

UYGULAMALI YERBİLİMLERİ DERGİSİ

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ YAYIN ORGANIDIR

CİLT: 16, SAYI: 1

HAZİRAN 2017

VOL16, NO: 1 JUNE 2017

KAYA VE ALÜVYON ORTAMLARDA İNŞAA EDİLMİŞ BİNALARIN YÜKSEKLİĞİ İLE YER ORTAMININ DEPREM ETKİSİNDE İLİŞKİSİ: KOCAELİ GEBZE ÖRNEĞİ

Effect of Soil on Height of Building under Eartquake Effects in Rock and Alluvium Grounds: Kocaeli Gebze Model

Seda ŞELENBAŞ.....1

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ANALİZİ İLE CBS ORTAMINDA EN UYGUN SPOR BAHİS BAYİ YER SEÇİMİ: İZMİT MERKEZ ÖRNEĞİ

Suitable Betting Shop Site Selection Using Multi-Criteria Decision Analysis By GIS: Case Study For İzmit Towncenter

Erman ŞENTÜRK, Hamdullah LİVAOĞLU ve Evrim YAVUZ17

DOĞAL KAYNAKLI POTANSİYEL ALANLARIN BİRLEŞİK TERS ÇÖZÜMÜ

Joint Inversion of Natural Potential Field

Türker YAS, Metin AŞÇI27



KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ





UYGULAMALI YERBİLİMLERİ DERGİSİ

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ YAYIN ORGANIDIR

SAHİBİ	
Kocaeli Üniversitesi Adına Rektör Prof. Dr. Sadettin HÜLAGÜ	CİLT: 16, SAYI: 1 HAZİRAN 2017 VOL16, NO: 1 JUNE 2017
YAYIN KURULU Cengiz KURTULUŞ Fadime SERTÇELİK İbrahim SERTÇELİK Ahmet KARAKAŞ Serpil GERDAN	KAYA VE ALÜVYON ORTAMLARDA İNŞAA EDİLMİŞ BİNALARIN YÜKSEKLİĞİ İLE YER ORTAMININ DEPREM ETKİSİNDE İLİŞKİSİ: KOCAELİ GEBZE ÖRNEĞİ Effect of Soil on Height of Building under Eartquake Effects in Rock and Alluvium Grounds: Kocaeli Gebze Model Seda ŞELENBAŞ.....1
DANIŞMA KURULU Aysan GÜRER Emin CANDANSAYAR Erkan TOPAL Feysi GÜRER Günay BEYHAN Ivan GİNOV İbrahim KARA Murat UTKUCU Nilgün SAYIL Nuri DOLMAZ Sefer ÖLÇEN U. Emin ULUGERLERİ	ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ANALİZİ İLE CBS ORTAMINDA EN UYGUN SPOR BAHİS BAYİ YER SEÇİMİ: İZMİT MERKEZ ÖRNEĞİ Suitable Betting Shop Site Selection Using Multi-Criteria Decision Analysis By GIS: Case Study For İzmit Towncenter Erman ŞENTÜRK, Hamdullah LİVAOĞLU ve Evrim YAVUZ17
EDİTÖR Cengiz KURTULUŞ	DOĞAL KAYNAKLI POTANSİYEL ALANLARIN BİRLEŞİK TERS ÇÖZÜMÜ Joint Inversion of Natural Potential Field Türker YAS, Metin AŞÇI27
İLETİŞİM ADRESİ Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi Müh. Fak. Jeofizik Müh. Bölümü 41380 İZMİT / KOCAELİ Tel: 0.262 303 31 04 Tel: 0.542 217 19 69 e-mail: cengizk@kocaeli.edu.tr	
YILDA İKİ KEZ YAYIMLANIR Published two issues a year	

KAYA VE ALÜVYON ORTAMLARDA İNŞAA EDİLMİŞ BİNALARIN YÜKSEKLİĞİ İLE YER ORTAMININ DEPREM ETKİSİNDE İLİŞKİSİ: KOCAELİ GEBZE ÖRNEĞİ

Effect of Soil on Height of Building under Eartquake Effects in Rock and Alluvium Grounds:
Kocaeli Gebze Model

Seda ŞELENBAŞ*

ÖZET

Bu çalışmada, deprem etkisinde bulunan farklı yükseklikteki binaların davranışında etken olan zemin türleri için farklı bina modellerinin yapı analizleri yapılarak zemin ve yapı doğal periyotları karşılaştırılmış ve zeminin bina yüksekliğine etkisi incelenmiştir. Kocaeli bölgesinde kaya ve alüvyon ortamlarda yapılan saha çalışmalarından elde edilen zemin parametreleri ile farklı yükseklikte modellenen binaların yapısal çözümlemesi yapılmıştır. Bina modellerinin farklı zemin türleri üzerindeki davranışı, Sta4CAD V13.1 paket programı yardımıyla analiz edilmiştir. Yapı analizinden elde edilen bina doğal periyotları ve tasarım spektrumları ile arazi çalışmalarına ait zemin hakim titreşim periyotları sonuçları karşılaştırılarak zemin türünün bina yüksekliğine etkisi irdelenmiş, bina modellerindeki hasar riskleri yorumlanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the effects of local soil conditions on earthquake motions, soil amplification, soil- structure interaction, earthquake-damage intensity relation, determining soil parameters and design response spectrum criteria given in the Turkish specifications for structures to be built in disaster areas (2007) are explained. Building models on different heights are designed by using soil parameters provided by geophysical methods in rock and alluvium environments on district of Turkey. The behaviour of building models based on soil structure has analyzed with Sta4CAD V13.1 program. The building period and design response spectrum obtained from structural analysis compared with soil predominant period provided with site works, the effects of soil classification on height of building has examined and soil-structure interaction has interpreted.

GİRİŞ

Ülkemiz genelinde geçmişten günümüze kadar olan doğal afetler ve afetlerin bıraktığı hasarlar incelendiğinde depremler ilk sırada yer almaktadır. Bilindiği gibi yurdumuz dünyanın en aktif deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Geçmişte yurdumuzda birçok yıkıcı depremler olduğu gibi, gelecekte de sık sık olacağı bir gerçektir. Bu amaçla, depremlerde büyük can ve mal kayıplarının yeniden yaşanmaması için zemin türüne en uygun yapı tasarımı geliştirilmelidir. Yaşanılan depremlerin binalar üzerinde bıraktığı hasarlar incelendiğinde deprem etkisinde zeminin davranışı aktif rol aldığı gözlenmektedir.

Günümüzde projelendirme aşamasında zemin yapısı ve yapı modeli tanımlanarak deprem etkisindeki binanın davranışı öngörülebilmektedir. Zemine ait parametrelerin belirlenebilmesi için arazi ve laboratuvar ortamlarında uygulanmak üzere jeofizik yöntemlere başvurulmaktadır. Jeofizik yöntemler sayesinde belirlenen bina temelinin oturacağı zemin sınıfı, zemin taşıma kapasitesi ve diğer karakteristik özellikler zemine uygun bir yapı tasarımındaki en önemli adımı oluşturmaktadır.

* Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, KOCAELİ
e-mail: sedpatkav@gmail.com

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının deprem etkisinde oluşan yüklere karşı koyabilecek özelliklere sahip olması ve ortaya çıkacak hasarın sınırlandırılması hedeflenmektedir. Bu hususta, farklı zemin koşullarında, bir depremin yapılar üzerindeki etkisi incelenerek yapı hasarı en aza indirgenebilmektedir.

Bu çalışmada, zemin türünün belirlenmesi, farklı zemin türleri için farklı yükseklikte bina modellerinin tasarlanması ve yapısal analiz ile deprem davranışlarının incelenmesi, zemin yapı etkileşimi ve deprem hasar ilişkisi ortaya konmuştur. Öncelikle 1 kat, 5 kat ve 10 katlı bir bina modeli oluşturularak kaya ve alüvyon ortamlarda saha çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen killi formasyon, killi kireçtaşı, ana kaya ve dolgu zemin türleri üzerinde 12 farklı model yapısı çözümlenmiştir. İkinci analiz çalışması olarak 6 katlı bir bina modeli için DBYBHY' de tanımlanan Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları kullanılarak 4 farklı model analizi yapılmıştır. Yapısal çözümlenmeler Sta4CAD V13.1 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çözümlenmelerden elde edilen bina doğal periyotları ile zemin hakim periyotları karşılaştırılarak zemin türünün bina yüksekliğine etkisi irdelenmiş, zemin-yapı ilişkisi ve hasar riskleri yorumlanmıştır.

Önceki çalışmalara göre Livaoğlu ve Doğançün (2002) tarafından deprem yönetmeliklerinde verilen zemin sınıflarına göre yapı davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi amacıyla yapılan araştırmada, zemin sınıflarının ve bunlara ilişkin parametrelerin yapı davranışını ne şekilde ve hangi oranlarda etkilediği incelenmiştir. Çalışmaya konu olan DBYBHY (2007) ve Eurocode-8' de tanımlanan 7 farklı zemin sınıfının 6 ve 12 katlı yapı modelleri için Sap2000 paket programı ile deprem hesabı gerçekleştirilmiştir. Kısa periyotlu yapılar ($T \leq 0,9$ s) için Eurocode-8' den elde edilen ivme spektrumu değerleri Türk Deprem Yönetmeliği' nden elde edilen değerlere göre daha büyük olduğu tespit edilmiştir. 6 ve 12 katlı yapılar karşılaştırıldığında periyot uzadıkça Eurocode-8' de daha büyük ivme tepkileri elde edildiği ve uzun periyotlu yapılarda meydana gelen kolon kesme kuvvetlerinin arttığı ortaya konmuştur.

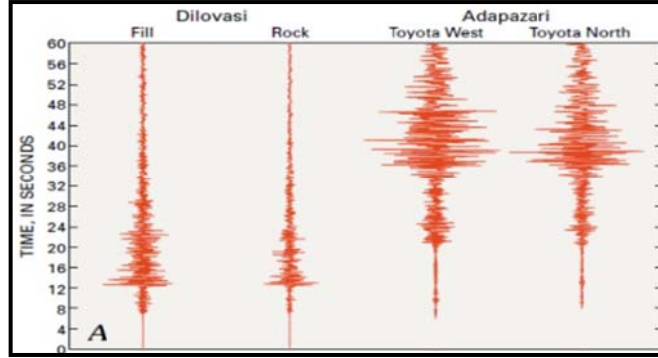
Tezcan ve diğ. (2002) tarafından İstanbul'un Avcılar ilçesi için dalga büyütmesinin incelenmesi amacıyla yapılan araştırmada, 1999 Kocaeli Depremi merkez üssüne 120 km uzaklıkta olan Avcılar bölgesinde üç hâkim titreşim periyodu 1,60 s, 1,0 s ve 0,70 s kullanılarak dalga büyütmeleri karşılaştırılmıştır. Bu bölgede meydana gelen en büyük hasarın 5 ile 8 kat yüksekliğindeki binalarda görülmesinin nedenleri, yüksek periyotlu deprem dalgalarına ve zemin büyütmesinden kaynaklanacağı ortaya konmuştur. Özellikle doğal periyodu 1,60 – 1,70 s olarak tasarlanacak binalarda o bölgedeki zemin büyütmesi ve rezonans etki sebebiyle ağır hasarların görülebileceği öngörülmüştür.

YEREL ZEMİN KOŞULLARININ DEPREM HAREKETİNE ETKİSİ

Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY) 2007' de depreme dayanıklı yapı tasarımı için gerekli olan tasarım ivme spektrumu, yerel zemin koşulları göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Kuvvetli yer hareketinin genlik, frekans içeriği ve süreden oluşan önemli özelliklerinin tamamı yerel zemin koşullarından önemli derecede etkilenmektedir. Bunların etki derecesi, yeraltındaki birimlerin geometrisi ve litolojik özellikleri, inceleme alanının topografyası ve girdi hareketinin özelliklerine bağlıdır.

Bir deprem oluştuğundan sonra, deprem odağından yayılan sismik dalgalar, ilerledikleri ortamlar boyunca kırılır ve yansımalarla uğrayarak yeryüzüne ulaşırlar. Sismik dalgaların ilerlemeleri sırasında içlerinden geçtikleri tabakalar arasındaki empedans farklılıkları nedeniyle genlikleri değişir. Buna bağlı olarak deprem hareketinin şiddeti, periyodu ve süresinde artış görülür. Genç çökellerle dolan alüvyon havzalar cisim dalgalarını hapsederek alüvyon içinde yüzey dalgalarının oluşmasına neden olmaktadır (Kramer, 1996). Bu nedenle bu tür potansiyele sahip bölgelerin

belirlenmesi ve incelenmesi gerekmektedir. Deprem esnasında gevşek ve sıkışmamış zeminler, zemin hakim titreşim periyotlarını büyütürken deprem sarsıntısını dolayısıyla depremin yıkıcı etkisini artırır (Şekil 1). Bu durum sonucunda deprem esnasında bu tür zemin üzerindeki binada depremin yıkıcı etkisi, diğerlerinden birkaç misli büyük olur.



Şekil 1. Yerel zemin koşullarının yer hareketi üzerindeki etkisi (Öncel, 2015)

Figure 1. Effect of local soil conditions on ground motion (Öncel, 2015)

ZEMİN BÜYÜTMESİ

Yüzeğe yakın zemin tabakalarından geçerken deprem dalgalarının genliklerinde meydana gelen artış zemin büyütmesi olarak bilinmektedir. Depremler sırasında bir kaynaktan açığa çıkan enerjinin neden olduğu sismik hareketler dalga yayılma yolu, jeolojik ve yerel zemin koşulları tarafından değişikliğe uğrarlar. Ana kayadan zemin yüzeyine doğru hareket eden dalgaların süre, frekans ve genliklerinde önemli değişimler olabilmektedir. Deprem gibi tekrarlı yükler altında sivilaşma, oturma ve şev stabilitesi gibi olguların ortaya çıkması için özel zemin koşulları gerekirken, zemin büyütmesi hemen her depremde meydana gelebilmekte ve yapısal hasar dağılımında önemli rol oynamaktadır.

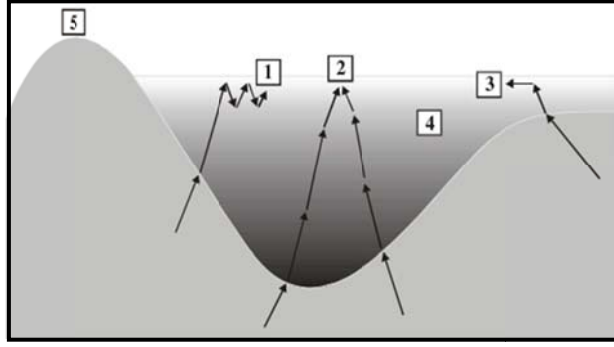
Zemin Büyütmesine Etki Eden Faktörler

Yer içinde bir deprem meydana geldiğinde, sismik dalgalar kaynaktan yola çıkarlar ve yer içinde hızla yayılırlar. Bu dalgalar yer yüzeyine eriştiklerinde birkaç saniyeden dakikalara varan sürelerde titreşimler üretirler. Belirli bir yerdeki titreşimin süresi ve şiddeti, deprem kaynağına olan uzaklığa, depremin büyüklüğüne ve o yerin zemin özelliklerine bağlıdır. Sismik dalgalar kaynaktan yeryüzüne kadar olan seyahatlerinin büyük bir bölümünü yer kabuğunu oluşturan sert kaya içinde geçirmelerine karşın, seyahatlerinin son bölümü özellikleri kayaya göre oldukça farklı olan yumuşak zemin tabakaları içinde geçer ve bu zemin tabakalarının özellikleri yeryüzünde gözlenen titreşimin doğasını büyük ölçüde belirler (Kurtuluş, 2007).

Zemin tabakaları, sismik dalgalar için adeta bir süzgeç gibidir. Bazı frekanslardaki sismik dalgalar sönmümlendirilirken bazıları da büyütülür. Sismik dalgaların zemin tabakaları içinde geçirdiği değişimlerin tümüne lokal zemin etkisi adı verilir. Genellikle bu değişim genliklerin artması şeklinde gözlemlendiğinden lokal zemin etkisi terimi zemin büyütmesi veya zemin transfer fonksiyonu, zemin tepkisi olarak da adlandırılır (Yalçınkaya, 2002).

Zemin büyütmesini etkileyen faktörler beş başlıkta sıralanabilir (Şekil 2);

1. Empedans oranı ve rezonans etkisi
2. Basen altı topoğrafyasına bağlı olarak oluşan odaklanma
3. Basen kenarlarından oluşan yüzey dalgaları
4. Doğrusal olmayan zemin davranışı
5. Topoğrafya etkisi



Şekil 2. Zemin büyütmesini etkileyen faktörler (Yalçınkaya, 2002)
Figure 2. Factors of soil amplification (Yalçınkaya, 2002)

ZEMİN YAPI ETKİLEŞİMİ

Zemin ve zemin içerisinde temeli olan taşıyıcı sistem, birbirleri ile karşılıklı etkileşim içerisinde. Aynı yapının düşük dayanımlı bir zemine oturması halinde göstereceği tepki ile dayanımlı bir zemine oturması halinde göstereceği tepki farklı olacaktır. Her şeyden önce, temelin açık arazi hareketinden kaynaklanan deformasyonlara uyum gösterememesi; yapı tabanı hareketinin açık arazi hareketinden farklı olmasına neden olur. Ayrıca, yapının kendi dinamik tepkisi, alttaki zeminde deformasyona neden olur. Diğer bir ifadeyle zemin özellikleri, yapının dinamik hareketlerini etkilerken, yapının hareketleri de zeminin dinamik hareketlerini etkilemektedir. Teknik literatürde bu olaya yapı-zemin etkileşimi denilmektedir (Karabörk, 2005).

Depremlerin birçoğunda meydana gelen hasar ve can kaybının en önemli sorumlusu alüvyon yani daneli zeminlerdir. Alüvyon zeminlerin kalınlıkları deprem hasarlarını artırıcı yönde rol oynar. Meydana gelen depremlerde alüvyon kalınlığının az olduğu zeminlerde bina yıkılmaları çok az olurken, alüvyon kalınlığının yüksek olduğu zeminlerin üzerindeki binaların neredeyse tamamına yakınının depremden olumsuz etkilendiği ve yıkıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle depreme hassas bölgelerde yapılaşma ve imar konusunda alüvyon kalınlığının bilinmesi, buna göre yapılaşmanın yönlendirilmesi gereklidir (Karaman, 2016).

1985-Meksiko City depreminde, yerleşim bölgesinin altında çok yumuşak zemine dönüşmüş olan eski göl yatağı, uzun periyotlu yer hareketlerini büyütmiş ve maksimum tepkinin 2.0-2.5 saniyelik periyotlarda oluşmasına yol açmıştır. Bu depremde en büyük hasar, doğal titreşim periyotları büyük olan çok katlı yapılarda görülmüştür (Şekil 3). İncelemeler sonucu en büyük hasar ve göçmenin 20-25 katlı binalarda görüldüğü tespit edilmiştir. Şehrin kurulduğu zeminin yumuşak olması, ivme değerlerini büyük ölçüde artırmıştır (Güney, 2015). Bu örneğe bakıldığında zemin hakim periyodunun büyük olduğu durumlar için yüksek katlı yapılarda oluşabilecek hasarın zemin-yapı etkileşiminde büyük önem taşıdığı söylenebilir. Böyle bir yerde yapılacak yapıların doğal periyodunun düşük olması, hasar görme ve göçme riskini önemli ölçüde azaltır.



Şekil 3. 1985 Meksika depreminde hasar görmüş bir bina (Güney, 2015)
Figure 3. A damaged building in 1985 Mexico City earthquake (Güney, 2015)

DEPREM HASAR İLİŞKİSİ

Bilindiği gibi depremler, yapıya, zamana bağlı olarak değişen yüklerin etkimesine neden olurlar. Buna karşılık olarak da, yapıda zamana bağlı olarak değişen iç kuvvetler oluşur. Depreme dayanıklı yapı tasarımında amaç, sözü edilen bu iç kuvvetlerin etkisinde ortaya çıkması olası hasarın sınırlandırılmasıdır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımının temel ilkesi, DBYBHY 2007' de aşağıdaki gibi ifade edilmiştir;

- o Hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının her hangi bir hasar görmemesi,
- o Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlardaki hasarın onarılabılır düzeyde olması,
- o Şiddetli depremlerde ise can kaybını önlemek amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılmasıdır.

Depremlerde yapısal hasara etki eden faktörler deprem, yerel zemin ve yapı özellikleri olarak 3 grupta tanımlanabilir. Depremler sırasında ortaya çıkan yapısal hasarı belirleyen en önemli faktörlerden biri de depremin büyüklüğü, süresi ve frekans içeriği gibi depreme ait özelliklerdir. Depremler, belirli bir bölgedeki yer hareketi buna sebep olan faylanmanın türü, özellikleri ve oluşan dalgaların içinde yayıldığı ortamın özelliklerinden de etkilenmektedir.

