir yatırımdan önce gerekli ölçütler göz önüne alınarak, gerekli değerlendirmelerle bilgi sistemleri modellenmesi ve karar analizleri ile gerçekleştirilerek yapılacak işler kolaylaştırılabilir.

Arıtma tesislerinin yapımından önce ülkemizde herhangi bir karar analizi yapılmamaktadır. Bu çalışmada, Kayseri ili Sarioğlan ilçesi için halihazır haritası, imar planı kullanılarak ilçeye yapılacak olan Atıksu Arıtma Tesisinin yerinin en uygun şekilde belirlenebilmesi için AHY ile CBS ortamında bir ÇÖKA modeli oluşturulmuştur. Bu çalışmayla beraber bir karar analizi ilk kez arıtma tesislerinin yerinin belirlenmesinde kullanılmış ve bu amaçla Sarioğlan ilçesi seçilerek bir örnek uygulama gerçekleştirilmiştir.

Atık su arıtma tesisi projelerinin hazırlanması ve inşaatı konusunda deneyimli ve aktif bir kamu kurumunda çalışan uzmanların görüşleri alınarak atıksu arıtma tesislerinin yapılacağı yerler belirlenirken en önemli 8 adet ölçüt belirlenmiştir. Aynı kurumun çalışanlarının katıldığı bir anket çalışması yardımıyla ölçütlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak ağırlıkları toplamaları 1 olacak şekilde belirlenmiştir. Belirlenen ölçütlerin ağırlıkları yüksekten düşüğe doğru sırasıyla; düşük kotlu arazi (0.351), imar alanlarına uzaklık ve kamulaştırma (0.227), meskuna uzaklık (0.153), ulaşım yollarına yakınlık (0.104), enerji kaynaklarına yakınlık (0.070), su kütlelerine yakınlık (0.046), tarım arazilerine yakınlık (0.030) ve kuyu, sondaj ve sit alanlarına uzaklık (0.019) şeklinde hesaplanmıştır.

Düşük kotlu arazili ölçütü için bir yükseklik modeli oluşturulmuş ve kotun düşük olduğu alanlar bir yükseklik analizi ile belirlenip, 9 parçaya ayrılıp en uygun yerlerin uygunluk derecesi 9 olacak şekilde belirlenmiştir. İmar, meskun, kuyu ve sondaj alanlarından uzak olacak yerler, her bir ölçüt ayrı şekilde öklid analizi ile değerlendirilmiş ve 9 parçaya ayrılmıştır. Ölçütlere en uzak yerler uygunluk derecesi olarak” 9” değerini alarak sentez haritaları oluşturulmuştur. Ulaşım yollarına, enerji kaynaklarına, su kütlelerine, tarım arazilerine yakın olan yerler, her bir ölçüt ayrı şekilde öklid analizi ile değerlendirilmiş ve 9 parçaya ayrılmıştır. Ölçütlere en yakın yerler uygunluk derecesi olarak” 9” değerini alarak sentez haritaları oluşturulmuştur.

Çalışma sonucunda, ilçenin arazinin yükseklik bilgisi, imar, tarım ve meskun alanları, ulaşım ve enerji hatları, su kütleleri ve kaynakların hakkında bilgi edinilmiş ve bu ölçütlerin arıtma tesisinin yerini nasıl etkileyeceği görülmektedir. Ölçütlerin tamamı belirtilen ağırlıkları referans alınarak birleştirildiğinde ortaya çıkan haritada atıksu arıtma tesisinin yapılabileceği en uygun bölge ilçenin güneyi ve en uygun alanın 33 hektar olduğu görülmektedir.

AHY ile hem objektif hem de sübjektif değerlendirme ölçütlerini kullanılabilir. Ölçütler arası yapılan değerlendirmelerin tutarlı olup olmadığı görülebilir. Aynı zamanda ölçütlerin ağırlıkları ikili karşılaştırma ile belirlendiğinden, yeni başka bir ölçüt eklendiğinde veya mevcut ölçüt çıkarıldığında ölçütlerin ağırlıkları değişip farklı sonuçlar çıkabilir.

Günümüzde atıksu arıtma tesislerinin yapımı, yerleşim yerleri için zorunlu bir ihtiyaç olmaya başlamıştır. Atıksu arıtma tesislerini yapılmadan öncede yerlerinin doğru tespiti; tesisin işletme sırasında maliyetinin düşük olması ve verimli çalışması açısından önemli bir faktördür. Bir çok ölçütlü karar analizi uygulaması yapılırken verilerin güncel olması analizin doğruluğunu arttıracaktır. Bu yöntem ile yapılacak olan çalışmalarda tesisin atıl durumda kalmadan yıllarca hizmet verebilmesi mümkün olacaktır.

