İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

İLLER BANKASI A.Ş. ALTYAPI PROJELERİNDE YER RADARI İLE GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE HARİTA MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI

İsmail İLÇİN

UZMANLIK TEZİ

NİSAN 2017

İLBANK

TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

İLLER BANKASI A.Ş. ALTYAPI PROJELERİNDE YER RADARI İLE GÖRÜNTÜLEME YÖNTEMİNİN KULLANILABİLİRLİĞİ VE HARİTA MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMALARI

İsmail İLÇİN

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)
Filiz Genç OKTAY

Tez Danışmanı (Üniversite)
Doç. Dr. Nihat Sinan IŞIK

ETİK BEYAN

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İsmail İLÇİN
03 Nisan 2017

İller Bankası A.Ş. Altyapı Projelerinde Yer Radarı İle Görüntüleme Yönteminin Kullanılabilirliği ve Harita Mühendisliği Uygulamaları

(Uzmanlık Tezi)

İsmail İLÇİN

İLBANK A.Ş.

Nisan 2017

ÖZET

Günümüz altyapı projeleri ile ilgili gelişmeler göstermektedir ki, yeraltı mekanına giderek artan ve çeşitlenen yeraltı tesisleri yerleştirilmektedir ve yerleştirilecektir. Bu gelişmeler ışığında, daha önce yerleştirilmiş olan tesislerin konumlarının ve kotlarının tespit edilmesi, jeodezik ölçülerinin belirli incelikte yapılması ve harita altlığında gösterilmesi gerekmektedir. Yapılmakta olan veya yeni yapılacak olan yeraltı tesislerinden yıllar önce yapılmış fakat herhangi bir şekilde işletme planı olmayan projelerin, mevcut yapımı süren projeler ile çakışması maddi ve manevi pek çok kayba neden olmaktadır. Dolayısıyla daha önceden projelendirilmiş, konumu ve kotları bilinmeyen yeraltı tesislerinin neden olduğu kayıpların önüne geçilebilmesi açısından yer altındaki konumu ve kotlarının tespit edilmesi ve altyapı haritası olarak kayıt altına alınması gereklilik haline gelmiştir. Bu uzmanlık tezi çalışmasında; İller Bankası A.Ş. tarafından yapılan altyapı projelerinin sağlıklı üretilmesi, proje uygulama sürecinde karşılaşılması muhtemel maddi ve manevi kayıpların minimuma indirilmesi, mevcut altyapı haritalarının çıkarılması amacıyla kullanılabilecek en etkili yöntemlerden biri olan Yer Radarı ile görüntüleme yöntemi incelenmiştir. Yöntemin teknik özellikleri, avantaj ve dezavantajları, çalışma prensibi irdelenmiş ve İller Bankası altyapı projelerinde kullanılabilirliği Ankara, Altındağ İlçesi, Babür Caddesi örneği ile sorgulanmıştır. Sonuç olarak yöntemin İller Bankası altyapı projelerinde kullanılabilirliği ile ilgili çözüm ve öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler	:	Altyapı Haritaları, Yer Radarı, İçmesuyu, Kanalizasyon, İller Bankası
Sayfa Adedi	:	95
Tez Danışmanı	:	Filiz Genç OKTAY (Kurum) Doç. Dr. Nihat Sinan IŞIK (Üniversite)

Availability of Ground Penetrating Radar Techniques in İller Bankası A.Ş. Infrastructure Projects and Surveyıng Works
(ILBANK Expertise Thesis)

İsmail İLÇİN

İLBANK A.Ş.

April 2017

ABSTRACT

Developments related to today's show is that infrastructure projects proves that there will be much more need for underground spaces and underground facilities to placed. So we need to know the location of the infrastructure which has been placed before, and the detection of elevation and geodetic measurements made at a certain sensitivity must be shown on the map. In infrastructures which made that many years ago but not in any way plan projects, conflicts with existing projects and this causes multiple damages like material and spiritual damage.Therefore already in place to prevent damage caused by an unknown underground facilities we need to determine the location of underground infrastructure and elevation and it become a necessity to be registered as map. In this study, to produce healthy infrastructure projects in İller Bankası A.Ş. , likely be faced in in the project implementation process to minimize the material and moral losses and Ground Penetrating Radar techniques is analized for use in the removal of existing infrastructure map and surveying works.

Key Words	:	Infrastructure Maps, Ground Penetrating Radar, sewage, İller Bankası
Page Number	:	95
Supervisor	:	Filiz Genç OKTAY (Corporate) Assoc. Prof. Nihat Sinan IŞIK (University)

TEŞEKKÜR

Bankaya girdiğim ilk günden beri kıymetli bilgi ve desteklerini benden esirgemeyen, tecrübelerinden çok şey öğrendiğim "kurum" danışmanım Teknik Uzman Harita Mühendisi Filiz Genç OKTAY ile tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleri ile yol göstererek bu uzmanlık tezinin oluşmasına büyük katkı sağlayan "üniversite" danışmanım Doç. Dr. Nihat Sinan IŞIK'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda, tez yazımı ile ilgili tüm tecrübelerini benimle paylaşan Teknik Uzman Oğuzhan GÖKDOĞAN'a, tez yazım sürecini yürüttüğüm dönemde tecrübesinden çokça faydalandığım Teknik Uzman Alperen ÇOPUR ve Teknik Uzman Mahmut GÖRER ile desteğini esirgemeyen bütün çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez yazım sürecince gösterdikleri anlayış ve destekten dolayı "Proje ve Mekânsal Planlama" Müdürüm Salim ÖZGENÇ'e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi, tez çalışmam süresinde de desteklerini yanımda hissettiğim değerli aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i

ABSTRACT ii

TEŞEKKÜR iii

İÇİNDEKİLER iv

ÇİZELGELERİN LİSTESİ vi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ vii

RESİMLERİN LİSTESİ ix

SİMGELER VE KISALTMALAR x

GİRİŞ 1

1. İLLER BANKASI A.Ş. 5
1.1. Amaç ve Faaliyet Konuları 5
1.2. İller Bankasında İçmesuyu ve Kanalizasyon Çalışmaları 7

2. HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ve UYGULAMALARI 11
2.1. Haritacılık ve Harita 13
2.2. Harita Mühendisliği Faaliyet Konuları 14
2.3. Harita Mühendisliğinin Zaman İçindeki Değişimleri 14
2.4. Harita Mühendisinin Altyapı Çalışmalarındaki Görevleri 15

3. İLLER BANKASI A.Ş. ALTYAPI PROJELERİNDE HARİTACILIK 17
3.1. İller Bankası A.Ş. İçme Suyu Projelerinde Haritacılık Çalışmaları 17
3.1.1. İletim hattının, şebeke hattının ve çeşitli sanat yapılarının araziye aplikasyonu 17
3.1.2. İmalatın kot ve koordinatının belirlenmesi 18
3.1.3. Sayısal işletme planının hazırlanması 20
3.2. İller Bankası A.Ş. Kanalizasyon Projelerinde Haritacılık Çalışmaları 22
3.2.1. Muayene bacalarının ve sanat yapılarının araziye aplikasyonu 22
3.2.2. Hatların imalatları yapılırken kotların verilmesi 23
3.2.3. İmalatın kot ve koordinatının belirlenmesi 24
3.2.4. İlave muayene bacalarının ve parsel bacalarının isimlendirilmesi 25
3.2.5. Arıtma tesisi ve terfi merkezlerinin imalatının kontrol edilmesi 26
3.2.6. Sayısal işletme planı ve hesap cildi hazırlanması 28
3.3. Mevcut İçmesuyu ve Kanalizasyon Hatlarının Haritalarının Çıkarılması 29
3.3.1. Teknik altyapı haritalarının önemi 29
3.3.2. Mevcut içmesuyu ve kanalizasyon haritalarının çıkarılması işlemleri 31
3.3.3. Mevcut içmesuyu ve kanalizasyon haritalarının jeofizik yöntemlerle çıkarılmasında kullanılan araçlar 31

Sayfa

4. YER RADARI YÖNTEMİ 35
4.1. Yer Radarı Yönteminin Tanımı 35
4.2. Yer Radarı Yönteminin Tarihçesi 39
4.3. Yer Radarının Yönteminin Kullanıldığı Alanlar 40
4.4. Yer Radarı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları 41
4.5. Yer Radarı Yönteminin Çalışma Prensibi 42
4.5.1. Yer radarı sinyallerinin ara yüzeylerde yansıması, kırılması ve iletimi 46
4.5.2. Sinyal hızı ve derinlik belirlenmesi 49
4.5.3. Nüfuz derinliği 51
4.5.4. Radar anten frekansının seçimi 52
4.6. Yer Radarının Çalışmasına Etki Eden Faktörler 57
4.7. Yer Radarı Sistem Elemanları 58
4.8. Yer Radarı Yöntemi ile Veri Toplama 59
4.8.1. Yansıma profili (ortak ofset) 60
4.8.2. Çoklu ofset sistemleri 61
4.8.3. Geniş açılı yansıma ve kırılma ölçümleri (GAYK) 61
4.8.4. Ortak derinlik noktası (ODN) ölçümleri 62
4.9. Veri İşlem 62
4.9.1. Sıfır zamanı düzeltmesi 63
4.9.2. Dewow (düşük frekanslı olayların giderilmesi) 64
4.9.3. Genlik kazanç uygulaması 66
4.9.4. Background removal (ortalama genlik bilgisini kaldırma) 67
4.9.5. Hız analizi 69

5. YER RADARI YÖNTEMİ İLE GÖMÜLÜ BORULARIN KONUM, BÜYÜKLÜK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ İLE BELİRLENMESİ . 71
5.1. Amaç ve Kapsam 71
5.2. Laboratuvar Çalışmaları 71
5.2.1. Modeller 71
5.2.2. Veri toplama 76
5.2.3. Veri işlem 76
5.3. Arazi Çalışmaları 80
5.4. Çalışmaların Değerlendirilmesi 81

SONUÇ VE ÖNERİLER 85

KAYNAKLAR 87
EKLER 91
EK-1. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Taslak Yönetmelik 92
ÖZGEÇMİŞ 95

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 1.1. İller Bankası A.Ş. 2015 yılı bitirilen işler (bin TL)..... 6

Çizelge 1.2. SUKAP ile finansman tahsis edilen (2011-2015) işlerin sektörel dağılımı 7

Çizelge 1.3. BELDES projeleri durumu 8

Çizelge 2.1. Harita mühendisliğinin zaman içindeki değişimleri 14

Çizelge 4.1. Farklı anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları 37

Çizelge 4.2. Farklı yeraltı ortamlarının bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısı, hız V, elektrik iletkenlik σ ve sönümlenme değerleri..... 38

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. a) Yer radarı yönteminin genel çalışma sistemi b) Radargram 35

Şekil 4.2. Elektromanyetik dalga yayılımı..... 36

Şekil 4.3. Yer radarı anteninden yeraltına gönderilen yayınım örneği 43

Şekil 4.4. Farklı bağıl dielektrik geçirgenlik değerlerine sahip bir ortamda 300 MHz merkez-frekanslı bir anten kullanılarak elde edilecek yatay çözünürlük büyüklükleri 44

Şekil 4.5. Derinlikle bağıl dielektrik geçirgenlik katsayıları (a) artan ve (b) azalan yeraltı modeli için dalga kırılma etkileri..... 45

Şekil 4.6. Ara yüzeye gelen dalganın sınıra çarptıktan sonra enerjinin yansıyan ve iletilen dalgalara aktarılması 47

Şekil 4.7. TE ve TM bileşenlerinin ara yüzeyde yansıması ve iletimi (E:Elektrik alan vektörü, H:Manyetik alan vektörü)..... 48

Şekil 4.8. Anten durumlarına göre TE ve TM modları..... 49

Şekil 4.9. Elektromanyetik enerjinin yayıldığı ortamın elektrik iletkenliği ile enerjinin nüfuz derinliği ilişkisi 52

Şekil 4.10. Aynı hat boyunca 80 MHz ve 300 MHz frekanslı antenler kullanılarak elde edilen gömülü düzlem yüzeyin görüntüsü 56

Şekil 4.11. Yer radarı Sistem Elemanları..... 58

Şekil 4.12. GPR'ın anten dizilimleri..... 60

Şekil 4.13. Yansıma profili (ortak ofset) yönteminin şematik gösterimi..... 60

Şekil 4.14. GAYK yönteminin şematik gösterimi 61

Şekil 4.15. ODN yönteminin şematik gösterimi 62

Şekil 4.16. Ham yer radarı veri örneği..... 63

Şekil 4.17. Yer radarı verisi akış şeması..... 63

Şekil 4.18. a) Ham yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki görünümü b) Ham verinin genlik spektrumu 64

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.19. a) Dewow uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki görünümü b) (a)'da gösterilen izin genlik spektrumu 65

Şekil 4.20. Dewow işlemi uygulanmış yer radarı kesiti 65

Şekil 4.21. Zigana tünelinden alınmış bir profile genlik kazanç işlemi (enerji azalımı) uygulandıktan sonraki radargram 66

Şekil 4.22. a) Kazanç işlemi uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki gösterimi b) frekans ortamındaki gösterimi 67

Şekil 4.23. Zigana Tüneli'nden alınmış bir profile background removal uygulandıktan sonraki radargram 68

Şekil 4.24. a) Background Removal uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki gösterimi b) frekans ortamındaki gösterimi 68

Şekil 5.1. Model 1: Farklı çap ve boyutlardaki demir boruların kasa içerisindeki konumları 72

Şekil 5.2. Model 2: Farklı çap ve boyutlardaki plastik boruların kasa içerisindeki konumları 73

Şekil 5.3. Model 3: Çapları aynı olan demir borular ile plastik boruların yarı gömülü durumlarının gösterimi 75

Şekil 5.4. Profillerin deney düzeneğindeki gösterimi 76

Şekil 5.5. Model 1'deki x yönündeki radargramlar (iki boyutlu kesitler) 77

Şekil 5.6. Model 1'in x yönündeki radargramları ile oluşturulmuş üç boyutlu modellemesi 78

Şekil 5.7. Model 2' de profil 3 ün x yönündeki radargramı. 78

Şekil 5.8. Model 3' de profil 3 ün x yönündeki radargramı. 79

Şekil 5.9. Model 3'de y yönündeki radargramlar 79

Şekil 5.10. Çalışma bölgesinin konumu 80

Şekil 5.11. Profillerin yerleşim planı. 81

Şekil 5.12. Profil 14'e ait cadde üzerindeki boruları gösteren radargram. 82

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. En kesit çizimi ekran görüntüsü 19

Resim 3.2. İçme suyu işletme planı notasyonu ekran görüntüsü 21

Resim 3.3. Örnek kanalizasyon bacası 22

Resim 3.4. Sayısal nivo ile nivelman yapılması 23

Resim 3.5. Örnek parsel bacası 26

Resim 3.6. Kübaj hesabı ekran görüntüsü 28

Resim 3.7. Metal detektör fotoğrafı 32

Resim 3.8. Cam elyaf kablo çalışma prensibi 33

Resim 3.9. Cam elyaf kablo fotoğrafı 33

Resim 3.10. Akustik alım jeneratörü fotoğrafı 34

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
A	Oval Fresnel bölgesinin uzun ekseninin yarıçapı
D	Derinlik
εr	Ortamın dielektrik katsayısı
c	Işık hızı
x	Ofset uzaklığı
V	Yayınım hızı
f	Antenin merkez frekansı
λ	Yeraltından yayınan sinyalin baskın dalga boyu

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
A.Ş.	Anonim Şirket
ASKİ	Ankara Su Ve Kanalizasyon İdaresi
BELDES	Belediyelerin Altyapısının Desteklenmesi Projesi
CAD	Computer Aided Design
Cors-Tr	Continuously Operating Reference Stations Türkiye Sistemi
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇEVDES	Altyapı Projelerini Destekleme Projesi
EM	Elektromanyetik Dalga
FIG	International Federation of Surveyors
GAYK	Geniş açılı yansıma ve kırılma
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPR	Ground Penetrating Radar
GPS	Global Positioning System
LİHKAB	Lisanslı Harita ve Kadastro Bürosu

Kısaltmalar	Açıklamalar
ODN	Ortak Derinlik Noktası
RTK	Real Time Kinematic
SUKAP	Su ve Kanalizasyon Altyapı Projesi
TKGM	Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü

GİRİŞ

Kentsel yaşamın vazgeçilmez parçalarından ve temel amacı toplum hayatındaki refah, sağlık, konforu artırmak olan ve buna yönelik tasarlanmış bazı kamu tesislerinin cadde, yol, meydan ve park gibi kamuya ait alanların altına yerleştirilmeleri gerekmektedir. Kanalizasyon sistemleri, elektrik ve telefon hatları, içme ve kullanma suyu için döşenen borular, doğal gaz hatları bu tür yeraltı tesislerine örnek olarak verilebilir. Bu ve bu gibi yeraltı tesisleri, kentsel etkinliklerin pek çoğunun yerine getirilmesine araç olan, kent sakinlerinin refahı, sağlığı ve güvenliği bakımlarından vazgeçilmez olan altyapı tesislerdir.

Günümüz modern dünyasında altyapıya duyulan ihtiyaç artmış ve altyapı sistemleri dünyanın neresi olursa olsun bir gereklilik haline gelmiştir. Dolayısıyla böylesi önemli bir ihtiyacın karşılanması konusunda gelişen teknolojiye paralel olarak yeni teknikler ve teknolojiler çıkmış ve altyapı sistemlerinin yapımı, bakımı, işletmesi gibi konularda pek çok mesafe kat edilmiştir. Teknolojinin ve gelişen tekniklerin katkısıyla daha hızlı, daha doğru ve işletme açısından sürdürülebilir projelerin yapılabilmesi bu konuda çalışan kurum ve kuruluşların gelişen teknolojiye adaptasyonunu zorunlu kılmıştır.

1933 yılında Belediyeler Bankası olarak kurulan İller Bankası A.Ş. kuruluşundan bu yana altyapı hizmetlerinde yerel yönetimlerin teknik danışmanlığı ve kredi ihtiyaçlarının giderilmesi ile birlikte mali ve teknik olarak güçlü yönüyle belediyelere hizmet sunmakta ve çok önemli katkılarda bulunmaktadır. Altyapı projeleri yapım, uygulama ve işletme konularında ise teknik destek, bilgi ve tecrübesiyle ülkemizde söz sahibi olan, öncülük eden ve bu güçlü konumunu günümüzde de koruyabilen kuruluşlardan biridir. Dolayısıyla altyapı projeleri özelinde ülkemizin en aktif kuruluşlarından birisi olması İller Bankası A.Ş.'nin bu konulardaki teknolojik yenilik ve gelişmeleri daha yakından takip etmesini gerektirmektedir.

Antik çağlardan beri medeniyetin en önemli göstergelerinden biri olan altyapı çalışmaları; projelendirme, uygulama ve işletme anlamında sürekli olarak teknolojik gelişmeler göstermekte ve geçmişe nazaran günümüzde daha süratli, kolay ve sağlam bir şekilde yapılabilmektedir. Bununla birlikte mevcut altyapı tesislerinin ekonomik olarak sürdürülebilir olmamaları durumunda bakımları, değiştirilmeleri ya da yenilenmeleri elzem hale gelmektedir. Buna bağlı olarak bu tarz çalışmaların belirli bir düzen içerisinde, kentte yaşayan insanların konforu da göz önüne alınarak en rahat şekilde yapılabilmesi için belirli

hassasiyet kriterleri göz önüne alınarak yapılmış yeraltı kadastro planlarının olması gerekmektedir. Günümüzde altyapı projelerinin uygulaması sırasında en çok karşılaşılan sorun daha önce yapılmış fakat herhangi bir şekilde planı ya da haritası olmayan eski altyapı tesisleridir. Sebebi ise bu tarz tesislerin farklı kurumlar tarafından farklı zamanlarda yapılmış olması ve bu kurumlar arasındaki koordinasyon eksikliği ile birlikte, yapılan yer altı tesislerinin plan veya haritalarının doğru ve hassas şekilde tutulmamış olmasıdır. Dolayısıyla planı ve haritası olmadığından nereden geçtiği belli olmayan yer altı tesisleri maddi ve manevi kayıplara sebep olmakta ve uygulama sırasında büyük sorunlara yol açmaktadır. Bu açıdan yeraltı hatlarının kadastro planları altyapı projelerinde büyük önem taşımaktadır.

On Dokuzuncu Yüzyılın ortalarından itibaren pek çok Avrupa ülkesi yeraltı kadastro planlarını yapmaya başlamış, günümüze kadar gelen süreçte ise bu konumsal bilgiyi diğer konumsal bilgiler ile entegre edip bütünleştirerek yeraltı kadastro çalışmalarını sürdürmektedirler. Ülkemizde ise uydu bazlı konumlama sistemleri yaygınlaşmadan önce, haritacılık faaliyetlerinde maliyetin fazla olması ve teknik personel yetersizliği sebebiyle özellikle altyapı çalışmalarında harita faaliyetlerine yeterli özen gösterilememiş ve yeraltı hatlarının gösterildiği kadastro planları yerine sadece o dönem yapılan altyapı tesisinin (kanalizasyon, içme suyu, doğal gaz vb) hatlarının gösterildiği krokilerle yetinilmiştir. Bu ise sonraki yıllarda farklı altyapı tesisi yapım ve bakımı açısından büyük sıkıntılar doğurmuş, geçmişten günümüze gelen yer altındaki bilinmezlik maddi ve manevi pek çok zarara yol açmıştır.

Gelişen haritacılık ve görüntüleme teknolojileriyle birlikte konumsal bilgiye dayalı geoinformasyon teknolojilerinin de gelişimi ile altyapı kadastrosunun olmamasından doğan sorunlar minimize edilebilmektedir. Teknolojik gelişmeler ışığında, daha önceden yapılmış, planı veya krokisi olmayan altyapı tesislerinin bulunması ve altyapı haritalarının çıkartılması için pek çok yöntem olmakla birlikte günümüzde yeraltı tesislerini tespit etmek için en çok tercih edileni ve efektif açıdan en kullanışlı olanı Yer Radarı ile görüntüleme yöntemidir.

Tezin hazırlanmasında; içme suyu ve kanalizasyon projelerinin uygulama safhasında mevcut altyapı tesislerinin haritalarının olmamasından kaynaklanan maddi ve manevi kayıpların önüne geçilmesi ile ilgili günümüz teknolojilerinden Yer Radarı ile Görüntüleme yönteminin kullanılabilirliği hakkında bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

Bu amaç kapsamında; birinci bölümde İller Bankası A.Ş. ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde, üçüncü bölüme altlık olması açısından harita mühendisliği, günümüzdeki haritacılık faaliyetleri, zaman içindeki gelişimi ve harita mühendisinin altyapı çalışmalarındaki rolüne değinilmiştir. Üçüncü bölümde, İller Bankası A.Ş. bünyesinde yapılan içmesuyu ve kanalizasyon çalışmalarının uygulama aşamasındaki haritacılık faaliyetleri hakkında bilgiler verilmiş ve yeraltı kadastrosunun önemine değinilmekle birlikte bu alandaki teknolojik gelişmeler hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde, mevcut yeraltı tesislerinin haritasının yapılmasında kullanılan ve yeraltı kadastrosu konusunda kullanılabilecek bir yöntem olan Yer Radarı ile Görüntüleme hakkında detaylıca bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde ise yer radarı ile görüntüleme yöntemine örnek olarak yapılan laboratuvar deneyi ve Ankara'nın Altındağ ilçesi, Gültepe Mahallesi, Babür Caddesi'ndeki yer radarı ile yapılan çalışma ve sonuçları hakkındaki bilgiler paylaşılmıştır.

1. İLLER BANKASI A.Ş.

İller Bankası 15 milyon TL sermaye verilerek 1933 yılında belediyeler bankası olarak kurulmuş, il özel İdareleri de içine alacak şekilde 1945 yılında İller Bankasına dönüştürülmüştür. 26 Ocak 2011 tarihinde ise 6107 sayılı kanun maddesi ile Anonim Şirket (A.Ş.) statüsü almış, İller Bankası A.Ş. olarak yeniden düzenlenmiştir. Böylece özel hukuk hükümlerine bağlı, tüzel kişiliğe haiz bir kalkınma ve yatırım bankası olarak yapılandırılmıştır [1].

1.1. Amaç ve Faaliyet Konuları

Genel Müdürlük, İl Özel İdareleriyle belediyelere finans sağlamak; üst yapı, altyapı, çevre, şehircilik, ulaşım, enerji sektörlerinde projeler geliştirmek; danışmanlık ve kontrol hizmeti sunmak, mahalli yönetimlere kaynak aktarımına aracılık etmek, kar amacıyla gayrimenkul projeleri üretmek ve sair kalkınma ve yatırım bankacılığı işlemlerini gerçekleştirmektedir.

İller Bankası yerel yönetimleri desteklemek için sermaye yatırımları konusunda ortaya çıkmış bir finansman modelidir ve bu modelin ülkemize özgü olduğu söylenebilmektedir [2].

Kuruluşundan bu yana altyapı hizmetlerinde yerel yönetimlerin teknik danışmanlığı ve kredi ihtiyaçlarının giderilmesi mali ve teknik yönü güçlü yönüyle belediyelere hizmet sunmakta çok önemli katkılarda bulunmuştur. Özellikle yerel yönetimlere özgül koşulları çerçevesinde İller Bankasının varlığının belirli bir ölçeğin altında bulunan ancak çoğunluğu oluşturan mahalli birimler için yaşamsal bir önem arz etmektedir [2].

İller Bankasının sermayesi 2014 yılında 18,4 milyar TL'ye çıkarılmış, bunun 2015 yılı itibariyle 10,5 milyar TL'si ödenmiş sermayeden meydana gelmektedir [1].

İller Bankası, mahalli İdarelere her çeşit kanalizasyon, atık su arıtma, içme suyu, içme suyu arıtma, imar planı, harita, katı atık, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve her çeşit

üstyapı tesisinin yapılması, yaptırılması görevleriyle beraber teknik danışmanlık hizmeti de sunmaktadır.

Çizelge 1.1.İller Bankası A.Ş. 2015 Yılı Bitirilen İşler (Bin TL) [1]

Sektörü	2015 Yılı Programı Toplam Proje		2015 Yılında Bitirilen İşler	
	Adet	Bedeli	Adet	Tutarı
Yerleşme-Şehirleşme	6	487 800	1	31 900
İçme suyu	14	171 945	1	45 951
Kanalizasyon	24	84 304		
Belediye Hizmetleri (Katı atık)	7	517 125		
Ulaştırma (Kent içi Ulaşım)	4	1 711 682		
Enerji	2	79 884	2	77 851

Kurumun yeni bir faaliyet sahası da kaynak geliştirme işleridir. Banka kanunun 3. Maddesi gereğince kar amaçlı gayrimenkul projelerinin uygulanması amacıyla kaynak geliştirme dairesi kurulmuştur. Böylece altyapı yatırımlarının yanında üst yapıda da İller Bankası markasını güçlendirmek ve bu doğrultuda marka projeler üretilmesini sağlamak hedeflenmiştir. İller Bankası kendi arsalarının yanında teknik danışmanlık hizmeti karşılığında belediyelerden bedelsiz olarak sağladığı arsalar üzerinde de gelir paylaşımı ve kat karşılığı yöntemleriyle projeler üreterek Türkiye'nin en önemli modernleşme hamlelerinden olan kentsel dönüşüm hizmetlerine katkı sağlamaktadır. 2015 yılı içerisinde gelir paylaşımı projelerinden 83 516 000 TL gelir elde edilmiştir [1].

Yeni faaliyet alanları olarak kentlerimizi modernleştirmek adına CBS, kent bilgi sistemleri konularında; ülkemizin enerji açığını kapatmak amacıyla enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları ve ülkemizde gün geçtikçe daha da kompleks bir yapıya kavuşan kentsel ulaşım konusunda çalışmalarıyla faaliyet alanlarını genişletmektedir. Bunun dışında yurt içinde kent meydanı, rekreasyon alanı, sokak iyileştirilmesinin yapılması, belediyelerin engelli vatandaşlarına yönelik bankanın faaliyet alanına giren projelerine teknik destek ve finansman sağlanması; İller Bankası tarafından kontrollüğü yapılan üst yapı projelerinde çevreci ve yeşil bina sayısının arttırılması bankanın stratejik planında yer alan hedefler arasında sayılmıştır. Yurt dışında da Türk İşbirliği ve Koordinasyon Ajansı, Eximbank ve Ekonomi Bakanlığı gibi kurumlarla işbirliği içerisinde

uluslararası projelerin üretilmesi ve uluslararası finans kuruluşlarıyla üçüncü ülkelerde teknik işbirliğinin geliştirilmesi bankanın hedefleri arasındadır [3].

1.2. İller Bankasında İçme suyu ve Kanalizasyon Çalışmaları

İller Bankası Kanunu'nun 13. Maddesine göre karının yüzde 51'i nüfusu 200 000' den düşük olan belediyelerin harita, imar planı, kanalizasyon, kent bilgi sistemi, arıtma tesisi vb. altyapı projelerine harcanmaktadır. Nüfusu 200 000'in üstünde olan belediyelerin bu altyapı projeleri için yüzde 50 oranında hibe sağlanmaktadır. Nüfusu 25 000'in altında olan belediyelerin ise imar planı, harita, , içme suyu, kent bilgi sistemi, katı atık vb. altyapı projelerinin yapımı da bu kaynaktan sağlanmaktadır. 2014 yılında aktarılan paydan 2015 yılında içme suyu proje sektöründe 84 adet, kanalizasyon proje sektöründe 58 adet, yapım işi olarak 2 adet içme suyu inşaatı ve 3 adet de kanalizasyon inşaatı yapılmıştır [1].

Yüksek Planlama Kurulu Kararı ile nüfusu 25 000'i geçmeyen belediyelerin, kanalizasyon ve içmesuyu projelerinin uygulanması amacıyla Su ve Kanalizasyon Altyapı Projesi (SUKAP) başlatılmıştır. Maliye Bakanlığı genel bütçeden aktarılan ödeneklerden yüzde 50 oranında hibe sağlanıp kalan kısım uzun vadeli kredi şeklinde belediyesine yansıtılmaktadır ve İller Bankası denetiminde tesis inşaatı gerçekleştirilmektedir.

Nüfusu 25 000'den fazla olan Yüksek Planlama Kurulu karar ekinde belirtilen belediyelerde borç stoku limitlerine uymasa dahi kredi tahsis edilmektedir. Projesi olmayan belediyelere ise öncelikle projeler hazırlanmaktadır.

Çizelge 1.2.SUKAP ile finansman tahsis edilen (2011-2015) projelerin dağılımı [1]

	İçme Suyu	Atık Su	Toplam
Yürütülen İş Sayısı	366	670	1,036
Bitirilen İş Sayısı	189	354	543
İnşaatı Devam Eden İş Sayısı	126	217	343
Sözleşme Aşamasındaki iş Sayısı	18	33	51
İhale Aşamasındaki İş Sayısı	33	66	99
Toplam Tahsis Miktarı (TL)	1 654 102 000	4 343 169 000	6 003 271 000
Tahsis Edilen Kredi Tutarı (TL)	1 012 179 000	2 593 611 000	3 605 790 000
Tahsis Edilen Hibe Tutarı (TL)	641 923 000	1 755 558 000	2 397 481 000
2015 Yılı Yapılan Toplam Harcama Tutarı (TL)	187 167 000	428 228 000	615 395 000
2015 Yılı Krediden Yapılan Harcama Miktarı (TL)	105 012 000	250 979 000	355 991 000
2015 Yılı Hibeden Yapılan Harcama Miktarı (TL)	82 155 000	177 249 000	259 404 000

SUKAP kapsamında merkezi yönetim bütçe kanunu ile İller Bankası'na 2011 yılından beri toplamda 2 573 072 000 TL ödenek tahsis edilmiştir. 2015 yılı itibariyle (Çizelge 1.2) toplamda 1036 adet kanalizasyon ve içme suyu yatırımı için 2 397 481 000 TL hibe sağlanmış olup 3 605 790 000 TL kredi olmak üzere totalde 6 003 271 000 TL kaynak ayrılmıştır [1].

22.06.2007 tarihinde Yüksek Planlama Kurulu'nun kararları ile Genel Bütçeden finansmanı sağlanan Belediyelerin Altyapısının Desteklenmesi Projesi (BELDES) başlatılmıştır. Proje kapsamında nüfusu 10 000'i geçmeyen belediyelerin şebekeli içmesuyu yetersiz olan ya da olmayan belediyelerin tüm proje ve inşaatları İller Bankası tarafından yapılmaktadır. Toplamda bu iş için 129 650 000 TL ödenek ayrılmış olup 65 adet belediyenin içme suyu inşaatlarının yapım süreci tamamlanmıştır. Hâlihazırda devam eden 4 adet iş bulunmaktadır [1].

Çizelge 1.3.BELDES projeleri durumu [1]

	Adet
İnşaatı İhale Aşamasında Olan	3
İnşaatına Başlanan	1
İnşaatı Biten	65
Toplam	**69**

Bununla birlikte Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile İller Bankası arasında 08.08.2014 tarihinde yapılan protokol çevresinde Altyapı Projelerini Destekleme Projesi (ÇEVDES) başlatılmış olup nüfusu 200 000'i geçmeyen belediyelerin, yağmur suyu, içmesuyu, derin deniz deşarjı, katı atık tesisleriyle ilgili her türlü fizibilite ve proje çalışmalarının yapılmasını kapsamaktadır. İhale öncesi ve ihale sonrası projelerle ilgili tüm işlemler İller Bankası tarafından yapılacaktır [1].

Bu kapsamda yarısı Kurumun karından kalanı da Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın döner sermayesinden olmak üzere projelerin finansmanı karşılanmaktadır.2015 yılı itibariyle 224 adet iş için finansman sağlanmış olup 39 adedi tamamlanmıştır. Hâlihazırda 96 adet işin proje hazırlama işlemlerine başlanmış ve 89 adet iş de ihale aşamasında bulunmaktadır.

Bunun dışında stratejik planda bu konuyla ilgili farklı çalışmaların yapılması hedeflenmektedir. İçmesuyu projelerinde kayıp ve kaçak kullanım yüzdesi fazla olan belediyeler ile bu değerlerin yönetmeliğe uygun değerlere indirgenmesinin desteklenmesine yönelik olarak danışmanlık hizmetleri verilerek sorunlar belirlenip bu doğrultuda önlemler geliştirilecektir. Özel suların (deniz suyu, sert sular vb.) arıtımı için son ve yüksek teknolojiler göz önüne alınarak içme suyu arıtma tesisi projeleri yapılacaktır. Bununla birlikte içme suyu hatlarında enerji üretiminin yapılması için projelerin geliştirilmesi de bankanın hedefleri arasındadır [3].

2. HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ve UYGULAMALARI

Harita; yeryüzünde ya da diğer gökcisimlerinde bulunan alanların (gelir dağılımı, hava kirliliği vb.) belli bir ölçek dâhilinde belli bir disiplin içerisinde kartografik kurallara uyarak 2 veya 3 boyutlu bir yüzey (cam, kâğıt, kabartma yüzeyi, bilgisayar ekranı vb.) üzerine aktarılmasıdır [4]. .

2.1. Haritacılık ve Harita

Haritacılık, coğrafya bilimiyle işbirliği içinde olup harita yapımıyla ilgilenen sanat ve teknik dalına denir. Harita mühendisi, Uluslararası Ölçmeciler Birliği-International Federation of Surveyors (FIG)'in tanımına göre teknik tecrübe ve akademik nitelik sahibi, ölçme bilimini uygulayan, arazi ve coğrafi ilişkili bilgileri toplayan ve değerlendiren; topladığı bilgileri arazinin etkin yönetimi ve planlama için kullanan ve benzer uygulamaların gelişimi yönünde araştırmalar yapan profesyonel kişidir [5].

Harita mühendisliği; yeryüzünün şeklini, yapay ve doğal nesnelerin konumlarını ve birbirleriyle olan ilişkilerini matematiksel modelleri ve ölçme tekniklerini kullanarak tespit ve grafiksel olarak temsil etmekle ilgilenmektedir. Haritacılık faaliyetleri günümüze bilgisayar ve uydu teknolojisinin imkânlarıyla hassas ve daha hızlı olarak yürütülmektedir [5].

Kadastral planlar, yol geçki haritaları, imar planları, uydu görüntüleri vb. kullanılan ürünler coğrafi bilgiyi içeren ve ileten araçlardır. İnsanların tarihten günümüze kadar geliştirdikleri ürünlerin başında çevrenin tanımı ve çevreye ilişkin bilginin iletim araçları gelmektedir. Örneğin Piri Reis haritasında o dönemde Osmanlı Devletinin ulaşılabildiği mekân bilgileri gelmektedir. Geleneksel olarak mekânsal bilginin kullanımını ve iletilmesini sağlayan böyle araçlar plan ve harita olarak isimlendirilmektedir [6].

Tarihsel gelişiminde çevreye ait bilgilerin üretilmesi, derlenmesi; üretilen bilginin kullanılarak görselleştirilmesi, depolanması ve iletilmesi olarak tanımlanan üretim ve iletim süreci teknolojiye paralel olarak devamlı gelişmiş ve değişmiştir. Klasik olarak üretim- iletim sürecinin getirdiği sonuç ürünler harita ve planlardır.

Bilgisayar kullanımının harita mühendisliğinde başlaması ile bilgi işleme alanında bilgisayarların çok verimli bir şekilde kullanılabileceği fark edilmiştir. Dünyada harita mühendisliği özellikle bilgi endüstrisinde faaliyette bulunmaktadır. Son 50 yılda robotik elektronik teodolit, tek kullanıcılı Konum Belirleme Sistemi (GPS) gibi teknolojilerin gelişmesiyle veri toplama süreci kolaylaşmış ve bu işlemin gerçekleşmesi için farklı metotlar geliştirilmiştir.

Bu nedenle veri ayıklama ve analiz süreci çok önemli bir duruma gelmiştir. Teknolojik değişimler özellikle ölçme bilimini ve duyarlılığını önemli ölçüde değiştirmiştir. Mekânsal veri setlerinin üretilmesinin tamamlanması ile sayısal fotogrametri, GPS, uzaktan algılama ve CBS farklı boyutlarda kullanılmaktadır.

Önceleri grafik ve kartografik tekniklerle kullanılan harita ve planları bilgisayar imkânlarının gelişmesiyle çalışmalar bilgisayar destekli otomasyonla desteklenmiş olmakla beraber ayrık, sistemsiz, analog ve grafik yaklaşımlarla devam eden uygulamalar günümüzde ihtiyaçlara cevap vermemektedir. Bu üretim ve iletim sürecinin dönüşerek nümerik yaklaşımın mantığıyla tekrar ele alınması fikri güncelleşmiştir [6].

Günümüzde gelişen yersel ve elektronik donanımlar uzay ve uydu teknikleri farklı uzaktan algılama sistemleri, gelişmiş bilgisayar ve bilgi işleme imkânları; her türlü çevresel bilginin birbiriyle entegrasyonunu ve sistemleştirilerek kullanıma sunulması imkânını sağlamıştır. Nümerik bir dünya modelinin ortaya çıkartılması fikri insanlığın misyonu haline gelmiştir.

GNSS işlevselliğine sahip olan ve internet bağlantılı konum temelli bilgileri kullanan mobil cihazların yaygınlaşmasıyla eş zamanlı bilgilere ve eş zamanlı modellemeye talep önümüzdeki yıllarda fazlaca artış gösterecektir. Çok sayıda algılayıcı ve bununla birlikte artan datalar ile yapılandırılmış yarının ağı yakın zamanda milyonlarca nesne bağlantısına sahip hiper bağlantılı ortam ya da nesnelerin internetini üretecektir. Konum bilgileri ve algılayıcılar arasında kritik bilgiler sağlayacak ve duyarlılığı yüksek konum verilerinin üretilebilmesi ve aktif olarak kullanılabilmesi büyük olanaklar sunacaktır. Bu da bilgi teknolojisinin temel öğelerini oluşturacaktır. Böylece büyük data teknolojileri olarak adlandırılan farklı platformlardan elde edilen yapılandırılmamış verileri hızlıca işleyip analiz edebilen teknolojiler hızlıca yaygınlaşacaktır. Bu yüzden yoğun

miktarda veriyi yönetmek, servis etmek için altyapı ve yazılımda önemli yatırımlar gerekecektir [7].

Nümerik meteorolojik modeller, afet yönetimi, arazi yönetimi, nümerik jeopotansiyel modeller gibi örnekler çoğaltılabilir. Bu modellerin tümünde bilgiler mekânsal konumlara entegre edilmektedir. CBS'de mekânsal her türlü modellemenin iskeletini meydana getirmektedir. Bu sebeplerden ötürü, sektör harita kadastro alanından geomatik sektörüne evrilmektedir [6].

Geomatik geleneksel harita mühendisliği alanında biriken bilgiyi bilgisayar teknolojileri ile birleştirerek mekânsal bilginin üretim ve iletim sürecini tekrar şekillendirmektedir. Burada otomasyonu hedefleyen birbirine entegre edilmiş sayısal bir sürecin tasarımı ve geliştirilmesi ana fikri söz konusudur [6].

2.2. Harita Mühendisliği Faaliyet Konuları

Harita mühendisliği faaliyet konularından bazıları şöyledir;

- Mesleki çalışmalara altlık oluşturması için kurulan yatay ve düşey kontrol ağlarının oluşturulması,
- Yeryüzü hareketlerinin izlenmesi ve mühendislik yapılarında deformasyon ölçümlerinin yapılıp değerlendirilmesi,
- Karayolu, baraj, köprü, metro projelerinin hazırlanması ve araziye uygulanması,
- Uydular yardımıyla konum belirleme ve uydu bazlı araç takip sistemleri,
- Hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri aracılığıyla veri toplama ve değerlendirme,
- Yersel çalışmalarla restorasyon çalışmalarına altlık oluşturacak planların çizilmesi,
- Farklı çalışmalara altlık teşkil edecek küçük, orta, büyük ölçeklerde dijital ve basılı tematik ve topoğrafik haritaların üretilmesi,
- Mekânsal datalarla ve haritalarla ilgili çeşitli multimedya görselleştirme faaliyetleri ve internet tabanlı sunumları,
- Çeşitli alanlarda mekânsal veri altlıklarının ve CBS'lerin kurulumu,

- Kentsel ve kırsal alan düzenlemelerinin yapılması ve bununla alakalı hukuki çalışmalar,
- İmar uygulamaları, kamulaştırma, taşınmaz değerleme ve kadastro çalışmalarıdır.

2.3. Harita Mühendisliğinin Zaman İçindeki Değişimleri

Harita mühendisliğinin geleceğinin belirlenmesinde mesleğin toplumsal yaşam açısından vazgeçilmez olduğu ve 150 yılda sürekli bir gelişim içerisinde bulunma olgusudur. Bu gelişim ve değişimler kısaca Çizelge 2.1'de özetlenebilir [5].

Çizelge 2.1.Harita mühendisliğinin zaman içindeki değişimleri [5]

1950-1970	Ulusal harita ve kadastro çalışmaları	Bu dönemde ulusal haritalama çalışmaları yoğunlaşmıştır. Jeodezik ve fotogrametrik harita faaliyetleri, kadastral ölçme, arazi yönetimi
1949-1973	Üniversitelerde bağımsız harita ve kadastro mühendislik bölümlerinin eğitim faaliyetlerine başlaması	Jeodezik ölçmeler, mühendislik ölçmeleri, fotogrametrik ölçümler, özel harita bürolarının faaliyetlerine başlaması
1960-1980	Elektronik mesafe ölçerlerin üretimi	Elektronik çağ başlamıştır. Ölçmeler artık daha az iş gücü gerektirmektedir. Meslek dışı kişiler ölçme aletlerini kullanmaya başlar.
1960-1970	Taşınabilir hesap makinelerinin üretimi	Ölçme hesaplarında devrim olmuştur. Yeterlilikte ve üretimde artış olmuştur.
1955	Harita ve kadastro mühendisler odasının kuruluşu	Sektördeki harita mühendislerinin bir meslek odasında toplanması
1980-1990	Harita mühendisliği ofis ve IT tabanlı bir meslek disiplini haline dönüşmekte	Bayanların mesleğe daha çok rağbet etmesine sebep olmuştur.
1970	Küçük ölçekli uydu harita üretimi Landsat uydusunun fırlatılması	Uydu harita üretimi devrimi gerçekleşmiştir.
1980-1990	CBS ve mekânsal bilgi üretimi	Çevreye ait konum ve sözel bilgilerin entegrasyonu. CBS bilgi sistemlerinin ana bileşenlerinden birisi olmuştur. CBS nin kamu ve özel sektörde ilgi görmesi. Klasik harita mühendisliğinin CBS'yi sahiplenmesi
1980-1990	Uydu konum belirleme sistemleri	Glonass, GPS uydu konum belirleme sistemlerinin kullanımlarının başlaması
1980-1990	Orta ölçekli uydu haritalarının üretimi. Spot uydusunun fırlatılması	Yeni nesil uyduların sayısal fotogrametrinin gelişmesiyle beraber küçük ve orta ölçekli haritaların uzaktan algılamayla üretilmesi
1990-2000	Sayısal fotogrametri	Otomasyonla sayısal görüntülerden harita üretilmesi
1990-2000	Veri tabanı teknolojilerinde gelişmeler	Büyük mekânsal veri altyapılarının oluşturulması
1990-2000	Bilgi toplumunun oluşumu ve mekânsal veri yapıları	Dijital teknolojilerin ve mekânsal bilgi teknolojilerinin mesleğimizde limitsiz fırsatlar sunması. Elektronik mesafe ölçer, CBS, GPS teknolojilerinin yanında internet ve web'in sunumu
2000-	Lazer tarayıcıları, İnsansız hava araçları, GNSS teknolojilerinin yaygınlaşması	Hızın ve duyarlılığın artışı ve büyük bölgelerin hassas haritalarının yapılmasının çok kolaylaşması

2.4. Harita Mühendisinin Altyapı Çalışmalarındaki Görevleri

EK-1'de verilen Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Teknik Altyapı Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu yönetmelik taslağına göre Harita Mühendisinin altyapı çalışmalarındaki görevleri;

- Arazi çalışmalarında kullanılan nirengi, poligon, nivelman vb. noktaların yer seçimi, tesisi, ölçmelerinin ve hesap çalışmalarının yapılması,
- Altyapı tesislerinde hat güzergâhları, arıtma, depo, vb. yerlerin plankote ve haritalarının yapımı,
- Uygulama projesinde ölçüm ve haritalama çalışmaları,
- Altyapı tesislerinde hat güzergâhları, arıtma, depo, vb. yerlerin projede tanımlandığı şekliyle enine ve boyuna kesitlerin hazırlanması,
- Hat ölçümlerinin ve nivelmanların yapılması,
- Arıtma tesisi, depo, terfi merkezi gibi mevcut olup projede korunacak tesislerle; menfez, su kanalı, köprü, sanat yapıları vb. geçişlerin rölevelerinin çıkarılması,
- Hâlihazır dışında kalan yerlerde sokaklara şebeke hattı yapılması durumunda o bölgelerin kotlu sokak planlarının çıkarılması ve işletme planlarının hazırlanması şeklinde sıralanmıştır.

3. İLLER BANKASI A.Ş. ALTYAPI PROJELERİNDE HARİTACILIK

Bu bölümde, İller Bankası altyapı projeleri kapsamında içmesuyu ve kanalizasyon çalışmalarındaki işleyişe değinilmiş ve mevcut içmesuyu ve kanalizasyon hatlarının haritalarının çıkarılmasından genel olarak bahsedilmiştir.

3.1. İller Bankası A.Ş. İçmesuyu Projelerinde Haritacılık Çalışmaları

İçme suyu inşaatı çalışmalarında harita faaliyetleri, İller Bankası Sayısal İşletme Projeleri Özel Teknik Şartnamesi ve uygulamada kullanılan genel kabullere göre aşağıdaki başlıklar altında açıklanmıştır.

3.1.1. İletim hattının, şebeke hattının ve çeşitli sanat yapılarının araziye aplikasyonu

İçme suyu işlerinde yer tesliminde imalat aşamasından önce projedeki nivelman noktalarının arazide mevcut olup olmadığına kontrol edilmelidir. Ondan sonra iletim hattı projelerindeki some kazık noktaları ve sanat yapılarının yerleri Cors-Tr veya RTK yöntemine dayalı GPS yardımıyla ya da kutupsal yönteme dayalı elektronik teodolit yardımıyla yerleri belirlenerek arazide kazık noktası, şehir içinde pullu çivi kullanılarak tesis edilmelidir. Üzerleri de sprey boya ile boyanmalıdır. Şebeke hatlarında da düğüm noktası, vanalar, yangın musluklarının yerleri arazide işaretlenmeli ve duvar, ağaç gibi yakın yerlere rahat bulmak için isimleri yazılmalıdır.

Depo yerleri, terfi merkezleri, vana odaları, basınç kırıcı odalar gibi yapıların yerlerinin köşe noktaları da aynı şekilde işaretlenmelidir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'den ya da Lisanslı Harita Kadastro Bürolarından (LİHKAB) alınan aplikasyon krokisiyle de bulunduğu parselin koordinatları ve belediye adına tahsisinin yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Tesisin oturacağı alanın köşe kazıkları daha önceden tesis edilmiş yer kontrol noktalarına bağlı olarak belirtilmelidir.

3.1.2. İmalatın kot ve koordinatının belirlenmesi

İçme suyu hatlarının projeye göre imalatının yapılması gereklidir. Yapılan imalatın kontrolü Bölge Müdürlüğüne aittir. İşin yürütülmesinde sorumlu mühendisler genelde inşaat mühendisi veya çevre mühendisleridir. Harita mühendisleri genel olarak imalatın kot ve koordinatlarının düzgün alınmasından sorumludurlar. Yapılan imalatın röleve ölçülerine göre yükleniciye hak ediş ödemeleri yapılmaktadır.

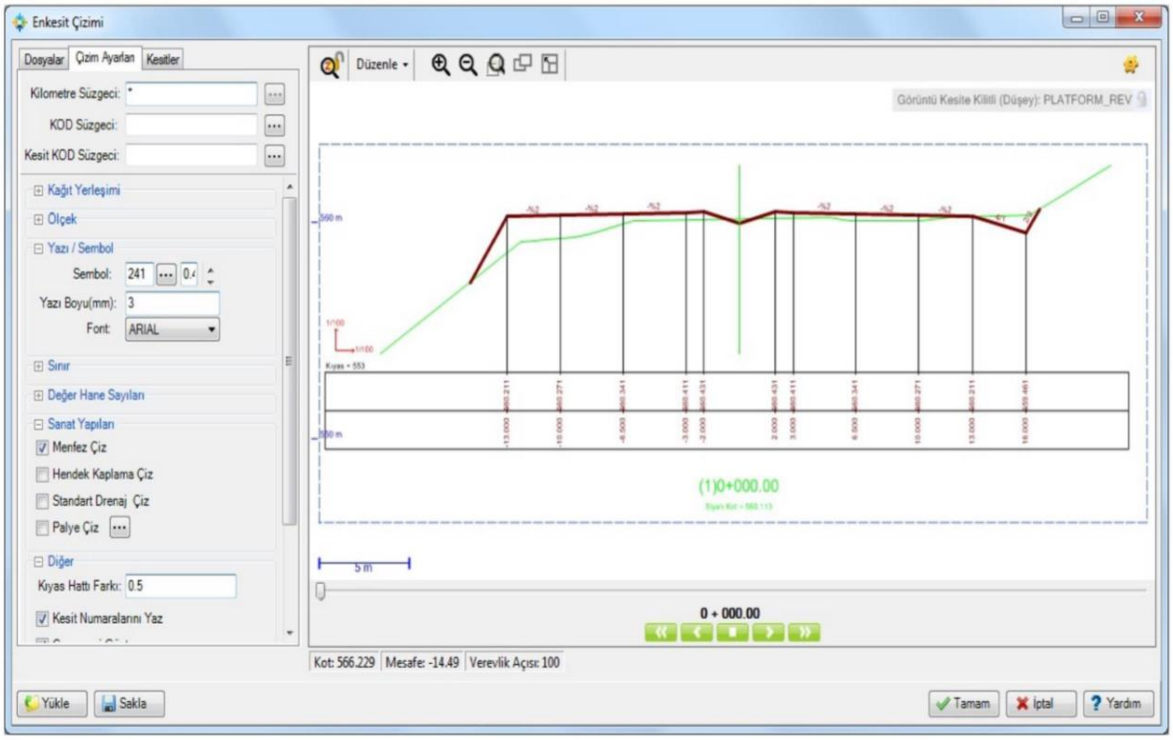
İletim hatlarının yapımı sırasında kotlar da büyük önem arz etmektedir. İsale hattının borularının kotunda döşenmesi için kalibrasyonu yapılmış nivo vasıtasıyla projede belirtilen bir nivelman noktasından çıkış alınarak olması gereken kazı derinliğinde borular yerleştirilmektedir. Boruların yerleştirilmesi Bölge Müdürlüğünden ihale sözleşmesine göre onay alınan bir topoğraf tarafından yürütülmektedir. Borular yerleştirildikten sonra hatlar kapatılmadan belli aşamalarda röleve ölçümleri gerçekleştirilmelidir. Röleve ölçümleri önce yüklenici firmanın harita mühendisi veya teknikeri tarafından yapılır daha sonra işin harita kontrol mühendisi tarafından tekrar röleve ölçümleri gerçekleştirilerek yapılan işin kontrolü sağlanmaktadır [8].

Röleve ölçümleri sırasında jeodezik GPS alıcısı veya poligonlara dayalı kutupsal yöntem kullanılarak elektronik teodolitle önce boru üzerinde, en az 60 m aralıklarla [19], ayrıca kırık noktalarından da ölçümler yapılarak okunan noktalar, sprey boya ile işaretlenmelidir. Daha sonra projesinde bulunan en yakın nivelman noktasından başlanıp işaretlenen noktalara orta okuma yapılarak başka bir nivelman noktasına gidiş dönüş nivelman yapılmalıdır. İki ölçü arasında fark 2 cm'yi geçmemelidir. Daha sonra hatlar kapatılmalıdır.

Bu yapılan ölçümler bilgisayar ortamına aktarılmalı ve herhangi bir CAD programında yüklenicinin yaptığı ölçümlerle kontrol mühendisinin yaptığı ölçümler kıyaslanmalıdır. Kontrol mühendisinin yaptığı ölçümlerle yüklenicinin yaptığı ölçümler arasında kotta 2 cm, koordinatta 3 cm üzeri fark yoksa ölçümler kabul edilmelidir. Daha sonra bilgisayar ortamında proje ile röleve ölçümleri kıyas edilmelidir. Eğer proje tadilatı yoksa proje kotu ile imalatın kotu arasındaki farkın 3 cm'den fazla olmaması beklenmektedir. Eğer sorun varsa işin yürütücüsü kontrol mühendisince Amirine bilgi verilerek sorunlu hattın düzeltilmesi sağlanmalıdır.

Şebeke hatlarında nivelmana gerek duyulmamaktadır. Hattın üzeri kapatılamadan önce jeodezik GPS alıcısıyla veya poligonlara dayalı kutupsal yöntem kullanılarak elektronik teodolitle kırık noktaları, düğüm noktaları, vanaların x, y, z okuması yapılmalıdır [8].

Depo yerlerinde, basınç kırıcı vanalarda, terfi merkezlerinde köşe noktaların su basman kotuna göre projenin kazı taban kotu ölçülmelidir. Yapının büyüklüğüne ve ihale sözleşmesine göre daha önce alınan plankoteyle kazı taban kotuna inildikten sonra tabandan yapılan plankoteye göre oluşturulmuş sayısal arazi modeliyle kazı hacmi hesapla bulunmalıdır. Kazı hacmi siyah kota göre oluşturulan enkesitlerle (Resim 6.1) kırmızı kota göre oluşturulan enkesitler vasıtasıyla hesaplanmaktadır.



Resim 3.1. Enkesit çizimi ekran görüntüsü

Plankote hektarda en az 150 nokta olacak şekilde arazinin düzgün bir sayısal model oluşturmasına izin verecek ve topoğrafyayı düzgün yansıtacak şekilde alınmalıdır [8]. Tesisin oturacağı yerin köşe noktalarından 50 m taşacak şekilde ölçülmelidir. Uygun bir CAD programı vasıtasıyla önce ilk duruma göre enkesitler oluşturulmalıdır. İlk duruma göre enkesitler oluşturulurken önce yapılmış plankotelere üçgenleme yapılarak yüzey geçirilmelidir. Üçgen model parametreleri en kısa üçgen 0,5 m ve en uzun üçgen 100 m

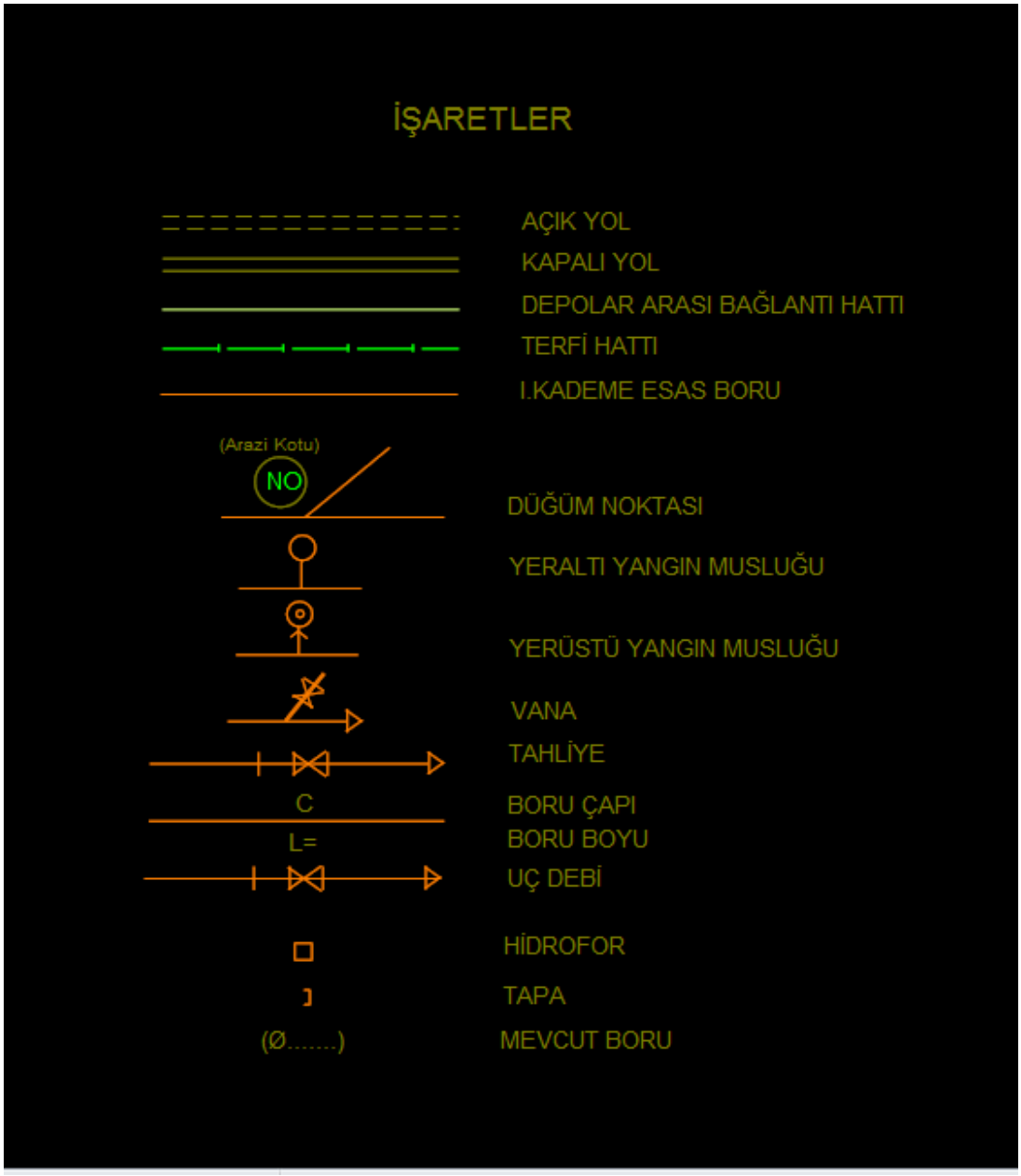
olacak şekilde yapılmalıdır. Üçgenleme yapılıp bozuk üçgenler ayıklandıktan sonra eş yükselti eğrileri geçirilmelidir. Eğri geçirilirken eş yükselti eğrilerinin 1m de bir geçirilmesi uygundur. Eğri geçirildikten sonra arazinin ham toprak yüzeyi belirlenmiş olmaktadır. Aynı işlemler arazinin kazısı yapıldıktan sonra alınan plankote için de yapılmalıdır. Daha sonra projesine göre arazinin kot değiştirdiği noktalara programda some noktaları atılmalı ve buradan güzergâh geçirilmelidir. Güzergâh tanımlandıktan sonra ilk durumu yansıtan yüzey ve ikinci durumu yansıtan yüzey tanımlanmıştır. İki enkesit güzergâh eksenine göre birleştirilmiş olarak üst üste çizilmelidir. Güzergâh boyunca tanımlanmış tüm some noktalarına göre ayrı ayrı enkesitler oluşturulmalıdır. Kot değişiminin olduğu her noktada düşey kesitlerin kazı ve dolgu alanları hesaplanmış olmaktadır. Bu alanları hesaplanması kazı hacminin hesaplanması için gerekmektedir. Daha sonra her bir enkesit ile bir önceki enkesitin alanlarının ortalamasının mesafelerin çarpımıyla bulunan ve toplam kazı hacmini gösteren kübaj cetveli bilgisayardan otomatik olarak hazırlanmaktadır. Hak ediş hesaplamalarında bu hacim kullanılmalıdır.

3.1.3. Sayısal işletme planının hazırlanması

Arazide isimlendirme tamamlandıktan sonra tüm imalatı yapılan muayene ve parsel bacaları, C parçalarının kot ve koordinatları bilgisayar destekli tasarım (CAD) programı aracılığı ile bilgisayara girilir. Yapılacak her çizim için ayrı tabaka oluşturulmalıdır.

İletim hatları için su alma yapısından başlanarak depoya kadar olan hattın mesafesi, hattın eğimi, boru çapı, atüsü yazılmalıdır. Parsel bacalarının muayene bacasına ya da C parçasına bağlantısı ok yönü akar şekilde çizilmelidir. Bağlantı hattının altına boru çapı, cinsi yazılmalıdır. Ara mesafesi üstüne yazılmalıdır. Vana, düğüm noktaları, yangın musluğu, basınç kırıcı odaların üstüne ismi ve zemin kotları yazılmalıdır [8].

Hazırlanan sayısal işletme planına imar planı işli sayısal hâlihazır harita düşük tonda eklenmelidir. İmar adası kenarları kalınlaştırılmalıdır. Bununla beraber yer kontrol noktalarının (nirengi, poligon, RS, röper noktası, AN, vb.) ismi ve kotları yazılmalıdır [8].



Resim 3.1. İçmesuyu işletme planı notasyonu ekran görüntüsü

Çizim için 1/1000 ölçeği kullanılmalıdır. Sayısal hâlihazır harita pafta fihristine uygun paftalar açılmalı ve karelajlar yerleştirilmelidir. Koordinat kenar yazıları yazdırılmalıdır. Lejant ve özel işaretler pafta kapağında yazılmalıdır (Resim 6.2). Her paftadan renkli çıktı alınmalıdır. Hazırlanmış dosyalar bilgisayar ortamında NCZ ve DXF formatında saklanmalıdır [8].

Hesap cildinde sayısal işletme planında öncelikle işin adı, yeri, hat sayısı, vana, düğüm noktaları, abone noktaları vs. sayısı, gibi işi anlatan, kısa bir rapor ve kullanılan

tüm noktaların (yer kontrol noktaları, kot noktaları, röper noktaları vs.) kot ve koordinatları tablo halinde cilde konmalıdır.

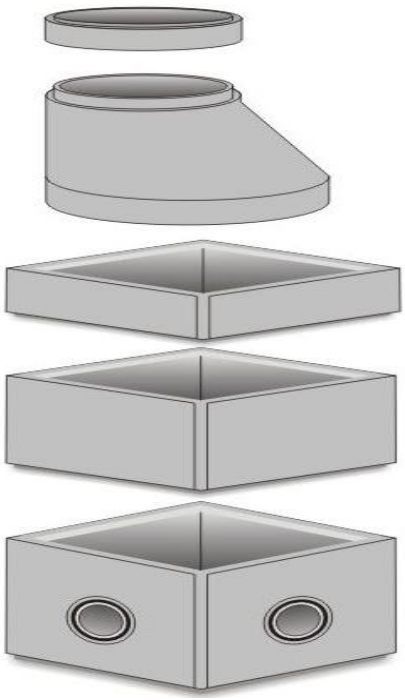
Tüm detay noktaları sıra halinde isim, koordinat ve boru üstü kotları tablo halinde yazılmalıdır. İki muayene bacası arasındaki eğim, yatay mesafe, eğik mesafe, boru çapı, boru cinsi yazılmalıdır. Bununla beraber terfi merkezi, basınç kırıcı odalar, depo gibi yapıların isim koordinat ve hacimleri üst kısımlarına tablo olarak yerleştirilmelidir [8].

Bununla birlikte yapılan tüm nivelman ölçüleri, kot hesapları, röper krokileri cilde konmalıdır. Cilt için hazırlanan tüm evrak ve raporların sayısal değerleri çizim için hazırlanan sayısal değerlerle birlikte CD olarak ayrıca arşive alınmalıdır.

3.2. İller Bankası A.Ş. Kanalizasyon Projelerinde Haritacılık Çalışmaları

Kanalizasyon inşaatı çalışmalarında harita faaliyetleri, İller Bankası Sayısal İşletme Planları Özel Teknik Şartnamesi ve uygulamada kullanılan genel kabullere göre aşağıdaki başlıklar altında açıklanmıştır.

3.2.1. Muayene bacalarının ve sanat yapılarının araziye aplikasyonu



Resim 3.3. Örnek kanalizasyon bacası [9]

Hazırlanan projenin uygulanmasına deşarj noktasından başlayarak muayene baca noktalarının aplikasyonu yapılmalıdır.

Aplikasyon için öncelikli olarak sayısal ortamda üretilen projeden muayene bacalarının koordinatları sayısallaştırılarak alet veri kayıt cihazına yüklenmelidir. Aplikasyon GPS ile Real Time Kinematic (RTK) ya da Cors-Tr yöntemiyle GPS yardımıyla ya da poligonlara dayalı olarak kutupsal yöntemle elektronik teodolit yardımıyla yapılmalıdır.

Terfi merkezi, arıtma tesisi gibi yapıların yerlerinin köşe noktaları da aynı şekilde işaretlenir. TKGM'den ya da LİHKAB'dan alınan aplikasyon krokisiyle de bulunduğu parselin koordinatları ve Belediye adına tahsisinin yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Tesisin oturacağı alanın köşe kazıkları daha önceden tesis edilmiş yer kontrol noktalarına bağlı olarak belirtilmelidir. Aplikasyon noktalarına şehir içinde pullu çivi, arazide kazık çakılmalıdır. Yanına görülebilecek yerlere muayene baca ismi yazılmalıdır.

Terfi merkezi, arıtma tesisi gibi yapıların yerlerinin köşe noktaları da aynı şekilde işaretlenir. TKGM'den ya da LİHKAB'dan alınan aplikasyon krokisiyle de bulunduğu parselin koordinatları ve Belediye adına tahsisinin yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Tesisin oturacağı alanın köşe kazıkları daha önceden tesis edilmiş yer kontrol noktalarına bağlı olarak belirtilmelidir. Aplikasyon noktalarına şehir içinde pullu çivi, arazide kazık çakılmalıdır. Yanına görülebilecek yerlere muayene baca ismi yazılmalıdır.

3.2.2. Hatların imalatları yapılırken kotların verilmesi

Resim 3.4. Sayısal nivo ile nivelman yapılması [10]

Proje kapsamında kot noktalarından çıkış alınarak muayene baca noktalarından başlayarak hat boyunca deşarj noktasına kot taşınmalıdır. Muayene bacalarını ve hattı belirtilen eğime göre döşeyebilmek için nivelman hattı boyunca ara noktalara kot taşınmalıdır. İsimlendirilerek nivelman ölçü karnesine kaydedilmelidir.

Kot taşımak içi otomatik nivo kullanılmaktadır. Küresel düzeç ayarlandıktan sonra hemen okunduğundan pratik olmaktadır. Kazı yapılan yerlere kot okuması yapılmalıdır. Eğime uygun proje kotuna ulaşıldığı an akar kotu bulunmuş olmaktadır. Kazı kontrolünde RS ya da röper kot noktasından çıkış alınmalıdır. Kazı yapılan yerlere mira tutularak kot değeri hesaplanmalıdır. Proje kazı derinliğine gelinceye kadar kazı ve dolgu yapılmalıdır.

Muayene bacaları arasında döşenecek hattın akarı, eğimi, mesafesi projede mevcuttur. Akar muayene bacasından başlanarak bir sonraki bacaya kadar akar devam edilerek hat döşenmelidir. Hattın boru birleşim yerleri her seferinde kot değeri hesaplanıp kot kontrolu yapılarak imalat devam etmelidir.

Parsel bacalarındaki suyu atmak için hat arasına C parçası yerleştirilmektedir. C parçaları uygulama anında yerleştirildiği için projede yeri belli olmamaktadır. Bu amaçla imalat anında röleve alınmalıdır. Röleve ölçüsünde akar ve üstündeki muayene bacasının isimleri, akar ve zemin kot değerleri yazılmalıdır. Akar muayene bacası boru giriş noktasından C parçası arasındaki mesafe ve C parçasının üst orta noktasının koordinat değeri röleveye işlenmelidir [11].

3.2.3. İmalatın kot ve koordinatının belirlenmesi

İmalatı yapılan C parçalarına ve parsel bacalarına imalat sırasında koordinat verilmelidir. Koordinat RTK ya da Cors-Tr yöntemiyle GPS yardımıyla ya da poligonlara dayalı olarak kutupsal yöntemle elektronik teodolit yardımıyla verilmelidir.

Koordinat okumaları C parçalarının imalat anında üst orta noktalarına, muayene ve parsel baca kapak orta noktalarına yapılmalıdır. Her iki yöntemde de koordinat okuması 1'er saat ara ile 2 defa yapılmalıdır. Okumaların ortalamaları kesin koordinat olmaktadır.

Kot vermek için RS ya da röper noktasından çıkarak sırayla muayene bacalarına kot verilerek başka bir röper noktasına bağlanılmalıdır. Nivelman güzergâh uzunluğu mümkün olduğunca 1000 metreyi geçmemelidir. Nivelman yapılırken muayene bacalarının akar, şut ve kapak orta noktalarına mira tutulmalıdır.

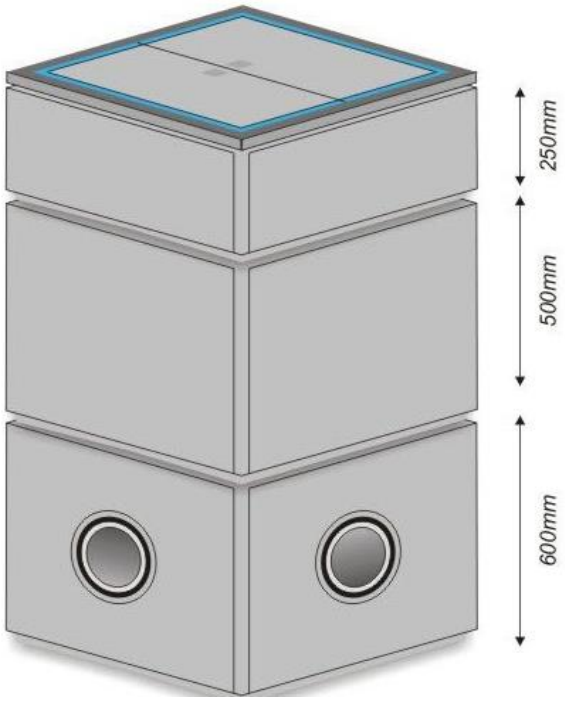
Nivelman ölçüsü otomatik nivo ile gidiş dönüş yapılmalıdır. Mira okumaları 4 haneli olmalı ve röper noktaları kot farkları ile yapılan ölçü arasındaki kot farkı 2 cm'yi geçmemesi gerekmektedir. Gidiş ve dönüş okumalar yardımıyla kotlar verilir. Kotların ortalaması alınarak kesin değerler hesaplanmalıdır.

3.2.4. İlave muayene bacalarının ve parsel bacalarının isimlendirilmesi

Kanalizasyon imalatı yapılırken projede tadilat yapılabilmektedir. Bazen ilave muayene bacalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Proje dışı ilave imalat söz konusu ise yeni isimlendirme söz konusu olmaktadır.

Akar yönde olan muayene bacasına bağlı ilave muayene bacası ismini gerideki bacadan alınmalıdır. Örneğin akar yöndeki muayene bacasının ismi B101 ise ilave bacanın ismi B101/A olmalıdır. Birden fazla ise B101/B, B101/C vs. olmalıdır. Bu isimlendirmede B muayene bacasını,101 akar muayene bacası numarasını , '/' ek baca olduğunu ve A, B, C harfleri de akar muayene bacasına yakınlık sırasını ifade etmektedir. Parsel bacaları projede belirtilmemektedir. Uygulama anında ortaya çıkmaktadır. Mesken ve işyerlerinin pis sularının bağlandığı yerlerdir. İsimleri uygulama anında verilmelidir.

İmalatı yapılan parselin hangi iki baca arasında olduğu belirlenmelidir. Parsel bacası ismini akar yönündeki muayene bacasının isminden almaktadır. Örneğin akar yönündeki muayene bacasının ismi B305 olduğunda parsel bacasının ismi P305 olmaktadır.



Resim 3.5. Örnek parsel bacası [12]

Parsel bacası (Resim 3.5.) muayene bacasına bağlanıyor ise isimlendirme farklı olmaktadır. Muayene bacasının ismi B122 ise parsel bacasının ismi P122-1 olmalıdır. Aynı muayene bacasına birden fazla parsel bacası bağlanıyor ise P122-2, P122-3 şeklinde isimlendirilmelidir. Bu isimlendirmede B muayene bacasını, P parsel bacasını, 122 akar muayene bacası numarasını, '-' parsel bacasının muayene bacasına bağlandığını; 1, 2, 3 de akar muayene bacasına yakınlık sırasını tarif etmektedir.

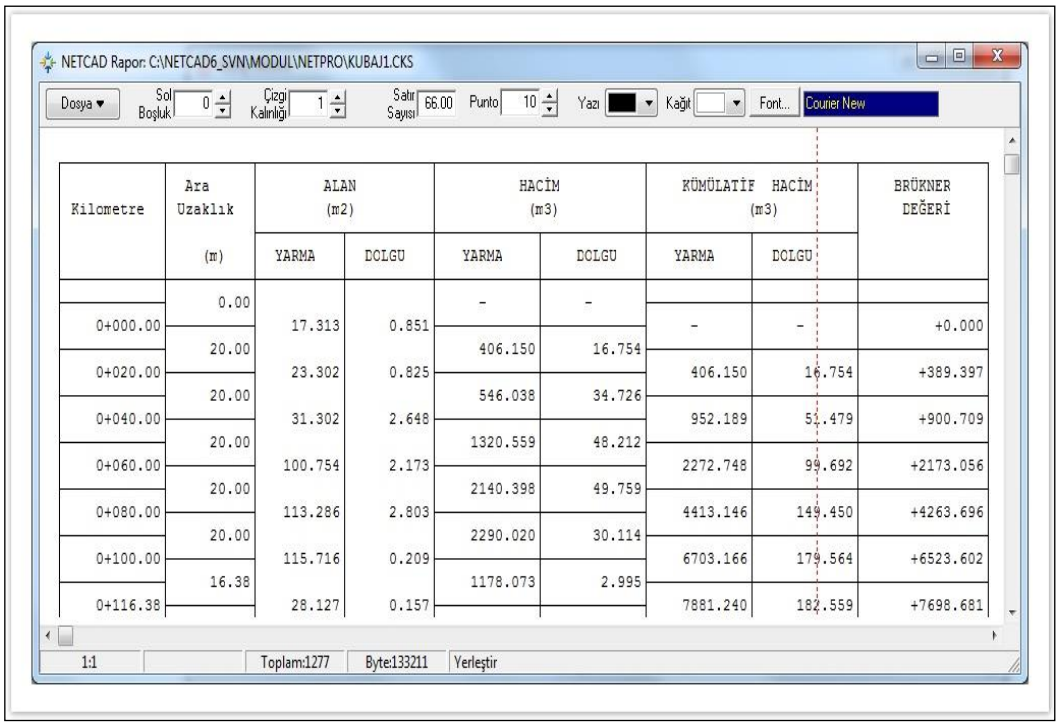
Bu isimlendirmede B muayene bacasını, P parsel bacasını, 140 akar muayene bacası numarasını, '/' parsel bacasının C parçasına bağlandığını ve 1, 2, 3 de akar muayene bacasına yakınlık sırasını tarif etmektedir. Bu işlemlerin sonunda isimlendirme tamamlanmış olmaktadır.

3.2.5. Arıtma tesisi ve terfi merkezlerinin imalatının kontrol edilmesi

Arıtma tesisi ve terfi merkezlerinin köşe noktalarının su basman kotuna göre projenin kazı taban kotu ölçülmelidir. Yapının büyüklüğüne ve ihale sözleşmesine göre daha önce alınan plankoteyle kazı taban kotuna inildikten sonra tabandan yapılan plankoteye göre oluşturulmuş sayısal arazi modeliyle kazı hacmi hesapla bulunmalıdır.

Siyah kota göre oluşturulan enkesitlerle kırmızı kota göre oluşturulan enkesitler vasıtasıyla kazı hacmi hesaplanmalıdır. Plankote hektarda en az 150 nokta olacak şekilde arazinin düzgün bir sayısal model oluşturmasına izin verecek ve topoğrafyayı düzgün yansıtacak şekilde alınmalıdır [8]. Tesisin oturacağı yerin köşe noktalarından 50 m taşacak şekilde alınmalıdır.

Uygun bir CAD programı vasıtasıyla önce ilk duruma göre enkesitler oluşturulmalıdır. İlk duruma göre enkesitler oluşturulurken önce yapılmış plankotelere üçgenleme yapılarak yüzey geçirilmelidir. Üçgen model parametreleri en kısa üçgen 0,5m ve en uzun üçgen 100 m olacak şekilde yapılmalıdır. Üçgenleme yapılıp bozuk üçgenler ayıklandıktan sonra eş yükselti eğrileri geçirilmelidir. Eğri geçirilirken eş yükselti eğrilerinin 1 m de bir geçirilmesi uygun olmaktadır. Eğri geçirildikten sonra arazinin ham toprak yüzeyi geçirilmiş olur. Aynı işlemler arazinin kazısı yapıldıktan sonra alınan plankote için de yapılmalıdır. Daha sonra projesine göre arazinin kot değiştirdiği noktalara programda some noktaları atılmalı ve buradan güzergâh geçirilmelidir. Güzergâh tanımlandıktan sonra ilk durumu yansıtan yüzey ve ikinci durumu yansıtan yüzey tanımlanmış, güzergâh eksenine göre birleştirilmiş olarak iki enkesit üst üste çizimi yapılmalıdır. Güzergâh boyunca tanımlanmış tüm some noktalarına göre ayrı ayrı enkesitler oluşturulmalıdır. Kot değişiminin olduğu her noktada düşey kesitlerin kazı ve dolgu alanları hesaplanmış olmaktadır. Bu alanları hesaplanması kazı hacminin hesaplanması için gerekmektedir. Daha sonra her bir enkesit ile bir önceki enkesitin alanlarının ortalamasının mesafelerin çarpımıyla bulunan ve Resim 3.6'da hazırlandığı gibi toplam kazı hacmini gösteren kübaj cetveli bilgisayardan otomatik olarak hazırlanmaktadır. Hak ediş hesaplamalarında bu hacim kullanılmalıdır.



Kilometre	Ara Uzaklık (m)	ALAN (m2) YARMA	ALAN (m2) DOLGU	HACİM (m3) YARMA	HACİM (m3) DOLGU	KÜMÜLATİF HACİM (m3) YARMA	KÜMÜLATİF HACİM (m3) DOLGU	BRÜKNER DEĞERİ
	0.00			-	-			
0+000.00		17.313	0.851			-	-	+0.000
	20.00			406.150	16.754			
0+020.00		23.302	0.825			406.150	16.754	+389.397
	20.00			546.038	34.726			
0+040.00		31.302	2.648			952.189	51.479	+900.709
	20.00			1320.559	48.212			
0+060.00		100.754	2.173			2272.748	99.692	+2173.056
	20.00			2140.398	49.759			
0+080.00		113.286	2.803			4413.146	149.450	+4263.696
	20.00			2290.020	30.114			
0+100.00		115.716	0.209			6703.166	179.564	+6523.602
	16.38			1178.073	2.995			
0+116.38		28.127	0.157			7881.240	182.559	+7698.681

Resim 3.6. Kübaj hesabı ekran görüntüsü

3.2.6 Sayısal işletme planı ve hesap cildi hazırlanması

Sayısal işletme planı için arazide isimlendirme tamamlandıktan sonra tüm imalatı yapılan muayene ve parsel bacaları, C parçalarının kot ve koordinatları CAD programı aracılığı ile bilgisayara girilmelidir. Yapılacak her çizim için ayrı tabaka oluşturulmalıdır [13].

Hat çizimleri farklı renklerde, deşarjdan başlanarak akar yönünde ok işaretiyle gösterilmelidir. Hat güzergâhının mesafesi, hattın eğimi, boru çapı, boru cinsi yazılmalıdır. Parsel bacalarının muayene bacasına ya da C parçasına bağlantısı ok yönü akar şekilde çizilmelidir. Bağlantı hattının altına boru çapı, cinsi yazılmalıdır. Ara mesafesi üstüne yazılmalıdır.

Muayene bacaları ismi, akar, şut, kapak kotları yazılmalıdır. Parsel bacalarının ismi, akar ve kapak kotları yazılmalıdır. C bağlantı noktalarının da ismi ayrıca gösterilmelidir. Hazırlanan sayısal işletme planına imar planı işli sayısal hâlihazır harita düşük tonda eklenmelidir. İmar adası kenarları kalınlaştırılmalıdır. Bununla beraber yer kontrol noktalarının (nirengi, poligon, RS, röper noktası, AN vb.) noktalarının ismi ve kotları yazılmalıdır.

Çizim için 1/1000 ölçeği veya 1/2000 ölçeği kullanılmalıdır. Sayısal hâlihazır harita pafta fihristine uygun paftalar açılmalı ve karelajlar yerleştirilmelidir. Koordinat kenar yazıları yazdırılmalıdır. Lejant ve özel işaretler pafta kapağında yazılmalıdır. Her paftadan renkli çıktı alınmalıdır. Hazırlanmış dosyalar bilgisayar ortamında NCZ ve DXF formatında saklanmalıdır [13].

Hesap cildinde sayısal işletme planında öncelikle işi adı, yeri, hat, muayene bacası, parsel baca, C parçası vs. sayısı gibi işi anlatan, kısa bir rapor ve kullanılan tüm noktaların (yer kontrol noktaları, kot noktaları, röper noktaları vb.) kot ve koordinatları tablo halinde cilde konmalıdır. Akardan başlayarak imalat sırasına göre tüm muayene bacaları hatlar halinde sırayla isim, koordinat, akar, şut, kapak kotları, derinlikleri tablo halinde yazılmalıdır. İki muayene bacası arasındaki eğim, yatay mesafe, eğik mesafe, boru çapı, boru cinsi yazılmalıdır.

Yine parsel bacaları için imalat hattı sırasına göre C parçası veya muayene bacasına bağlanma şekline göre sıralama yapılmalıdır. Parsel bacasının öncelikle üst kısmına muayene bacasının ya da C parçasının ismi yazılmalıdır. Altına da parsel bacasının ismi, koordinatları, akar, şut, kapak kotları, derinlikleri, hattın eğimi, yatay mesafe, eğik mesafe, boru çapı, boru cinsi tablo halinde yazılmalıdır. Tablolar her hat için ayrı ayrı hazırlanmalıdır.

Parsel bacalarının bağlanmadığı C parçaları akardan başlamak üzere hat sırasına göre sıralanmalıdır. İsmi, kot ve koordinat değerleri yazılmalıdır. Bununla birlikte yapılan tüm nivelman ölçüleri, kot hesapları, röper ölçü krokileri de cilde konmalıdır.

Cilt için hazırlanan tüm evrak ve raporların sayısal değerleri çizim için hazırlanan sayısal değerlerle birlikte CD olarak ayrıca arşive alınmalıdır [13].

3.3 Mevcut İçme Suyu ve Kanalizasyon Hatlarının Haritalarının Çıkarılması

3.3.1 Teknik altyapı haritalarının önemi

Kentlerimizde teknik altyapı tesislerinin nitelik, konum, fonksiyon bilgileri personelin bilgi ve hafızasında saklanmaktadır. Bozulma, tamir ve potansiyel olarak yaşanabilecek arızalarda bu çalışmaları yapmış emekli personelin bilgisinden de faydalanılması çokça gözlenen durumlardandır [14].

Güvenilir, konumsal ve sözel bilgilerin ve belgelerin işletmecilerin elinde bulunmaması çalışmalarını güçleştirmekte ve yapım masraflarını arttırmaktadır. Bununla beraber günü kurtarmak için plansız, programsız yatırımlar yapmalarına sebep olmaktadır. Gelişmiş ülkelerde mevzuat, tesis ve organizasyon açılarından eski bir birikime ve geçmişe sahip olan bu konu artık ülkemizde de önemini hissettirmektedir.

Yer altı tesislerinin güzergâhları ve yardımcı tesislerinin bölümlerinin konum ve mülkiyete ilişkin durumlarının belirlenmesi altyapı kadastrosunun konusunu oluşturmaktadır [14].

- Tesislerin ölçümü, fonksiyonlarının niteliklerinin mülkiyet bilgilerinin etüt ve röleve ölçümlerinin yapılarak haritalara işlenmesi,
- İnşaat halindeki tesislerinin ölçümü, fonksiyonlarının niteliklerinin mülkiyet bilgilerinin etüt ve röleve ölçümlerinin yapılarak haritalara işlenmesi olarak incelenebilir.

Bu konuda hedeflenmesi gereken, gelişmiş bilgi işlem imkânlarından faydalanılarak bütün teknik altyapı tesisleri ile ilgili olarak 3 boyutlu sayısal konuma ilişkin bilgilerin ileri otomasyon sistemi ile toplanıp sistemleştirilmesidir. Bununla birlikte öznitelik bilgisi olarak adlandırılan malzeme türü, tesisin yapım tarihi, olası arıza ve tahribat potansiyeliyle ilgili hususlar, diğer bütün altyapı tesisleriyle ilişki durumlarının kullanıcı ve konum bilgileri ile bütünleştirilerek sonuç olarak da kente ait diğer bilgilerle entegrasyonun sağlanması olmalıdır.

Böylece arızalar kolaya ulaşılıp diğer altyapı kuruluşlarının arasındaki ihtilafların azalarak koordinasyonun kolaylaşacağı bilinmektedir. Bu konuda oluşacak teknik altyapı haritalarının ne kadar yararlı olacağı açıktır. Faydaları;

- Bu hat ve tesislere ulaşırken diğer altyapı tesislerine zarar vermeden ulaşım ve tesislerin korunmasana kolaylık sağlaması,
- Tesis sahipleri ve onları kullananlar arasında problemlerin azalması,
- Mevcut yer altı mekânın iyi değerlendirilmesi,
- Kent bilgi sistemleri için gerekli arazi bilgilerinin sağlanması
- Kişilere bağımlılıktan ve deneme yanılma yollarına başvurmaya gerek duymadan işlemlerin yürütülmesi olarak sayılabilir [14].

3.3.2 Mevcut içme suyu ve kanalizasyon haritalarının çıkarılması işlemleri

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü, mevcut teknik altyapı tesislerinin konumlarının tespit edilmesinde aşağıda tanımlanan hususları göz önüne alarak sınıflandırma yapmıştır. (Bkz. EK-1)

- D kalite seviyesi: Öncelikle kılavuz pafta hazırlanmaktadır. Bölgenin büyük ölçekli güncel hâlihazır haritasının üzerine mevcut işletme planları, içme suyu hat ve tesisleri ile ilgili mevcut metinsel ve grafik bilgiler yaklaşık olarak haritalara işlenmelidir. Hatlar hakkında bilgisi olan kişilerin bilgi ve tecrübelerinden faydalanılarak elde olan bilgiler paftanın üzerine işaretlenmelidir.
- C kalite seviyesi: Görünen bacalar, sanat yapıları, depolar vs. eldeki verilere göre dolaşılarak görünen yerlerin ölçümleri yapılmaktadır. Yapılan ölçümler bölgenin büyük ölçekli güncel hâlihazır haritasının üzerine işlenmelidir.
- B kalite seviyesi: Jeofizik yöntemlerin kullanılarak altyapı haritalarının çıkarılmasını kapsamaktadır. Akustik yöntemle ya da elektro manyetik yöntemler kullanılarak boru ya da metal cisimler ile cihazın zemine temas ettiği nokta arasında mesafe doğrudan ölçülebilmektedir. Söz konusu ölçü yöntemlerinin altyapı haritalarının çıkarılmasındaki önemleri sebebiyle ayrı bir başlık halinde incelenecektir.
- A kalite seviyesi: Araştırma çukuru açılarak doğrudan tespit edilmektedir. Metal olmayan boruların konumlarının belirlenmesinde veya metalse da boruyu görerek bilgi alınması gerekiyorsa özellikle hattın ve tesislerin karmaşık olarak konumlandığı bölgelerde bu yönteme gerek duyulmaktadır. Eğer etüdü yapılacak hattın suyu kesilemiyorsa da bu yöntem kullanılmalıdır. Asfalt olan yerlerde asfalt makinesi ile ya da ham toprak üzerinde makine ya da insan gücü ile kazılarak boruya ulaşılmalıdır. İnşaat aşamasında hat açıkken yapılan ölçümler de A seviyesi altyapı harita belirleme yöntemi sayılmaktadır.

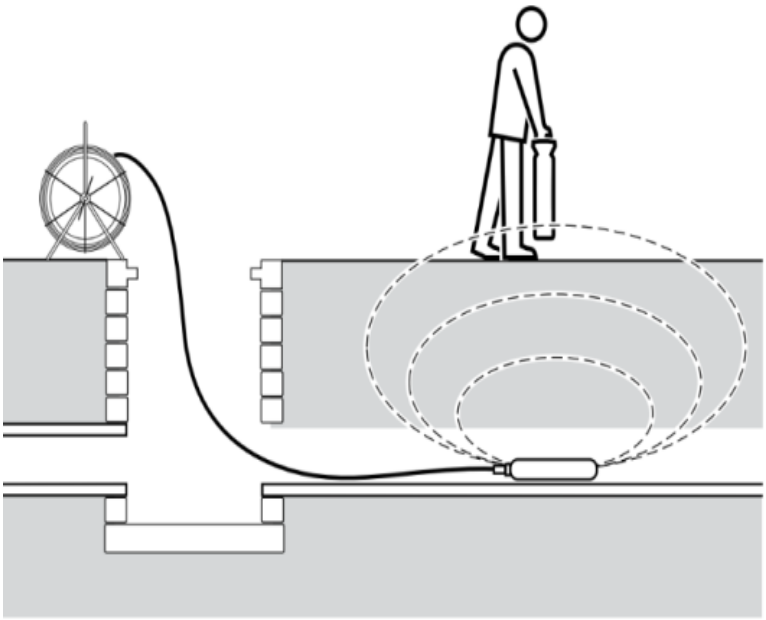
3.3.3. Mevcut içme suyu ve kanalizasyon haritalarının jeofizik yöntemlerle çıkarılmasında kullanılan araçlar

Altyapı haritalarının hazırlanmasında kullanılan jeofizik yöntemlerinde kullanılan araçlardan bazıları şu şekildedir;

Metal Dedektörü: Gömülü demir içerikli metalleri bulmak için çok yönlü bir ekipmandır. (Resim 3.7) 2,5 m derinliğe kadar olan menhol kapakları, vana kutuları, su kesme noktaları gibi nesneleri rahatlıkla tespit edebilmektedir. Depolama tankları, variller, dökme demir borular da dâhil olmak üzere büyük nesneleri tespit ederken 4,5 m derinliğe ulaşabilmektedir. Sesli uyarı gömülü bir nesnenin tespitinde duyulur. LCD gösterge özellikle karmaşık alanlarda doğruluğu daha da arttırmak için sinyal gücünü ve bar grafiğini göstermektedir [15].

Resim 3.7. Metal detektör fotoğrafı [15]

Cam elyaf kablolar: Resim 3.8 ve Resim 3.9'te görülen kablolar vasıtasıyla plastik borulardan oluşmaktadır. 15 m derinliğe kadar boruların içerisine sokularak gönderdiği radyo frekansları izlenerek hatlar tespit edilebilmektedir [16].



Resim 3.8. Cam elyaf kablo çalışma prensibi

Resim 3.9. Cam elyaf kablo fotoğrafı [16]

Yer altı radarları: Yer radarı, araştırması yapılan yüzeyin sığ derinliğinin yüksek çözünürlükte görüntüleme kabiliyeti olan elektromanyetik bir yöntemdir. Bu yönteme bir sonraki bölümde çok daha detaylıca değinilecektir.

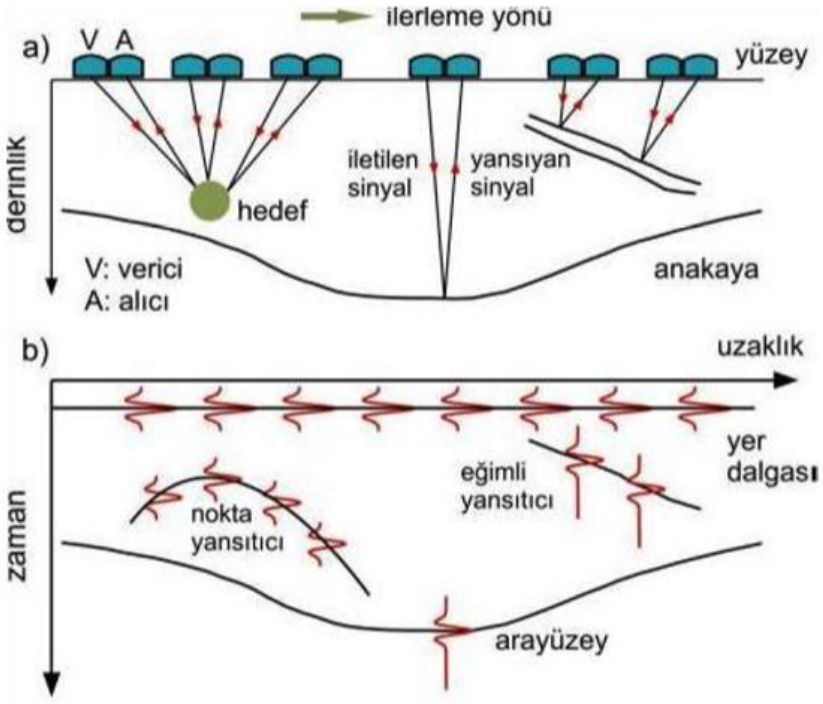
Akustik yöntemle belirleme : Zemine ses dalgaları yollanarak yansıyan titreşimlerin işlenmesi prensibi ile çalışan bir sistemdir.

Resim 3.10. Akustik alım jeneratörü fotoğrafı [17]

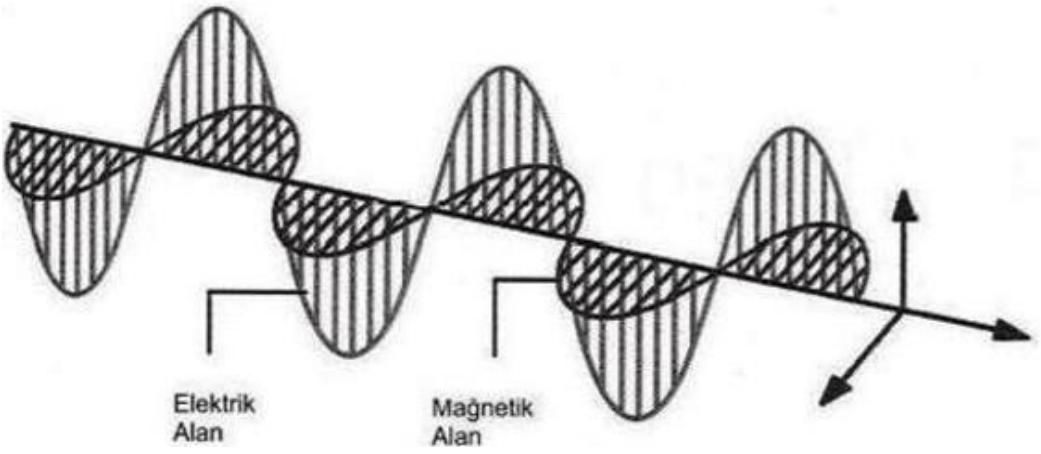
4. YER RADARI YÖNTEMİ

4.1. Yer Radarı Yönteminin Tanımı

Yer Radarı (GPR); araştırılacak alanın sığ derinliklerini yüksek çözünürlükle görüntülenmesini sağlayan elektromanyetik yöntemdir. Bu yöntemde bir kaynak tarafından araştırılan ortama gönderilen ve zaman içinde değişen yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar kullanılarak incelemeler yapılmaktadır (Şekil 4.1). Değişken zamanlı elektromanyetik alanlar, elektrik ve magnetik alanların bileşeninden oluşmaktadır (Şekil 4.2). Bu alanlar, yer altındaki malzemelerin tesiri altında farklılaşmakta ve yer altındaki yapıların elektriksel niteliklerinin farklılaşmasının gözlenmesine izin vermektedir [18]. Bir verici antenle araştırılacak alana gönderilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgaların bir bölümü, yeraltında değişik dielektrik özelliklere (; permitivite, σ; iletkenlik, μ; manyetik geçirgenlik) sahip yüzeylere çarparak geri dönerken, bir diğer bölümü ise daha dip bölgelere yayılabilmektedir. Bu sinyaller alıcı antenler vasıtası ile toplanıp, kontrol biriminde depolanmakta ve bu sayede çift yol seyahat zamanı nanosaniye birimi ile kayıt altına alınmaktadır[19].



Şekil 4.1. a) Yer radarı ile görüntüleme yönteminin genel çalışma prensibi Radargram [20]



Şekil 4.2. Elektromanyetik dalga yayılımı [21].

Bu yöntem ile kullanılan verici antenin frekansı 10 MHz ile birkaç GHz arasında değişmektedir. Çalışma alanına yollanan sinyaller zamanın fonksiyonu olarak kayıt altına alınır. Daha yüzeysel bölgelerden çarparak geri dönen sinyaller kayıt altına alınarak "radargram" olarak isimlendirilir. Bu sebeple yer radarı ile görüntüleme temel olarak sismik yansıma çalışmaları ile benzerlik göstermektedir. Sismik yansıma çalışmalarında kullanılan kaynak yer radarı ile görüntüleme yönteminde verici antene, jeofonlar ise alıcı antene denk düşmektedir. Temelde yayılan enerjinin cinsi açısından bu yöntemler birbirlerinden farklılık gösterir. Yer radarı ile görüntülemede elektromanyetik dalga kullanılırken, sismik yöntemde akustik dalga kullanılmaktadır. Yer radarı ile görüntüleme (GPR) yönteminde gönderilen dalga frekansı ile ilişkili olarak araştırılacak yüzeydeki yapıların yer altındaki konumu ve şekli santimetre düzeyindeki hassaslıkla belirlenebilir. Bu sebeple yer radarı ile görüntüleme yöntemi son yıllarda derinliğin fazla olmadığı çalışmalarda kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir. GPR sinyalleri kuru kum, granit ya da mermer gibi geçirgenliği az olan yüzeylerde veya ortamlarda ortalama 50-60 m derinliklere kadar ilerleyebilmektedirler (Tablo 4.1). Islak kil, şeyl ve diğer yüksek iletkenlikli yüzeyler GPR sinyallerini absorbe etmekte, dolayısıyla bu sinyallerin nüfuz edebileceği derinliği 1 m ya da daha az olarak sınırlandırmaktadır. Ayrıca nüfuz derinliği, kullanılan antenin frekansına da bağlıdır. 25- 200 MHz'lik düşük frekanslı antenler yeraltında daha derinden yansımalar alırken elde edilen radargramların çözünürlüğü düşük olmaktadır. Yüksek frekanslı antenlerde çözünürlük artarken araştırma derinliği azalmaktadır [18].

Çizelge 4.1. Farklı anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları [22].

Anten Frekansı (MHz)	Hedef nesne boyutunun alt limiti (m)	Yaklaşık derinlik aralığı* (m)	Yaklaşık maximum nüfuz derinliği (m)
25	1	5-30	35-60
50	0.5	5-20	20-30
100	0.1-1	2-15	15-25
250	0.005-0.01	1-10	5-15
500	0.04	1-5	3-10
800	0.02	0.4-2	1-6
1000	Cm	0.05-2	0.5-4

Yer radarı ile görüntüleme çalışmalarında yüzeysel özelliklerin tespit edilebilmesini etkileyen en önemli iki neden araştırma yapılan zeminin iletkenliği ve dielektrik sabitidir [23]. Sudan çok fazla etkilenen bu iki faktör GPR'ın sağlıklı bilgi üretebilmesi açısından çok fazla etkiye sahiptir [24]. Tablo 1.2'de bazı jeolojik malzemelere ait dielektrik sabit, iletkenlik, yayılma hızı ve soğrulma değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Genel jeolojik malzemelerin dielektrik, iletkenlik, hız ve soğrulma değerleri. n/a bu malzemeler için bir değer olmadığını ifade etmektedir[25].

Malzeme	**Bağıl dielektrik, Sabit**	**İletkenlik, σ, (mS/m)**	**Yayılım hızı, V, (m/nsn)**	**Soğrulma, Soğrulma sabiti,α**
Hava	1	0	0.3	0
Buz	3-4	0.01	0.16	0.01
Su (taze)	80	0.5	0.033	0.1
Su (tuzlu)	80	3000	0.01	1000
Topraklar				
Kil	5-40	2-1000	0.06	1-300
Toprak (kuru)	3-5	0.01	0.15	0.01
Toprak (doygun)	20-30	0.1-1.0	0.06	0.03-0.3
Silt	5-30	1-100	0.07	1-100
Mineraller				
Kalsit	7.8-8.5	$5*10^{-10}$	0.11	$3*10^{-10}$
Kuvars	4.2-5	$3*10^{-4} - 5*10^{-12}$	0.13-0.15	$2*10^{-8} - 4*10^{-12}$
Tortul kayalar				
Kireçtaşı	4-8	0.5-2	0.12	0.4-1.0
Tuz (kuru)	5-6	0.01-1	0.13	0.01-1
Kumtaşı	5-15 4.7-12	$1*10^{-5} - 0.7$	0.09-0.14	$5*10^{-8} - 0.6$
Şeyl	5-15	1-1000	0.09	1-1000
Magmatik kayalar				
Bazalt	12	$8*10^{-6} - 0.025$	0.09	$4*10^{-6} - 0.01$
Dasit	6.8-8.2	0.05	0.12	0.03
Diyabaz	10.5-34.5	$2*10^{-5} - 50$	0.05-0.09	$1*10^{-2} - 26$
Diorit	6	0.0002-0.002	0.12	0.0001-0.001
Gabro	8.5-40	0.001-1	0.05-0.10	$3*10^{-4} - 0.6$
Granit	4.6	0.01-1	0.13	0.01-1
Norit	61	0.02-1	0.04	0.004-0.2
Obsidiyen	5.8-10.4	n/a	0.11	n/a
Peridotit	8.6	0.15-0.33	0.10	n/a
Metamorfik kayalar				
Gnays	8.5	0.0003-0.02	0.10	n/a
Arjilit	n/a	1-100	n/a	n/a
Kuvarsit	n/a	$5*10^{-6} - 100$	n/a	n/a

Radar çalışmalarını engelleyen en büyük nedenlerden birisi yüksek iletkenliktir. Yüksek iletkenli yüzey (yüksek kil içerikli) düşük iletkenli yüzeyden (kuru kum) daha fazla enerjiyi bünyesine hapseder [24]. Bu sebeple sinyalin yüzeyden geri dönüş

yapamaması ile birlikte çalışılan yüzeydeki derinliğin de kaybolması gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Sonuç olarak yer radarı ile görüntüleme yönteminde, GPR sinyallerini etkilediğinden araştırılan yüzeyin iletkenliğinin düşük olması tercih edilir [26]. Yüzeyin dielektrik sabiti elektromagnetik dalganın yayılma hızını belirlemektedir ve yayılma hızı ile dielektrik sabit arasında ters orantı bulunmaktadır. Çalışma yüzeyine yollanan elektromagnetik dalgaların hızı, ani bir dielektrik sabit düşmesi sonucunda yükselmektedir. Bu ortam değişikliği sınırı bir yansıma yüzeyi oluşturduğundan ilerleyen dalganın bir kısmı geri yansımakta ve alıcı antene ulaşmaktadır. Dielektrik sabitin yükseldiği yüzeylerde (Killi yüzeyler gibi suyun madde içeriğinde yüksek derecede bulunduğu yerler), dalga hızı kesilmekte ve enerji kaybı yaşanmaktadır. Bu sebeple bu tarz yüzeylerde GPR ile çalışmak oldukça zorlayıcı olabilmektedir [27].

4.2. Yer Radarı Yönteminin Tarihçesi

Son otuz yıldaki teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, bir dönemler yapılması çok zor ve maliyet açısından külfetli işlerden biri olan ışık hızı ölçümleri günümüzde son derece ucuz, ulaşılabilir ve hassas bir şekilde yapılabilmektedir. 1970'lı yıllar göz önüne alındığında milisaniye (10−3 s) hassaslığında yapılan zaman ölçümleri, 1980'li yıllarda mikro saniye (10−6 s), 1990'lı yıllarda ise nanosaniyeye (10−9 s) hassaslığa kadar inmiştir. Teknolojideki gelişmelerle birlikte yeraltına gönderilen ışık hızına yakın süratteki EM dalgalarının yansıması tekniği kullanılarak arada geçen sürelerin nanosaniye hassaslığında hesaplanabilmesi mümkün olmuştur. Bu gelişmeler neticesinde sığ alanlardaki jeofizik görüntüleme yöntemleri büyük ilerleme kat etmiştir ki yer radarı ile görüntüleme yöntemi bu gelişmelerin somut sonuçlarından biridir.

1865 yılında elektromanyetik dalgaları ve yayılmasını açıklayan ve ışık kuramını ortaya atan İngiliz fizikçi James Clerk Maxwell Maxwell'in ardından 1886 yılında Alman fizikçi Heinrich Rudolf Hetz EM dalgaları keşfederek Maxwell in bu kuramını kanıtlamıştır.

1904 yılında Alman yüksek frekans teknisyeni Christian Hülsmeyer su üzerindeki trafiği denetlemek için telemobiloskopu icat etti. Bu alet ile kaynaktan çıkan elektro manyetik dalgaların metal bir nesneye çarpıp yansıma sürelerini ölçerek nesnenin uzaklık hesabı yapılabiliyordu. İlk pratik radar olarak tanımlanabilecek bu icat için Hülsmeyer

patent başvurusu yaptı. 1921'de Albert Wallace Hull tarafından güçlü gönderici tüpü magnetron icat edildi. 1922'de ABD Donanma Araştırma Laboratuarından A. H. Taylor ve L.C.Young ilk defa tahtadan yapılma bir gemiyi algılayabildi.

1930 yılında yine ABD Donanma Laboratuarından L. A. Hyland bir uçağı algıladı. 1931'de radar takılan bir gemide alıcı ve verici anteni olarak boynuz ışın yayıcı bulunan bir parabolik anten kullanıldı. 1936 yılında Metcalf ve Hahn tarafından yükselteç veya osilatör olarak kullanılan klistron bulundu.

1939 yılında İngiltere Birmingham Üniversitesinden John Randall ve Henry Boot adlı fizikçiler denizaltı savaşlarının kaderini değiştiren, B-17 hava taarruz uçaklarına monte edilen hafif fakat güçlü mikrodalga radarını geliştirdiler. 1940 yılında ABD, Rusya, Almanya ve Japonya'da muhtelif radar tesisleri geliştirildi. 2. Dünya Savaşı sırasında savaş teknolojisinde yaşanan teknolojik sıçrama ile birlikte radar teknolojisinde çok büyük ilerlemeler kat edildi ve bununla birlikte hava savunma sistemleri inşa edilmeye başlandı. Savaştan sonra ise NATO üyesi ülkelerin birbirine ortak olan sınırlarında pek çok radar tesisi yerleştirildi.

İkinci Dünya Savaşının sona ermesi ile birlikte günümüze kadar gelen süreçte çok sık kullanılmaya başlayan radar yöntemi, günümüzde barışçıl kullanım olarak isimlendirilen bir yönde kullanılmaktadır. Madencilik ve jeolojik çalışmalarda 1970'li yıllardan beri aktif olarak kullanılmaya başlanan yer radarı, 1980'li yıllarda iyi ayrımlılık veren 500 MHz -1 GHz antenlerle doğal soğurmanın daha az olduğu sığ yüzeylerdeki incelemeler için kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalar içerisinde arkeolojik çalışmaları da bulmak mümkündür. 1990'larda ise düşük (10, 20 ve 50 MHz) ve yüksek (2.5-3 GHz) merkez frekanslı antenler kullanılmıştır. Daha sonra yer radarı, maden arama, stratigrafi, yol kaplama denetlemesi, yapı, inşaat, su arama vs. gibi alanlarda da kullanılmaya başlanmıştır [28].

4.3. Yer Radarının Kullanıldığı Alanlar

GPR, kullanımının basit olması, süratli, ekonomik ve taradığı alan ile ilgili verileri kesin olarak neticelendirilebilmesi sebebi ile mühendislik alanında çokça kullanılmaktadır. Yaygın olarak ullanıldığı alanlardan bazıları;

- Alt yapı incelemelerinde
- Atık borularının konumları ve geçtikleri yerlerin tespitinde
- Yer altı boşluklarının taranmasında
- Karayolları, havaalanları, demiryolları ve kaldırımlarda
- Köprü çözümlerinin belirlenmesinde
- İnşaatlarda
- Kara mayınlarının tespitinde
- Çevresel etkilerde ve çevresel görüntülemede
- Adli tıpta
- Jeoteknik araştırmalarda
- Mezar yeri araştırmalarında
- Yer altı suyu araştırmalarında
- Alt yapı incelemelerinde
- Karstik yapıların bulunmasında
- Buz kalınlığının araştırılmasında
- Tünel incelemelerinde
- Mermer ocaklarındaki kırık-çatlak sistemlerinin araştırılmasında
- Tarım alanında
- Volkanik hareketlerin araştırılmasında
- Arkeoloji ve antik kalıntılarda
- Sedimantolojik yapıların incelenmesinde
- Biyoloji ve biyofizik alanlarda
- Göl ve nehirlerin don kırıklarının araştırılmasında
- Maden aramalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

4.4. Yer Radarı Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Yer radarı yönteminin başlıca avantajları şu şekildedir;

- Arazide uygulanma bakımından kullanılan aygıta ve çalışma ortamına bağlı olarak genelde kolaydır.
- Diğer yöntemlerin aksine kullanıldığı araştırma sahasına hasar vermeden uygulanmaktadır. Bu özelliği ile arkeometri çalışmalarında tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir.

- Hedef yapı veya objenin yeri ve derinliği hassas bir şekilde belirlenebilmektedir.
- Yüksek frekanslı kaynak kullanılması ve yığma yapılabilmesi sebebi ile elde edilen çözünürlük yüksektir.
- İnsan kaynaklı gürültüler genelde veri işlem yöntemleri ile veriden atılabilir.

Yer radarı yönteminin başlıca dezavantajları şu şekildedir;

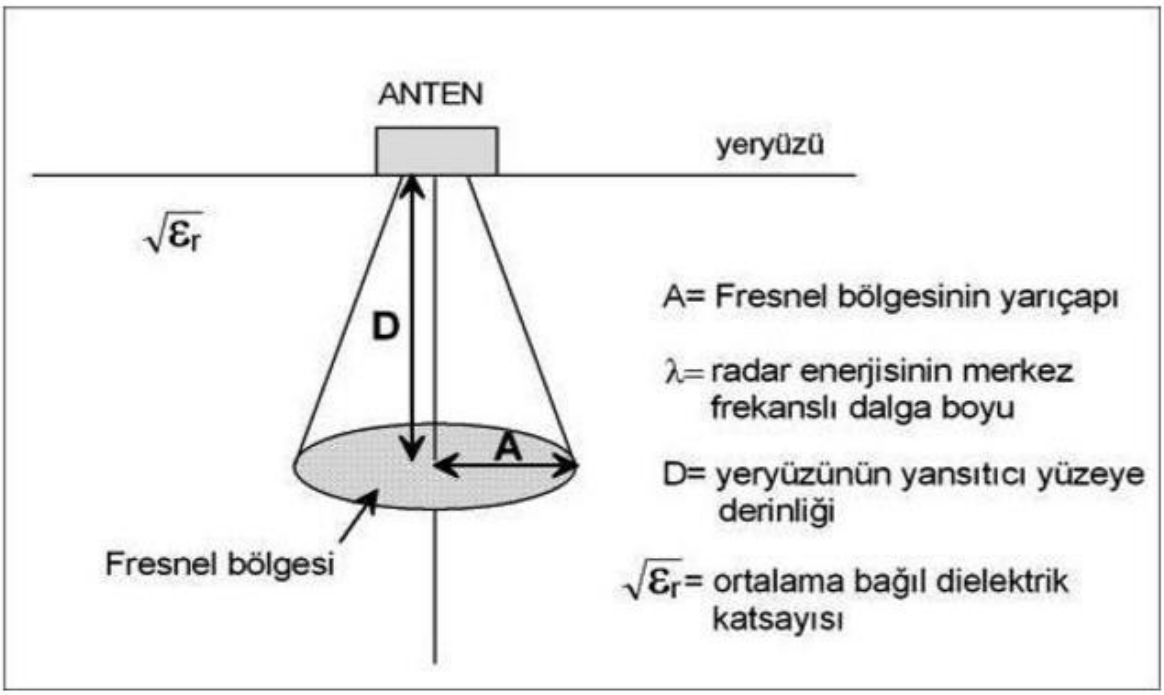
- Etraftaki radyo vericileri, mühim bir gürültü kaynağıdır ve tespit edilen sinyaller kayıt aletinin dışına taşabilirler
- Çalışma bölgesindeki jeolojik unsurların etkisi sinyallerin yeraltına nüfuz etmesini engelleyebilir
- Ölçüm sırasında yapılan kayıtlara etraftaki kaynaklardan gelen sinyaller karışabilir. Dış kaynaklardan gelen sinyal yansımaları sismik yöntemde olduğu gibi yanlardan gelebilir ve yansıtıcı metalik nesne ise çok keskin olabilir.
- Eğer yer iletkenliği çok yüksek ise yer-hava ara yüzeylerinde enerji yayılımında keskin yansıma sinyali yaratabilir ve iletken birimler üzerinde bilgi alınması zor olmaktadır.

4.5. Yer Radarı Yönteminin Çalışma Prensibi

Mevcut yer radarı sistemlerinde dipol antenler kullanılır. Dipol antenler genellikle nikelle kaplı alüminyum metal çubuk şeklindedir ve çapları birkaç milimetreden 20 mm'ye kadar değişir. Anten uzunluğu, antenden çıkan darbenin genişliğine bağlıdır. 8 ile 12 ns arasında değişen darbe genişliği için gereken anten boyu 0.9 ile 1.2 m arasında iken, 1-2 ns'lik daha ince darbeler için dipol antenin boyu 0.15 ile 0.4 m arasında değişmektedir. Bu yüzden, darbe genişliğini arttırmak için daha uzun anten gereklidir [29].

Bir yer radarı anteni sadece tek bir darbe değil, her biri aynı şekle ve süreye sahip, genellikle 2 den 50 s'ye kadar değişen belirli aralıklarda ilerleyen darbeler dizisi oluşturur. Bu darbeler dizisinde arka arkaya gelen iki darbe arasındaki aralığın tersi tekrarlanma frekansı olarak adlandırılır. Tipik tekrarlanma frekansı 20-500 kHz aralığındadır. Tek bir darbenin süresi genelde 1 ile 100 ns arasında değişir [29].

Yer radarı sistemleri yeraltına Şekil 4.3.'de görülen elips şeklinde bir koni biçiminde yayınan radar ışınları göndermektedirler ve bu yayınım doğrusal bir hat değildir [30]. Elips şeklindeki iletim konisi genellikle ilerleme doğrultusuna ya da antenin uzun eksenine paralel doğrultuda uzanmaktadır.



Şekil 4.3. Yer radarı anteninden yeraltına gönderilen yayınım örneği [31].

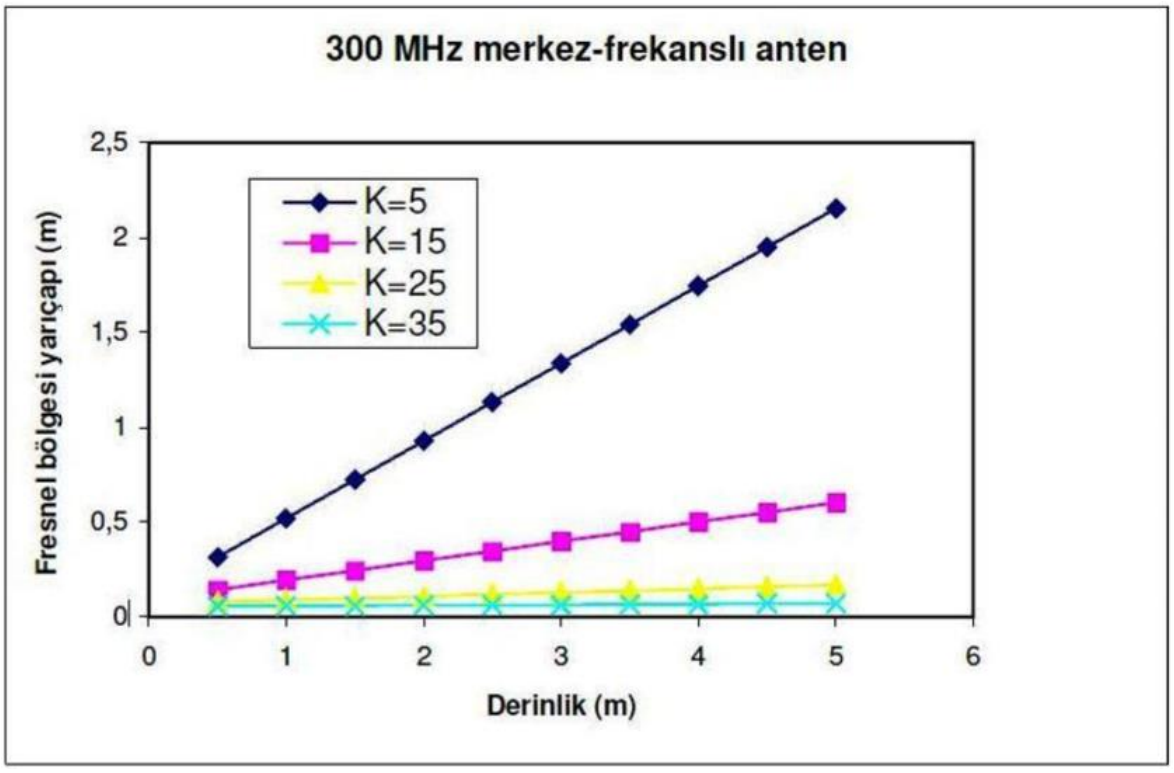
Yer radarı çalışmalarında Fresnel bölgesi, radar dalgasının yansıdığı alanı tanımlar ve yatay çözünürlük olarak da ifade edilir. Yatay çözünürlük, Fresnel bölgesi bir fonksiyonu olarak verilmektedir. Fresnel bölgesinin boyutu; dalga boyu ve derinlik tarafından belirlenir [31]. (Şekil 4.3)'de gösterilen yayınım konisinin çeşitli derinliklerdeki genişliğini hesaplamak için (4.1), Annan (1992) ise (4.2) eşitliğini kullanmıştır.

$$A = \frac{\lambda}{4} + \frac{D}{\sqrt{\varepsilon_r + 1}} \tag{4.1}$$

$$A = \frac{\lambda}{4} + \frac{D}{\sqrt{\varepsilon_r - 1}} \tag{4.2}$$

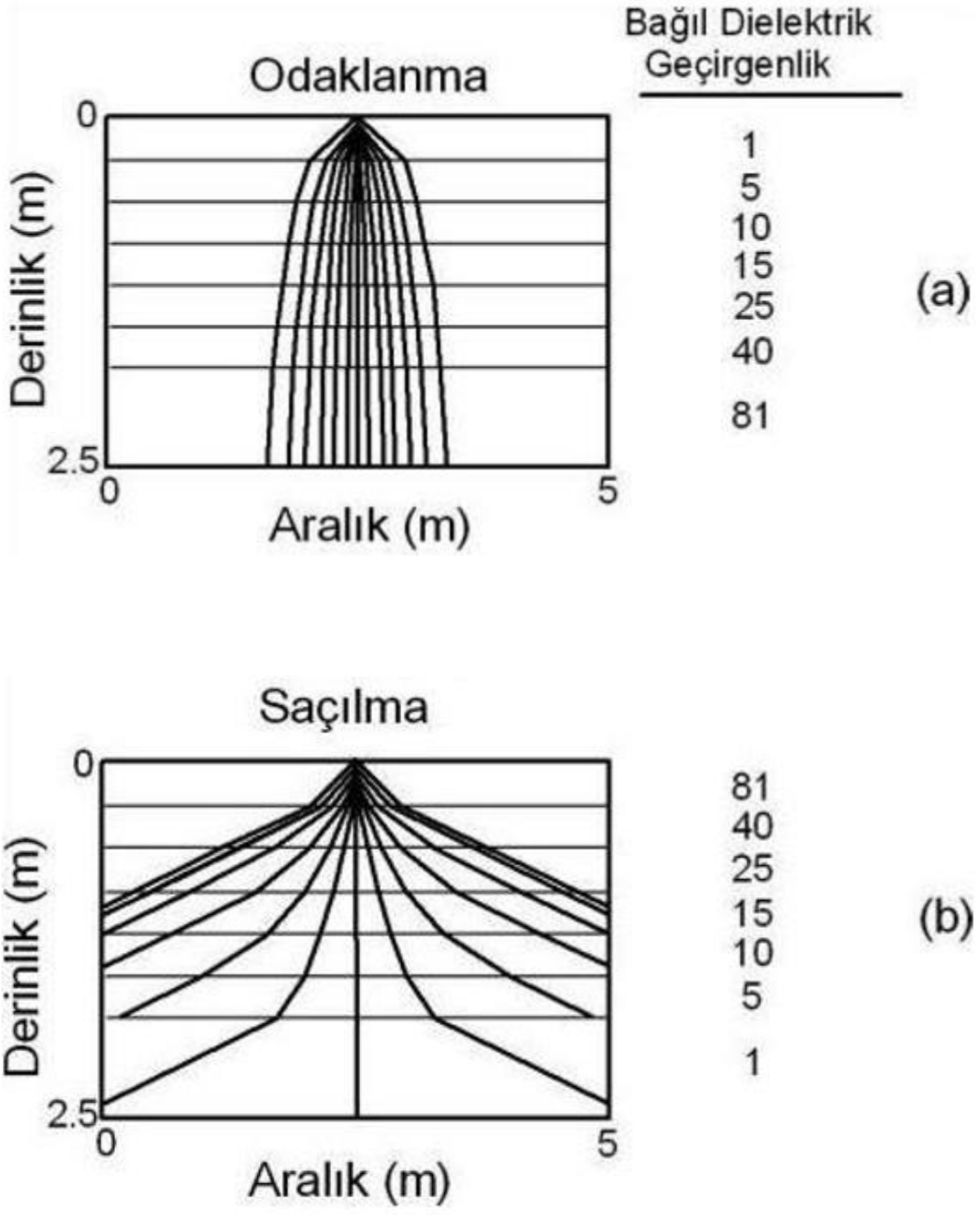
Burada A, oval Fresnel bölgesinin uzun ekseninin yarıçapını, D derinlik değerini ve εr ise ortamın dielektrik katsayısını göstermektedir. Oval Fresnel bölgesinin kısa ekseni, kabaca uzun eksen boyunun yarısı olarak verilmektedir. Ancak burada unutulmaması gereken, her iki eşitlikte de radar dalgalarının geçtiği ortamın bağıl dielektrik geçirgenlik değerinin sabit ve tek değer alması nedeniyle, gerçek yer koşullarına sadece kaba bir yaklaşım vardır. Bu durum ancak kontrol edilebilen laboratuar koşullarında geçerli olabilir.

Şekil 4.6, 300 MHz merkez-frekanslı bir antenden yayınan radar dalgalarının farklı bağıl dielektrik geçirgenlik değerlerine sahip ortamlarda oluşan çözünürlüklerini göstermektedir. Elde edilen bu grafikten yararlanarak, artan derinlikle iletim konisinin, dolayısıyla Fresnel bölgesinin genişlediği görülmektedir. Ayrıca radar ışınlarının yüksek dielektrik geçirgenlikli bir ortamdan daha düşük bağıl dielektrik geçirgenliğe sahip bir ortama geçmesiyle de, Fresnel bölgesinin büyüyeceği görülmektedir



Şekil 4.4. Farklı bağıl dielektrik geçirgenlik değerlerine sahip bir ortamda 300 MHz merkez-frekanslı bir anten kullanılarak elde edilecek yatay çözünürlük büyüklükleri [31].

Yeraltının dielektrik özelliğindeki değişimler, radar dalgalarının ara yüzeylerde farklı açılarda kırılmasına neden olmaktadır ve bu durum yansıyan radar dalgalarını etkilemektedir. Yeryüzünden yeraltına doğru bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısının artışı, radar dalgalarının ara yüzeylerde daha dar bir açıyla kırılmasına (Şekil 4.5a) ve konik radar dalgalarının yer içine daha fazla odaklanmasına yol açar [32]. Eğer radar dalgaları daha yüksek bağıl dielektrik geçirgenlikli ortamlara doğru hareket ediyorsa, bu odaklanma etkisi artan bir biçimde oluşmaya devam eder (Şekil 4.5b)



Şekil 4.5. Derinlikle bağıl dielektrik geçirgenlik katsayıları (a) artan ve (b) azalan yeraltı modeli için dalga kırılma etkileri [31].

Derinlikle oluşan kırılma ve bunun sonucu olarak odaklanma miktarı Snell Yasası ile açıklanabilir [33]. Snell Yasasında, iki ortam arasındaki sınırda meydana gelecek yansıma ya da kırılma miktarı, radar dalgasının bu ara yüzeye geliş açısına ve hızına bağlıdır. Artan derinlikle bağıl dielektrik geçirgenlik katsayılarındaki artış, radar dalgalarının ortamda ilerleme hızının azalmasına ve geliş açısının küçülerek, iletim konisinin daha fazla odaklanmasına neden olur. Radar dalgaları yeraltına artan derinlikle ilerlerken, yeraltının bağıl dielektrik geçirgenlik değeri yavaş yavaş azalıyorsa, iletim konisi her ara yüzeyde daha geniş açıda kırılarak, genişler ve saçılır (Şekil 4.5b).

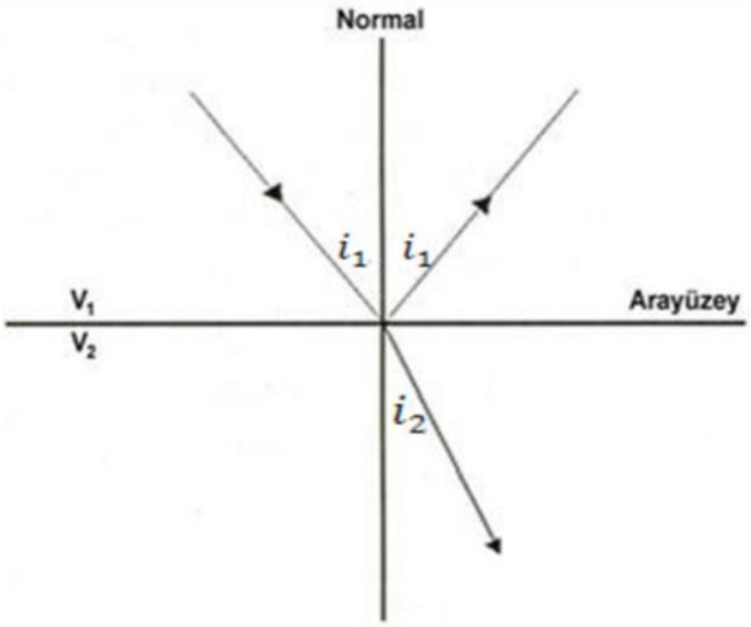
Yeraltının bağıl dielektrik geçirgenlik değeri artma eğilimi gösteriyorsa, radar ışınları odaklanma eğilimi gösterir. Bu nedenle, yüksek bağıl dielektrik geçirgenlik değerine sahip alanlarda çalışma yapılırken, aranılan tüm yer altı yapılarının belirlenebilmesi için radar profillerinin aralığı sıklaştırılmalıdır.

4.5.1 Yer radarı sinyallerinin ara yüzeylerde yansıması, kırılması ve iletimi

Elektromanyetik dalgaların herhangi bir ara yüzdeki davranışı "Snell Kanunu" ile açıklanır. Snell kanununa göre eğer bir dalga iki ortamı ayıran bir sınırdan geçerse yansıyan ve kırılan dalgalar ortaya çıkar. Bu kanun yansıyan ve kırılan ışınların genliği konusunda bilgi vermez fakat yansıyan ve kırılan ışınların normalle olan doğrultularını gösterir. Bu kanun genellikle;

$$\frac{\sin i_1}{V_1} = \frac{\sin i_2}{V_2} \tag{4.3}$$

olarak verilir.



Şekil 4.6. Ara yüzeye gelen dalganın sınıra çarptıktan sonra enerjinin yansıyan ve iletilen dalgalara aktarılması [34]

Yansıma ve iletim katsayıları ile elektromanyetik dalganın genliğinin herhangi bir ara yüzeyde nasıl değiştiği açıklanabilir (Şekil 4.6.). Tabakalı bir ortamda, radar enerjisi zemin içine verici bir anten ile gönderilmektedir. Gönderilen bu sinyal yer altında farklı dielektrik özelliğe yada farklı yayılım hızlarına sahip ortama ulaşana kadar devam eder. Sinyal bu sınıra ulaştığında, sinyalin bir kısmı geliş açısına eşit bir açıyla geriye yansırken, geri kalan enerji diğer ortama iletilir. Bu sınır ötesinde iletilen enerjinin genliği azalır. Ancak, bu iletilen enerji daha derinlerdeki uygun ara yüzeylerde de yansıma olasılığına sahiptir [25]. Burada sınıra gelen dalganın genliği I, yansıyan dalga RI, iletilen dalga TI, R ve T yansıma ve kırılma katsayıları olarak ifade edilir. İletim ve yansıma katsayıları ortamın dielektrik özelliklerine bağlı olmaktadır. Yansıma katsayısı, yansıyan dalga genliğinin gelen dalga genliğine oranıdır. İletim katsayısı da, iletilen dalga genliğinin gelen dalga genliğine oranı olarak tanımlanır. Bu iki katsayı, ara yüzeyin üstünde ve altındaki zeminin dielektrik sabiti kullanılarak hesaplanmaktadır [25]. Bu noktada elektromanyetik dalganın doğası hakkında daha ayrıntılı düşünüldüğünde yayılma doğrultusunda birbirinden bağımsız iki ayrı bileşen vardır [34].

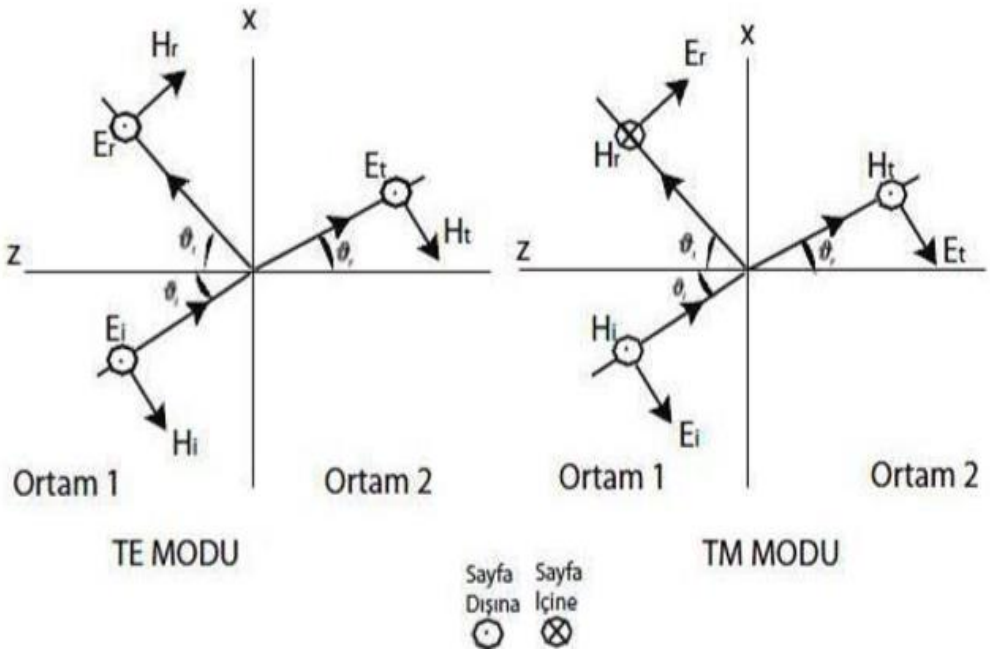
Eğer, r1 birinci ortamın permittivitesi, r2 ise ikinci ortamın dielektrik permittivitesini gösterirse, iletim ve yansıma katsayıları;

$$R = \frac{\sqrt{\varepsilon_{r1}} - \sqrt{\varepsilon_{r2}}}{\sqrt{\varepsilon_{r1}} + \sqrt{\varepsilon_{r2}}} \tag{4.4}$$

$$T = \frac{2\sqrt{\varepsilon_{r2}}}{\sqrt{\varepsilon_{r1}} + \sqrt{\varepsilon_{r2}}} \tag{4.5}$$

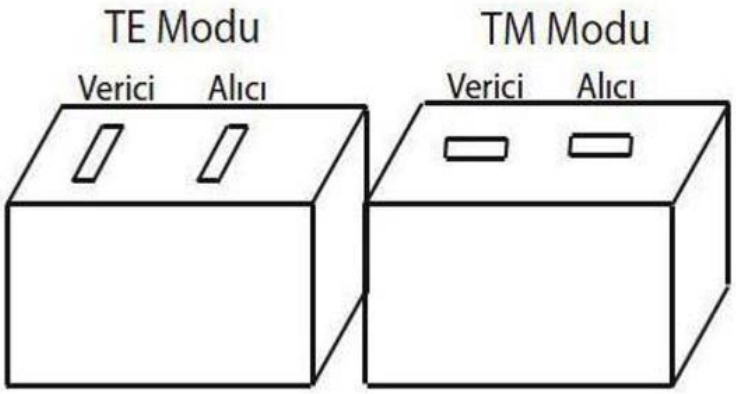
bağıntılarıyla ifade edilir.

İki boyutlu ortamda düzlemsel bir ara yüzey olduğunda elektromanyetik dalga alanı iki moda ayrılmaktadır. Bu dalga modları TE (Enine elektrik alan) ve TM (Enine manyetik alan) olarak adlandırılır (Şekil 4.7). TE modunun elektrik alan bileşeni ara yüzeye paralel iken ve TM modunun manyetik alan bileşeni ara yüzeye paraleldir.



Şekil 4.7. TE ve TM bileşenlerinin ara yüzeyde yansıması ve iletimi (E:Elektrik alan vektörü, H:Manyetik alan vektörü) [35].

Elektromanyetik dalga alanının TE ve TM olarak iki moda ayrılarak incelenmesi tamamen anten geometrisinden kaynaklanmaktadır. Eğer alıcı ve verici antenlerin yönü profil doğrultusu ile aynı ise TM modu, profil yönüne dik ise TE modu söz konusudur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Anten durumlarına göre TE ve TM modları [36].

4.5.2. Sinyal hızı ve derinlik belirlenmesi

Yeraltında seyahat eden radar dalgalarının hızlarının belirlenmesi, araştırılan yapıların derinliklerinin hesaplanabilmesi açısından en önemli parametredir. Eğer hız belirlenebilirse, elde edilen radargrama ait bir derinlik ekseni oluşturulabilir.

Boşlukta ya da hava içinde elektromanyetik enerji ışık hızında (yaklaşık 0.3 m/) hareket eder. Hava içinde ışık hızında yayılan enerjinin bir kısmı kırılarak yer içinde genelde 0.01-0.16 m/ns arasında değişen hızlarda hareket etmektedir. Dielektrik katsayı ve elektrik iletkenlik bu ortamlarda yayılan radar dalgalarının hızlarını büyük oranda etkiler [37]. Radar dalgalarının hızları,

$$v = \frac{c}{(K^{'}(\sqrt{1+\tan^2\delta}+1))/2} \tag{4.6}$$

$$v = \frac{0.3}{\sqrt{\varepsilon_r}}(m/ns) \tag{4.7}$$

denklemleriyle verilir. Burada c; ışık hızı, ; ortalama bağıl dielektrik katsayısı, ise (4.7) eşitliği ile verilen kayıp tanjantını ifade etmektedir.

Çeşitli ortamlardaki radar enerjisinin tipik yayınım hızları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Su içerisindeki elektromanyetik dalgaların yayınım hızı çoğunlukla sabit olarak

kabul edilmektedir ve tabloda görülen fiziksel parametreler kullanılarak, özellikle gölsel alanlardaki çalışmalarda suyun derinliği hesaplanabilir. Ancak özellikle yeraltında tortul tabakalar gibi farklı gözeneklilik ve su içeriğine sahip ortamların yayınım hızları çok çeşitlilik gösterir ve bu tür ortamların kalınlığının ölçülmesinde hızın belirlenmesi büyük önem taşır. Eğer sondaj açma olanağı varsa, yayınım hızı doğrudan arazide yapılan derinlik ölçümleri ile belirlenebilir. Eğer böyle bir imkân yoksa hız değeri gelen varışlar ve yatay ara yüzeylerden oluşan yansımaların kullanıldığı ODN ölçüm tekniği kullanılarak ya da sabit ofsetli ölçümler yapılarak elde edilmiş radargramlardan nokta kaynakların yansımalarının analiz edilmesiyle belirlenebilir. İkinci ve üçüncü yöntemler nispeten güçlü ve basit yansımalı ortamlardaki üst tabakaların hızlarının belirlenmesi için daha uygundur [37].

Çizelge 4.2. Farklı yeraltı ortamlarının bağıl dielektrik geçirgenlik katsayısı, hız V, elektrik iletkenlik σ ve sönümlenme degerleri [38].

Madde	ε_r	**V(m/ns)**	**σ(mS/m)**	**α(dB/m)**
Hava	1	0.3	0	0
Tuzlu su	81-88	0.033	3000	600
Tatlı su	80	0.033	0.5	0.1
Granit (kuru)	5	0.13	0.01	0.01
Kum (kuru)	5	0.13	0.01	0.01
Kil (ıslak)	10	0.095	500	300
Kumlu toprak (kuru)	2.6	0.19	1.4	1
Kumlu toprak (ıslak)	25	0.06	69	23
Killi toprak (kuru)	2.5	0.19	2.7	3
Killi toprak (ıslak)	19	0.07	500	200
Gölsel Çökel	50	0.04	-	-

Sabit ofsetli radargramlardan yapılan hız hesaplama çalışmalarında, radargramdaki nokta-kaynak yansıtıcı veya yatay ara yüzey için aynı bağıntı uygulanır. Bu durumda seyahat zamanı için;

$$t^2 = \frac{x^2}{v^2} + t_0^2 \qquad (4.8)$$

bağıntısı yazılabilir.

Burada x hız çalışmasındaki antenler arasındaki mesafe ya da bir profildeki noktakaynak yansıtıcıya olan yanal ofset uzaklığını, v yayınım hızını ve ofsetdeki tek yönlü seyahat süresini göstermektedir [39]. Hızı hesaplamak için (4.8) bağıntısı tekrar düzenlenecek olursa,

$$v = \frac{x^2}{\sqrt{t^2 - {t_0}^2}} \tag{4.9}$$

bağıntısı elde edilir.

Hız hesaplamalarında unutulmaması gereken husus, radar dalgasının seyahat zamanı ve kesin derinlik değerleri, o derinliğe kadar olan tabakaların hepsinin hızına bağlıdır. Bu yüzden radargramlardaki yansımaların şekli yorumlanırken bu etki mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

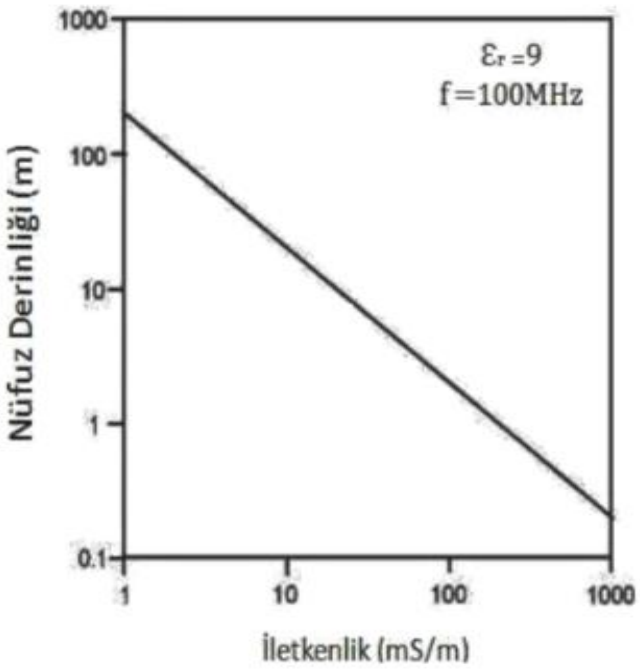
4.5.3. Nüfuz derinliği

Radar yansımalarını oluşturan ara yüzeylerin sayısı ve her ara yüzeydeki dielektrik zıtlık; yer içinde seyahat eden sinyalin sönümlenme oranını, kullanılan antenin merkez frekansını ve yer radarının yeraltını görüntüleyebilme yeteneğini etkiler. Aynı zamanda yer içinde ilerleyen radar dalgalarının nüfuz derinliği üzerinde de etkiye sahiptir.

Radar dalgaları her bir ara yüzeye ulaştığında, dalgaların bir bölümü yüzeye geri dönerken, diğer kısım daha derindeki katman ya da katmanların içlerine doğru ilerlemeye devam edebilir. Ara yüzeylerin sayısı arttıkça, diplere yönelik yayınım gösteren enerji miktarında azalma meydana gelir. Özellikle çökel tabakalardaki bölgesel dielektrik farklılıklar, karmaşık yansımalar oluşturulabilir. İlgilenilen yansımalar bu karmaşık yapı nedeniyle maskelenebilir ve bunun sonucunda araştırma derinliği azalabilir [37].

Elektromanyetik enerjinin yayıldığı ortamın elektrik iletkenliği arttığında, enerji çok hızlı şekilde sönümlenir ve bu nedenle elektromanyetik enerjinin nüfuz derinliği azalır. Bu nedenle, yer radarı sinyalinin içerisinden geçtiği maddenin iletkenliği sinyalin nüfuz edeceği derinlik üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Enerji nüfuz ile elektrik iletkenlik

arasındaki ilişki Şekil 4.9'da verilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, ortamın iletkenliğinin artması radar dalgalarının nüfuz derinliğini çok hızlı bir biçimde azaltmaktadır.



Şekil 4.9. Elektromanyetik enerjinin yayıldığı ortamın elektrik iletkenliği ile enerjinin nüfuz derinliği ilişkisi [37].

Ayrıca kullanılan antenin frekansı da, nüfuz derinliğini etkileyen bir diğer önemli faktördür. Düşük merkez-frekanslı antenler daha uzun dalga boylu sinyaller üretir. Bunun sonucu olarak iletkenlik kayıpları ve ortamda bulunan küçük boyutlu yapılardan kaynaklanan saçılmanın azalması nedeniyle, daha az sönümlenme gerçekleşir. Bundan dolayı, radar dalgaları yerin daha derin kısımlarına ulaşabilir. Ancak düşük frekanslı dalga boyları kullanmanın en büyük dezavantajları, yeraltındaki küçük nesnelerin belirlenememesi ve ince tabaka kalınlıklarının ölçülememesidir. Bu durum, yeraltının çözünürlüğünü azaltır [31].

4.5.4. Radar anten frekansının seçimi

Anten frekansının doğru bir şekilde seçilmesi yer radarı ile görüntüleme çalışmalarında, ilgilenilen yapıların çözünürlüğü ve araştırma derinliğinin belirlenebilmesi için verilmesi gereken en önemli karardır [40]. Dalga boyu sistemin çözünürlüğünü için önemli bir parametredir ve dalga boyundaki artış, diğer bir ifadeyle anten frekansı

değerinin düşmesi, yeraltı çözünürlüğünü azaltırken, gerekli araştırma derinliğinin artmasını sağlar.

Kullanılan antenin merkez frekansı (f), yeraltında yayınan sinyalin baskın dalga boyunu (λ) belirler. Ancak bu kavram, yerin etkisiyle geriye dönen sinyalin merkez frekansı ile karıştırılmamalıdır. Yeraltındaki yayınım frekansı, yayınım hızı ve yere yayınan enerji miktarının yanı sıra çökel ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişim gösterir. Bu frekans değerinin yeraltında ne olacağını tahmin etmek oldukça güçtür [38].

$$\lambda = \frac{c}{f\sqrt{\varepsilon_r}} \tag{4.10}$$

Nüfuz derinliği ile yeraltı çözünürlüğü arasında karşılıklı bir değişim söz konusudur. Farklı-merkez frekans değerine sahip antenler için baskın dalga boyu ve bu antenlerin farklı bağıl dielektrik geçirgenlik değerine sahip ortamlar içerisindeki dalga boylarındaki değişimler Tablo 4.3'te görülmektedir. Nüfuz derinliği ve yeraltı çözünürlüğü aslında yeraltında sıkça değişim gösterir ve ortamın nem içeriği, gözeneklilik ve farklı gömülü yapı bileşimleri bu değişimi etkiler. Bu yüzden Çizelge 4.3 ile verilen değerler sadece genel bir değerlendirmeyi kapsar [31].

Seçilecek anten frekansının, derinliği ve boyutları bilinen veya tahmin edilen yapıları belirleyip belirleyemedikleri (4.1) ve (4.2) bağıntıları kullanılarak incelenebilir. Temel olarak, aranılacak yapının kesit alanı hedef derinliğindeki Fresnel bölgesine yaklaşmalıdır. Ortamın bağıl dielektrik geçirgenlik değeri biliniyorsa, bu eşitlik kullanılarak hedeflenen derinlikteki Fresnel bölgesi hesaplanabilir.

Çizelge 4.3. Farklı bağıl dielektrik geçirgenlik değerlerine sahip ortamlarda seçilen anten frekanslarına göre radar dalga boylarının değişimi [31].

Anten Merkez Frekansı	**Merkez frekansın dalga boyu**			
	ε_r = 1	ε_r =5	ε_r =15	ε_r =25
(MHz)	Metre			
1000	0.30	0.13	0.08	0.06
900	0.33	0.15	0.09	0.07
500	0.60	0.27	0.15	0.12
300	1.00	0.45	0.26	0.20
120	2.5	1.12	0.65	0.50
100	3.00	1.34	0.77	0.60
80	3.75	1.68	0.97	0.75
40	7.50	3.35	1.94	1.50
32	9.38	4.19	2.42	1.88
20	15.0	6.71	3.87	3.00
10	30.0	13.42	7.75	6.00

Eğer aranılan yapı, Fresnel bölgesinden çok küçük ise gömülü yapıdan yüzeyde bulunan alıcıya sadece yansıyan enerjinin küçük bir kısmı iletilecektir. Bu durumda gömülü yapıdan oluşan yansımalar ortamda bulunan diğer istenmeyen yansımaların maskelemesi nedeniyle fark edilemeyip yansıma kayıtlarında görünemeyebilir. Bu tür küçük yapılar, ancak elde edilen radargramlara genlik kuvvetlendirme gibi veri-işlem aşamalarının uygulanıp, genlik-dilim haritalarının kullanılmasıyla ortaya çıkartılabilir.

Yeraltında aranan yapılar genelde stratigrafik tabakalar veya maden ocaklarının tabanları gibi büyük arkeolojik yapılardan oluşan düzlemsel yüzeyler olabileceği gibi tüneller, yeraltı boşlukları, insan eliyle yapılmış depolama alanları gibi noktasal hedefler de olabilir [31] .

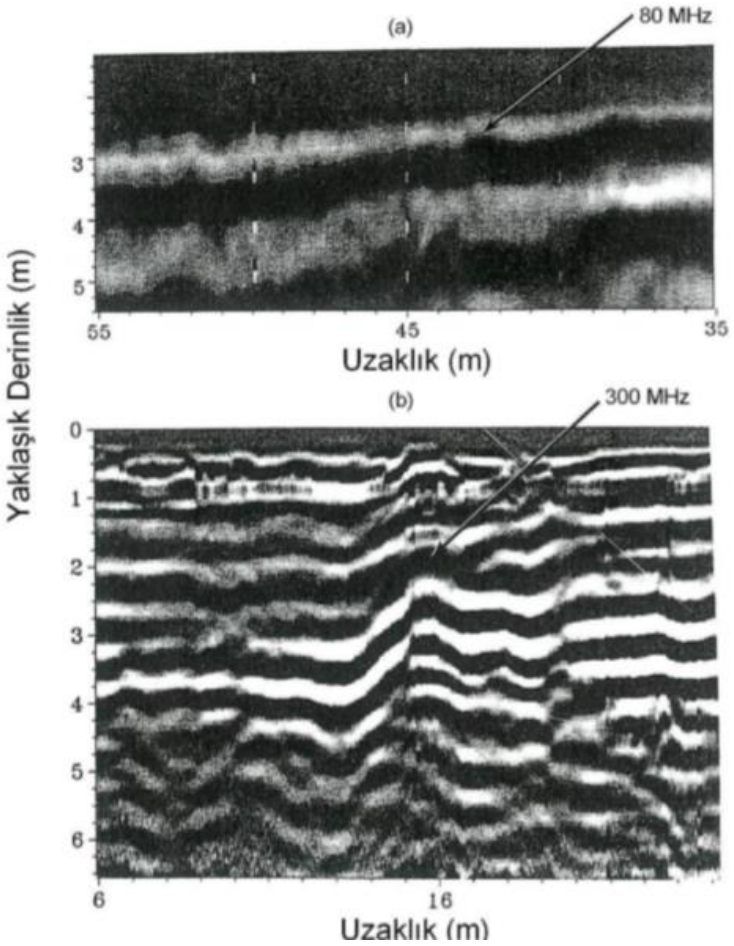
Düzlemsel yapılar ortam koşullarından kaynaklanan sınırlamaların dışında, düzlemsel yapının kalınlığı, yönlenimi ve gömülü bulunduğu derinliğe bağlı olarak seçilecek herhangi frekans değerine sahip bir antenle görüntülendirilebilir. Düzlem yansıtıcıların tersine, nokta kaynakların daha küçük yüzeylere sahip olmaları nedeniyle bu yüzeylerden yansıyan radar enerjisi daha azdır ve bu tür yapıları düşük frekanslı antenlerle belirleyebilmek daha zordur. Bu yüzden düşük çözünürlüğe sahip sistemlerle bu yapılar kendilerini çevreleyen ortamlardan ayırt edilemezler. Bu tür yapılar çok derinde gömülü olmadıkları sürece, ancak yüksek frekanslı antenler kullanılarak belirlenebilir [31].

Çözünürlük için gereken dalga boyu, üç-boyutlu bir nesne ya da ondülasyonlu (kıvrımlı) yüzeye sahip bir yapı gibi farklı özelliklere göre değişiklik gösterir. Üç-boyutlu nesneleri çözümleyebilmek için birbirinden ayrılmış iki ara yüzeye ihtiyaç vardır. Bununla birlikte, gömülü tek bir düzlemsel yüzeyin belirlenebilmesi için sadece tek bir ara yüzey ve bundan oluşacak yansımalar yeterlidir ve bu durumda dalga boyu da üç-boyutlu yapıda olduğu kadar önemli değildir [31].

Gömülü bir yapının iki farklı paralel düzlemden oluşan yansımaların ayırt edilebilmesi için bu ara yüzeyler arasındaki uzaklık, ara yüzeylerin arasından geçen radar enerjisinin en az bir dalga boyu kadar olmalıdır [19]. Eğer bu iki ara yüzey birbirine radar dalga boyundan daha yakın mesafede ise, üst ve alt yüzeylerden oluşan yansımaların girişimi nedeniyle ya yok olacaklar ya da fark edilemeyeceklerdir. Tam tersi durumunda, bu iki ara yüzeyden iki ayrı yansıma elde edilir ve aranılan yapı belirlenebilir.

Eğer sadece bir gömülü yüzey haritalanıyorsa ve bu yüzey ortamda bulunan diğer yapılarla karıştırılamayacak şekilde bir yansıma üretiyorsa, o yüzeyden oluşan yansıma dalgaları, ortam içerisine giren radar dalga boyu ne olursa olsun görülebilir. Ancak, bu yüzey, düzensiz ya da ondülasyonlu bir yüzey ise, doğru biçimde görüntülenebilmesi için daha yüksek yeraltı çözünürlüğü gerekmektedir.

Standart bir radar profili söz konusu olduğunda aynı gömülü ara yüzeyden daha düşük frekanslı antenler kullanılarak elde edilen yansımaların görüntüsü daha yüksek frekanslı antenlerin görüntüsüne göre daha yuvarlak diğer bir ifadeyle, keskin olmama eğilimindedir (Şekil 4.20). Bu durum, düşük frekanslı antenin Fresnel bölgesinin, daha yüksek frekanslı antenin Frensel bölgesinden daha geniş olmasından kaynaklanır ve gömülü ara yüzeydeki küçük düzensizliklerden daha az etkilenir [30].



Şekil 4.10. Aynı hat boyunca 80 MHz ve 300 MHz frekanslı antenler kullanılarak elde edilen gömülü düzlem yüzeyin görüntüsü, El Salvador [31].

Düşük frekanslı antenler (10-120 MHz) belirli koşullar altında 50 metreye kadar ulaşabilen uzun dalga boyuna sahip radar enerjisi üretebilir. Ancak bu antenler sadece çok büyük yeraltı özelliklerini çözebilme yeteneğine sahiptirler. Buzun kristal yapısının elektromanyetik enerjinin geçişine izin vermesi nedeniyle, saf buzda düşük frekanslı antenlerin radar enerjisini kilometrelerce derine iletebildikleri bilinmektedir [41]. Yüksek frekanslı antenler söz konusu olduğunda ise maksimum nüfuz derinliği, topraktan buza kadar çeşitlilik gösteren ortamlarda, birkaç metreyi geçemez ve ürettikleri yansımalar ancak birkaç cm derinlikte bulunan yapılardan elde edilebilir.

Radar dalgaları yer içine hareket ettikleri zaman, özellikle yüksek frekanslı sinyaller daha fazla sönümlenir. Bu nedenle, spektrum daima daha düşük frekansa doğru kayar ve sinyalin bant genişliği azalır. Bunun yanında, özellikle 1.5 GHz'den daha yüksek

frekanslarda, su içeren bazı jeolojik ortamlar moleküler gevşemeden oluşan enerji kayıpları nedeniyle yüksek oranda sinyal sönümlenmesi gösterirler [41].

Sonuç olarak; kullanılacak antenin frekansı, çözümlenecek yapıların boyutları ve yapıları çevreleyen ortamın fiziksel ve kimyasal bileşimi tarafından belirlenir. Çoğu zaman, eğer hedef yapı büyük, geniş düzlemsel bir yüzeye sahip değilse ve ortamda mevcut bir bozucu etki varsa, aranılan yapının belirlenebilmesi için iletilen radar enerjisinin dalga boyu bozucu etkiye sahip yapının maksimum boyutundan daha büyük olmalıdır. Aynı zamanda, aranılan noktasal kaynak ya da düzlemsel yapılar eğer çok küçük boyutlara sahip ve derine gömülmüşlerse belirlenmesi imkansızdır.

4.6. Yer Radarının Çalışmasına Etki Eden Faktörler

EM dalgalar uygulandıkları yüzeylerin karakteristik niteliklerinden etkilenirler. Yer radarını etkileyen parametreleri fiziksel ve geometrik parametreler olarak sınıflandırabiliriz. Fiziksel değişkenler; bağıl dielektrik geçirgenlik, elektriksel iletkenlik ve bağıl manyetik geçirgenlik olarak, geometrik parametreleri ise ölçüm (araştırma derinliği), ölçüm aralığı, yapıların boyut ve şekli olarak değerlendirebiliriz.

Ölçüm derinliği; uygulamada kullanılan sisteme, frekansa, tabakaların elektromanyetik soğrulma özelliğine, tabakaların ara yüzeylerde elektromanyetik dalgayı yansıtma özelliği ile yerin özdirencine bağlı değişiklik göstermektedir.

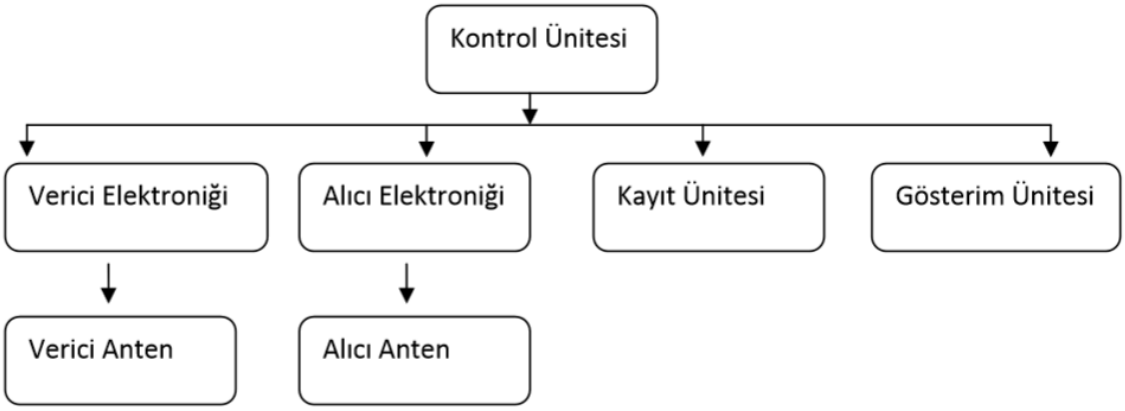
Yerin dielektrik sabiti iletkenlik etkisi; yansıyan ve iletilen sinyallerin genliğine ve yansıma katsayısına bağlı olmaktadır. İletilen dalganın frekansı, penetrasyon derinliğini ve radar sinyalinin çözünürlük gücünü etkiler. Yerin dielektrik sabiti, iletilen frekansın yanında, araştırma derinliğini ve çözünürlüğü etkileyen diğer faktörlerdendir. Granit, kuru kum gibi iletkenliği daha düşük olan yüzeylerde EM dalgaları daha diplere ulaşabilirken, killi yüzeyler gibi iletkenliğin çok yüksek olduğu yüzeylerde dalgaların daha derine nüfuz etmesi zorlaşmaktadır [42].

Ölçüm alanındaki su miktarı yer radarı yönteminde önemli parametrelerdendir. Su doğasında bulunan güçlü polarizebilite nedeniyle en yüksek dielektrik sabitine sahiptir [27]. Bundan dolayı yer radarında yer içine gönderilen sinyalin sulu ortamdaki direnç

karşısında ilerleyebilmesi mümkün değildir. Bir diğer yandan EM dalgalar için iyi bir yansıma yüzeyi oluşturduğundan yer altındaki su tabakaları kolay bir şekilde belirlenebilmektedir [43].

4.7. Yer Radarı Sistem Elemanları

Yer radarı ölçü sistemi kayıtçı ve anten olmak üzere iki kısımdan oluşur. Farklı amaçlardaki çalışmalar için farklı frekanslarda antenler kullanılır.



Şekil 4.11. Yer radarı Sistem Elemanları [44]

Sistemin temel elemanı olan kontrol ünitesi; sinyal üretimini ve zaman fonksiyonu olarak gelen sinyalleri kontrol etmekte, verici elektroniği ve verici anteni ise yüksek voltajda ürettiği sinyalin yer içinde yayılmasını sağlayarak, sinyalin şekli ile frekansı belirlenebilmektedir. Alıcı anten, yer içinde yansımış ve saçılmış sinyali alıcı elektroniğe ulaştırmaktadır. Amaç, zaman fonksiyonu olarak üretilen sinyalin genliğini ölçmektir. Yukarı doğru ilerleyen aynı ya da farklı zamanlarda yansımış dalgalar kontrol ünitesi ve kayıt cihazının yardımıyla zamanın fonksiyonu olarak kayıt altına alınırlar ki buna elektromanyetik dalga alanı denir [45]. Alıcı ünitesinden gelen sinyal kayıt ünitesinde kaydedilerek, gösterim ünitesinde görüntülenmesi sağlanmaktadır. Kayıt edilen bu dalgalar radargram adı verilen radar kesitini oluştururlar.

Doğru anten frekansının seçimi yer altı çözünürlüğünün, araştırma derinliğinin ve yeraltına yayılan sinyalin baskın dalga boyunun saptanmasında önemli rol oynar. Bu

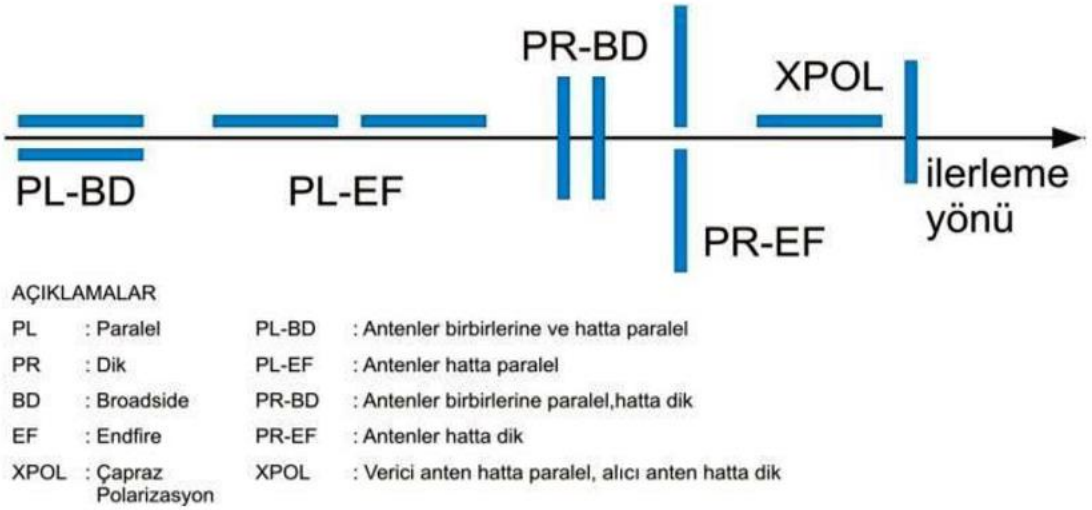
bakımdan çalışılan arazi ve elde edilmesi planlanan sonuçlar göz önünde bulundurularak anten seçilir. Farklı frekans ve türde olan antenler genel olarak açık ve kapalı olmak üzere ikiye ayrılır. Açık anten, alıcı ve verici ayrı ayrı konuşlandırılmakta ve her birinin elektronik ünitesi ayrı olup üzerlerine monte edilmektedir. Ölçümler, antenler istenen ölçüm noktalarına yerleştirilerek alınır. Kapalı antenler ise; özel bir koruyucu içindedir ve elektronik ünite özel koruyucu ünite üzerine monte edilir. Bu tip antenler ile sadece profil tipi ölçümler yapılabilir.

Açık antenler havayla ulaşabilecek çevre etkilerini içerirken, kapalı antenler bu tür etkilere rastlanmaz. Açık antende alıcı verici arasında mesafe değiştirilebilirken, kapalı anten de bu mümkün değildir. Kapalı anten çekilerek çok hızlı ölçüm alınmasını sağlarken, arazinin engebeli olması bu anten türünün ölçüm almasını zorlaştırmaktadır.

Anten boyları çalışılan frekansla ters orantılı olarak azalmaktadır. Düşük merkez frekans değerine sahip antenler yüksek dalga boyları nedeniyle araştırma derinliğinin artmasına karşın, çözünürlüğün azalmasına neden olmaktadır [44].

4.8. Yer Radarı Veri Toplama Yöntemleri

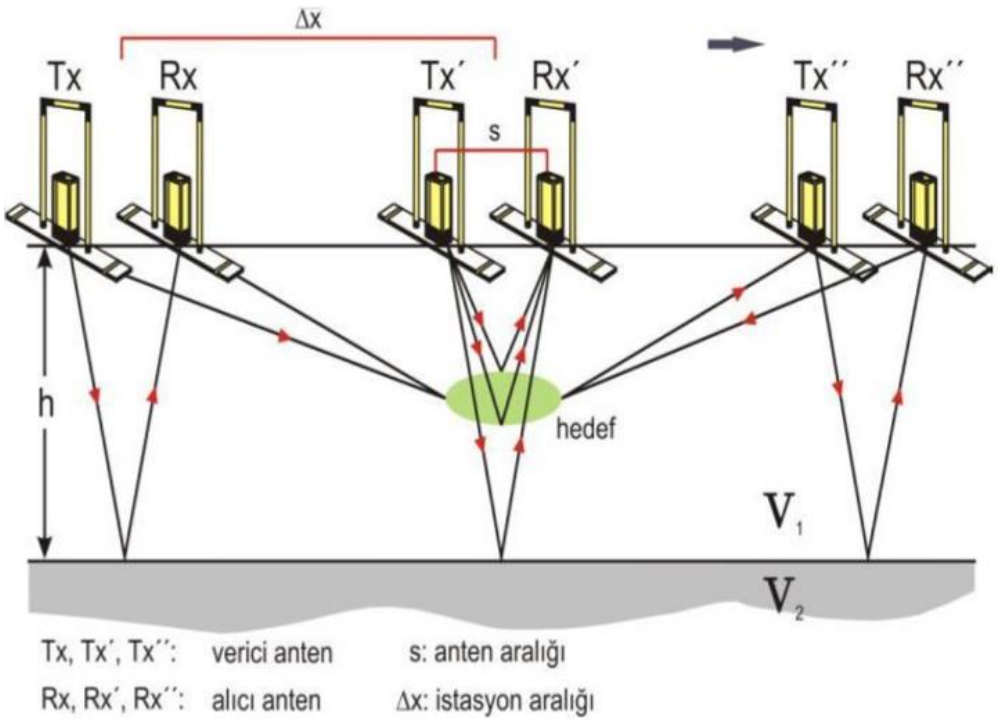
GPR ile görüntülemede veri toplama yöntemleri olarak; yansıma profili/ortak ofset, geniş açılı yansıma ve kırılma (GAYK) veya ortak derinlik noktası, (ODN) yöntemini içeren çoklu ofset sistemleri ve radar tomografi ölçümleri olmak üzere üç ayrı yöntemle gerçekleştirilebilir [46]. Bu yöntemlerden ilk ikisi ile veri toplarken, alıcı ve verici antenlerinin yönleri ve konumları birbirinden farklılık gösterebilir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. GPR'ın anten dizilimleri [47].

4.8.1. Yansıma profili (ortak ofset)

Tek bir anten kullanılarak sıfır ofsetli veriler üretilir. İki anten ile çalışılması durumunda ise (Şekil 4.13) antenler arası uzaklık, korumasız antenler için bir dalga boyu, korumalı antenler için ise dalga boyunun yarısı kadar olmalıdır [48].



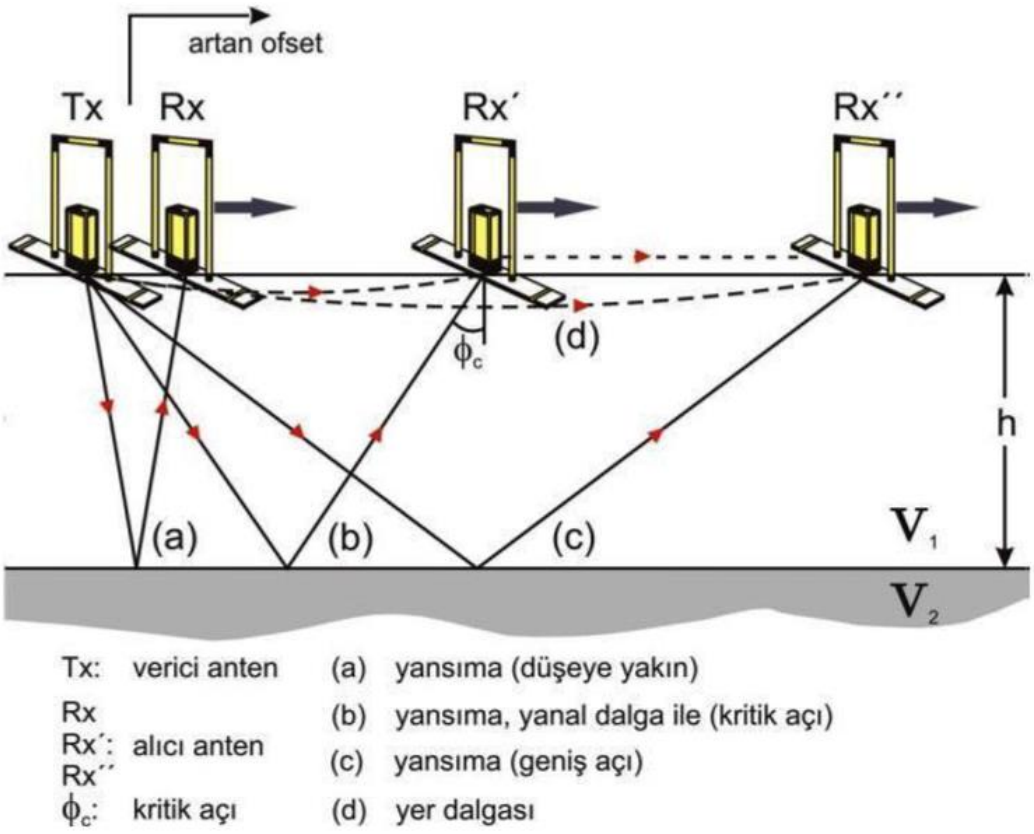
Şekil 4.13. Yansıma profili (ortak ofset) yönteminin şematik gösterimi [34].

4.8.2. Çoklu ofset sistemleri

Bu yöntem ile veri toplama iki şekilde gerçekleşmektedir. Bunlar sırasıyla, ortak derinlik noktası (ODN) ve geniş açılı yansıma ve kırılma yöntemleridir (GAYK). Bu yöntemler, ortak ofset yöntemi ile mukayese edildiğinde; uygulamanın çok vakit almasından dolayı zaman kayıplarına neden olması ve değerlendirmesinin kompleks yapıda olması sebebi ile pek tercih edilen bir yöntem değildir [34].

4.8.3. Geniş açılı yansıma ve kırılma ölçümleri (GAYK)

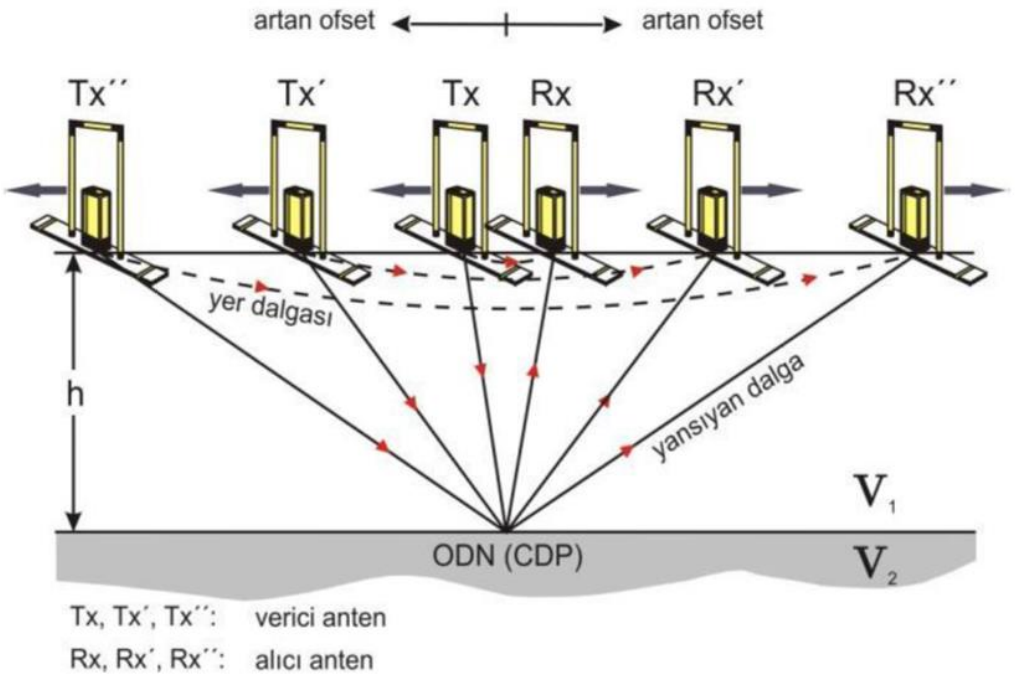
GAYK ölçümlerinde verici anten, başlangıç noktasında sabit kalırken, alıcı anten, ofsetin arttırılmasıyla doğrultu boyunca ilerler (Şekil 4.14). Bu yöntemle efektif şekilde ölçüm yapılabilmesi için, çalışılacak alanın temel yansıtıcı yüzeyinin ya yatay ya da minimum eğiminin olması gerekmektedir [46].



Şekil 4.14. GAYK yönteminin şematik gösterimi [46].

4.8.4. Ortak derinlik noktası (ODN) ölçümleri

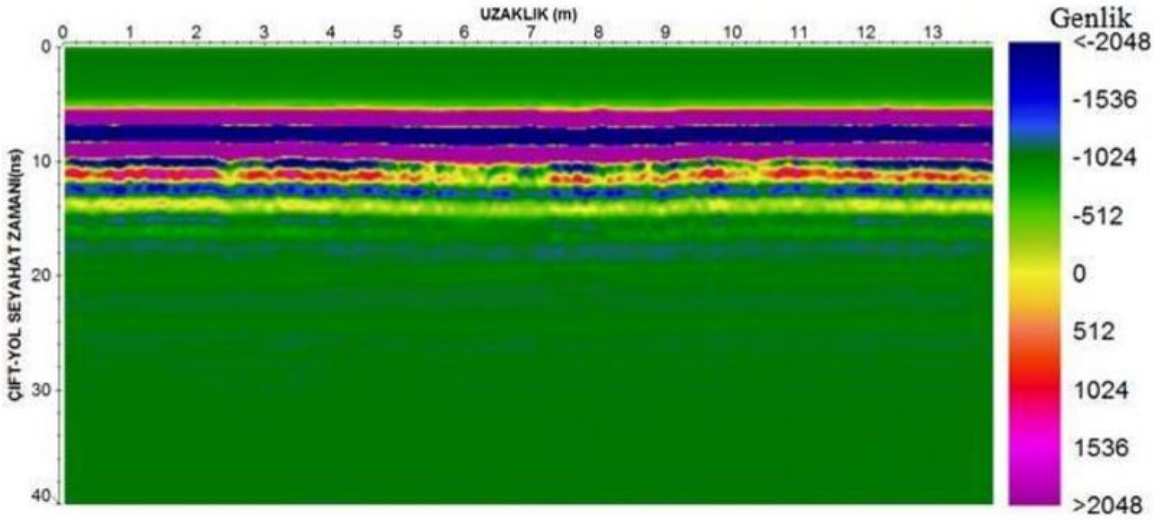
Çoklu ofset ölçümleri için tercih edilen yöntem ODN ölçümleridir. Burada, verici ve alıcı antenler, bir doğrultu boyunca, ortak bir ortak noktadan, aynı anda ve aynı mesafelerde zıt yönlerde hareket ederler (Şekil 4.15) [47].



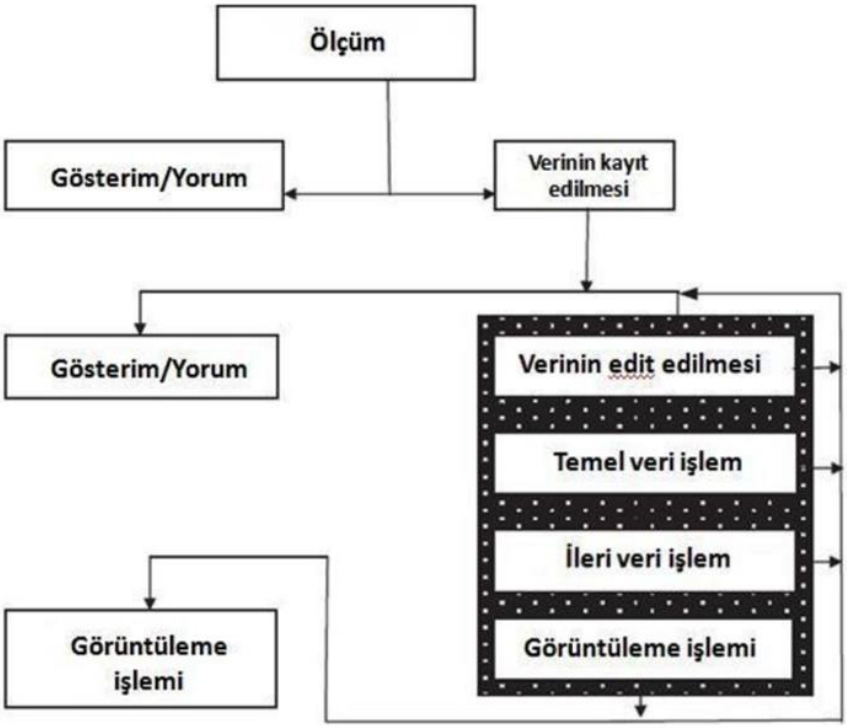
Şekil 4.15. ODN yönteminin şematik gösterimi [46].

4.9. Yer Radarı Verilerine Uygulanan Veri İşlem Adımları

Yer radarı yöntem gereği; ölçülen ham verilerinden araştırılan ortamın yapısal durumunu incelemek ve yorumlamak zordur. Ham yer radarı veri örneği Şekil 4.16 görülmektedir. Bundan dolayı, elde edilen bu verileri yorumlayabilmek için bazı veri işlem aşamalarının uygulanması gereklidir. Toplanan verilere uygulanması gerekli işlemlerin akış şeması Şekil 4.17'de verilmektedir. Bu şemada görüldüğü üzere söz konusu veri işlem adımları, uygulanma amacına göre temel ve ileri veri işlem aşamaları olarak sınıflandırılmaktadır.



Şekil 4.16. Ham yer radarı veri örneği



Şekil 4.17. Yer radarı verisi akış şeması

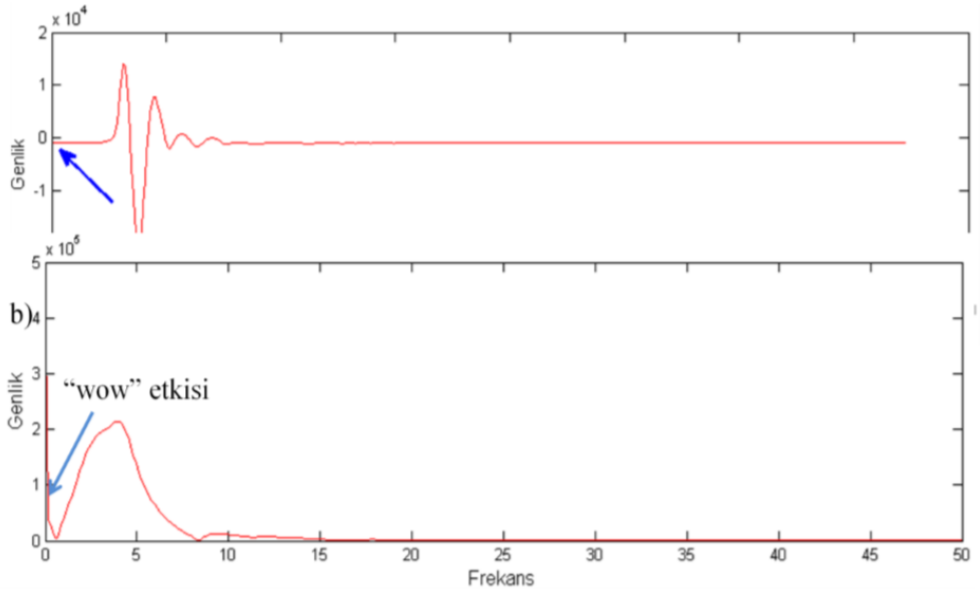
4.9.1 Sıfır zamanı düzeltmesi

Sinyalin başlangıç zamanı bazen özellikle düşük frekanslı anten kullanıldığında zaman eksenine göre aşağı kaymaktadır. Kayma zamanı miktarı kadar değer sinyalden

çıkartılarak t=0 zamanı, zaman ekseninin ilk değeri haline getirilir. Bu işleme sıfır zamanı düzeltmesi denir.

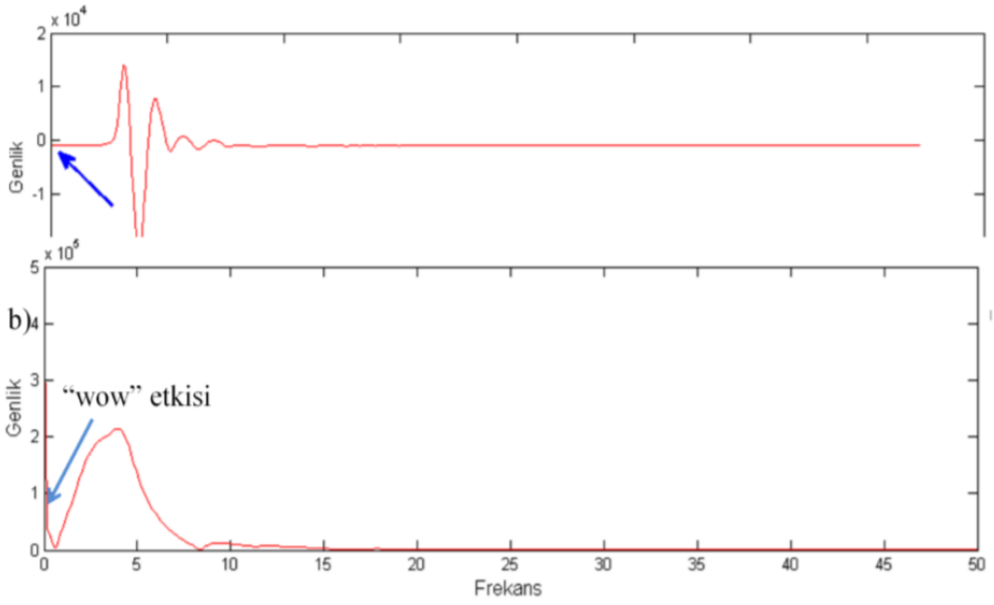
4.9.2. Dewow (düşük frekanslı olayların giderilmesi)

Yer radarı verilerinde çok düşük frekanslı gürültüler verinin görüntülenmesini engellemektedir(Şekil 4.16). Verilerin çok düşük frekanslarında oluşan ve ilerleyen frekanslardaki genlikleri bastıran bileşenine "wow" etkisi denir. Bu etkinin giderilmesi işlemine "dewow" denir. Dewow veriyi ortalama-sıfır seviyesine indirgemede önemli bir adımdır.Ham yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan bir yer radarı izinin zaman (Şekil 4.18a) ve frekans ortamındaki görünümü (Şekil 4.18b), Şekil 4.28'de gösterilmektedir.



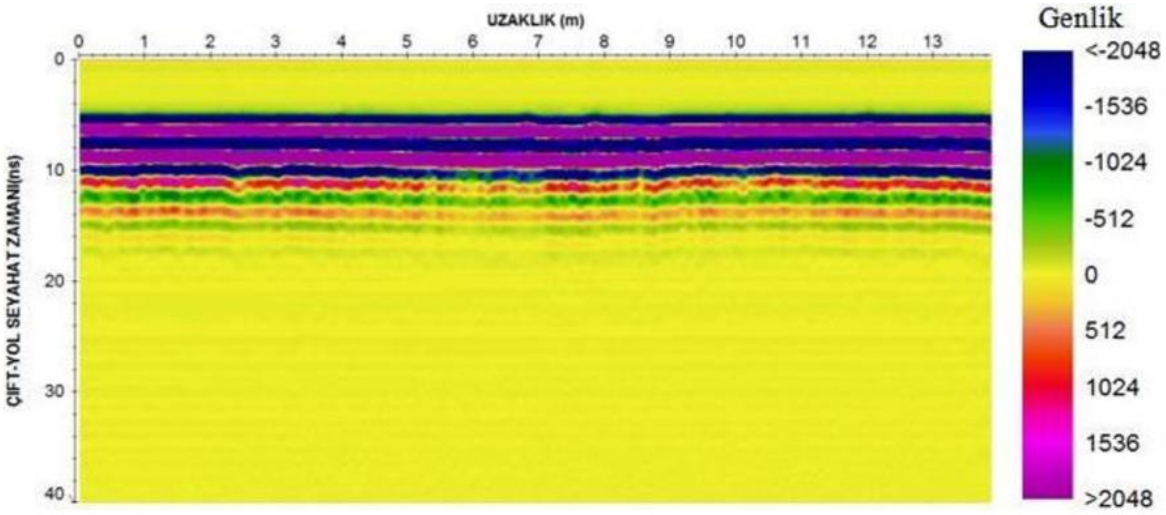
Şekil 4.18. a) Ham yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki görünümü b) Ham verinin genlik spektrumu

Dewow uygulanmış yer radarı kesitinden aynı uzaklıktaki yer radarı izinin zaman ve frekans ortamındaki gösterimi ise Şekil 4.29 a ve b'deki gibidir.



Şekil 4.19. a) Dewow uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki görünümü b) (a)'da gösterilen izin genlik spektrumu

Şekil 4.18b ve Şekil 4.19b karşılaştırıldığında, "wow" bileşeninin atılıp ilerleyen frekans içeriğindeki genlik artışı sağlanmıştır. Şekil 4.16'da verilen ham veriye dewow işlemi uygulandıktan sonra elde edilen yer radarı kesiti Şekil 4.20'da verilmiştir.

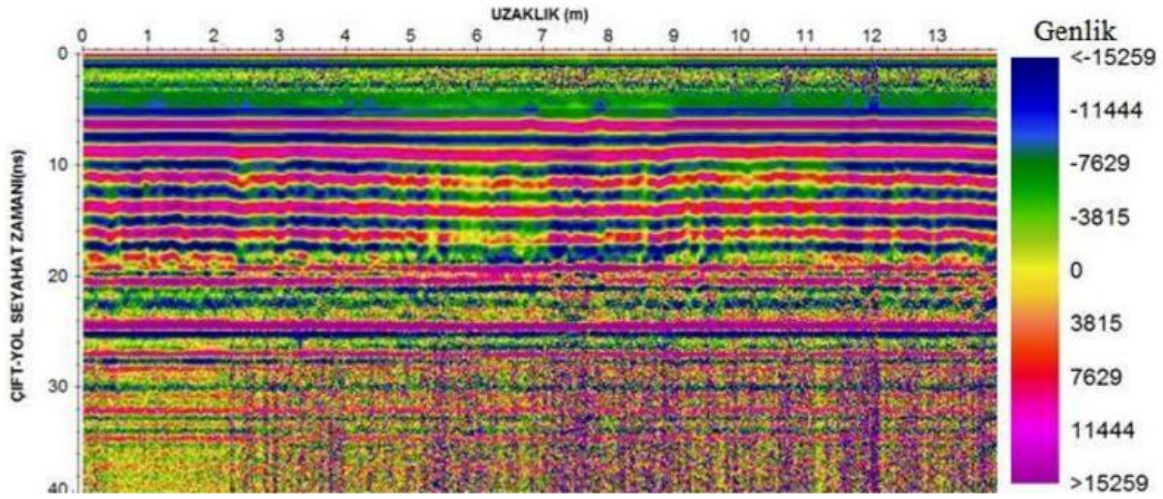


Şekil 4.20. Dewow işlemi uygulanmış yer radarı kesiti

4.9.3. Genlik kazancı

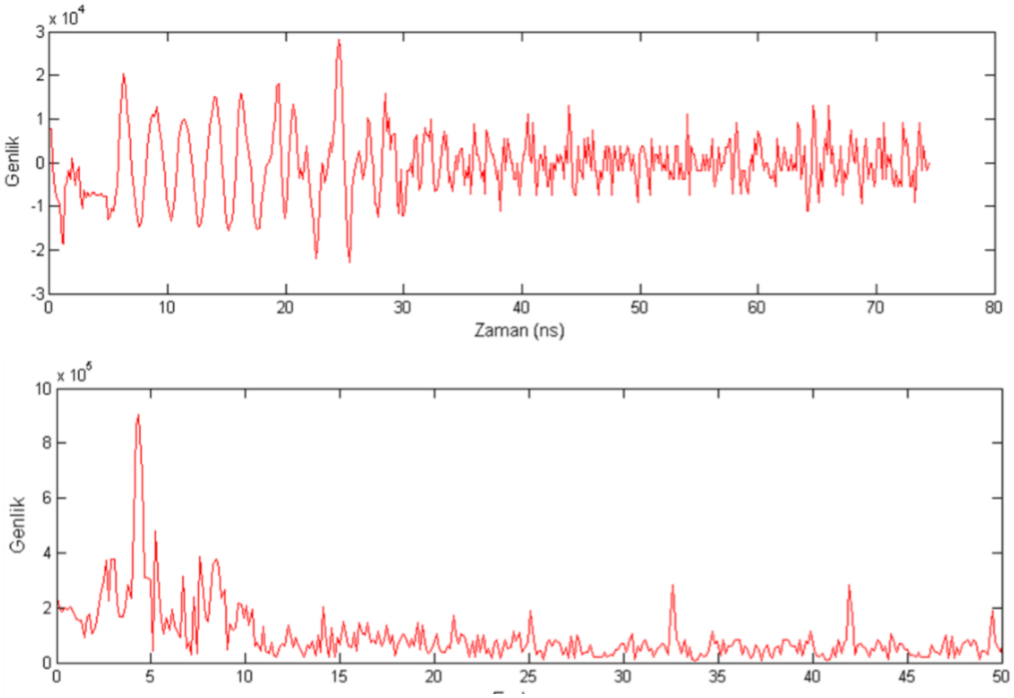
Radar verisi zamanla çok çabuk sönümlendiği için, yüzeyin diplerinden gelen genlik bilgisi yüzeye yakın bölgelere göre daha zayıf olmaktadır. Bu olumsuzluğu gidermek amacıyla veriye genlik kazanç düzeltmesi uygulanır [44].

Sabit bir katsayı ile genlik kazanç uygulaması yapıldığında ilgili dalga alanının genliği de aynı oranda artacağından aslında profil görüntüsünde sadece genlik bilgisine ait renkler daha abartılı bir şekilde görüntülenmektedir. Bu durumda anomali oluşturan genlik bilgisini diğerlerinden ayırt etmek ve yorumlamak ancak veri kalitesi çok iyi veriler için mümkün olabilir. Belki doğru yorum yapılabilir ama düzgün bir görüntü elde edilemeyebilir. Benzer şekilde lineer genlik kazanç uygulamalarında maksimum kazanç değerinin aşılması durumunda bu genliklere ait renklendirme olmadığından veri görüntüsü bozulacaktır. Kazanç işlemi uygulanmış bir veri Şekil 4.21'de gösterilmiştir.



Şekil 4.21. Zigana tünelinden alınmış bir profile genlik kazanç işlemi (enerji azalımı) uygulandıktan sonraki radargram

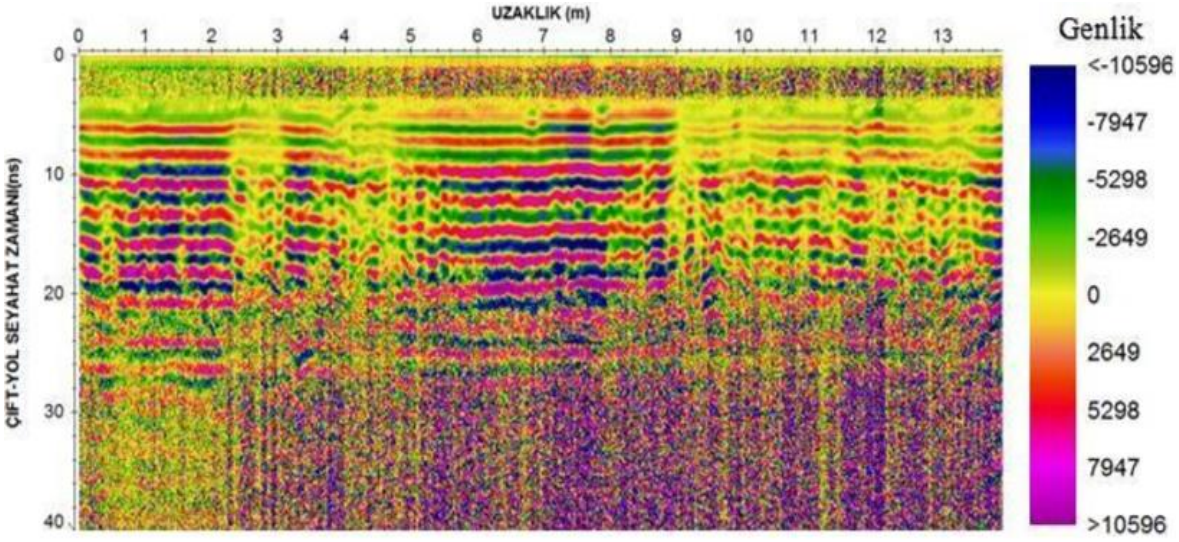
Şekil 4.19a'da "dewow" uygulanmış yer radarı izine genlik kazancı uygulanmış yer radarı izi Şekil 4.22a'da, bu izin genlik spektrumu ise Şekil 4.22b'de verilmiştir.



Şekil 4.22. a) Kazanç işlemi uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki gösterimi b) frekans ortamındaki gösterimi

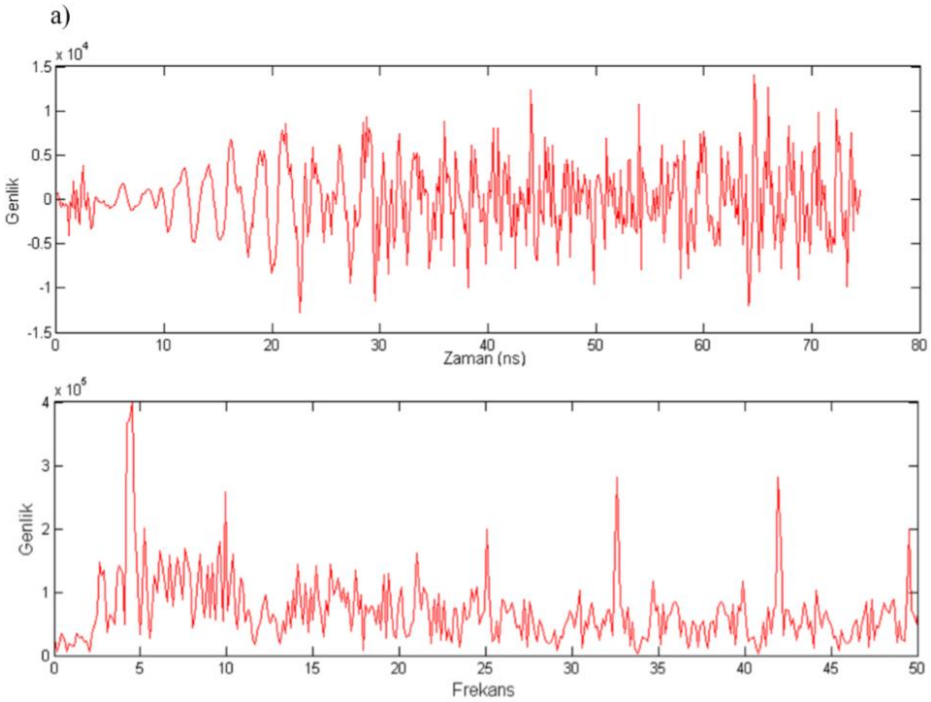
4.9.4. Background Removal (Ortalama Genlik Bilgisini Kaldırma)

GPR verileri için veri-işlem tekniklerinin önemli bir adımıdır. GPR verilerinde genellikle uyumlu gürültünün genel bir türü olan "ringing etkisi" görülmekte ve radargramlardaki sinyaller olumsuz olarak etkilenmektedir. Ayrıca, uyumsuz gürültünün bu türü izlerde kuvvetli olduğu zaman giderilemeyebilir ve bu durumda daha derin yapıları tamamen maskeleyebilir. Bundan dolayı kesitlerde yatay ve periyodik olaylar (Şekil 4.21'de görüldüğü gibi) olarak görülen ringing; veri işlemle kaldırılması gereken en önemli olaylardan birisidir. Yansıma olayları; daha rastgele olduğunda, ringing etkisinin tüm GPR kesiti boyunca hemen hemen uyumlu olduğu kabul edilerek, sadece ringing gürültüsünü içeren bir iz için tüm kesitin ortalama bir izi dikkate alınmaktadır. Yapılan kabul ışığında, bu ortalama izin basit bir şekilde çıkarılmasıyla radargramda ringing'in yatay görünümü giderilmiş olur [49]. Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de dewow ve kazanç işleminden sonra elde edilen radargram üzerinde izlenen yatay ve periyodik olayların atılması sonucunu belirlenen yer radarı kesiti Şekil 4.23'de görülmektedir.



Şekil 4.23. Zigana Tüneli'nden alınmış bir profile background removal uygulandıktan sonraki radargram

Dewow, genlik kazancı uygulanmış yer radarı izine Background removal veri işlem adımı uygulandıktan sonra elde edilen radargramın 3. m sindeki yer radarı izi Şekil 4.24a'da bu izin genlik spektrumu ise Şekil 4.24b'de verilmiştir.



Şekil 4.24. a) Background Removal uygulanmış yer radarı kesitinden 3 m uzaklıkta alınan yer radarı izinin zaman ortamındaki gösterimi b) frekans ortamındaki gösterimi

4.9.5. Hız analizi

Saçılmayı meydana getiren objenin neden olduğu hiberbol, ortamın hızı hakkında bilgi verir ve ortamın hızı yer radarı verileri üzerindeki hiperbollerden faydalanarak hiperbol çakıştırma işlemi ile hesaplanır. Radagramlar üzerindeki bir hiperbolün tepe noktası ve yan açılımı üzerindeki bir noktanın işaretlenmesi suretiyle belirtilen hiperbole sebep olan olaya ait hız belirlenmektedir [44].

5. YER RADARI YÖNTEMİ İLE GÖMÜLÜ BORULARIN KONUM, BÜYÜKLÜK VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

5.1. Amaç ve Kapsam

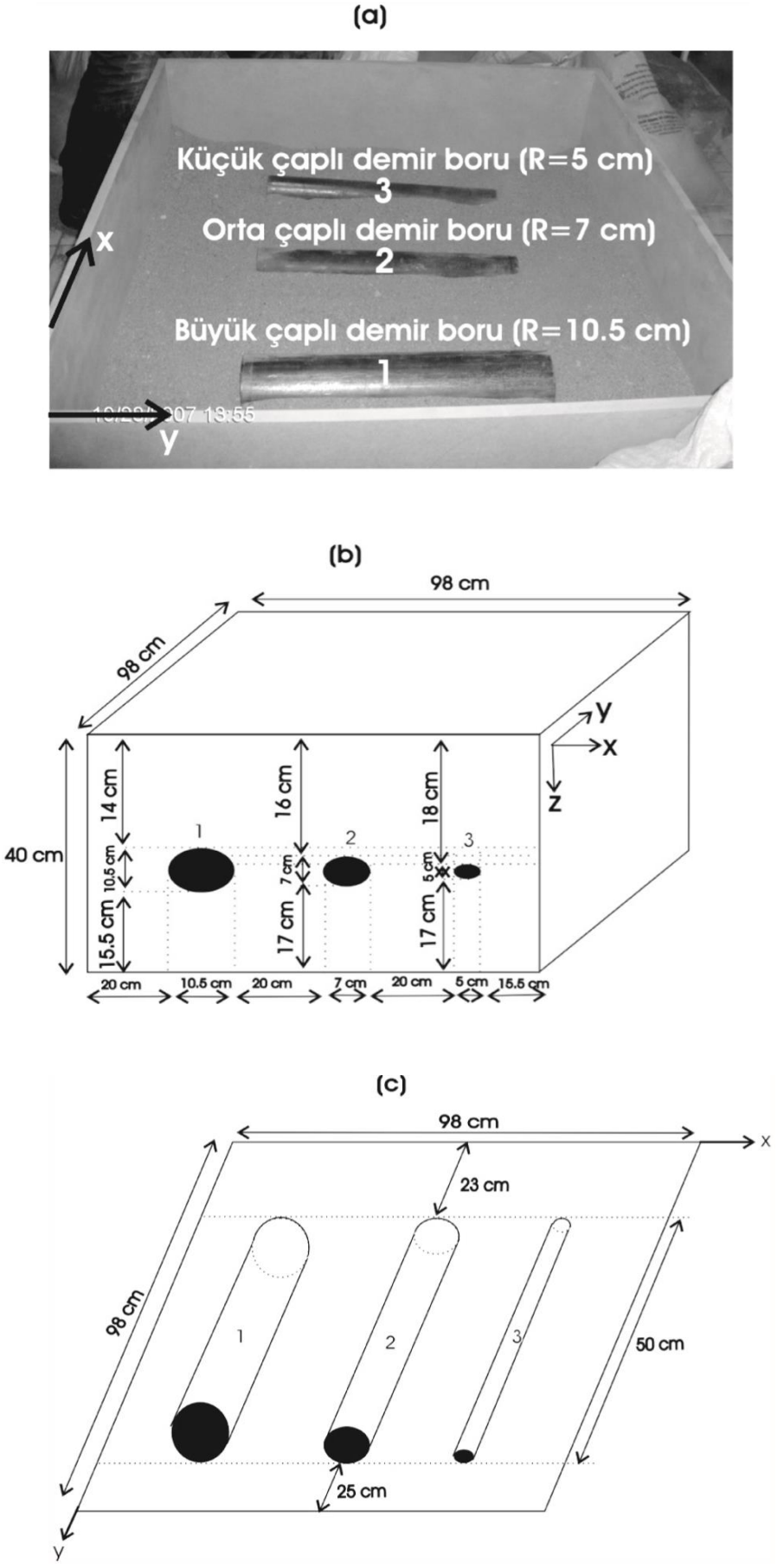
Çalışmanın amacı, yer radarı ile görüntüleme yöntemi kullanılarak araştırılan yüzeyin altındaki daha önceden mevcut olan boruların derinlik hacim ve fiziksel niteliklerinin belirlenebilir olmasını ortaya koymaktır. Bu sebeple ilk olarak üç farklı model üzerinde laboratuvarda çalışmalar yapılmış, daha sonrasında ise Ankara'nın Altındağ ilçesi, Gültepe Mahallesi Babür Caddesi üzerinde, Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) tarafından döşendiği bilinen fakat konum bilgisi olmayan boru hatlarının; derinlikleri, cinsleri ve fiziksel özellikleri ile birlikte belirlenebilmesine yönelik bir çalışma yapılmıştır.

5.2. Laboratuvar Çalışmaları

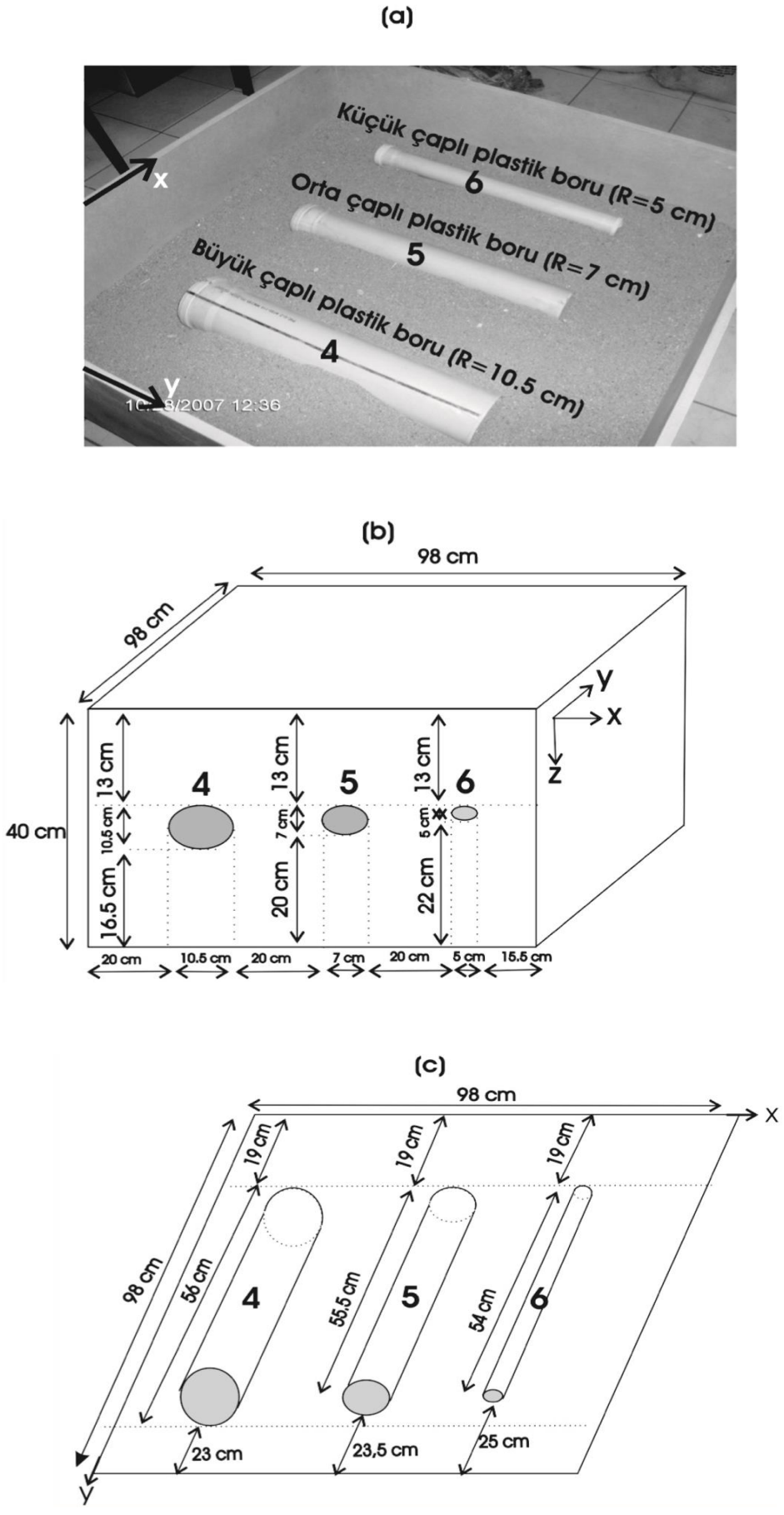
Birbirinden değişik boyutlarda ve cinslerdeki boruların belirlenebilmesi için boruların sebep olduğu farklılıkların radargramlar ile detaylı bir şekilde araştırılması detaylı olarak araştırılması gerekmektedir. Yer altındaki boruların derinliklerini, türlerini, boyutlarını doğru bir şekilde belirleyebilmek için yapılan düzeneklerde birbirinden farklı üç boyutta demir boru ile plastik boru, ahşap kasa (98x98 cm2 iç yüzey alanı ve 40 cm derinliği olan) ve boru üst ve altlarına yataklama ve gömleklemesi için kuru kum kullanılarak düzenek yapılmıştır. Boyut ve ayırt edici fiziki özellikleri ortaya koymak için birbirinden farklı üç model hazırlanmıştır.

5.2.1. Modeller

Benzer nitelikteki boruların bulunduğu derinlik ve fiziki boyutlarının farklılıklarını irdelemek için aynı boyda kesilmiş, düzenek içerisine belirlenen yerlerde ve derinlikte yerleştirilmiş üç adet değişik çapta demir boru ile plastik boru yerleştirilmiştir. (Şekil 5.1) ve (Şekil 5.2) sırasıyla;



Şekil 5.1. Model 1: Farklı çap ve boyutlardaki demir boruların kasa içerisindeki konumları

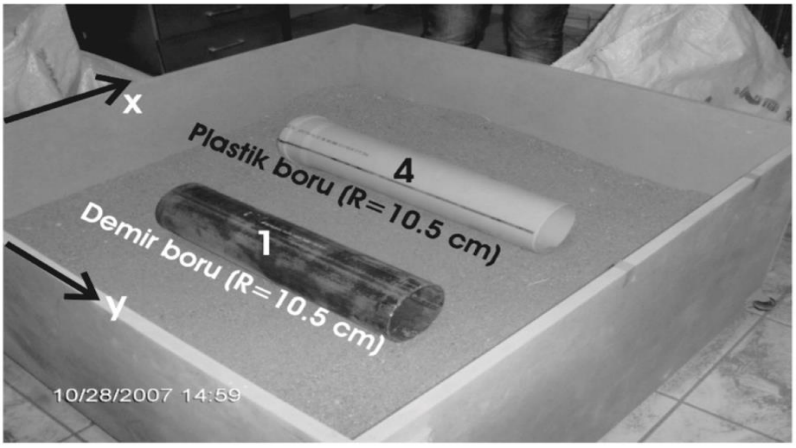


Şekil 5.2. Model 2: Farklı çap ve boyutlardaki plastik boruların kasa içerisindeki konumları

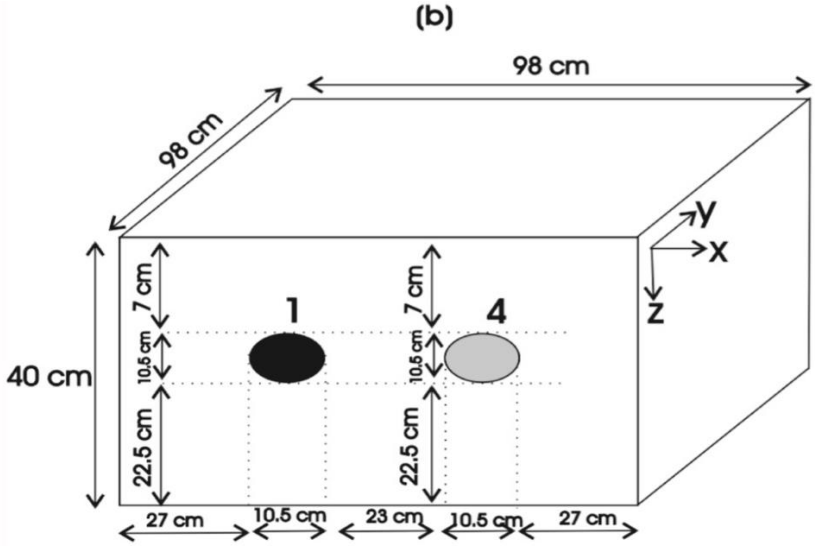
Model 1 ve model 2 diye isimlendirilen plastik ve demir boruların yerleştirildiği düzenek ve kasanın içinde bulundukları x-y ve z yönündeki yerlerini detaylı bir şekilde göstermektedir. Demir boru ile plastik boruların çapları sırasıyla 10.5, 7 ve 5 cm olup, demir boruların uzunlukları 50 cm, plastik boruların uzunlukları 54 cm'dir. Borular düzenek içerisine çapları göz önüne alınarak en büyük çaplıdan en küçük çaplıya göre konumlandırılmış ve buna göre numaraları verilmiştir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2). Model 1 (Şekil 5.1)'de demir boruların araştırılan yüzey altında kalan konumlarının da hassas bir şekilde belirlenebildiğini irdeleyebilmek için bu borular kasanın yüzeyi baz alınarak 2 cm aralıklarla 14, 16 ve 18 cm deki derinliklere gömülmüşlerdir (Şekil 5.1). Model 2' de ise, birbirinden farklı üç değişik çaptaki plastik borular 13 cm derine gömülmüşlerdir (Şekil 5.2).

Aynı çapta, fakat birbirinden değişik cinslerdeki iki borunun gösterdiği farklılıkların irdelenmesi için model 3 hazırlanmıştır (Şekil 5.3). Model 3 için model 1 ve model 2'de bulunan çapı en büyük iki demir ve plastik boru seçilmiş ve 7 cm lik derinliğe yerleştirilmişlerdir. Tüm borular 10.5 cm çapında ve demir boru 54 cm, plastik boru ise 50 cm'dir (Şekil 5.3). Numaralandırma olarak model 1 ve model 2'deki numaralandırmaların aynısı kullanılmıştır.

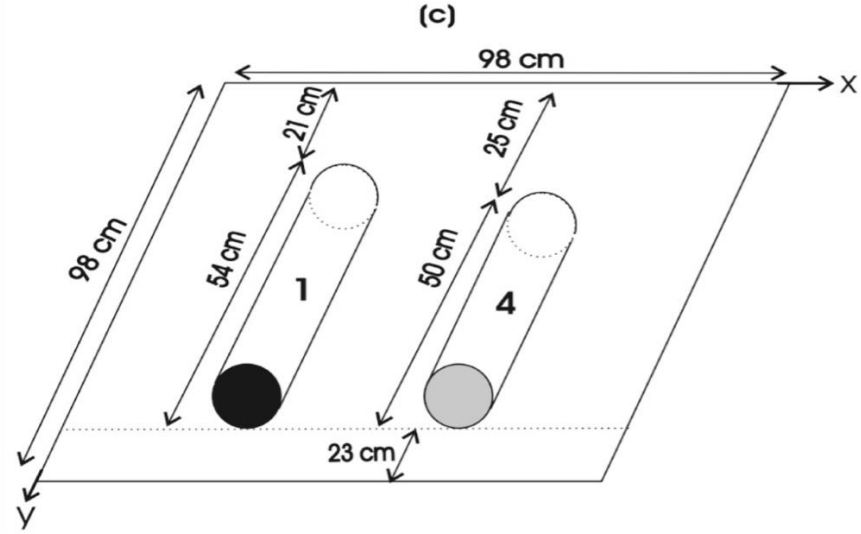
(a)



(b)



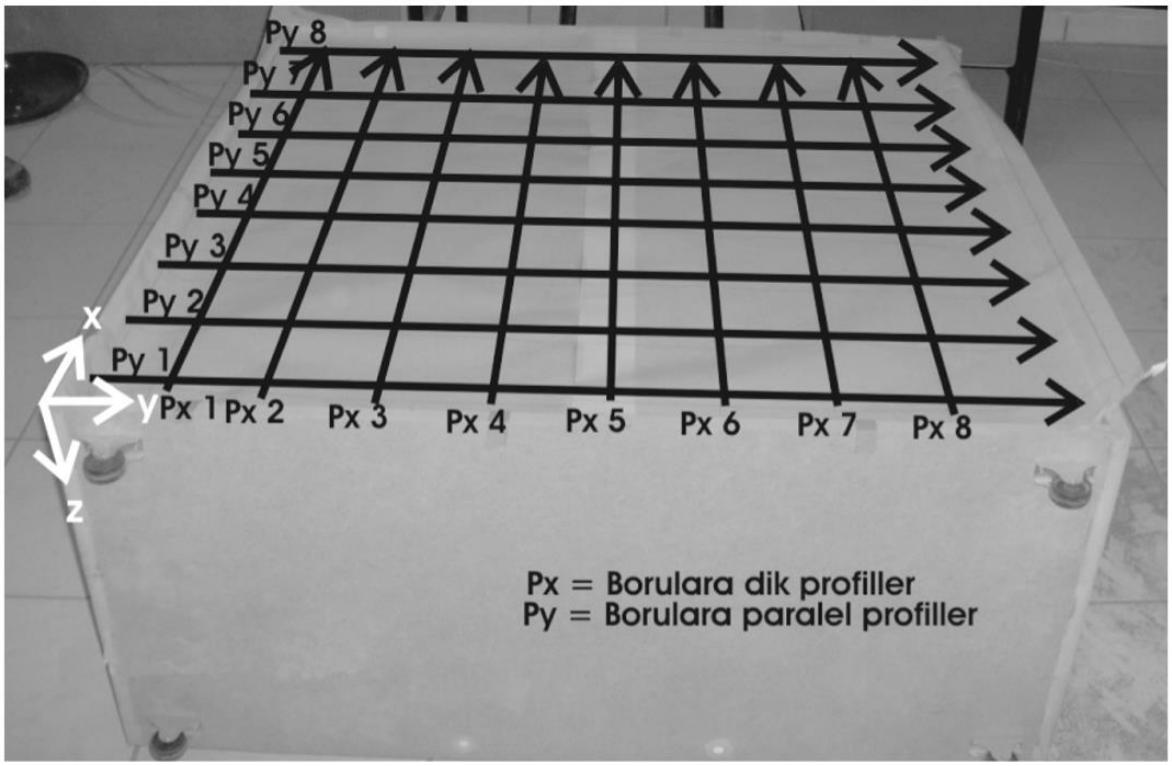
(c)



Şekil 5.3. Model 3: Çapları aynı olan demir borular ile plastik boruların yarı gömülü durumlarının gösterimi

5.2.2. Veri toplama

Boruların sebep olduğu anomali farklılıklarının irdelenmesi amacıyla düzenek içerisindeki boruları 11 cm aralıklarla enine ve boyuna kesen profiller hazırlanmış ve aydınger kağıdına işaretlenmiştir (Şekil 5.4). Profiller düzeneğe konulduktan sonra RAMAC CUII radar sistemi ile ölçümler yapılmış, bunun neticesinde çıkan veriler toplanmıştır.



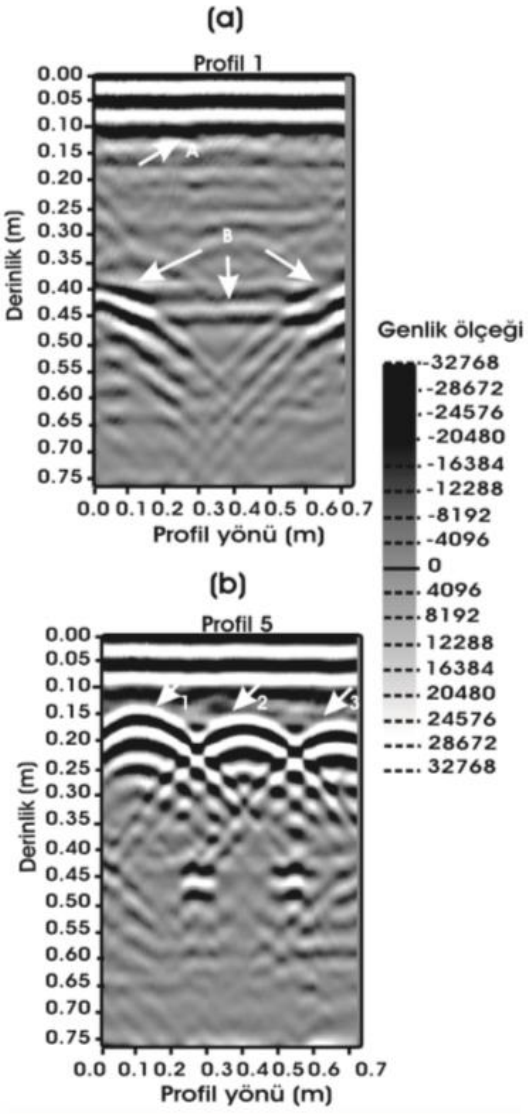
Şekil 5.4. Profillerin deney düzeneğindeki gösterimi

5.2.3. Veri işlem

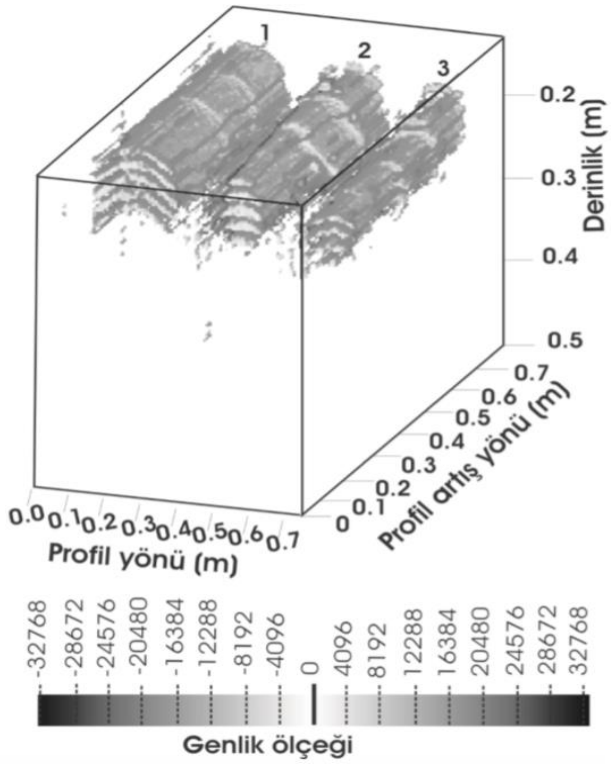
Yapılan ölçümler neticesinde toplanan verileri işleme Reflex-Win V3.5 programı kullanılarak yapılmıştır. Sırasıyla yapılan işlemler; sıfır zamanının düzenlenmesi, düşük frekansları gidermek için dewow (süzgeçleme) ve veriye uygun band aralığı seçilerek Butterworth band geçişli süzgeçleme, doğrusal genlik kazanç işlemi ve hız analizidir. Hız analizinin neticesi olarak kuru olan kumdan yansıyan elektromanyetik dalga hızı 0.2 m/ns olarak ölçülmüştür. Radargramların temel hız-zaman bilgileri ile "derinlik=hız x zaman /

2” formülasyonu kullanılarak tespit edilen derinlik bilgisi ölçülen değerler ile kıyaslanmış ve ulaşılan hız bilgisinin doğru olduğu teyit edilmiştir. Bu hızın yüksek çıkmasının nedeni kuru kumun tanecikleri arası boşluğun normalden fazla olmasıdır ki bu da yer radarı ile görüntüleme yönteminin bu tarz dielektrik geçirgenliği yüksek olan ortamlarda elde ettiği verilerin güvenilirliğinin bir kanıtıdır.

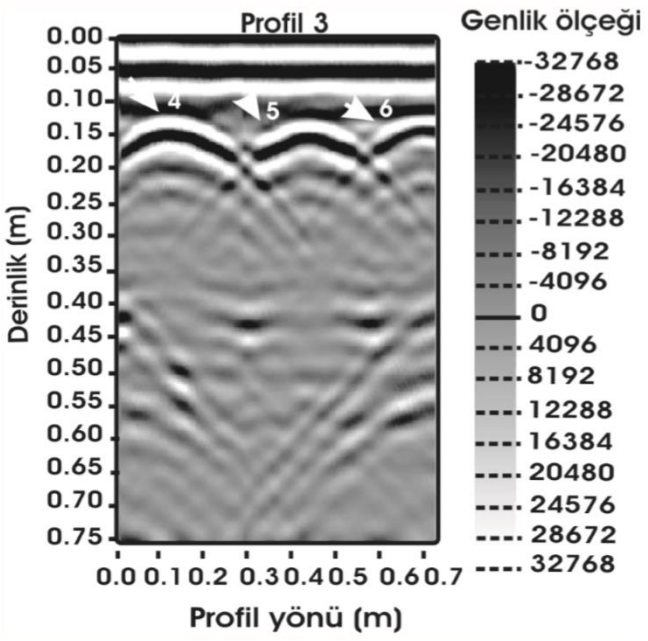
İşlenmiş verilere ait radargramlar incelendiğinde, yatay ve düşey eksendeki borulardan ve derinliklerden kaynaklanan farklılıklar göze çarpmaktadır.(Şekil 5.5–5.9). Veriler sonucu elde edilen paralel sıralı radargramlar arka arkaya dizildiğindeyse araştırılan yüzeyin üç boyutlu modellemesi ortaya çıkmıştır ki bu bize yapılan ölçümlerin derinlik çap ve tür açısından yapılan ölçümlerin tutarlılığı hakkında fikir vermektedir (Şekil 5.6).



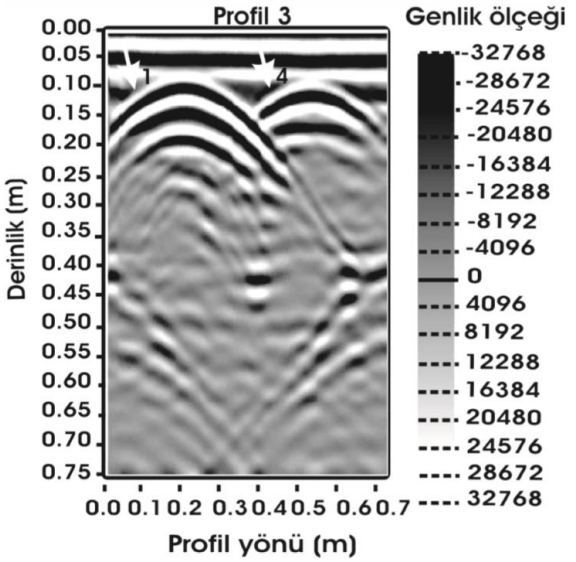
Şekil 5.5. Model 1’deki x yönündeki radargramlar (iki boyutlu kesitler)



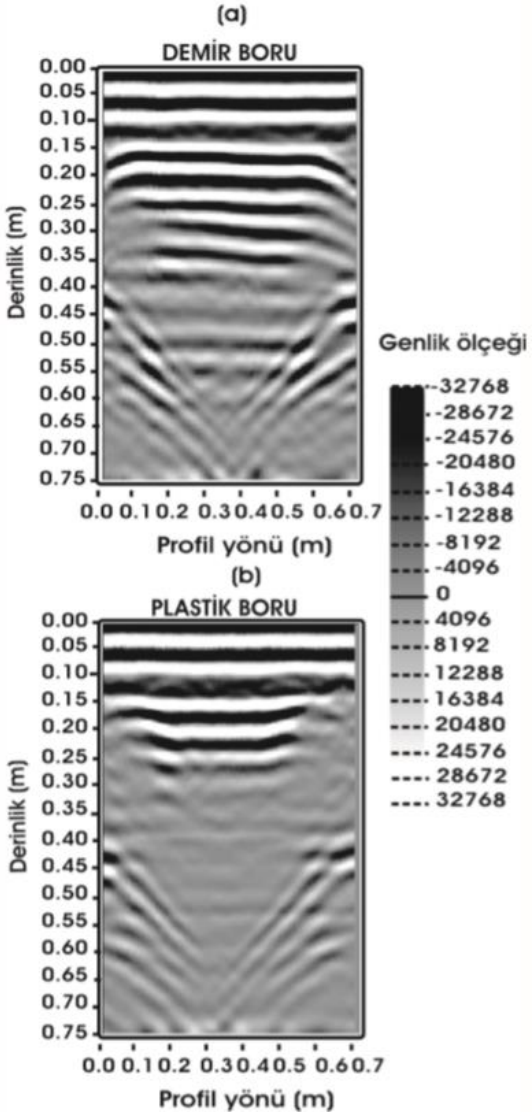
Şekil 5.6. Model 1'in x yönündeki radargramları ile oluşturulmuş üç boyutlu modellemesi



Şekil 5.7. Model 2' de profil 3 ün x yönündeki radargramı



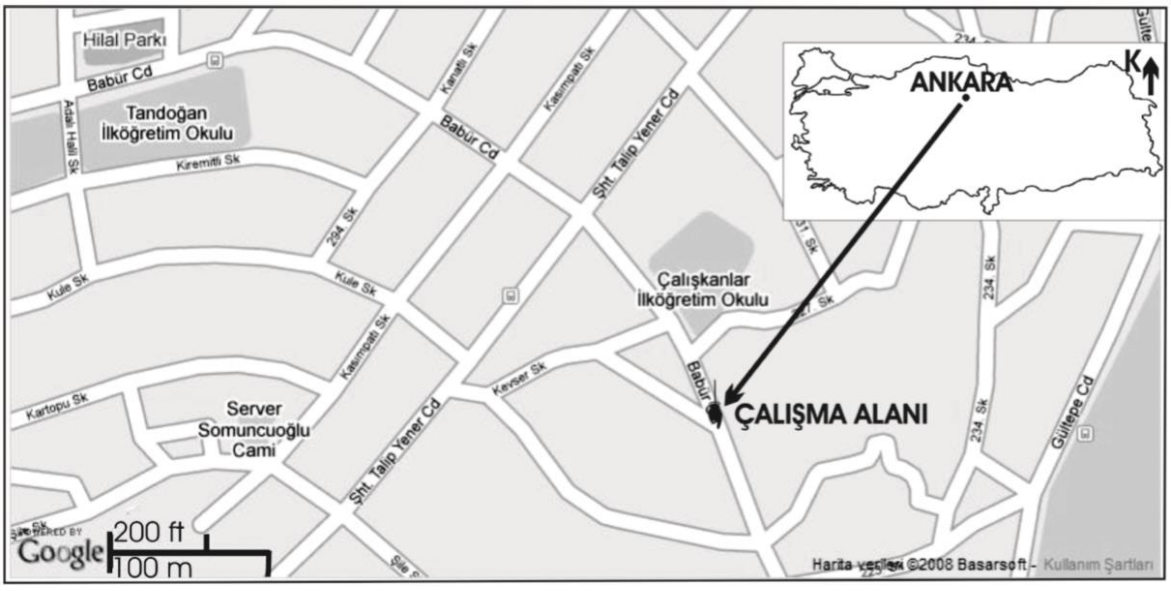
Şekil 5.8. Model 3’ de profil 3 ün x yönündeki radargramı



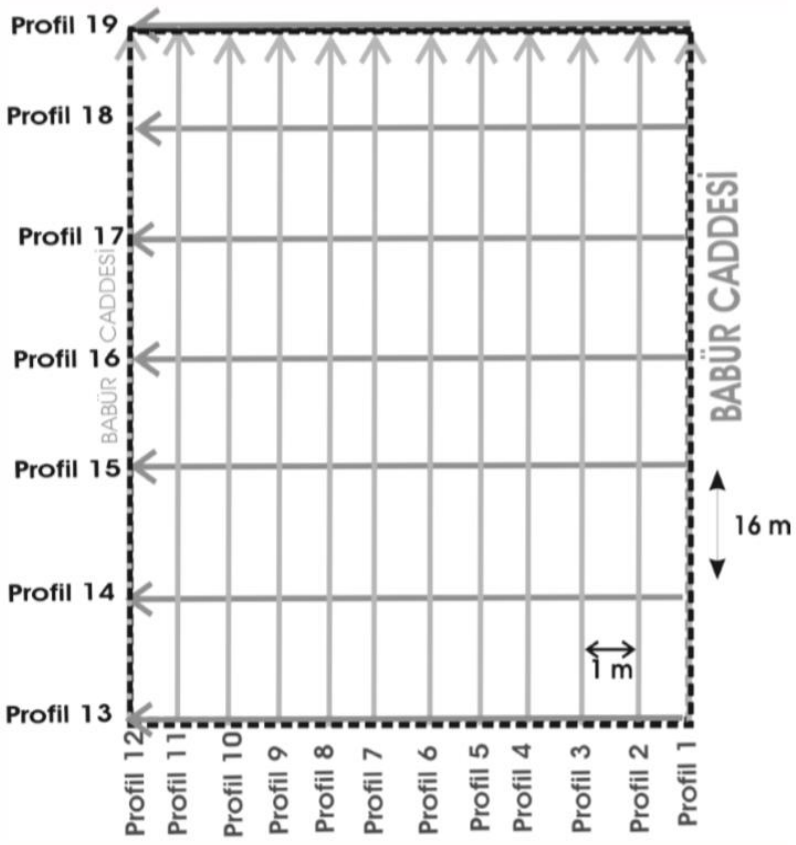
Şekil 5.9. Model 3’de y yönündeki radargramlar

5.3. Arazi Çalışmaları

Arazi çalışmaları, cadde boyunca yer altında konumu ve derinliği bilinmeyen boruların olduğu ASKİ tarafından teyit edilen Ankara'nın Altındağ ilçesi, Gültepe Mahallesi, Babür Caddesi üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.10). Çalışmanın odak noktası cadde üzerinde daha önceden gömülü olduğu bilinen boruların türünü, boyutlarını ve konumlarını belirleyebilmektir. Genişliği yaklaşık 11 metre olan caddenin üzerindeki 100 metrelik bir bölüm üzerinde çalışılmıştır. Veri toplama işlemi 1 metre aralıklar ile 100 metre boyunda 12 profil ve 16 metre aralıklarla caddeyi enine doğru kesen 7 profil üzerinde yapılmıştır (Şekil 5.11). Toplanan veriler daha önce laboratuvarda yapılan testlerdeki sıra takip edilerek işlenmiş ve hız analizi sonucu toprağın elektromanyetik dalga hızı 0.1 m/ns çıkmıştır. Bunun laboratuvardaki yapılan testteki hızdan farklı çıkmasının sebebi çalışılan alanın dielektrik geçirgenliğinin daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Cadde boyunca boru farklılıklarını gösteren radargramlar Şekil 5.12 ve 5.13'de gösterilmiştir.



Şekil 5.10. Çalışma bölgesinin konumu (http://earth.google.com).

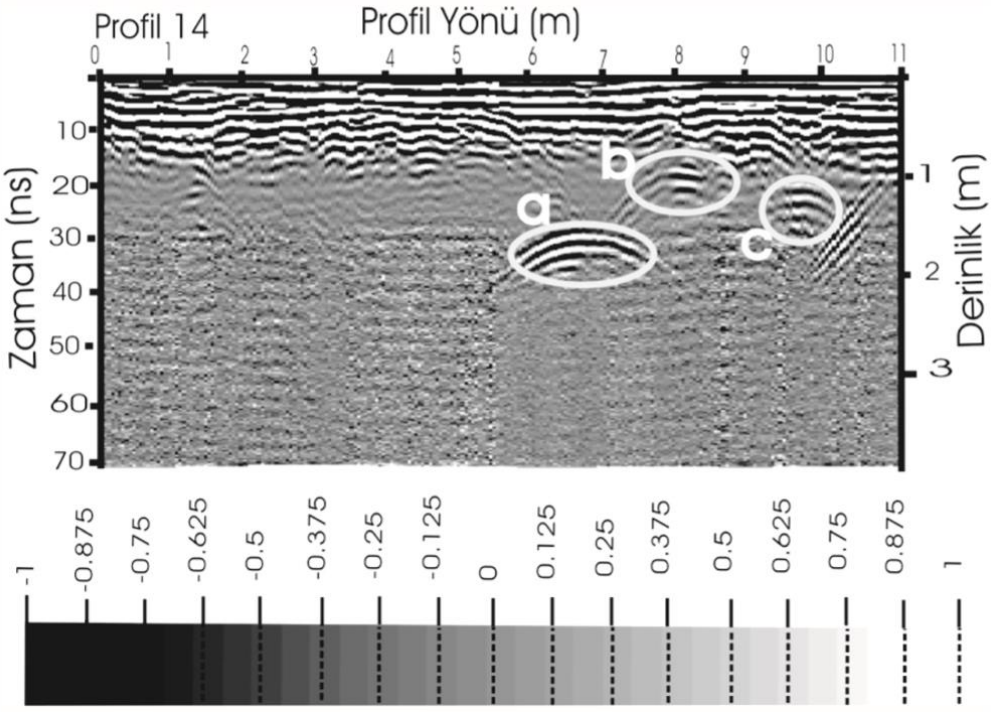


Şekil 5.11. profillerin yerleşim planı

5.4. Çalışmaların Değerlendirilmesi

Gerçek arazi koşullarında anomali genliğine etki eden faktörler çok değişken ve fazladır. Bu sebeple, ilk olarak boruların dipteki yeri ve konumunu belirleyebilmek daha önemli ve gereklidir. Araştırma yüzeyindeki (caddedeki) boruların tespit edilebilmesi daha önceden laboratuvarda yapılan testlerde de uygulandığı gibi boruyu dik olarak kesen yani caddenin enindeki profillerin radargramlarından tespit edilebilir. Bununla birlikte, boruların cadde üzerinde bulundukları derinlikleri ve yerleri cadde boyunca oluşturulan profiller üzerinden incelenip kontrol edilebilir (Şekil 5.11). Çalışmanın yapıldığı caddedeki enine doğru kesen profillerin radargramları (Şekil 5.11, 13-19 arasındaki profiller) incelendiğinde cadde boyunca üç ayrı borunun varlığı görülebilir. Caddeyi eni doğrultusunda kesen profil 14' e ait radargram incelendiğinde "a, b ve c" olarak nitenendirilen üç farklı borunun olduğu görülmektedir (Şekil 5.12). Yine Şekil 5.12'deki radargramdan anlaşılacağı üzere en büyük borunun "a" adıyla isimlendirilen boru olduğu söylenebilir. Radargramdaki diğer profiller irdelendiğinde boru büyüklükleri olarak

sırasıyla büyüklükler “a”, “b” ve “c” sonucu çıkartılabilir. Büyüklük dışında boruların yerleri ve derinlikleri ile ilgili bilgi edinmek için cadde boyunca 1 metre aralıklarla sıralanan profillerin de incelenmesi gerekir (Şekil 5.11, profil 1-12).



Şekil 5.12. Profil 14’e ait cadde üzerindeki boruları gösteren radargram

Şekil 5.12’ de “a”, “b” ve “c” olarak adlandırılan boruların derinliklerinin ve caddedeki doğrultularının belirlenebildiği profil 8, profil 10 ve profil 11 e ait radargram görülmektedir. Ayrıca caddeyi enine doğru kesen küçük çaplı fakat belirgin borular radargram üzerindeki elips içerisinde gösterilmişlerdir. Buna göre, “a” borusunun yönü profil 8 in radargramı üzerinde net bir şekilde görülmektedir. Bu ise “a” olarak adlandırılan borunun ve profil 8’in konumlarının kesiştiğinin kanıtıdır. Yapılan ölçümler neticesinde elde edilen radargramları “a” olarak adlandırdığımız boru özelinde irdelemeye devam edersek; bu borunun yaklaşık 1.5 ile 1.7 metre arasındaki bir derinlikte, profil üzerinde 20 ile 35. metreler arasında olduğu söylenebilir. Ayrıca bu borunun profil 7 ve lokal olarak profil 9 üzerinde de görünmektedir. Şekil 5.12’deki elips içerisine alınan profillere ait radargramlar incelendiğinde “a” borusunun çapının yaklaşık olarak 1.5 metre olduğu söylenebilir. Bu irdelemeler radargram üzerinde görülen “b” ve “c” olarak adlandırılan borular için de yapıldığında, “b” ve “c” borularının “a” borusu gibi tam bir doğrultu sunamadıkları görülmekledir. Bununla birlikte “b” borusunun doğrultusunun profil 9 ile profil 10 arasında zeminden 0.9-1 metre derinlikte ve çapının ise 0.35-0.40 metre olduğu

sonuçlarına ulaşılabilir. “c” borusu için ise caddenin sol kaldırımı tarafında olduğu, derinliğinin 1.10-1.20 metre arasında değiştiği, çapının ise yaklaşık 0.30 metre olduğu sonuçlarına ulaşılabilir.

Tüm bu çalışmalar incelendiğinde; uygun ortam ve koşullarda yer radarı ile görüntüleme yönteminin hızlı, doğru ve hassas bir şekilde ölçüm yapabildiği, ölçüm sonuçlarının doğruluk oranlarının yüksek ve güvenilebilir olduğu, kullanım açısından kolay ve altyapı çalışmaları, yeraltı kadastrosu gibi konulardaki yer altındaki bilinmezliği ortadan kaldırması açısından son derece faydalı ve pratik bir yöntem olduğu sonucuna ulaşılabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez kapsamında, içme suyu ve kanalizasyon projelerinin uygulanmasında mevcut altyapı tesislerinin haritalarının olmamasından kaynaklanan maddi ve manevi kayıpların önüne geçilmesi ile ilgili günümüz teknolojilerinden Yer Radarı ile Görüntüleme yöntemi hakkında geniş bilgi verilmiş, yöntemin teknik ve uygulama aşamaları detaylıca aktarılmıştır.

Yer radarı ile görüntüleme yönteminin kullanılabilirliğine örnek olarak Ankara'nın Altındağ ilçesi, Gültepe Mahallesi, Babür Caddesi üzerinde gerçekleştirilen yer altı radarı kullanarak boru hatlarının tespiti üzerine yapılan çalışmanın arazi ve laboratuvar aşamaları hakkında detaylıca bilgi verilmiş ve çalışmalar sonucunda ortaya çıkan sonuçlar paylaşılmıştır.

Günümüz altyapı projeleri ile ilgili teknik ve teknolojik gelişmeler göz önüne alındığında, gün geçtikçe artan ve farklılaşan ihtiyaçlara cevap vermesi amacıyla sürekli yeni yeraltı yapıları inşa edilmektedir. Bu sebeple önceden var olan yeraltı yapılarının konum ve kotlarının tespit edilmesi ve yapılan bu çalışmaların ölçümlerinin belirli bir hassaslık gözetilerek yapılması ile birlikte mevcut harita altlığında gösterilmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmalar ve paylaşılan sonuçlar dikkate alındığında yer altı radarı ile görüntüleme yönteminin ne kadar efektif çalıştığı ve altyapı çalışmaları sırasında ortaya çıkacak muhtemel maddi ve manevi zararları nasıl önleyeceği açıkça ortaya konulmuştur. Bu bağlamda gelişen haritacılık, görüntüleme teknolojileri ve konumsal bilgiye dayalı geoinformasyon teknolojilerinin gelişimi ile birlikte altyapı kadastrosunun olmamasından doğan sorunlar minimize edilebilmektedir. Teknolojik gelişmeler ışığında, daha önceden yapılmış, planı veya krokisi olmayan altyapı tesislerinin bulunması ve altyapı haritalarının çıkartılması için pek çok yöntem olmakla birlikte günümüzde en çok tercih edileni ve altyapı çalışmaları için en kullanışlı olanı Yer Radarı ile görüntüleme yöntemidir.

Haritalar, yerin üstündeki binaları, yolları, duvarları, elektrik direkleri gibi detaylar ile topoğrafyayı gösterdiği gibi yerin altında bulunan tesisleri de göstermektedir. Bu haritalar yapım esnasında hatlar kapatılmadan önce jeodezik veya yersel tekniklerle ölçülmektedir. Bununla beraber hatlar kapatıldıktan sonra çeşitli jeofizik yöntemlerle de belirlenebilmektedir. Mevcut sistemlerin altyapı haritalarının hazırlanması, yapım

aşamasında diğer sistemlerin zarar görmelerini engellemekte ve işletme aşamasında sisteme müdahale etmeyi de kolaylaştırmaktadır. Bu yüzden proje aşamasında ya da yapım aşamasında daha önce yapılan altyapı tesislerinin altyapı haritalarının yer altı radarları tarafından hazırlanmasında olası kayıpları önleme açısından fayda görülmektedir.

İller Bankası A.Ş. altyapı çalışmalarının proje ve yersel tetkik aşamalarında yer üstündeki halihazır kot ve koordinatlarıyla birlikte yeraltı haritaları da çıkartılmalı ve yapılan projeler mevcutta bulunan yeraltı tesisleri gözetilerek yapım ve uygulama aşamasına geçilmelidir. Bu sayede hem projeler daha sağlıklı işleyecek hem de zaman kaybı ve mevcut yeraltı tesislerinin zarar görmesi ile oluşan maddi kayıplar önlenebilecektir.

Altyapı projeleri yapım, uygulama, işletme konularında bilgi ve tecrübe olarak Türkiye' nin öncü kuruluşlarından olan İller Bankası A.Ş. altyapı konusundaki teknolojik yenilik ve gelişmeleri yakından takip etmeli, bu konuda da Türkiye'nin öncü kuruluşlarından biri olmalı ve Yer Altı Radarı ile Görüntüleme gibi teknolojik yeniliklerin kullanılmasını sağlayarak altyapı projelerinde daha verimli ve etkin çalışma yöntemleri geliştirmelidir.

KAYNAKLAR

1. İller Bankası 2015 Faaliyet Raporu (2016)

2. Berk, A. (2003). İller Bankası ve Yerel Yönetimler, Sayıştay Dergisi, 2003/48, Ankara.

3. İller Bankası 2015-2019 Stratejik Planı (2014).

4. Bilgi, S. (2006). 8000 Yıllık Geçmişi ile Harita ve Haritacılık, Popüler Bilim Dergisi, 2006/144.

5. Palancıoğlu, H.M., Erkaya H., Hoşbaş R.G. (2-6 Nisan 2007). *Avrupa Birliği Sürecinde Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği'nin Durumu*, TMMOB HKMO 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayında sunuldu, Ankara.

6. İnternet: Bülent Ecevit Üniversitesi, Harita Mühendisliği, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fgeomatik.beun.edu.tr%2F&date=2016-10-09 , Son Erişim Tarihi: 09.10.2016.

7. Başarer, M., Doğru, Ö., Güney, C. (14-17 Mayıs 2013*). Mekansal Bilgi Yönetiminde Geleceğe Dönük Eğilimler ve Global Vizyon,* TMMOB HKMO 14. Türkiye Hairta Bilmisel ve Teknik Kurultayında sunuldu, Ankara.

8. İller Bankası Sayısal İşletme Projeleri Özel Teknik Şartnamesi (2008).

9. İnternet: Sadık Bilgin kişisel web sitesi, parsel ve muayene bacaları, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.sadikbilgin.com%2Fcevre%2Fkanalizasyon4.html&date=2016-10-09, Son Erişim Tarihi: 09.10.2016

10. İnternet: Optet Makina, Sayısal Nivo, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Foptetmakina.com%2Furunler%2Fnivo%2Fsayisal_nivo%2Fleica_sprinter_150_150M_250M.htm&date=2016-10-09, Son Erişim Tarihi: 09.10.2016

11. İller Bankası Sayısal İşletme Projeleri Özel Teknik Şartnamesi (2008).

12. İnternet: Sadık Bilgin kişisel web sitesi, parsel ve muayene bacaları, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.sadikbilgin.com%2Fcevre%2Fkanalizasyon4.html&date=2016-10-09 Son Erişim Tarihi: 09.10.2016

13. İller Bankası Sayısal İşletme Projeleri Özel Teknik Şartnamesi (2008).

14. Hasal, F. (1997). *Teknik Altyapı Kadastrosu(TAK) ve Bir Uygulamanın Sonuçları*, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak.

15. İnternet: Enermak Makine, Metal Detektörü, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enermak.com%2Ftr%2Furun%2Fm130%2F1064&date=2016-10-09 , Son Erişim Tarihi: 09.10.2016

16. İnternet: Enermak Makine, sonda, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enermak.com%2Ftr%2Fsayfa%2Fflexrod%2F156&date=2016-10-09, Son Erişim Tarihi: 09.10.2016.

17. İnternet: Enermak Makine, Akustik Alım Jeneratörü, URL: http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.enermak.com%2Ftr%2Furun%2Fcombiphon%2F363&date=2016-10-09, Son Erişim Tarihi: 09.10.2016

18. Annan, A.P., 2003. Ground Penetrating Radar Workshop Notes, Sensors Software Inc.,Mississaugo, Ontario, Canada.
19. Davis J.L. ve Annan A.P. 1989. Ground Penetrating Radar for High Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy, Geophysical Prospecting, 37, 531–551.

20. Grégoire, C. Halleux, L. ve Vervoort, A. 2003. Application of ground penetrating radar in a mining environment. In Mining and Mineral Processing, Sofia, p. 179- 183.

21. Conyers, L.B., 2004. Ground Penetrating Radar for Archaeology, Altamira Press, California,USA, 24-26.

22. Ramac/GPR CU II Hardware Manual

23. Ulriksen, C.P.F., 1982. Application of İmpulse Radar to Civil Engineering, Ph.D. Thesis, University Technology, Lund, Sweden.

24. Griffin, S. ve Pipet, T. 2002. Ground Penetrating Radar. Geophysical and Remote Sensing Methods for Regolith Exploration, 144, 80-89

25. Wilchek, L., 2000. Ground Penetrating Radar for Detection of Rock Stucture. M.S. Thesis, Alberta University, Canada.

26. Bristow, C.S ve Jol, H.M. (Ed.). 2003. Ground Penetrating Radar in Sediments. Geological Society Special Publications, London, 211, 191-198

27. Weeds, R.D., 1994. Geophysical Characterization of Sites. Rotterdam: AA. Balkema, p.6979.

28. Alp, İ. Gelişli, K. Yılmaz, A.O. Kaya, R. ve Çavuşoğlu, İ. 2003. Mermer İşletmeciliğinde Yer Radarı Uygulamaları.

29. Parasnis, D. S., 1997. Principles of applied geophysics (5th ed.). Chapman and Hall.

30. Annan, A.P. 1992. Ground penetrating radar workshop notes. Mississauga, Ontario: Sensors and Software Inc.

31. Conyers, L.B. ve Goodman, D. 1997. Ground-penetrating radar: An introduction for archaeologists. California: Altamira Press.

32. Goodman, D., 1994. Ground-penetrating radar simulation in engineering and archaeology. Geophysics, 59, 224-232.

33. Sheriff, R.E., 1984. Encyclopedic dictionary of exploration geophysics (2nd ed.). Tulsa, Oklahoma: Society of Exploration Geophysics.

34. Annan, A.P., 2005. "Ground Penetrating Radar", Near Surface Geophysics Part 1: Concept and Fundamentals, Butler, D.K.(Ed.), Investigations in Geophysics No.13,SEG Foundation.

35. Balanis, C.A., 1989. "Advanced Engineering Electromagnetics", John Willey&Sons.

36. Van der Kruk, J. Streich, R. ve Green, A.G. 2006. "Properties of surface waveguides derived from separate and joint inversion of dispersive TE and TM GPR data", Geophysics, Vol. 71, No.1.

37. Moorman, B.J., 2001. Ground-penetrating radar applications in paleolimnology. In W. M. Last and J. P. Smol, (Ed.). Tracking environmental change using lake sediments: Physical and chemical techniques (23-47). Boston: Kluwer Academic Publishers

38. Leckebusch, J., 2003. Ground-penetrating radar: A modern three-dimensional prospection method. Archaeological Prospection, 10, 213-240.

39. Telford, W.M. Geldart, L.P. Sheriff, R.E. ve Keys, D.A. 1976. Applied geophysics. NY: Cambridge University Press.

40. Huggenberger, P. Meier, E. ve Beres, M. 1994. Three-dimensional geometry of fluvial gravel deposits from GPR reflection patterns: A comparison of results of three different antenna frequencies. 5th International Conference on Ground Penetrating Radar (Proceedings), Waterloo Centre for Groundwater Research, 3,805-815.

41. Olhoeft, G.R., 1981. Electrical properties of rocks. in Y. S. Touloukian, W. R. Judd, and R. F. Roy, (Ed.). Physical properties of rocks and minerals (257-330). NY: McGraw-Hill.

42. Alp, İ. Gelişli,K. Yılmaz, A.O. Kaya, R. ve Çavuşoğlu, İ.2003. Mermer İşletmeciliğinde Yer Radarı Uygulamaları.

43. Koçaslan, A. 2008 Sonlu Farklar Yöntemi ile Çok Yüksek Frekanslı Elektromanyetik Dalga Alanı Hesabı, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.

44. Kadıoğlu, S. 2004. Yer Radarı (GPR) Yöntemi Ankara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Ders Notları.

45. Kurt, B. B. 2009. Zaman Ortamında Sonlu Farklar Yöntemi ile İki Boyutlu Yer Radarı Modelleme, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şubat-2009.

46. Reynolds, J.M. 1997. An introduction to applied and environmental geophysics. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

47. Reppert, M. Morgan, F. D. ve Toksöz, M.N. 2000. Dielectric constant determination using ground-penetrating radar reflection coefficients. Journal of Applied Geophysics, 43, 189-197.

48. Blindow, N., 2006. Ground penetrating radar. In R. Kirsch (Ed). Groundwater geophysics: a tool for hydrogeology (227-252). Berlin: Springer.

49. Kim, J.H. Cho, S.J ve Yi, M.J. 2007. Removal of Ringing Noise in GPR Data by Signal Processing, Geosciences Journal, 11, 1, 75 − 81.

EKLER

EK-1: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Taslak Yönetmelik

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı

Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Hizmetleri Genel Müdürlüğü

Teknik Altyapı Tesislerine İlişkin Harita ve Harita Bilgilerinin Oluşturulması ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine Aktarılmasına Yönelik Usul ve Esaslar Yönetmelik Taslağı

İKİNCİ BÖLÜM

Genel Esaslar

MADDE 5 - (1) Altyapı yatırımı yapan kurum ve kuruluşlar; BÖHHBÜY, bu usul esas belgesi ile ilgili kurum ve kuruluşların BÖHHBÜY ile bu belgede belirtilen ilkelerine aykırı olmayan hükümleri uyarınca sayısal ve basılı formatlarda teknik altyapı haritaları hazırlarlar. Genel harita ve harita bilgileri ile jeodezik altyapının oluşturulması, ölçme ve değerlendirme süreçleri, detay ölçmeleri ve aplikasyon yöntemleri ile haritalarda kullanılacak semboloji konusunda BÖHHBÜY'nde yer alan hükümler geçerlidir.

(2) Teknik altyapı haritaları aşağıda belirtilen nitelikleri taşımalıdır:

a) Ülke datum, koordinat ve projeksiyon sisteminde üretilmiş olmalıdır.

b) Grafik gösterimli, sayısal nitelikli bilgisayar ortamına aktarılmış olmalıdır.

c) Üç boyutlu veri yapısına sahip olmalıdır.

ç) Yüksek doğruluklu, güncel ve zemine uygulanabilir nitelikte olmalıdır.

d) Standartlara uygun ve diğer yöntemlerle üretilmiş grafik/sayısal ürünlerle birleştirilebilen olmalıdır.

e) İmar, planlama, çevre düzenleme vb. çalışmalar için temel altlık olabilecek nitelikte olmalıdır.

MADDE 6 - (1) Teknik altyapı ile ilgili kurum ve kuruluşların üretmiş oldukları harita, harita bilgileri, coğrafi ve jeodezik ürünler ile teknik altyapı tesislerine ilişkin envanterler, tüm yatırım ve mühendislik hizmetlerinde dikkate alınmalıdır.

(2) Teknik altyapı sistemlerinin planlanması ve projelendirme safhasında; ilgili bakanlıklar ile bağlı birimlerine, TCK, DSİ, MTA, TEİAŞ, TEDAŞ TEAŞ, Telekomünikasyon Şirketleri, Belediyeler, İller Bankası, TKGM ile İl Özel İdareleri ve diğer kurum ve kuruluşlara ait plan ve haritalar öncelikle değerlendirilmelidir.

MADDE 7 - (1) Teknik altyapı tesislerine ilişkin coğrafi veri toplama teknoloji ve yöntemlerinin ülke genelinde standart olarak kullanılmasına yönelik bir yaklaşım benimsenmeli ve coğrafi verinin Bakanlıkça belirlenecek CBS standartlarında üretilmesi sağlanmalıdır.

(2) Kullanılacak veri toplama sistem ve yöntemleri, konumsal verinin üretim doğruluğu ile ilişkilendirilmeli ve yeni geliştirilen teknolojiler beklenen standartları sağlaması koşuluyla kullanımı sağlanmalıdır.

MADDE 8 - (1) Mevcut teknik altyapı tesislerinin yeraltı konumlarının tespit edilmesinde; aşağıda tanımlanan kalite seviyeleri göz önüne alınır.

a) D Kalite Seviyesi, teknik altyapı tesisi ile ilgili kayıt araştırmasını işaret eder. Bu seviye mevcut kayıtlardan elde edilen bilgiler yardımıyla altyapı tesislerinin yeraltı konumlarının tespit edilmesini sağlar.

b) C Kalite Seviyesi, var olan teknik altyapı kayıtları ile zemin üzerindeki görünür rögarlar, vanalar vb. teknik altyapı tesislerine ilişkin alan araştırmasını kapsar.

c) B Kalite Seviyesi, yeraltı teknik altyapı tesislerinin yatay konumunu tespit etmek için yeraltı jeofizik yöntemlerinin kullanılmasını öngörür. Bu yöntem ile kazı öncesi yeraltındaki mevcut altyapının tespiti ve işaretlemesi yapılabilir.

ç) A Kalite Seviyesi, doğruluğun / hassasiyetin en yüksek olduğu seviyedir. Genellikle, tranşenin açık durumunda yapılan jeodezik ölçmeler ile teknik altyapı tesislerinin düşey ve yatay konumlarını doğru tespit eder.

MADDE 9 - (1) Teknik altyapı tesisleri ile ilgili tesisin nitelik ve türüne (su, elektrik, telekomünikasyon, gaz vb.) bağlı olarak aşağıda belirtilen haritacılık faaliyetler yürütülür:

a) Güzergâh saha etüdü ve istikşafın yapılması,

b) Yerleşim / genel vaziyet planlarının hazırlanması,

c) Arazi çalışmalarında kullanılacak jeodezik dayanak noktaları nirengi, poligon, nivelman vb. noktaların istikşaf, tesis, ölçme ve hesaplarının yapılması,

ç) Teknik altyapı tesislerine ilişkin şebeke ve/veya hat güzergâhları, terfi merkezleri, depo ve arıtma tesisleri vb. yerlerinin uygun ölçekte haritalarının ve plankotelerinin hazırlanması,

d) Teknik altyapı tesislerine ilişkin şebeke ve/veya hat güzergâhları, kablo/boru ekseninin şeritvari harita üretimi,

e) Uygulama projesine yönelik ölçme ve haritalama çalışmaları

f) Teknik altyapı tesislerine ilişkin şebeke ve/veya hat güzergâhları, kablo/boru eksenin projede tanımlanan koordinat ve kotuna göre araziye aplikasyonu,

g) Nivelman ve hat ölçümlerinin yapılması,

ğ) Teknik altyapı tesislerine ilişkin şebeke ve/veya hat güzergâhlarının boyuna ve enine kesitlerin hazırlanması,

h) Depo, terfi merkezi ve arıtma tesisi vb. projede korunacak mevcut tesisler ile sanat yapıları, menfez, köprü, su kanalı ve benzeri geçişlerin rölevelerinin çıkartılması,

ı) Hâlihazır harita dışında kalan yerleşim alanlarına şebeke hattı döşenmesinin gerekmesi halinde bu sokaklara ilişkin kotlu sokak planı hazırlanması,

i) As-Built ve iş sonu harita ve planlarının hazırlanması.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: İLÇİN, İsmail
Doğum tarihi ve yeri	: 13.06.1988, Malatya
Medeni hali	: Bekâr
Telefon	: 0 (216) 432 10 15
Faks	: 0 (216) 371 80 53
E-mail	: iilcin@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi Kentsel Dönüşüm ve Planlama	2013-Devam ediyor
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği	2012
Lise	Suadiye Hacı Mustafa Tarman Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013-Devam ediyor	İller Bankası A.Ş.	Teknik Uzman Yardımcısı
2013-2013	Esenyurt Belediyesi	Harita Mühendisi
2011-2012	Nizamoğlu Mühendislik	Harita Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

İLBANK

TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