Marmara bölgesinde, 17 Ağustos 1999 tarihinde aletsel büyüklüğü Mw 7.4 olan yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Odak merkezi Gölcük (Kocaeli) olan deprem bölgede çok ağır yapısal hasar meydana getirirken binlerce insanın ölümüne neden olmuştur. Depremde 20.000'den fazla insan hayatını kaybederken 30.000'den fazla insan yaralanmıştır. Aynı zamanda, depremin episantral alanında deprem sonrasında 90.000 dolayında ağır hasarlı, 80.000 dolayında orta hasarlı ve 2.500 dolayında hafif hasarlı bina bulunduğu saptanmıştır (Karaesmen, 2002).

Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Kriz Yönetim Merkezi' nden alınan bilgilere göre 1999 Kocaeli depreminde 66.441 konut ve 10.901 işyeri ağır hasara, 67.242 konut ve 9.927 işyeri orta hasara, 80.160 konut ve 9.712 işyeri hafif hasara uğramıştır. İzmit Körfezi depremi nedeniyle meydana gelen hasarın %48' i, orta hasarın %43' ü ve hafif hasarın %40' ı Kocaeli ilinde meydana gelmiştir (Özmen, 2000).

DBYBHY (2007) ZEMİN KOŞULLARININ BELİRLENMESİ

DBYBHY 2007' de yerel zemin koşullarının tanımlanması için esas alınan zemin grupları Çizelge 1' de, yerel zemin sınıfları ise Çizelge 2' de verilmiştir. Çizelge 1' deki zemin parametrelerine ilişkin değerler, zemin gruplarının belirlenmesinde yol göstermek üzere verilen standart değerlerdir.

Çizelge 1. Zemin grupları (DBYBHY 2007)

Table 1. Soil groups

Zemin Grubu	Zemin Grubu Tanımı	Stand. Penetr. (N ₃₀)	Relatif Sıklık (%)	Serbest Basınç Direnci (kPa)	Kayma Dalgası Hızı (m/s)
(A)	1. Masif volkanik kayalar ve ayrışmamış sağlam metamorfik kayalar, sert çimentolu tortul kayalar... 2. Çok sıkı kum, çakıl... 3. Sert kil ve siltli kil...	--- > 50 > 32	--- 85-100 ---	>1000 --- >400	>1000 >700 >700
(B)	1. Tüf ve aglomera gibi gevşek ve volkanik kayalar, süreksizlik düzlemleri bulunan ayrışmış çimentolu tortul kayalar... 2. Sıkı kum, çakıl... 3. Çok katı kil ve siltli kil...	--- 30-50 16-32	--- 65-85 ---	500-1000 --- 200-400	700-1000 400-700 300-700
(C)	1. Yumuşak süreksizlik düzlemleri bulunan çok ayrışmış metamorfik kayalar ve çimentolu tortul kayalar... 2. Orta sıkı kum, çakıl... 3. Katı kil ve siltli kil...	--- 10-30 8-16	--- 35-65 ---	< 500 --- 100-200	400-700 200-400 200-300
(D)	1. Yer altı su seviyesinin yüksek olduğu yumuşak, kalın alüvyon tabakaları... 2. Gevşek kum... 3. Yumuşak kil, siltli kil...	--- < 10 < 8	--- < 35 ---	--- --- < 100	< 200 < 200 < 200

Çizelge 1. Yerel zemin sınıfları (DBYBHY 2007)

Table 2. Local soil classes

Yerel Zemin Sınıfı	Çizelge 1' e Göre Zemin Grubu ve En üst Zemin Tabakası Kalınlığı (h ₁)
Z1	(A) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (B) grubu zeminler
Z2	h ₁ > 15 m olan (B) grubu zeminler h ₁ ≤ 15 m olan (C) grubu zeminler
Z3	15 m < h ₁ ≤ 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ ≤ 10 m olan (D) grubu zeminler
Z4	h ₁ > 50 m olan (C) grubu zeminler h ₁ > 10 m olan (D) grubu zeminler

DBYBHY (2007) TASARIM SPEKTRUMU

Tasarım spektrumları yeni yapıların tasarımında kullanılacak deprem yükünü belirlemekte kullanılır. Başka bir deyişle, tasarım spektrumu, kaydedilmiş bir deprem için değil, gelecekte ortaya çıkması olası depremler için belirlenir.

Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak olan Spektral İvme Katsayısı, $A(T)$, yapının periyoduna karşı gelen spektrum katsayısı $S(T)$, bölgedeki deprem tehlikesini gösteren etkin yer ivme katsayısı A_0 , ve binanın kullanım türüne göre değişen bina önem katsayısı I , çarpılarak bulunur. %5 sönüm oranı için tanımlanan Elastik İvme Spektrumu'nun ordinatı olan Elastik Spektral İvme, $S_a(T)$, Spektral İvme Katsayısı ile yerçekimi ivmesi g ' nin çarpımına karşı gelmektedir.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (1)$$

$$S_a(T) = A(T) \cdot g \quad (2)$$

Etkin Yer İvme Katsayısı A_0

Bağıntı (1)' de yer alan etkin yer ivme katsayısı A_0 , deprem bölgelerine bağlı bir katsayıdır. DBYBHY (2007)' de tanımlanan A_0 , Çizelge 3' de verilmiştir.

Çizelge 3. Etkin yer ivme katsayısı (DBYBHY, 2007)

Table 3. Effective ground acceleration coefficient

<i>Deprem Bölgesi</i>	<i>A_0</i>
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

Spektrum Katsayısı $S(T)$

Bağıntı (1)' de yer alan Spektrum Katsayısı $S(T)$, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyodu T ' ye bağlı olarak Bağıntı (3), (4) ve (5) ile hesaplanmaktadır.

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A) \quad (3)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (4)$$

$$S(T) = 2.5 \left(\frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T) \quad (5)$$

Bağıntı (3), (4) ve (5)' deki spektrum karakteristik periyotları, T_A ve T_B , yerel zemin sınıflarına bağlı olarak Çizelge 4' de verilmiştir.

Çizelge 4. Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY, 2007)

Table 4. Spektrum karakteristik periyotları (DBYBHY, 2007)

Çizelge 2' ye göre Yerel Zemin Sınıfı	T _A (s)	T _B (s)
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

YAPILAN PARAMETRİK ÇALIŞMA: MODELLEME ve ANALİZLER

Bilindiği gibi depreme dayanıklı yapı tasarımındaki amaç deprem etkisinde bir yapıda oluşabilecek hasarı en aza indirmektir. Bu amaçla zemin ve yapı özellikleri tanımlanan modelin yapı analizi yapılarak bu yapının deprem etkisindeki davranışı öngörülebilmektedir. Bu çalışma 2 adımda aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- o Zemin parametrelerinin belirlenmesi
- o DBYBHY (2007)' e göre bina modellenmesi ve analiz

Bu çalışmada kullanılan zemin parametreleri sahada yapılan jeofizik çalışmalar ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilmiştir. Binanın modellenmesinde sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Yapısal çözümler ise Sta4CAD V13.1 paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Mevcut yönetmeliğe uygun olarak tasarlanmış betonarme proje, zemin türünün farklı yüksekliklerdeki bina modelleri için değişimini incelemek üzere Sta4CAD programı ile yapısal analizleri yapılmıştır.

Sta4Cad Programı

Sta4CAD, inşaat mühendisliği alanında sık kullanılan bir tasarım ve analiz programıdır. Sta4-CAD program, çok katlı betonarme yapıların statik, deprem, rüzgar ve betonarme analizini entegre olarak yapan bir paket programdır. Program, statik ve betonarme analizleri, standart ve yönetmelikleri esas alacak şekilde yapabilmektedir (Torkan ve Amasralı, 2014).

Zemin Model Parametrelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada, Kocaeli ili, Gebze ilçesinin farklı bölgelerinde yapılmış jeoteknik ve jeofizik çalışmalar ile hazırlanan zemin araştırma raporlarındaki mühendislik parametreleri kullanılarak deprem koşullarında zeminin bina yüksekliğine olan etkisi irdelenmiştir. İnceleme alanında ayrıntılı jeoteknik (temel araştırma sondaj çalışmaları ve laboratuvar deneyleri) ve jeofizik çalışmalar (sismik kırılma, düşey elektrik sondaj) yapılmıştır. Elde edilen veriler yardımıyla çalışma alanında temelin kazılacağı örtü tabakasının, doğal şartlar altında dinamik yöntemle tespit edilebilen fiziksel ve elastik parametrelerine ulaşılmıştır.

Bu kapsamda, kaya ve alüvyon ortamı temsil eden, 4 farklı zemin araştırma raporuna ait veriler, çalışma 1 için bina model analizlerinde kullanılacak olan zemin parametreleri Model 1, Model 2, Model 3 ve Model 4 olarak tanımlanmıştır (Çizelge 5).

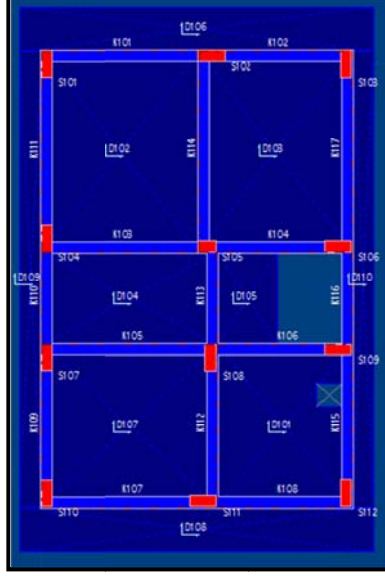
Çalışmada 2 farklı kalıp planı kullanılarak, saha çalışmasından elde edilen kaya ve alüvyon ortamlardaki 4 farklı zemin modeli ve DBYBHY (2007)' de tanımlanan 4 yerel zemin sınıfı dikkate alınarak 2 farklı analiz çalışması yapılmıştır.

Modelleme Aşaması

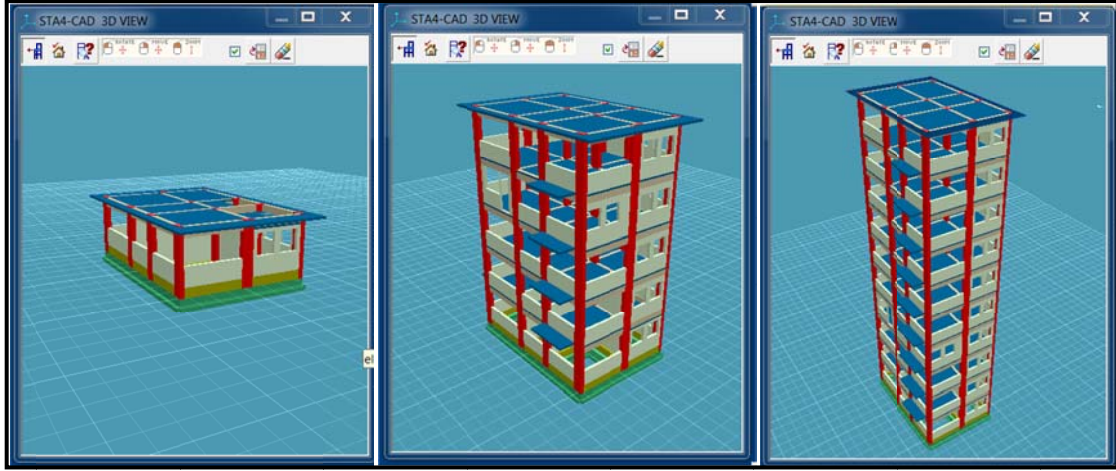
Çalışma 1: Çizelge 5' de belirtilen 4 farklı zemin modeli için 1 katlı, 5 katlı ve 10 katlı bina modelleri için 12 adet model geometrisi oluşturulmuş ve Sta4CAD paket programı ile analiz edilmiştir. Analizde kullanılan kalıp planı (Şekil 4), 1, 5 ve 10 katlı olarak modellenmiş ve üç boyutlu modelleri Şekil 5' de verilmiştir.

Çizelge 5. Zemin model parametreleri
Table 5. Model parameters of soil

Zemin Parametreleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4
Zemin emniyet gerilmesi (q) (kg/cm ²)	2.1	1.25	2.2	1.25
Zemin hakim titreşim periyodu (T ₀) (s)	0.38	0.58	0.37	0.57
Zemin yatak katsayısı K (ton/m ³)	4325	1856	3460	2172
Deprem bölgesi	1. Derece	1. Derece	1. Derece	1. Derece
Zemin grubu	B grubu	C grubu	B grubu	C grubu
Zemin sınıfı	Z2	Z3	Z2	Z3
Bina önem katsayısı	1.0	1.0	1.0	1.0
Etkin yer ivme katsayısı	A ₀ >4.0g	A ₀ >4.0g	A ₀ >4.0g	A ₀ >4.0g
Spektrum karakteristik periyotları (s)	T _a :0.15–T _b :0.40	T _a :0.15–T _b :0.60	T _a :0.15–T _b :0.60	T _a :0.15–T _b :0.60
Litoloji	Killi kireçtaşı	Çakıl-kum dolgu	Killi kireçtaşı	Kil

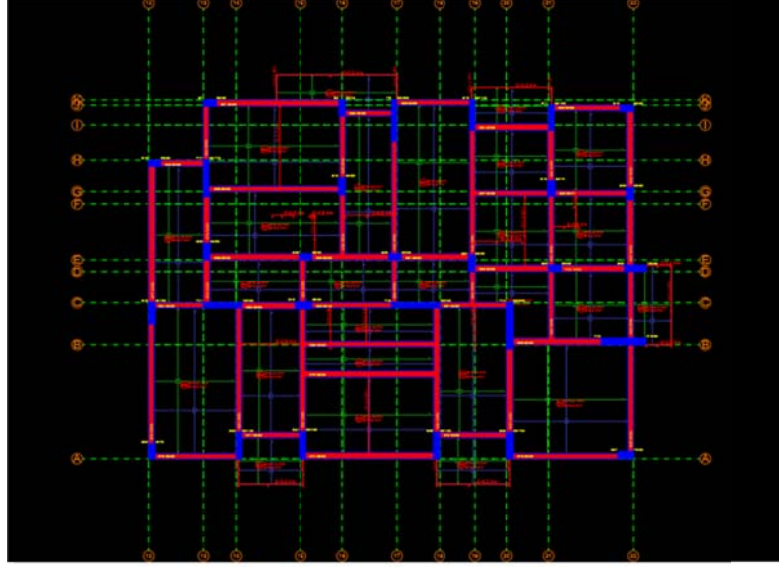


Şekil 4. Çalışma 1 için model bina kalıp planı (1, 5 ve 10 katlı bina modeli)
Figure 4. Plan for model buildings (1-storey, 5-storey, 10-storey building models)



Şekil 5. Üç boyutlu bina modelleri (1, 5, 10 kat)
Figure 5. 3D building models (1-storey, 5-storey, 10-storey)

Çalışma 2: Şekil 6’ de kalıp planı verilen bina, 6 katlı olarak modellenmiş ve modelin farklı zemin grupları için yapısal çözümlemesi Sta4CAD paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Model üzerinden Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfları ile 4 adet model geometrisi oluşturulmuş ve analiz edilmiştir.



Şekil 6. Çalışma 2 için Model bina kalıp planı (6 katlı bina modeli)
Figure 6. Plan for model building (6 storey)

6 katlı yapı modeli için zemin sınıfları değiştirilerek spektrum katsayılarının değişimi incelenmiştir. Spektrum katsayısına bağlı olarak DBYBHY (2007)' e göre eşdeğer deprem yükü yöntemiyle hesabı yapılmış ve binaya etkileyen yükler karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır.

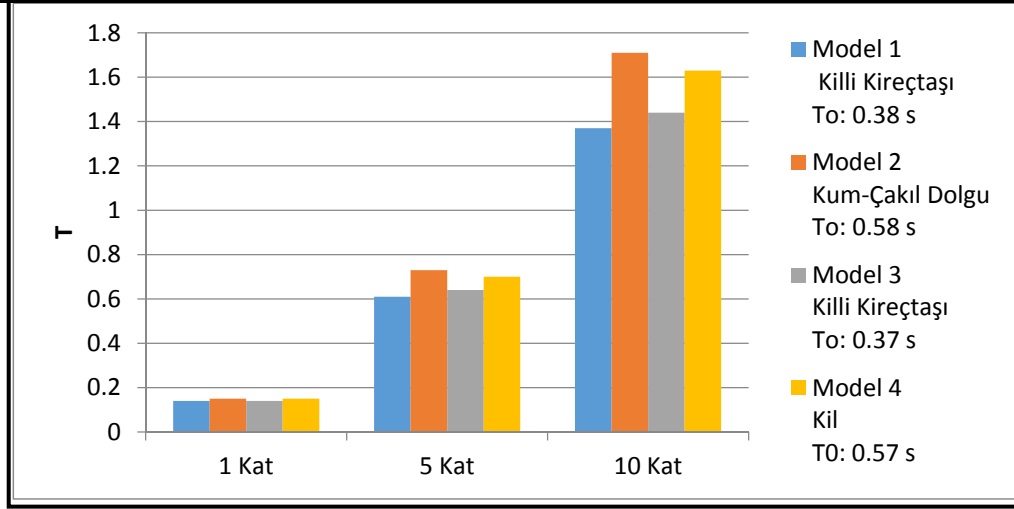
Çalışma 1 Analiz Aşaması

Çalışma 1'de 1, 5 ve 10 katlı binaların 4 farklı yer ortamındaki tepkilerini irdelemek üzere 12 adet model analizi yapılmıştır. Yapı analizi sonucu elde edilen bina doğal periyotları zemin hakim periyot değerleri ile karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Modellerin zemin hakim periyotları ile bina doğal periyotlarının karşılaştırması
Table 6. Comparison of building natural periods with soil predominant periods of soil models

	Zemin Hakim Titreşim Periyodu (s)	1 Katlı Bina Tasarım Spektrumu (s)	5 Katlı Bina Tasarım Spektrumu (s)	10 Katlı Bina Tasarım Spektrumu (s)
Model 1	0.38	0.14	0.61	1.37
Model 2	0.58	0.15	0.73	1.71
Model 3	0.37	0.14	0.64	1.44
Model 4	0.57	0.15	0.7	1.63

Yapı analizi sonucu elde edilen bina doğal periyotlarının yer ortamı ve bina kat yüksekliğine bağlı değişimleri grafiksel olarak ele alınmıştır. Bina doğal periyotları ile Model 1, Model 2, Model 3 ve Model 4 için oluşturulmuş tasarım spektrum grafiği Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Yer ortamı ve bina kat yüksekliğine bağlı değişen bina doğal periyotlarının karşılaştırılması

Figure 7. Comparison of building natural periods based on ground type and building height

4 farklı yer ortamı modeli için, bina yüksekliğine bağlı yapılan statik analizlerde, bina doğal periyotları karşılaştırıldığında, zemin hakim titreşim periyodunun yüksek olduğu modellerin düşük hakim periyotlu yer ortamlarına göre artmakta ve kat yüksekliği arttıkça bu oranın daha da yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

Çalışma 2 Analiz Aşaması

Çalışma 2 için Şekil 6' da kalıp planı verilen binanın 6 katlı modeli oluşturulmuş ve yerel zemin sınıfları Z1, Z2, Z3 ve Z4 için 4 farklı yapısal çözümleme yapılmıştır. Analizlerden elde edilen spektrum katsayıları ile spektrum eğrileri oluşturulmuş ve yerel zemin sınıfına bağlı spektrum katsayıları ilişkisi irdelenmiştir. 6 katlı bina modelinin 4 farklı analizi sonucu elde edilen spektrum katsayıları karşılaştırmalı olarak Çizelge 7' de verilmiştir.

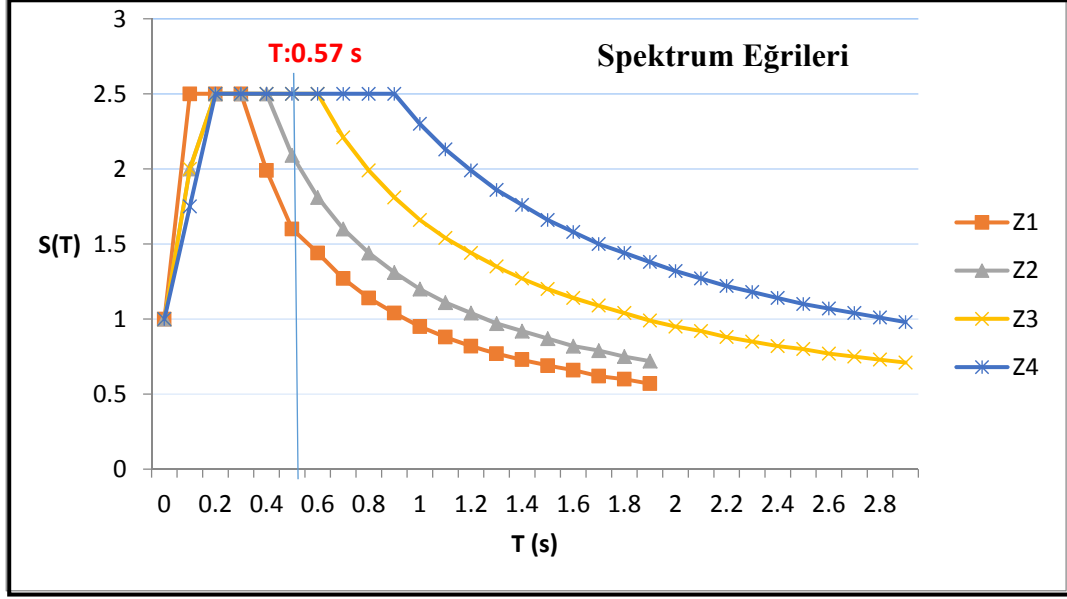
Çizelge 7. Modellerin zemin hakim periyotları ile bina doğal periyotlarının karşılaştırması

Table 7. Comparison of building natural periods with soil predominant periods refer soil models

T (s)	S(T) Z1	S(T) Z2	S(T) Z3	S(T) Z4
0	1	1	1	1
0.1	TA: 2.5	2	2	1.75
0.2	2.5	TA: 2.5	TA: 2.5	TA: 2.5
0.3	TB: 2.5	2.5	2.5	2.5
0.4	1.99	TB: 2.5	2.5	2.5
0.5	1.6	2.09	2.5	2.5
0.6	1.44	1.81	TB: 2.5	2.5
0.7	1.27	1.6	2.21	2.5
0.8	1.14	1.44	1.99	2.5
0.9	1.04	1.31	1.81	TB: 2.5
1	0.95	1.2	1.66	2.3

Yapısal analizi Sta4CAD programında yapılan modelin 4 farklı yer ortamı tanımlanarak oluşturulan tasarım spektrum katsayıları değerlerinin belli aralıklarda maksimum olduğu görülmektedir. Bu durum bina periyodunun spektrum karakteristik periyotları T_A - T_B aralığına denk geldiğinden dolayı spektrum katsayısı $S(T)$ ' nin 2,5 olarak hesaba katılacağını göstermektedir.

4 yerel zemin sınıfı için model analizi sonucu elde edilen spektrum katsayılarının zaman ortamındaki değişimini gösteren spektrum eğrileri Şekil 8' de verilmiştir.



Şekil 8. Yerel zemin sınıfına bağlı spektrum eğrilerinin karşılaştırması
Figure 8. Comparison of spectrum curves based on local soil type

6 katlı bina modelinin DBYBHY (2007)'de tanımlanan Z1, Z2, Z3 ve Z4 zemin sınıflarına bağlı yapılan analizlerde, binanın doğal periyodu $T:0.57$ s elde edilmiştir. Bina spektrum katsayıları karşılaştırıldığında, bina periyodunun Tablo 5.1' de verilen Spektrum Karakteristik Periyotları (T_A , T_B) arasında kaldığı Z3 ve Z4 sınıflarında spektrum katsayısının maksimum değerinde olduğu görülmektedir.

DBYBHY (2007)' de tanımlanan binaya etkiyen deprem yükü (taban kesme kuvveti);

$$V_t = \frac{W \cdot A(T)}{R_a(T)} \quad (6)$$

Burada, V_t , eşdeğer deprem yükü, R_a , taşıyıcı sistem davranış katsayısı, W , yapı toplam ağırlık, $A(T)$ spektral ivme katsayısı olarak tanımlanmıştır.

Bağıntı 6' da verilen spektral ivme katsayısı, $A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T)$ olarak ifade edildiğine göre, bina önem katsayısı, etkin yer ivme katsayısı ve spektrum katsayısının artması ile deprem yükünün maksimum olduğunu ortaya koymaktadır. Analiz sonucu deprem raporundan elde edilen binaya etkiyen deprem yükleri değerleri Çizelge 8' de verilmiştir.

Çizelge 8. Yerel zemin sınıfına bağlı eşdeğer deprem yüklerinin karşılaştırılması

Table 8. Comparison of equivalent seismic loads based on local soil class

	Birim	Z1	Z2	Z3	Z4
X yönünde uygulanan eşdeğer deprem yükü	tf	221.45	278.75	369.41	369.41
Y yönünde uygulanan eşdeğer deprem yükü	tf	225.71	284.12	369.41	369.41

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapıların güvenli ve ekonomik olarak optimum kriterlerde tasarlanması için uygulama alanının yer mühendislik parametreleri belirlenmeli ve DBYBHY (2007)' e göre yapı modellenmesi yapılmalıdır. Bu çalışmada optimum kriterlerin sağlanmasında 2 farklı model analiz çalışması yapılmış ve yer parametrelerinin önemi farklı yükseklikteki binalar üzerindeki etkisi ele alınarak anlatılmıştır. Kaya ve alüvyon ortamlardaki farklı yükseklikteki binaların deprem etkisindeki davranışları 16 model analizi yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Çalışma 1' de 4 farklı zemin modeli için bina kat yükseklikleri değiştirilerek 1, 5 ve 10 katlı binalar için yapı analizleri yapılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- Aynı zemin koşullarının etkisinde farklı yükseklikteki binalar için bina yüksekliğinin artması ile tasarım ivme spektrumunun büyük ölçüde arttığı gözlenmektedir. Alüvyon ortam modelini temsil eden Model 2 ve Model 4 gibi zemin hakim periyodunun yüksek olduğu zemin modellerinin, kaya ortam modelindeki düşük periyotlu Model 1 ve Model 3 e kıyasla bina doğal periyotlarının %25 oranında daha yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.
- Yapı tasarımında bina periyodunun T_A - T_B zemin periyotları aralığından mümkün olduğunca uzak olmaları yapıya daha az yatay yük etkimesi ve rezonansa girme tehlikesinden uzak olmasını ifade etmektedir. DBYBHY 2007' e göre tasarım aşamasında yapı periyodunun, zemin spektrum karakteristik periyotları T_A - T_B arasında olması halinde spektrum katsayısı $S(T)$ ' nin en büyük değeri olan 2,5 alınarak hesap yapılmalıdır. Bina tasarım periyodu bu aralıkta ise binanın alacağı deprem yükü en fazladır. Spektrum karakteristik periyotları incelendiğinde bu çalışmada verilen 4 farklı zemin modeli için 5 katın altındaki yapıların maksimum deprem yüküne maruz kalacakları ve daha fazla yapı elemanının hasar göreceğini ortaya koymaktadır.
- Farklı zemin modellerinin bina kat yüksekliğine bağlı değişen bina doğal periyot değerleri karşılaştırıldığında kaya ortam modeli Model 1' de verilen sağlam zemin üzerine oturan yapıların alüvyon ortam modeli Model 2' de verilen yumuşak zemin üzerine oturan yapılara oranla; 1 katlı yapı modellerinde %7, 5 katlı yapı modellerinde %20 ve 10 katlı yapı modellerinde ise %25 oranında arttığı görülmektedir. Model 3' de verilen sağlam zemin üzerine oturan yapılarda Model 4' de verilen yumuşak zemin üzerine oturan yapılara oranla; 1 katlı yapı modellerinde %7, 5 katlı yapı modellerinde %10 ve 10 katlı yapı modellerinde ise %14 oranında arttığı görülmektedir.

Çalışma 2' de 6 katlı bina modeli için DBYBHY' de tanımlanan Z1, Z2, Z3 ve Z4 yerel zemin sınıflarıyla olan ilişkisini irdelemek üzere yapılan analizde bina doğal periyodunun $T:0.57$ sn olarak elde edilmiştir. Modelin zemin sınıfına bağlı değişimini incelemek üzere spektrum katsayı değerleri karşılaştırmalı olarak yorumlanmış ve şu sonuçlara ulaşılmıştır:

- 6 katlı bina modelinin $T:0.57$ sn olarak elde edilmiş doğal periyodu DBYBHY' e göre spektrum karakteristik periyotları tablosunda tanımlanan Z3 sınıfı için $T_A:0.15 - T_B:0.60$, Z4 sınıfı için $T_A:0.20 - T_B:0.90$ aralığında olmasından dolayı spektrum katsayısı $S(T)$ ' nin maksimum değeri 2,5 alınarak hesap yapılmaktadır.
- Spektrum değerinin maksimum olduğu Z3 ve Z4 sınıflarında binaya etkiyen eşdeğer deprem yükünün de maksimum olacağı bilinmektedir. Analizden elde edilen deprem yükleri karşılaştırıldığında, 6 katlı bina modelinde Z1 sınıfındaki binaya etkiyen yükün, Z2 sınıfında %25 oranında, Z3 ve Z4 sınıfında %65 oranında arttığı görülmektedir.
- Çalışma, bina-hasar ilişkisi yönünden incelendiğinde binaya etkiyen yükün artması ile Z3 ve Z4 sınıfı zeminlerde Z1 ve Z2 sınıfına kıyasla hasar görme riskinin daha fazla olduğu görülmektedir. Ayrıca bina doğal periyodunun Z3 ve Z4 sınıfı için T_A-T_B aralığında bulunmasından dolayı yapı modelinin rezonans etkisi sebebiyle ağır hasarlar görebileceği öngörülmektedir.
- Modeller üzerinde yapılan yapı analizleri Z1, Z2, Z3 ve Z4 sınıfları için sırasıyla hesap yapıldığında binaya etkiyen yatay yükler, kesitler ve donatı miktarı en fazla Z4 sınıfında görülürken en az etki Z1 sınıfında görülmektedir. Bu durum, deprem etkisindeki Z4 sınıfındaki modelin daha fazla yapı elemanında hasar alma durumunu ortaya koymaktadır.

Depreme dayanıklı yapı tasarımında, yapının deprem etkisinde oluşan deprem yüküne daha az maruz kalması ve ortaya çıkacak hasarın sınırlandırılması hedeflenmektedir. Yapıya etkiyen yükün az ya da fazla olması tamamen tasarımda belirlenebilen bir hesap gerektirdiği ve her zemin ve bina periyoduna göre tasarım yapılabilirdiği görülmektedir. Zemin karakteristik periyodu sınırlarının dışında olması beklenen bina modelleri için rijitlik azaltılarak uzun periyotlu yapılar tasarlanmalı ya da rijitlik artırılarak kısa periyotlu yapılar tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, 2007.

GÜNEY D., Depreme dayanıklı yapı tasarımı 2 ders notu, Deprem yer hareketi ve davranışı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Yapı Anabilim Dalı, 2015.

KARABÖRK T., DOĞUŞ S., Zemin Özelliklerinin Çok Katlı Yapıların Dinamik Davranışı Üzerine Etkileri, Niğde Üniversitesi Aksaray Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2005.

KARAESMEN E., Öncesiyle Sonrasıyla Deprem, Atılım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayını, Yayın No: 6, Ankara, 2002.

KARAMAN, E., Yerleşim Alanlarında Deprem Hasarlarını Arttırıcı Yönde Rol Oynayan Risk Faktörleri, <http://forum.yapisal.net/sitemap/t-1884.html> (Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2016).

KURTULUŞ C., BOZKURT A., Jeofizik Yöntemlerle Yer ve Yapı İncelemeleri, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, sayfa 61, İzmit, 2007.

LİVAOĞLU R., DOĞANGÜN A., Deprem Yönetmeliklerinde Verilen Zemin Sınıflarına Göre Yapı Davranışlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, ECAS2002 Uluslararası Yapı ve Deprem Mühendisliği Sempozyumu, Ankara, 14 Ekim 2002.

Kaya ve Alüvyon Ortamlarda İnşaa Edilmiş Binaların Yüksekliği ile Yer Ortamının Deprem Etkisinde İlişkisi:
Kocaeli Gebze Örneği

ÖNCEL A. O., Deprem riskini önleme ve azaltma, Deprem Tasarım Çalıştayı, İstanbul Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği, İstanbul, 2015.

ÖZMEN B., 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin Hasar Durumu (Rakamsal Verilerle), TDV/DR 010-53, Türkiye Deprem Vakfı, 2000.

TEZCAN S. S., KAYA E., BAL E., ÖZDEMİR, Z., Seismic Amplification at Avcılar, Engineering Structures, 2002, 24(5), 661-667.

TORKAN R., AMASRALI S., STA4CAD & Çok Katlı Betonarme Yapıların Analizi ve Tasarımı, 1. Basım, Birsen Yayınevi, 2014.

YALÇINKAYA E., Zemin Özelliklerinin Yer Hareketine Etkisi: 1 Ekim 1995 Dinar ve 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan Depremi Örnekleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2002.

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME ANALİZİ İLE CBS ORTAMINDA EN UYGUN SPOR BAHİS BAYİ YER SEÇİMİ: İZMİT MERKEZ ÖRNEĞİ

SUITABLE BETTING SHOP SITE SELECTION USING MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS BY GIS: CASE STUDY FOR İZMİT TOWNCENTER

Erman ŞENTÜRK¹, Hamdullah LİVAOĞLU² ve Evrim YAVUZ^{2*}

ÖZET

Bu çalışmada, İzmit ilçe merkezinde seçilen 57 mahallede, yeni açılması planlanan bir spor bahis bayii için en uygun yer seçimi CBS ortamında çok kriterli karar verme analizi ile gerçekleştirilmiştir. Yüksek nüfus yoğunluğu, ana arterlere yakınlık, mevcut spor bahis bayilerine uzaklık, ilk ve ortaöğretim binalarına uzaklık, ibadet alanlarına uzaklık ve merkezi alanlara yakınlık olmak üzere altı ölçüt karar verme sürecinde dikkate alınmıştır. Vektörel ve hüresel haritalar, çeşitli kaynaklardan elde edilerek CBS ortamına aktarılmıştır. ArcGIS/ArcMap 9.3 programında sınıflandırılmış ölçüt haritaları birleştirme analizinde ağırlıklı toplama işlemi kullanılarak birleştirilmiş ve en uygun alanları gösteren uygunluk haritası elde edilmiştir. Sonuç olarak, uygunluk haritasına göre dört farklı alan İzmit merkez mahallelerinde yeni açılması planlanan bir spor bahis bayii için en uygun alanlar olarak belirlenmiş ve bu alanların birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: CBS, Çok Kriterli Karar Verme Analiz, En uygun yer seçimi.

ABSTRACT

In this study, suitable site selection for betting shop that planned to found was utilized with multi criteria decision analysis on GIS in 57 districts of İzmit towncenter. Six criteria were considered during the decision making process: high population, proximity to the main arteries, distance to available betting shops, distance to primary and secondary schools, distance to prayer locations and proximity to central areas. The vector and raster maps obtained from various resources, were transferred to the GIS. Criterion maps reclassified in ArcGIS / ArcMap 9.3 were overlaid using weighted overlay tool and the eligible map showing the most suitable areas was obtained. As a result, four different areas according to the eligible map were identified as the suitable areas for betting shops in the districts of İzmit towncenter and the advantages and disadvantages were investigated with each other.

Keywords: GIS, Multi Criteria Decision Analysis, Suitable site selection.

¹ Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Müh. Bölümü, İzmit-KOCAELİ.

e-posta: erman.senturk@kocaeli.edu.tr

² Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, İzmit-KOCAELİ.

e-posta: hamdullah.livaoglu@kocaeli.edu.tr, evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr

*İlgili yazar / Corresponding author: Evrim YAVUZ, evrim.yavuz@kocaeli.edu.tr

GİRİŞ

Rekabetçi piyasada potansiyel müşterilerine ulaşamayan bir işletmenin uzun soluklu olması beklenemez. Bir kafeterya, restoran, giyim mağazası veya banka şubesi için müşteri tercihleri en belirleyici faktördür. Müşteri her zaman en yakınındaki restorana değil de menüsü daha geniş, yemekleri daha lezzetli, servisi daha hızlı bir restorana gitmeyi tercih edebilir. Fakat söz konusu işletme bir spor bahis bayii olduğunda, potansiyel müşteriler için en yakın bayiye ulaşmak en belirgin kriter olacaktır. Diğer bir deyişle bir spor bahis bayinin, nüfusun daha yoğun olduğu, ulaşımın kolay olduğu yerlerde bulunması müşteri potansiyelini artıracaktır.

Spor bahislerinin toplum üzerindeki sosyolojik etkileri üzerine bazı akademik ve sosyal çalışmalar yapılmıştır (Spor Loto Teşkilatı, 2005; CDDK, 2009; Yaşar, 2011). Bahis oynayanların içerisinde %42,2'lik oransal çoğunlukla işçiler, %23,6 oranla öğrenciler ve %19,9 oranla da kendi hesabına çalışan esnaf ve ticaretle uğraşanların olduğu tespit edilmiştir (Spor Loto Teşkilatı, 2005). Cumhurbaşkanlığı Devlet Denetleme Kurulu (2009)'a göre 1536 kişi ile gerçekleştirilen bir çalışmada ülkemizdeki bireylerin %67,3'ünün son bir yıl içerisinde herhangi bir şans oyununa

katıldığını saptamıştır. Yaşar (2011) Kilis ilindeki iki spor bahis bayide 75 kişi üzerinde 44 sorudan oluşan anket gerçekleştirmiş ve cinsiyet, yaş, medeni durum, gelir, meslek, eğitim durumu gibi değişkenleri kullanarak bahis oynama davranışlarını yorumlamıştır. Elde edilen sonuçlara göre bahis oynayanların %90,7 sini erkekler oluşturmaktadır. Yaş dağılımlarına bakıldığında bahis oynayanların büyük bir kısmını (%84) 18-38 yaş aralığının oluşturduğu gözlenmiştir.

Günümüzde pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanan coğrafi bilgi sistemleri, özellikle planlamaya yönelik çalışmalarda çok çeşitli imkanlar sunmaktadır. Coğrafi verinin sayısal ortamda, toplanması, düzenlenmesi, sorgulanması ve analiz edilmesini ifade eden bu sistemler, coğrafi tabanlı çalışmalarının hız kazanmasına ve sonuçların daha sentezci bir yaklaşımla ortaya konulmasına yardımcı olmaktadır. Toplanan coğrafi verinin, sorgulanması, farklı boyutlarda karşılaştırılması, çakıştırılması, benzerlik ve farklılıkların ortaya konulması, kısa sürede net sonuçların elde edilmesi bu sistemlerin kullanımıyla oldukça kolaylaşmıştır (Bayar, 2005).

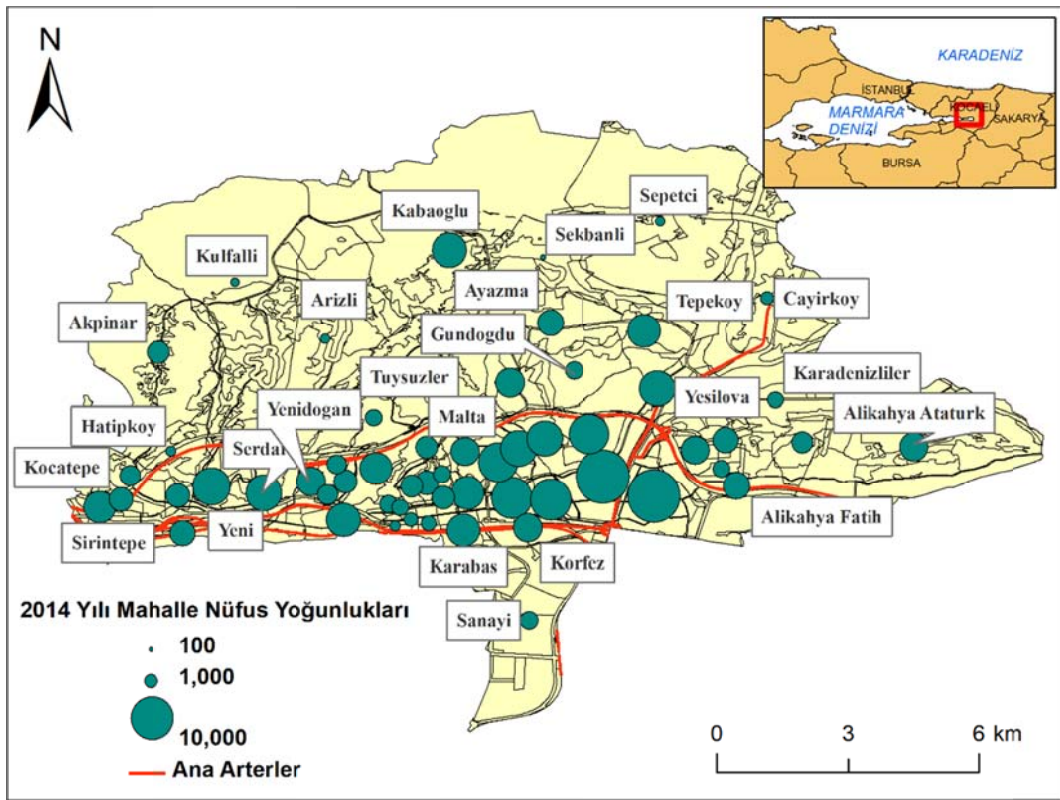
En uygun yer seçimi amacıyla şimdiye kadar farklı çalışmalarda çeşitli analiz yöntemleri kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Analizi (Bayar, 2005; Küçükönder ve Karabulut, 2007; Şahin, 2010; Özşahin ve Kaymaz, 2013), Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Aydın ve diğ., 2009; Erden ve Çoşkun, 2010a, 2010b, 2011; Özgür ve diğ., 2011), Analitik Ağ Süreci (Önüt ve diğ., 2008), İstatistiksel Yöntemler (Kiper ve Arslan, 2007; Köksal ve Emirza, 2011; Çiçekdağı ve Kırış, 2012), Bulanık Yöntemler (Aydın, 2009; Çınar, 2010; Uludağ ve Deveci, 2013; Aslan ve diğ., 2015) ve Sezgisel Yöntemler (Aktaş ve diğ., 2009) bu yöntemlerden bazılarıdır.

Bayar (2005) Ankara ilinde yeni kurulacak market alanlarına uygun yer seçimi alternatifleri sunmak amacıyla CBS yazılımlarından yararlanarak mekansal analiz uygulaması yapmıştır. Buna göre Ankara'da yeni kurulacak modern alışveriş merkezleri için İstanbul, Eskişehir ve Konya yollarına yakın, Ankara şehrinin batı ve kısmen güney kesimindeki alanların uygun olacağı tespit edilmiştir. Küçükönder ve Karabulut (2007) Kahramanmaraş ilinde düzenli katı atık depolama alanı yer seçimi için toplanan verileri CBS ortamında çok kriterli analiz yöntemiyle değerlendirmişlerdir. Buna göre seçilen 11 ölçüt Ağırlıklı Doğrusal Kombinasyon yöntemiyle analiz edilmiş ve alternatif çöp depolama alanları yer seçimi yapılmıştır. Özşahin ve Kaymaz (2013) Hatay ilindeki rüzgar enerjisi santralleri (RES)'nin yapım yeri seçiminde CBS metodlarını kullanarak farklı kaynaklardan elde ettikleri verileri değerlendirmişlerdir. 15 farklı kriterle yapılan analizde, Hatay'ın RES yapımı için orta (% 45.19) ve iyi (% 25.64) duyarlılık düzeyinde bir yer olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında sıra dışı (% 0.01) ve mükemmel (% 1.13) arazilerin hemen hemen yok denecek düzeyde olduğu ilde, uygunluk açısından zayıf (% 1.33) arazilerin de çok az yer kapladığı anlaşılmıştır.

Yoğunluk ve yakınlık-uzaklık ilişkilerine dayalı ölçütlerin yer alacağı bir çok kriterli karar verme analizinin, spor bahis bayi en uygun yer seçimi için doğru ve etkili bir yöntem olacağı düşüncesiyle bu çalışmada çok kriterli karar verme analizi CBS teknolojisiyle birlikte kullanılmıştır. Spor bahis bayinin potansiyel müşterilere doğru ve etkili yoldan ulaşması için yüksek nüfus yoğunluğu, ana arterlere yakınlık, mevcut spor bahis bayilerine uzaklık, ilk ve ortaöğretim binalarına uzaklık, ibadet alanlarına uzaklık ve merkezi alanlara (kamu kurumları, iş hanları, alışveriş merkezleri, parklar, spor kompleksleri vb.) yakınlık ölçütleri karar verme sürecinde dikkate alınmıştır. ArcGIS/ArcMap 9.3 programında her bir ölçüt için sınıflandırılmış hücresel haritalar elde edilmiş ve uzman görüşüne uygun olarak önem/ağırlık değerleri belirlenmiştir. Birleştirme analizinde ağırlıklı toplama işlemi kullanılarak sınıflandırılmış ölçüt haritaları birleştirilerek yeni açılması planlanan bir spor bahis bayi için en uygun konumları gösteren uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir.

ÇALIŞMA ALANI

Kocaeli ili İzmit ilçe merkezi ve çevre mahallelerinden oluşan 57 mahalle çalışma alanı olarak seçilmiştir. Çalışma alanı yaklaşık 125 km² büyüklüğündedir. Spor Toto Yönetmeliği'ne göre 18 yaşının altındaki bireylerin bahis oyunları oynaması yasaklanmıştır. Bu nedenle çalışmada kullanılan nüfus verilerinde 18 yaş ve üzeri dikkate alınarak 2014 yılı nüfus verilerine göre İzmit nüfusunun 252,883 olduğu tespit edilmiştir. (TÜİK, <http://www.tuik.gov.tr>). Nüfus yoğunluğuna bakıldığında 18 yaş üstü nüfusun %95,4 lük bölümü çalışma alanında ikamet etmektedir. İzmit ilçesi toplamda 102 mahalleden oluşmaktadır. Çalışmaya dahil edilmeyen 45 mahalle İzmit ilçesinin toplam yüzölçümünün yaklaşık %75'ini oluşturmakla birlikte 18 yaş üzeri nüfus yoğunluğunun sadece %4,6 lık kısmını oluşturmaktadır. Şekil 1'de 2014 yılı nüfus değerlerine göre sınıflandırılmış çalışma alanı gösterilmiştir.



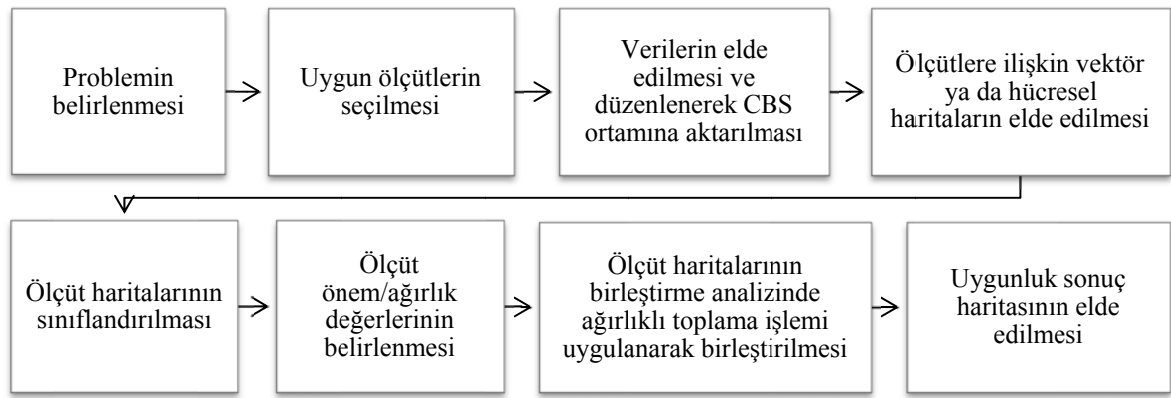
Şekil 1. 2014 yılı nüfus değerlerine göre sınıflandırılmış İzmit merkez ve çevre mahallelerinden oluşan çalışma alanı

Figure 1. The study area consisting of izmit center and surrounding neighborhoods classified by the population values of 2014

METODOLOJİ

Bir yer seçimi kararı, yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi, önemli ve etkin ölçütlerin tanımlanması, yer seçimi alternatiflerinin geliştirilmesi, alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçimi kararının verilmesi adımlarını içerir (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008). Malczewski (1999)'a göre bir yer seçimi kararı için uygulanacak çok kriterli karar verme analizi; problem tanımlama, değerlendirme kriterleri, alternatifler, kriter değerlendirme, kriter ağırlıkları, karar kuralları, hassasiyet-belirsizlik ve öncelik-tavsiye şeklinde sekiz adımdan oluşmalıdır. Şekil 2'de çalışmada izlenen işlem adımları sırasıyla gösterilmektedir.

Çalışmada en uygun spor bahis bayi konumunu belirlemek amacıyla altı ölçüt ele alınmıştır. Tespit edilen ölçütler; Yüksek Nüfus Yoğunluğu (YNY), Ana Arterlere Yakınlık (AAV), Spor Bahis Bayilerine Uzaklık (SBBU), İlk ve Ortaöğretim Binalarına Uzaklık (İÖBU), İbadet Alanlarına Uzaklık (İAU) ve Merkezi Alanlara Yakınlık (MAY) şeklindedir. Her bir ölçüt için veriler Google Earth'ten sayısallaştırılarak veya coğrafi referanslandırma ile elde edilerek CBS ortamına aktarılmış ve düzenlenerek ölçütlere ilişkin katmanlar şeklinde vektör veriler elde edilmiştir. Ölçütlere ait sayısal ve mekansal verileri içeren katmanlar, vektör formattan hücresel formata yoğunluk ve mesafe analizleri yapılarak çevrilmiştir. Hücresel formata çevrilen katmanlar çeşitli aralıklarda sınıflandırılarak her bir sınıfa ait önem/ağırlık değerleri belirlenmiştir. Tüm bu işlemler sonunda ölçütlere ait sınıflandırılmış hücresel haritalar ağırlıklı toplama işlemi yardımıyla birleştirilerek uygunluk sonuç haritası elde edilmiştir.



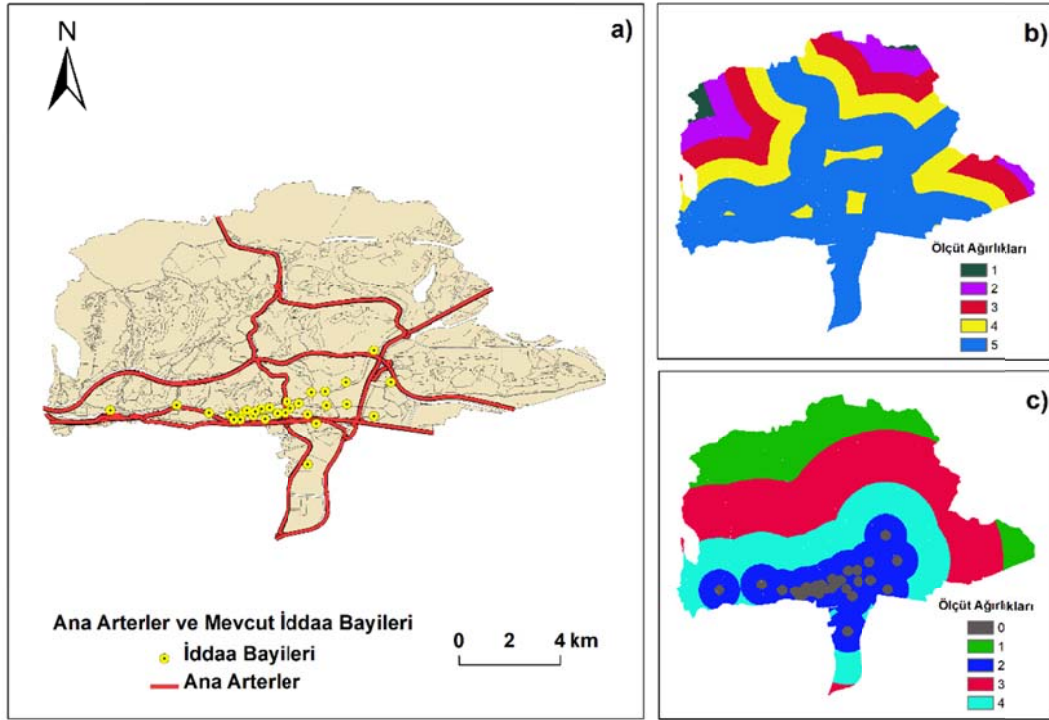
Şekil 2. En uygun spor bahis bayi yer seçiminde çok kriterli karar verme analizi probleminin işlem adımları

Figure 2. The process steps of multi criteria decision analysis for suitable betting shop site selection

Bir işletme için en uygun yer seçimi probleminde nüfus verileri mutlaka ölçüt olarak seçilmeli hatta bazı durumlarda en yüksek ağırlığa sahip ölçüt olmalıdır. Hele ki söz konusu işletme, müşteri tercihlerinin en düşük seviyede olduğu ve en önemli kriterin en yakındaki işletme olarak tercih edileceği spor bahis bayileri olduğunda nüfus verileri belirleyici bir kriter haline gelmektedir. 28.02.2009 tarihli resmi gazetede yayınlanan Spor Müsabakalarına Dayalı Sabit İhtimalli ve Müşterek Bahis Oyunları Uygulama Yönetmeliği'nin 24, 31 ve 32. maddelerinde 18 yaşından küçükler oyun oynatılması veya ikramiye ödenmesi ve 18 yaşından küçükleri oyun oynatmaya teşvik amacıyla reklam yapılması yasaklanmıştır. Bu yasağa uymayan fiziki ve sanal bayilerin kapatılacağı ve bir daha bayilik verilmeyeceği belirtilmiştir. Buna göre çalışmada 18 yaş ve üzeri nüfus verisi kullanılmıştır. 2014 yılı nüfus verilerine göre 57 mahallenin toplam nüfusu 241,179 ve ortalama nüfus 4231'dir. En düşük nüfusa sahip mahalle Sekbanlı (175) ve en yüksek nüfusa sahip mahalle Yahyakaptan (15979) mahallesidir.

Ana arterlere yakınlık analizi, spor bahis bayi en uygun konum probleminde iki önemli fayda sağlamaktadır. Mevcut yollara yakınlık, araç ile bayiye ulaşacaklar için gerekli yerleşim yerlerinin genelde ana arterler üzerinde veya yakınında kurulduğu bilinmektedir. Spor Toto Teşkilatı resmi web sayfasında 2012 yılında yayınlanan bir bayilik ilanının 14. maddesinde "Başvuru sahipleri tarafından bildirilen bayilik adresi ile söz konusu adrese en yakın bayi arasındaki mesafenin en az 250 metre olması zorunludur" denmiştir. Yeni açılacak bir bayinin mevcut bayilerden belirli bir mesafede uzak olması beklenirken yasal zorunluluklarla belirtilmiş

250 metre mesafesi çalışmada kritik değer olarak kullanılmıştır. İzmit ilçesindeki mevcut 30 spor bahis bayii adres bilgileri yardımıyla harita üzerine işaretlenerek çalışmaya dahil edilmiştir. Şekil 3'te çalışma bölgesindeki ana arterler ve mevcut spor bahis bayileri gösterilmektedir.

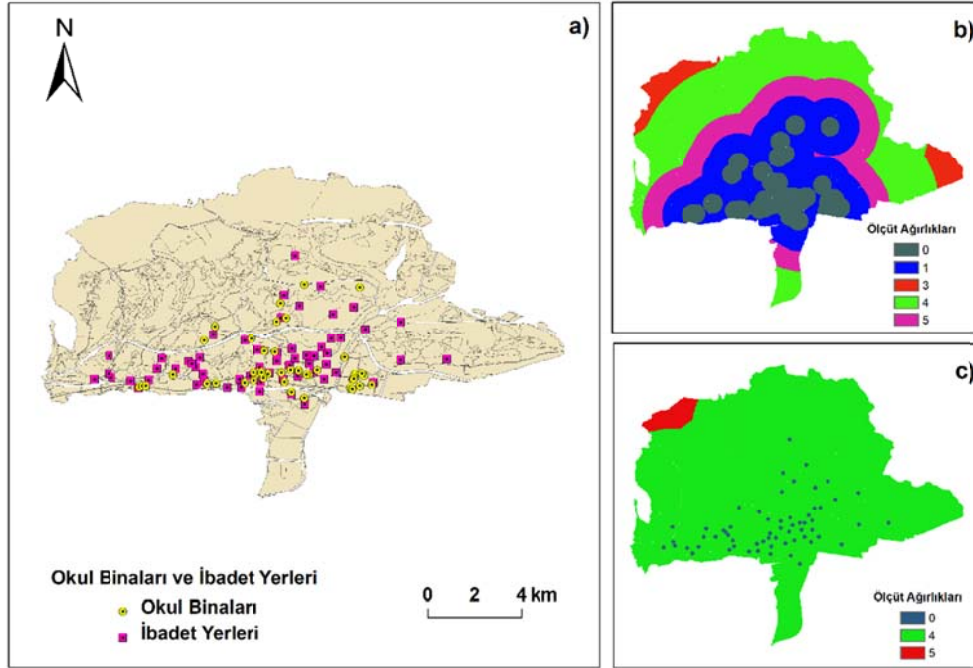


Şekil 3. a) İnceleme alanında bulunan ana arterler ve mevcut spor bahis bayileri b) Ana arterler sınıflandırma haritası c) Spor bahis bayiler sınıflandırma haritası

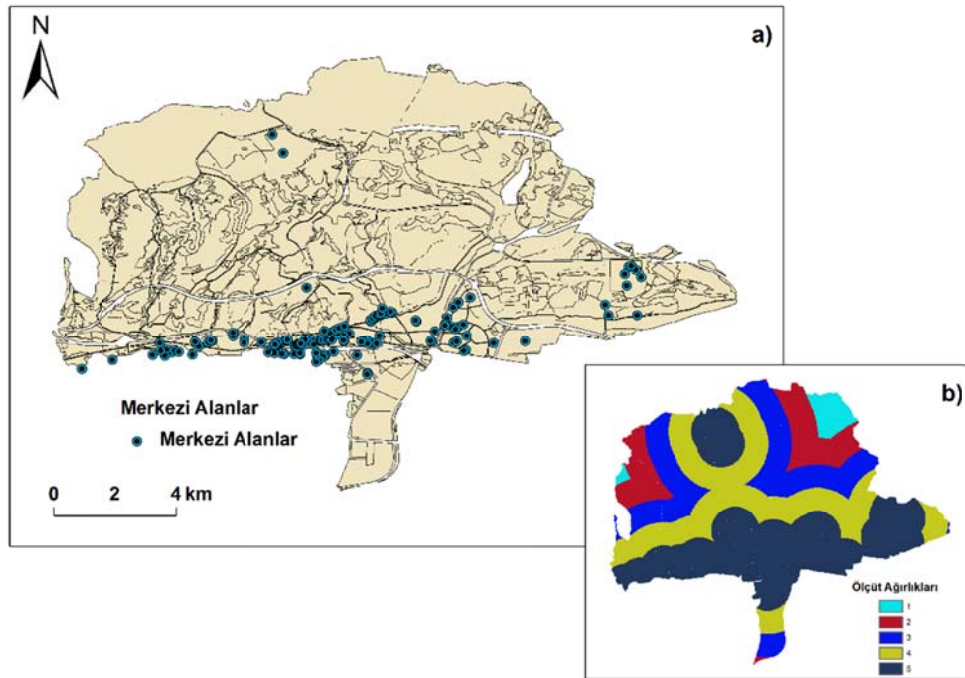
Figure 3. a) Main arteries and existing betting shops in the study area b) Main arterial classification map c) Main betting shops classification map

Ülkemizde bahis oynama yaşının 18 ile sınırlı tutulması nedeniyle mevcut veya yeni kurulması planlanan bir spor bahis bayinin ilk ve ortaöğretim binalarına belli bir mesafede uzak olması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda İzmit ve çevre mahallelerinde anaokulları, ilk ve orta öğretim okulları, liseler ve özel okullardan oluşan 43 okul çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca bir bahis oyunu bayinin mevcut ibadet yerlerinden belirli bir mesafede uzak olması öngörülmektedir. Bu mesafe çalışmada 100 metre ile sınırlandırılmıştır. Çalışma alanındaki 61 ibadet yeri çalışmada kullanılmıştır. Şekil 4'te çalışmada alanındaki okullar ve ibadet yerleri gösterilmektedir.

İnsan popülasyonunun gün içerisinde yüksek seviyede olacağı alışveriş merkezleri, banka şubeleri, fabrika binaları, hastaneler, iş merkezleri, kültür merkezleri, park alanları, kafe ve restoranlar, spor kompleksleri, taksi durakları, üniversite ve kamu binalarından oluşan 159 mekansal obje çalışmada merkezi alanlar olarak kullanılmıştır. Yeni kurulacak bayinin bu alanlara yakın olması mevcut müşteri potansiyelini artıracaktır. Şekil 5'te çalışma bölgesindeki merkezi alanlar gösterilmiştir.



Şekil 4. a) İnceleme alanında bulunan okullar ve ibadet yerleri b) Okul binaları sınıflandırma haritası c) İbadet yerleri sınıflandırma haritası
Figure 4. a) Schools and prayer locations in the study area b) Schools classification map c) Prayer locations classification map



Şekil 5. a) Çalışma bölgesinde bulunan merkezi alanlar b) Merkezi alanlar sınıflandırma haritası
Figure 5. a) Central areas in the study area b) Central areas classification map

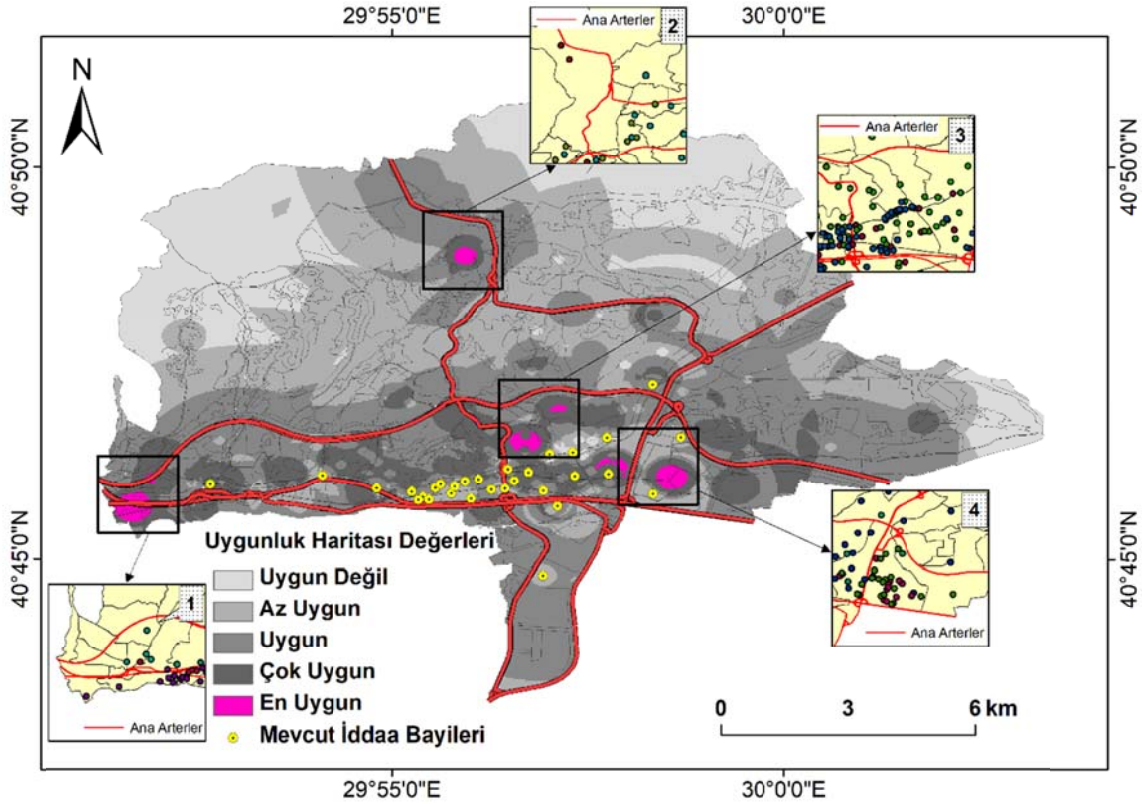
Ölçütlerin her biri kendi içerisinde sınıflandırıldıktan ve her sınıfa ait sınıf puanı uzman görüşleri ve önceki deneyimlere uygun olarak belirlendikten sonra tüm ölçütlerin öncelikleri/ağırlıkları uzman görüşüne göre tespit edilmiştir. Çizelge 1’de çalışmada kullanılan ölçütler, ölçütlere uygulanan analiz türü, sınıflandırma yöntemi, sınıflandırma aralığı, sınıf puanı ve ölçüt ağırlıkları gösterilmektedir. Analizler ve sınıflandırma işlemi ArcGIS/ArcMap 9.3 programıyla gerçekleştirilmiş, sınıflandırma aralığı, sınıf puanları ve ölçüt ağırlıkları uzman görüşü, önceki deneyimler ve mevcut duruma uygun olarak belirlenmiştir.

Çizelge 1. Ölçüt ve özelliklerini içeren çizelge
Table 1. Table of criterion and its features

Ölçütler	Analiz türü	Sınıflandırma yöntemi	Sınıflandırma aralığı *m: metre	Sınıf puanı	Ölçüt ağırlığı
Yüksek nüfus yoğunluğu	Yoğunluk	Doğal aralık (Natural breaks)	0% - 0,2%	1	0,30 (%30)
			0,2% - 0,7%	2	
			0,7% - 1,3%	3	
			1,3% - 2,5%	4	
			2,5% - 4,2%	5	
Ana arterlere yakınlık	Mesafe (Düz Hat)	Doğal aralık (Natural breaks)	0 m - 750 m	5	0,20 (%20)
			750 m - 1700 m	4	
			1700 m - 2650 m	3	
			2650 m - 3750 m	2	
			3750 m - 6000 m	1	
Spor bahis bayilerine uzaklık	Mesafe (Düz Hat)	Manuel	0 m - 250 m	4	0,15 (%15)
			250 m - 1000 m	3	
			1000 m - 2500 m	2	
			2500 m - 5000 m	1	
			5000 m - 10000 m	0	
İlk ve ortaöğretim binalarına uzaklık	Mesafe (Düz Hat)	Manuel	0 m - 100 m	0	0,05 (%5)
			100 m - 5000 m	4	
			5000 m - 8500 m	5	
İbadet alanlarına uzaklık	Mesafe (Düz Hat)	Manuel	0 m - 500 m	0	0,10 (%10)
			500 m - 1500 m	1	
			1500 m - 2500 m	3	
			2500 m - 5000 m	4	
			5000 m - 9000 m	5	
Merkezi alanlara yakınlık	Mesafe (Düz Hat)	Doğal aralık (Natural breaks)	0 m - 1200 m	5	0,20 (%20)
			1200 m - 2300 m	4	
			2300 m - 3400 m	3	
			3400 m - 4800 m	2	
			4800 m - 7000 m	1	

Ölçütler ve ağırlıkları belirlendikten sonra nüfus ölçütü için yoğunluk ve diğer ölçütler için yakınlık-uzaklık analizleri ile oluşturulmuş katmanlar ilgili ağırlıklarıyla birlikte birleştirme analizinde kullanılmıştır. Toplam ağırlıklar yöntemiyle elde edilen uygunluk sonuç haritası Şekil 6’da gösterilmektedir. Renklendirme yer seçimi uygunluk durumuna göre açık renklere koyu renklere doğru mevcut alanların uygunluk durumu artacak şekilde yapılmıştır. Gri tonları ile

renklendirilen bu haritada, en açık tonda uygun olmayan (1-2 puan) alanlar, en koyu tonda ise çok uygun (3-4 puan) bölgeler gösterilmektedir. Pembe alanlar ise en uygun (4-5 puan) bölgeleri temsil etmektedir. Mevcut spor bahis bayileri harita üzerine işlenerek güncel durum gösterilmiştir.



Şekil 6. Yeni açılması planlanan bir spor bahis bayi için İzmit merkez ve çevre mahalleleri uygunluk haritası

Figure 6. Eligible map of the izmit center and surrounding neighborhoods for a sports betting shop planned to found

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, CBS ortamında spor bahis bayi yer seçimi problemi, çok kriterli karar verme analizi yöntemiyle birlikte uygulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 6 ölçüt belirlenmiş ve hücresel formatta uygunluk sonuç haritası oluşturularak karar vericilere sunulmuştur (Şekil 6). Harita detaylı bir şekilde incelendiğinde dört bölgenin en uygun alanlar olarak önerildiği görülmektedir. İnceleme alanının batı ucunda yer alan bir numaralı uygun alanda, çevre mahallelerin ortalama 4000 nüfusa sahip olması, ana arterlere yakınlığı ve mevcut bir spor bahis bayinin çok yakınlarda bulunmaması bir avantaj olarak gözükmemektedir. Ayrıca alan İsmetpaşa Stadyumu'na çok yakın bir yerdedir. Alanın komşu ilçe olan Derince'ye yakınlığı mevcut bir spor bahis bayinin ilgili ilçede bulunup bulunmadığı sorusunu akla getirmiştir. Yapılan incelemede Derince ilçesinde, bölgenin çok yakınında bulunan mevcut bir spor bahis bayinin olduğu tespit edilmiştir. İnceleme alanının kuzey kesiminde yer alan iki numaralı uygun alan incelendiğinde, alanın Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesine yakınlığı dikkat çekmektedir. Kocaeli Üniversitesi, 2061 akademik personel, 1765 idari personel ve 49.897 si erkek, 31.509 u kadın olmak üzere toplamda 81.406 öğrenciye sahiptir (<http://ogr.kocaeli.edu.tr/KOUBS/Istatistik/index.cfm>). Özsoy ve diğ. (2014)'te Abant İzzet Baysal Üniversitesi ve Sakarya Üniversitesi'nde öğrenim gören 521 üniversite öğrenci üzerinde yapılan ankete göre öğrencilerin yüzde 41,6'sı spor ile ilgili bahis oyunu oynamaktadır. Oranlara

bakıldığında bu bölgede yüksek bir spor bahis oyuncusu potansiyeli bulunmaktadır. Bölgenin en önemli dezavantajı ise eğitim-öğretimin olmadığı sömestr ve yaz aylarında potansiyelin çok düşük seviyelere gerilemesidir. İnceleme alanının orta kesiminde yer alan üç numaralı uygun alan(lar), Topçular, Erenler, 28 Haziran, Malta ve Tavşantepe gibi yüksek nüfus yoğunluğuna sahip mahallelerin ortasında yer almakta ve çevrede herhangi bir mevcut spor bahis bayi bulunmamaktadır. İnceleme alanının doğu kesiminde yer alan dört numaralı en uygun alan(lar) ise Yenişehir, Yahyakaptan gibi en yüksek nüfus yoğunluğuna sahip (31,510 kişi, çalışma alanı toplam nüfusunun %13'ü) mahallelere yakın bir alanda yer almaktadır. İlgili bölgenin, çok yakın olmamakla birlikte çevresinde mevcut bayiler bulunmasına rağmen şehir gelişiminin bölgede yoğunlaşmasından dolayı potansiyeli yüksek bir bölgedir.

Belirtilen tüm bölgeler, belirlenen ölçütlerin kısıtlı olması ve önem/ağırlık değerlerinin öznel olarak belirlenmesi nedeniyle kesinlik belirtmemekte, alternatiflerin en iyi karar olma olabirliklerini ifade etmektedir. Bu tarz yer seçimi analizlerinde, uzman görüşüne uygun soruların yer alacağı geniş örneklemli anketlerle çalışmanın genişletilmesi, seçilen ölçütlerin anket sonuçlarına uygun olarak sayıca artırılması veya azaltılması, önem/ağırlık değerlerinin anketlere uygun hale getirilmesi, ölçütlere ilişkin sayısal ve mekansal verilerin daha hassas ve geniş hale getirilmesi ve ilgili kurumlarla ortak hareket edilmesi sonraki çalışmalar için faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

AKTAŞ E., ÖZAYDIN Ö., ÜLENGİN F., ÖNSEL Ş., AĞARAN B., 2009. İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yerlerinin Seçimi için Yeni Bir Model, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 22, 2-12.

ASLAN H. M., YILDIZ M. S., UYSAL H. T., 2015. Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması: Düzce'de Bir Lokasyon Analizi, Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi, 3, 111-128.

AYDIN Ö., 2009. Bulanık AHP ile Ankara için Hastane Yer Seçimi, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 24, 87-104.

AYDIN O., ÖZNEHİR S., AKÇALI E., 2009. Ankara için Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci ile Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14, 69-86.

BAYAR R., 2005. CBS yardımıyla Modern Alışveriş Merkezleri için Uygun Yer Seçimi: Ankara Örneği, Coğrafi Bilimler Dergisi, 3, 19-38.

ÇINAR N. T., 2010. Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama, KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 12, 37-45.

CDDK (Cumhurbaşkanlığı Devlet Denetleme Kurulu), 2009. Kamu Kurum ve Kuruluşları ile Diğer Kişiler Tarafından Gerçekleştirilen Talih ve Şans Oyunları ile Yarışlara İlişkin 2006 ve 2007 Yılları Faaliyetlerinin Denetimi ile Söz Konusu Faaliyetlerden Kamu Hizmetlerine Ayrılan Payların Değerlendirilmesi, Ankara.

ÇİÇEKDAĞI H. I., KIRIŞ Ş., 2012. Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi için Yer Seçimi ve Bir Uygulama, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28, 67-76.

ERDEN T., ÇOŞKUN M. Z., 2010a. Acil durum servislerinin yer seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS entegrasyonu, İTÜ Dergisi, 9, 37-50.

ERDEN T., ÇOŞKUN M. Z., 2010b. Multi-criteria site selection for fire services: the interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 2127-2134.

ERDEN T., ÇOŞKUN M. Z., 2011. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Yer Seçimi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Kavaklıdere, Ankara.

ERTUĞRUL I., KARAKAŞOĞLU N., 2008. Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection, *Int. J. Adv. Manuf. Tech.*, 39, 783-795.

KİPER T., ARSLAN M., 2007. Anadolu'da Doğa Turizmi Kapsamında Doğa Yürüyüşü Güzergahlarının Belirlenmesinde Örnek Bir Çalışma, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4, 165-174.

KÖKSAL Y., EMİRZA E., 2011. Kuruluş Yeri Açısından Cadde ve Alışveriş Merkezi Mağazacılığının Karşılaştırılması: Ankara İlinde Bir Araştırma, *MKÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8, 75-87.

KÜÇÜKÖNDER M., KARABULUT M., 2007. Çok Kriterli Analiz Yöntemi Kullanılarak Kahramanmaraş'ta Çöp Depolama Alanı Tespiti, *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5, 55-76.

MALCZEWSKI J., 1999. GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley & Sons, New York, A.B.D.

ÖZGÜR L., İŞLİ D. O., GÜNGÖR A., 2011. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Otobüs Terminal Konumunun Belirlenmesi: Denizli Örneği, 12th International Symposium on Econometrics Statistics and Operations Research, Karataş, Denizli.

ÖNÜT S., TUZKAYA U.R., KEMER B., 2008. An Analytical Network Process Approach to the Choice of Hospital Location, *J. Eng. Nat. Sci.*, 25, 367-379.

ÖZŞAHİN E., KAYMAZ Ç. K., 2013. Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) Yapım Yeri Seçimi Üzerine Bir CBS Analizi: Hatay Örneği, *TÜBAV Bilim Dergisi*, 6, 1-18.

ÖZSOY S., KANDAZ N., KANDAŞ N. T., TABUK M. E., GÖRÜN L., AFAT A., 2014. Lise ve Üniversite Öğrencilerinin Spor Medyasını İzleme ve Bahis Oyunu Oynama Alışkanlıkları, *Erciyes İletişim Dergisi*, 3, 120-130.

Spor Loto Teşkilatı, 2005. İddaa Oynayan Kitle Profili Saptama Çalışması, Ankara.

ŞAHİN E. K., 2010. Perakende Marketlerin Yer Seçimine Yönelik CBS Uygulaması”, 3. Uzaktan Algılama ve CBS Sempozyumu, Gebze, Kocaeli.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), www.tuik.gov.tr, Erişim Tarihi: Temmuz 2015.

ULUDAĞ A. S., DEVECİ M. E., 2013. Kuruluş Yeri Seçim Problemlerinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması ve Bir Uygulama, *AİBÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, 257-287.

YAŞAR M. R., 2011. İddaa işler: İddaa oyununa sosyolojik bir bakış, *e-Journal of NWSA*, 6, 457-484.

Joint Inversion of Natural Potential Field

Türker YAS¹ ve Metin AŞÇI^{2*}

ÖZET

Bu çalışmada iki boyutlu yapıların neden olduğu potansiyel alan verilerinin yorumunda birleşik ters çözüm algoritması kullanılmıştır. Çalışmanın amacı farklı tipte birbiriyle tutarlı jeofiziksel verilerden sığ yüzeyin görüntüsünü elde etmektir. Farklı tipteki verilerin kombinasyonunu kullanması, birleşik ters çözüm (joint inversion) olarak adlandırılan bu tekniğin avantajıdır. Çözüm için gravite ve manyetik anomaliler göz önünde bulundurulmuştur. Gelişigüzel yapıları sağlamak için çok sayılı prizmalardan oluşan modeller tanımlanmıştır. Gravite ve manyetik verilerin eş zamanlı uyumunu sağlamak için doğrusal olmayan ters çözüm tekniği kullanılmıştır. Tekil değer sorunundan kurtulmak için sönümlü tekil değer ayrışımı yöntemi uygulanmıştır. Ayrıca çözümlerin duyarlılığı istatistik testlerle analiz edilmiştir.

Birleşik ters çözüm yöntemi, dört farklı kuramsal model üzerinde test edildikten sonra, Aydın-Çavdar sahasına uygulanmıştır. Arazi çalışmalarından elde edilen sonuçlar önceden yapılmış sondajlar, jeofizik ve jeolojik çalışmalarla desteklenmiştir.

Saha ve teorik model çalışmaları, birleşik ters çözüm tekniğinin, verilerin tek çözümlerine üstünlük sağladığını göstermiştir.

ABSTRACT

In this study, the interpretation of potential field data from two dimensional sutructures was solved by joint inversion algorithm. The aim of this study is obtain an image of the subsurface consistent with inputs from different types of geophysical data. There is an advantage of joint inversion, used ones to combine data from different surveys. Gravity and magnetic data were being considered for solution. To accommodate structures of arbitrary geometry, it were defined that models which occurs large number of prism. A non-linear inversion procedure was used to obtain a model fits the gravity and magnetic data simultaneously. To overcome singularities, demped singular value decomposition technique was applied. The sensitivity of solutions is also analyzed by some statistical tests.

After tested on four different synthetic models, joint inversion technique was applied to gravity and magnetic anaomaly maps of Aydın-Çavdar field. Field studies have been supported by previous sondages, geophysical and geological studies.

GİRİŞ

Jeofizik problemlerin çözümünde genel amaç, jeofizik anomaliye neden olan yer altı yapısının belirlenmesidir. Bu nedenle yeraltındaki jeolojik yapının bulunması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir.

¹ Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara

² Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 41380 Umuttepe-İzmit, masci@kocaeli.edu.tr

*İlgili yazar / Corresponding author: Metin AŞÇI, masci@kocaeli.edu.tr

Modelleme işlemi bir anlamda jeolojik yapıyı temsil eden fiziksel ya da geometrik parametrelerin saptanması işlemidir. Jeofizik veriler, matematiksel bağıntılarla tanımlanabilen modellerin neden olduğu kuramsal değerlerle karşılaştırılarak, deneme-yanılma yoluyla jeofizik verileri en iyi temsil eden model yapılar bulunmaya çalışılmıştır.

Ele alınan jeolojik bir modelin, uygulanan jeofizik yöntemle vereceği tepkinin hesaplanmasına “Düz çözüm” denir. Bu çözümü yapabilmek için jeolojik modeli tanımlayacak matematiksel bir model seçilir. Matematiksel modeli tanımlayan parametrelerle modele ait jeofizik anomali sayısal olarak hesaplanabilir.

Ölçülen bir jeofizik anomaliye uygun olan yer altı yapısına ait parametrelerin saptanması işlemine ise “Ters çözüm” ya da “Ters Modelleme” denir. Ters çözüm işleminde yapıya ait parametreler doğrudan saptanırsa bu işleme doğrusal ters çözüm denir. Bir başlangıç modelinden hareket ederek, modelin oluşturacağı kuramsal anomaliyle, gözlemsel anomalilerin arasındaki uyumun optimum düzeye ulaşınca kadar parametrelerin değiştirilerek olası yer altı yapısının belirlenmesi işlemine ise doğrusal olmayan ters çözüm işlemi denir.

Ters çözümlemede model fonksiyonunun ve başlangıç modelinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Yanlış model seçimi ya da modelin başlangıç değerlerinin uygunsuz seçimi, model parametrelerinin anlamsız değerler almasına veya gerçekten çok uzak bulunmasına neden olabilir. Jeofizik modellemede ters çözüm yönteminin temelini oluşturacak kuramlar Backus ve Gilbert (1967-1968), Jackson (1972) ve Wiggins (1972) tarafından ayrıntılı olarak verilmiştir.

Potansiyel alan verilerinin ters çözümü, ölçülen potansiyel alandan, bu alanı meydana getiren kaynağın çeşitli model parametrelerinin (derinlik, yoğunluk, süseptibilite,...) saptanması işlemidir. Potansiyel alan verilerinin doğası nedeniyle çözüm sonuçları tekil değildir. Bu nedenle potansiyel alan verilerinde ters çözüm işlemi, çok çözümlülükten dolayı zor hatta çoğu zaman olanaksızdır. Bu durumda ters çözümle elde edilmiş olan sonuçlar, kuramsal ve gözlemsel verilerin uyumunu sağlayabilen sonsuz tane çözümden biridir.

Potansiyel alan verilerinin ters çözüm tekniğiyle modellenmesinde, matematiksel model oluşturabilmek için yer altı modeli genelde basit geometrik şekillerle (küre, silindir, ince dayk, prizma) tanımlanmaya çalışılmıştır. Rao ve diğ. (1985) basit şekilli yapıların gravite ve manyetik verilerine ters çözüm tekniğini uygulamışlardır. Murthy ve Rao (1994) gravite verilerini yatay ve düşey silindirler biçiminde modellemiştir. Murthy ve Krishnamacharyulu (1990) ve Raju (2003) damar şekilli yapılar için gravite ve manyetik verilerin ters çözümünü yapan bilgisayar programları geliştirmişlerdir.

Yer altı modelinin belirlenmesinde daha gerçekçi yaklaşımlar elde edebilmek için anomaliye neden olan kütle, prizmatik yapılara bölünerek modelleme işlemi yapılmıştır. Pedersen (1977) gravite ve manyetik verilerle taban yapısını belirlemek için yer altını, alt ucu sonsuza giden prizmalar şeklinde düşünmüştür. Aydoğan (1992) ve Albora (1998) prizmatik kütleler kullanarak gravite verilerinden sığ derinliklerin yoğunluk dağılımını saptamışlardır. Aşçı (1998) manyetik anomalileri 3 boyutlu prizmalarla modelleyerek Curie derinliğini saptamıştır. Murthy ve diğ. (2001) prizmatik kütleler yardımıyla manyetik anomalilerden taban yapısını belirlemiştir.

Bu çalışmada model elemanı olarak sığ yapıların modellenmesinde alt ve üst ucu bilinen dikdörtgen prizmalar, derin yapıların belirlenmesinde ise alt ucu sonsuza giden dikdörtgen prizmalar topluluğu kullanılmıştır. İki boyutlu yapılara ait gravite ve manyetik anomalilerinin modellenmesinde, birçok araştırmacı tarafından model elemanı olarak dikdörtgen prizma kullanılmıştır (Talwani ve diğ. 1959, Bhattacharyya 1964, Cordell ve Handerson 1968, Dyrelus ve Vogel 1972, Bhattacharyya ve Kuang Leu 1977, Bott ve Tantrigoda 1987).

Çoğu zaman yalnızca bir yöntemle ait veri grubunu kullanarak ters çözümleme yapmak, problemin doğrusal olmamasından dolayı oldukça güçtür. Bu nedenle farklı yöntemlere ait veri gruplarının kombinasyonu aynı problemin çözümüne yönelik olarak kullanılabilir. Böyle bir yaklaşım ile, farklı yöntemlerin ortak kullandıkları yer altı modeline ait parametrelerin daha iyi çözülmesi sağlanabilir. Bu işlem “Birleşik ters çözüm (Joint inversion)” tekniği olarak adlandırılır ve jeofizikte çok geniş kullanım alanına sahiptir. Dobroka ve diğ. (1991) sismik ve elektrik öz direnç verilerinin birleşik ters çözümü ile tabakaların fiziksel ve geometrik özelliklerini belirlemişlerdir. Afnimar ve diğ. (2002) sismik kırılma ve gravite verilerini birleştirerek anakaya-sediman ara yüzünün topografyasını ortaya çıkarmışlardır. Bu örnekler genişletilebilir.

Gravite ve manyetik yöntemlerden elde edilen potansiyel alan verilerinin birleşik ters çözüm tekniğiyle modellenmesi ile ilgili literatürde oldukça fazla çalışma bulmak mümkündür. Zheng ve Arkani Hamd (1998), Bosch ve McDoughey (2001) gravite ve manyetik verileri birleşik ters çözüm tekniğiyle modelleyerek taban topografyasını ortaya çıkarmışlardır, Gallarda-Delgado ve diğ. (2003) gravite ve manyetik verilerin ters çözümü için 3 boyutlu prizmalar kullanarak çok yönlü bir algoritma geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada gravite ve manyetik verilerinin prizmatik kütleler kullanılarak birleşik ters çözümü yapılmıştır. Tekil değer sorunundan kurtulmak ve çözümün istatistiksel analizini yapabilmek için sönümlü tekil değer ayrışımı (SVD) yöntemi uygulanmıştır. Problemin durumuna göre sığ derinlikli yapıların modellenmesi için alt ve üst ucu bilinen prizmalar kullanılmıştır.

Arazi çalışmalarında, Aydın-Germencik sahasındaki demir cevheri üzerinde yapılmış olan, gravite ve manyetik anomali haritalarından alınan kesitlere uygulanmış ve cevherin yeraltındaki konumu belirlenmiştir.

Kullanılan Model

Maden cevheri gibi sığ derinlikli yapıların neden olduğu gravite manyetik anomalilerinin modellenmesi için alt ve üst derinlikleri bilinen dikdörtgen prizmalar kullanılmıştır.

Şekil 1’de gösterilen, X eksenini doğrultusunda 0’den b’ ye, z eksenini doğrultusunda d’ den D’ ye ve y doğrultusunda $-\infty$ dan ∞ a uzanan böyle bir dikdörtgen prizmanın gravite bağıntısı

$$g = 2G\Delta\rho \left[x \log_e \left(\frac{r_1 r_4}{r_2 r_3} \right) + \frac{b}{2} \log_e \left(\frac{r_1 r_4}{r_2 r_3} \right) + D(\phi_2 - \phi_4) - d(\phi_1 - \phi_3) \right] \quad (1)$$

ifadesi ile verilir (Telford ve diğ., 1976).

Burada,

$$\phi_1 = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x}{d}\right), \phi_2 = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x}{D}\right), \phi_3 = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x-b}{d}\right), \phi_4 = \operatorname{tg}^{-1}\left(\frac{x-b}{D}\right) \quad (2)$$

ve

$$r_1 = [x^2 + d^2]^{1/2}, r_2 = [x^2 + D^2]^{1/2}, r_3 = [(x-b)^2 + d^2]^{1/2}, r_4 = [(x-b)^2 + D^2]^{1/2} \quad (3)$$

olduklarından, bunlar (Denklem 1)'de yerlerine konulursa,

$$g(x) = 2K_0 \Delta \rho \left[\frac{x}{2} \log_e \left(\frac{D^2 + x^2}{d^2 + x^2} \cdot \frac{d^2 + (x-b)^2}{D^2 + (x-b)^2} \right) + \frac{b}{2} \log_e \left(\frac{D^2 + (x-b)^2}{d^2 + (x-b)^2} \right) \right] + A_g x + B_g - D \left(\left(\operatorname{tg}^{-1} \frac{x-b}{D} \right) - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x}{D} \right) \right) + d \left(\operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x-b}{d} \right) - \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{x}{d} \right) \right) \quad (4)$$

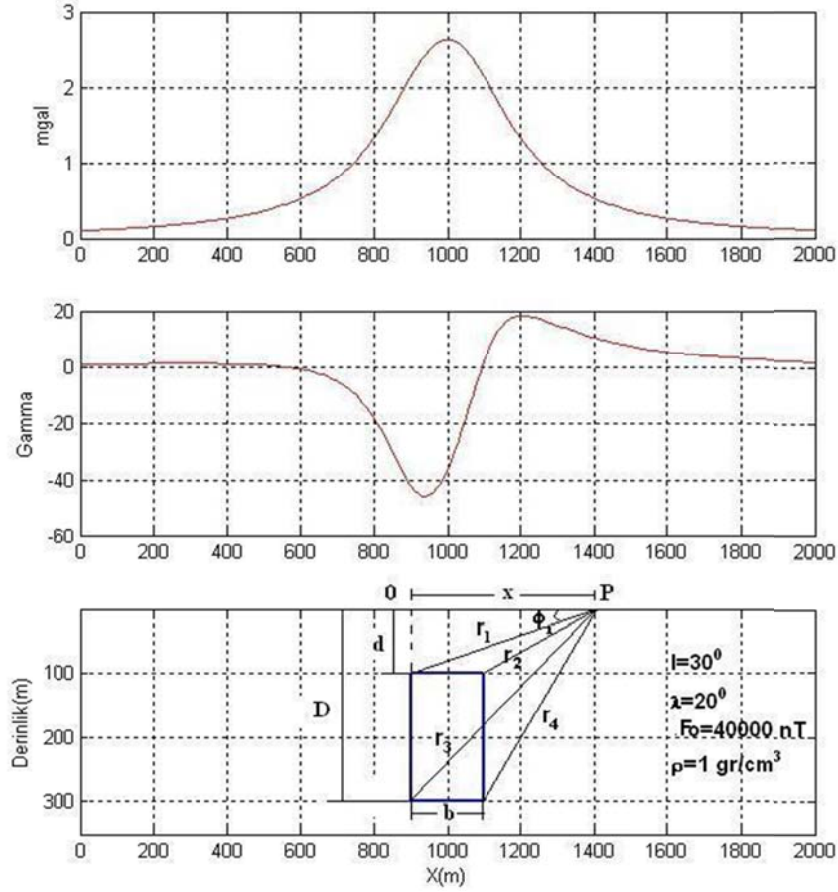
ifadesi elde edilir. Burada K_0 ; gravitasyon sabiti, $\Delta \rho$; yoğunluk kontrastı, b ; prizma kalınlığı, d prizmanın üst derinliği ve D ise prizmanın alt derinliğidir. A_g ve B_g ise sırasıyla gravite anomali eğimi ve gravite anomali baz seviyesidir.

Şekil 1'de gösterilen dikdörtgen prizmanın toplam manyetik alan bileşen anomalisi ise

$$T(x) = 2\Delta\gamma F_0 \left[H_0 \log \left(\frac{r_2 r_3}{r_1 r_4} \right) - Z_0 \log(\phi_1 - \phi_2 - \phi_3 + \phi_4) \right] + A_m x + B_m \quad (5)$$

bağıntısıyla verilir (Telford ve diğ., 1976).

Burada $\Delta\gamma$ manyetik süseptibilite, F_0 etkin manyetizasyon şiddeti H_0 manyetik alanın yatay bileşeni, Z_0 manyetik alanın düşey bileşeni, b ; prizma kalınlığı, d prizmanın üst derinliği ve D ise prizmanın alt derinliğidir. A_m ve B_m , manyetik anomali eğimi ve manyetik anomali baz seviyesidir. Bu bağıntıdaki ϕ_i ve r_i ifadeleri sırasıyla (2) ve (3)'te verilmiştir.



Şekil 1. İki boyutlu bir dikdörtgen prizmanın şematik gösterimi

Ters Çözüm

Jeofizikte, genellikle gözlemsel verilerden yararlanılarak yeraltı yapısı modellenmeye çalışılır. Jeofizik veriler, matematiksel bağıntılarla tanımlanabilen modellerin neden olduğu kuramsal değerlerle karşılaştırılır. Jeofizik problemlerin bir kısmında, ters çözüm için tasarlanan model fonksiyonu parametreleri ile modelin tepkisi arasında doğrusal bir ilişki vardır. Modelin tepkisi tasarlanan model parametrelerinin, model fonksiyonunda yerine konulmasıyla elde edilir. Bu tür problemlerde modele ilişkin parametreler model fonksiyonunun bilinmeyenlerini oluştururlar. Model parametrelerinin, model fonksiyonunda yerine konulmasıyla elde edilen çözüme “düz çözüm” denir.

Düz problem çözümleri jeofizik yöntemlerde sıkça kullanılmaktadır. Bu tür çözümlerde parametre sayısı arttıkça çözüm duyarlılığı azalır. Gözlemsel değerlerde gürültü olması halinde, ters çözüm işlemlerinden hatalı sonuçlar elde edilebilir. Ters çözüm işlemlerine başlamadan önce, gözlemsel verilerin veri işlem yöntemleri ile niteliğinin artırılması, kuşkusuz daha güvenilir sonuçların elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Gözlemsel verilerin m adet değerini,

$$G_i = [(g_1, g_2, \dots, g_m)]^T \quad (6)$$

ve, varsayılan olası model parametrelerinin n adet değerini,

$$P_i = [(p_1, p_2, \dots, p_n)]^T \quad (7)$$

biçiminde yazarsak, model parametreleri ile gözlemsel değerler arasında

$$G_i = A_i(p_j) \quad (8)$$

veya

$$\begin{aligned} G_1 &= A_1(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ G_2 &= A_2(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ &\dots \\ &\dots \\ &\dots \\ G_m &= A_m(p_1, p_2, \dots, p_n) \end{aligned} \quad (9)$$

şeklinde fonksiyonel bir ilişki olur (Pedersen, 1977). Buradaki $A_m(p_n)$ modelin tepkisidir.

Gözlem değerleri ile model parametreleri arasındaki ilişki doğrusal (lineer) ise, yukarıdaki denklem sistemi

$$G_i = A_{ij} p_j \quad (10)$$

olarak yazılabilir. Bu bağıntının matris düzeninde kapalı yazılımı ise,

$$G = Ap \quad (11)$$

şeklinde dir. Bu durumda, model parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan denklem doğrusal bir sistemdir. Bu denklem sistemi,

$$Ap = G \quad (12)$$

olarak yazılabilir. Bu denklemden model parametreleri,

$$p = A^{-1}G \quad (13)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Eğer, denklem (4) sistemindeki ilişki doğrusal değilse (nonlinear), bu durumda, C model fonksiyonu p^0 başlangıç parametreleri civarında Taylor serisine açılarak,

$$G_i = C_i(p_j^0) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial C_i}{\partial p_j} I p_j^0 \Delta p_j + \sum_{j=1}^n \frac{\partial^2 C_i}{\partial p_j^2} I p_j^0 \Delta p_j^2 + \dots \quad (14)$$

biçiminde doğrusallık sağlanır. Bu ifade de, ikinci ve daha yüksek mertebeden türevli terimler ihmal edilirse,

$$G_i = C_i(p_j^0) + \sum_{j=1}^n \frac{\partial C_i}{\partial p_j} I p_j^0 \Delta p_j \quad (15)$$

biçiminde yazılır. Burada, $C_i(p_j^0)$ ye C_i^0 ve $\frac{\partial C_i}{\partial p_j} I p_j^0$ ye de A_{ij} denilirse, bu durumda (15)

bağıntısı,

$$G_i = C_i^0 + A_{ij} \Delta p_j \quad (16)$$

olur. Gözlemsel değerler ile kuramsal değerler arasındaki fark, $G_i - C_i = \Delta G_i$ olarak yazılırsa, (16) denklemi,

$$\Delta G_i = A_{ij} \Delta p_j \quad (17)$$

şeklinde yazılabilir. Bu denklemin açık olarak gösterimi ise,

$$\begin{pmatrix} G_1 - C_1^0 \\ G_2 - C_2^0 \\ \dots \\ G_m - C_m^0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial C_1}{\partial p_1} & \frac{\partial C_1}{\partial p_2} & \dots & \frac{\partial C_1}{\partial p_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial C_m}{\partial p_1} & \frac{\partial C_m}{\partial p_2} & \dots & \frac{\partial C_m}{\partial p_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta p_1 \\ \Delta p_2 \\ \dots \\ \Delta p_n \end{pmatrix} \quad (18)$$

biçiminde veya kapalı olarak,

$$\Delta G = A \Delta p \quad (19)$$

şeklinde yazılabilir. Burada A matrisinin satırları, herhangi bir veri noktasının model parametrelerine göre kısmi türevlerini gösterir. Ters çözüm yönteminde A Jacobian veya duyarlılık matrisi olarak bilinir. Ters çözüm işlemi sırasında, model parametrelerine eklenecek parametre düzeltme (Δp) değerleri, başlangıç parametrelerine göre hesaplanan kuramsal C_i^0 değerleri ve kısmi türevlerden oluşan duyarlılık matrisi her yineleme aşamasında hesaplanarak elde edilir.

Birleşik Ters Çözüm Tekniği

Birleşik ters çözüm tekniğinde, birbiriyle tutarlı farklı tipteki jeofizik çalışmalardan elde edilen verilerin kombinasyonu ile jeolojik yapının bilinmeyen parametreleri çözümlenmektedir. Burada gravite ve manyetik yöntemleri için birleşik ters çözüm sisteminin kurulması anlatılmıştır. Birleşik ters çözüm tekniğinin yapısal yaklaşımıyla ilgili daha kapsamlı bilgiler Haber ve Oldenburg (1997)'den elde edilebilir.

(17) denklemi gravite için düzenlenirse,

$$\left[g_i^{göz} - g_i^{hes} \right] = \left[\frac{\partial g_i}{\partial p_j} \right] \left[p_j^k - p_j^{k-1} \right] \quad (20)$$

veya açık bir şekilde,

$$\begin{bmatrix} g_1^{göz} - g_1^{hes} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_N^{göz} - g_N^{hes} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial A_g} & \frac{\partial g_1}{\partial B_g} & \frac{\partial g_1}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_1}{\partial d_M} & \frac{\partial g_1}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_1}{\partial D_M} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial g_N}{\partial A_g} & \frac{\partial g_N}{\partial B_g} & \frac{\partial g_N}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_N}{\partial d_M} & \frac{\partial g_N}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_N}{\partial D_M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_g^k - A_g^{k-1} \\ B_g^k - B_g^{k-1} \\ d_1^k - d_1^{k-1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_M^k - d_M^{k-1} \\ D_1^k - D_1^{k-1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ D_M^k - D_M^{k-1} \end{bmatrix} \quad (21)$$

şeklinde yazılabilir. Burada N gözlem sayısı, M prizma sayısı, k yineleme sayısı, 'göz' ve 'kur' üst indisleri sırasıyla gözlemsel ve kuramsal verileri göstermektedir.

(17) denklemi manyetik durumu için düzenlenirse,

$$\left[T_i^{göz} - T_i^{hes} \right] = \left[\frac{\partial T_i}{\partial p_j} \right] \left[p_j^k - p_j^{k-1} \right] \quad (22)$$

veya açık bir şekilde,

$$\begin{bmatrix} T_1^{göz} - T_1^{kur} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ T_N^{göz} - T_N^{kur} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial T_{1_1}}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial d_M} & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial D_M} & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial A_{Mn}} & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial B_{Mn}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \frac{\partial T_R}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_R}{\partial d_M} & \frac{\partial T_R}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_R}{\partial D_M} & \frac{\partial T_R}{\partial A_g} & \frac{\partial T_R}{\partial B_{Mn}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_M \\ D_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ D_M \\ A_{Mn} \\ B_{Mn} \end{bmatrix} \quad (23)$$

şeklinde yazılabilir. Burada R manyetik verilerin gözlem noktası sayısıdır.

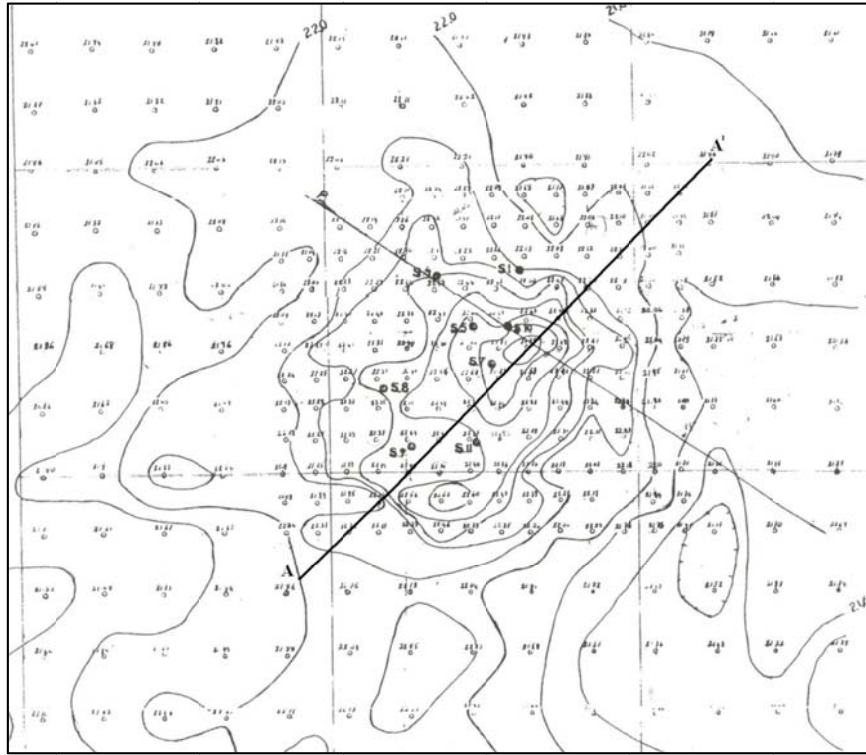
Birleşik ters çözüm tekniğinde bu iki işlemin kombinasyonu ile işlem yapılmaktadır. (17) denklemi her iki yöntemin kombinasyonu olarak

$$\begin{bmatrix} g_1^{göz} - g_1^{göz} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ g_N^{göz} - g_N^{göz} \\ T_1^{göz} - T_1^{göz} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ T_R^{göz} - T_R^{göz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial g_{1_1}}{\partial A_g} & \frac{\partial g_{1_1}}{\partial B_g} & \frac{\partial g_{1_1}}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_{1_1}}{\partial d_M} & \frac{\partial g_{1_1}}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_{1_1}}{\partial D_M} & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 0 & 0 \\ \frac{\partial g_{N_1}}{\partial A_g} & \frac{\partial g_{N_1}}{\partial B_g} & \frac{\partial g_{N_1}}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_{N_1}}{\partial d_M} & \frac{\partial g_{N_1}}{\partial D_1} & \cdot & \cdot & \frac{\partial g_{N_1}}{\partial D_M} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial A_{Mn}} & \frac{\partial T_{1_1}}{\partial B_{Mn}} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & \frac{\partial T_R}{\partial d_1} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_R}{\partial d_M} & \cdot & \cdot & \cdot & \frac{\partial T_R}{\partial D_M} & \frac{\partial T_R}{\partial A_{Mn}} & \frac{\partial T_R}{\partial B_{Mn}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_g \\ B_g \\ d_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ d_M \\ D_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ D_M \\ A_{Mn} \\ B_{Mn} \end{bmatrix} \quad (24)$$

şeklinde yazılabilir. (24) denkleminde görüldüğü gibi prizmanın alt ve üst derinlikleri her iki yöntemde de ortak parametreler olarak çözülecektir.

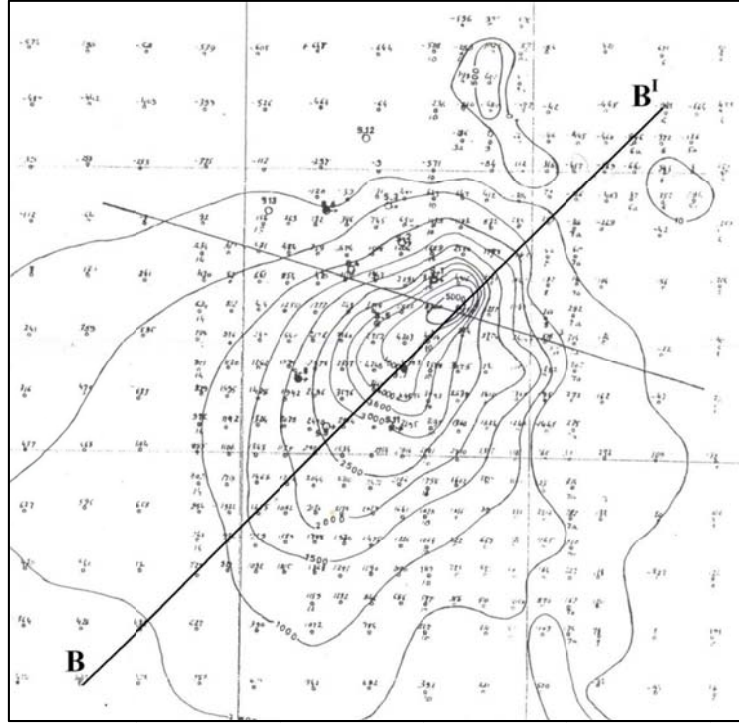
Aydın-Çavdar Bölgesi'ne ait Gravite ve Manyetik Anomalilerinin Birleşik Ters Çözümü

Sığ yapıllı modellerin gravite ve manyetik anomalilerinin modellenmesine yönelik birleşik ters çözüm yöntemi, MTA enstitüsü tarafından Aydın-Çavdar bölgesinde alınmış gravite (Şekil 2) ve manyetik (Şekil 3) anomalilere uygulanmıştır. Gravite ve manyetik anomaliler Sertçelik (1994)'den alınmıştır. Gravite ve manyetik anomaliler üzerinden aynı doğrultu ve uzunlukta alınan kesitlerin ilk olarak ayrı ayrı çözümleri yapılmış, daha sonra birleşik ters çözüm tekniği uygulanmıştır.



Şekil 2. Aydın-Çavdar bölgesinde alınmış gravite haritası (Sertçelik, 1994)

Figure 2. The gravity map in Aydın-Çavdar region (Sertçelik, 1994)



Şekil 3. Aydın-Çavdar bölgesinde alınmış manyetik haritası (Sertçelik, 1994)

Figure 3. The magnetic map in Aydın-Çavdar region (Sertçelik, 1994)

Jeoloji

Sahanın ana kayacı gnays ve mikaşistlerdir. Mikaşistler tektonik olarak eğik bir kıvrılma sonucu biri Demirtepe'yi içine alan K-G doğrultusunda, diğeri batı tarafından GB-KD doğrultusunda sahayı kesen iki parça halinde gnayslarla çevrilmiş olarak bulunmaktadır. Söz konusu mikaşistler içinde, sedimanter orijinli metamorfizma esnasında kısmen manyetikleşmiş hematitlerin mevcut olduğu yerler vardır. Bunların yüzeye kadar çıkmış olanlarının görünen kısımları önceden işletilmiştir (Sertçelik, 1994).

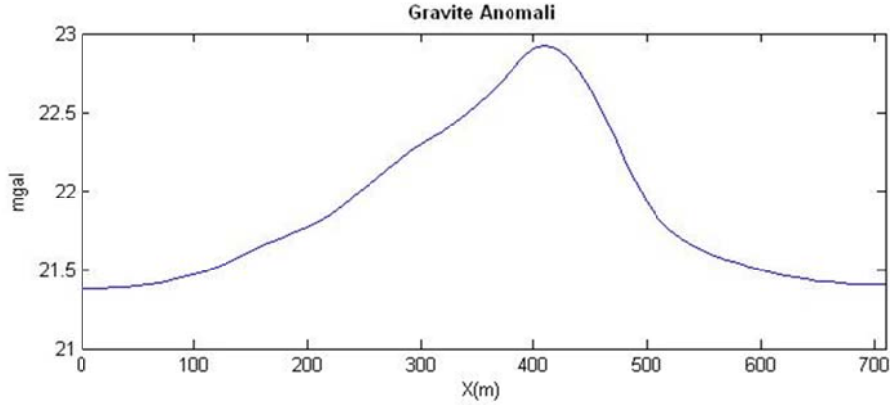
Bölgede mağmatik orijinli hematit ve manyetitin varlığına ait bir belirtiyeye rastlanmamıştır.

Gravite ve manyetik anomalilerinin modellenmesi ve yorumu

Bu çalışmada birleşik ters çözüm yönteminin uygulanması için gravite manyetik anomali haritalarından aynı doğrultuda ve uzunlukta alınan kesitler Şekil 4 ve Şekil 5'de verilmiştir. Kesitlerin uzunlukları 710 metredir. Yoğunluk farkı MTA enstitüsü tarafından $\Delta\rho = 1.5 \text{ gr/cm}^3$ olarak verilmiştir. Sahada alınan numuneler $(3000-9000) \times 10^{-6}$ c.g.s. süsseptibilite değerleri göstermiştir (Sertçelik, 1994).

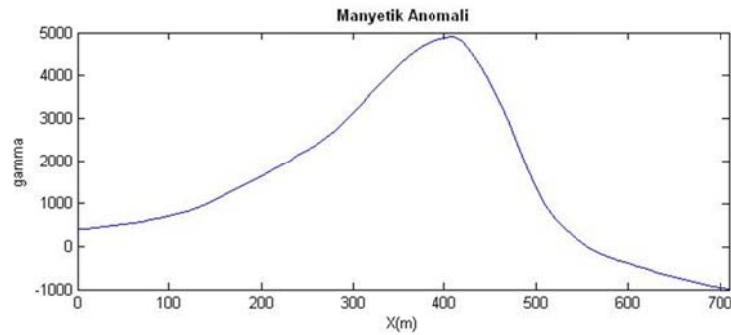
Şekil 4 ve Şekil 5 deki sırasıyla gravite ve manyetik anomalileri ilk olarak ayrı ayrı çözülmüş, ardından veriler birleştirilerek birleşik ters çözümleri yapılmıştır. Çözümlerin tümünde aynı

başlangıç modeliyle çözümlere başlanmıştır. Yeraltındaki yapı on prizmaya bölünerek çözümler yapılmıştır.



Şekil 4. Aydın-Çavdar gravite anomali haritasından alınmış AA' kesitine göre çizilen gravite anomali.

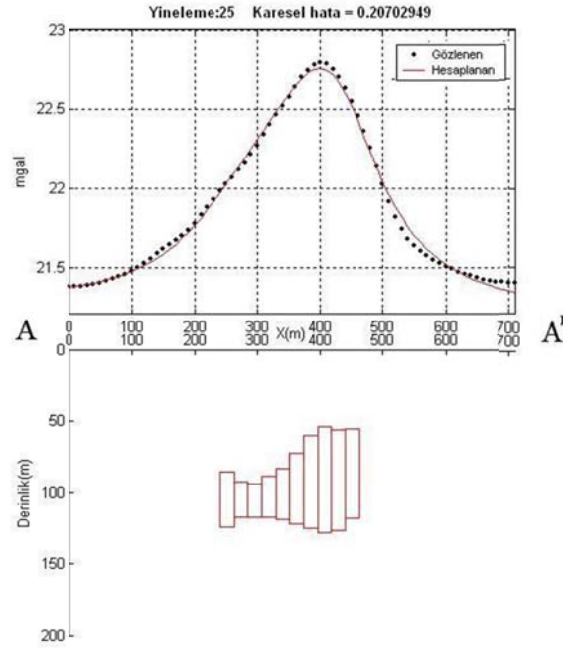
Figure 4. Gravity anomaly plotted according to AA 'section (Aydın-Çavdar)



Şekil 5. Aydın-Çavdar manyetik anomali haritasından alınmış BB' kesitine göre çizilen manyetik anomali.

Figure 5. Magnetic anomaly plotted according to AA 'section (Aydın-Çavdar)

İlk olarak Şekil 4'de AA' verilen gravite anomali kesitinin sönümlü tekil değer ayrışımı yöntemiyle ters çözümü yapılmıştır. Bu çözümden elde edilen sonuçlar Şekil 6'da gösterilmiştir. Ters çözüm sırasında kullanılan başlangıç model parametreleri ve çözüm sonucunda elde edilen çözüm parametreleri Çizelge. 1'de verilmiştir. Sönüm faktörü başlangıçta 2.5 olarak alınmış, her yineleme adımında sönüm faktörü yarıya bölünerek çözüme devam edilmiştir. Sönüm faktörünün her yineleme adımında küçülmesiyle çözüm en küçük kareler sistemine yaklaşmaktadır. Tekil değer sorunuyla karşılaşmamak için sönüm faktörü belli bir değerden sonra sabit tutulmuştur.



Şekil 6. AA' kesitinin gravite ters çözüm sonucu.

Figure 6. Inverse solution result of AA 'section (Gravity)

Çizelge 1. AA' kesitinin gravite ters çözüm sonuçları.

Table 1. Inverse solution results of AA 'section (Gravity)

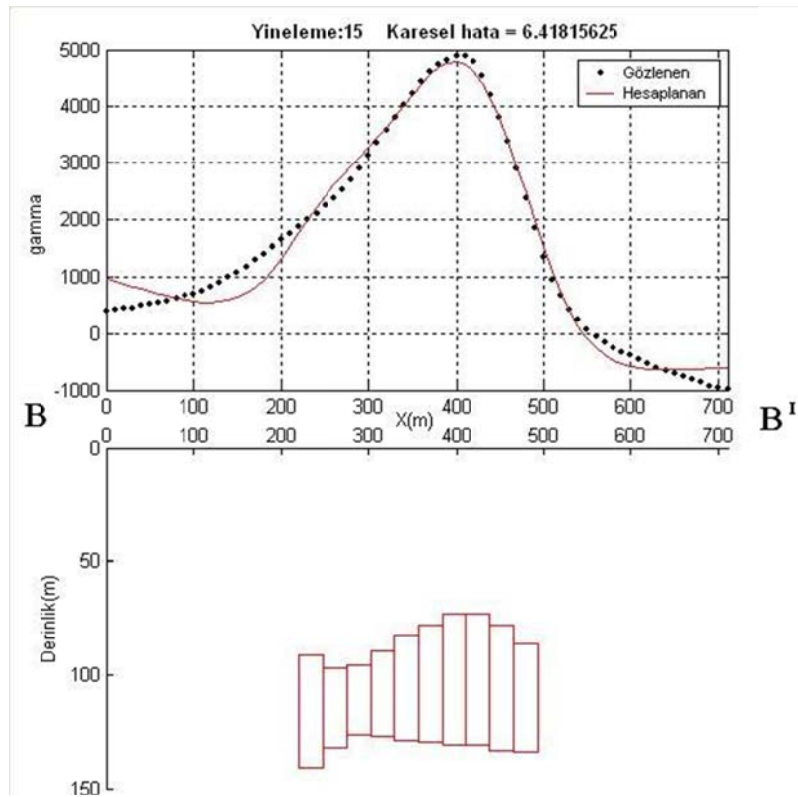
Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri	Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri
d_1	78	85.444	D_5	125	119.27
d_2	78	92.341	D_6	125	122.39
d_3	78	94.036	D_7	125	125.46
d_4	78	88.513	D_8	125	128.15
d_5	78	83.125	D_9	125	126.61
d_6	78	72.814	D_{10}	125	118.33
d_7	78	60.312	b	25	22.142
d_8	78	53.823	X_1	235695	240.76
d_9	78	56.074	A_g	-0.000001	-0.00000070858

Doğal Kaynaklı Potansiyel Alanların Birleşik Ters Çözümü

d_{10}	78	55.3	B_g	20.6	21.24
D_1	125	124.78	b	25	22.142
D_2	125	117.47	Yoğunluk kontrastı : 1.5 gr/cm ³		
D_3	125	117.44	Yineleme Sayısı : 25		
D_4	125	117.24	Karesel Hata(gravite) : 0.20703		

Şekil.5’de verilen BB’ kesitine uygulanan manyetik ters çözüm sonucunda elde edilen model ve gözlemsel veriyle hesaplanan veriler Şekil 7’te gösterilmiştir. Çözüm sırasında kullanılan başlangıç model parametreleri ve çözüm sonucunda elde edilen çözüm parametreleri Çizelge 2’de verilmektedir. Bu çözümde de sönüm faktörü başlangıçta 2.5 olarak seçilmiştir.

Manyetik verilerin ters çözümü sonucunda elde edilen modelin gravite çözümünden elde edilen modelden farklı olduğu görülmektedir. Bu çözüm sonucunda gözlenen veriyle hesaplanan veri arasında iyi bir uyum yakalanmasına rağmen anomalinin her iki ucunda uyumun bozulduğu görülmektedir.



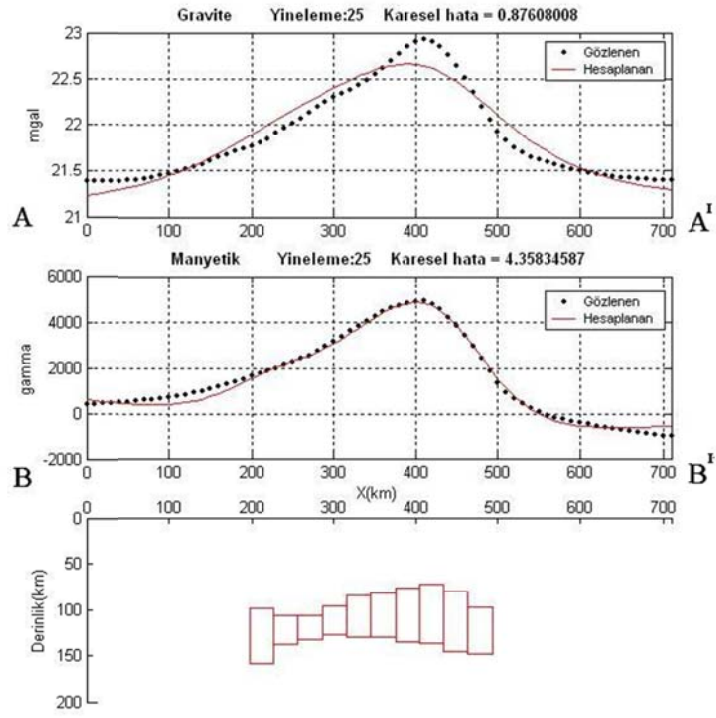
Şekil 7. BB’ kesitinin manyetik ters çözüm sonucu.

Figure 7. Inverse solution result of BB’ section (Magnetic)

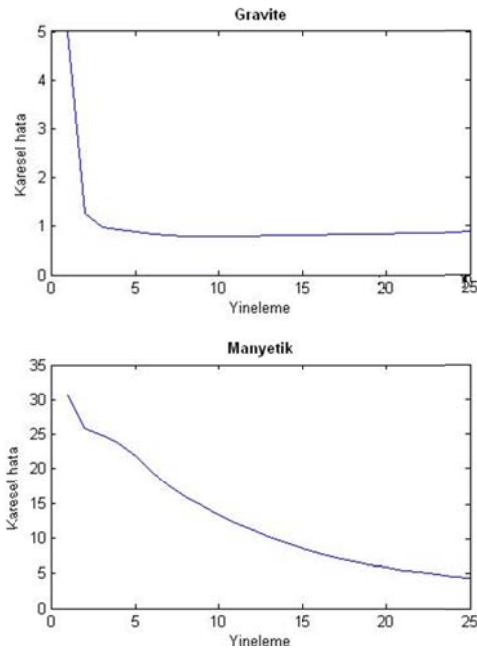
Çizelge 2. BB' kesitinin manyetik ters çözüm sonuçları.**Table 2.** Inverse solution results of AA 'section (Magnetic)

Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri	Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri
d_1	144	91.046	D_6	273.5	129.76
d_2	144	97.023	D_7	273.5	130.91
d_3	144	95.464	D_8	273.5	131.11
d_4	144	89.562	D_9	273.5	133.35
d_5	144	82.438	D_{10}	273.5	134.22
d_6	144	78.363	b	76.9	27.292
d_7	144	73.291	X_1	695	220.09
d_8	144	72.958	I	90	90
d_9	144	78.198	λ	2.9	-5.6168
d_{10}	144	86.389	A_m	-0.0001	-0.021073
D_1	273.5	140.74	B_m	50	1552.8
D_2	273.5	132.21	Süseptibilite kontrastı : 0.03 cgs		
D_3	273.5	126.36	Etkin manyetizasyon şiddeti : 130000 gamma		
D_4	273.5	126.83	Yineleme Sayısı : 25		
D_5	273.5	129.14	Karesel Hata(manyetik) : 6.4182		

AA' ve BB' kesitlerinden elde edilen gravite ve manyetik verilerinin birleşik ters çözümü yapılmıştır. Çözüm sonucunda elde edilen yapı modeli ve gözlenen anomalilerle hesaplanan anomalilerin uyumu Şekil 8'de gösterilmiştir. Çözüm için kullanılan başlangıç model parametreleri ve çözüm sonucu parametreleri Çizelge 3'te verilmiştir. Çözümde yineleme adımları esnasındaki karesel hata değerleri Şekil 9'da grafiklenmiştir. Sönüm faktörü başlangıçta 1.5 seçilmiş ve her yineleme adımında yarıya düşürülerek işleme devam edilmiştir. Minimum sönüm faktörü 0.2 olarak alınmıştır.



Şekil 8. AA' ve BB' kesitlerinin birleşik ters çözüm sonuçları.
Figure 8. Joint inverse solution results of AA 'and BB' sections.



Şekil 9. Birleşik ters çözümün yineleme aşamalarındaki karesel hata değişimleri.
Figure 9. The square error changes in a joint inverse solution.,

Çizelge 3. AA' ve BB' kesitlerinin birleşik ters çözüm sonuçları.

Table 3. The joint inversion results of the AA' and BB' sections.

Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri	Parametreler	Başlangıç Parametreleri	Sonuç parametreleri
d ₁	144	98.464	D ₈	273.5	137.11
d ₂	144	107.04	D ₉	273.5	146.27
d ₃	144	106.26	D ₁₀	273.5	147.95
d ₄	144	95.877	b	76.9	29.538
d ₅	144	83.745	X ₁	695	198.4
d ₆	144	81.118	I	90	90.
d ₇	144	76.349	λ	2.9	-13.28
d ₈	144	72.342	A _g	-0.00001	0.0000007535
d ₉	144	80.478	B _g	20.6	20.991
d ₁₀	144	97.627	A _m	-0.0001	-0.015809
D ₁	273.5	159.1	B _m	50	1247.9
D ₂	273.5	138.27	Yoğunluk kontrastı : 1.5 gr/cm ³		
D ₃	273.5	132.09	Süseptibilite kontrastı : 0.03 cgs		
D ₄	273.5	127.14	Etkin manyetizasyon şiddeti : 130000 gamma		
D ₅	273.5	129.72	Yineleme Sayısı : 25		
D ₆	273.5	129.77	Karesel Hata(gravite) : 0.87608		
D ₇	273.5	135.72	Karesel Hata(manyetik) : 4.3583		

İstatistiksel Analiz

Birleşik ters çözüm tekniğiyle elde edilen çözümün istatistiksel analizi yapılmıştır. Duyarlılık matrisine tekil değer ayrışımı uygulanmasıyla elde edilen parametre özvektör matrisinin (V) sütunları Şekil 10'da, S matrisinin diagonalindeki tekil değerler Çizelge 4'te verilmiştir. V

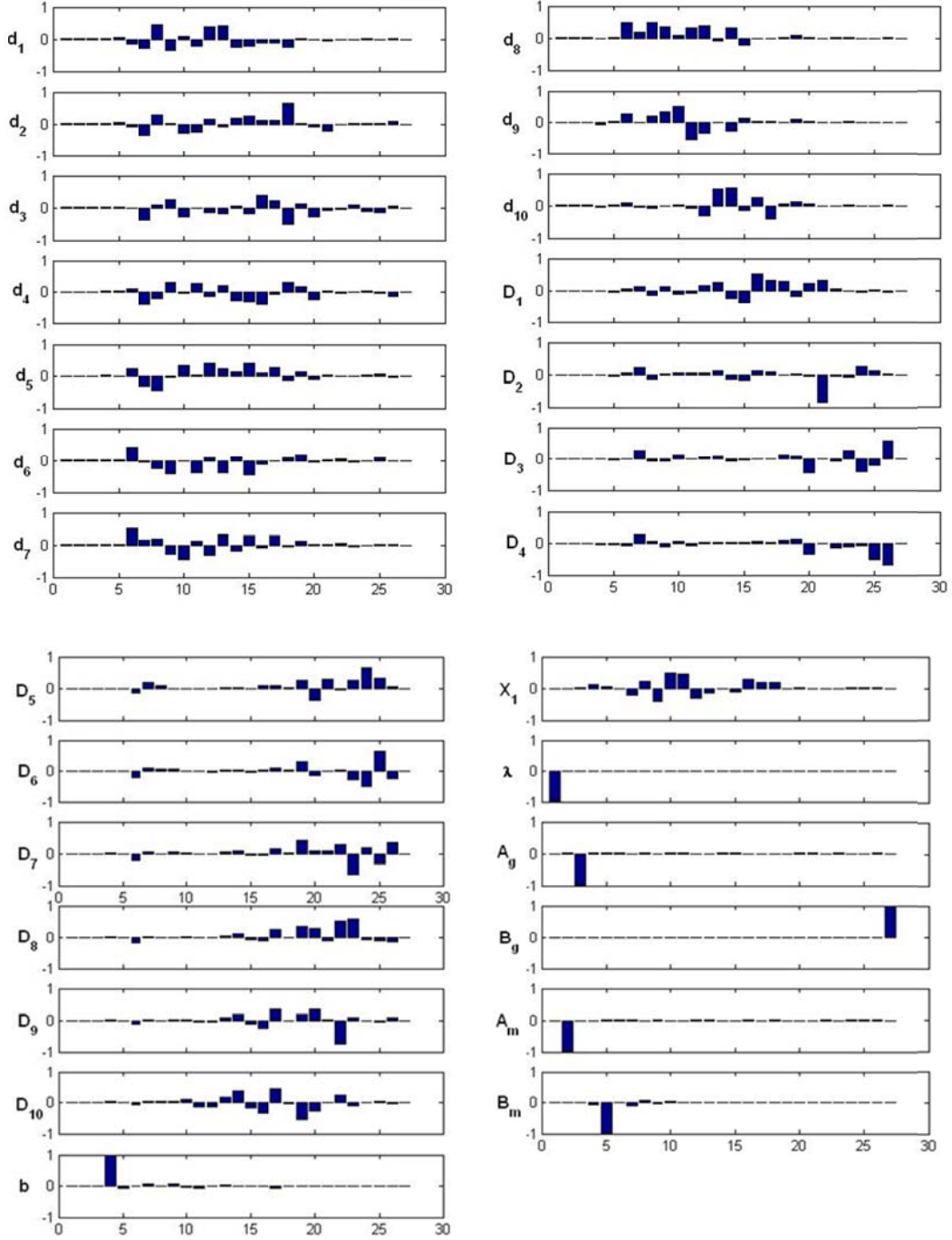
matrisinin sütunları model parametrelerinin özvektörlerini içerir. Yüksek tekil değerlere ait özvektörler üzerinde belirginleşen parametrelerin düşük tekil değerlere ait özvektörler üzerinde belirginleşen parametrelere göre daha iyi belirlenebileceği söylenebilir. Blokların üst derinlikleri beş-yirmi arasındaki tekil değerlere karşılık gelen özvektörler üzerinde belirginleşmiştir. Bu durumda üst derinliklerin çözümlerine inanılabilir. Prizma alt derinlikleri sıfıra çok yakın tekil değerlere karşılık gelen özvektörler üzerinde, özellikle D3, D4, D5, D6, D7 ve D8 'in sıfıra yakın tekil değerlerin özvektörlerinde belirginleşmesi, bu parametrelerin gerçekten çok uzak çözülebileceğini gösterir. Bu durumda bu parametreler çözüme çok büyük etki edemeyecektir. Bu parametrelerdeki çok büyük değişimler bile hesaplanan anomalide büyük bir değişim meydana getirmez. X1 Prizma kalınlıklarının, b blok başlangıcının ve A_g , B_g , A_m rejyonel sabitlerin en yüksek tekil değerlere karşılık gelen özvektörler üzerinde belirginleşmesi bu parametrelerin en az hatayla çözülebileceğini gösterir. B_m en küçük tekil değer özvektöründe belirginleşmiştir. Bu parametrenin çözümünde büyük hatalar olabileceği muhtemeldir.

Çizelge 4. AA' ve BB' kesitlerinin birleşik ters çözümlerinin tekil değerleri.

Table 4. The singular values of the AA' and BB' sections' joint inversion.

No	Tekil Değerler	No	Tekil Değerler	No	Tekil Değerler
1	3.4905e+005	10	0.0012618	19	1.9019e-006
2	1425	11	0.00075526	20	5.6808e-007
3	4.2869	12	0.00048253	21	1.6877e-007
4	0.05006	13	0.00025557	22	9.0186e-008
5	0.017445	14	0.00017929	23	4.5071e-008
6	0.0071026	15	0.00010155	24	3.1123e-008
7	0.0048944	16	3.994e-005	25	2.2564e-008
8	0.0035036	17	3.4505e-005	26	7.641e-009
9	0.0021142	18	1.2043e-005	27	1.1087e-024

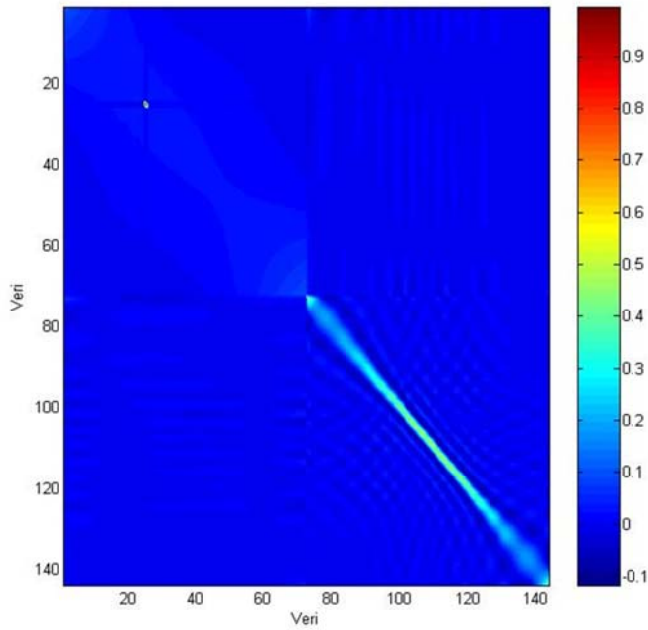
Birleşik ters çözümün bilgi yoğunluk matrisi Şekil 11'de verilmiştir. Bilgi yoğunluk matrisi hangi ölçüm noktasının çözüme ne kadar katkı sağladığını belirtir. Bilgi yoğunluğu matrisi, veri setinin ikinci bölümünün yani manyetik verilerin çözümde çok daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. Çünkü bu bölümde matrisin diagonalindeki elemanlar bire yakinken diğer bölgeler çok çok düşük değerler göstermektedir. Gravite verilerinde ise sadece orta kısmındaki birkaç verinin çözümde etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 10. AA' ve BB' kesitlerinin birleşik ters çözümünün parametre özvektörleri

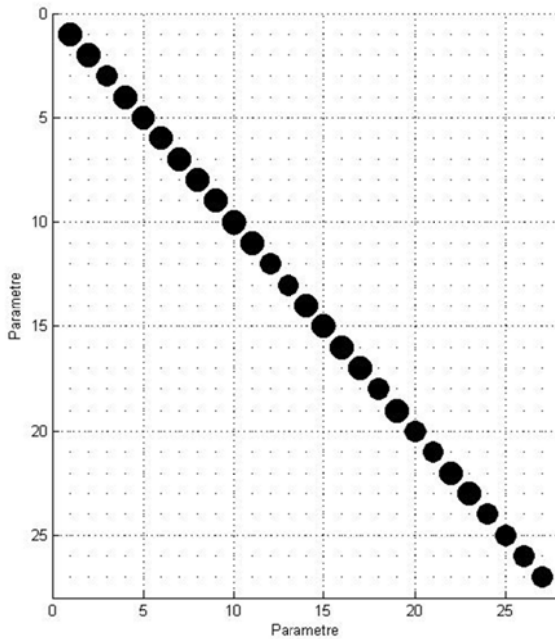
Figure 10. The parameters of eigenvectors of the AA' and BB' sections' joint inversion.

Model parametrelerinin ne kadar iyi belirlenebildiğini gösteren parametre ayrırlılık matrisi Şekil.12'de verilmiştir. Ayrırlılık matrisinin birim matrise çok yakın çıkması, bütün parametrelerin oldukça iyi çözüldüğünü göstermektedir. Bu durum çözümde bütün tekil değerlerin kullanılmasında kaynaklanmaktadır.



Şekil 11. AA' ve BB' kesitlerinin birleşik ters çözüm bilgi yoğunluğu matrisi.

Figure 11. The information density matrix of the AA' and BB' sections' joint inversion.



Şekil 12. AA' ve BB' kesitinin birleşik ters çözümünün parametre ayrımlılık matrisi.

Figure 12. The parameter resolution matrix of the AA and BB' sections' joint inversion.

Birleşik ters çözüm tekniğinden elde edilen çözümde, cevher kütlelerinin yüzeyden en düşük derinliği 72.3 m, en yüksek derinliği ise 106 metre olduğu, ortalama 130 metre derinliğe ve KD-GB doğrultusu boyunca yaklaşık 300 metre kadar uzanan damar şeklinde bir yapı olduğu

görülmektedir. MTA enstitüsü tarafından yapılan ve lokasyonları haritalar üzerinde bulunan sondajlardan bazıları cevher keserken bazıları kesememiştir (Sertçelik, 1994). Haritadaki yerlerine bakıldığında cevher kesmeyen sondajların cevherin üst derinliğinin arttığı yerlere geldiği görülmektedir. Bu da birleşik ters çözümden elde edilen çözümün yer altındaki cevheri iyi şekilde temsil ettiğini göstermektedir.

SONUÇLAR

Jeofizikte modelleme işlemi öncelikle ortamların homojen olması ile mümkün olabilmektedir. Bu sayede jeofizik belirti bir matematiksel modele oturtulabilir, böylece bir çözüm gerçekleştirilebilir. En küçük kareler ile ters çözüm tekniği kullanılarak yapılan modellemede sonsuz adet çözümlerden ancak bir tanesine ulaşılmaktadır. Ulaşılan çözümün gerçeğe en yakın çözüm olabilmesi için ya başlangıç parametreleri çok iyi belirlenmeli ya da eğer mümkün olabiliyorsa parametrelerden bir veya birkaçı deneysel metotlarla belirlenerek işlem yapılmalıdır.

Ters çözüm tekniğiyle modelleme yapılarak elde edilen bu çok çözümlülük, birleşik ters çözüm tekniğinin uygulanmasıyla bir ölçüde aşılmış olmaktadır. Model yerin altında tek bir konumda bulunmaktadır. Modelin farklı jeofizik etütlere farklı sonuçlar vermesi doğaldır. Aynı yere ait birden fazla jeofizik belirti olabilir ve bu belirtilerin ayrı ayrı çözümlerinden ortaya çıkacak farklı sonuçların kabul edilemez olduğu açıktır. Bu durumda birbiriyle hiç ilişkisi olmayan farklı jeofizik belirtilerin bile ortak bir özelliği vardır. Bunlar belirtiyi veren yer altı modelinin fiziksel parametreleridir. Bu durumda elde edilen belirtilerin ayrı ayrı çözümünü yapmak yerine birbirinden farklı olan sistemleri aynı sistemin içine dahil edersek ve yöntemlerde ortak olan parametreleri ortak olarak çözersek sistemin birbirlerine bağımlılığından dolayı gerçek çözüme en yakın çözümü bulmuş oluruz.

Bu çalışmada gravite ve manyetik verilerine sönümlü tekil değer ayrışımı tekniğiyle birleşik ters çözüm yöntemi uygulanmış ve sonuçlar hayli tatmin edici olmuştur. Yer altını modellemek için iki farklı model seçilmiştir. Sığ derinlikli yapılar için yapı, alt ve üst ucu bilinen prizmalara bölünerek modelleme yapılmıştır. Bölgenin taban yapısını belirlemek gibi derin yapıların modellenmesi için ise alt uçları sonsuza giden prizmalar topluluğundan oluşan ve Pedersen(1977) tarafından verilen model kullanılmıştır. Sistem dört farklı kuramsal model çalışması üzerinde denenmiştir. Model çalışmalarından ilk ikisinde sığ derinlikli yapılar için çalışmalar, diğer ikisinde de derin yapılara ait çalışmalar yapılmıştır. Modellerin gravite ve manyetik anomalileri Talvani yöntemiyle hesaplanmış ve gözlemsel değerler olarak sisteme girilmiştir. Çalışmalarda hem gravite hem manyetik verilerin ayrı ayrı ters çözüm işlemleri, hem de birleşik ters çözümü yapılmıştır. Diğer iki model çalışması ise derin yapılar için gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda kuramsal gravite ve manyetik anomaliler (4) ve (5) bağıntılarından türetilmiş ve sisteme gözlemsel değerler olarak girilmiştir. Ayrıca verilere çeşitli oranlarda gürültüler girilerek çözüm güçleştirilmiştir. Sistemdeki verilere, girilen gürültü oranında ağırlıklandırma uygulanmıştır. Gravite ve manyetik anomalilerin tek tek çözümlerinde, gürültüden dolayı çözümler sağlıklı olmazken, birleşik ters çözüm işleminden elde edilen sonuç modeller gerçek yapıyı oldukça iyi şekilde temsil etmişlerdir. Kuramsal model

çalışmalarında, gerek çözüm sonuçlarına gerekse istatistiksel sınamalara göre elde edilen birleşik ters çözüm sonuçlarının hayli tatmin edici olduğu görülmüştür.

Aydın- Germencik bölgesinde MTA kayıtlarına göre yaklaşık 82 metre civarında derinliğe sahip madenin, birleşik ters çözüm tekniğiyle modellenmesinden elde edilen sonuçlarda, kesitin KD kesiminde cevherin derinliği yaklaşık 72 metreye çıkarken, GB kesimine doğru gidildikçe cevher derinliğinin 106 metre derinliğe kadar uzandığı ortaya çıkmıştır. MTA enstitüsü tarafından yapılan ve lokasyonları haritalar üzerinde bulunan sondajlardan bazıları cevher keserken bazıları kesememiştir. Haritadaki yerlerine bakıldığında cevher kesmeyen sondajların cevherin üst derinliğinin arttığı yerlere denk geldiği görülmektedir. Bu durum, birleşik ters çözüm tekniğinden elde edilen çözümü desteklemektedir. Bunun yanı sıra istatistiksel analizlere göre prizmaların alt derinliklerinin çözümlerinde büyük hatalar olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

KAYNAKÇA

AFNIMAR, KOKETSU, K., and NAKAGAWA, K., 2002. Joint Inversion of Refraction and Gravity data for the Three-Dimensional Topography of a Sediment-Basement Interface, *Geophys. J. Int.*, Vol. 151, pp.243-254.

ALBORA, A. M., 1998. Hatay Bölgesi Gravite Yoğunluk Dağılımının Araştırılması, Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi.

AŞÇI, M., 1998. Doğu Anadolu Bölgesi Manyetik Haritalarının Değerlendirilmesi ve Curie Derinliklerinin Saptanması, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi.

AYDOĞAN, D., 1992. Yer Altı Yoğunluk Dağılımının Tespitinde Ters Çözüm Tekniği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

BACKUS, G. E., GILBERT, J. F. A., 1967. Numerical application of formalism for geophysical inverse problems, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, Vol. 13, pp. 24-279.

BACKUS, G. E., and GILBERT, J. F. A., 1968. The resolving power of gross earth data, *Journal of the royal Astronomical Society*, Vol. 16, pp. 169-205.

BHATTACHARYYA, B. K., 1964. Magnetic anomalies due to prism shaped with arbitrary polarization, *Geophysics* Vol. 29, pp. 517-531.

BHATTACHARYYA, B. K., and LEI-KUANG, L., 1977. Spectral Analysis of Gravity and Magnetic Anomalies Due to Rectangular Prismatic Bodies, *Geophysics*, Vol. 42, No. 1, pp. 41-50.

BOSCH, M., and Mc DAUGHEY, G., 2001. joint Inversion of Gravity and Magnetic Data Under Lithological Constraints, *The leading bridge*, Vol. 20, pp. 887-881.

BOTT, M. H. P., and TANTRIGODA, D. A., 1987. Interpretation of the Gravity and Magnetic Anomalies Over the Mull Tertiary Intrusive Complex, NW Scotland, *Journal of Geological Society.*, Vol. 144, no. 1, pp. 17-28.

CORDELL, L., HENDERSON, R.G., 1968. Iterative three-dimensional solution of gravity anomaly data using a digital computer. *Geophysics*, Vol. 33 No. 4, pp. 596-601.

DOBRÓKA, M., GYULAI, Á., ORMOS, T., CSÓKÁS, J., DRESEN, L., 1991. Joint Inversion of Seismic and Geoelectric Data Recorded in an Underground Coal Mine, *Gophysical Prospecting*, Vol. 39, pp: 643–665.

DYRELIUS, D., and VOGEL, A., 1972. Improvement of convergency in iteratif gravity interpretation, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, Vol. 27, pp.195-205.

GALLARDO-DELGADO, L. A., PEREZ-FLORES, M. A., and GOMEZ-TREVINO, E., 2003. A versatile algorithm for joint 3D inversion of gravity and magnetic data. *Geophysics*, Vol. 68, pp. 949-959.

HABER, E., OLDENBURG, D., 1997. Joint Inversion: A Structural Approach, *Inverse Problems*, Vol. 13, pp. 63–77.

JACKSON, D. D., 1972. Interpretation of Anaccurate, Insufficient and Inconsistend Data, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, Vol. 28, pp. 97-109.

MURTHY, I. V. R., KRISHNAMACHARYULU, S. K. G., 1990. A FORTRAN 77 Program to Invert Gravity Anomalies of Sheet-Like Bodies, *Computers & Geosciences*, Vol. 16, No. 7, pp. 991–1001.

MURTHY, I. V. R., JAGANNADHA RAO, S., 1994. Gravity Inversion of Horizontal Circular Discs and Vertical Circular Cylinders, *Computers & Geosciences*, Vol. 20, No. 5, pp. 821-838.

MURTHY, I. V. R., SWAMY, K. V., JAGANNADHA RAO, S., 2001. Automatic Inversion of Magnetic Anomalies of Faults, *Computers & Geosciences*, Vol. 27, No. 3, pp. 315-325.

PEDERSEN, L. B., 1977. Interpretation of Potential Field Data a Generalized Inverse Approach, *Geophysical Prospecting*, Vol. 25, pp: 199–230.

RAJU, D. V. Ch., 2003. LIMAT: A Computer Program for Least-Squares Inversion of Magnetic Anomalies Over Long Tabular Bodies, *Computers&Geosciences*, Vol. 29, No. 1, pp. 91-98.

RAO, D. A., RAM BABU, H. V., and RAJU, D. V., 1985. Inversion of Gravity and Magnetic Anomalies Over Some Bodies of Simple Geometric Shape, *Pure and Applied Geophysics*, Vol. 123, No. 2, pp. 239–249.

SERTÇELİK, İ., 1994. Rezidüel Anomaliler Arasındaki Korelasyon Faktörleri ile Manyetik ve Gravite Yorumu, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,

TALWANI, M., WORZELL, J. L., and LANDISMAN, M., 1959. Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, *J.Geophys. Res.*, Vol. 64, pp. 49-59.

TELFORD, W. M., GELDART, L. P, SHERIFF, R. E., and KEYS, D. A., 1976. *Applied Geophysics*, Cambridge University Press, New York and Melbourne, First Edition, 118.

WIGGINS, R. A., 1972. The General Linear Inverse Problem: Implication of Surface Waves and Free Oscillations for Earth Structure, *Rev. Geophysics and Space Physics*, Vol. 10, pp. 251, 285.

ZHENG, Y., and ARKANI-HAMED, J., 1998. Joint Inversion of Gravity and Magnetic Anomalies of Eastern Canada, *Can. J. Earth Sci./Rev. can. sci. Tere*, Vol. 35, No. 7, pp. 832-853.