İller Bankası tarafından yapılmış olan mevcut arıtma tesisi projesi uygunluk derecesi olarak “7” ve “8” derecelerinde bulunmaktadır. Yapılan proje analizimize göre uygun yerlerde olduğu görülmüştür. Karar analizi yapılmaksızın atıksu arıtma tesisi uygun yerlere yapılabildiği bu sonuca bakarak çıkarılabilir ancak yapılacak karar analizleri ile uygunluk derecesi daha da arttırılıp, yüksek uygunlukta yerler tespit edilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Aydın, G.** (2008). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bir Sanayi İşletmesinde Uygulanması (yüksek lisans tezi). Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Aydın, Ö., Öznehir, S. Ve Akçalı, E.** (2009). Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt 14, Sayı 2, s.69-86.
- Bakan, H.** (2011). Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Üniversite Kurulması Uygun Olan İlçelerin Belirlenmesi (yüksek lisans tezi). Muğla Üniversitesi, Muğla.
- Balkaya, N. ve Balkaya, M.** (t.y.). Atıksu Arıtma Tesislerinin İnşaatı. İTÜ, İstanbul
- Barutçugil, İ.** (2002). Bilgi yönetimi, Kariyer Yayıncılık, İstanbul.
- Belka, K. M.** (2005). Multicriteria analysis and GIS Application in the Selection of Sustainable Motorway Corridor, Master's Thesis, Linköping Universitet Institutionen for Datavetenskap, Linköping.
- Carver, S. J.** (1991). Integrating Multi-criteria Evaluation with Geographic Information Systems, International Journal of Geographical Information Systems, Sayı 5, s. 321-339.
- Çam, H. ve Toraman, A.** (2003). Hazar Petrollerinin Pazar Stratejisi ve AHY Esaslı Alternatif Güzergah Değerlendirme Modeli, İTÜ Dergisi Mühendislik Serisi, Cilt 2, Sayı 6, s.41-46.
- Dağdeviren, M. ve Eren, T.** (2001). Tedarikçi Firma seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 16, No 2, s.41-52.
- Doğramacı, S.** (2009). Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Toplu Konut Yer Seçimi (yüksek lisans tezi). YTÜ, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin F.** (1992). Yönetimde Karar Verme, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayını, Sayı: 1478, İstanbul, s.59.
- Forman, E. H. ve Gass, S. I.** (2001). The Analytic Hierarchy Process: An Exposition, Operations Research, Sayı (4) s.469-486.
- Garker, P. T. ve Vargas, L. G.** (1987). The Theory of Ratio Scale Estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process, Management Science, Sayı 11, s.1383-1403.
- Gökkaya, M. A.** (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) İle Üretilen Deprem Tehlike Haritalarının Duyarlılık Analizi

- Göksu, A. ve Güngör, İ.** (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses ve Üniversite Tercih Sıralamasında Uygulanması, Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt 13, Sayı 3, s.1-26.
- Güçlüer, D.** (2010). Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS - Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi (yüksek lisans tezi) YTÜ, İstanbul.
- Güngör, İ., Bakan, H., Aksu, M., Kiremitçi, S., Göksu, A. Ve Göçen, S.** (2010), Türkiye’de İl Olması Uygun Olan İlçelerin AHP Yöntemiyle Belirlenmesi, Alanya İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, s.1-16.
- Keenan, P. B.** (2004). Using a GIS as a DSS Generator, DSSResources.COM
- Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Aydın, A., F., Alp, K., Arıkan, O., İnsel, G. ve Altınbaş, M.** (2012). Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi. İTÜ, İstanbul.
- Kuruüzüm A. ve Atsan N.** (2001). Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi Sayı 1, s.83-105.
- Malczewski, J.** (1999a). GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Malczewski, J.** (1999b). Spatial Multicriteria Decision Analysis, Part 1 in Decision Making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach, Edited by Jean-Claude Thill, New York.
- Manap, G.** (2006). Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Turizm Merkezi Seçimi, Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı 2, s.157-171.
- Muslu, Y.** (1996). Atıksuların Arıtılması, Cilt II, İTÜ Matbaası.
- Oğuzlar, A.** (2007). Analitik Hiyerarşi Süreci İle Müşteri Şikayetlerinin Analizi, Akdeniz İİBF Dergisi Sayı 1, s.83-105.
- Özden, H.** (2008). Analitik Hiyerarşi Yöntemi İle İlkokul Seçimi, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt 24, Sayı 1, s.299-320.
- Özkan, C. D.** (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımı İle Koşullu Yer Belirleme Analizi (yüksek lisans tezi). İTÜ, İstanbul.
- Öztürk, D.** (2009). CBS Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemleri İle Sel Ve Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi: Güney Marmara Havzası Örneği (doktora tezi). YTÜ, İstanbul.
- Öztürk, D. Ve Batuk, F.** (2007). Çok Sayıda Kriter İle Karar Vermede Kriter Ağırlıkları. Sigma, Cilt 25, Sayı 1.
- Saaty, T. L.** (1980). The Analytic Hierarchy Process, Mc Grow Hill Company, NewYork.
- Saaty, T.L.** (1986). Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process, Management Science, Cilt 32, Sayı 7, s.841-855.
- Saaty, T. L.** (1990). How to Make a Decision. The Analytic Hierarchy Process, European Journal of Operational Research, Cilt 48, Sayı 1, s.9-26.
- Saaty, T. L.** (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process, International Journal of Services Sciences, Sayı 1 s.83–98.

- Sarıtürk, B.** (2015). Türkiye'deki Geomatik Mühendisleri Arasında Yaşam Standartları Ve Karbon Ayak İzi Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi (yüksek lisans tezi). İTÜ, İstanbul.
- Simon, H. A.** (1960). The New Science of Management Decision, New York.
- Tecim, V.** (2008). Coğrafi Bilgi Sistemleri, Renk Form Ofset Matbaacılık, Ankara
- Timör, M.** (2004), Şehir İçi Alveriş Merkezi Yer Seçimi Faktörlerinin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımıyla Sıralanması, Yönetim Dergisi, Yıl 15, Sayı 48, s.3-18.
- Yomralıoğlu, T.** (2002). Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar. Seçil Ofset, İstanbul
- (Url-1)** <<http://cevreonline.com/des.f/aritma%20tesisi.htm>>, alındığı tarih: 15.03.2015
- (Url-2)** < <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11183.pdf>>, alındığı tarih: 17.03.2015

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Uğur YÜCEL

Doğum Yeri ve Tarihi : Malatya, 04 Eylül 1989

E-Posta : ugurycl@msn.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü