İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM SONRASI ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA YEREL BİLGİLERİN SAĞLANMASI İÇİN İLERİ VERİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Senem SEYİS

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği

Programı : Yapı İşletmesi

OCAK 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM SONRASI ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA YEREL BİLGİLERİN SAĞLANMASI İÇİN İLERİ VERİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Senem SEYİS
(501061115)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3 Aralık 2008
Tezin Savunulduğu Tarih : 22 Ocak 2009

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Esin ERGEN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Uğur Müngen (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Sanem SARIEL (İTÜ)

OCAK 2009

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca eleştirileri ve yönlendirmeleri ile bana yardımcı olan, değerli bilgilerini benimle paylaşan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Esin Ergen' e gösterdiği ilgi ve desteği için;

Uzmanlarla görüşmeler kapsamında tecrübelerini ve değerli bilgilerini benimle paylaşarak tezimin geliştirilmesinde katkısı olan İstanbul Teknik Üniversitesi'nden fotoğraf arşivini benimle paylaşan Yrd. Doç. Dr. Beyza Taşkın'a, Doç. Dr. Alper İlki'ye, Prof. Dr. Seval Sözen'e, Yrd. Doç. Dr. Pınar Özdemir'e, Araş. Gör. Dr. Atila Sezen'e, Korel Erbay'a, Maltepe Üniversitesi Hastanesi' nden Öğr. Gör. Dr. Ayça Ataman' a, Sivil Savunma'dan İstanbul İli Sivil Savunma Müd. Yrd. Yılmaz Örnek'e, Beşiktaş İlçesi Sivil Savunma Müd. Ertuğrul Atasoy'a, İstanbul İli Sivil Savunma Arama-Kurtarma Birlik Müd. Kemal Koçak'a, İTÜ Sivil Savunma Uzmanı Mustafa Menteş'e, AKUT'tan AKUT Yönetim Kurulu Başkanı ve AKUT kurucusu A. Nasuh Mahruki'ye, AKUT Eğitim Birimi Başkanı ve AKUT kurucusu Memet Tanrısever'e, AKUT Dağ Arama-Kurtarma Ekip Lideri Serkan Kaya'ya, GeneTLab Ar-Ge Müd. Tolga Çöplü'ye ve Av. Nergis Özcan'a ilgi ve destekleri için;

Tezime çalışmalarıyla katkıda bulunan İnş Yük. Müh. Elif Özsoy'a ve İnş. Müh. Gürşans Güven'e yardımları için;

Öğrenim hayatım boyunca desteklerini ve ilgilerini benden esirgemeyen aileme her zaman yanımda oldukları için çok teşekkür ederim.

Aralık 2008

Senem SEYİS

İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR…...……...vii
ÇİZELGE LİSTESİ…...……ix
ŞEKİL LİSTESİ…...……..……..xi
SEMBOL LİSTESİ…...……. xiii
ÖZET…...……...……..……..xv
SUMMARY……..……..……....xvii
1. GİRİŞ……...……..……1
1.1 Vizyon…….....……...……6
1.2 Araştırma Yöntemi…...……..…… 12
1.3 Tezin Organizasyonu...……..……..…… 16
2. AFET YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ……..……17
2.1 Afet Çalışmaları……..……..……17
2.2 Arama-Kurtarma Çalışmaları……...……18
2.2.1 Afet öncesi planlama……..……20
2.2.2 Afet aksiyon planının geliştirilmesi…..……...……...……21
2.2.2.1 Görevlerin belirlenmesi ve enkaz alanına hakim olunması…….21
2.2.2.2 Enkazın üzerindeki tüm depremzedelerin mümkün olduğunca güvenli ve hızlı olarak kaldırılması……. 30
2.2.2.3 Yaşayabilir depremzedeler için tüm boşlukların ve ulaşılabilen alanların aranması…….……...…….…….. 30
2.2.3 İşaretleme sistemleri..……...……...…33
3. LITERATÜR TARAMASI…...……..…..…39
3.1 Deprem Sonrası Hasar ve Kayıp Hesaplamak için Yapılan Çalışmalar……... 39
3.2 GIS Tabanlı Merkezi Bilgi Sistemleri……...……...……. 40
3.3 Entegre Sistemler…...…….……...……43
4. ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA GEREKLİ OLAN YEREL BİLGİLER…….……..…….……47
4.1 Veri Depolama Ünitelerinde Saklanacak Yerel Bilgiler……..…….. 51
4.1.1 Depremden önce kaydedilecek arşiv bilgileri……...……...51
4.1.1.1 Bina ünitesinde kaydedilecek arşiv bilgileri……...……..52
4.1.1.2 Muhtarlık ünitesinde kaydedilecek arşiv bilgileri…..……..69
4.1.2 Depremden sonar kaydedilecek arşiv bilgileri..…….……... 74
4.2 Merkezlerdeki Bilgisayarlarda Saklanacak Yerel Bilgiler……..……75
5. İLERİ VERİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ…….... 81
5.1 İleri Yerel Veri Depolama Teknolojilerinin Gereksinimleri…….81
5.2 İleri Veri Depolama Teknolojileri……83
5.3 Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID)……86
5.3.1 RFID etiketleri……..88
5.3.1.1 Salt okunur (read-only) etiketler……...……90
5.3.1.2 Okuma/yazma (read-write) etiketleri…...……90
5.3.1.3 RFID etiketlerinin kullanım alanları…...……..90
5.3.2 RFID frekansları……..……93

5.3.3 RFID teknolojisinin avantajları……93
5.3.4 RFID teknolojisinin dezavantajları……..96
5.4 Özel Amaca Yönelik Kablosuz Ağlar (Wireless Ad-Hoc Network)…….....98
5.4.1 Özel amaca yönelik mobil ağlar (Mobile ad-hoc networks)…….……99
5.4.2 Kablosuz örgü ağları (Wireless mesh networks)…….……100
5.4.3 Kablosuz duyarga ağları (Wireless sensor networks (WSN))…….……101
5.4.3.1 Kablosuz duyarga ağlarının (WSN) uygulama alanları…….....105
5.4.3.2 Kablosuz duyarga ağlarının avantajları……...106
5.4.3.3 Kablosuz duyarga ağlarının dezavantajları……108
5.5 RFID ve WSN Teknolojilerinin Karşılaştırılması……..……..110
6. ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA ÖNERİLEN SİSTEMİN KULLANIMI……..……. 115
6.1 Süreç Modeli……..115
6.2 Arama-Kurtarma Çalışmaları ile İlgili Kullanım Senaryoları……...116
7. İLERİ VERİ DEPOLAMA ÜNİTELERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ ÖNERİLEN YERLER...…..... 131
7.1 Literatür Çalışması Sonuçları……132
7.2 Görüşme Sonuçları……139
7.3 Arşiv İncelemesi Sonuçları……....140
7.4 Analiz Yöntemi……..143
8. SONUÇ ve ÖNERİLER……...……...……...151
KAYNAKLAR……...……..157
EKLER…….……....165

KISALTMALAR

AKOM : Afet Koordinasyon Merkezi
AKUT : Arama-Kurtarma Derneği
DİE : Devlet İstatistik Enstitüsü
EKG : Electrocardiogram (Elektro Diyagram)
FEMA : Federal Emergency Management Agency (Federal Acil Durum Yönetim Teşkilatı)
GIS : Geographic Information Systems (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
GPS : Global Positioning System (Küresel Yer Belirleme Sistemi)
HF : High Frequency (Yüksek Frekans)
INSARAG : International Search and Rescue Advisory Group (Uluslar arası Arama&Kurtarma Dayanışma Grubu)
ITU : İstanbul Teknik Üniversitesi
LF : Low Frequency (Düşük Frekans)
MANET : Mobile Ad-Hoc Networks (Özel Amaca Yönelik Mobil Ağlar)
OCR : Optical Character Recognition (Optik Karakterli Tanıma)
RF : Radio Frequency (Radyo Frekansı)
RFID : Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama
UHF : Ultrahigh Frequency (Çok Yüksek Frekans)
WMN : Wireless Mesh Networks (Kablosuz Örgü Ağları)
WSN : Wireless Sensor Networks (Kablosuz Duyarga Ağları)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında bilgi toplanması sürecinde elde edilmeye çalışılan bilgiler…...24
Çizelge 2.2 : Arama-kurtarma çalışmalarının keşif sürecinde toplanmaya çalışılan bilgiler…….....25
Çizelge 2.3 : Triaj tablosu……..……..……..…29
Çizelge 2.4 : Arama-kurtarma ekiplerinin toplaması beklenen bina ve kişi bilgileri……..……36
Çizelge 4.1 : Görüşülen uzmanlar……..……..……48
Çizelge 4.2 : Bina ünitelerinde saklanacak bina genel, görsel bilgileri ile tehlikeli maddeler……..…….....…..…60
Çizelge 4.3 : Bina sakinlerine ait sağlık bilgileri…...……..…….……64
Çizelge 4.4 : Bina ünitelerine kaydedilecek bina sakinlerine ait bilgiler…….…… 68
Çizelge 4.5 : Muhtarlık ünitelerine kaydedilecek bilgiler……..…….……..… 72
Çizelge 4.6 : Merkezi bilgisayarlarda saklanacak yerel bilgiler…..……..……78
Çizelge 5.1 : RFID frekansları……..……...93
Çizelge 5.2 : RFID etiketlerinin çeşitleri ve özellikleri…….....……...…98
Çizelge 5.3 : RFID ve WSN teknolojilerinin karşılaştırılması……...……..……..110
Çizelge 6.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında RFID ve WSN teknolojilerinin kullanılması……..…. 117

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında RFID teknolojisinin kullanılması…..6
Şekil 1.2 : Arama-kurtarma çalışmalarında WSN teknolojisinin kullanımı……....7
Şekil 2.1 : Afet yönetimi faaliyetleri akış şeması……..19
Şekil 2.2 : Triaj ağacı…….…...….28
Şekil 2.3 : Arama-kurtarma çalışmalarının aşamaları…….……...32
Şekil 2.4 : Arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarının gösteren işaret sistemi...35
Şekil 2.5 : Arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarının gösteren işaret sistemi...35
Şekil 4.1 : Bina fotoğrafı……..……..60
Şekil 4.2 : Doğalgaz ve ısıtma tesisatları örnek kat planı…..……..……..61
Şekil 4.3 : Sıhhi ve vakum tesisatları örnek kat planı……..……..62
Şekil 4.4 : Sokaktaki elektrik tesisat sistemi planı…….... 72
Şekil 4.5 : Örnek ulaşım planı……...…….……73
Şekil 4.6 : Deprem haritası…….……79
Şekil 5.1 : RFID sisteminin bileşenleri.……87
Şekil 5.2 : Duyarga ağı.……102
Şekil 5.3 : Bir duyarga biriminin parçaları ve iletişimi…..……..103
Şekil 7.1 : Kısmi enkaz…….……...…133
Şekil 7.2 : Ara kat enkazı…….……....133
Şekil 7.3 : Zemin kat enkazı……...……134
Şekil 7.4 : Vakum enkaz…….……...……..134
Şekil 7.5 : "V" şeklinde çökme…….……...134
Şekil 7.6 : Devrilme ve yeraltına kayma…….……135
Şekil 7.7 : Merdiven…….……...…135
Şekil 7.8 : Pres ya da pankek…….……...…..136
Şekil 7.9 : Burgulu ve pres enkaz…….……..……....136
Şekil 7.10 : Dinar'da hasarlı bir bina…….……..……..140
Şekil 7.11 : Sakarya'da hasarlı bir bina…..……..……..141
Şekil 7.12 : Kaynaşlı'da hasarlı bir bina…..……..…..……..141
Şekil 7.13 : Düzce'de hasarlı bir bina……...……...……..142
Şekil 7.14 : Yeşilçay'da hasarlı bir bina……...……..……...142
Şekil 7.15 : Adapazarı'nda hasarlı bir bina……..……..143
Şekil 7.16 : Adapazarı'nda hasarlı bir bina……..…..143
Şekil 7.17 : 5-8 katlı bir binadaki hasarın modele aktarılması…….……....144
Şekil 7.18 : 5-8 katlı bir binadaki hasarın modele aktarılması……...……..145
Şekil 7.19 : İncelenen iki binadaki hasarın model bina üzerinde birleştirilmesi...145
Şekil 7.20 : 1-4 katlı binalarda hasar gören yerlerin dağılımı……146
Şekil 7.21 : 5-8 katlı binalarda hasar gören yerlerin dağılımı…….……...…146
Şekil 7.22 : 1-4 katlı binalarda hasar gören yerlerin hasar yüzdeleri……....147
Şekil 7.23 : 5-8 katlı binalarda hasar gören yerlerin hasar yüzdeleri……....147
Şekil 7.24 : 1-4 katlı binalarda ünitelerin en az hasar alma olasılığı olan yerler...148

Şekil 7.25 : 5-8 katlı binalarda ünitelerin en az hasar alma olasılığı olan yerler...148

SEMBOL LİSTESİ

Sayfa

Sembol 5.1 : $P_{\text{hasar yüzdesi}}$ 146
Sembol 5.2 : $K_{\text{hasar yüzdesi}}$ 148

DEPREM SONRASI ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA YEREL BİLGİLERİN SAĞLANMASI İÇİN İLERİ VERİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANILMASI

ÖZET

Türkiye'de gerçekleşen en büyük depremlerden biri olan 1999 Marmara Depremi resmi rakamlara göre 15.000' den fazla kişinin ölümüne neden olmuştur. Önümüzdeki 30 yıl içerisinde aynı büyüklükteki bir depremin İstanbul'da gerçekleşme olasılığının %60 olması ve geçmiş depremlerin sonuçları göz önünde bulundurulduğunda, depremle ilgili önlemlerin bir an önce alınması gerekmektedir.

Depremle ilgili yapılması gereken çalışmalardan biri arama-kurtarma faaliyetlerinin iyileştirilmesi yönünde olmalıdır. Yapılan çalışmalar, kurtarılan depremzedelerin %50 ya da daha fazlasının ilk 24 saat içerisinde enkazdan çıkarıldığını göstermiştir. Bu sebeple arama-kurtarma çalışmalarının zaman kaybını en aza indirerek etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi çok önemlidir.

Arama-kurtarma çalışmaları için harcanan zamanı etkileyen önemli faktörlerden bir tanesi bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin ulaşılabilirliğidir. Depremden sonra deprem bölgesindeki bilgi altyapısı genellikle zarar gördüğü için arama-kurtarma ekipleri, bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin depolandığı merkezi veri bankalarına arama-kurtarmanın en yoğun olarak gerçekleştirildiği ilk bir kaç gün boyunca erişememektedirler. Bu yüzden ekipler gerekli olan yerel bilgileri bölgede yaptıkları keşif sırasında ve çevre sakinlerine, binadan sağ çıkanlara sorular sorarak gelişigüzel toplamaya çalışırlar. Yerel bilgi toplama süreci zaman kaybına neden olduğu gibi toplanan bilgiler de yeterli ve güvenilir değildir; çünkü bilgi alınmaya çalışılan kişiler hala depremin yarattığı travmanın etkisindedirler. Ayrıca depremzedelerin sağlık bilgileri (ör. alerjileri, hastalıkları) bir yerde depolanmamaktadır. Bu da kurtarma-çalışmaları sırasında yanlış ilk yardım müdahalesi yapılmasına ve enkaz altından çıkarılan kişilerin yanlış müdahale sonucunda sağlık problemleri yaşamalarına veya hayatlarını kaybetmelerine neden olabilir. Arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgiler toplanırken zaman kaybedilmesi, toplanan bilgilerin güvenilir ve yeterli olmaması kurtarma çalışmalarını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu tez çalışmasının vizyonu, arama-kurtarma çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli olan bilgilerin sağlanacağı yerel bir veri depolama yaklaşımı kullanılmasıdır. Önerilen bu yaklaşım çerçevesinde, yerleşim bölgelerindeki binalarda yerel veri depolama üniteleri bulunacak ve arama-kurtarma ekipleri bu sistemi kullanarak ihtiyaç duydukları yerel bilgilere kolaylıkla ulaşabileceklerdir. Bu tezin vizyonu doğrultusunda iki adet araştırma sorusu belirlenmiştir:

(1) depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülebilmesi için ne tür bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır?

(2) ileri yerel veri depolama teknolojilerinin deprem sonrası arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması için gereksinimler nelerdir?

Birinci soruyu cevaplandırmak için literatür taraması kapsamında arama-kurtarma ekiplerinin kullandığı eğitim kaynakları incelenmiş ve bu konuda yapılmış akademik çalışmalar değerlendirilmiştir. Veri depolama ünitelerinde arama-kurtarma çalışmaları için hangi bilgilerin bulunması gerektiğini kesinleştirmek ve teknolojilerin uygulama ortamında etkin olarak çalışmaları için ihtiyaç duyulan fiziksel gereksinimleri belirlemek amacıyla elde edilen verilere dayanarak bu konuda Türkiye'de önde gelen üç kuruluşta çalışan (ITU Afet Yönetim Merkezi, Sivil Savunma ve Arama-Kurtarma Derneği (AKUT)) on üç uzman kişi ile görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerden elde edilen sonuçlardan yararlanılarak veri tabloları hazırlanmıştır.

Bir sonraki adımda ise arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgileri sağlamak için yerel bilgi saklama özellikleri olan ileri veri depolama teknolojilerinin kullanılması önerilmiş ve ikinci araştırma sorusu doğrultusunda bu teknolojilerin gereksinimleri belirlenmiştir. Bu gereksinimler doğrultusunda radyo frekansıyla tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) ve kablosuz duyarga ağları (Wireless Sensor Networks - WSN) teknolojileri seçilerek bu iki teknoloji karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır.

Yerel bilgileri sağlayacak veri depolama teknolojileri tespit edildikten sonra ünitelerin depremde en az hasarı görmesi için binada yerleştirilmesi gereken yerlerin belirlenmesi amacıyla yine literatür çalışması ve uzmanlarla görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerden ve literatür taramasından edinilen bilgilerin değerlendirilme aşamasında fotoğraf arşivleri incelenmiştir. Arşiv çalışması aşamasında Türkiye'de gerçekleşmiş ve önemli kayıplara neden olan depremlerin (ör. Adapazarı, Düzce) hasar verdiği 100 adet betonarme binanın fotoğrafları incelenmiştir. Arşiv incelemesi sonucunda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesi için analiz yapılmış ve toplanan bilgiler değerlendirilerek veri depolama ünitelerinin en az hasarı almaları için binada yerleştirilebilecekleri yerler belirlenmiştir.

Sonuç olarak bu çalışmada, arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan yerel bilgi türleri ve kullanılabilecek teknolojiler belirlenerek önerilen ileri veri depolama sisteminin arama-kurtarma çalışmalarına olacak katkısı açıklandı ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunuldu. Bu çalışmanın sonuçları kullanılarak arama-kurtarma çalışmalarında kullanılacak bir yerel veri depolama sistemi geliştirilebilir ve bu sistemin kullanılmasıyla arama-kurtarma çalışmaları daha etkin bir şekilde gerçekleştirilerek kayıp ve ölü sayısı en aza indirilebilir.

UTILIZING ADVANCED STORAGE TECHNOLOGIES FOR PROVIDING LOCAL INFORMATION TO RESCUE TEAMS FOLLOWING AN EARTHQUAKE

SUMMARY

Marmara earthquake, which occurred in 1999 in Turkey was one of the largest earthquakes to cause damage in an industrialized region and resulted in over 15,000 deaths. Considering that the probability of an earthquake occurrence of the same magnitude in Istanbul is expected to be approximately 60%, precautions against an earthquake need to be taken immediately.

One of the studies that needs to be done about an earthquake, should be to improve the search and rescue operations. A previous study corroborates this observation, stating that probability of rescuing people under a collapse decreases 50% or more after a 24 hour period. This fact points out that it is vital to improve search and rescue operations to decrease the time spent to rescue people.

Availability of information related to buildings and their residents is an important factor that affects the time spent for search and rescue efforts. Following an earthquake information infrastructure is usually damaged, unreliable, or overloaded**;** thus, the search and rescue teams cannot rely on accessing information from centralized databases where some information about the buildings, their contents and residents are stored. Instead, rescue teams need to collect the related local information intuitively either by querying people in the neighbourhood or by visual investigation of the area. Gathering local information is time-consuming and also the collected information is unreliable and incomplete as it is subjective and the people who provide the information are likely to be still under trauma due to having experienced the disaster. These facts lead to late or incorrect response and might result in increased fatalities. Time spent in collecting data and unreliability and incompleteness of data hampers the search and rescue operations.

The vision of this thesis is to develop an approach to provide local information that is needed for carrying out search and rescue operations effectively. In this proposed approach, the information items that are needed by a team during search and rescue operations are stored locally on an advanced data storage unit before an earthquake occurs and these information items are made readily available for use on demand. Through this vision of this thesis, two investigation questions are determined:

(1) what kind of information items is needed to be carried out the search and rescue operations after an earthquake effectively?

(2) what are the necessities to utilize advanced data storage technologies during search and rescue operations after an earthquake?

In this thesis, to be answered the first question; both the types of information items collected during search and rescue operations and methods used for accessing

necessary local information for search and rescue operations are discussed. To identify the information items needed for search and rescue operations and to define physical requirements of using advanced storage technologies for providing local information to search and rescue teams, interviews are performed in person. Thirteen experts from Istanbul Technical University, Turkish Civil Defense Association and AKUT (Turkey Search and Rescue Association) are interviewed. According to the results of the interviews, data tables are prepared.

In addition, utilization of advanced data storage technologies for providing necessary local information for search and rescue operations is proposed and requirements to use these technologies for this goal are determined. Based on those requirements, Radio Frequency Identification (RFID) and Wireless Sensor Network (WSN) technologies are selected and both technologies are explained and compared to each other.

Afterwards, to determine an appropriate location to place an advanced data storage unit on a building literature review and interviews are performed. Also, some photograph archives are used to identify which parts of buildings get the least damage. A hundred pictures of reinforced concrete buildings, which are damaged by major earthquakes in Turkey (e.g., Adapazari, Duzce) are examined to identify an appropriate location for advanced data storage units.

To conclude, in this study, information items and technologies which can be used for storing local information are determined, and benefits and limitations of the proposed approach are explained and suggestions are given for future work. Utilizing the results of this study, a local advanced storage system that is used during search and rescue operations will be developed. Also by the use this system, search and rescue operations will be carried out more effectively; thus, the lost and dead numbers can be decreased.

1. GİRİŞ

Türkiye'de son dönemde gerçekleşen en büyük depremlerden biri olan 1999 Marmara Depremi, endüstri bölgesinin zarar görmesine ve resmi rakamlara göre 15.000'den fazla kişinin ölümüne neden olmuştur (Worldbank, 1999). Ayrıca önümüzdeki 30 yıl içerisinde aynı büyüklükteki bir depremin İstanbul'da gerçekleşme olasılığı %60 olarak belirlenmiştir (Parsons ve diğ., 2000). İstanbul için belirlenen en kötü deprem senaryosunun gerçekleşmesi durumunda 50-60 bin ağır hasarlı bina, 500-600 bin evsiz aile ve 70-90 bin can kaybı olacağı tahmin edilmiştir (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2008). Tüm bunlar göz önünde bulundurulduğunda, depremle ilgili önlemlerin bir an önce alınması gerekmektedir.

Depremle ilgili yapılması gereken çalışmalardan biri arama-kurtarma faaliyetlerinin iyileştirilmesi yönünde olmalıdır. Daha önce yapılmış çalışmalar, kurtarılan depremzedelerin %50 ya da daha fazlasının ilk 24 saat içerisinde enkazdan çıkarıldığı göstermiştir (FEMA, 2003). İlk 24 saatten sonra depremzedelerin sağ olarak kurtarılma oranı çok düşüktür. Bu sebeple arama-kurtarma çalışmalarının zaman kaybını en aza indirerek etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi çok önemlidir. Bunun sonucunda daha fazla insanın kurtarılması mümkün olacaktır.

Arama-kurtarma çalışmalarında zaman kaybına neden olan faktörlerden bir tanesi bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin kısa zamanda ve doğru olarak toplanamamasıdır. Depremden sonra deprem bölgesindeki bilgi altyapısı genellikle zarar gördüğü için arama-kurtarma ekipleri, bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin depolandığı merkezi veri bankalarına arama-kurtarmanın en yoğun olarak gerçekleştirildiği ilk bir kaç gün boyunca erişememektedirler (Worldbank, 1999; Özerdem ve Jacoby, 2005). Bu yüzden ekipler gerekli olan yerel bilgileri, bölgede yaptıkları keşif sırasında çevre sakinlerine ve binadan sağ çıkanlara sorular sorarak gelişigüzel toplamaya çalışırlar. Örneğin, ekipten bir kişi hasar görmüş olan binanın etrafında dolaşarak binanın yaklaşık olarak boyutlarını tespit etmeye çalışır. Bu sırada diğer ekip üyeleri bölge halkıyla konuşarak binada kaç kişi olduğuna ve binanın planına dair bilgi almaya çalışırlar. Yerel bilgi toplama süreci çok fazla

zaman kaybına neden olduğu gibi toplanan bilgiler de yeterli ve güvenilir değildir; çünkü bilgi sağlayan kişiler hala depremin yarattığı travmanın etkisinin altındadırlar.

Arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan yerel bilgiler toplanırken çok fazla zaman kaybedilmesi ve toplanan bilgilerin güvenilir ve yeterli olmaması kurtarma çalışmalarını olumsuz yönde etkilemektedir. Yerel bilgi eksikliği veya yanlışlığı sebebiyle depremzedelerin enkaz altından kurtarılması gecikebilir. Bu da depremzedelerin canlı olarak kurtarılma olasılığını azaltır. Yerel bilgi eksikliğinin neden olabileceği başka olumsuz sonuç ise enkaz altından çıkarılan kişilerin yanlış müdahale sonucunda sağlık problemleri yaşamaları veya hayatlarını kaybetmeleridir. Yetersiz ve eksik yerel bilgilerden dolayı depremzedelerin sağlık durumları önceden bilinmediği için (ör. alerjileri, hastalıkları) kurtarma çalışmaları sırasında yanlış ilk yardım müdahaleleri ölümcül sonuçlar doğurabilir. Örneğin kişinin bir antibiyotiğe karşı alerjisi varsa ve bu kurtarma ekipleri tarafından bilinmiyorsa, bunun kişiye verilmesi ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Halen kullanılmakta olan yöntemlerdeki eksiklikler yerel bilgilere ulaşmak için merkezi olmayan, bir başka deyişle deprem sırasında tamamen bloke olmayacak bir bilgi sistemine ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Böyle bir sistemin kurulması için ileri yerel veri depolama teknolojileri kullanılabilir, örneğin barkod, radyo frekansı ile tanımlama (RFID), kablosuz duyarga ağı (WSN). Bu teknolojiler yüksek hafıza kapasiteleri sayesinde arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan bilgileri (ör. kişi ve bina bilgileri) kaydetmeyi sağladığı gibi hafızalarının güncellenebilme özellikleri ile de hafızalarında güncel ve doğru veri saklanmasını sağlar. Örneğin bir apartmandan bir ailenin taşınması durumunda, veri depolama ünitelerinin hafızalarındaki o ailenin o apartmanda ikametgah ettiğine dair bilgi silinebilir. Aynı daireye başka bir ailenin taşınması durumunda ise yeni taşınan aile ile ilgili bilgiler veri depolama ünitelerine kaydedilebilir. Ayrıca bu teknolojiler görüş mesafesine gerek kalmadan hızlı veri akışı da sağlamaktadırlar. Bu sayede arama-kurtarma personeli binalardaki üniteleri arayıp bulmadan sokak üzerinde çalışma yapacakları binanın önüne geldiklerinde ellerindeki okuyucularla ünitelerdeki bilgilere erişebilirler. Böylece arama-kurtarma ekipleri depremden hasar gören bina ile ilgili bilgilere (ör. kat planları) ve bu binadaki kişilerle ilgili bilgilere (ör. sağlık bilgileri) hızlı bir şekilde erişip çalışmalara başlayabilirler. Bu sayede bilgi toplanması için harcanan zaman içerisinde çok daha fazla depremzede kurtarılabilir.

Bunlara ek olarak, önerilen sistem arama-kurtarma çalışmalarının sonucunda elde edilen bilgileri (ör. ölü/yaralı/kayıp sayısı, binadaki tehlikeler) içeren uluslararası işaret sistemlerinin (bkz. Bölüm 2) kaydedilmesi amacıyla da kullanılabilir. Halen kullanılmakta olan bu işaret sistemleri binanın/enkazın girişine arama-kurtarma ekip personeli tarafından el yazısı ile yazıldığı için bu işaretin silinme ya da artçı depremlerle binanın yıkılma durumunda görünmeme gibi olasılıkları olduğu için bu bilgiler diğer ekipler tarafından okunamayabilir. Farklı ekipler arasındaki bilgi akışını sağlamak amacıyla kullanılan bu işaret sistemleri belirtilen olumsuzluklar sonucunda amaçlarını yerine getiremezler. Önerilen sistemde arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarının kaydedilmesi durumunda belirtilen olumsuzluklar ortadan kaldırılmış olacaktır.

Bu tez çalışmasında amaç, arama-kurtarma çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli olan bilgilerin sağlanacağı bir yerel veri depolama yaklaşımı geliştirilmesidir. Önerilen yaklaşım çerçevesinde, yerleşim bölgelerindeki binalarda yerel veri depolama üniteleri bulundurulacak ve arama-kurtarma ekipleri bu sistemi kullanarak ihtiyaç duydukları yerel bilgilere anında ulaşabileceklerdir.

Bu çalışmada öncelikle yerel bir bilgi sisteminde bulunması gereken bilgi türleri belirlenmiş, daha sonra da verileri lokal olarak depolayabilecek teknolojilerin kullanılabilmesi için ihtiyaç duyulan gereksinimler tespit edilmiştir. Bu gereksinimler doğrultusunda teknolojiler seçilmiş ve seçilen teknolojiler detaylı olarak incelenmiştir. Son olarak da gereksinimler doğrultusunda veri depolama ünitelerinin binalar üzerinde nereye yerleştirilebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmada yerel veri depolama ünitesi olarak kullanılmak üzere radyo frekanslı tanımlama (Radio Frequency Identification - RFID) teknolojisi ve kablosuz duyarga ağları (Wireless Sensor Networks - WSN) teknolojisi belirlenmiş ve incelenmiştir. Her iki teknoloji de yüksek hafıza kapasitesine sahiptir (ör. duyargalar için maksimum 512 KB, etiketler için maksimum 128 KB). Ayrıca iki teknoloji de sert koşullara (ör. aşırı sıcak-soğuk, darbe) karşı dayanımlıdır ve görüş mesafesine gerek kalmadan (ör. WSN ile ağ içerisinde herhangi bir noktadan, RFID ile 30-100 m uzaklıktan) verilerin hızlı bir şekilde okumasını ve güncellenmesini sağlarlar. Bu sebeplerden dolayı RFID ve WSN teknolojilerinin arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan bilgilerin saklanmasına uygun oldukları belirlenmiştir.

WSN teknolojisinin RFID teknolojisinden en önemli farkı güncellemenin ağ içerisinde herhangi bir yerden yapılmasını sağlayan, çok atlamalılık özelliği ve aynı ağda bulunan duyargaların birbirleriyle iletişim halinde olmalarıdır. Duyargaların hafıza kapasiteleri etiketlerin hafıza kapasitelerine göre daha yüksek olduğu için bir binada bulunan bilgiler bu binaya yakın olan diğer binalardaki duyargalara da kaydedilebilir. Böylece bina üzerindeki duyargalar zarar görse bile diğer binada bulunan duyarga hafızasına da kaydedilen bilgilere WSN teknolojisindeki çok atlamalılık özelliği ile ulaşmak mümkün olur. Çok atlamalılık özelliği sayesinde duyargalar arasındaki veri aktarım yolu değişir ve ağ içi iletişim kesintisiz bir şekilde devam edebilir. Ayrıca WSN teknolojisinin avantajlarının yanında bu teknolojinin kurulumunda birtakım problemler (ör. ölçeklenebilirlik) yaşanmaktadır. WSN teknolojisinin bir ortama kurulması için ya duyargaların birbirlerini görecek şekilde yerleştirilmesi ya da çok sayıda duyarga kullanılması gerekmektedir. WSN teknolojisinin bu özelliği kurulumun karmaşık ve kurulum süresinin uzun olmasına neden olmaktadır. RFID teknolojisinde ise etiketlerin birbirleriyle haberleşme gereksinimi olmadığından RFID teknolojisinin kurulumu WSN teknolojisinin kurulumuna göre daha basittir.

Bu çalışmada iki adet araştırma sorusu bulunmaktadır:

(1) depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülebilmesi için ne tür bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır?

(2) ileri yerel veri depolama teknolojilerinin deprem sonrası arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması için gereksinimler nelerdir?

İkinci araştırma sorusu iki adet alt sorudan oluşmaktadır:

(2.1) ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken teknik koşullar nelerdir?

(2.2) belirlenen bilgilerin lokal olarak veri depolama ünitelerinde saklanması durumunda bu ünitelerin depremde en az hasar görmeleri için yapının hangi bölümüne yerleştirilmeleri uygundur?

Birinci soruyu cevaplandırmak için literatür taraması yapılarak arama-kurtarma ekiplerinin kullandığı eğitim kaynakları incelenmiş ve bu konuda yapılmış akademik çalışmalar değerlendirilmiştir. Daha sonra elde edilen verilere dayanarak bu konuda Türkiye'de önde gelen üç kuruluşta çalışan (ITU Afet Yönetim Merkezi, Sivil

Savunma ve Arama-Kurtarma Derneği (AKUT)) on üç uzman kişi ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler sonucunda arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerle ilgili bilgi alındığı gibi depremde yapıların en az hasar görebilecek yerleri konusunda da bilgi edinilmiştir. Edinilen bilgiler ikinci bölüm olan "afet yönetiminin incelenmesi" ve dördüncü bölüm olan "arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgiler"in sonuçlarında yer almaktadır.

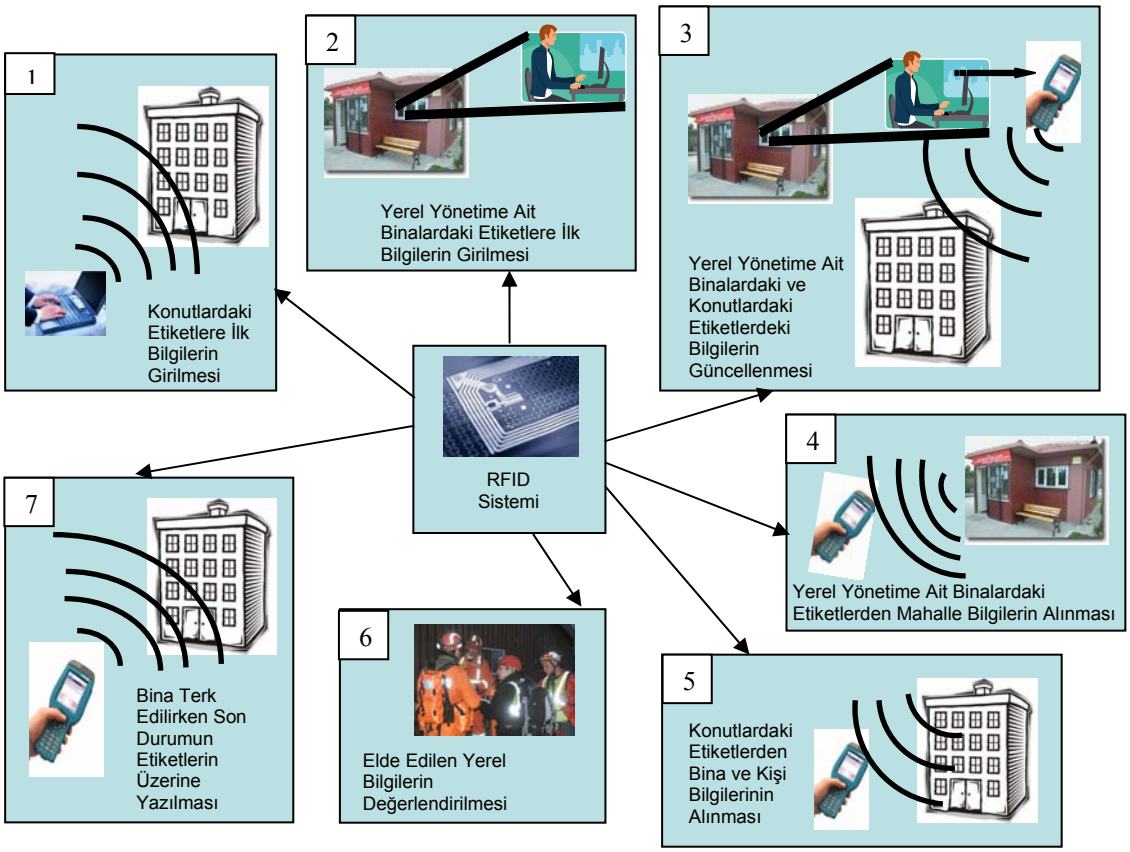
İki aşamadan oluşan ikinci araştırma sorusunun ilkini cevaplandırmak için görüşmelerden ve literatür taramasından elde edilen bilgiler, belirlenen bilgilerin belleklerde ne kadar yer tuttuğu ve bu bilgilerin saklanması durumunda dosya uzantılarının (ör. PDF) neler olacağı belirlenmiştir. Bu bilgi türlerinin anlaşılabilecek şekilde en küçük boyuta düşürüldüğünde tüm olasılıklar için toplam boyutu hesaplanmıştır. Literatür taraması kapsamında otomotiv, sağlık ve inşaat gibi çeşitli sektörlerde veri akışının sağlanması için kullanılan teknolojiler (ör. barkod, OCR, RFID, WSN) akademik çalışmalardan ve kitaplardan yararlanılarak incelenmiştir. İncelenen teknolojiler arasından hafızalarının yüksek olması, görüş mesafesine gerek kalmadan veri alışverişinin yapılabilmesi, hafızlarındaki verilerin güncellenebilmesi ve zorlu koşullara karşı dayanıklı olmaları gibi özelliklerinden dolayı RFID ve WSN teknolojileri seçilmiştir. Bu aşamada edinilen bilgiler üçüncü bölüm olan "literatür taraması" ve beşinci bölüm olan "ileri veri depolama teknolojileri"nde açıklanmıştır.

İkinci araştırma sorusunun ikinci aşaması olan hangi şartlar altında teknolojilerin kullanılacağı hakkında bilgi edinilmesi için literatür araştırması ve görüşmeler yapılmıştır. Daha sonra Türkiye'de farklı yerleşim yerlerinde gerçekleşmiş ve büyük kayıp neden olmuş depremlerin hasar verdiği binaların yer aldığı fotoğraf arşivleri incelenmiştir. Seçilen fotoğraf arşivlerinde Türkiye'deki farklı yerleşim yerlerinde gerçekleşmiş depremlerin (ör. Adapazarı, Düzce, Dinar) zarar verdiği yapılar yer almaktadır. Bu yapılardan sekiz kata kadar olan ve hasarın nerede olduğu net olarak anlaşılan betonarme binalar tercih edilmiştir. Fotoğraf arşivleri analiz edilerek depremde yapısal hasar gören yerler (ör. alt katlar, orta katlar) belirlenmiştir. Böylece veri depolama ünitelerinin olası bir depremde en az hasar görebilecek şekilde bina üzerinde hangi bölgelere yerleştirilmesi gerektiği belirlenmiştir. Bu süreç içerisinde elde edilen bilgiler ise altıncı bölüm olan "ileri veri depolama ünitelerinin yerleştirilmesi önerilen yerler" bölümünün sonuçlarında yer almaktadır.

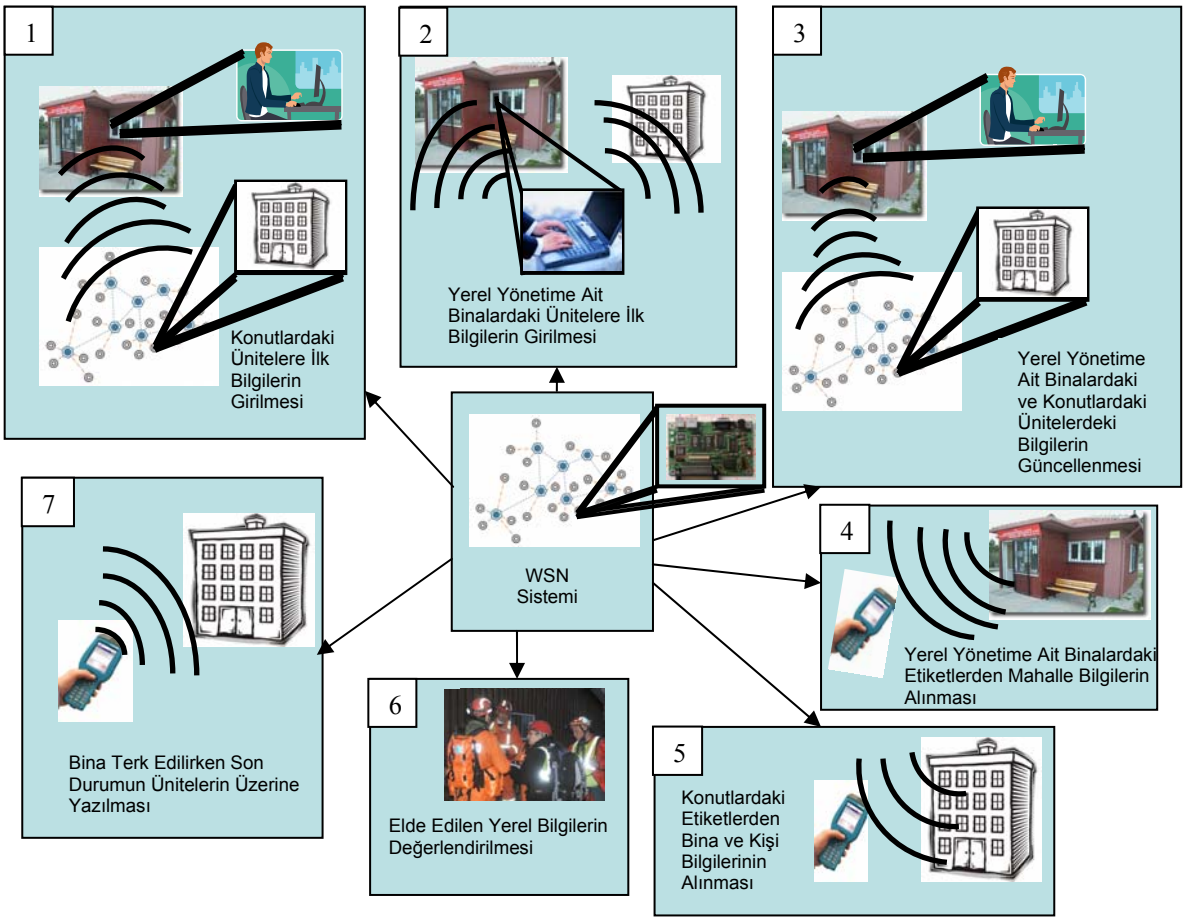
1.1 Vizyon

Önerilen yaklaşım sayesinde, arama-kurtarma operasyonları süresince arama-kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyacağı yerel bilgiler, depremden önce yerel veri depolama ünitelerinde saklanacak ve deprem sonrasında ihtiyaç olduğunda derhal kullanılabilecektir. Arama-kurtarma ekipleri bu bilgileri, doğru kararlar alabilmek ve çalışmalarını etkin bir şekilde yürütebilmek için kullanacaklardır. Bunun yanı sıra, ekipler binadaki arama-kurtarma operasyonlarını tamamladıktan sonra, yapılan çalışmaların sonuçlarını diğer ekiplerin de kullanmaları için yerel veri depolama ünitelerine gireceklerdir.

Öngörülen yaklaşımda, RFID etiketleri veya kablosuz duyargalar gibi ileri yerel veri depolama üniteleri binalara yerleştirilecek ve arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli olan bilgiler bu ünitelere girilecektir. Arama-kurtarma ekipleri, RFID etiketinden/duyargadan veri almak ya da RFID etiketine/duyargaya veri aktarmak için RFID okuyucusu ya da duyarga ile entegre çalışan taşınabilir bir bilgisayar taşıyacaklardır. Şekil 1.1'de ve Şekil 1.2'de arama-kurtarma çalışmalarında RFID ve WSN teknolojilerinin kullanımı görsel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 1.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında RFID teknolojisinin kullanımı



Şekil 1.2 : Arama-kurtarma çalışmalarında WSN teknolojisinin kullanımı

Arama-kurtarma ekiplerinin ihtiyaç duyduğu bilgiler, (1) semt/mahalle bilgileri, (2) bina bilgileri ve (3) kişi bilgileri olarak üç grupta toplanabilir. Semt/mahalle bilgileri, semt hakkında fikir vererek arama-kurtarma ekiplerinin hangi semtten/mahalleden/sokaktan çalışmaya başlayacakları, bu bölgeye ulaşımı nasıl sağlayacaklarını, bölgedeki hangi binalara öncelik tanıyacakları, hangi binalardan daha fazla kişi kurtarabilecekleri konularında doğru kararlar vermelerine yardımcı olacaktır. Semt/mahalle bilgileri, ulaşım/alternatif ulaşım planları, deprem haritası, yapı ve nüfus yoğunluğu, sokaktaki tesisat sistemlerinin açma/kapama yerlerini, deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan gibi bilgileri içerir. Bina bilgileri, arama-kurtarma ekiplerinin çalışma yapacakları binaları tanımalarına, arama-kurtarma çalışmalarına hangi binadan başlayacaklarına karar vermelerine ve binaya giriş stratejisi belirlemelerine yardımcı olacak bilgileri içerir. Bina bilgileri başlığı altında her bir binada çoğunlukla neler bulunduğu (ör. tehlikeli madde türleri, yerleri) ve bina özellikleri (ör. binanın modeli, fotoğrafı, kat planları) ile ilgili bilgiler yer alacaktır. Kişi bilgileri ise, arama-kurtarma ekiplerine bina sakinleri ile ilgili bilgi

verecek, kurtarma çalışmalarına ve depremzedelerin kimlik tespitine yardımcı olabilecek bilgi türlerini içerir; örneğin binadaki kişilerin isimleri, TC kimlik numaraları, yaşları ve sağlık bilgileri.

Belirlenen bilgilerin üç farklı noktada saklanması önerilmektedir: (1) Merkezi idari binalar (ör. AKOM, bir başka deyişle Afet Koordinasyon Merkezi ve Kriz Merkezleri), (2) yerel yönetime ait binalar (ör. muhtarlık), (3) konutlar (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 1. ve 2. adım). Semt bilgileri, bina bilgileri ve kişi bilgilerinden oluşan yerel bilgilerin tümünün yedeklenmeleri için merkezi idari binalardaki ve yerel yönetime ait binalardaki bilgisayarlarda bulunmaları gerektiğine karar verilmiştir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 2. adım). Bu şekilde, merkeze gelen arama-kurtarma ekiplerinin doğru bölgelere yönlendirilmesi için gerekli bilgiler de sağlanacaktır. Her bir mahalleye ait bölge bilgileri yerel yönetime ait binalardaki (ör. muhtarlık) ünitelerde bulundurulacaktır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 4. adım). Ünitelerde saklanacak olan veriler kullanılacakları aşamaların ihtiyaçlarına göre belirlendiği için bir mahalleye ait bölge bilgileri kapsamında yer alan semt/mahalle bilgilerinden, ulaşım/alternatif ulaşım planları ile sokaktaki tesisat sistemlerinin açma/kapama yerlerini, deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan, bina bilgilerinden binaların kullanım amacı, tehlikeli madde bilgisi ve kişi bilgilerinden binadaki toplam kişi sayısı muhtarlıklardaki ünitelerde bulunacaktır. Konutlardaki veri depolama ünitelerinde ise sadece bina ve kişi bilgileri yer alacaktır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 5. adım).

Arama-kurtarma ekipleri genel semt/mahalle bilgilerine (ör. yapı ve nüfus yoğunluğu) ve bölgedeki hasar durumu ile ilgili bilgilere Kriz Merkezleri'nden ulaşıp bu bilgiler doğrultusunda hangi mahalleden çalışmaya başlayacaklarına karar verebilirler. Daha sonra mahalleye gelip muhtarlıklardaki ünitelerdeki bilgilerden yararlanarak hangi binadan çalışmaya başlayacaklarını belirleyebilirler. Yerel yönetime ait binalara yerleştirilecek olan veri depolama ünitelerinde saklanacak olan bina bilgilerinden bina kullanım amacı, binadaki tehlikeli maddeler ile kişi bilgilerinden binadaki toplam kişi sayısı ile ekiplerin hangi binadan çalışmaya başlayacaklarına karar vermelerinde yardımcı olunabilir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 4. adım). Örneğin, eğer mahallede yoğun nüfus barındıran bir yapı (ör. anaokulu) varsa, arama-kurtarma ekipleri bu bilgiye yerel veri depolama ünitesinden ulaşabilirler. Bu bilgi sayesinde, mahallede yapılacak olan keşfin anaokulundan başlamasını

sağlayabilir ve bir ekip üyesi bu binadaki hasarı ve depremzede sayısını tespit etmek için gönderilebilir.

Semt/mahalle bilgileri, keşif süresince elde edilen veriler ve çevreden toplanan bilgilerle birleştirilerek bina triajı yapılmasında kullanılır. *Triaj*, afetin etki ettiği bölgedeki binaların değerlendirilmesi, hasar durumlarının sınıflandırılması ve müdahale önceliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmadır (INSARAG, 2006; Arıoğlu ve diğ., 2000). Bina triajı yapılıp, arama-kurtarma çalışmaları için öncelik tanınacak bina seçildikten sonra bu binaya ait bilgilere ihtiyaç duyulur (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 5. adım); çünkü arama-kurtarma ekipleri bina bilgilerinden yararlanarak binaya giriş stratejilerini ve en çok insanın kurtarılacağı yerleri belirlerler (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 6. adım).

Bina bilgilerinden kat planları ve depremin oluş saati verileri birleştirilerek depremzedelerin bulunabilecekleri yerler tespit edilebilir. Örneğin, gece saatlerinde depremzedelerin yatak odalarında olmaları beklenir. Arama-kurtarma ekipleri, bina kat planlarını hem binaya güvenli giriş yapmak, hem de arama çalışmalarında depremzedelerin yerlerini belirlemek ve buralara en kısa ve güvenli yoldan ulaşmak için kullanırlar. Güvenliğin sağlanması için binaya giriş yapılmadan önce gaz ve su vanaları ile elektrik şalterleri kapatılır. Ayrıca, binada bulunan tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri ile bilgiler, arama-kurtarma çalışmaları sırasında oluşabilecek tehlikelere (ör. yangın, patlama, radyasyon) karşı önlem alınabilmesi açısından önem taşır. Farklı türlerdeki tehlikeli maddeler farklı güvenlik önlemleri alınmasını gerektirir.

Konutların üzerine yerleştirilecek olan veri depolama ünitelerinde saklanacak kişi bilgileri sayesinde ise arama-kurtarma ekipleri binadan/enkazdan çıkarılan depremzedelere doğru ilk yardım müdahalesi (ör. alerjisine göre ilaç kullanma) yapabilirler (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 6. adım). Ayrıca kişilerin isimlerinden, soy isimlerinden, TC kimlik numaralarından ve fotoğraflarından yararlanarak kimlik teşhisi yapabilecekleri gibi sağ, ölü, yaralı ya da kayıp olduklarına dair kayıt tutabilirler (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 7. adım).

Özet olarak, arama-kurtarma ekipleri yerel veri depolama ünitelerinden ulaştıkları bina ve kişi bilgileri sayesinde o binada arama-kurtarma çalışmalarını etkin bir şekilde yerine getirirler.

Binadaki arama-kurtarma çalışmaları tamamlandıktan sonra, arama-kurtarma çalışmalarının sonuçları veri depolama ünitesine girilir. Arama-kurtarma çalışmalarının sonuçları binadaki tehlikeler, binadan çıkarılan sağ, ölü, yaralı sayısı, binaya giriş tarihi ve saati gibi bilgilerdir. Bu bilgiler, binaya daha sonra gelecek diğer kurtarma ekiplerine ya da enkazı kaldıracak olan ekiplere binanın son durumu hakkında bilgi verir. Önerilen yaklaşımın bir avantajı da arama-kurtarma ekipleri çalıştıkları binayı terk ederken binadaki çalışmaların sonuçlarını, çıkarılan kişilerin ve binanın durumunu veri depolama ünitelerine kaydettiklerinde daha sonra gelen ekipler yeni bilgiler elde ederlerse eski bilgileri kolaylıkla güncelleyebilirler (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 3. adım). Geleneksel arama-kurtarma çalışmalarında binanın girişine elle yazılan bilgilerin okunamaması ya da gözden kaçması ihtimali vardır. Ayrıca geleneksel sistemde binaların dış cephesine yazılan bilgilere, binanın çökmesi durumunda ulaşılamama olasılığı söz konusu iken, bilgilerin ünitelerde kaydedilmesi durumunda bu olasılık daha azdır. Çünkü bilgiler birden fazla etikete/duyargaya kaydedilerek binanın en az hasar alma potansiyeli olan noktasına yerleştirilecektir.

Semt/mahalle, bina ve kişi bilgilerinin güncellenmesi doğru bilgiye ulaşılması açısından çok önemlidir. Kat planları gibi bazı bilgiler aynı kalırken bina sakinleri ve binanın içeriği (ör. tehlikeli madde türleri ve yerleri) ile ilgili bilgilerin güncellenmesi gerekir. Eğer yerel veri depolama için RFID teknolojisi kullanılırsa, veri güncellenmesi için kullanıcının binaya yerleştirilmiş olan RFID etiketine belli bir mesafede (ör. 30-100 m) durması gerekir. Bu durumda, çözüm olarak RFID etiketlerinin binanın yanına gidecek görevli bir kişi tarafından belirli aralıklarla güncellenmesi gerekir (Şekil 1.1'de 3. adım). Eğer yerel veri depolama için kablosuz duyarga ağı kullanılırsa, verilerin güncellenmesi için kullanıcının binaya yakın mesafede olmasına gerek yoktur; çünkü veri duyarga ağının herhangi bir noktasından ve uzaktan güncellenebilir. Bu durumda da yetkili kişi duyargaların hafızalarındaki bilgileri belirli aralıklarla merkezi bir yerden (ör. muhtarlık) güncelleyebilir (Şekil 1.2'de 3. adım).

Çevrede metal nesnelerin olması etiketten/duyargadan gelen sinyalleri bozabilir ve bilgi akışını engelleyebilir. Bilgiye erişim için etiketlerin/duyargaların binada bulundukları yerler diğer bir kritik faktördür. Teorik olarak RFID etiketleri görüş mesafesi gerektirmemesine rağmen, etiket ve okuyucu arasında büyük engeller olması sinyallerin gücünü zayıflatabilir ya da sinyalleri engelleyebilir (Ergen ve

diğerleri, 2007). Engelleri en aza indirmek için etiketlerin/duyargaların binaların dış yüzeyine yerleştirilmesi gerekir. Kesintisiz iletişimin sağlanması amacıyla etiketlerin/duyargaların uygun yerlerinin belirlenmesi için saha testleri yapılmalıdır.

Deprem sırasında etiketler/duyargalar hasar görebilirler. Bu riski azaltmak için etiketlerin/duyargaların kapsüllere yerleştirilmeleri, çarpmaya ve basınca karşı korunmaları gerekir. Ayrıca binanın çökme mekanizması incelenmeli ve etiketlerin/duyargaların yerleştirilecekleri uygun yerlerin belirlenmesi için binaların en çok hasar gören yerleri tespit edilmelidir.

En kötü durum senaryosu göz önüne alındığında, deprem sırasında bazı etiketler/duyargalar zarar görecek ve etiketlerde depolanan bilgi kaybolacaktır. Bilginin kaybolmasını engellemek amacıyla bilgi yedeklemesi yoluna gidilebilir. Bir başka deyişle, aynı binanın üzerine aynı bilgilerin bulunduğu birden fazla sayıda etiket/duyarga yerleştirilebilir. Diğer bir çözüm ise, her bir binaya bir adet etiket/duyarga yerleştirilir; fakat etikette/duyargada saklanan bilgiler, yakınlarda bulunan birden fazla binaya ait olur. Örneğin, bir binada bulunan etiket/duyarga yan binaya yerleştirilmiş olan etiketteki/duyargadaki bilgiyi de içerir. Fakat bu durum hafızası sınırlı olan RFID etiketleri yerine daha büyük hafızaya sahip olan WSN duyargaları için daha uygundur.

Yerel olarak depolanan bilgilerin merkezi afet yönetim sisteminde kullanılması ve yedeklerinin olması için bilgiler merkezi bilgi sisteminde de bulunmalıdır (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2'de 2. adım). Bunun için, yerel veri depolama sistemine veri girildiğinde, veri elle ya da otomatik olarak merkez sisteme transfer edilmelidir.

Bunlara ek olarak, depremde hangi binanın hasar gördüğünü uzaktan tespit etmek amacıyla duyarga ağlarına yer değiştirme duyargaları da eklenilebilir. Bu duyargalar, iki fiber optik kablonun boylarındaki değişimlerin belirlenmesi esasına göre çalışırlar. 10 mm-20 mm arasındaki yer değiştirmelerde bu duyargalar etkin bir şekilde kullanılabilir (Lienhart, 2003). Öngörülen duyargalar 20 KN basınca kadar dayanabilir (Lienhart, 2005). Önerilen yaklaşımda, kablo boylarındaki değişim çok olduğunda, binanın o bölgesinin çöktüğü kabul edilebilir. Binanın birçok yerine yerleştirilen duyargalardan gelen bilgiler doğrultusunda çökmüş ya da ağır hasarlı olma ihtimali olan binalar önceden belirlenebilir. Böylece depremin hangi bölgelere zarar verdiğini tespit etmek amacıyla oncu ekip gönderilmesine gerek kalmaz, çünkü

hasar gören binalarla ilgili sahadan gelen bilgiler doğrultusunda arama-kurtarma ekipleri yönlendirilebilirler.

1.2 Araştırma Yöntemi

Bu çalışmanın başında belirlenen soruların cevaplandırılması için literatür araştırması yapıldığı gibi yüz yüze görüşme yöntemi ve arşiv inceleme yöntemi kullanılmıştır. Takip eden paragraflarda araştırma sorularının amaçları, bu soruların nasıl cevaplandırıldığı ve kullanılan yöntemler açıklanmıştır.

Arama-kurtarma çalışmalarında bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerin kısa zamanda ve doğru olarak toplanamaması önemli zaman kaybına neden olduğu için gerekli olan yerel bilgilerin belirlenmesi amacıyla birinci araştırma sorusu olan "depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülebilmesi için ne tür bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır?" sorusuna cevap aranmıştır. Bu sorunun cevaplanması için literatür taraması yapılmıştır. Literatür çalışmasından çıkan sonuçlara dayanarak geliştirilen açık uçlu sorular ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde edinilen bilgilerin geçerliliğinin sağlanması amacıyla üç farklı organizasyondan (İTÜ, AKUT, Sivil Savunma) bu alanda uzman toplam on üç kişi ile görüşülmüştür. Yöneltilen sorulara uzmanlar benzer cevaplar verdiler. Görüşmelerde elde edinilen bilgilerin birleşim kümesi alınmış ve doğrulanması amacıyla uzmanlara e-mail aracılığı ile gönderilerek gerekli düzenlemeler yapılmıştır.

Arama-kurtarma çalışmalarında yerel bilgilerin depolanması için kullanılması önerilen ileri veri depolama teknolojilerinin kullanım amacını uygulama alanında etkin bir şekilde yerine getirebilmek için teknolojilerin teknik ve fiziksel gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmiştir. Bu gereksinim doğrultusunda ikinci araştırma sorusu olan "ileri yerel veri depolama teknolojilerinin deprem sonrası arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması için gereksinimler nelerdir? " sorusu cevaplandırılmıştır. Bu araştırma sorusunu detaylı olarak cevaplandırmak için bu soru iki alt soru altında araştırılmıştır. İkinci araştırma sorusunun alt sorularından biri olan "ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken teknik koşullar nelerdir?" sorusunun amacı teknolojilerin belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmesi için gereken teknik özelikleri belirlemektir. Bu şartlar belirlendikten sonra RFID ve WSN teknolojilerinin bu şartları ne oranda yerine getireceği tepit

edilecektir. Bu sorunun cevaplanması için literatür taraması kapsamında mühendislik alanlarında kullanılan teknolojilerin (ör. RFID, WSN) açıklandığı akademik çalışmalar ve kitaplar incelenmiş ve yüz yüze görüşmeler yapılmıştır. Sonuçta arama-kurtarma çalışmalarında kullanılacak ileri veri depolama teknolojilerinin gereksinimleri belirlenmiştir. Belirlenen bu gereksinimler doğrultusunda var olan ileri veri depolama teknolojileri incelenmiş ve bu gereksinimleri sağlayan teknolojiler tespit edilmiştir.

İkinci araştırma sorusunun diğer bir alt sorusu olan "belirlenen bilgilerin lokal olarak veri depolama ünitelerinde saklanması durumunda bu ünitelerin depremde en az hasar görmeleri için yapının hangi bölümüne yerleştirilmeleri uygundur?" sorusunun amacı ise teknolojilerin uygulama alanından kaynaklanabilecek olumsuzlukları mümkün olduğunca azaltmaktır. Bu sorunun cevaplanması için yüz yüze görüşmeler yapıldığı gibi fotoğraf arşivleri de incelenmiştir. Fotoğraf arşivlerinde incelenmesiyle elde edilen bilgilerin geçerliliğinin sağlanması için bir analiz yöntemi geliştirilmiş ve bu analizin sonuçları değerlendirilmiştir (bkz. Bölüm 6). Yapılan araştırmalardan çıkan sonuçlar bir araya getirilerek depremde ünitelerin en az hasarı görebilecekleri yerler belirlenmiştir.

Çalışma şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. *Literatür taraması:* Literatür taraması kapsamında arama-kurtarma ekiplerinin kullandıkları el kitapları incelenerek operasyonlarının aşamaları, bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve ihtiyaç duyulan bilgi türleri incelendi. Daha sonra yapılmış önceki akademik çalışmalar incelerek bu çalışmalarda arama-kurtarma ekiplerinin kullanması önerilen bilgi türleri belirlendi. Literatür çalışmasında elde edilen veriler doğrultusunda uzmanlarla, ne tür bilgilerin yerel olarak saklanması gerektiği konusunda yapılacak görüşmelerde kullanılmak üzere açık uçlu görüşme soruları hazırlandı (Ek A.1).
2. *Görüşme yapılması:* Konu ile ilgili uzmanlarla arama-kurtarma çalışmalarında hangi bilgilerin yerel olarak saklanması gerektiğini ve kullanılacak olan teknolojilerin ne tür gereksinimleri karşılaması gerektiğini öğrenmek için görüşmeler yapıldı. Görüşme yapılacak uzmanlar seçilirken arama-kurtarma ile ilgili ülkemizde önde gelen üç kuruluş belirlenmiştir: İstanbul Teknik Üniversitesi (Afet Yönetim

Merkezi, İnşaat Fakültesi ve Mimarlık Fakültesi), AKUT ve Sivil Savunma. Bu organizasyonlarda çalışan arama-kurtarma çalışmalarında deneyim sahibi toplam on üç kişi ile görüşülmüştür (Bkz. Bölüm 4 Tablo 4.1). Üniversiteler arasında İstanbul Teknik Üniversitesi seçilmesinin iki temel nedeni vardır: (1) bu üniversitede afet yönetim merkezi bulunmaktadır, (2) burada görevli olan akademisyenler ile tanışıklığımız olduğu için yoğun programlarına rağmen randevu alırken herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Görüşülen on üç kişinin altısı İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki Afet Yönetim Merkezi, İnşaat Fakültesi ve Mimarlık Fakültesi'nden konu ile ilgili bilim insanları, üçü Arama-Kurtarma Derneği'ne (AKUT) bağlı uzman kişiler ve dördü Sivil Savunma'da görevli uzmanlardan oluşmaktadır. Görüşülen kişiler sorulara benzer cevaplar verdiler.

3. *Görüşmelerden elde edilen bilgilerin analizi, birleştirilmesi ve doğrulanması*: Arama-kurtarma faaliyetlerinde ihtiyaç duyulan verilerin tespiti için literatür çalışmasında ve görüşmelerde toplanan tüm bilgiler düzenlenerek bir araya getirilmiştir. Daha sonra literatür taraması ve görüşmelerin sonuçlarından yararlanılarak bilgi türlerini içeren tablolar oluşturulmuştur. Hazırlanan bu tablolar, görüşülen tüm uzmanlara e-mail aracılığı ile gönderilmiş ve uzmanların fikirleri bir kez daha alınarak uzmanların belirttikleri eksikler doğrultusunda veri tabloları yeniden düzenlenmiştir ve oluşturulan bilgi türleri tabloları doğrulanmıştır.
4. *Teknolojilerin gereksinimlerinin belirlenmesi*: Literatür çalışmasının ve görüşmelerin sonuçlarından yararlanılarak önerilen projede kullanılacak olan teknolojilerin gereksinimleri (ör. okuma uzaklığı, hafıza, uygulama ortamının şartları) belirlenmiştir. Bu çalışmada elde edilen gereksinimler baz alınarak depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında kullanılabilecek olan ileri veri depolama teknolojileri araştırılmıştır.
5. *Kullanılacak teknolojilerin belirlenmesi:* Var olan ileri veri depolama teknolojileri incelenmiş, belirlenen gereksinimler doğrultusunda bu teknolojiler arasından uygun iki teknoloji seçilmiştir (kablosuz duyarga ağlarının (WSN) ve radyo frekanslarıyla algılama yapan etiketleri (RFID)). Bu teknolojilerin özellikleri belirlenerek binalarda hangi

kısımlara konulduğu durumda iyi bir performans elde edileceği tespit edilmiştir.

6. *Teknolojilerin kullanıldığı durumlar için süreç modeli ve kullanım senaryoları geliştirilmesi:* Geleneksel arama-kurtarma çalışmalarının süreci göz önünde bulundurularak önerilen sistem için süreç modeli geliştirilmiştir. Süreç modelin geliştirilmesinin amacı önerilen sistemin ileride nasıl kullanılacağını netleştirmek ve bir prototip geliştirilmesi durumunda sistemle ilgili araştırmalara yardımcı olmaktır. Süreç modelinin daha iyi anlaşılması amacıyla da arama-kurtarma çalışmalarının aşamalarını ve bu aşamalarda önerilen sistemin kullanımının adım adım anlatıldığı kullanım senaryoları geliştirilmiştir.
7. *Uzmanlarının fikrinin alınması ve fotoğraf arşivlerinin incelenmesi ve analizi:* Teknolojilerin özellikleri de dikkate alınarak, bilgi türlerinin belirlenmesi için yapılan görüşmelerde, veri saklama ünitelerinin aynı zamanda bina üzerinde nerelere yerleştirilebileceği konusunda sorular yönetilmiştir. Ayrıca depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerin kaydedileceği veri depolama ünitelerinin, herhangi bir depremde bina üzerinde en az hasar göreceği ve iletişimin sağlanabileceği yerlere yerleştirilmesi ve bu yerlerin tespit edilmesi için fotoğraf arşivleri incelenmiştir. Türkiye'de 1995 Dinar, 1998 Adana, 1999 Düzce, 1999 Adapazarı, 2002 Çay ve 2003 Bingöl depremlerinin zarar verdiği binaların fotoğraflarının yer aldığı fotoğraf arşivlerinden toplam 100 adet binanın fotoğrafı incelenmiştir (Taşkın, 2008; Eyidoğan ve diğ., 2003; Jeofizik, 2008; Koçyiğit ve diğ., 2003; Düzce Fotoğrafları, 2008; T.C. Kaynaşlı Kaymakamlığı, 2008; Deprem, 2008; Sayısal Grafik, 2008). Fotoğraf arşivlerinden depremden hasar görmüş ve kat sayısı net bir şekilde görünen bina fotoğrafları seçilmiştir. Daha sonra fotoğraflar 1-4 ve 5-8 katlı binalar için iki grup altında değerlendirilmiştir. Ünitelerin yerlerinin belirlenmesi için fotoğraf arşivlerinden ve literatür çalışmasından elde edilen veriler bir araya getirilip düzenlenmiş ve depremlerde binalarda en az hasar gören yerler tespit edilmiştir.

1.3 Tezin Organizasyonu

Literatür taraması, görüşmeler ve arşiv incelemesi olmak üzere üç temel araştırma aşamasında oluşundan bu tezin her bir bölümünde neler anlatıldığı ilerleyen paragraflarda ifade edilmiştir.

İkinci bölüm olan afet yönetiminin incelenmesinde geleneksel arama-kurtarma çalışmalarının adımları, bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve karşılaşılan zorluklar anlatılmıştır. Bu bölüm dahilinde arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan, kullanılan bilgi türlerinin neler olduğu ve bu bilgilerden hangilerinin geleneksel arama-kurtarma çalışmalarında elde edilip edilemediği belirtilmiştir.

Üçüncü bölüm olan literatür taramasında arama-kurtarma çalışmalarının geliştirilmesine yönelik yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir. Bu çalışmalarda kullanılan teknolojiler, bu teknolojilerin sunduğu kolaylıklar ve neden olduğu zorluklar incelenmiş ve gelecekteki projelere yönelik yapılmış olan öneriler dikkate alınmıştır.

Dördüncü bölüm olan görüşme sonuçlarında ise arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bina ve kişi bilgilerinin neler olduğu, belirlenen bilgilerin saklanacakları yerler, bu bilgilerin ünitelerde saklanmasının nedenleri ve bu bilgilerin ünitelerde saklanması durumunda ne gibi kolaylıklar sağlayacağı açıklanmıştır.

Beşinci bölümde ise arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması planlanan sistemin gereksinimlerinin neler olduğu ve neden radyo frekansı ile tanımlama (RFID) ve kablosuz duyarga ağları (WSN) teknolojilerinin seçildiği açıklanmıştır. Seçilen bu iki teknolojinin çeşitleri, özellikleri, kullanım alanları ile bu teknolojiler kullanılarak geliştirilen süreç modeli ve senaryolar açıklanmıştır. Geliştirilen süreç modeli ve senaryolar ile prototip geliştirilmesine yardımcı olmak ve önerilen sistemin daha net anlaşılmasını sağlamak amaçlanmıştır.

Altıncı bölüm olan arşiv incelemesinin sonuçlarında seçilen ileri veri yerel veri depolama ünitelerin en az hasar görmesi için yapının hangi bölümüne yerleştirilmesi gerektiği anlatılmıştır.

Sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için öneriler yapılmıştır.

2. AFET YÖNETİMİNİN İNCELENMESİ

Bu bölüm kapsamında arama-kurtarma çalışmaları, bu çalışmaların aşamaları ve bu aşamalarda toplanan bilgi türleri incelenmiştir. Arama-kurtarma çalışmaları arama-kurtarma ekiplerinin kullandıkları el kitaplarından incelenmiş ve her aşamada ihtiyaç duyulan bilgi türleri belirlenerek bir tabloda verilmiştir. Ayrıca bu bölümdeki bilgiler açıklanırken arama-kurtarma çalışmalarında görev almış deneyimli uzmanlardan elde edilen bilgilerden de yararlanılmıştır.

2.1 Afet Çalışmaları

Afet; önemli yaşam kayıplarına neden olan, herhangi bir uyarı yapmadan aniden meydana gelen ve çok geniş bir toplumu, kültürü ve jeolojiyi etkileyen olaydır (Weeks, 2007).

Afet çalışmaları genel olarak dört safhaya ayrılmaktadır: afet öncesi potansiyel tehlikeleri tahmin ve analiz etmeyi içeren (1) *hazırlık* (preparedness) safhası, tahmin ve analiz edilen potansiyel tehlikeleri azaltmak için geliştirilen aksiyon planlarını içeren (2) *zarar azaltma* (mitigation) safhası ile afet sonrası çalışmalar olan (3) *arama-kurtarma* (response) ve (4) *iyileştirme* (recovery) safhaları. (Altay ve Gren, 2005; Birand ve Ergünay, 2001; Arıoğlu ve diğ., 2000). Bir afetin bu dört ana safhasında yapılması gereken çalışmaların koordine edilmesi, yönlendirilmesi ve uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla kaynaklarının afet öncesi ve afet sonrasında yönlendirilmesi, afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla sürekli faaliyetlerin yapılması, *afet yönetimi* olarak tanımlanır (Birand ve Ergünay, 2001, İstanbul). Bu tez çalışmasında sadece arama-kurtarma safhasına odaklanılmıştır. Takip eden bölümlerde arama-kurtarma çalışmaları, bu çalışmaların aşamaları, bu aşamalarda toplanan bilgiler ve arama-kurtarma çalışmalarında karşılaşılan tehlikeler anlatılacaktır.

2.2 Arama-Kurtarma Çalışmaları

Afet çalışmalarının afet sonrası safhasında yer alan arama-kurtarma çalışmaları, bir afetin oluşunu takip eden ve afetten hemen sonra başlayarak, afetin büyüklüğüne göre belirli bir süre içerisinde tamamlanan faaliyetlerdir. Bu çalışmaların temel amacı, ilk dört gün içerisinde maksimum sayıdaki kazazedeyi canlı olarak kurtarmak, yararlıların tedavi edilmesini sağlamak ve kurtarılanların temel ihtiyaçlarını en kısa sürede, en uygun yöntemlerle karşılamaktır (Arıoğlu ve diğ., 2000; Birand ve Ergünay, 2001). Bu bölümde, arama-kurtarma çalışmalarının yöntemleri, organizasyonu ile saha çalışmalarının prosedürleri hakkında genel bilgi verilmektedir.

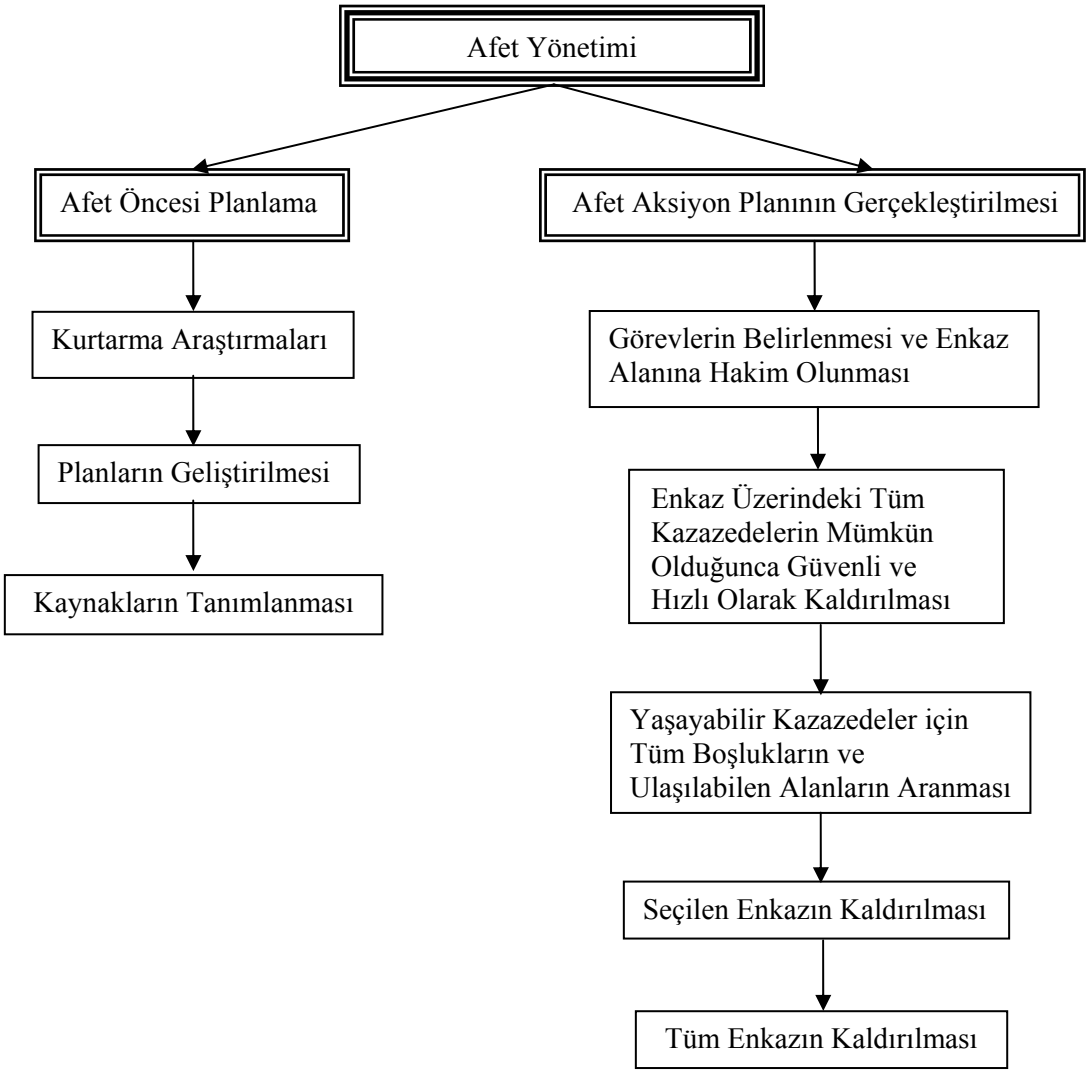
Arama-kurtarma (Search&Rescue-SAR) çalışması, iyi yetiştirilmiş gönüllülerden oluşan acil görev ekipleri tarafından arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli hazırlıkları yapılan ve hazırlıkları sahada uygulayan bir çalışmadır. Arama-kurtarma çalışmalarının amacı; kayıp, hasta, tehlike altında bulunan ya da dağ, çöl, orman gibi girişi zor veya uzak alanlarda yaralı olan ya da denizde kıyıya yakın ya da uzakta bulunan kişilerin kurtarılmasıdır.

Arama-kurtarma çalışmaları üç gruba ayrılabilir: *Savaş Arama-Kurtarma, Hava-Deniz Kurtarma* ve *Kentsel Arama-Kurtarma*. Bu araştırma kapsamında, kentsel arama-kurtarma (USAR *(Urban Search&Rescue-USARF*)) operasyonları incelenmiştir. Bu tür operasyonların içerisinde en yaygın olanı, depremde göçük altında kalan insanların aranması ve kurtarılması için yürütülen operasyonlardır. FEMA' ya (Federal Emergency Management Agency) göre; Ulusal Kentsel Arama-Kurtarma Destek Sistemi, yıkılmış binalarda mahsur kalmış depremzedelerin acil tedavileri gibi hayat kurtarma operasyonlarını yürütmek için kaynakların bulunması, ayrılması ve temin edilmesi amacıyla ekiplerin koordinasyonunu, gelişimini ve bakımını sağlar (FEMA, 2003). Kentsel arama-kurtarma operasyonları, deprem felaketinin yanı sıra kimi zaman kayıp olan Alzheimer hastalarının ya da kayıp çocukların bulunması için yürütülmektedir.

Kurtarma aşamasında yapılacak olan tüm çalışmalar, devletin güç ve kaynaklarının en etkili yöntemlerle en hızlı şekilde afet bölgesinde kullanılmasını amaçladığı için bilgi, deneyim ve koordinasyon, olağanüstü hazırlık, yetki ve sorumluluk gerektirmektedir (Birand ve Ergünay, 2001). Mümkün olduğunca çok

depremzedenin göçük altından en güvenli şekilde sağ olarak kurtarılması için arama kurtarma ekiplerinin çok iyi bir şekilde organize olmalıdırlar. Bu amaçla, afetin gerçekleştiği bölgede hızlı, etkili bir arama yapılması, kaynakların ve zamanın en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir.

Afet yönetimi faaliyetleri, çalışmaların büyük bir kısmının planlandığı afet öncesi planlama ile saha operasyonlarının düzenli bir şekilde yerine getirilebilmesi için yapılan afet aksiyon planının gerçekleştirilmesi olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 : Afet yönetimi faaliyetleri akış şeması

Şekil 2.1' de, takip eden bölümlerde detaylı bir şekilde açıklanan afet yönetimi faaliyetlerinin iki ana aşaması olan afet öncesi planlama ve afet aksiyon planı ile bu süreçleri oluşturan alt aşamalar görülmektedir.

2.2.1 Afet öncesi planlama (Pre-incident planning)

Arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli olan çalışmaların çok büyük bir kısmı, kurtarma çalışmalarının başarısının bağlı olduğu afet öncesi planlama aşamasında gerçekleştirilir. Bu süreç sahadaki kurtarma araştırmaları, planların geliştirilmesi ve kaynakların tanımlanması olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Bu çalışma kapsamında afet öncesi planlama sürecinin birinci safhası olan sahadaki kurtarma araştırmaları incelenmiştir; çünkü bu adımda planların geliştirilmesi ve kaynakların belirlenmesi amacıyla binaların ve bölgenin özellikleri belirlenir. Bu özellikler de yapılan bu tezin hedeflerinden birincisi olan arama-kurtarma faaliyetlerinde gerekli olan bilgilerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Aşağıda, afetin gerçekleştiği bölgede yapılan kurtarma araştırmasında belirlenen bilgiler yer almaktadır (FEMA, 2003):

- Yapıların türü
- Bölgede bulunan binalardaki kat sayısı
- Bodrum katı ya da zemin katı olan binalar
- Tehlikeli maddelerin kullanıldığı ve/veya depolandığı binalar
- Kişi sayısının fazla olduğu binalar; örneğin okullar, hastaneler, apartmanlar, dinlenme tesisleri
- Çökmeye daha eğimli olduğu bilinen yapılar; örneğin üstgeçitler, viyadük, köprüler, çok katlı garajlar
- Yapının çökmesine neden olabilecek durumlar; örneğin katlardaki çok ağır aletler

Bölgenin ve binaların özellikleri tespit edildikten sonra, elde edinilen veriler doğrultusunda inceleme yapılan bölgedeki her bir bina ya da her yapı tipi için depremden sonra oluşabilecek tehlikelerin (örneğin yangın, su baskını gibi) belirlendiği planlar geliştirilir (FEMA, 2003). Bu planlardan yararlanılarak olası tehlikelerle mücadele edebilmek için kaynaklar (örneğin hafif ve ağır ekipmanlar,

ulaşım araçları, yiyecek-içecek ihtiyacı gibi) belirlenir. Ayrıca arama-kurtarma operasyonlarında gerekli olan kurtarma personelinin sayısı ve nitelikleri; kurtarma ekipmanlarının sayısı; destek veren kurumlar ve uzmanların uzmanlık alanları da saha çalışmalarında ve planların geliştirilmesinde belirlenir. Depremden bölgenin ve binaların en az hasarı alması için yapılan araştırmalar, planlar ve belirlenen kaynaklar neticesinde deprem senaryoları hazırlanır. İstanbul' da yapılan deprem master planı çerçevesinde de yukarıda sıralandığı gibi binalar ve bölge özellikleri ile ilgili bilgiler toplanmış ve bunlar doğrultusunda deprem senaryoları hazırlanmıştır.

Bir sonraki bölümde depremin gerçekleşmesinden hemen sonraki süreç olan afet aksiyon planının geliştirilmesinde izlenmesi gereken adımlar ve bu adımlarda kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.2.2 Afet aksiyon planının geliştirilmesi (the incident action plan)

Afet öncesi plan baz alınarak, saha operasyonları için afet aksiyon planı (incident action plan) geliştirilir. Afet amiri bölgeye ulaşıp, durumu değerlendirmeye teşebbüs ettiği ve operasyona başladığı zaman afet aksiyon planı geliştirilmeye başlanır. Bu plan çerçevesinde beş tane standart aşama uygulanır (FEMA, 2003). Bu beş adet safhanın içerisinden, sadece birinci, ikinci ve üçüncü aşamalar bu araştırmanın konusu olan arama kurtarma faaliyetlerini kapsamaktadır.

2.2.2.1 Görevlerin belirlenmesi ve enkaz alanına hakim olunması

Afet aksiyon planının birinci aşaması, "*görevlerin belirlenmesi ve enkaz alanına hakim olunması"*dır. Yapısal çökme operasyonlarına başlanmadan önce bu süreç içerisinde arama-kurtarma ekiplerinin aşağıda belirtilen adımları uygulaması gerekmektedir:

- İlk olarak, yüksek potansiyelde insanın kurtarılabileceği binalar tespit edilir.
- İkinci olarak, binalarda bulunan tehlikeler belirlenir ve arama-kurtarma operasyonlarında öncelik tanınacak belirli binalar işaretlenir.
- Son adımda ise, incelenen binalar arama-kurtarma işaretleme sistemiyle işaretlenir (Bkz 2.2.3).

Bu adımlar; bilgi toplanması, keşif ve bina triajı olmak üzere üç ayrı aşama altında gerçekleştirilmektedir.

Bilgi toplanması (Information gathering)

Bu süreçte öncelikli görev, deprem saatinde binadaki kişi sayısı, kişilerin o saatte bulunabileceği yaşam alanları, kişilerin durumları gibi mevcut her türlü bilginin toplanmasıdır. Binanın özelliklerinin belirlenmesi de en az kişilerle ilgili bilgiler kadar önemlidir; çünkü binanın kullanım amacı (ör. okul, hastane, konut), binada tehlikeli madde bulunup bulunmadığı, eğer varsa ne tür tehlikeli madde olabileceği konusunda yardımcı olur. Ayrıca binanın kullanım amacı, depremin gerçekleştiği saate göre binadaki kişi sayısının yoğunluğu hakkında da bilgi verir. Merdivenleri, asansörü, odaların yerlerini, bodrum katına ve çatı katına giriş yerlerini gösteren kat planları, binanın mekanik, elektrik, temiz/kirli su tesisat sistemleri ve bina tasarımı ile ilgili bilgiler arama-kurtarma personelinin binaya/enkaza nasıl giriş yapılacağını, olası tehlikelere karşı ne gibi önlemler alınması gerektiğini belirlediği için bu bilgiler büyük önem taşımaktadır; bu yüzden bina ile ilgili mevcut bilgiler sağlanmalıdır (FEMA, 2003; FEMA, 2003). Ayrıca binanın kullanım amacı, tehlikeli madde bilgileri, tesisat planları ve kat planları binada oluşabilecek ikincil tehlikeler (ör. yangın, patlama, çökme, yükseklik) konusunda da fikir verebilir. Deprem sonrasında ikincil tehlikelerden dolayı hayatını kaybeden insan sayısı, depremde yaşamını yitiren insan sayısından daha fazla olabildiği için (Arıoğlu ve diğ., 2000) olası tehlikelere karşı önlem almak gerekmektedir. Depremden sonra oluşabilecek tehlikeler iki ana başlık altında toplanabilir: (1) *çevresel tehlikeler*, (2) *fiziksel tehlikeler.*

Çevresel Tehlikeler (Environmental Hazards):

Depremin zarar verdiği bölgede ve bu bölgenin çevresinde, ikincil felaketlere neden olabilecek çevresel problemlerle karşılaşılabilir. Bu tez kapsamında ileri veri depolama ünitelerine konulacak olan tehlikeler kapsamında literatürdeki çevresel tehlikelerden bir kısmı açıklanmıştır. Patlama, yangın, tehlikeli maddeler, zarar görmüş su, gaz, kanalizasyon boruları, elektrik kabloları çevre için tehlike oluşturan unsurlardır. Aşağıda bu tezle ilgili olan tehlike unsurları ve bunları neden çevresel için potansiyel tehlike oluşturdukları açıklanmıştır:

- *Zarar görmüş su, gaz ve kanalizasyon boruları, elektrik kabloları* (Damaged Utilities): Kırılmış su, doğalgaz ve kanalizasyon boruları, zarar görmüş ve kopmuş elektrik kabloları ikincil felaketlerin gerçekleşme olasılığını arttırır.

Örneğin kırılmış gaz borularından çıkan yanıcı gazlar, kopmuş elektrik kabloları yangın çıkmasına neden olup hem depremzedelerin hem de arama-kurtarma personelinin can güvenliğini tehdit eder. Patlamış su ve kanalizasyon boruları su baskınlarına neden olup, enkaz altında kurtarılmayı bekleyen kazazedelerin ölmesine neden olabilir. Bu sebeple binaya ve mahalleye ait mekanik ve elektrik tesisat planlarının bilinmesi gerekmektedir.

- T*ehlikeli Maddeler* (Hazardous Materials): Atölyelerde, eczanelerde, hastanelerde kimyasal ve radyoaktif maddeler bulunabilir. Bu tür maddeler yangın, patlama ya da radyasyona neden olarak kazazedelerin ve arama-kurtarma personelinin can güvenliğini tehdit eder. Örneğin LPG tüpleri, doğalgaz, karbondioksit söndürme cihazları, aeresoller ve televizyon tüplerindeki gazlar patlayabilme özelliği taşırlar. Kurtarma ekiplerinin ilk müdahale anında patlama tehlikesinin göz önünde bulundurarak binadaki patlayıcı maddelerin türüne göre önlem almaları gerekmektedir. Örneğin; doğalgaz kullanılan binalarda hava içerisindeki metan gazının konsantrasyonu ölçülmeden çıplak alev ile enkaza girilmemelidir (Arıoğlu ve diğ.,2000). Eğer bu maddelerin türleri, ortalama olarak miktarları ve yerleri bilinirse arama-kurtarma ekipleri önlemlerini alıp çalışmalara başlarlar ya da çok büyük tehlike söz konusu ise durum değerlendirmesi yapıp binaya girip girmemeye karar verebilirler.

İkincil tehlikelere karşı önlem almak ve daha fazla sayıda insan kurtarmak için binadaki tehlikeli maddelerin türlerinin ve yerlerinin, kat planlarının, elektrik ve mekanik tesisat planlarının, binanın kat sayısının, binanın kullanım amacının, yapının tipinin ve binadaki kişi sayısının bilinmesi gerekmektedir. Şu an için arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan bina ve kişi bilgileri çevre sakinlerinden elde edilmeye çalışıldığı için bunların güvenilirlikleri ve doğruluk seviyeleri düşük olduğu gibi çalışmalar için yeterli de değildirler (Mahruki, Tanrısever, Kaya, 2008). Şu anki durumda ekipler, bina sakinlerinden ve çevreden toplanan bilgilerle o esnada sadece katların kabataslak krokilerini oluşturmaktadırlar. Bina bilgilerinin yanı sıra binadaki kişi sayısı hakkında da güvenli ve yeterli bilgi edinilememektedir. Ayrıca çevrede bulunan kişiler, binada yaşayan veya deprem esnasında binada bulunan kişi sayısı ile ilgili ekip üyelerine çalışmaları sırasında sürekli bilgi vermeye çalıştıkları için, bilgi karmaşasına neden olmaktadırlar ve ayrıca ekiplerin çalışmalarının

yavaşlamasına da sebep olabilmektedirler. Çizelge 2.1'de şu anki durumda geleneksel arama-kurtarma çalışmalarındaki bilgi toplanması sürecinde çevre sakinlerinden ve binadan sağ çıkan depremzedelerden toplanmaya çalışılan bilgiler yer almaktadır (FEMA, 2003; FEMA, 2003; INSARAG, 2006; Mahruki, Tanrısever, Kaya, 2008). Çizelge 2.1'de yer alan bilgilerin gereklilik nedenleri kaynaklarda detaylı olarak bulunamadığı için arama-kurtarma çalışmalarında deneyimli ve alanlarında uzman kişilerle yapılmış görüşmeler sonucunda açıklanmıştır. Bu yüzden Çizelge 2.1'de yer alan bilgilerin gereklilikleri dördüncü bölüm olan görüşme ve arşiv incelemesi sonuçlarında yer almaktadır.

Çizelge 2.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında bilgi toplanması süresinde elde edilmeye çalışılan bilgiler

Bina Bilgileri	Bina kullanım amacı
	Odaların konumları/dairelerin kabataslak krokileri
	Tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsurları
	Bina tesisatının açma ve kapama yerleri ile ilgili bilgi
Kişi Bilgileri	Binadaki ortalama kişi sayısı
	Dairelerdeki ortalama kişi sayısı
	Deprem saatinde binada bulunan yaklaşık kişi sayısı
	Depremin gerçekleştiği saatte kişilerin binada/dairelerde bulundukları yerler
	Kişilerin yaşları

Keşif

Depremin hasar verdiği bölgedeki binaların durumlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi için gönderilen keşif ekipleri öncelikle binanın çevresinde keşif yaparlar. Bu sırada binanın her bir cephesinin yaklaşık boyutları çıkartılır ve binanın kabataslak krokisi çizilir. Yaşayan olup olmadığını, eğer varsa nerede olduğunu tespit etmek için, arama ekibi üyeleri bina çevresinde seslenirler ve depremzedelerin ses vermesini beklerler. Keşif sırasında elde edilen bilgilerin tümü not edilir ve olay amirine rapor edilir (FEMA, 2003; FEMA, 2003).

Arama-kurtarma ekipleri bilgi toplanması aşamasında depremin yarattığı travmanın etkisi altında olan çevre sakinlerinden ve binadan sağ çıkanlardan elde edemedikleri bazı bilgileri keşif sürecinde de toplamaya çalışmaktadırlar (ör. binadaki ortalama kişi sayısı, depremin gerçekleştiği saatte kişilerin binada/dairelerde bulundukları yerler). Şu anki durumda geleneksel arama-kurtarma çalışmalarının keşif sürecinde, kurtarma çalışmaları için gerekli olan her bilgiye ulaşılamamaktadır (Mahruki, Tanrısever, Kaya, 2008). Örneğin; tehlikeli maddelerle ve tehlikeli maddelerin yerleri ilgili bilgiler her zaman toplanamamaktadır. Bu da ekiplerin zarar görmesine ya da emin olmadıkları durumda binaya girmemesine ve arama-kurtarma çalışmaları aksamasına neden olmaktadır. Çizelge 2.2'de geleneksel arama-kurtarma çalışmalarının keşif sürecinde ekiplerin toplamaya çalıştıkları bilgiler yer almaktadır (FEMA, 2003; FEMA, 2003; INSARAG, 2006; Mahruki, Tanrısever, Kaya, 2008). Bu bilgilerin gereklilik nedenleri kaynaklarda detaylı olarak bulunamadığı için arama-kurtarma çalışmalarında deneyimli ve alanlarında uzman kişilerle yapılmış görüşmeler sonucunda açıklanmıştır. Bu yüzden Çizelge 2.2'de yer alan bilgilerin gereklilikleri dördüncü bölüm olan görüşme ve arşiv incelemesi sonuçlarında yer almaktadır.

Çizelge 2.2 : Arama-kurtarma çalışmalarının keşif sürecinde toplanmaya çalışılan bilgiler

Bina Bilgileri	Kat planları/kat krokileri
	Tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsurları
	Tehlikeli maddelerin bulunma olasılığı olan yerler
	Bina tesisat planları, açma ve kapama yerleri ile ilgili bilgi
	Binanın taşıyıcı sistemi
	Binanın diğer binalara göre olan konumu (bitişik/ayrık nizam olması)
Kişi Bilgileri	Deprem sırasında binadaki ortalama kişi sayısı
	Depremin gerçekleştiği saatte kişilerin binada/dairelerde bulundukları yerler

Triaj

Afetin etki ettiği bölgelerde mümkün olduğunca çok sayıda insanın kurtarılması için arama-kurtarma çalışmalarının diğer aşamalarında toplanan bilgilerin analiz edilmesi, bölgedeki binaların değerlendirilmesi, hasar durumlarının sınıflandırılması ve müdahale önceliklerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalar triaj olarak isimlendirilir (INSARAG, 2006; Arıoğlu ve diğ., 2000). Eğer bölgede üç ya da daha fazla bina varsa kurtarma ekibinin öncelikle hangi binadan kurtarma çalışmalarına başlayacağının belirlenmesi için bina triajı bir gerekliliktir. Bu metot üç ana aşamadan oluşmaktadır: bulma, ulaşma ve canlı olan depremzedelerin kurtarılması. Ekipler bölgeye ulaştıktan sonra üç adımdan oluşan bu çalışmayı en geç iki saat içerisinde tamamlamalıdırlar (FEMA, 2003). Bina triajı yapılırken yapının stabilitesinin, enkazda oluşan boşlukların büyüklüklerinin ve göçük altındaki depremzedelerin durumlarının değerlendirilmesi için yapının türü, yapının içeriği ve binada bulunan kazazedelerin hayatta kalma profili göz önünde bulundurulmak zorundadır (FEMA, 2003; INSARAG, 2006). Bu bilgilerin gereklilik nedenleri aşağıda açıklanmıştır:

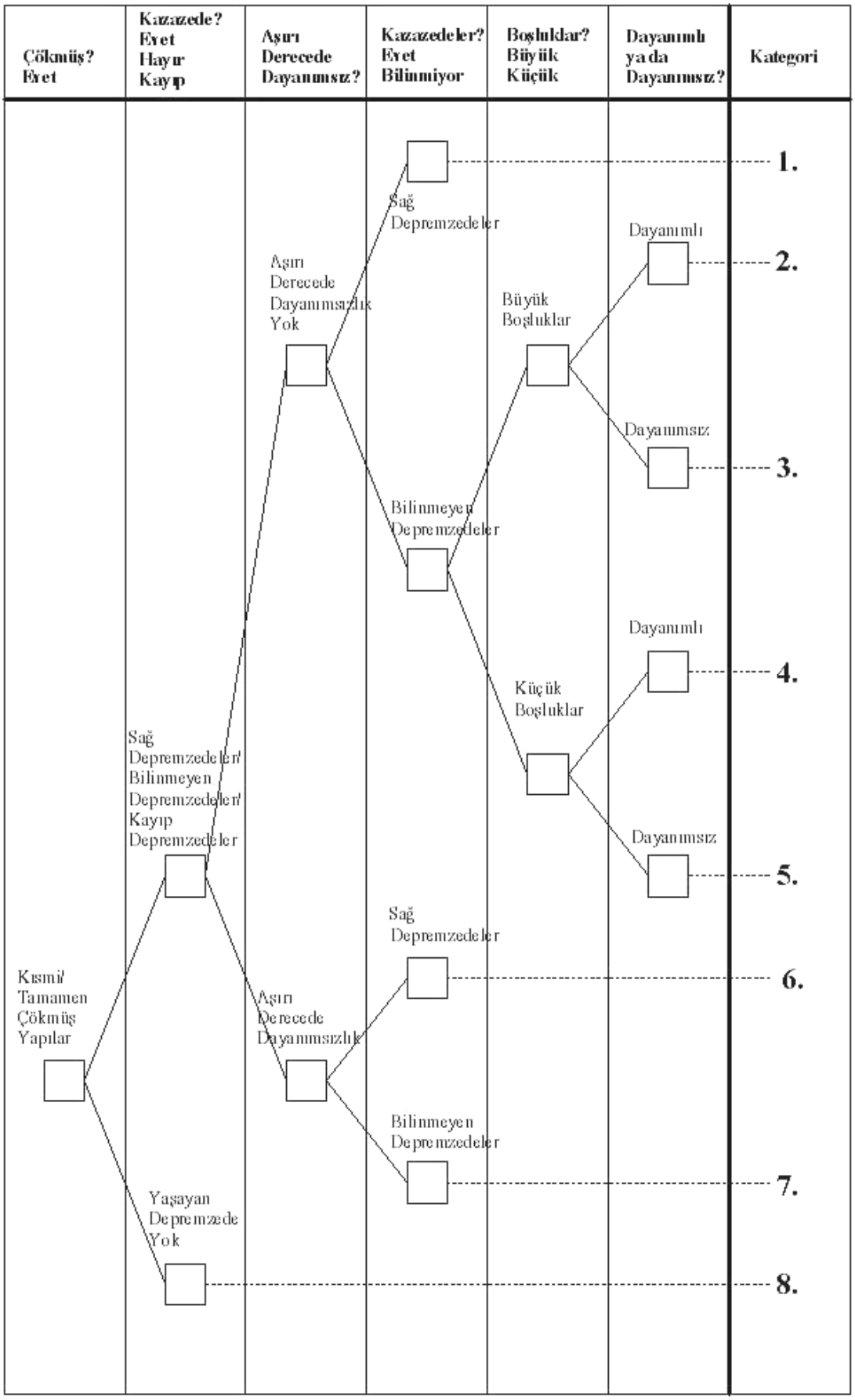
- *Yapı Tipi*: Depremden sonra ne tür problemlerin görülebileceği, enkazın kaldırılması için ne kadar ve ne çeşit ekipmanlara ihtiyaç olabileceği yapının büyüklüğüne, taşıyıcı sistemine ve inşaatın türüne bağlıdır (FEMA, 2003). Depremin zarar verdiği yapının stabilitesine göre, kurtarıcılar binaya girip girmemeye ve binada kurtarma çalışmalarının yapılabilmesi için binanın nasıl güçlendirilmesi gerektiğine karar verirler (INSARAG, 2006). Örneğin betonarme binada kullanılacak destek sistemi farklı iken yığma binada kullanılacak destek sistemi farklıdır (Yılmaz, 2008).
- *Yapının İçeriği*: Binadaki ağır makinelerin ya da mekanizmaların, eşyaların varlığı, enkazda oluşan boşlukların büyüklüklerini belirler. Bu boşluklar arasında depremzedelerin yaşama olasılığı yüksektir (INSARAG, 2006). Yapının içeriği, katlardaki makinelerin, eşyaların kaldırılması için gerekli olan ağır ekipmanların belirlenmesini sağlar. Yapıda bulunan makinelerin sayısı ve türleri ile ilgili bilgi, mağdurların muhtemel durumunu ve ne tür korumaya ihtiyaç duyduklarını gösterir. Örneğin buzdolabının devrilmesi ile oluşabilecek boşlukta bir insanın yaşama olasılığı olabilir (Yılmaz, 2008). Bunun gibi binada büyük eşyaların (ör. gardırop) olduğu odalarda bu

eşyaların devrilmesiyle oluşan boşluklarda depremzedelerin yaşama şansı olabilir. Ayrıca binadaki yanıcı/patlayıcı maddelerin varlığı ile gaz, elektrik, su tesisat sistemleri, kanalizasyon gibi tehlike yaratacak durumlar kurtarıcıların binaya girip girmemeye karar vermelerinde ve binaya girmeye karar verirlerse hangi önlemleri almaları gerektiği konusunda çok büyük öneme sahiptirler.

- *Kazazedelerin Hayatta Kalma Profili*: İlk 24 saat içerisinde depremzedelerin canlı olarak kurtarılma olasılığı % 80 dir. Daha fazla insanın kurtarılması için, depremzedelerin enkaz altında nerede hayatta kalacağını bilmek ve buralara kurtarma çalışmalarında öncelik tanımak gerekir. Ayrıca depremin gerçekleştiği zaman diliminden yararlanılarak depremzedelerin bina içerisinde nerede olabilecekleri tahmin edilir. Örneğin gece olan depremlerde yatak odalarından kurtarılan depremzede sayısı çok daha fazladır. Çökmüş binadan insanların canlı olarak çıkarılma olasılığı en yüksek olan yerler, enkazda oluşan boşluklar; yeraltındaki garajlar; bodrum katları; asansör şaftları, holler gibi giriş koridorlarıdır (FEMA, 2003).

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda yapılan triaj çalışması sırasında binanın kısmen ya da tamamen çökmesi, binanın dayanımı, kazazedelerin durumu (sağ/ölü/bilinmeyen kazazedeler) ve boşlukların büyüklüğü baz alınarak 1'den 8'e kadar yapılan numaralandırmanın adımlarının ifade edildiği triaj ağacı hazırlanır (Şekil 2.2).

Triaj ağacına göre bina dayanımsız değilse ve binanın içerisinde sağ depremzede varsa bu bina kurtarma çalışmalarında birinci sıradadır. Fakat bina aşırı derecede dayanımsızsa, binanın içerisinde yaşayan depremzede olsa bile bu bina triaj ağacına göre kurtarma çalışmalarında altıncı sıradadır. Çünkü insanların enkaz altından kurtarılabilmesi için kurtarma personeli kendi can güvenliklerini sağlamak zorundadır. Bunun nedeni ise arama-kurtarma ekip üyelerinin kurtarmakla yükümlü oldukları insanların olmasıdır. Eğer ekip personeli zarar görürse arama-kurtarma çalışmalarındaki verimlilik düşer (Kaya, Mahruki ve Tanrısever, 2008). Binanın içerisinde sağ depremzede olup olmadığı konusunda kesinlik olmamasına rağmen eğer bina dayanımlıysa ve binanın içerisinde hasardan dolayı büyük boşluklar oluştuysa, bu bina kurtarma çalışmalarında ikinci sırada yer almaktadır. Eğer bina dayanımsızsa ve binanın içerisinde büyük boşluklar oluştuysa, sağ depremzede varsa bu bina kurtarma çalışmalarında üçüncü sırada yer almaktadır.



Şekil 2.2 : Triaj ağacı (INSARAG, 2006)

Triaj ağacının hazırlanmasında ihtiyaç duyulan bilgiler değerlendirildiğinde bilgi toplanması ve keşif aşamalarında elde edilmeye çalışılan bilgilerin (bkz. Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2) yerel olarak kaydedilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Binaların ve binalarda bulunan kazazedelerin değerlendirmesi yapıldıktan sonra numaralandırma ile öncelik sırasını ifade eden bir triaj tablosu hazırlanır (Çizelge 2.3) (INSARAG, 2006).

Çizelge 2.3 : Triaj tablosu

Canlı Kazazedeler	1	1	6
Bilinmeyen Kazazedeler ve Büyük Boşluklar	2	3	7
Bilinmeyen Kazazedeler ve Küçük Boşluklar	4	5	7
	Dayanımlı	Dayanımsız	Aşırı Derecede Dayanımsız

Tablodan da anlaşılacağı gibi canlı kazazedelerin bulunduğu dayanımlı bir binanın kurtarma çalışmaları için öncelik sırası birdir. Bilinmeyen kazazedelerin bulunduğu ve büyük boşlukların oluştuğu dayanımlı bir bina ise kurtarma çalışmaları için ikinci sıradadır.

Bina triajında, her bina için birçok faktör sayısal olarak değerlendirilir. Bu sayısal faktörlerden yararlanılarak hangi binaya kurtarma çalışmalarında öncelik tanınacağına karar verilir (INSARAG, 2006; FEMA, 2003; FEMA, 2003). Bu faktörler triaj aşamasında açıklanmıştır.

Triaj çalışması sonucunda yapılan değerlendirme ile hangi binaya öncelik tanınacağını belirlemeye yarayan değerlerin elde edildiği binaların risk/fayda oranları belirlenir (INSARAG, 2006; FEMA, 2003). Örneğin, yapının türü, zor girişlerin, çökme şeklinin, binadaki olası tehlikelerin belirlenmesinde yardımcı olur. Depremin gerçekleştiği saat ile binadaki kişilerin türleri (occupancy type) bir araya getirildiğinde kritik faktör oluşmaktadır. Örneğin; deprem gece saat 22.00' de gerçekleştiyse, bir konuttaki bulunan kişi sayısı ofiste bulunan kişi sayısından çok daha fazla olacaktır. Bu yüzden daha çok insanın kurtarılma olasılığı olan binaya ekipler yönlendirilir. Açıklamalardan anlaşılacağı üzere, arama-kurtarma operasyonlarında depremin oluş saati en önemli faktörlerden biridir.

2.2.2.2 Enkazın üzerindeki tüm depremzedelerin mümkün olduğunca güvenli ve hızlı olarak kaldırılması

Triaj çalışmasından sonra kurtarma operasyonları için öncelik sırasına konulan binalarda "*enkazın üzerindeki tüm kazazedelerin mümkün olduğunca güvenli ve hızlı olarak kaldırılması*"nın amaçlandığı ikinci aşamaya geçilir. Bu aşamada kurtarma personeli bilgi toplanması ve keşif adımlarında elde edilen ve triaj adımında değerlendirilen bilgiler doğrultusunda binaya giriş stratejilerini ve kurtarma stratejilerini belirleyerek çalışmalarına başlar (FEMA, 2003).

Kurtarma ekipleri öncelikle, enkazın üzerinde olan ya da yüzeye yakın olanlar gibi kolaylıkla ulaşılabilen canlı depremzedeleri kurtarırlar. Eğer depremzedenin yeri bilinmiyorsa, çıkış yolları, merdiven boşlukları, banyo, bodrum kat, şömineye yakın yerler, katlar arasında oluşan boşluklar, az hasar görmüş odalar, ev eşyalarının ya da makinelerin neden olduğu boşluklar aranır.

2.2.2.3 Yaşayabilir depremzedeler için tüm boşlukların ve ulaşılabilen bütün alanların aranması

Enkazın üzerindeki kazazedeler ile kolayca ulaşılabilen kazazedeler kaldırıldıktan sonra üçüncü aşama olan *"yaşayabilir depremzedeler için tüm boşlukların ve ulaşılabilen alanların aranması*"na geçilir. Bu süreç içerisinde binada oluşmuş tüm boşluklarda ve enkazda ulaşılabilen bütün alanlarda arama çalışmaları yapılır. Arama, göçük altında kalan depremzedenin yerinin tespit edilmesi için yapılan çalışmalardır. Enkaz altındaki depremzedenin yerinin minimum sapmalarla tespit edilmesi hem depremzedenin yaşamı hem de ekiplerin performansı açısından çok önemlidir (Arıoğlu ve diğ., 2000). Arama türleri köpekle arama, elektronik arama ve fiziksel arama olmak üzere üç çeşittir (Arıoğlu ve diğ., 2000; INSARAG, 2006). Elektronik aramada; teknik arama personeli, öncelikli alet olarak elektronik akustik/sismik dinleme cihazlarını kullanırlar. Bunların dışında fiber-optik ekipmanlar, eğer saha uygunsa termal yansıtıcılar (imaging) ya da gerekiyorsa daha komplike ekipmanlar kullanılır (FEMA, 2003). Diğer bir arama türü olan fiziksel arama, enkazın olduğu alanda hoparlör ya da seslenme cihazı kullanarak göçük altında sıkışmış olan depremzedelerin yerlerinin belirlenmesini sağlar. Diğer arama çalışmalarında olduğu gibi, ekip personeli yapıyı belirli bir yöntemle kontrol ederler.

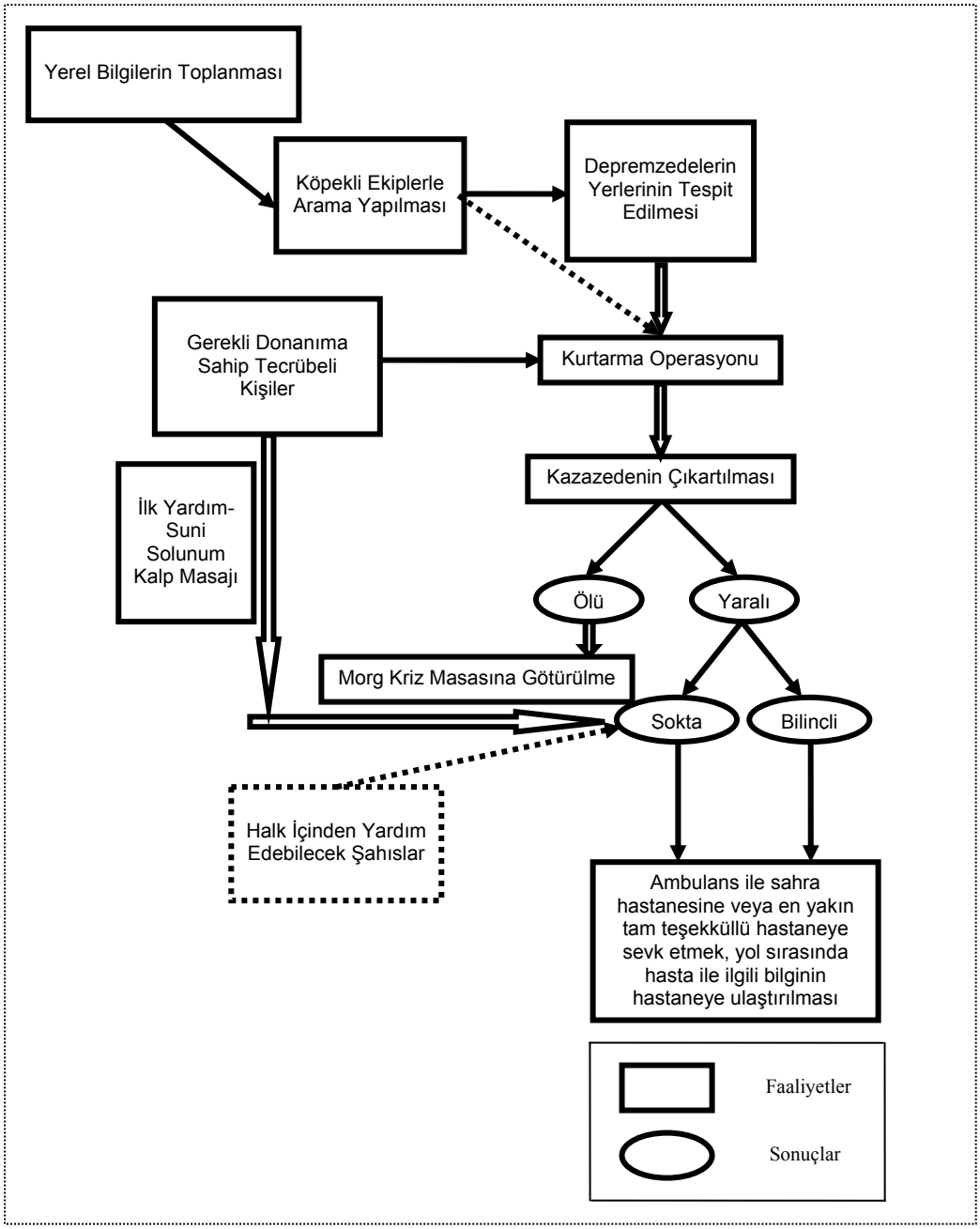
Depremin zarar verdiği bölgede, enkazın altındaki depremzedelerin herhangi bir işaretini görmek/duymak amacıyla tüm personel görev alır (FEMA, 2003).

Daha fazla depremzedenin göçük altından en az zararla kurtarılması için, yukarıda açıklamaları yapılan arama çeşitleri olan köpekle arama, elektronik arama ve fiziksel arama, iyi organize edilmiş bir planla yapılmalıdır. Ayrıca bu çalışmaya başlanmadan önce binanın tasarımı ile ilgili örneğin kat planlarını gösteren güvenilir ve yeterli veri elde edilebilirse arama personelinin işi hızlandırılabilir; çünkü depremin saati ve kat planları verileri birleştirilirse kazazedelerin katlarda bulundukları yerler daha kesin bir şekilde tespit edilebilir. Kat planlarının yanı sıra, arama-kurtarma personelinin ve kazazedelerin can güvenliği için tesisat planlarının da bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgi binaya nerden ve nasıl giriş yapılacağının belirlenmesinde yardımcı olabilir.

Yukarıda aşamaları açıklanan geleneksel arama-kurtarma faaliyetlerinde gerçekleşen süreç Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

Sonuç olarak, arama-kurtarma çalışmaları çeşitli aşamalardan oluşan belli bir plan dahilinde ilerlemektedir. Günümüz koşullarında tüm bu aşamalarda karşılaşılan en büyük eksiklik bilgiye ulaşma sürecinde ortaya çıkmaktadır; çünkü bina ve binada bulunanlarla ilgili bilgiler depremin yarattığı travmanın etkisi altında olan çevre sakinlerinden ve binadan sağ çıkanlardan öğrenilmeye çalışıldığı için bu bilgiler güvenilir ve yeterli değildir. Ayrıca bu faaliyetlerde amaç ilk 24 saat içerisinde mümkün olduğunca çok depremzedenin göçük altından güvenli ve canlı bir şekilde çıkarılması olmasına rağmen, çalışmalar için gerekli olan bilgilerin toplanması çok fazla zaman almaktadır. Eğer arama-kurtarma faaliyetleri için gerekli olan bilgiler hem güvenilir ve yeterli bir şekilde hem de çok kısa sürede elde edilebilirse bu faaliyetlerin verimliliği arttırılabilir.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan güvenilir ve yeterli yerel bilgilere en kısa sürede erişilmesi için bu bilgilerin yerel olarak kaydedilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.3 : Arama-kurtarma çalışmalarının aşamaları (Arıoğlu ve diğ., 2000)

Arama-kurtarma çalışmalarında kullanılan kitaplardan ve raporlardan elde edilen bilgiler göstermiştir ki bina ve binadaki kişi bilgileri yerel olarak kaydedilmelidir. Yerel olarak ulaşılması gerekli olan bina bilgileri şunlardır: bina kullanım amacı, kat planları, binadaki tehlikeli maddeler ve tehlike unsurları, binanın elektrik ve mekanik tesisat planları ya da su, doğalgaz vanaları ile elektrik ana şalterinin açma/kapama yerini gösteren plan/kroki, bina taşıyıcı sistemi ve binaların birbirlerine göre konumları. Yerel olarak ulaşılması gereken kişi bilgileri ise şunlardır: Binadaki ve dairelerdeki kişi sayısı, zaman dilimine göre binadaki ortalama kişi sayısı ve kişilerin

yaşları. Ayrıca ekipler arasındaki koordinasyonun sağlanması için geleneksel arama-kurtarma çalışmalarında toplanması beklenen bu bilgilerin diğer ekiplere aktarılması gerekmektedir.

2.2.3 İşaretleme sistemleri

Arama-kurtarma ekipleri arasında bilgi akışını sağlamak için birtakım uluslararası işaretleme sistemlerinden yararlanılır. Bu işaret sistemleri şunlardır: (1) *bölge haritalandırma,* (2) *bina işaretleme*, (3) *arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarını açıklayan işaret sistemi.* Bu tezin amaçlarından biri arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerin tespit edilmesi olduğu için bu işaretleme sistemlerinden bölge haritalandırma ve arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarını açıklayan işaret sistemi incelenmiştir; çünkü bu iki işaret sistemlerinde kurtarma çalışmalarına başlanmadan önce ve kurtarma çalışmaları tamamlandıktan sonra kullanılan bilgilerden bahsedilmektedir.

Bölge haritalandırma sistemi ve operasyonlarının sonucunu gösteren işaretleme sistemi arama-kurtarma ekiplerinde görev alan kişilerin birbirlerinin daha kolay anlaması için geliştirilen ortak bir dildir. Bölge haritalandırma sistemi, depremin etkilediği bölge, binalar ve kişiler ile ilgili bilgilerin nasıl elde edileceğini açıklar. Arama-kurtarma çalışmalarında elde edilen bilgilerin belirtildiği sistem ise, ekipler için tehlikeleri, depremzedelerin durumlarını, binayı kontrol eden ekibi ve çalışmanın ne zaman yapıldığını gösteren bir işarettir.

Arama sırasında, kurtarma ekiplerinin elemanları bölgeyi haritalandırmak ve hem kendilerinin hem de diğer kurtarma ekiplerinin çalışmaları için binaları işaretleyerek kağıt üzerinde bir taslak oluştururlar. Bu taslak üzerinde enkaz alanına hakim olunması (bilgi toplanması, keşif, triaj) aşamasında toplanmaya çalışılan bilgiler olan bölgedeki binaların yerleri, bodrum katları, yapıların tipleri, kat planlarının taslakları, olası tehlikeler ve depremzedelerin bina içerisindeki olası yerleri yer alır. Ayrıca; kurtarma personeli diğer kurtarma ekiplerinin personellerine depremzedelerin durumları (sağ, ölü, kayıp) ile ilgili bilgi aktarmalıdırlar. Depremin gerçekleştiği bölgedeki binaların durumunun değerlendirilmesinin amacı; hangi binadan kurtarma çalışmalarına başlanacağına karar verilmesidir. Arama değerlendirme işaretleme sistemi; köpekle arama, fiziksel arama ve elektronik arama yöntemleri kullanılarak yerleri tespit edilen depremzedelerle ilgi bilgi aktarılması amacıyla geliştirilmiştir.

Bölge Haritalandırma Sistemi (Area Mapping System):

Bölge haritalandırma sisteminin prosedürü, bilgi toplanması ve keşif süreçlerinde izlenen adımlardan (ör. binanın çevresinde dolaşmak, olası tehlikeleri tespit etmek, çevre sakinlerinden kat planları ile ilgili bilgi almak gibi) oluşmaktadır (FEMA, 2003; FEMA, 2003).

Depremin gerçekleştiği alanda yapılan bu çalışmalar sonucunda bina ve binadaki kişilerle ilgili toplanan bilgilerden sonra arama-kurtarma çalışmaları daha önce açıklanmış adımları izlenerek uygulanır.

Eğer arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bina ve binadaki kişilerle ilgili bilgiler yerel olarak kaydedilirse bilgiye ulaşma amacıyla uygulanan bu prosedürlerin adımları ortadan kalkacaktır. Sadece ekiplerin kaydedilmiş olan bilgileri değerlendirip bunlara göre bina giriş stratejisi ve kurtarma stratejileri belirlemeleri gerekecektir.

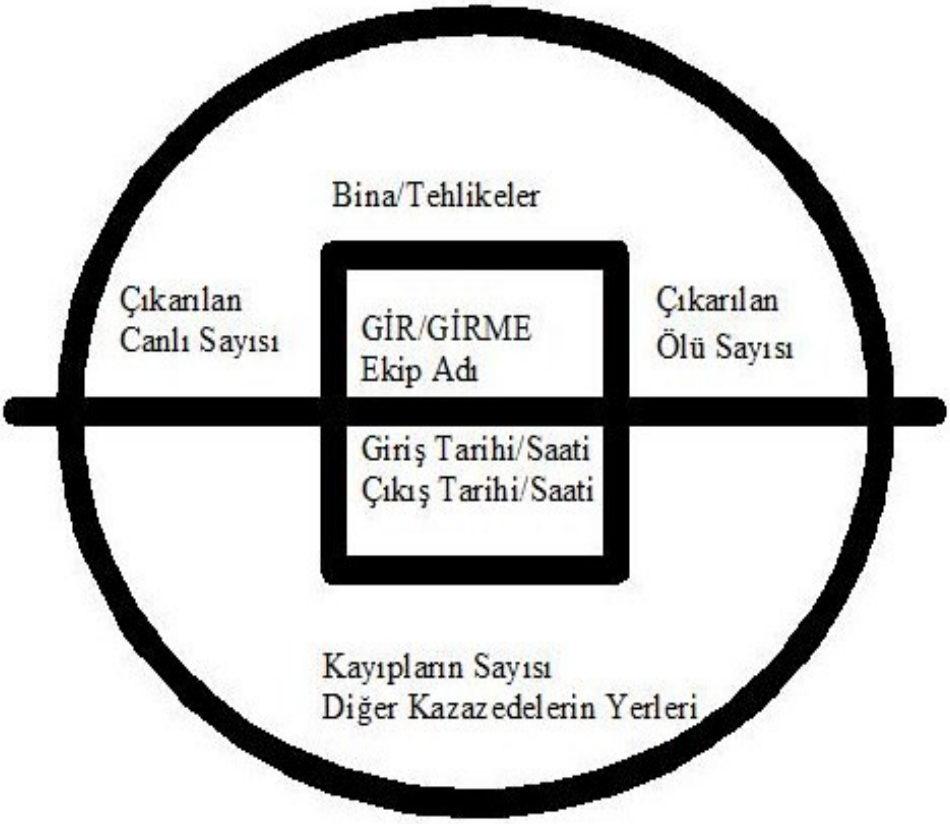
Ekipler arama-kurtarma çalışmaları yaptıkları binalardan ayrılırken, gelecek olan diğer ekiplere bina ve binadaki kişilerle ilgili son durumun aktarılması için binadan elde edilen verilerin belirtildiği bir işaret sisteminden yararlanırlar.

Arama-Kurtarma Çalışmalarının Sonuçlarını Açıklayan İşaret Sistemi (Search Assessment Marking System):

Arama-kurtarma çalışmalarının sonucunu göstermesi amacıyla kullanılan iki tip uluslararası işaretleme sistemi vardır. Bu sistemler, çalışmaların tekrarını önler ve kurtarma ekiplerinin nerede olduklarını ve nereleri kontrol ettiklerinin göstererek kaynak ve zaman kaybını önler (Tarı ve diğ., 2007). Her iki sistem de; aramanın o anki durumunu, binadaki tehlikeleri, canlı/ölü/kayıp sayısı gibi aramada elde edilen sonuçları, son değerlendirmenin zamanını, çalışma yapan ekibin kodunu gösterir (FEMA, 2003, INSARAG, 2006) (Şekil 2.4, Şekil 2.5).



Şekil 2.4 : Arama-kurtarma sonuçlarını gösteren işaret sistemi (FEMA, 2003)



Şekil 2.5 : Arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarının gösteren işaret sistemi (INSARAG, 2006; Tarı ve diğ., 2007)

İşaretleme sistemlerinde belirtilen bilgiler, çevre halkından ve bölgede yapılan incelemelerle toplanmaya çalışılan bilgiler arama-kurtarma çalışmalarının başlaması, etkin ve emniyetli bir şekilde sürdürülebilmesi için hangi verilere gereksinim duyulduğunu göstermiştir.

Halen kullanılmakta olan arama-kurtarma prosedürlerinin incelenmesi sonucunda hazırlanan Çizelge 2.4'te arama-kurtarma çalışmaları için ekiplerin toplamaya çalıştığı bina ve bina sakinleri ile ilgili veriler belirtilmiştir.

Çizelge 2.4 : Arama-kurtarma ekiplerinin toplaması beklenen bina ve kişi bilgileri

BİLGİ TÜRLERİ		**ARAMA-KURTARMA ÇALIŞMASINDAKİ AŞAMA**		
		1. Aşama: Görevlerin Belirlenmesi ve Enkaz Alanına Hakim Olunması		2. Aşama: Enkazın Üzerindeki Tüm Kazazedelerin Mümkün Olduğunca Güvenli ve Hızlı Olarak Kurtarılması
		1.1. Bilgi Toplanması	1.2. Keşif	
Bina Bilgileri	Bina kullanım amacı	X		
	Tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsurları	X	X	
	Tehlikeli maddelerin bulunma olasılığı olan yerler		X	
	Odaların konumları ya da dairelerin kabataslak krokileri	X		
	Kat planları		X	
	Bina mekanik ve elektrik tesisat planları, açma/kapama yerleri ile ilgili bilgi	X		
	Bina taşıyıcı sistemi		X	
	Binanın diğer binalara göre olan konumu (bitişik/ayrık nizam olması)		X	
Kişi Bilgileri	Binadaki ortalama kişi sayısı	X	X	
	Dairelerdeki ortalama kişi sayısı	X	X	
	Depremin gerçekleştiği saatte kişilerin binada/dairelerde bulundukları yerler		X	
	Binadaki kişilerin yaşları	X		X

Çizelge 2.4'ten de anlaşılacağı gibi bazı bilgiler birden fazla aşamada toplanmaya çalışılmaktadır; örneğin binadaki ve dairelerdeki ortalama kişi sayısı gibi. Bunun nedeni bilgi toplanması sürecinde arama-kurtarma ekipleri yerel bilgiyi depremin yarattığı travmanın etkisi altında olan çevre sakinlerinden ve binadan kendi çabalarıyla çıkan kişilerden öğrenmeye çalıştıkları için bu bilgiler güvenilir ve yeterli değildir. Keşif sürecinde ise ekip binanın çevresini adımlayarak bilgi bina ve kişiler ile ilgili bilgi öğrenmeye çalışırken çevreden edindikleri bilgileri de tekrar elde edebilmektedirler; fakat tüm bu bilgilerin elde edilmeye çalışıldığı süreç içerisinde, arama-kurtarma ekipleri çok fazla zaman kaybetmektedirler.

Arama-kurtarma çalışmalarının geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar bir sonraki bölümde açıklanmıştır.

3. LİTERATÜR TARAMASI

Afet sonrasında, yerleşim merkezlerinde meydana gelen karmaşa ile birlikte afet yönetiminde yer alan organizasyonlar arasında meydana gelen iletişim ve koordinasyon eksiklikleri kurtarma operasyonları için önemli bir engel teşkil etmektedir (Meissner, 2002). Bu nedenle, arama-kurtarma ekiplerine yönelik merkezi ve lokal bilgi depolama sistemleri, ağırlıklı olarak bu ekipler arasında iletişimi ve koordinasyonu iyileştirmek ve etkin kaynak dağılımını sağlamak amacı ile geliştirilmiştir.

11 Eylül 2001'de New York'taki Dünya Ticaret Merkezi'ne yapılan terör saldırısı ve doğal afetler sonucunda, kurtarma ekiplerinin koordinasyonunda aksaklıklar olduğu saptanmıştır. Bu aksaklıkların sebebi ise arama-kurtarma çalışmalarındaki ve ilk yardım faaliyetlerindeki telefon çağrı trafiğinin haberleşme sisteminde oluşturduğu problemlerdir. Bu çalışmalarda, afet sonrası kritik altyapı sistemlerinde oluşacak hasarın azaltılması için geleneksel ilk yardım organizasyonunda bazı değişikliklere ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır (NewYork City Fire Department, 2002; McGuigan, 2002; Foltz, 2003; Peña-Mora, 2004). Bu nedenle, kurtarma operasyonlarında binaya girişi sağlamak, ekipler arasında düzenli iletişim kurabilmek ve büyük ölçekli kurtarma operasyonlarında kontrol mekanizması oluşturabilmek için kullanılan teknolojilerin ve prosedürlerin geliştirilmesi önerilmiş ve daha sonra bu yönde çalışmalar yapılmıştır (NIST, 2005). Yapılan bu çalışmalar üç başlık altında açıklanmıştır: (1) Deprem sonrası hasar ve kayıp hesaplamak için yapılan çalışmalar, (2) GIS tabanlı merkezi bilgi sistemleri, (3) IT platformu ile desteklenen entegre sistemler.

3.1 Deprem Sonrası Hasar ve Kayıp Hesaplamak İçin Yapılan Çalışmalar

Merkezi bilgi sistemlerinden biri doğal afetler (ör. deprem, sel, kasırga) sonrası hasar ve kayıpları hesaplamak için FEMA tarafından geliştirilen HAZUS-MH (The Hazards US Multi-Hazard)' dır. Bu programın Türkiye için uyarlanmış ve deprem sonrası hasar analizi yapan versiyonu ise HAZTÜRK'tür (Deprem Hasar Analizi).

HAZUS-MH, güncel mühendislik bilgisi ve GIS teknolojisini sentezleyerek afet öncesinde ya da sonrasında fiziksel, sosyal ve ekonomik hasarı hesaplayan bir risk değerlendirme yazılımıdır (FEMA, 2002; FEMA, 2008). GIS, coğrafi bazlı bilgilerin pek çok katmanlar halinde farklı birimler tarafından sistematik olarak depolanmasını ve güncellenmesini sağlayan bir araçtır (Hussain ve diğ., 2005). Bu sistem, deprem sonrasında arama-kurtarma operasyonları ile doğrudan ilişkili olmamakla birlikte doğal afetler sonrasında arama-kurtarma faaliyetlerini yönlendirip organize edecek bilgileri içermektedir.

Afet yönetiminde kullanılan bilgi sistemleri ile ilgili en son çalışmalardan biri (Pradhan ve diğ., 2007); GIS temelli HAZUS-MH (FEMA, 2002) ve CATS (DTRA, 2002) gibi mevcut afet yönetim sistemlerinin (Disaster Management Systems (DMS)) sınırlarını belirlemeye odaklanmıştır. Bu çalışmada başlangıçta kentsel patlamalarda afet yönetimi için tasarlanmış entegre bir altyapı yönetim bilgi sistemi önerilmektedir. Pradhan ve diğ. (2007) tarafından gerçekleştirilen bu çalışma, afet öncesi ve sonrası risk değerlendirmesini, bu değerlendirmelerin verilerini içeren veri havuzunu, afet yönetimine özel bir yazılım sistemini kapsayan ve afetlere ilişkin hükümet faaliyetleri aşamalarını destekleyen coğrafi bilgi sistemi önermektedir. Bu çalışma GIS' in afetten önce, olası risklerin modellenmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

3.2 GIS Tabanlı Merkezi Bilgi Sistemleri

Önerilen diğer bir merkezi sistem türü ise GIS tabanlı bilgi sistemidir. Merkezi bilgi sistemlerinden HAZUS-MH' nin geliştirilmesindeki amaç afet sonrası hasar ve kayıpları hesaplamak iken GIS tabanlı bilgi sistemlerinin geliştirilmesindeki amaç afet sonrasında iletişimin sağlanmasıdır.

Arama-kurtarma operasyonlarının ilk birkaç gün içindeki performansını artırmak için afet yönetimi alanında yapılan çalışmalar ve uygulamalar genellikle iletişim sistemlerini konu almaktadır. Topping (1995); Basoz ve Kiremidjian, (1998)'nın çalışmaları ulaşım hatları, kaynakların haritalandırılması ya da afet sonrası zarar gören bölgelerin belirlenmesi gibi kurtarma çalışmalarında fayda sağlayacak alanlarda GIS'in kullanımını konu almaktadır (Fiedrich ve diğ., 2000). Örneğin, fay hattı ya da yangına karşı hassas bölgeleri; sokaklar, boru hatları, iskan bölgeleri ve enerji hatları gibi bilgiler ile birlikte GIS tabanlı bilgi sistemi üzerinden görüntüleyen

birimler, kurtarma ve zararı azaltma ile ilgili planlamayı hızlı bir şekilde gerçekleştirebilirler (Qureshi ve diğ., 2006).

GIS yardımıyla belirli noktalarda sabit olarak bulunan birimler arasından ihtiyaç duyulan bölgeye en yakın bulunanı seçilerek ilgili yere yönlendirilir. Operasyon için yola çıkan birimler, henüz bölgeye varmadan GIS'i kullanarak bölgeyle ilgili ayrıntılı bilgiye ulaşırlar. Bu şekilde, afet durumunda birimler arası koordinasyon ve yönetim etkin bir şekilde sağlanabilir (Quershi ve diğ., 2006).

Japonya'da yapılan başka bir çalışmada, (Meguro ve diğ., 2006) afet bölgesinden kurtarma robotları aracılığı ile toplanan verileri GIS'e aktaran özel bir afet bilgi toplama sistemi önerilmektedir (Meguro ve diğ., 2006). Bu sistemde, beş farklı tip kurtarma robotları bulundukları konuma ait görüntüler ile birlikte sistemin durumunu eş zamanlı olarak "text" dosyası şeklinde kaydeder. Bu dosyada, alınan görüntüye ait konum, bu bilgiye özel kimlik numarası, duyarga numarası, bilginin kaydedildiği zaman gibi durumlar kaydedilir.

Bu önerilen sistemde fotoğraf ve "text" dosyası olarak toplanan veriler kurtarma robotunun tipine göre değişmektedir. İnsansız uçak ya da helikopter tipindeki robotlar (Hara ve diğ., 2004) havadan çekilen fotoğrafları önerilen sistem aracılığı ile veritabanına eş zamanlı olarak iletir. Araç tipi robot ise karada hareket ederek bölgeye ait görüntüleri daha yakın mesafelerden kaydeder. Sürünen ya da yılan tipi robotlar ise enkazın etrafında ya da içinde gezinerek kurtarma operasyonunda faydalı olabilecek daha detaylı fotoğraflar çekebilmektedir. Geliştirilen paylaşım sistemi ile farklı yöntemlerle çekilen tüm fotoğraflar standart bir formatla kaydedilerek XML uzantılı dokümana dönüştürülür ve GIS ve başka sistemler tarafından erişilmek üzere veritabanına aktarılır. Bu GIS tabanlı afet bilgi toplama sisteminde farklı tipteki robotlar tarafından çekilen fotoğrafların ve bölgede toplanan bilgilerin standart bir formatta kaydedilmesi verilerin erişiminde büyük avantaj sağlayabilir. Fakat depremden sonra iletişim altyapısının zarar görmesi Internet üzerinden çalışan GIS tabanlı bu sistemdeki bilgilere ulaşılmasını engeller.

Benzer bir projede ise; afet bilgilerinin toplanması ve bilgi akışı için radyo frekanslarıyla algılama yapan etiketler (RFID), coğrafi bilgi sistemleri (GIS), küresel konumlama sistemi (GPS), robotlar ve duyarga düğümleri kullanılmıştır (Asama ve diğ., 2006). Bu projede, altyapı aletleri kullanılarak afetin zarar verdiği bölgeden

bilgi toplanması, toplanan bilgilerin GIS altında birleştirilmesi, kazazedelerin aranması için enkaz üzeri robotları, enkaz içi robotları, hava robotları gibi farklı tipte robotlar geliştirilmiştir. Ayrıca bu proje kapsamında, sözlü kazazede arama sistemi (verbal victim search system) geliştirilmiştir. Bu sistem, dış sistemlerden gönderilen herhangi bir sinyalle ya da depremlerin tetiklediği iç duyargalar ile aktivite olabilir. Sistem, kazazedeleri otomatik olarak sesli mesaj ile çağırmak ve kazazedelerin cevaplarını ses mesajı olarak kaydetmek üzere ayarlanmıştır. Bu sistemlerden yararlanılarak enkazda ulaşılamayan, sesi duyulamayan ve yeri tespit edilemeyen depremzedelerin kurtarılması sağlanabilir.

Projede, tüm bu teknolojilerin yanında RFID teknolojisinden de yararlanılmıştır. RFID etiketleri bir tür işaret tahtası olarak evin girişine yerleştirilir ve içerisine kazazedelerle ilgili mesaj yazılır; örneğin kazazedelerin güvenlik durumu ve tahliye edilmesi. Ayrıca bu etiketler, kazazedelerin aranması ile ilgili sonuçların bellekte saklanmasını sağlar. Böylece bu bilgi, binaya gelen diğer arama ve kurtarma ekipleri tarafından okuyucu ile ulaşılabilir. Bilgiler, afet yönetim merkezinde toplanır, birleştirilir ve kullanılır. Yer bilgisi GPS anteni ile GIS sisteminden elde edilir ya da GPS'den elde edilen yer bilgisi, merkeze kablosuz iletişim ile gönderilir. Ayrıca, kurtarma bilgileri ile iki (2D) ve üç (3D) boyutlu haritalar başlık şeklindeki ekranda (head mount display) görülebilir (Asama ve diğ., 2006). Birçok farklı teknolojinin bir arada kullanılması önerilen bu sistemin uygulanması hem afette kazazedelerin daha hızlı bulunmasını hem de kazazedelerle ilgili bilgilerin arama-kurtarma ekipleri arasındaki bilgi akışını güvenli bir şekilde sağlayabilir. Bahsi geçen projenin önerisi olan RFID sisteminin işaret tahtası olarak kullanılması fikri, bu çalışma kapsamında da uygulanacaktır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki mevcut GIS tabanlı afet yönetim sistemleri bağımsız ve ayrık yapılarından dolayı veri toplanması ve afet örgütlenmeleri arasındaki veri paylaşımında ortak hareket edilmesini engellemektedir (Pradhan ve diğ., 2007). Depremden sonra iletişim altyapısı zarar gördüğü için Internet üzerinden çalışan GIS tabanlı sistemlerde araştırmacıların (Goodchild 2003; Mansourian ve diğerleri, 2005; Zerger ve Smith, 2003) karşılaştıkları en büyük teknik zorluklar veriye erişim, uzamsal (mekansal) sorgulama ve çoğul kullanıcılar arasında bilgi paylaşımıdır. Bahsedilen teknik zorluklar (ör. veriye erişim, bilgi paylaşımı) veriye erişimde ve kullanıcılar arasında bilgi akışının sağlanmasında problemler çıkmasına

ve sonuçta mevcut afet yönetim sistemlerinin afetlere etkin şekilde cevap verme beklentilerini karşılayamamasına neden olmaktadır. Eğer deprem sonrasında mevcut iletişim altyapısı zarar görürse Internet üzerinden çalışan GIS tabanlı arama-kurtarma çalışmalarının yürütülmesi engellenebilir.

3.3 Entegre Sistemler

Arama-kurtarma çalışmalarının geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalardan birinde, arama-kurtarma ekiplerinin işbirliği içerisinde çalışmalarını sağlayacak güçlü bir IT platformu ile desteklenmiş çeşitli modellerin bulunduğu entegre bir sistem önerilmiştir (Peña-Mora, 2004). Çağımızın ileri mühendislik koşulları altında "geleneksel polis, itfaiye ve arama kurtarma" ekiplerinden oluşan organizasyona ek olarak arama kurtarma operasyonlarında inşaat mühendislerinin yer alması gerektiği ileri sürülmüştür (Preito, 2002). Bu sistem, inşaat mühendislerinin arama kurtarma çalışmalarına katılımını desteklemek için sistem bilgilerin güncellenmesine ve CAD, GIS gibi uygulamaların kullanımına olanak sağlamaktadır (Aldunate ve diğ., 2006). Sistemde internet üzerinden çalışan işbirliği araçları ile birlikte bina için tasarlanmış kara kutu sistemleri, Coğrafi Bilgi Sistemi (Geographic Information Systems (GIS)) ve Radyo Frekanslı Tanımlama etiketleri (RFID) (Plans ve Peña-Mora, 2006) bulunmaktadır (Tsai ve diğ., 2006).

Önerilen sistemde, binalarda akıllı bina sistemlerinin var olduğu başka bir deyişle ileri teknoloji kullanılan binaların var olduğu kabul edilmektedir. Akıllı bina sistemleri sayesinde binanın statik durumu ve maruz kaldığı dış etkilerle ilgili parametreler sürekli kaydedilmektedir. Akıllı bina sisteminin bir parçası olan kara kutu sistemi ise binada var olduğu kabul edilen diğer sistemlerle sürekli iletişim halinde kalarak binanın dayanımına ilişkin kritik bilgileri ve afet sonrası binanın durumunu değerlendirmeye ışık tutacak bilgileri depolar. Bu bilgiler, yapı elemanlarına ait gerilme – birim boy uzama verileri, afet durumundaki sıcaklık, nem oranı, hava gibi çevresel koşullar, binada bulunan haberleşme sistemleri, asansörler ve tesisat ile ilgili anlık bilgiler ve binadaki insanların konumuna ait verilerden oluşmaktadır. Tüm bu bilgilere ek olarak, bina kat planları, kullanılan yapı malzemeleri, elektik, su tesisatı ve bina acil çıkış güzergâhları gibi kurtarma operasyonunda faydalı olabilecek bilgiler derlenerek sistemde bulunan dijital veritabanı üzerine kaydedilmesi önerilmektedir.

Bu çalışmada kara kutu sistemi kullanılarak, hareketli ad-hoc ağı üzerinden arama kurtarma ekipleri ve bina sistemi arasında iki yönlü iletişim sağlayan bir altyapı oluşturulması hedeflenmektedir. Kısa alan kablosuz aygıtlarından oluşan hareketli ad-hoc ağı sistemi, mevcut haberleşme altyapısına ya da radyo sistemine ihtiyaç duymadan hem sesli hem de çizgesel (bir noktadan diğer noktaya) bir iletişim ortamına imkan sağladığı gibi iletilen verilerin de depolanmasına olanak sağlar. Kullanılan hareketli ad-hoc ağı, kurtarma operasyonlarında inşaat mühendislerinin diğer ekiplere entegrasyonunu destekleyen ve ekipler arasında işbirliğini sağlayan güvenilir ve şeffaf bir iletişim ortamı sunmaktadır. Önerilen sistem, binada bulunan duyarga ve kontrol sistemleri ile bütünleştirilerek afet durumunda binaya ait bilgilere önceden tanımlanmış protokoller aracılığı ile kablosuz bir şekilde ulaşılmasını sağlamaktadır (Tsai ve diğ., 2006). Bu sistem uygulandığı takdirde çok faydalı olacaktır; fakat sistemde akıllı bina sistemlerinin halihazırda var olduğu kabul edildiği için bunun kısa vadede uygulanması çok zordur. Şu an için, önerilen özelliklere sahip bir teknoloji kullanılan bina bulunmamaktadır. Bu tür binalar hayata geçirilse de yerleşim bölgelerinde yaygınlaşması çok uzun zaman alacaktır.

Bunun yanı sıra, Asama ve diğ. (2006) tarafından gerçekleştirilen projede de önerildiği gibi afet sonrasında ekiplerin arama-kurtarma için girdikleri binanın yapısal stabilitesi ile ilgili bilgilerin belgelenmesi için kullanılan FEMA'nın önermiş olduğu işaretleme sistemine alternatif olarak bu bilgilerin depolanması için RFID teknolojisi kullanılmaktadır. Kurtarma ekipleri tarafından lokal RFID etiketleri üzerine kaydedilen bu bilgiler, hareketli ad-hoc ağı (MASC) üzerinden diğer ekiplere ve karar mekanizmalarına ulaştırılır (Peña-Mora ve diğ., 1996).

Toplanan ve sistemden ulaşılan tüm veriler ışığında, mevcut kaynakların ihtiyaç bölgelerine en uygun şekilde dağıtımı, GIS tabanında geliştirilmiş olan ARMS programı aracılığı ile belirlenir (Chen ve diğ., 2006). ARMS, kaynakların bulundukları yerden afet bölgesine en hızlı şekilde ulaştırılması için en uygun güzergâhı belirleyen bir analiz programıdır (Peña-Mora, 2004).

Bu çalışmada görüldüğü gibi, arama kurtarma çalışmaları için geliştirilen bu sistemde lokal bilginin depolanması için RFID teknolojisi önerilmiştir. Ancak, RFID etiketleri üzerine sadece yapının afet sonrasındaki durumu ile ilgili bazı bilgilerin ekip elemanları tarafından depolanması öngörülmüştür ve RFID etiketlerinin yapı üzerindeki konumunun belirlenmesi üzerine bir çalışma yapılmamıştır. Bu tez

kapsamında ise binanın özellikleri ile ilgili bilgilerin (ör. kat planları, tesisat ve mekanik planları) depremden önce RFID etiketlerine kaydedilmesi önerilmiştir. Ayrıca kara kutu sisteminde sadece bina ile bilgilerin kaydedilmesi önerilirken, bu tez kapsamında binadaki kişilerle ilgili bilgilerinin de (ör. kişilerin sayısı, sağlık bilgileri) depremden önce RFID etiketlerine kaydedilmesi önerilmektedir.

Yukarıda da belirtildiği gibi afet bilgilerinin paylaşımı için birçok merkezi sistem geliştirilmiştir. Bu sistemler coğrafi bilgi sistemleri (GIS), küresel konumlama sistemleri (GPS), duyargalar ve robotlar gibi çeşitli teknolojileri içermektedir.

Arama kurtarma operasyonları için geliştirilen merkezi sistemlerde, temel olarak afetle ilgili yerel bilgilerin uzakta bulunan bir veritabanına aktarılması ve mevcut iletişim ağı ya da geliştirilen kablosuz erişim sistemleri üzerinden farklı birimler ya da yöneticiler tarafından erişilmesi amaçlanmaktadır. Konusu kurtarma faaliyetlerinin iyileştirilmesi olan çalışmaların çoğu mevcut iletişim altyapısı kullanılarak şebeke sistemleri üzerinden diğer yanıt birimleri ve karar vericiler arasında yerel bilgilerin dağıtılması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu şekilde afet yönetim sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ancak bir deprem gerçekleştikten sonra iletişim altyapının zarar görmüş veya tamamen çökmüş olması, GIS ve Internet temelli diğer sistemlerin kullanılmasını engelleyeceği için internet üzerinden çalışan GIS'i kullanarak bilgiye erişilmesi mümkün değildir.

Bu tez çalışması kapsamında, kablosuz duyarga ağları ve radyo frekansı ile tanımlama yapan etiketler kullanılarak bir lokal sistem geliştirilmesi tercih edilmiştir. Önerilen bu sistemde bölge, bina ve bina sakinleri ile ilgili arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgiler depolanacaktır. Böylece güvenilir ve yeterli bilgiler çok kısa süreler içerisinde elde edilecek ve zaman kaybı engellenerek daha fazla kazazedenin kurtarılması sağlanacaktır.

4. ARAMA ve KURTARMA OPERASYONLARINDA GEREKLİ OLAN YEREL BİLGİLER

Araştırmanın sorularından olan "depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülebilmesi için ne tür bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır?" sorusuna cevap aramak amacıyla, var olan yöntemlerin (prosedürlerin) incelenmesinin ardından elde edilen bulgular ışığında uzmanlarla görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Prosedürlerin incelenmesi kapsamında arama-kurtarma operasyonlarının aşamaları, kullanılan yöntemler ve ihtiyaç duyulan bilgi türleri belirlenmiştir. Daha sonra, yapılmış önceki çalışmalar incelerek bu çalışmalarda önerilen bilgi türleri belirlenmiştir. Bu aşamada elde edilen veriler doğrultusunda uzmanlarla yapılacak görüşmelerde kullanılmak üzere görüşme soruları hazırlanmıştır.

Görüşmelerde elde edilen bilgilerin geçerliğini (Yin, 2003) sağlamak amacıyla birçok açıdan yaklaşma (triangulation) yöntemi kullanılarak bilgiler birden fazla kuruluşta çalışan birden fazla kişiden iki aşamada toplanmıştır. Böylelikle bilgiler sadece bir kişiden veya bir kuruluştan toplanmamış ve sübjektifliği en aza indirgenmiştir. Konu ile ilgili ülkemizde önde gelen üç farklı kuruluşta çalışan toplam on üç kişi ile görüşülmüştür (Çizelge 4.1). Bu kişilerden altısı İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki Afet Yönetim Merkezi, İnşaat Fakültesi ve Mimarlık Fakültesi'nden konu ile ilgili bilim insanları, üçü Arama-Kurtarma Derneği'ne (AKUT) bağlı uzman kişiler ve dördü Sivil Savunma'da görevli uzmanlardan oluşmaktadır. Görüşmelerin ilk aşamasında üç kişi ile hazırlık görüşmeleri yapılmış, bu görüşmelerden elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak görüşme sorularına gerekli eklemeler ve düzenlemeler yapıldıktan sonra diğer 11 kişi ile görüşmelere yapılmıştır. Görüşmelerde 16 soru sorulmuştur ve sorular açık uçlu olarak hazırlanmıştır. Görüşmelerin her biri yaklaşık bir buçuk saat sürmüştür. Görüşmelerde sorulan sorular Ek 1'de verilmiştir. Yöneltilen 16 soruya uzmanlar benzer cevaplar vermişlerdir. Elde edilen bilgi türlerinin birleşim kümesi alınmış ve bilgi türlerinin her birini uzmanların kaç tanesinin yerel bilgi olarak kaydedilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Görüşmelerde belirtilen tüm bilgi türleri ile prosedürlerin incelenmesi sonucunda elde edilen bilgi türleri bir araya getirilerek depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bina, kişi ve bölge bilgilerinin yer aldığı tablolar (Çizelge 4.2-4.8) hazırlanmıştır. Tabloların geçerliliğini sağlamak amacıyla tablolar görüşülen uzmanlara e-mail olarak gönderilmiştir ve görüşleri alınmıştır. Ayrıca görüşülen uzmanların uzmanlık alanı dışında olduğu için yine uzmanların belirttikleri bilgi türlerinden olan kişilerin arama-kurtarma çalışmalarında başvurulacak sağlık bilgileri konusunda daha detaylı bilgi almak amacıyla Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde görevli bir uzmanın da görüşleri alınmıştır. Uzmanların yaptığı öneriler doğrultusunda tablolarda gerekli değişiklikler yapılarak tablolar son hallerine getirilmiştir.

Çizelge 4.1 : Görüşülen uzmanlar

ORGANİZASYON		**GÖREV VE UNVAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi	**İnşaat Fakültesi/Afet Yönetim Merkezi**	• 4 öğretim üyesi/Üye - Eğitmen
	İnşaat Fakültesi	• 1 Doktor/Araştırma Görevlisi
	Mimarlık Fakültesi	• 1 Doktora Öğrencisi/İlkyardım Uzmanı – Eğitmen
Sivil Savunma Genel Müdürlüğü		• İTÜ Sivil Savunma Uzmanı • İl Sivil Savunma Müdür Yardımcısı • Beşiktaş İlçe Sivil Savunma Müdürü • Sivil Savunma Arama Kurtarma Birlik Müdürü
Arama Kurtarma Derneği (AKUT)		• Yönetim Kurulu Başkanı - Dernek Kurucusu - Eğitmen • Eğitim Birimi Başkanı - Dernek Kurucusu -Eğitmen • Dağ Arama Kurtarma Ekip Lideri – Uzman – Eğitmen
Maltepe Üniversitesi	**Tıp Fakültesi**	• 1 Doktor Öğretim Görevlisi

Takip eden bölümlerde, görüşmeler sonucunda elde edilen arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgiler ve bu bilgilerin gereklilik nedenleri literatür çalışmasında belirlenen bilgi türleri ile birleştirilip detaylı olarak açıklanmıştır.

Arama ve kurtarma operasyonlarında ihtiyaç duyulan bilgiler belirlenirken, (1) hem halen ekipler tarafından arama kurtarma faaliyetleri sırasında toplanmakta olan bilgiler, (2) hem de teknik ve fiziksel imkansızlıklar sebebiyle toplanamayan ancak toplanmasında fayda olan bilgiler göz önüne alınmıştır. Deprem sonrası müdahale evresinde arama kurtarma ekiplerinin faaliyetleri için gerekli olan bilgi türleri (1) semt/mahalle bilgileri, (2) bina bilgileri ve (3) kişi bilgileri olmak üzere üç alt başlık altında toplanmıştır. Bu bilgilerin üç farklı noktada saklanması önerilmektedir: (1) Merkezi idari binalar (ör. AKOM, bir başka deyişle Afet Koordinasyon Merkezi), (2) yerel yönetime ait binalar (ör. muhtarlık), (3) konutlar. Birçok bina türü olmasına rağmen bu çalışma kapsamında konutlar tercih edilmiştir; çünkü diğer bina türlerinde (ör. okulda, işyerinde, hastanede) bulunan nüfus belirli saatlerde çok yoğun olmasına rağmen buralardaki nüfus sürekli değişkenlik (ör. işten ayrılma, mezun olma, taburcu olma) göstermektedir. Bu değişkenliğin genel yerlerde bulunan kişilerle ilgili kayıt tutulması işlemini, konutlardaki kişilerle ilgili kayıt tutulmasına işlemine göre daha karmaşık hale getirebileceği düşünülmüştür. Bu çalışmanın geliştirilip hayata geçirilmesi durumunda uygulama alanı genişletilebilir.

Afet Koordinasyon Merkezi'ndeki (AKOM), Kriz Merkezleri'ndeki, belediyelerdeki ve muhtarlıklardaki bilgisayarlarda semt/mahalle bilgilerinin, bina bilgilerinin ve kişi bilgilerinin tümünün bulundurulması önerilmektedir; çünkü depremde oluşabilecek herhangi bir olumsuzluğa (ör. ünitelerden birçoğunun zarar görmesi) karşı bilgilerin yedeklenmesi gerekmektedir. Bilgilerin merkezi idari binalarda (ör. AKOM) saklanmasının diğer bir nedeni ise arama-kurtarma ekiplerinin çalışmalarına yön vermek için öncelikle merkezi idari binalara gitmeleri ve buralardan edindikleri ilçe ile ilgili genel bilgiler (ör. depremden zarar gören bölgeler, yapı ve nüfus yoğunluğu yüksek olan bölgeler) doğrultusunda depremden zarar gören semtlere, mahallelere dağılmalarıdır.

Bu tez çalışmasında her bir semte/mahalleye ait yerel bilginin (ör. sokaktaki su ve doğalgaz vanalarını, elektrik ana şalterinin ve deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan) mahallenin bağlı olduğu yerel yönetime ait binalardaki (ör. muhtarlık) ünitelerde bulunmasına karar verilmiştir. Böylece arama-kurtarma ekipleri semt/mahalle ile ilgili yerel bilgilere (ör. bina kullanım amacı, binadaki toplam kişi sayısı) muhtarlıklardaki veri depolama ünitelerinden ulaşıp bulundukları mahallede hangi binadan çalışmaya başlayacaklarına karar verebilirler. Ayrıca kurtarılan

depremzedelerin bölgeden uzaklaştırılmaları, hastanelere götürülmeleri için yine muhtarlıklardaki bilgilerden (ör. ulaşım planları) yararlanabilirler. Bu proje konutları kapsadığı için veri depolama üniteleri konutlara yerleştirilecektir. Konutlardaki veri depolama ünitelerinde sadece bina ve kişi bilgileri yer alacaktır. Konutlardaki veri depolama ünitelerinde depolanacak olan bina bilgileri, arama-kurtarma ekiplerinin çalışma yapacakları binaları tanımalarına, binaya girip girmemeye karar vermelerine ve binaya giriş stratejisi belirlemelerine yardımcı olacak bilgileri içerir. Bina bilgileri başlığı altında her bir binada çoğunlukla neler bulunduğu (ör. tehlikeli madde türleri, yerleri) ve bina özellikleri (ör. binanın 3 boyutlu modeli, fotoğrafı, kat planları) ile ilgili bilgiler yer alacaktır. Konutlardaki veri depolama ünitelerinde yer alan olan kişi bilgileri ise, arama-kurtarma ekiplerine bina sakinleri ile ilgili bilgi verecek ve kurtarma çalışmalarına yardımcı olabilecek bilgi türlerini içerir; örneğin binadaki kişilerin isimleri, yaşları ve sağlık bilgileri. İlerleyen paragraflarda merkezi idari binalardaki ve yerel yönetime ait binalardaki bilgisayarlarda yedeklenme amacıyla bulunan bu bilgilerin bilgisayarlar dışında nerelerde (ör. muhtarlıklardaki ya da konutlardaki veri depolama ünitelerinde) bulunması gerektiği her bir bilgi türü açıklanırken belirtilmiştir.

Görüşmeler sırasında çeşitli uzmanlık alanlarından gelen kişilerin arama-kurtarma çalışmalarında yaşadıkları farklı deneyimlerden dolayı arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgi türleri ile ilgili farklı bakış açılarına sahip oldukları görülmüştür. Örneğin; AKUT uzmanları arama ve kurtarma aşamasında gerekli olup olmadığına bakılmaksızın semt, bina ve bina sakinleri ile ilgili her türlü bilginin veri depolama ünitelerine kaydedilmesi gerektiğini belirtirlerken, Sivil Savunma' da görevli olan uzmanlar sadece müdahale aşamasında yardımcı olacak bilgilerin kaydedilmesi yönünde görüş belirtmişlerdir. İTÜ'de görevli akademisyenler ise; hem deprem öncesi analiz hesaplarında kullanılacak hem de deprem sonrası müdahale aşamasında gerekli olan bilgilerin gerekliliğini ifade etmişlerdir. Uzmanların farklı görüşleri depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında ilk aşamada gerekli olabilecek bilgi türleri araştırıldıktan literatür çalışmasında da edinilen bilgilerden yararlanılarak değerlendirilmiştir. Yerel bilgi türlerini belirlerken amaç, arama-kurtarma ekiplerine mahalleler, binalar ve kişilerle ilgili arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olabilecek ve çalışmaları hızlandıracak her türlü bilgiyi sağlamak olarak belirlendiği için arama-kurtarma amacı dışında olan

bilgiler çalışmaya dahil edilmemiştir. Bu amaç doğrultusunda farklı kaynaklardan toplanan bilgiler derlenip arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan tüm bilgilerin birleşim kümesi alınmıştır.

Takip eden bölümlerde, merkezi idari binalardaki ve yerel yönetime ait binalardaki bilgisayarlar ile konutlardaki ve muhtarlıklardaki veri depolama ünitelerinde saklanacak olan yerel bilgiler, saklanacakları ekipman ve ekipmanların bulunacakları yerler dikkate alınarak (1) veri depolama ünitelerinde saklanacak yerel bilgiler, (2) bilgisayarlarda saklanacak yerel bilgiler olmak üzere iki ana başlık altında açıklanmıştır. Bu çalışma kapsamında amaç veri depolama teknolojileri ile arama-kurtarma çalışmalarının etkinliğini arttırmak ve çalışmalara hız kazandırmak olduğu için bilgi gruplandırmasında öncelik veri depolama ünitelerinde kaydedilecek yerel bilgilere verilmiştir.

4.1 Veri Depolama Ünitelerinde Saklanacak Yerel Bilgiler

Yerel yönetime ait binalara ve konutlara yerleştirilmesi planlanan veri depolama ünitelerinde saklanacak bilgiler genel olarak iki başlık altında toplanabilir:

- Depremden önce kaydedilecek arşiv bilgileri
    - Bina ünitesinde saklanacak arşiv bilgileri
    - Muhtarlık ünitesinde saklanacak arşiv bilgileri
- Depremden sonra kaydedilecek bilgiler
    - Arama/kurtarma sonuç/değerlendirme bilgileri

Ünitelere kaydedilecek bilgiler belirlenirken bilgilerin kullanılacakları arama-kurtarma aşamaları dikkate alınarak alt sınıflandırmalar yapılmış bilgi türleri açıklanmıştır. Açıklamalarda aksi belirtilmedikçe bilgi türleri metin olarak kaydedilecektir.

4.1.1 Depremden önce kaydedilecek arşiv bilgileri

Bina ve muhtarlık ünitelerinde saklanacak arşiv bilgileri depremden önce görevli kişiler tarafından ünitelere girilecektir. Böylece depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olabilecek yerel bilgiler hazır olacaktır ve çalışmaların etkin bir şekilde yürütülebilmesi sağlanacaktır. Takip eden bölümlerde bina ve muhtarlık

ünitelerinde bulunması gereken yerel bilgilerin neler olduğu ve bu bilgilerin gereklilikleri detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

4.1.1.1 Bina ünitesinde kaydedilecek arşiv bilgileri

Bina ünitesinde kaydedilecek arşiv bilgileri bina ve binadaki kişilere ait bilgileri kapsamaktadır. Bina bilgilerinin kaydedilmesinin amacı, arama-kurtarma ekiplerinin depremden sonraki kurtarma çalışmalarında gerekli olan bina özellikleri ve içerikleri ile ilgili güvenilir bilgilere ulaşmalarıdır. Ayrıca bina bilgileri ekiplerin binaya girip girmeyeceklerine karar vermelerine, hangi binadan kurtarma çalışmalarına başlayacaklarına ve binaya giriş stratejilerini belirlemelerine yardımcı olacağı planlanmaktadır. Her bir binaya ait olan bilgilerin tümü, o bina üzerindeki veri depolama ünitelerinde saklanacaktır. Binalara yerleştirilecek veri depolama ünitelerinde yer alacak olan bina bilgileri aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

- Bina genel bilgileri
- Bina görsel bilgileri
- Binada bulunan tehlikeli maddeler
- Binada bulunan kişilere ilişkin bilgiler

Bina genel bilgileri binanın adı, kullanım amacı, coğrafi koordinatları, kat sayısı, yapım yılı, taşıyıcı sistemi ve belirli saatlerde binada bulunan kişi sayıları bilgilerinden oluşur. Bunlara ek olarak binanın resimlerini içeren görsel bilgiler kaydedilir. Kat/tesisat planları zemin, orta ve çatı katları için ayrı ayrı bina görsel bilgilerine ek olarak tutulur. Binada bulunan tehlikeli maddeler, bina kat/tesisat planları ile birlikte görsel olarak kaydedilir. Bunlara ek olarak depolama ünitesinde binada yaşayan kişilere ilişkin kişisel bilgiler, TC kimlik numarası, isim/soyisim, fotoğraf, daire numarası ve sağlık bilgileri şeklinde tutulmaktadır. Ayrıca ileriki paragraflarda nedenleri ifade edildiği gibi, bina bilgilerinin bir kısmının muhtarlıklardaki merkezi ünitelerde de saklanması faydalı olacaktır.

Bina genel bilgileri

Arama-kurtarma ekiplerine bina ile ilgili genel bilgi verecek olan bina bilgileri şu şekilde sıralanmıştır:

- *Bina kimlik bilgisi:* Apartmanın ismini ve numarasını temsil eder. Binalar isimleri ile çevre halkı tarafından bilindiği için bu bilginin veri depolama

ünitesinde bulunması gerekli görülmüştür. Bu bilginin gerekli olduğunu görüşülen uzmanların tümü belirtmişlerdir.

- *Binanın koordinatları:* Depremden sonra adreslerle yön bulmak mümkün olmadığı için koordinatlarla hareket edilmektedir. Binanın koordinat bilgileri, arama-kurtarma çalışmalarında iki amaç için kullanılabilir. (1) Koordinat bilgileri, bitişik nizamlı binalar ya da birbirlerine çok yakın mesafede inşa edilmiş binalar varsa bu binalara ait bilgilerin okunması sırasında hangi binadan okuma yapıldığı konusunda oluşabilecek karışıklığı engelleyebilir. Çünkü bitişik nizam yapılarda üniteler birbirlerine çok yakın olacağı için ünitelerden gelen radyo sinyalleri karışabilir ve okunan bilgi başka bir binaya ait olabilir. Binanın koordinat bilgileri ile kişinin bulunduğu noktanın koordinat bilgileri GPS aracından okunup karşılaştırılarak bu sorun engellenebilir. (2) Buna ek olarak binalardaki ölü/yaralı/sağ/kayıp bilgileri de bina koordinatları altında kaydedilebilir. Binaların çökmeleri durumunda koordinatlarında oluşabilecek değişikliklere karşı binaların ağırlık merkezlerinin koordinat bilgileri saklanmalıdır. Veri depolama ünitelerine binaya ait koordinatlar girilmeli, bunun yanı sıra hangi koordinat sisteminin kullanıldığı ve datum bilgisi verilmelidir. Datum, konum bilgisi hesaplanırken dünya yüzeyinin hangi model baz alınarak konum hesaplamalarının yapıldığını anlatan bir terimdir (Türk Coğrafya, 2008). Bu bilgilerin arama kurtarma faaliyetlerinde gerekli olduğunu, akademisyenlerden üç, AKUT'tan üç ve Sivil Savunma'dan iki kişi belirtmiştir.

- *Bina kullanım amacı:* Bina kullanım amacı bilgisi, binaların hangi amaca hizmet ettiğini ifade eden bir veridir; örneğin konut, işyeri, eczane, okul, anaokulu, bakımevi gibi (Çizelge A.1). Çizelge A.1'de yer alan bina kullanım amaçlarının sınıflandırılması, İstanbul için hazırlanan Deprem Master Planı'ndan, FEMA'nın ve INSARAG'ın dokümanlarından yararlanılarak hazırlanmıştır. Belirtilen bilgi türlerine verilen örnekler ise literatür taraması sonucunda elde edilmiştir. Bina kullanım amacı bilgisi arama-kurtarma çalışmalarında iki amaç için kullanılabilir. (1) Bina kullanım amacı bilgisi binadaki kişi yoğunluğu hakkında fikir verdiği için, bu veri ile depremin gerçekleştiği saat göz önünde bulundurularak o mahalledeki hangi

binadan/binalardan çalışmaya başlanılması gerektiği belirlenir. Arama-kurtarma ekipleri mahalle muhtarlıklarına gelip merkezi ünitelerden binaların kullanım amacına bakarlar. Daha sonra binanın kullanım amacına ve depremin saatine göre hangi bölgeden daha çok insanın kurtarılma olasılığı varsa arama-kurtarma ekipleri o bölgeden çalışmaya başlarlar. Örneğin, deprem gündüz saat $10.^{00}$'da gerçekleştiyse kurtarma ekipleri Afet Koordinasyon Merkezi'nden gelen bölgelerin hasar bilgileri doğrultusunda öncelikle konutların, okulların, işyerlerinin yoğunlukta olduğu bölgede çalışmaya başlarlar; çünkü belirtilen saatte belirtilen kullanım amacına sahip binalarda insan yoğunluğu fazladır. (2) Ayrıca, bina kullanım amacı (ör. hastane, atölye) binada tehlikeli madde içeriği ve muhtemel tehlikeler hakkında da fikir vermektedir. Bu bilgilere göre çalışmalar için gerekli olan güvenlik önlemleri alınacaktır. Arama kurtarma operasyonlarında görevli olan kişiler, ancak kendi can güvenliklerini sağladıktan sonra binaya girdikleri için öncelikle olası tehlikeli maddelere ve tehlikelere karşı güvenlik önlemleri alınması gerekmektedir. Örneğin, bir görüntüleme merkezinde (ör. MR (manyetik rezonans) ve röntgen çekilen yerler) arama-kurtarma operasyonlarını yürüten elemanlar, ortamdaki radyasyon tehlikesini göz önünde bulundurarak ve gerekli önlemi alarak çalışmalar yaparlar. Şu anki durumda, arama-kurtarma ekipleri bina kullanım amacı ile ilgili bilgiyi deprem sonrasında bina yakınlarında bulunan mahalle sakinlerinden toplamaktadırlar; fakat bilgi toplanması zaman kaybına neden olduğu için bu bilginin gerekliliğini görüşülen uzmanların tümü belirtmişlerdir.

- *Binanın taşıyıcı sistemi:* Taşıyıcı sistem, binanın betonarme, çelik, ahşap, kâgir, kerpiç vb. olduğunu ifade eder. Binanın taşıyıcı sistemi bilgisi, arama-kurtarma çalışmalarında üç amaç için kullanılabilir. (1) Bu bilgi yardımıyla bölgeye gitmeden hangi binaların depremden daha fazla hasar görebileceği tahmin edilebilir. Böylece arama-kurtarma ekipleri zaman kaybetmeden nereden çalışmaya başlayacaklarına karar verip o bölgeye doğru yola çıkabilirler. (2) Bu bilgi arama kurtarma çalışmalarında binaya doğru müdahalelerin yapılmasına da yardımcı olur. Örneğin, arama-kurtarma için binaya girmeden önce hasarlı binaların çökmesinin engellenmesi açısından nasıl ve hangi ekipmanlarla destekleneceğinin belirlenmesinde yardımcı

olabilir. (3) Ayrıca bu bilgi hasarlı binaya giriş stratejisinin belirlenmesinde de yardımcı olabilir. Bu bilginin gerekliliğini İTÜ'den dört, Sivil Savunma'dan iki, AKUT'tan bir kişi belirtmiştir. Ekipler arama-kurtarma faaliyetleri sırasında binaların görünüşüne bakarak bu bilgiyi tahmin etmektedirler.

- *Bina yapım yılı:* Binanın hangi tarihte inşaatının tamamlandığını gösterir. Bina yapım yılı bilgisi, arama-kurtarma çalışmalarında iki amaca hizmet edebilir. (1) Bu bilgi arama-kurtarma çalışmaları için önemlidir; çünkü bu bilgi depremden sonra binanın durumu hakkında fikir verebilir. İTÜ'deki akademisyenler 1999'dan sonra inşa edilen binaların yeni deprem yönetmeliğine uygun yapıldıkları için daha sağlam olduklarını ve bu tarihten önce inşa edilmiş olan binaların depremden zarar görme olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirttiler. Ayrıca binanın yaşı arttıkça, binadaki yıpranma da artacağı için olası bir depremde eski binaların daha fazla hasar görmesi mümkündür. (2) Bu bilgiden yararlanılarak hasar gören binaya güvenli giriş yapmak için binanın kurtarma çalışmaları süresince ayakta durmasını sağlayacak gerekli stabilite önlemleri alınabilir ve kullanılacak olan ekipmanlar belirlenebilir. Bu bilginin gerekli olduğunu İTÜ'den üç, Sivil Savunma'dan iki, AKUT'tan üç kişi belirtmiştir. Ayrıca depremde binaların hasar görme olasılıkları ve hasar oranları binaların yapım yılları ile bağlantılı olduğu deprem master planında da belirtilmiştir. Bu bilgi Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) kayıtlarında risk analizi yapmak amacıyla bulunmaktadır; fakat ekipler bu bilgiyi geleneksel arama-kurtarma yöntemleri ile depremden hemen sonra elde edememektedirler.

- *Kat sayısı:* Binanın zemin seviyesinin üzerindeki toplam kat sayısını gösterir (İstanbul için Deprem Master Planı, 2003). Bina kat sayısı, arama-kurtarma çalışmalarında iki amaç için kullanılabilir. (1) Binanın kat sayısının bodrum, normal katlar ve çatı olarak belirtilmesi arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olacaktır. Örneğin bodrum kat sayısı fazla olan bir bina zemine daha iyi yerleştiği için aynı özelliklere sahip ve bodrum katı olmayan bir binaya göre daha sağlam olabilir. (2) Ayrıca bu bilginin binalardaki veri depolama ünitelerinde kaydedilmesi durumunda bodrum ya da ara katları çöken binalardaki çökme anlaşılarak bu çökmenin fark edilememe olasılığı ortadan

kaldırılabilir. Kat sayısı bilgisinin gerekliliğini İTÜ'den üç, AKUT'tan iki, Sivil Savunma'dan iki uzman belirtmiştir. Bu bilgi DİE bina sayım bilgilerinde yer almaktadır (İstanbul için Deprem Master Planı, 2003). Arama-kurtarma ekipleri ise bu bilgiye çevre ve bina sakinlerinden ulaşmaktadırlar.

Bina görsel bilgileri

Arama-kurtarma ekiplerinin binayı tanımaları ve binaya giriş stratejilerini belirlemeleri için sağlanacak olan görsel bilgiler aşağıda açıklanmıştır:

- *Binanın fotoğrafı:* Binanın dört farklı cepheden çekilmiş fotoğraflarıdır (Şekil 4.1). Bu bilgi arama-kurtarma çalışmalarında üç amaca hizmet edebilir. (1) Bina fotoğrafından yararlanılarak çok kısa bir süre içerisinde bina hakkında genel bir bilgi edinilebilir. Örneğin; binanın çökmesi durumunda binanın kat sayısı, bitişik/ayrık nizam olduğu anlaşılamayacağı için bina bilgilerinde yer alacak olan kat sayısı, binanın bitişik nizam/ayrık nizam olduğu binanın fotoğrafı ile kolayca anlaşılır. Bu bilgiler ile hem binaya/enkaza en güvenli şekilde nereden girileceği hem de arama-kurtarma çalışmalarında depremzedelerin ve ekiplerin güvenliği açısından binanın bitişik/ayrık nizam olması ve binadaki kat sayısı göz önünde bulundurulup bu bilgi taşıyıcı sistem bilgisi ile birleştirilerek binanın stabilitesinin sağlanması için gerekli olan ekipmanlar belirlenir. Fotoğraf yerine veya fotoğrafa ek olarak varsa binaların üç boyutlu modelleri de kullanılabilir. Bilgi saklama ünitesinin hafızası yeterli ise binanın dört cepheden çekilmiş fotoğrafları; yeterli değilse ön cepheden çekilmiş bir fotoğrafı yer almalıdır. (2) Ayrıca, bina depremde tanınmayacak halde hasar gördüyse binanın fotoğrafı, daha sonra tespit edilmesine de yardımcı olabilir. (3) Her bir binaya ait olan bilgiler o bina üzerindeki ünitelerde bulunacaktır. Fakat bitişik nizamda olan binalarda bulunan ünitelerdeki bilgiler okunduğu sırada üniteler birbirlerine çok yakın olacağı için hangi binaya ait bilginin okunduğu anlaşılmayabilir. Bu durumda binanın fotoğrafı ile önünde durulan bina karşılaştırılarak, okunan bilgilerin hangi binaya ait olduğu anlaşılabilir. Bu bilginin arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olduğunu görüşülen tüm uzmanlar belirtmişlerdir. Binaların fotoğrafları her bir bina üzerine yerleştirilecek olan ünitelerde bulunacaktır.

- *Kat planları*: Kat planlarında, her bir katta bulunan daire/dairelerin konumları, her dairedeki odaların konumları, dairelerdeki ocak, lavabo, küvet, klozet vb. yerleri ve binadaki kalorifer dairesinin, kazan dairesinin, yangın merdiveninin, elektrik pano odasının, asansörün, merdivenin, güvenlik holünün, giriş holünün yerleri (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3) ile yapı elemanlarının (ör. perde duvar, kolon, kiriş) yerleri gösterilir. Kat planları arama kurtarma çalışmalarında iki amaç için kullanılabilir. (1) Arama ve kurtarma ekiplerinin binaya/enkaza en güvenli şekilde nereden gireceklerini belirlemeleri için her bir kata ait kat planlarını incelemeleri gerekir. Çünkü ağır hasarlı binalara ve enkaza, depremin meydana geliş saatine göre kişilerin bulunabilecekleri yerlerden giriş yapılır. Böylece arama-kurtarma ekipleri, depremzedelere daha kısa süre içerisinde ulaşabilirler. Eğer kat planları her katta aynı ise, tipik bir plan konulması yeterlidir. Ancak planı farklı bir kat varsa bu katın planı da hafızada saklanmalıdır. Kat planları doğrultusunda binaya/enkaza giriş stratejisi belirlenir. (2) Ayrıca çöken/kısmen çökmüş binalara güvenli bir şekilde giriş yapılabilmesi için kat planlarında şofbenin, yakıt deposunun, ocağın, sobanın yerleri de gösterilmelidir; çünkü bunların yerlerinin bilinmemesi enkaza giriş yapılırken döşemelerin/duvarların delinmesi durumunda bir patlamaya/yangına neden olabilir. Şu anki durumda ekipler, kat planları ile ilgili bilgileri binadan sağ çıkanlardan ya da çevredeki insanlardan almaktadırlar; fakat bu bilgiler güvenilir ve ayrıntılı değildir. Ayrıca keşif esnasında ekipten bir kişi binanın çevresini adımlayarak binanın boyutlarını yaklaşık olarak belirlemeye ve binanın özellikleri ile ilgili bilgi toplamaya çalışmaktadır. Çevreden toplanan bilgilerle o esnada sadece kabataslak bir kroki oluşturulmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, arama kurtarma ekip üyeleri hem zaman kaybetmekte hem de güvenilir bilgiye ulaşamamaktadırlar. Kat planlarının arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olacağı görüşülen tüm uzmanlar tarafından belirtilmiştir.
- *Binanın tesisat sistemi planı*: Binanın tesisat sisteminin gösterildiği plandır. Elektrik sistemi, ısıtma sistemi, soğutma sistemi, havalandırma sistemi, temiz su kullanım sistemi, atık su sistemi, sıcak su sistemi ve yangın söndürme sistemi binanın tesisat sisteminin bileşenleridir. Binanın tesisat sistemi planı arama-kurtarma çalışmalarında üç amaca hizmet edebilir. (1) Ekipler, tesisat

planlarından ve açma/kapama şemasından yararlanarak doğalgazı, suyu ve elektriği binaya giriş noktasından keserek olası su baskını, yangın, patlama gibi tehlikeleri engelleyebilirler. (2) Yine bu bilgiden yararlanılarak ısınma amacıyla kullanılan yakıtın cinsine göre tehlikelere karşı önlemler alınır. (3) Ayrıca, enkaza girilmesi durumunda duvarın delineceği en güvenli yerin tespit edilmesi için yakıt deposunun yerinin bilinmesi çok önemlidir. Tüm bu bilgiler oluşabilecek tehlikeler konusunda arama kurtarma ekiplerin tedbirli olmasını sağlar. Literatür taraması sonucunda bina ile ilgili bilinmesi gereken tesisat bilgileri şu şekilde belirlenmiştir: tesisat planları, açma/kapama yerleri (FEMA, 2003; FEMA, 2003; INSARAG, 2006). Uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda bina ile ilgili bilinmesi gereken tesisat bilgileri ise şunlardır: doğalgaz, su, elektrik tesisat planları; açma/kapama yerlerini gösteren basit bir şema, ısınma amacıyla hangi yakıtın kullanıldığı; yakıt deposunun yeri; binanın ısıtma sistemi (kombi/merkezi). Şu anki durumda ekipler, binanın ısınma sistemi (merkezi/kombi sistem) ile ilgili bilgiye bina sakinlerinden ulaşabilmektedirler. Ekipler bu bilginin dışında binanın tesisat sistemi hakkında yeterli ve güvenli bilgiye ulaşamamaktadırlar. Bu bilgiler binalardaki ünitelerde saklanacağı için daha az yer tutmaları açısından bir kat planı üzerinde iki çeşit tesisat planının (ör. doğalgaz ve ısıtma tesisatı) gösterilmesine karar verilmiştir. Bu durumda bir katın tesisat sistemlerinin planları diye dört ayrı tesisat planı ile bir kat planı olmak üzere toplam beş adet plan şeklinde gösterilmesinin yerine bir kata ait ikişer tesisat planı (doğalgaz ve ısıtma tesisatı, vakum ve sıhhi tesisat) birleştirilip o kata ait kat planı üzerinde gösterilmesine karar verilmiştir (Şekil 4.2 ve 4.3). Sonuç olarak her bir kata ait sadece iki adet plan olacaktır ve bu iki plan hem ikişer tesisat planını hem de kat planını temsil edecektir. Bina tesisat planları bilgisinin gerekliliği görüşülen tüm uzmanlar tarafından ifade edilmiştir.

Binada bulunan tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsurları

Binanın kullanım amacından tehlikeli madde bilgisi hakkında fikir edinilse de tehlikeli maddelere ait detaylı bilgilerin sağlanması (ör. maddenin yeri, türü, ortalama miktarı) kurtarma çalışmalarına çok daha fazla yardımcı olacaktır. Çünkü tehlikeli madde türlerine ve olası tehlikelere göre alınan önlemler farklılık göstermektedir. Binada buluna tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsurları bilgisi,

depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında dört amaca hizmet edebilir. (1) Bu bilgi sayesinde arama-kurtarma ekipleri binadaki tehlike olasılıklarını göz önünde bulundurarak çalışmalarda ihtiyaç duyulabilecek malzemelerle bölgeye gidebilirler. Binada birçok tehlikeli madde olabilir; ama deprem açısından tehlikeli maddelerle ilgili bilgilerin kayıtları tutulmalıdır.

Prosedürlerin incelenmesi ve uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucunda deprem açısından tehlike teşkil eden maddeler ve tehlike unsurları şu şekilde belirlenmiştir: patlayıcı ve yanıcı maddeler, radyoaktif maddeler, jeneratör, paratoner (Çizelge A.2). Binada yanıcı, patlayıcı, radyoaktif maddelerin varlığı, bu maddelerin türleri, ortalama olarak miktarları ve binada bulundukları yer belirtilmelidir. (2) Örneğin; ortamda bulunan yanıcı ve patlayıcı maddelerin yerlerinin, türlerinin ve ortalama miktarlarının bilinmesi olası patlamanın ve yangının büyüklüğünün tahmin edilmesini ve buna göre önlem alınmasını sağlayabilir. Ayrıca ortamda radyoaktif madde bulunuyorsa ekipler o binaya girmemeyi tercih edebilirler.

(3) Bunlara ek olarak, ortamdaki jeneratör, paratoner gibi diğer tehlike unsurları da belirtilmelidir. Örneğin, eğer binada jeneratör varsa ve depremde elektrikler kesildikten sonra çalışmaya göre programlandıysa kopmuş kablolar yangın çıkmasına neden olabilir. Bunu engellemek için jeneratör kapatılır. Ayrıca kurtarma çalışmalarında kullanılacak olan elektrikli aletler için de jeneratör bilgisi gereklidir; eğer jeneratör yoksa ekipler bunu temin ederler. Paratonerler ise, radyasyon içerdiği için kurtarıcılar ve depremzedeler için tehlikelidir. (4) Kurtarma ekipleri tüm bu bilgileri göz önünde bulundurarak arama-kurtarma çalışmaları için gerekli malzemeleri hazırlarlar. Halen, tehlikeli maddeler ve tehlike unsurları ile ilgili bilgiler arama kurtarma ekipleri tarafından etkin bir şekilde toplanamamaktadır, fakat binanın kullanım amacına göre olası tehlikeli maddeler ve tehlikeler tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Tehlikeli maddeler ve tehlike unsurları hakkında bilgi eksikliği olduğu durumlarda ekipler zarar görebilmektedirler ya da emin olmadıkları durumlarda binaya girmemektedirler ve sonuç olarak arama-kurtarma çalışmaları aksamaktadır. Ayrıca, tehlikeli maddelerin bina içerisinde nerede olduğunun arama-kurtarma ekipleri tarafından hem hızlı hem de daha kolay anlaşılması açısından bu bilginin metin olarak kaydedilmemesine ve kat planları üzerinde gösterilmesine karar verilmiştir. Görüşülen uzmanların tümü arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olması açısından tehlikeli madde bilgisinin gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

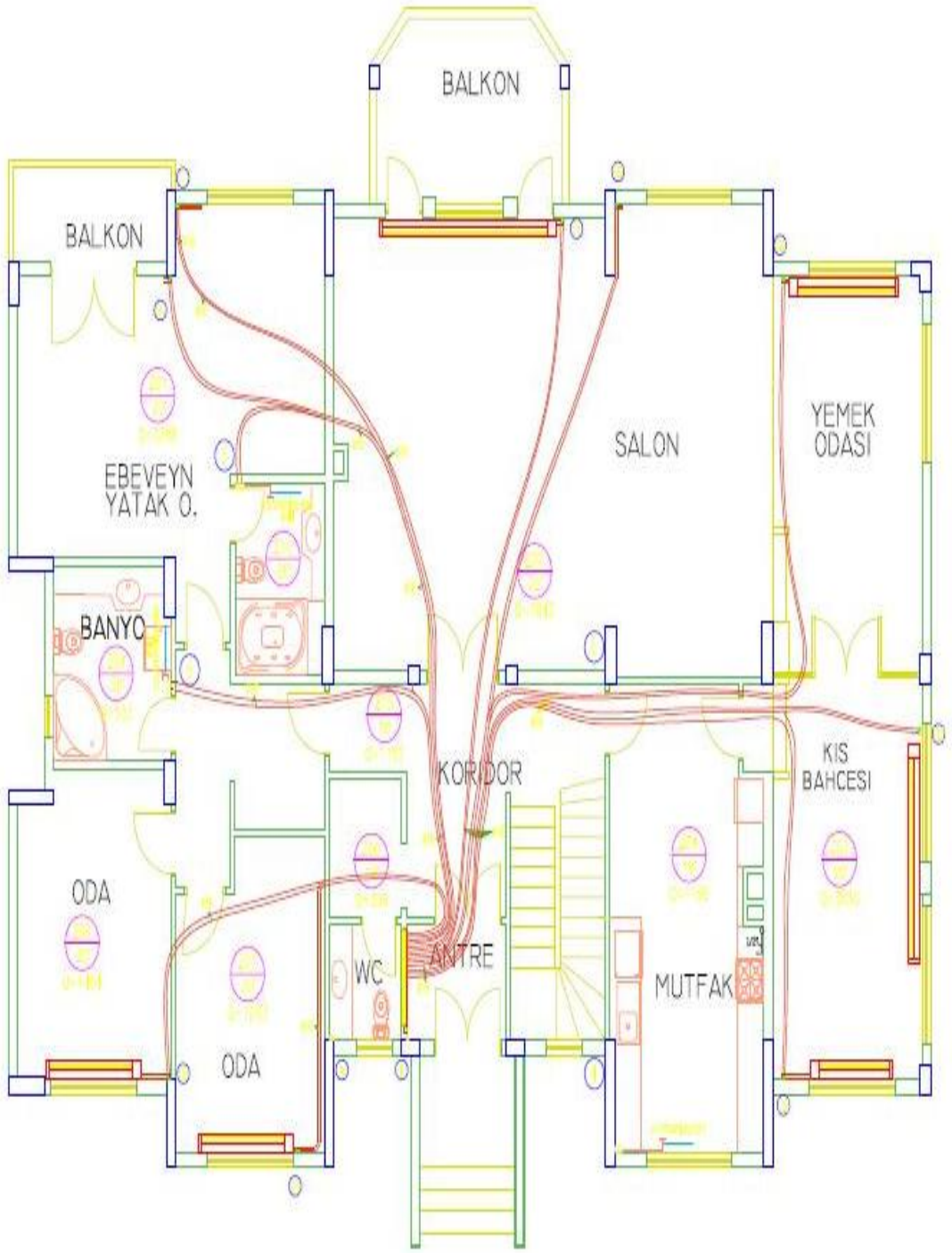
Çizelge 4.2'te bina ünitelerine kaydedilecek bilgilerden olan bina genel ve görsel bilgileri ile tehlikeli maddeler ve diğer tehlike unsuları ve bu bilgi türleri için örnekler yer almaktadır.

Çizelge 4.2 : Bina ünitelerinde saklanacak bina genel, görsel bilgileri ile tehlikeli maddeler

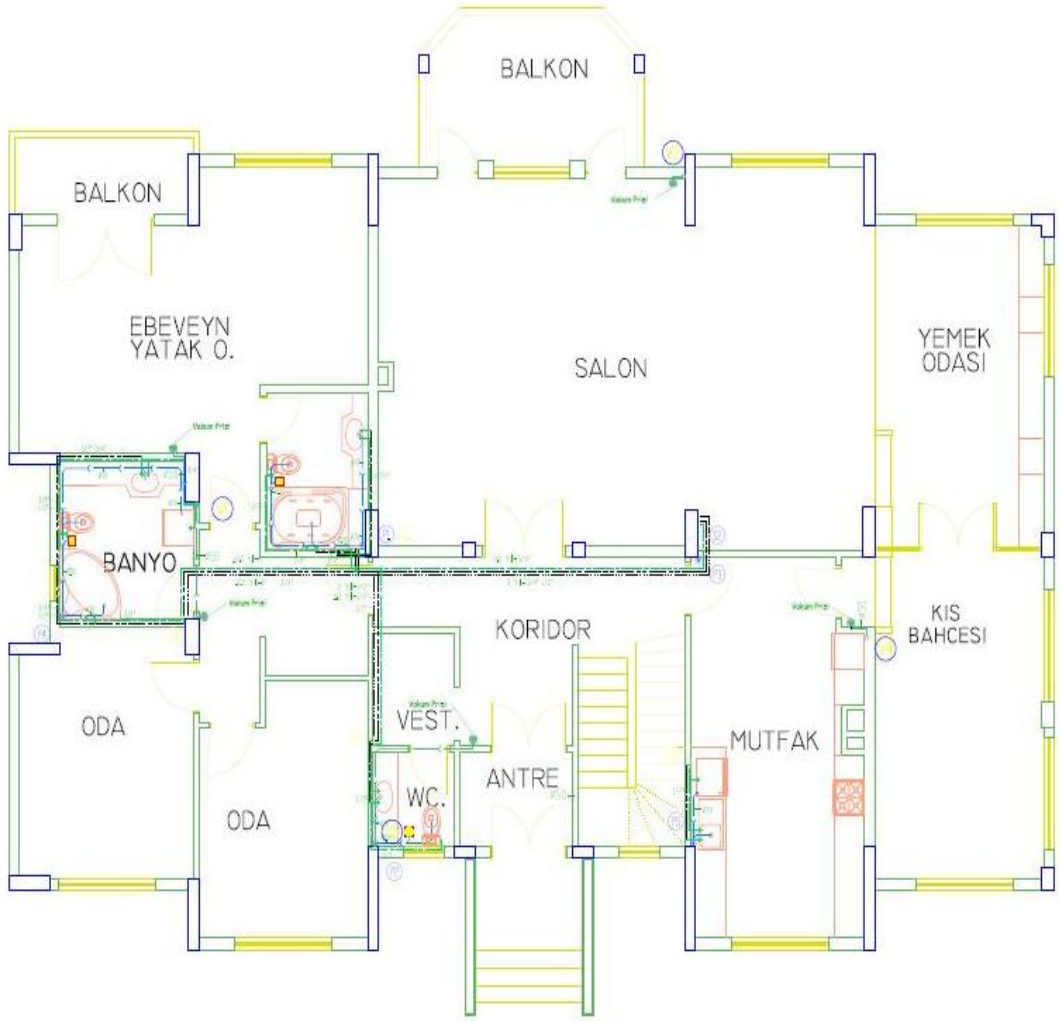
BİLGİ TÜRLERİ	**ÖRNEKLER**	
Bina Kimlik Bilgisi	Feriha Apartmanı No: 15	
Binanın Koordinatları	40°49'10"N 29°06'45"E (Datum: ED50)	
Bina Kullanım Amacı	Bkz: Ek A 2	
Bina Kat Sayısı	Bodrum Kat Sayısı	1
	Normal Kat Sayısı	4
	Çatı Katı Sayısı	1
Bina Taşıyıcı Sistemi	Betonarme	
Bina Yapım Yılı	1995	
Binanın Fotoğrafı	Bkz: Şekil 4.1	
Kat Planları	Bkz: Şekil 4.2 ve Şekil 4.3	
Bina Tesisat Planları, Vana Açma/Kapama Yerlerini Gösteren Şema	Bkz: Şekil 4.2 ve Şekil 4.3	
Tehlikeli Maddeler ve Diğer Tehlike Unsurları	Bkz: Çizelge A.2	



Şekil 4.1 : Bina fotoğrafı



Şekil 4.2 : Doğalgaz ve ısıtma tesisatları örnek kat planı (G&M Mühendislik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi)



Şekil 4.3: Sıhhi ve vakum tesisatları örnek kat planı (G&M Mühendislik İnşaat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi)

Kişi bilgileri

Kişi bilgileri, bina sakinlerinin sayısı, kişisel bilgileri ve sağlık bilgileri gibi bilgi türlerini kapsamaktadır. Bina sakinlerine ait bilgilerin kurtarmada öncelik tanınacak insanları belirleme, depremzedelere doğru ilk yardım müdahaleleri yapma ve ölü/yaralı/kayıp/sağ olan kişilerin kayıtlarını tutma gibi konularda arama-kurtarma ekiplerine yardımcı olması planlanmaktadır. Bu kısımda açıklanan bilgi türleri ile ilgili güvenilir bilgi, arama-kurtarma çalışmaları sırasında elde edilememektedir. Arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan kişi bilgileri aşağıda sıralanmıştır:

- *Binadaki/dairelerdeki toplam kişi sayısı:* Binada toplam olarak ikametgah eden/çalışan/barınan/eğitim gören kişi sayısını gösteren bilgidir. Binadaki toplam kişi sayısı bilgisi görüşülen tüm uzmanlar tarafından depremden sonraki arama-kurtarma çalışmaları için en gerekli olan bilgiler arasında

sıralanmıştır. Çünkü muhtarlıklarda saklanan binadaki toplam kişi sayısı ile depremin saati birleştirilerek hangi binadan çalışmalara başlanacağına karar verilebilir. Böylece daha fazla insanın canlı olarak kurtarılması sağlanabilir. Bu bilgi hesaplanabilir bir bilgi olduğu için etiketlere ve duyargalara direkt olarak kaydedilmesine gerek yoktur. Veri depolama ünitelerinin hafızalarına dairelerdeki kişilerin isimleri girilerek, dairelerdeki, katlardaki ve binadaki toplam kişi sayısı otomatik olarak hesaplanacaktır. Bu bilginin gerekliliğini görüşülen tüm uzmanlar belirtmişlerdir.

- *Zaman dilimine göre insan sayısı bilgisi:* Belirli saatler arasında binada kaç kişinin bulunduğunu gösteren bilgidir. Bu bilgi arama-kurtarma çalışmalarında iki amaca hizmet edebilir. (1) Kurtarma çalışmalarında zaman dilimine göre insan sayısı, deprem saatinde yaklaşık olarak binada kaç kişinin bulunduğunu tahmin etmede kolaylık sağlayacak ve kurtarma ekiplerinin zaman kaybetmesini engelleyecektir. Bu yüzden bu bilgi görüşme yapılan tüm uzmanlar tarafında en gerekli bilgilerin arasında gösterilmiştir. Eğer, depremin olduğu sırada binadan kayıtlı kişi sayısına yakın insan çıkarıldıysa ve başka birinin yaşadığına dair bir işaret yok ise, ekiplerin daha fazla zaman kaybetmeleri engellenmiş olur ve başka binalara yönlendirilmeleri hızlandırabilir. (2) Bu bilginin bir diğer faydası ise çevre sakinlerinin binadaki kişi sayısı hakkında bilgi vermek adına arama-kurtarma ekiplerinin çalışmalarını engellemelerini ortadan kaldırmak olabilir. Şöyle ki çevrede bulunanlar kişi sayısı ile ilgili ekip üyelerine çalışmaları sırasında sürekli bilgi vermeye çalıştıkları için, ekiplerin çalışmalarını yavaşlatmakta, işlerine konsantre olmalarını zorlaştırmakta ve karmaşa ortamı yaratabilmektedirler. Bu bilgi arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olacağı için görüşülen uzmanlar bu bilgininin gerekli olduğunu ifade etmişlerdir.

- *Kişilerin isimleri, TC kimlik numaraları ve fotoğrafları:* Bu bilgi türleri arama-kurtarma çalışmalarında iki amaç için kullanılabilir. (1) Bu bilgiler depremzedelerin canlı, ölü ya da kayıp olup olmadığına dair kayıt tutulmasında yardımcı olacaktır. Böylece depremzedelerin yakınlarına doğru bilgiler verilecektir. (2) Ayrıca kişi isimlerinin, takip eden paragraflarda açıklanan sağlık bilgilerinin saklanabilmesi ve kullanılabilmesi için de kaydedilmesi gerekmektedir. Akademisyenlerin üç tanesi isim bilgilerinin ırk,

din, dil ya da cinsel ayrımcılığa neden olabileceğini belirttiler; örneğin, kurtarma çalışmalarında kadınlara öncelik tanınabileceği gibi. Fakat arama-kurtarma çalışmalarında deneyimli olan uzmanlar bu çalışmalar esnasında ayrımcılığın kesinlikle olmadığını ve depremzedelerin sağlık durumları ve göçük altında kalma süreleri gibi kriterler göz önünde bulundurularak müdahale yapıldığını belirttiler. Bu bilgilerin gerekli olduğunu İTÜ'den üç, Sivil Savunma'dan iki ve AKUT'tan üç kişi belirtmiştir. Geçmişte yapılan arama kurtarma faaliyetlerinde bu bilgiler toplanmamıştır.

- *Kişilerin sağlık bilgileri:* Bina sakinlerinin her birinin varsa sağlık bilgilerini içerir. Kişilerin sağlık bilgilerinin bilinmesi, hasarlı binalardan sağ olarak çıkarılan kişilere etkin bir ilk yardım uygulanmasına yardımcı olur. Sağlık bilgilerine örnek olarak şunlar verilebilir: kişilerin kan grupları, herhangi bir maddeye karşı olan alerjileri, hastalıkları, engelleri (ör. fiziksel engeliler (yürüme, işitme ve görme engelliler), zihinsel engelliler, spastik engelliler, hemofili (Rehabilitasyon, 2008)) ve bulaşıcı hastalıkları (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 : Bina sakinlerine ait sağlık bilgileri

SAĞLIK BİLGİLERİ	**ÖRNEKLER**			
Kan Grubu	A Rh+	B Rh+	AB Rh+	0 Rh+
	A Rh–	B Rh–	AB Rh–	0 Rh–
Hastalık	Bulaşıcı Hastalıklar			
	Kanser Türleri			
	Hipertansiyon			
	Diabetes Mellites			
	Koronerarter Hastalığı			
	Astım			
	Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı			
	Peptik Ülser			
	Kalp Kapak Hastalığı			
	Kalp Ritm Bozukluğu			

Çizelge 4.3 (devam) : Bina sakinlerine ait sağlık bilgileri

<table>
<tr><th>SAĞLIK BİLGİLERİ</th><th colspan="3">ÖRNEKLER</th></tr>
<tr><td rowspan="10">Hastalık</td><td colspan="3">Tiroid Hastalıkları</td></tr>
<tr><td colspan="3">Hamilelik</td></tr>
<tr><td colspan="3">Osteaartrit</td></tr>
<tr><td colspan="3">Romatoidartrit</td></tr>
<tr><td colspan="3">Kongenital (Doğuştan Gelen) Sakatlıklar, Bozukluklar ve Kromozomal Anormallikler (Word Health Organization, 2008)</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Engelliler (Rehabilitasyon, 2008)</td><td rowspan="3">Fiziksel Engelliler</td><td>Yürüme Engelliler</td></tr>
<tr><td>Görme Engelliler</td></tr>
<tr><td>İşitme Engelliler</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zihinsel Engelliler</td></tr>
<tr><td colspan="2">Spastik Engelliler</td></tr>
<tr><td colspan="2">Hemofili</td></tr>
<tr><td>Sağlık Özgeçmişi</td><td>Ameliyatlar</td><td colspan="2">Kalbe implant takılması (MR ile uyumlu)</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Tıbbi Kimlik İzleri (Zeyfeoğlu ve Hancı, 2001)</td><td colspan="3">Ameliyat İzi</td></tr>
<tr><td colspan="3">Yara İzi</td></tr>
<tr><td colspan="3">Yanık İzi-Skatrisler</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ben</td></tr>
<tr><td colspan="3">Deri Lekeleri</td></tr>
<tr><td colspan="3">Dövme</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Ekstremite Özellikler</td><td colspan="2">Uzuv Kısalıkları</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uzuv Fazlalıkları</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uzuv Eksiklikleri</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Alerji</td><td colspan="3">Penisilin</td></tr>
<tr><td colspan="3">Parasetamol</td></tr>
<tr><td colspan="3">Aspirin</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sarvastan (MedicineNet, 2008; Süzer, 2008)</td></tr>
<tr><td>Sürekli Kullanılan İlaç</td><td colspan="3">Vigabatrin (Epileptik ilaç)</td></tr>
</table>

Kişilerin sağlık bilgilerinin bilinmesi ilk yardım sırasında yanlış müdahaleleri de önler. Örneğin, ezilme şeklinde yaralanma, uzun süreli sıkışma ve hareketsizlik sonucu ortaya çıkan Crush Sendromunun ilk aşamadaki tedavisi için NaCl içeren solüsyon ve daha sonra mannitol-alkali solüsyonu verilir. Fakat idrar çıkışı olmayan ve kalp rahatsızlığı olan depremzedelerde aşırı sıvı yüklemesine ve akut sol kalp yetmezliğine neden olabilir (Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, 2008). Bu yüzden kişilerin kalp rahatsızlığı gibi herhangi bir sağlık probleminin olup olmadığının bilinmesi gerekir. Hastalıklar gruplandırılırken Türkiye'de en sık rastlanan ve depremden sonraki ilk yardımda bilinmesi gereken hastalıklar göz önünde bulundurulmuştur (Atalay, 2008); çünkü hastalıklar çok çeşitlilik gösterdiği için hepsinin kaydedilmesi tercih edilmemiştir. Ayrıca kişilerin geçirdikleri ameliyatları, hastalıkları vb. içeren sağlık özgeçmişlerinin de sağlık bilgileri kapsamında bulunması gerekmektedir; çünkü müdahale durumunda bilgi eksikliği enkazdan canlı olarak çıkarılmış olan bir depremzedenin hayatını kaybetmesine neden olabilir. Örneğin; kişinin kalbine implant takılmış ise bu bilginin ve buna ek olarak implantın MR ile uyumlu olup olmadığının belirtilmesi gerekir. Çünkü depremzedede MR ile uyumlu olmayan implant varsa ve bu bilgi bilinmeyip kişinin MR' ı çekiliyorsa hasta kaybedilebilir (Atalay, 2008). Bu bilgilere ek olarak varsa kişilerin sürekli olarak kullandıkları ilaçların neler olduğunun da belirtilmesi gerekir. Çünkü ilaçlar ilk yardımda kullanılacak ilaçlarla etkileşime girebilir ve depremzedenin sağlığını tehlikeye sokabilir. Depremzedenin sürekli kullandığı ilaçlar bilinirse bu bir tehlike ortadan kaldırılabilir ve depremzedelere sürekli olarak kullandıkları bu ilaçlar temin edilebilir. Veri depolama ünitelerine ilaçların grup isimleri (ör. antihistamin, analjezik) değil de ilaçların kutularında yazan kendi isimler kaydedilmelidir. Çünkü veri girişini uzman olmayan kişilerin (ör. muhtarlar) yapacağı düşünülürse, ilaçların grup isimlerinin yazılması durumunda muhtarın hata yapma olasılığı bulunmaktadır. Bunun nedeni ise, ilaçların kendi isimlerinin ilaç kutusunda daha belirgin, grup isimlerinin ise uzman olmayan bir kişinin dikkatinden kaçacak şekilde yazılması veya hiç yazılmamasıdır. Halbuki ilaç kutularında yazılan ilacın isminin ünitelere kaydedilmesi durumunda muhtarın hata yapma olasılığı çok daha düşük olabilir. Böylece hatalı veri girişi oranı minimuma düşürülebilir (Atalay, 2008). Ayrıca bina sakinlerinin alerjilerinin belirtilmesinde herhangi bir sınıflandırılmaya gidilmemiştir; çünkü ilaç isimlerinde olduğu gibi ilaç alerjilerinde de grup isimleri tıp alanında uzman olmayan kişiler için çok karmaşıktır. Örneğin en sık görülen ilaç alerjileri ß

laktam antibiyotiklere, nonsteroidal antiflamatuar ilaçlara, sülfonamidlere, iyodidlere ve barbituratlara karşı olanlardır (Süzer, 2008; MedicineNet, 2008); fakat kişilerin çok büyük bir kısmının bu konuda uzman olmadıkları düşünüldüğünde bu gruplar içerisinde hangi ilacın yer aldığını bilememe olasılıkları yüksektir. Bu yüzden kişilerin hangi ilaca karşı alerjilerinin olduğunu kendileri ilacın ismini belirterek (ör. penisilin, parasetamol) bu bilginin saklanması tercih edilmiştir.

Sağlık bilgileri bazı uzmanlar tarafından gerekli görülürken bazıları ise bu bilginin kurtarma çalışmalarında ayrımcılığa ya da kişisel haklara tecavüze neden olabileceğini düşünmektedirler. Örneğin, enkaz altında kalmış HIV virüsü taşıyan bir depremzedeye kurtarıcılar müdahale etmek istemeyebilirler. Ancak, bu çalışmada insan hayatı kurtarmak için çalışan kişilerin ayrımcılığa gitmeyeceği kabul edilmiştir. İTÜ'deki akademisyenlerden üçü, ekip elemanlarının kişilerin hastalıklarına göre kurtarmada öncelik tanıyabilme ihtimallerinin olabileceğini belirttiler. Örneğin; şeker hastası olup göçük altında kalmış fakat zarar görmemiş olan birisine, enkaz altında zarar görmüş fakat herhangi bir hastalığı olmayan birinden önce müdahale etmişlerdir. Bunun nedeni ise herhangi bir hastalığı olan kişinin göçük altında uzun süre dayanamama olasılığıdır. Depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında hangi sağlık bilgilerinin gerekli olacağı görüşülen uzmanlardan çalışmalarda etkin olarak görev alan deneyimli kişiler tarafından belirtilmiştir. İTÜ akademisyenlerinden bir tanesi, kişisel sağlık bilgilerinin içerisinde kişilerin teşhis edilmesinde bir işaret olabilecek ben, yara izi, ameliyat izi gibi izlerin belirtilmesinin enkaz kaldırma aşamasında faydalı olacağını belirttiler. Sağlık bilgilerinin arama kurtarma faaliyetlerinde gerekli olduğunu İTÜ'den üç, Sivil Savunma' dan iki, AKUT' tan üç, Maltepe Üniversitesi Hastanesi'nden bir kişi belirtmiştir. Bu bilgiler, geçmiş depremlerde sağlıklı olarak toplanamamıştır.

Kişilerin sağlık bilgileri, isimleri, TC kimlik numaraları gibi kişisel bilgilerin veri depolama ünitelerinin hafızalarına yüklenmesinde herhangi bir hukuki engelle karşılaşılma olasılığı göz önünde bulundurularak bu alanda uzman bir hukukçu olan avukat Nergis Özcan ile görüşülmüştür. Nergis Özcan, kişisel bilgilerini veri depolama ünitelerinde saklanmasına izin veren kişilerin bilgilerinin bu ünitelere yüklenebileceğini, istemeyen kişilerin bilgilerinin ise yüklenmemesi gerektiğini belirtmiştir. Kişisel bilgilerinin kapsamını, her birey kendisi belirleyecek ve kişiler

kendileriyle ilgili ne kadar bilgi verirlerse sadece o kadar veri bu ünitelerde saklanacaktır.

Bina ünitelerine kaydedilmesi amaçlanan bina sakinlerine ait bilgiler (ör. kişisel bilgiler, sağlık bilgileri, binadaki toplam kişi sayısı) ve bu bilgilerle ilgili örnekler Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Bina ünitelerine kaydedilecek bina sakinlerine ait bilgiler

<table>
<tr><th colspan="2">BİLGİ TÜRLERİ</th><th colspan="2">ÖRNEKLER</th></tr>
<tr><td colspan="2">Dairelerdeki toplam kişi sayısı</td><td colspan="2">3 numaralı dairedeki toplam kişi sayısı: 4</td></tr>
<tr><td colspan="2">08.00-13.00 arasında binada bulunan ∑ kişi sayısı</td><td colspan="2">12</td></tr>
<tr><td colspan="2">13.00-20.00 arasında binada bulunan ∑ kişi sayısı</td><td colspan="2">17</td></tr>
<tr><td colspan="2">20.00-08.00 arasında binada bulunan ∑ kişi sayısı</td><td colspan="2">62</td></tr>
<tr><td colspan="2">Binanın hafta sonundaki ortalama nüfusu</td><td colspan="2">45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Binanın hafta içindeki ortalama nüfusu</td><td colspan="2">60</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Kişisel Bilgiler</td><td>Ad/Soyad</td><td colspan="2">Deniz Demir</td></tr>
<tr><td>TC Kimlik No</td><td colspan="2">12345678901</td></tr>
<tr><td>Doğum Tarihi</td><td colspan="2">08/04/1980</td></tr>
<tr><td>Cinsiyet</td><td>Erkek</td><td>Kadın</td></tr>
<tr><td>Fotoğraf</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Engel</td><td colspan="2">Yok</td></tr>
<tr><td>Kat ve Daire</td><td>Kat: 1</td><td>Daire: 3</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sağlık Bilgileri</td><td colspan="2">Bkz: Çizelge 4.3</td></tr>
</table>

4.1.1.2 Muhtarlık ünitesinde kaydedilecek arşiv bilgileri

Mahalleye gelen arama-kurtarma ekiplerinin mahalle hakkında genel olarak bilgi edinmelerini sağlayacak ve hangi binadan çalışmaya başlayacaklarına karar vermelerine yardımcı olacak yerel bilgilerden oluşmaktadır. Belirlenen bu yerel bilgiler yerel yönetim binaları olan muhtarlıklara yerleştirilecek veri depolama ünitelerinde saklanacaktır. Muhtarlıktaki veri depolama ünitelerinde kaydedilecek olan bilgiler şu şekilde sıralanabilir:

- *Ulaşım planları ve alternatifleri:*

Semtlere ait ulaşım planları ve alternatifleri bilgisi aşağıda belirtilen merkezlerin yer aldığı grafik (başka bir deyişle görsel) bir bilgidir. Ayrıca ulaşım planında aşağıda belirtilen merkezlerin koordinat bilgileri de yer almalıdır; çünkü depremden sonra binaların tanınmayacak halde zarar görmeleri durumunda ancak koordinat bilgilerinden yararlanılarak adrese ulaşmak mümkün olacaktır.

  - Afet Koordinasyon Merkezi (AKOM): Diğer şehirlerden gelen ve bölgeyi bilmeyen arama kurtarma ekiplerinin Afet Koordinasyon Merkezi'ni bulup bölgenin durumuyla ilgili bilgi almaları için bu merkezin ulaşım planları üzerinde gösterilmesi gereklidir.
  - Büyük sağlık tesisleri: Depremzedelerin büyük sağlık tesislerine ulaştırılmaları için bu tesislere ait ulaşım/alternatif ulaşım planları ve koordinat bilgileri olmalıdır. Ayrıca bu tesislerin kapasiteleri de belirtilmelidir.
  - Kan bankaları: Depremde yaralanmış, kan kaybı olan depremzedelere acil olarak kan temin edilmesi için bu merkezlerin ulaşım planları üzerinde gösterilmesi gereklidir.
  - Stratejik öneme sahip bina ve tesisler: Bölgeyi bilmeyen kişilere, yardım etmek için başka şehirlerden gelen görevlilere yol göstermek amacıyla polis, jandarma, askeriye, itfaiye, sivil savunma vb. stratejik noktaların yerlerinin bulabilmeleri için bu bilgi gereklidir. Çünkü farklı şehirlerden gelen ekipler bölgeyi tanımadıkları için ek kuvvetlere ihtiyaçları olduğunda ya da malzeme yetersizliği söz konusu olduğunda bu stratejik öneme sahip binalardan bunları temin edebilirler.

- Havalimanları, garlar, otogarlar, büyük iskele ve limanlar: Depremden dolayı binaların ve yolların tanınamayacak kadar zarar görmesi durumunda bölgeden uzaklaşmak isteyen insanların ulaşımları ve diğer şehirlerden ya da ülkelerde yardımların gelmesi için bu bilgiler gereklidir. Ayrıca; arabalı vapurların çalıştığı iskeleler polis, jandarma ve askerin araçlarla geçiş yapması için de bu bilgiler bilinmelidir.
- Bakım merkezleri: Çocuk Esirgeme Kurumu'nun yurtları, öğrenci yurtları, yaşlılar yurdu gibi bakım merkezleri çok sayıda insanın bulunduğu mekanlardır. Özellikler çocukların sayıca çoğunlukta olduğu yerler, eğer depremde hasar almışsa kurtarma ekipleri için öncelik taşır.

Yukarıda bahsi geçen yerlerle ilgili bilgilere depremden sonra ihtiyaç duyulduğunu görüşülen tüm uzmanlar belirtmişlerdir. Ulaşım planları ve alternatifleri bilgisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin İstanbul için hazırladığı Deprem Master Planı kapsamında toplanmıştır (İstanbul için Deprem Master Planı, 2003). Bu bilgiler merkezlerdeki bilgisayarlarda saklanacağı gibi ilçe ile ilgili genel bilgi olduğu için her bir semte ait ulaşım planları ve alternatifleri ilçede bulunan mahallelerin bağlı oldukları muhtarlıklardaki veri depolama ünitelerinde de saklanacaktır. Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'den de anlaşılacağı gibi yukarıda sıralanan merkezler ve bu merkezlerin koordinat bilgileri semt bazındaki ulaşım planları üzerinde gösterilecektir. Binalardaki ünitelerde o binaya ait bilgilerin bulundurulması planlandığı için bu bilginin binalardaki ünitelere kaydedilmesi gerekli görülmemiştir. Ayrıca arama-kurtarma ekiplerinin (ör. şehir dışından gelen ekiplerin) AKOM'a zaman kaybetmeden ulaşmaları ya da ilçe dışına yardım götürme durumunda yardım götürülecek ilçedeki muhtarlıklardan birine gitmeden de o ilçeye ait ulaşım planlarına erişmeleri için ekiplerin el bilgisayarlarına internet bağlantısı olmadan da çalışabilecek ulaşım planlarını gösteren paket programlar (ör. Google Maps/Earth) yüklenebilir.

- *Sokaktaki su ve doğalgaz vanalarının, elektrik ana şalterinin yerleri:* Her sokaktaki su, doğalgaz ve elektrik açma/kapama noktaları bir şema ya da basit bir plan üzerinde gösterilmelidir (Şekil 4.5). Bina çökmüşse binadaki ana açma/kapama vanalarına ulaşılamayabilir. Binadaki vanalara ve şaltere ulaşılamadığında yangın, su baskını gibi oluşabilecek tehlikeleri engellemek

için vanalar ve şalter sokaktan kapatılır. Bu veriye ihtiyaç duyulabileceğini İTÜ'den bir, Sivil Savunma'dan iki ve AKUT'tan üç kişi ifade etmiştir.

- *Deprem konteynırlarının yerleri:* Deprem konteynırları içlerinde depremden sonraki arama-kurtarma ve ilkyardım çalışmalarında kullanılacak olan malzemelerin yer aldığı konteynırlardır. Deprem konteynırlarının olup olmadığı ve bunların sokaktaki/mahalledeki yerleri bilinmelidir; çünkü depremden sonra oluşabilecek kargaşada konteynırların yerinin aranması zaman kaybına neden olabilir. Konteynırların içlerindeki malzemeler ve bu malzemelerin miktarları şu şekildedir: 2 jeneratör, soğuk iklim çadırı, 6 balyoz, 12 manivela demiri, 9 statik kurtarma makası, 6 ağaç ve demir el testeresi, 6 çekiç, ikişer seyyar aydınlatma ve makaralı kablo, 12 murç, 5 sedye, 3 ilk yardım çantası, 3 yangın battaniyesi, 3 boru anahtarı, 250 enkaz eldiveni, 2250 toz maskesi, 20 lambalı baret, 6 su bidonu, 10 çalışma gözlüğü, 15 ikaz yeleği, 250 litrelik su deposu (Radikal, 2008). Deprem konteynırlarının içlerindeki malzemeler ve bu malzemelerin miktarları standart olduğu ve bilindiği için bu bilginin kaydedilmesine gerek yoktur. Veri depolama ünitelerindeki hafıza kısıtı ve aynı anda birden fazla bilgiye ulaşmanın harcanan zamanı minimuma indirmesi nedeniyle deprem konteynırlarının yerlerinin sokaktaki su, doğalgaz ana vanalarının, elektrik şalterinin yerlerini gösteren plan üzerinde belirtilmesine karar verilmiştir (Şekil 4.5). Bu veriye ihtiyaç duyulacağını İTÜ'den üç, AKUT'tan üç ve Sivil Savunma'dan iki kişi belirtmiştir. Bu bilgi sokaktaki tesisatların açama/kapama yerlerini gösteren planda belirtilecektir.

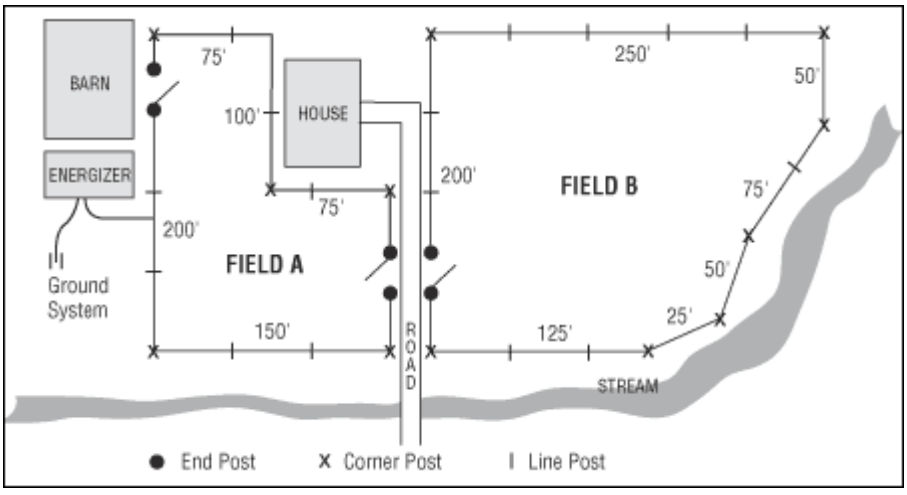
- *Bina kullanım amacı:* Binalara yerleştirilecek olan veri depolama ünitelerinde de saklanacak olan bina kullanım amacı bilgisi (Bkz. Bölüm 4.1.1.1) bina hakkında genel bir fikir verdiği için arama-kurtarma ekiplerinin mahalledeki çalışmalarına nereden başlayacaklarına karar vermelerine yardım olabilir. Bu sebepten bina kullanım amacının muhtarlıklardaki merkezi ünitelerde de bulunması faydalı olacaktır.

- *Binalardaki tehlikeli maddeler ve tehlike unsurları:* Binalardaki veri depolama ünitelerinde de bulunması önerilen (Bkz. Bölüm 4.1.1.1) bu bilgi de arama-kurtarma ekiplerine mahalle ile ilgili genel bir bilgi verdiği ve hangi binadan çalışmaya başlayacaklarına karar vermeleri konusunda yardımcı olabileceği için muhtarlıklardaki ünitelerde de saklanacaktır.

- *Binadaki toplam kişi sayısı:* Binalardaki veri depolama ünitelerinde de (Bkz. Bölüm 4.1.1.1) bulunması önerilen binadaki toplam kişi sayısı bilgisi mahalledeki binalarda kaç kişinin yaşadığı konusunda da bilgi verir. Bu bilgi ile depremin gerçekleştiği saat birleştirilirse mahalledeki binaların hangisinden daha fazla insan kurtarılabileceği tahmin edilebilir. Arama-kurtarma ekiplerinin mahalledeki binaları değerlendirip hangi binadan çalışmaya başlayacaklarına karar vermelerine yardımcı olabilecek bir bilgi olduğu için muhtarlıklardaki ünitelerde de saklanmasına karar verilmiştir.

Çizelge 4.5 : Muhtarlık ünitelerine kaydedilecek bilgiler

BİLGİ TÜRLERİ	ÖRNEKLER
Ulaşım/Alternatif Ulaşım Planları	Bkz: Şekil 4.5
Sokaktaki Su ve Doğalgaz Vanalarının, Elektrik Şalterinin Yerlerini Gösteren Plan	Bkz: Şekil 4.4
Deprem Konteynırlarının Yerlerini Gösteren Plan	Bkz: Şekil 4.5
Bina Kullanım Amacı	Bkz: Çizelge A.1
Tehlikeli Maddeler ve Diğer Tehlike Unsurları	Bkz: Çizelge A.2
Binadaki Toplam Kişi Sayısı	64 kişi



Şekil 4.4 : Sokaktaki elektrik tesisat sistemi planı (Electro Braid Fence, 2008)



Şekil 4.5 : Örnek ulaşım planı (Google Maps, 2008)

Veri depolama ünitelerinin herhangi bir hırsızlık, yangın, terör saldırısı gibi depremden başka durumlarda da kullanılması için yukarıda belirtilen bilgilerden başka kişilerin iletişim bilgileri (ev/iş/cep telefonu, adres bilgileri), acil durumlarda her kişinin arayacağı kişilerin iletişim adresleri, araç plakaları bilgilerinin de girilmesi bazı uzmanlar tarafından önerilmiştir. Böylece bu ünitelerin çok amaçlı kullanılabileceği belirtilmiştir. Ancak farklı amaçlar için gerekli olan bu bilgiler, bu çalışmanın kapsamı dışında kaldığı için yerel bilgi olarak gösterilmemiştir.

4.1.2 Depremden sonra kaydedilecek arşiv bilgileri

Deprem sonrası veri depolama ünitelerinde kaydedilecek yerel bilgilere ek olarak ünitelere arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarını gösteren uluslararası işaretleme sistemlerinin içerdikleri bilgiler de (Bkz. Bölüm 2.1.3) kaydedilebilir. Bu bilgilerin kaydedilmesindeki temel amaç, arama-kurtarma çalışmalarında elde edilen bilgilerden diğer ekiplerin de haberdar edilmesi ve çalışmalara kalınan yerden edilmesidir. Böylece gelen ekiplerin, binada çalışma yapmış olan diğer ekiplerin yaptıklarını tekrar yapmaları engellenerek zaman kaybı ortadan kaldırılır.

Uluslararası işaret sistemlerinde belirtilen bilgilere ek olarak görüşülen uzmanların tümü kişilerin fotoğrafları ve TC kimlik numaraları ile eşleştirilmiş sağ/ölü/yaralı/kayıp bilgilerinin kaydının tutulması gerektiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak veri depolama ünitelerinde kaydedilmesi planlanan arama-kurtarma çalışmalarının sonuçlarını ifade eden bilgi türleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- *Arama-kurtarma ekibinin ismi*: Bu bilgi hangi ekibin çalışma yaptığını belirttiği için gereklidir (ör. SMAT-1).
- *Arama-kurtarma ekibinin binaya giriş/çıkış tarihi ve saati*: Bu bilgi ekiplerin çalışmalar süresince ne kadar zaman harcadıklarını ve çalışmaları ne zaman tamamladıklarını göstermesi açısından önemlidir. Eğer ekiplerin çalışmaları uzun sürdüyse ve ekiplerin binayı terk edişinin üzerinden uzun zaman geçtiyse (ör. 3-4 gün) yeni gelen ekipler bu bina ile zaman kaybetmeyebilirler.

  (ör. Giriş: 19.08.1999/06.20, Çıkış: 23.08.1999/19.40)

- *Arama-kurtarma ekibinin binaya girip girememe durumu*: Bu ifade binada herhangi bir tehlike olduğunu belirttiği için önemlidir. Bu bilgi ile binadaki tehlikeler bilgisi birleştirilerek değerlendirilebilir (ör. Gir/Girme)
- *Depremzedelerin yerleri*: Arama-kurtarma ekipleri tarafından yerleri belirlenen depremzedelerin diğer ekipler tarafından aranmasına gerek kalmadan kurtarılmalarını sağlayacak bir bilgi olduğu için gereklidir (ör. Zemin katın anayola bakan tarafında)
- *Binada bulunan kişilerin fotoğrafları ve TC kimlik numaraları ile eşleştirilmiş sağ/ölü/yaralı/kayıp bilgisi*: Bu bilgi ile depremzedelerle ilgili kayıt tutulması açısından gereklidir. Özellikle 1999 Marmara Depremi'nde kayıtlara geçmeyen ölü ve kayıp sayısının çok olduğu göz önünde bulundurulursa kayıt tutulması büyük önem taşımaktadır (Örnek, 2008).

  Ör.  → 12345678901 → ölü

- *Binadaki tehlikeler*: Binadaki tehlikeli maddeleri (ör. yanıcı katılar) ve tehlike unsurlarını (ör. yangın, su baskını, binanın çökmesi) ifade eden bir bilgi olduğu için gereklidir. Bu bilgi sayesinde arama-kurtarma ekipleri gerekli olan tedbirlerini alarak kurtarma çalışmalarına diğer ekiplerin kaldıkları yerden devam ederler.

4.2 Merkezlerdeki Bilgisayarlarda Saklanacak Yerel Bilgiler

Binalardaki ve yerel yönetime ait binalar olan muhtarlıklardaki veri depolama ünitelerinde saklanacak olan yerel bilgilerin tümünün (Bkz. Bölüm 4.1) depremde oluşabilecek olumsuzluğa karşı (ör. ünitelerin çok büyük bir kısmının hasar görmesi) merkezi idari binalardaki (ör. AKOM, Kriz Merkezleri) ve yerel yönetime ait binalardaki (ör. muhtarlıklar, belediyeler) bilgisayarlarda da bulunması gerektiğine karar verilmiştir. Ayrıca arama-kurtarma ekipleri depremden sonra hasar gören bölgelerle ilgili bilgi alıp hangi bölgelerde çalışmalara gitmeleri gerektiğini öğrenmek için öncelikle Kriz Merkezleri'ne ve AKOM'a giderler. Bu yüzden ekiplerin bölgeyi tanımalarına ve çalışmalara hangi semtlerden/mahallelerden başlayacaklarına yardımcı olmak amacıyla merkezi bilgisayarlarda saklanacak semt/mahalle bilgilerinin kullanılması planlanmaktadır. Veri depolama ünitelerine

arama-kurtarma ekiplerinin deprem bölgesi ile ilgili genel bilgilerin (ör. yapı ve nüfus yoğunluğu, deprem haritaları) kaydedilmesi gerekli görülmemiştir; çünkü bu bilgiler arama-kurtarma ekiplerinin yönlendirilmesi aşamasında gereklidir. Veri depolama ünitelerinde saklanacak olan semt/mahalle, bina ve kişi bilgilerine ek olarak merkezi bilgisayarlarda saklanacak olan ve deprem bölgesi, deprem bölgesindeki binaların genel durumları, yoğunluğu ve nüfus hakkında genel bilgi verecek olan yerel bilgiler aşağıda sıralanmıştır:

- *Deprem haritaları:* Deprem haritası, farklı derecelere (ör. 1.derece deprem bölgesi) göre deprem bölgelerini gösteren bir haritadır (Şekil 4.6). Bu haritalardan yararlanılarak olası bir depremde hangi bölgelerin depremden en fazla etkileneceği tahmin edilebilir. Arama-kurtarma ekipleri Kriz Merkezleri'ne ve AKOM'a gittiklerinde bu bilgi ile bina bilgilerinde yer alan bina taşıyıcı sistemi, kat sayısı ve bina yapım yılı bilgileri birleştirilirse depremden dolayı hangi bölgelerdeki binaların daha fazla zarar görebileceği tahmin edip bu bilgi doğrultusunda depremden zarar gören bölgelere yönlendirilebilirler. Bu yüzden deprem haritalarına ekipler depremden zarar gören bölgeye ulaşmadan önce erişirlerse (ör. merkezi idari binalardaki bilgisayarlardan) bu bilgiler faydalı olacaktır. Bu bilginin gerekliliğini İTÜ'den bir kişi belirtmiştir. Deprem haritaları İstanbul için hazırlanan Deprem Master Planı kapsamında hazırlanmıştır.
- *Yapı yoğunluğu ve nüfus yoğunluğu:* Yapı yoğunluğu, yapıların mahalle, ilçe, il ya da bölge genelindeki dağılımını gösterir. Nüfus yoğunluğu ise, belirli bir bölgedeki nüfusun dağılımını ifade eder. Yapı yoğunluğu ve nüfus yoğunluğu bilgileri ile depremin saati birleştirilerek hangi bölgeden daha fazla insan kurtarılabileceği tespit edilebilir ve arama-kurtarma ekipleri bu bölgelere yönlendirilir. Bu bilginin gerekliliğini İTÜ'den iki, Sivil Savunma'dan iki ve AKUT'tan üç kişi belirtmiştir. Yapı yoğunluğu ile ilgili bilgiler İstanbul Büyükşehir Belediyesi'nin hazırladığı İstanbul için Deprem Master Planı kapsamında toplanmıştır. Bu bilgi arama-kurtarma ekiplerine ilçe ile ilgili genel bir bilgi verir ve ekiplerin ilçe/semt/mahalle içerisinde doğru bir şekilde yönlenmesine yardım edebilir. Bu yüzden yapı ve nüfus yoğunluğu bilgilerine ekipler depremden zarar gören bölgeye ulaşmadan önce erişirlerse (ör. merkezi idari binalardaki bilgisayarlardan) bu bilgiler faydalı olacaktır.

- *Bina taşıyıcı sistemi:* Bu bilgi arama-kurtarma çalışmaları sırasında ekip elemanları tarafından tespit edilebilmektedir; fakat bu bilgi Kriz Merkezleri'ndeki ve AKOM'daki bilgisayarlarda bulunursa ekiplerin hangi binadan öncelikli olarak çalışmaya başlayacaklarına karar vermelerini sağlayabilir. Diğer bilgi türlerinde de olduğu gibi bu bilginin de yedeklenmesi için muhtarlıklardaki ve belediyelerdeki bilgisayarlarda da bulunması gerekmektedir.

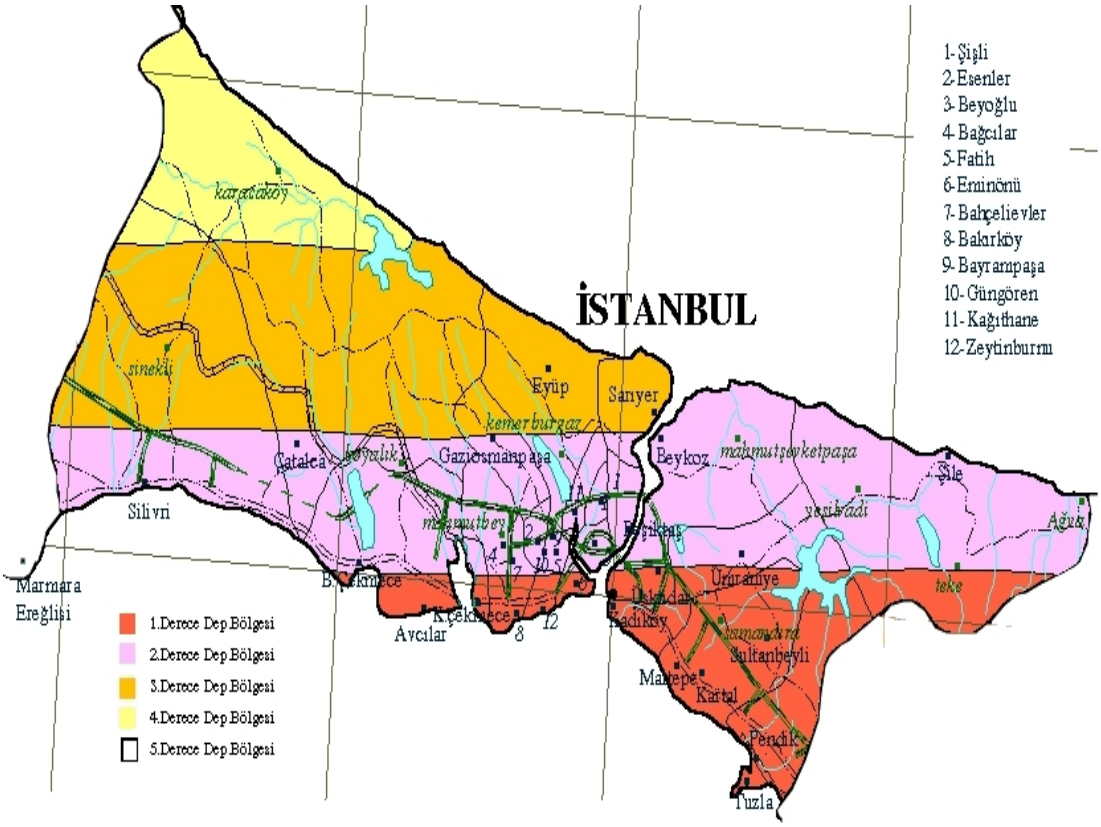
- Bina yapım yılı: Arama-kurtarma ekipleri bu bilgiden yararlanarak depremin etkilediği bölgeye gitmeden, depremin saatini de göz önünde bulundurarak eski binaların yoğunlukta olduğu bölgelere öncelik tanıyabilirler. Arama-kurtarma ekiplerinin çalışmaya başlayacakları bölgeyi belirlemelerine yardımcı olacak bina yapım yılı bilgisi Kriz Merkezleri'ndeki, AKOM'daki bilgisayarlarda bulundurulmalıdır. Ayrıca bilginin başka yerlerde yedeklenmesi açısından muhtarlıklardaki ve belediyelerdeki bilgisayarlarda da bulunması faydalı olacaktır.

- *Kat sayısı:* Bu bilgi ile bina taşıyıcı sistemi ve bina yapım yılı bilgileri de birleştirilerek deprem bölgesine öncü ekipler gönderilmeden Kriz Merkezleri'nden arama-kurtarma ekipleri yönlendirilebilir. Şöyle ki eski ve çok katlı yapılar, taşıyıcı sistemlerine bağlı olarak, yeni inşa edilmiş az katlı yapılara göre depremde daha fazla zarar görebilirler (İlki, 2008). Binanın kat sayısı bilgisi, binaların üzerindeki ünitelerde ve arama-kurtarma ekiplerinin hangi bölgeden çalışmaya başlayacaklarını belirlemeleri açısından Kriz Merkezleri'ndeki, AKOM'daki bilgisayarlarda bulunmalıdır. Bilginin yedeklenmesi açısından ise belediyelerdeki ve muhtarlıklardaki bilgisayarlarda da olmalıdır.

Çizelge 4.6'da bina ve muhtarlık ünitelerinde saklanacak yerel bilgiler dahil olmak üzere merkezi bilgisayarlarda saklanacak olan yerel bilgilerin tümü verilmiştir. Bir başka deyişle Çizelge 4.6, arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgilerin tümünü, bu bilgilerin kaydedilecekleri yerleri ve bu bilgilerle ilgili örnekleri göstermektedir.

Çizelge 4.6 : Merkezi bilgisayarlarda saklanacak yerel bilgiler

BİLGİ TÜRLERİ	YERİ BİLGİ TÜRLERİNİN SAKLANACAĞI YERLER			ÖRNEKLER
	Bina Ünitesi	Merkezi Ünite (Muhtarlıklar)	Bilgisayar (Muhtarlıklar, Belediyeler, AKOM, Kriz Merkezleri)	
Ulaşım/Alternatif Ulaşım Planları	–	+	+	Bkz: Şekil 4.4-4.5
Deprem Haritaları	–	–	+	Bkz: Şekil 4.6
Yapı Yoğunluğu	–	–	+	Tarihi Yarımada için yapı yoğunluğu 30 bina/ha (Eyidoğan, 2008)
Nüfus Yoğunluğu	–	–	+	Eminönü'nde nüfus yoğunluğu 107 kişi/ha, 4 kişi/bina (Eyidoğan, 2008)
Sokaktaki Su ve Doğalgaz Vanalarının, Elektrik Şalterinin Yerlerini Gösteren Plan	–	+	+	Bkz: Şekil 4.5
Deprem Konteynırlarının Yerlerini Gösteren Plan	–	+	+	Bkz: Şekil 4.5
Bina Genel Bilgileri (Bina kullanım amacı hariç)	+	–	+	Bkz: Çizelge 4.2
Bina Kullanım Amacı	+	+	+	Bkz: Çizelge A.1
Bina Görsel Bilgileri	+	–	+	Bkz: Çizelge 4.2
Tehlikeli Maddeler ve Diğer Tehlike Unsurları	+	+	+	Bkz: Çizelge A.2
Kişi Bilgileri	+	–	+	Bkz: Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4



Şekil 4.6 : Deprem haritası

Arama-kurtarma prosedürlerinin incelenmesi ve görüşmeler sonucunda binalara ve muhtarlıklara yerleştirilecek veri depolama ünitelerine kaydedilmesi gereken yerel bilgiler belirlenmiş ve bu bilgileri içeren tablolar hazırlanmıştır (Çizelge 4.2-4.6). Ayrıca belirlenen yerel bilgilerin tümünün yedeklenmeleri amacıyla belirlenen merkezlerdeki (ör. AKOM'daki, Kriz Merkezleri'ndeki, belediyelerdeki, muhtarlıklardaki) bilgisayarlarda da bulunmasına karar verilmiştir.

Bir sonraki bölümde binalara ve muhtarlıklara yerleştirilecek olan ileri veri depolama ünitelerinin gereksinimleri, var olan ileri veri depolama teknolojileri ve belirlenen gereksinimler doğrultusunda seçilen teknolojiler açıklanmıştır.

5. İLERİ VERİ DEPOLAMA TEKNOLOJİLERİ

İkinci araştırma sorusu olan "ileri yerel veri depolama teknolojilerinin deprem sonrası arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması için gereksinimler nelerdir?" ve bunun alt sorusu olan "ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken teknik koşullar nelerdir?" sorularını cevaplandırmak amacıyla yapılan literatür çalışması ve görüşmeler sonucunda teknolojilerin sağlaması gereken şartlar belirlenmiştir. Var olan ileri yerel veri depolama teknolojileri incelenerek belirlenen gereksinimlere en uygun olanları seçilmiş ve bu teknolojilerin özellikleri detaylı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde çalışmanın amacına uygun özelliklere sahip olduğu tespit edilen radyo frekansı ile tanımlama (radio frequency identification - RFID) ve kablosuz duyarga ağları (wireless sensor network (WSN)) detaylı olarak tanıtılmıştır. Bu araştırma kapsamında neden bu iki teknolojinin seçildiği açıklanarak her iki teknolojinin özellikleri, türleri, faydaları ve dezavantajlarından bahsedilmiş, aralarındaki farklar belirtilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

5.1 İleri Yerel Veri Depolama Teknolojilerinin Gereksinimleri

Literatür araştırması ve görüşmeler sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması önerilen ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken şartlar tespit edilmiştir.

Yüksek hafıza kapasitesi:

İleri yerel veri depolama teknolojilerinin arama-kurtarma çalışmalarında kullanılmasının önerilmesindeki amaç, arama-kurtarma ekiplerine gerekli olan yerel bilgileri sağlamak olduğu için kullanılacak teknolojilerin seçiminde hafıza kapasitesi çok önemli bir kriterdir. Literatür çalışması ve görüşmeler sonucunda kesinleştirilen yerel bilgilerin (bina bilgileri, kişi bilgileri ve mahalle bilgileri) sayıca fazla olması (bkz. Bölüm 3-4) ve resim, metin türü bilgiler içermesi ünitelerin hafıza kapasitelerinin yüksek olması ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Yapılan ön

çalışmada 100 kişilik bir bina baz alındığında bina ve kişi bilgilerinin kaydedilmesi için gerekli olan hafıza değeri yaklaşık 867 Kb olarak hesaplanmıştır.

Veri aktarım hızının yüksek olması:

Önceki bölümlerde de ifade edildiği gibi arama-kurtarma çalışmalarında ilk 24 saat içerisinde depremzedelerin canlı olarak kurtarılma olasılığının %50'nin üzerinde olması (FEMA, 2003) ve yerel bilgi toplanırken zaman kaybedilmesi bilgiye erişimin hızlı olması ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Bu sebepten belirlenen amaç doğrultusunda kullanılacak teknolojilerin seçiminde veri aktarım hızının yüksek olması (ör. 1-2 dakika) önemli bir kriterdir.

Hafızanın güncellenebilmesi:

İleri veri depolama ünitelerine depremden önce kaydedilecek olan bina ve kişi bilgilerinin depremden sonraki çalışmalarda kullanılabilmesi için güncel olmaları çok önemlidir. Örneğin, bir kişi vefat ettiğinde kişinin binadaki kaydının silinmesi gerekmektedir; aksi takdirde bu kişinin var olduğu bilgisi arama-kurtarma ekiplerinin bu kişiyi bulmak için kurtarma çalışmalarına devam etmesine neden olabilir. Bu sebepten seçilecek olan teknolojilerin hafızalarının güncellenebilmesi gerekmektedir.

Veri erişiminde güvenliğin yüksek olması:

Yetkili olmayan kişilerin bilgilere ulaşamaması ve bilgilerin değiştirilmemesi için veri erişiminde güvenliğin yüksek olması gerekmektedir. Örneğin; bina ve kişi bilgileri hırsızların eline geçerse kişilerin evde bulunmadıkları zaman aralıklarında hırsızlık olayları gerçekleşebilir. Bu yüzden seçilecek teknolojilerin hafızasındaki verilere erişimde güvenliğin yüksek olması da seçim kriterleri arasında yer almalıdır.

Sert ortamlara karşı dayanıklı olması:

Yerel bilgilerin kaydedileceği bu teknolojiler depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında kullanılacağı için bu teknolojilerin depremden sonra çalışır durumda olmaları gerekmektedir. Bu yüzden teknolojiler incelenirken sert koşullarda (ör. deprem koşulları (darbe), hava koşulları (yağmur)) dayanıklı olmaları seçim kriterleri arasında yer almalıdır.

Görüş hattına gerek kalmadan uzaktan veri okuması yapabilmesi:

Depremden dolayı binaların hasar alması ya da yıkılması durumunda o kargaşa ortamında bu ünitelerin bina üzerinde nerede oldukları görülemeyebilir. Bu yüzden

kullanılacak teknolojilerin kullanıcıların görüş hattında olmasına gerek kalmadan uzaktan veri okuması yapabilmeleri önemli bir gereksinimdir.

Pilsiz çalışması ya da pil ömrünün uzun olması:

Kullanıcı kolaylığı ve maliyet açısından teknolojiler pille çalışmayabilir ya da pilleri uzun ömürlü olabilir. Böylelikle pillerin sık sık değiştirilme ihtiyacı ortadan kaldırılmış olur. Pillerin sık değiştirilmesi teknolojinin maliyetini arttıran bir unsurdur. Ayrıca pillerin sık sık değiştirilme gereksinimi sayıca fazla kullanılacak olan veri depolama ünitelerinden bazılarının bakımının gecikmesine neden olabilir. Pillerinin değişmesi geciken üniteler de sistem dışı kalıp çalışmaların aksamasına neden olabilir.

Literatür araştırması ve görüşmeler sonucunda yerel bilgilerin kaydedileceği teknolojilerin gereksinimleri özet olarak şunlardır:

- Hafıza kapasitesinin yüksek olması
- Veri aktarım hızının yüksek olması
- Hafızanın güncellenebilmesi
- Veri erişiminde güvenliğin yüksek olması
- Sert ortamlara (ör. darbe) karşı dayanıklı olması
- Görüş hattına gerek kalmadan uzaktan veri okuması yapabilmesi
- Pilsiz çalışması ya da pil ömrünün uzun olması

İlerleyen bölümlerde yukarıda ifade edilen teknoloji gereksinimleri doğrultusunda incelenen ve seçilen veri depolama teknolojileri detaylı olarak açıklanmıştır.

5.2 İleri Veri Depolama Teknolojileri

Otomotiv, sağlık, inşaat gibi çeşitli sektörlerde veri akışının sağlanması için optik karakterli tanıma (OCR), barkod, iki boyutlu barkod, radio frekansıyla tanımlama teknolojisi (radio frequency identification (RFID)) ve kablosuz duyarga ağları gibi birçok otomatik tanımlama teknolojileri kullanılmaktadır (Ergen ve dig. 2007; Kannan, 1999). Bu teknolojilerden optik karakterli tanıma (optical character recognition (OCR)) teknolojisi tanıma, tarama ve okuma olmak üzere üç fonksiyona sahiptir. OCR bilgisayar ortamında bulunmayan ve makineler (ör. daktilo) tarafından

yazılmış dokümanları özel tarayıcılarla tarayarak ya da taranan görüntüler üzerindeki karakterleri programlar aracılığıyla ASCII koda dönüştürerek sayısal ortama aktarma yapar (BYTE, 2008; Telekom Teknoloji Portalı 2008; Tanner, 2004). OCR teknolojisinde hafıza hem düşüktür hem de güncellenemez. Ayrıca bu teknoloji dayanıksız olduğu için darbe, aşırı sıcak ve soğuk gibi zorlu koşullarda kullanıma uygun değildir. Barkod teknolojisi ise, bilgiyi makineler tarafından okunabilir şekilde görsel olarak siyah ve beyaz barların oluşturduğu bir yüzey üzerinde gösterir. Bir barkod 12-14 karakteri depolayabilecek kapasitede (Goodrum ve diğ., 2003) hafızaya sahip olduğu için sadece yerleştirildiği nesneye ait tanımlama numarasını (ID number) gösterir. Barkod etiketinde yer alan tanımla numarası tarayıcı tarafından okutulduğunda, merkez sunucuda (central server) bulunan veri tabanındaki bu tanımlama numarası sayesinde barkodun bulunduğu nesnenin özellikleri tanımlanır. Ayrıca barkodların okunabilmesi için okuyucunun barkodu çok yakından ve belli bir açı ile taraması gerekmektedir. Barkodlar genellikle malzeme yönetiminde kullanılmaktadır (Kannan, 1999). Bunlara ek olarak barkodların hafızaları güncellenme özelliğine sahip değildir. Barkod teknolojisi de OCR teknolojisinde olduğu gibi sert ortamlara karşı dayanıklı değildir.

Açıklamalardan da anlaşılacağı gibi optik karakterli tanıma ve barkod teknolojileri depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında yerel verinin kaydedilmesi için kullanılacak olan teknolojilerin sağlaması beklenen gereksinimleri (ör. geniş ve güncellenebilir hafıza, sert ortamlara karşı dayanıklı olma, uzaktan veri transferi) karşılayamadığı için bu projede kullanılmamıştır.

Diğer otomatik bilgi tanımlama ve depolama teknolojileri olan RFID ve WSN ise arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması önerilen teknolojilerin sağlaması gereken teknik gereksinimleri (ör. güncellenebilir yüksek hafıza, görüş hattına gerek olmadan uzaktan veri transferi, yüksek veri aktarım hızı ve sert ortamlara karşı dayanıklı olma) yerine getirmektedir. Bu sistemlerin hangi gereksinimleri yerine getirdikleri ilerleyen paragraflarda açıklanmıştır.

RFID teknolojisi verilerin kaydedildiği etiketler ve verilerin etiketlerden okunmasını sağlayan okuyucudan oluşmaktadır. RFID teknolojisinde, etiket ile okuyucu arasındaki kablosuz veri akışı radyo dalgalarıyla sağlanır. Etiketin hafızasında depolanan bilgilere, okuyucular aracılığıyla her zaman ulaşılabilir ve bu bilgiler güncellenebilir (Ergen ve diğ., 2007; Jaselskis ve diğ., 1995; Karygiannis ve diğ.,

2003). Başka bir bilgi tanımlama ve depolama teknolojisi olarak kullanılabilecek bir teknoloji ise WSN teknolojisidir. Bu sistemde, kablosuz veri akışının duyargalarla sağlandığı bir ağ söz konusudur. Bir duyarga ağı içerisinde çok fazla sayıda duyarga bulunmaktadır (Callaway, 2002; Lorincz ve diğ., 2004). Duyargaların temel amaçları çevredeki olayları (ör. ısı, ışık, hareket) tanımlamak ve aktarmaktır. Ancak duyargalar yüksek hafıza kapasiteleri sayesinde veri depolanması amacıyla da kullanılabilir. Bu proje kapsamında WSN teknolojisinin seçilmesinin nedenleri yüksek ve güncellenebilir hafızaya sahip olması, veri aktarım hızının yüksek olması, veri transferinin uzaktan yapılabilmesi ve veriye erişimin güvenli olması olarak sıralanabilir.

WSN ve RFID teknolojilerinin okuma ve tanımlama mesafesi diğer teknolojilere göre çok daha fazla (ör. WSN'de ağ içerisinde herhangi bir yerden, RFID'de ise 30-100 m uzaktan) olduğu için, kullanıcıların objelere okuyucunun okunacak birimi göreceği şekilde (okuma görüş mesafesi) kadar yakınlaşıp okuma yapmalarına gerek yoktur. Ayrıca her iki teknolojinin hafızaları yüksek olduğu gibi güncellenme özelliğine de sahiptir. Yapılan ön çalışmada 100 kişilik bir bina için bina ve kişi bilgilerinin yaklaşık 867 KB olduğu hesaplanmıştır. WSN teknolojisi 512 MB hafızası ile bu verinin bir duyargada depolanmasını sağlar. RFID ise 128 KB hafızası ile verilerin parçalara ayrılarak birden fazla etikette depolanmasına olanak sağlar. Etiketlerin/duyargaların hafızalarındaki bilgilere uzaktan erişim söz konusu olduğu için arama-kurtarma ekipleri binalarda bulunan etiketlere/duyargalara görüş mesafesi kadar yaklaşmaya gerek kalmadan buralardaki bilgilere ulaşabileceklerdir. WSN ve RFID sistemlerinde de veri transferi çok hızlıdır. Örneğin WSN teknolojisi ile saniyede 250 kilobit veri transfer edilirken, RFID teknolojisinde saniyede 23 kilobit veri transfer edilebilir. Böylece ekipler arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan yerel bilgilere hızlı ve güvenli bir şekilde ulaşarak bu bilgilerin toplanması için zaman harcamayacaklardır.

WSN ve RFID teknolojileri, diğer veri depolama teknolojilerine göre (ör. barkod) geniş olan saklama kapasiteleri sayesinde hafızalarında çok fazla bilginin kaydedilmesine olanak sağlarlar. Bu özellik, bina ve bina sakinleri ile ilgili gerekli olan tüm bilgiler etiketlerin/duyargaların hafızalarında depolanmasına olanak sağlar. En önemli özelliklerinden bir tanesi de objelerin üzerine yerleştirilen bilgi saklama ünitelerinin güncellenebilir olmasıdır. Bir başka deyişle bilgi saklama ünitelerine

okuyucu yardımı ile değişik zamanlarda farklı bilgiler girilebilir ve eski girilen bilgiler de değiştirilebilir. Bu teknolojilerde verilerin güncellenebilme özelliği sayesinde diğer kaynaklardan gelen verileri (ör: sıcaklık, benzin seviyesi) gerçek zamanda kaydederler (Kannan, 1999). Böylece bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilerde değişiklik olduğunda bu bilgiler güncellenebilecek ve arama-kurtarma ekiplerinin doğru bilgiye ulaşmaları sağlanacaktır. Ayrıca her iki teknolojinin de sert koşullara (örneğin nem, sıcak, soğuk, darbe) karşı dayanımı yüksektir (Ergen ve diğ., 2007; Karygiannis ve diğ., 2003; Jaselskis ve diğ., 1995; Callaway, 2002; Lorincz ve diğ., 2004). Bu iki teknolojinin sert koşullara karşı dayanımlı olması depremde ağır hasarlı ya da çöken binalarda bulunan etiketlerin/duyargaların darbelerden dolayı zarar görme olasılığını azaltır. Ayrıca bu teknolojilerdeki yüksek veri güvenliği sayesinde, etiketlerin ve duyargaların hafızalarına kaydedilmiş olan verilere erişim kısıtlanabilir. Bunun sonucunda bilgilerin güncellenmesi sadece yetkili kişiler tarafından yapılabilir.

RFID ve WSN teknolojilerinin diğer veri depolama teknolojileri (ör. optik karakterli okuma, barkod) ile karşılaştırıldıklarında (1) geniş ve güncellenebilir hafızaları, (2) zorlu koşullara (ör. darbe) olan dayanımları, (3) yüksek okuma mesafeleri, (4) yüksek veri hızı ve (5) yüksek veri güvenliği açısından üstünlükleri vardır. Bu sebeple depremden sonra yapılan arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgilerin (ör. bina ve kişi bilgileri) depolanması için belirlenen gereksinimlere (Bkz. 5.1) en uygun ileri veri depolama teknolojileri RFID ve WSN teknolojileridir. Takip eden bölümlerde bu iki teknoloji ile ilgili detaylı bilgi verilecektir.

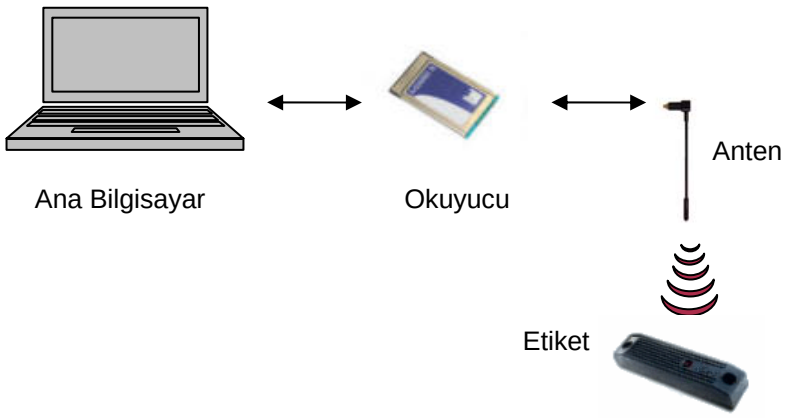
5.3 Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID)

Radyo frekansı ile tanımlama (RFID) teknolojisi, bir tür otomatik tanıma, veri toplama ve lokal veri saklama teknolojisidir. RFID sistemleri pek çok nesnenin (eşyalar, hayvanlar, insanlar vb) tespit edilmesinde ve bu nesnelerle ilgili bilgilerin lokal olarak saklanmasında kullanılır (Karygiannis ve diğ., 2006).

Ulaşım, fabrikasyon, tarım, inşaat ve sağlık alanlarında kullanılmak üzere geliştirilmiş pek çok RFID uygulamaları vardır (Ergen ve diğ., 2007). Örneğin, kütüphanelerde kitapların takibi, erişim kontrolü sağlanması, havaalanlarında bagaj takibi, tekstil sektöründe kıyafetlerin takibi, sevkıyat konteynırı takibi, gemi ile nakliye alanlarında kamyon ve römorkların takibi gibi. Ayrıca bazı hastanelerde,

etiketli tıbbi ekipmanların ve portatif eşyaların tam olarak bulundukları yerlerin tespitinde ve hangisinin o anda kullanımda olduğunun veya hangilerinin bakıma ihtiyacı olduğunun saptanmasında RFID şebekeleri kullanılmaktadır. (Karygiannis ve diğ., 2006).

RFID donanımı; etiket (tag), okuyucu (reader) ve anten (antenna) olmak üzere üç bileşenden oluşmaktadır (Jaselskis ve diğ., 1995). Şekil 5.1' de bu bileşenler gösterilmektedir.



Şekil 5.1 : RFID sisteminin bileşenleri (Ergen ve diğ., 2003)

RFID etiketleri içinde buldurdukları bilgisayar çipinde veri depolar ve etiketteki bilgiler okuyucuya "okuma görüş hattına" gerek duymaksızın radyo dalgaları aracılığıyla kablosuz olarak iletilir. Harici bir anten ile donatılmış olan okuyucu; radyo frekansı yoluyla etiketlerden bilgi okur ve etiketlere bilgi yazar (Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2003).

RFID okuyucuları, etiketlerden okudukları ya da etiketlere kaydettikleri bilgileri (Ergen ve diğ., 2007) bilgisayara ya da okuyucuya yüklenmiş bir program aracılığıyla bir sayısal çıktıya çevirip bilgisayar/okuyucu ekranında verilerin görüntülenmesini sağlar. Okuyucu, etiketlerden elde edilen verileri uzun süreli saklama özelliğinin yanı sıra, bu bilgileri işleme ve bilgisayar terminaline kablosuz olarak ya da fiber optik bağlantılarla iletir (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003). Okuyucular kullanım amacına göre portatif ya da sabit olabilir (Jaselskis ve diğ., 1995).

Antenler ise, etiketteki bilginin okuyucuya iletilmesini ve okuyucudan etikete bilgi aktarılmasını sağlar. Okuyucuda da etikette de anten bulunur, okuyucudaki anten okuyucuya iliştirilen harici bir parça iken etiketteki anten genelde etiketin ambalajının içinde yer alır. Etiketin anteni, veriyi radyo dalgaları ile okuyucuya iletir ve okuyucu radyo dalgalarını alıp veriyi işler. Okuyucunun anteni, bir koruyucu katman ile çevrilidir. Okuyucu anteninin nasıl yerleştirileceği; sistemin çalışma frekansı, etiketlerin büyüklüğü, kullanılan anten, çevreleyen malzemelerin nitelikleri ve ortamdaki açık alan miktarı gibi etkenlere bağlıdır. (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Takip eden bölümlerde RFID etiketlerinin çeşitleri, RFID teknolojisinin avantajları ve dezavantajları ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

5.3.1 RFID etiketleri

Temel fonksiyonları objeleri otomatik olarak tanımlamak olan RFID etiketleri, nesnelere dışarıdan iliştirilirler veya nesnelerin içlerine yerleştirilirler. İliştirildikleri nesne ile ilgili kullanıcı tarafından girilen bilgileri depolarlar ve ayni zamanda çeşitli duyargalar (ör. ısıya ve neme duyarlı duyargalar) ile bütünleşik olarak çalışabilirler. Ayrıca, verilere izinsiz erişimi ve verilerin üzerinde değişiklik yapılmasını engellemek için parolalı koruma ve şifreleme gibi bazı güvenlik mekanizmaları da bulunmaktadır. (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003).

Etiketin içindeki küçük çip, okuyucudan gönderilen veriye erişmek, okuyucuya veri göndermek veya duyarga verilerini toplayabilmek için enerjiye ihtiyaç duyar. Bir etiketin ihtiyaç duyduğu enerji miktarı, kullanılan radyo frekansı, etiketin işlevi ve etiket ile okuyucu arasındaki iletişim mesafesi gibi pek çok etkene bağlıdır (Karygiannis ve diğ., 2006). İletişim ve diğer işlevler için kullanılan enerji kaynağına göre etiketler dört gruba ayrılmıştır: pasif, aktif, yarı aktif, yarı pasif.

Aktif etiketler; okuyucu ile iletişim kurmak, üzerindeki devreye gerekli gücü sağlamak ve diğer işlevleri gerçekleştirmek için dahili bir pile ihtiyaç duyarlar. Aktif etiketler pasif etiketlere kıyasla daha büyüktür ve maliyetleri daha yüksektir. Pil ömürleri yaklaşık 5-10 yıl arasında değişebilir ve pillerin yenilenebilen pil veya yenilenemeyen pil olmak üzere iki türü vardır. Aktif RFID etiketleri okuyucu ile haberleşmek için kendi pillerini kullandıklarından okuyucudan gelen düşük güçte sinyallere cevap verebilirler. Aktif RFID etiketlerinin birçoğu güncellenebilir bir

hafızaya sahiptir, etiketlerinin bazılarının geniş hafıza kapasiteleri vardır (örneğin 32-128 KB), ve pasif etiket türlerine göre çok büyük mesafeler üzerinden iletişim (örneğin 30-100 m) kurabilirler (Ergen ve diğ., 2007; Eydt ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003; Goodrum ve diğ., 2005; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Diğer taraftan *pasif etiketler*in ihtiyaç duyduğu enerji okuyucu tarafından sağlanır. Pasif etiketler gerekli enerjiyi dışarıdan aldığı için veri iletim hızları aktif etiketlere göre düşüktür ve düşük hızla çok fazla veri transferi verimli olmadığından hafızaları küçüktür. Dahili bir pile ihtiyaçları olmadığı için diğer etiket türlerine göre daha ucuz, daha küçük ve daha hafiftirler (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Aktif etiketlere benzer özellikler gösteren *yarı aktif etiketler*, okuyucu ile iletişim kurabilmek için dahili pillerini kullanırlar. Okuyucu ile iletişim halinde değil iken uyku modunda beklerler. Okuyucudan ilk sinyali aldıktan sonra uyanıp pillerini devreye sokarlar. Kısa bir zamanda fazla sayıda etiket okunması gerektiği durumlarda, her bir etiketin uyanmak için geçirdiği süre, toplam okuma süresini uzatabilir ve uyanma süresi bir dezavantaj oluşturur. Aktif etiketlere göre yarı aktif etiketlerin pil ömürleri daha uzundur ve pasif etiketlere göre daha uzak mesafelerde iletişim kurabilirler (Karygiannis ve diğ., 2006).

Yarı pasif etiketler ise, yarı aktif etiketlerde olduğu gibi mikroçip için gerekli itici gücü sağlayan dahili pillere sahiptir. Yarı pasif etiketler, aktif ve yarı aktif etiketlerin aksine sinyal yayınlamazlar. Pasif etiketlere oranla yaklaşık 100 kat daha fazla okuma hassasiyetleri vardır; bu sayede çok zayıf sinyaller bile okuyucuya ulaşır. Örneğin, yarı pasif etiketler pasif etiketlere göre okuyucudan daha uzakta olsa bile yüksek okuma hassasiyetleri sayesinde okuyucu tarafından okunabilirler. Ayrıca aktif etiketlerden daha uzun pil ömrüne sahiptirler. İhtiyaç duydukları enerjiyi dahili pillerinden sağladıkları için duyargalarla entegre çalıştıkları durumlarda, duyargalardan gelen bilgileri depolamak için kendi pil güçlerini kullanırlar (Karygiannis ve diğ., 2006).

RFID etiketleri, hafızalarındaki bilgilerin güncellenebilmesine göre iki ana grupta sınıflandırılırlar: (1) Üzerindeki bilgi güncellenemeyen, salt okunur (read-only) etiketler, (2) Hafızaları yeni bilgilerle güncellenebilen, okuma/yazma (read/write) etiketleri (Ergen ve diğ., 2007).

5.3.1.1 Salt okunur (read-only) etiketler

Salt okunur etiketler (ör. pasif etiketlerin çoğu) basit tanımlamaları (ör. malzeme tespiti) yapmak amacıyla kullanılır ve ürettikleri güçlerini genellikle okuyucunun gönderdiği radyo frekansından alırlar (Wing, 2006). Bu tip etiketler kullanım süresi boyunca sadece bir kere ya imalat sırasında ya da kullanıcı tarafından programlanırlar. Salt okunur etiketlerde programlanan veri bir daha değiştirilemez. RFID teknolojisinin en basit formu olan bu etiketlerin hafızaları yaklaşık olarak 8-128 bit (1-16 karakter) kadar veri depolayabilir (Jaselskis ve Misalami, 2003; Wing, 2006). Bu etiketlerde tanımlama numarası saklanır ve geri kalan tüm bilgiler başka bir veritabanında tutulur. Tanımlama numarası sayesinde o nesneye ait tüm bilgilere kolayca ulaşılır. Salt okunur etiketlerin kullanım alanlarına örnek olarak şunlar verilebilir: malzeme yönetimi, malzeme/insan takibi, malzemelerin tespit edilmesi, ücretli yol ve köprülerde ulaşım ücretlerinin otomatik olarak ödenmesi, giriş kontrolü (örneğin hususi bir binaya ya da kampüse giriş), görme engelli kişilerin ilaç dozajlarını öğrenmeleri için sesli teknoloji ve su, gaz, elektrik sayaçlarının okumaları (Ergen ve diğ., 2007; Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami, 2003; Karygiannis ve diğ., 2006). İleriki bölümlerde salt okunur etiketlerin malzeme yönetiminde, malzeme/insan takibinde, malzeme tespitinde, giriş kontrolünde, geçiş ücretleri ve harç ödemelerinde nasıl kullanıldıkları açıklanmaktadır.

5.3.1.2 Okuma/yazma (read-write) etiketleri

Okuma-yazma etiketleri (ör. aktif etiketler), ürettikleri enerjiyi pilden alırlar. Hafızalarına kaydedilen bilgi güncellenebilir (Wing, 2006). Okuma-yazma etiketleri, 32-128 KB'lık kapasiteleri ile hafızaları en fazla 128 bite kadar çıkan salt okunur etiketlere göre hafızalarında çok daha fazla veri kaydetmeye imkan sağlarlar. Yüksek hafıza kapasitesi olan bu etiketler genellikle aletlerin takibinde, ekipman bakımında ve personelin kimlik tespitinde kullanılmaktadır. Takip eden bölümde okuma-yazma etiketlerinin ekipman bakımında ve personel kimlik tespitinde nasıl kullanıldıkları açıklanmaktadır.

5.3.1.3 RFID etiketlerinin kullanım alanları

RFID etiketleri de sağladıkları kolaylılar yüzünden birçok alanda kullanılmakta veya kullanılmaları önerilmektedir. Bu bölümde RFID etiketlerinin kullanım alanları açıklanmıştır.

Malzeme Yönetimi: Bir öğenin bir yerde olup olmadığının okuyucu ile saptanmasıdır. RFID tabanlı malzeme yönetimi sistemi, etiket yerleştirilmiş olan birçok nesneye fiziksel kontak kurmadan ya da okuma görüş hattına gerek kalmadan aynı zamanda ulaşmayı sağlar. Bu özellik sayesinde malzeme yönetiminin etkinliği ve yeterliği artırılarak genel malzeme yönetimi hızlandırılmış olur. Örneğin, sevkiyat konteynırı takibinde, gemi ile nakliye alanlarında kamyon ve römorkların takibi ve/veya kayıp ya da çalınmış eşyaların bulunması gibi işlemler sırasında tespit edilebilir öğelerin yerlerinin saptanması için kullanılır (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ, 2003). Malzeme yönetiminin altında yer alabilecek olan malzeme tespiti, bazı kaynaklarda malzeme yönetiminden ayrı olarak ele alınmıştır. RFID etiketleri kullanılarak malzeme tespit edilmesi kategorileri şu şekildedir: malzemenin hareket noktası, malzeme talep edilmesi, malzeme ihale edilmesi, malzeme teftiş edilmesi, malzeme sevkiyatı ve ithalatı, malzemelerin alındığına dair makbuz, malzemenin deposu, sözleşmeyi yapan tarafa malzemenin dağıtımı, malzemenin yerleştirilmesi, malzemenin geri dönüşü, donanımların çalışmaya başlaması, projenin teslimi (Ergen ve diğ., 2007; Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami 2003). Örneğin; tehlikeli madde taşıyan varillerin üzerine yerleştirilen RFID etiketleri sayesinde bu variller güvenli mesafeden tespit edilir; böylece herhangi bir patlamanın oluşması engellenir.

Malzeme/İnsan Takibi: Malzeme yönetimi ve takip arasındaki fark; malzeme yönetim sistemi bir nesnenin varlığını belirli bir yerdeki okuyucu ile tespit eder. Malzeme takip sisteminde ise, ağ gibi çalışacak birden çok okuyucuya ihtiyaç vardır; bu sayede merkezi sistem her bir okuyucudan alınan bilgileri ilişkilendirilebilir ve malzemenin yer değiştirmesini takip edebilir (Karygiannis ve diğ., 2006). Alzheimer tedavi tesislerinde hastanın yerinin belirlenmesi ve izinsiz bölgelere giriş yaptıklarında güvenliklerinin sağlanması, acil durumlarda menkul kıymetler birimi çalışanlarının izlerinin sürülmesi ve binaların yangın anında tahliye edilişinin denetlenmesi, bazı takip uygulamalarına örnektir (Karygiannis ve diğ., 2006).

Geçiş ücretleri ve harçlar: RFID etiketleri, geçiş ücretlerinin ve harçlarının alınması amacı ile de kullanılmaktadır. Üzerinde RF etiketleri yerleştirilmiş olan araçların geçiş yaptıkları karayolları, otoyollar, köprüler, demiryolları, üzerindeki tarayıcılar, araçların hesaplarından geçiş ücretlerini düşerler. RFID temelli otomatik ödeme sistemleri sayesinde kullanıcıların makinelere veya memurlara para veya kart

göstermelerine gerek kalmazken; sistemin en büyük iki avantajı hız ve konfor sağlamasıdır (Karygiannis ve diğ., 2006; Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Giriş Kontrolü: RFID, bir kişinin bir binaya/bölgeye girişinin kontrolünü (örneğin güvenliği olan bir yerleşkeye girebilmek gibi) ya da bir bilgi teknolojileri sistemine girmeye yetkisi olup olmadığının kontrolünü otomatik olarak yapmak için de kullanılmaktadır. Bölgelerin korunması için, mekanik anahtarlar yerine RFID kartları tercih edilmektedir. Ayrıca etiketler araba anahtarları içinde de kullanılmaktadır. Örneğin bazı imalatçılar RFID donanımlı kontak anahtarlarını hırsızlığa karşı önlem olarak kullanmaktadırlar. (Ergen ve diğ., 2007; Karygiannis ve diğ., 2006).

Sayaç okuma: RFID, Su, gaz ve elektrik sayaçlarından, sayacın yakınlarındayken ya da sayaçtan uzak bir mesafedeyken portatif bir okuyucu cihazla okuma yapmak için kullanılmaktadır (Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Görme engelli kişiler için RFID: İlaç kutularında RFID etiketlerinin kullanılması ile kör veya görme bozukluğu olan kişilerin, ilaç dozajlarını sesli teknoloji kullanarak sözlü olarak öğrenmeleri sağlanmaktadır.

El aletlerinin takibi: Her bir alete ait çalışma geçmişinin kayıtlarının tutulmasında RFID etiketlerinin kullanılması amaçlanmaktadır. Bu sistemde, etiketler aletlerin adına, seri numaralarına ve geçirdikleri değişimler ve bakımlar ile ilgili bilgiler göre programlanırlar (Goodrum ve diğ., 2003).

Ekipman Bakımı: Ekipman bakımının önerildiği sistemde ise ekipmanlar iş yerinde kullanıldıkları sırada, bakım geçmişi ile ilgili bilgiler etiketlerden okunur ve etiketlere yazılır (Jaselskis ve diğ., 1995; Jaselskis ve El-Misalami, 2003).

Çalışanların Kimlik Tespitinde: Önerilen bu denetim sisteminde, tıbbi ve personel bilgileri, örneğin her bir çalışanın ruhsatları, eğitimleri ve deneyimleri ile ilgili bilgiler, saklanır. Önerilen başka bir kullanım alanı da hastanın tanımlanmasıdır. Hasta bilekliklerinde RFID kullanılarak hastaların durum ve bakim bilgilerinin güncellenmesi, konumlandırılmaları, güvenliklerinin sağlanması ve yerlerinin saptanması mümkün olacaktır **(**Jaselskis ve diğ., 1995**;** Jaselskis ve El-Misalami, 2003**)**.

5.3.2 RFID frekansları

Kullandıkları frekans değerine göre RFID teknolojisi dört türe ayrılabilir: (1) Düşük Frekans (Low Frequency (LF)), (2) Yüksek Frekans (High Frequency (HF)), (3) Çok Yüksek Frekans (Ultrahigh Frequency (UHF)) ve (4) Mikrodalga (Microwave) (Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve diğ., 1995). Frekansın yükselmesi, daha hızlı veri iletim hızı ve daha uzak okuma menzilleri sağlar, ancak yüksek frekansta RFID sinyalleri metal ve sıvı bulunan ortamlardan daha çok etkilenmeye başlar ve teknolojinin performansı düşer. Frekans düştükçe, yüksek frekansların tersine, veri okuma hızı ve veri okuma menzili düşer ancak düşük frekanslarda RFID teknolojisi metal ve sıvı bulunduran ortamlardan daha az etkilenir ve bu ortamlardaki performansı yüksek frekanslara göre daha iyidir (Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve diğ., 1995). RFID frekansları, bu frekansların özellikleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1 : RFID frekansları

RFID Frekanslarının Özellikleri	Düşük Frekans	Yüksek Frekans	Çok Yüksek Frekans	Mikrodalga
Yüksek veri okuma hızı	–	+	+	+
Uzak okuma mesafesi	–	–	+	+
Ortamdaki metale ve sıvılara karşı duyarlılık	–	–	+	+

5.3.3 RFID teknolojisinin avantajları

Bu bölümde RFID teknolojisinin sağladığı avantajlar ve RFID teknolojisinin avantajlarının bu çalışmaya olabilecek potansiyel katkıları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır:

- *Otomatik Veri Okuma/Transferi:* RFID teknolojisinin verilerin otomatik olarak okunabilmesini sağlaması ile veriler hem doğru hem de hızlı bir şekilde transfer edilebilirler (Goodrum ve diğ., 2003). Bu özellik sayesinde arama-kurtarma ekipleri bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgilere çok kısa süre içerisinde erişip çalışmalarına yön verebilirler.

- *Yerel Veri Saklama:* RFID etiketinin üzerinde veri depolanabildiği için, okuyucu ile etiketin hafızasına kaydedilmiş olan bilgilere her zaman ulaşılır (Goodrum ve diğ., 2003). Böylece depremden sonra arama-kurtarma ekipleri bina ve kişi bilgilerine ihtiyaç duydukları anda erişebilirler.

- *Uzak Okuma Mesafesi:* RFID teknolojisinde okuma mesafesi diğer bilgi depolayan teknolojilere (ör. barkodlara) göre çok daha fazladır. Örneğin barkod sisteminde ya görüş hattından okuma yapılması ya da barkot ile okuyucu arasında fiziksel bir kontak olması gerekir (Ergen ve diğ., 2007). Buna karşın bazı RFID teknolojilerinde okuma uzaklığı açık alanda 100 m'ye kadar çıkabilir. Okuma mesafesi, etiketlerin pasif ya da aktif olmasına veya frekansın düşük, yüksek, çok yüksek ve mikrodalga oluşuna bağlı olarak değişir (Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve diğ., 1995). Aktif etiketler, 1.5-100 m (5-328 feet) mesafeler arasında okunabilir ve yazılabilirler. Pasif etiketlerin okuma mesafeleri ise 5 cm-4 m (2 inches-13 feet) arasında değişmektedir. Örneğin düşük frekansta (LF) okuma mesafesi 0.5 m'den az, yüksek frekansta (HF) okuma mesafesi 1 m'den az iken çok yüksek frekansta (UHF) okuma mesafesi yaklaşık 4 m, mikrodalgada (Microwave) ise okuma mesafesi yaklaşık olarak 1 m'dir (Karygiannis ve diğ., 2006; Goodrum ve diğ., 2003; Goodrum ve diğ., 2005; Jaselskis ve El-Misalami, 2003; Wing, 2006). Aktif ve pasif etiketlerin aynı frekansta olması durumunda, aktif etiketlerin okuma mesafesi pasif etiketlere göre çok daha fazladır (Ergen ve diğ., 2007); çünkü aktif etiketler pillerden aldıkları enerji ile okuyucuyla haberleşebilirler. Pasif etiketler ise haberleşmek için okuyucudan gelen enerji kullanırlar. Bu çalışmada etiketler binaların üzerlerinde yüksek noktalara yerleştirilecektir; çünkü Bölüm 7'de detaylı olarak verildiği gibi Türkiye'de gerçekleşmiş önemli depremlerin zarar verdiği betonarme binaların yer aldığı fotoğraf arşivleri incelendiğinde ve uzmanlarla yapılan görüşmelerin sonucunda binaların üst katlarının genellikle daha az zarar gördüğü belirlenmiştir. Binaların üst katlarına doğru yerleştirilmesi planlanan RFID etiketlerinin okuma mesafelerinin büyük olması avantaj sağlamaktadır.

- *Yüksek Hızda Veriye Erişim:* Bazı frekanslarda (ör. çok yüksek frekans, mikrodalga) farklı etiketlerden çok fazla bilgi aynı anda saniyeler içerisinde okunabilir (Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve El-Misalami, 2003;

Karygiannis ve diğ., 2006). Örneğin, son yıllarda üretilen okuyucular her saniyede 100-2000 adet çok yüksek frekanstaki RFID etiketini ard arda okuyabilecek kapasitededir (Wing, 2006). RFID teknolojisinin sağladığı bu özellik, arama-kurtarma ekiplerinin istedikleri veriyi çok kısa süre içerisinde elde etmelerini sağlar. Böylece geleneksel arama-kurtarma sisteminde bina ve kişi bilgilerini elde etmek için harcanılan zaman, geliştirilen bu sistem sayesinde minimuma düşürülerek daha fazla depremzedenin kurtarılması sağlanabilir.

- *Geniş Veri Saklama Kapasitesi:* Aktif etiketler 32 -128 KB veri saklayabilir, diğer bir deyişle 500.000 karakter saklama kapasitesine sahiptir (Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2003; Wing 2006). RFID etiketlerinin hafıza kapasitelerinin yüksek olması, bina ve bina sakinleri ile ilgili gerekli olan bilgilerin etiketlere kaydedilebilmesini ve bu bilgilere arama-kurtarma ekiplerinin istedikleri zaman ulaşabilmelerini sağlayacaktır.

- *Zorlu Koşullara Dayanabilme*: RFID etiketleri kirli, nemli, çamurlu, soğuk ve sıcak (-40°C ile 200°C arası) ortamlara dayanıklıdırlar (Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2003; Jaselskis ve El-Misalami, 2003; Wing, 2006). Etiketlerin kötü hava şartlarına ve zorlu koşullara karşı dayanıklı olmaları, binaların üzerine yerleştirilmesi ve açık alanlarda kullanılması planlanan etiketlerin kolayca zarar görmelerini engelleyecektir.

- *Optik Görüş Hattı Olmaksızın Okuma*: Radyo dalgaları, okuyucu ile etiket arasında çok büyük olan nesneler yoksa pek çok malzemenin içinden geçebilir (Ergen ve diğ., 2007; Karygiannis ve diğ., 2006; Wing, 2006). Bu sebeple okuyucu ile etiket arasında direkt optik görüş hattı olmasına gerek yoktur (Ergen ve diğ., 2007). Bu çalışmada etiketler binaların dış yüzeyine yerleştirileceği için etiket ile okuyucu arasına büyük bir engel gelmesi beklenmemektedir. Ancak binanın ağır hasar alması ya da çökmesi durumunda etiket ile okuyucu arasına büyük kütleler gelebilir; bu olumsuzluğu ortadan kaldırmak için binaya birden fazla etiket yerleştirilecektir.

- *Güncelleme:* Bazı etiket türlerinde (ör. aktif etiketler), etiket üzerinde saklanan bilgiler güncellenebilir Etiketlerdeki bilgiler güncellenebildiği için

bina sakinleri ya da bina ile ilgili herhangi bir değişiklik olması durumunda (örneğin yeni bir ailenin taşınması ya da binanın cephesinin renginin değiştirilmesi gibi) yeni bilgiler hemen etiketlerin hafızasına işlenebilir (Goodrum ve diğ., 2003; Wing, 2006). Böylece arama-kurtarma personelinin güncel ve doğru bilgilere ulaşması sağlanır.

- *Yüksek Seviyede Güvenlik:* Etiketler yüksek seviyede güvenlik sağlarlar; çünkü her bir etiket tektir ve etiket bilgisinin kopyalanması zordur (Goodrum ve diğ., 2003). RFID pazarında 500'ün üzerinde etiket çeşidi bulunmakta ve her bir RFID sisteminin kullanılacağı amaca göre güvenlik önlemleri değişir. RFID standartlarında (ör. ISO, EPCglobal), etiketlerin hafızalarına erişimi engellemek için şifre koruması, kriptoloji gibi belirli güvenlik önlemleri belirlenmiştir (Karygiannis ve diğ., 2006). Etiketlerin yüksek derecede güvenlik sağlama özellikleri sayesinde etiketlerde kayıtlı olan verilere ancak yetkililer erişebilir. Böylece etiketlerin hafızalarında bulunan bilgilerin görevli olmayan kişiler tarafından değiştirilmesi engellenir ve bu bilgilerde hatalı değişiklik yapılması önlenir. Bu özellik sayesinde etiketlerin hafızlarına kaydedilmiş olan bilgilerin hem doğruluğu ve güvenilirliği sağlanır hem de başkalarının eline geçmesi engellenerek kişisel bilgilerin korunmasını sağlar.

5.3.4 RFID teknolojisinin dezavantajları

RFID teknolojisi, gelişmekte olan bir teknoloji olduğu için bir takım dezavantajları bulunmaktadır. Ancak bu teknolojinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak ya da en aza indirmek için yeni çözümler üretilmektedir. RFID etiketlerinin dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- *Standardizasyon:* Farklı imalatçılar tarafından üretilen etiket ve okuyucu birbirleriyle iletişim kurabilmeleri için standartların geliştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda ISO (Internetional Organization for Standardization) ve EPC (European Patent Convention) RFID teknolojisi için standartlar geliştirmektedir. Perakende sektöründe pasif etiketler için geçerli standartlar (ör. ISO 15693) olmasına rağmen aktif etiketler ve diğer sektörler için henüz herhangi bir standart yoktur. Ancak bu konuda yapılan araştırmalar çoğaldıkça ve RFID teknolojisinin kullanımı sektörde yaygınlaşmaya başladıkça standardizasyon çalışmaları da hızlanmaktadır

(Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2005; Jaselskis ve El-Misalami, 2003). Bu çalışmada RFID teknolojisinin bu dezavantajını ortadan kaldırmak için aynı firmanın ürettiği okuyucular ve etiketler kullanılacaktır.

- *Metale ve Ortamdaki Sıvılara Karşı Duyarlılık:* Ortamda bulunan metal, RFID okuyucusundan ve etiketinden gelen sinyalleri yansıtmakta ve veri transferini oldukça zorlaştırmaktadır (Ergen ve diğ., 2007; Goodrum ve diğ., 2003). Örneğin, RFID etiketi ile okuyucusu arasına çelik bir kiriş girerse okuma olasılığı oldukça düşer (Jaselskis ve El-Misalami, 2003). Ortamda sıvının bulunması da RFID sinyallerinin emilmesine, sonuç olarak sinyallerin bozulmasına ve hatalı okumalara neden olur (Ergen ve diğ. 2007). RFID'nin metale ve sıvıya karşı olan duyarlılığından dolayı etiketlerin binaların üzerine yerleştirilmesi planlanmaktadır; çünkü etiketlerin bina içerisine yerleştirilmesi durumunda etiket ile okuyucu arasına beton ve demir içeren duvar girecektir. Bu da etiketlerin sinyallerinin emilmesine ve okuma yapılamamasına neden olabilir. Depremde binaların yıkılması ya da ağır hasar alması durumunda etiketlerin önüne engel gelmesi olasılığına karşı binaların üzerine birden fazla etiket yerleştirilecektir.

- *Yüksek Maliyet:* Dört sene önce bir firmanın ürettiği aktif etiketler 28-77 arasında değişirken, antenlerin fiyatları 36-343 arasındadır (Identec, 2004). Aktif etiketlerin maliyeti ise pasif etiketlere göre 10-20 kat daha fazladır. Beş sene öncesinin fiyatlarına göre RFID okuyucusunun fiyatı 200-10000 arasında değişmekle beraber genellikle her biri 1000-4000$ civarındadır (Goodrum ve diğ., 2003). Aktif RFID etiketlerinin düşük maliyetli olmaması bu projenin tüm yurt geneline ya da il geneline uygulanabilir olması açısında dezavantaj teşkil etmektedir. Ancak RFID teknolojisinin fiyatlarında hızlı bir düşüş görüldüğü için zamanla bu sorunun önemini yitirmesi beklenmektedir.

- *Pil Yönetimi:* Aktif etiketlerin bulunan dahili pil ömrünün yaklaşık 5-10 yıl kadar olmasından dolayı pilin veya etiketin düzenli olarak değiştirilmesi gerekmektedir (Ergen ve diğ., 2007).

Yukarıda da bahsedildiği gibi, RFID teknolojisinin dezavantajlarını en aza indirecek çözümler geliştirilmiştir. Çizelge 5.2'de RFID etiketlerinin çeşitleri ve her bir çeşide ait avantajlar ve dezavantajlar belirtilmiştir.

Çizelge 5.2 : RFID etiketlerinin çeşitleri ve özellikleri

RFID Etiketlerinin Özellikleri	Aktif RFID Etiketleri	Pasif RFID Etiketleri	Yarı Aktif RFID Etiketleri	Yarı Pasif RFID Etiketleri
Yerel veri saklama	+	+	+	+
Geniş veri saklama kapasitesi	+	–	–	–
Güncelleme	+	–	+	+
Yüksek hızda veriye erişim	+	–	+	+
Optik görüş hattı olmaksızın okuma	+	–	+	+
Otomatik veri okuma/transferi	+	+	+	+
Yüksek seviyede güvenlik	+	+	+	+
Zorlu koşullara dayanabilme	+	+	+	+
Enerjiyi okuyucudan sağlama	–	+	–	–
Boyutunun küçük olması	–	+	–	–
Ağırlığının az olması	–	+	–	–
Düşük maliyet	–	+	–	–
Standardizasyon	+	+	+	+
Pil yönetimi	+	–	+	+
Etiketin uyanma süresinin uzun olması	–	–	+	–

RFID teknolojisi sürekli geliştirildiği, piyasadaki tüm ürünlerle ilgili bilgi edinilemeyeceği ve şu anda çok az sayıdaki pasif RFID etiketlerinde güncelleme yapılabildiği için piyasadaki tüm pasif RFID etiketlerinde güncellemenin olmadığı kabul edilmiştir (Çizelge 5.2).

5.4 Özel Amaca Yönelik Kablosuz Ağlar (Wireless Ad-Hoc Network)

Depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerin kaydedilmesi amacıyla kullanılabilecek bir diğer teknolojinin kablosuz duyarga ağları olduğu belirlenmiştir. Kablosuz duyarga düğümleri, RFID etiketlerinden çok daha yüksek hafızaya sahip olduğu için arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan

bina ve kişi bilgilerinin tümünün kaydedilmesini sağlar. Bu bölümde özel amaca yönelik kablosuz ağ teknolojisinin çalışma sisteminden, özelliklerinden ve çeşitlerinden bahsedilmiştir.

Özel amaca yönelik kablosuz ağlar, iletişim bağlantılarının kablosuz olduğu bilgisayar ağlarıdır. Kablosuz ağlar, bir bilgisayar ağı gibi, elektromanyetik dalgalarla (ör. radyo dalgaları) bağlantının sağlandığı bir çeşit uzaktan bilgi iletim sistemidir. Ağ, her bir düğümün gerektiğinde diğer tüm düğümlere veri iletmesini mümkün kılacak şekilde geliştirilir (ad-hoc özelliği) ve böylece ağın bağlanabilirliğine göre hangi düğümlerin veri aktaracağına dinamik olarak karar verilir. Kablosuz ağ teknolojilerinin sahip olduğu bu özellik, yönlendirici (router), şalter (switch), göbek (hub) ve güvenlik duvarları (firewall) gibi donanımların kullanıldığı sistemlerde görülmemektedir. Ayrıca erişim noktası olarak bilinen özel bir düğümün diğer düğümler arasında iletişimi düzenlediği gözetimli kablosuz ağlardan (managed wireless network) da farklıdır.

Özel amaca yönelik kablosuz ağlar, asgari (minimal) yapılanışları ve hızlı kurulma (quick deployment) özellikleri nedeniyle, doğal afetler ya da askeri çatışmalar gibi acil durumlar için uygundur. Özel amaca yönelik kablosuz ağlar üç ana gruba ayrılır: (1) Özel Amaca Yönelik Mobil Ağlar (mobile ad-hoc Networks (MANET)), (2) Kablosuz Örgü Ağlar (wireless mesh Networks (WMN)) ve (3) Kablosuz Duyarga Ağları (wireless sensor Networks (WSN)) (Royer ve Toh, 1999). Takip eden bölümlerde özel amaca yönelik mobil ağlar, kablosuz örgü ağlar, kablosuz duyarga ağları ve bunların özellikleri, avantajları ve dezavantajları açıklanmıştır.

5.4.1 Özel amaca yönelik mobil ağlar (Mobile ad-hoc networks)

Bir çeşit özel amaca yönelik kablosuz ağ olan özel amaca yönelik mobil ağlar, kendi kendini yapılandıran kablosuz bağlantılarla bağlı mobil yönlendirici ağlardır. Bu tür bir ağ, dinamik olarak yer değiştiren mobil düğümler kümesinden oluşmaktadır. Özel amaca yönelik mobil ağ kurma (ad-hoc) özelliğine sahiptirler. Yönlendiriciler (routers) bağımsız hareket edeler ve kendilerini organize ederler; bu yüzden kablosuz topoloji ağı aniden değişebilir. Benzer bir ağ herhangi bir yardıma gerek kalmadan kendi kendini onarabilir ya da İnternet'e bağlanabilir (Royer ve Toh, 1999). Bu özellikleri sayesinde mobil düğümler, iletişim altyapısı (ör. ana istasyon, giriş noktası) olmadan kendi aralarında iletişim kurabilirler. Eğer mobil düğümler

Internet'e bağlı olmadıkları bir ortamdaysalar (ör. savaş alanı, toplu taşıma araçları) birbirleriyle iletişim kurmak için geçici ve altyapısız bir ağ oluştururlar (Jeong ve diğ., 2003). Bu tür ağlara örnek olarak, barınılmayan arazilerde GPS kullanılarak yapılan bilgi paylaşımı ve veri elde etme verilebilir (Maihöfer, 2004; Royer ve Toh, 1999).

Özel amaca yönelik mobil ağların hızla yer değiştirmeleri birden çok düğüme veri gönderiminde, hizmet kalitesinin desteklenmesinde, gücün yönlendirmesinde (power-aware routing) ve lokasyon destekli/yardımlı yönlendirilmede (location-aided routing) çeşitli sorunlarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Örneğin, bu teknolojide güç kaynağı sınırlıdır. Ayrıca sistemin dinamik olması hizmet kalitesinin yetersiz olmasına ve birden fazla düğüme veri gönderiminde yer değişimi ile ilgili bazı sorunlar (ör. bir düğüm kümesine katılma ya da bir düğüm kümesinden ayrılma) yaşanmasına neden olmaktadır (Royer ve Toh, 1999). Bu çalışmada binaların üstündeki duyarga noktaları da yer değiştirmeyeceğinden özellikle böyle bir sistem gerekmemektedir. Bu sebeplerden bu çalışmada özel amaca yönelik mobil ağ teknolojisinden yararlanılmamıştır.

5.4.2 Kablosuz örgü ağları (Wireless mesh networks)

Özel amaca yönelik ağlardan farklı olarak, örgü ağlar, örgü düğümleri sayesinde veri erişim ağı olarak hizmet verebilirler (Advances in Wireless Mesh Networks, 2007). Kablosuz örgü ağlar ile diğer özel amaca yönelik ağlar (mobil ağlar ve duyarga ağları) arasındaki temel farklar, WMN yönlendiricilerinin sabit oluşu ve bu sebeple güç kısıtının olmayışıdır (Purdue University Wireless Mesh Network Testbed, 2007).

Kablosuz örgü ağlarında, düğümler çokgen bağlantılı (örgü) yönlendiricilerden ve istemcilerden oluşmaktadır. Tüm özel amaca yönelik kablosuz ağlarda olduğu gibi kablosuz örgü ağları da dinamik olarak kendiliğinden organize olma (self-organized), kendi kendini iyileştirme (self-healed) ve kendi kendine yapılanabilme (self-configured) özelliklerine sahiplerdir (Akyildiz ve diğ., 2005; Healy, 2003). Bu özellikler kablosuz örgü ağlarına ağ altyapılarını destekleme, karşılanabilir fiyatlı olma ve dayanıklı olma gibi avantajlar sağlar (Advances in Wireless Mesh Networks, 2007; Akyildiz ve diğ., 2005). Her bir düğüm bir ana bilgisayarı (host) ve bir yönlendiriciyi işletir (Akyildiz ve diğ., 2005). Yineleyici olarak hizmet verdiklerinden dolayı herhangi bir yineleyiciye ihtiyaç duymazlar (Healy, 2003).

Kablosuz örgü ağlarda, her düğüm, bir örgü gibi bir noktadan bir noktaya ve bir noktadan birçok noktaya veri gönderebilir (Healy, 2003). Ayrıca örgü yönlendiricilerinin fonksiyonlar arasında bağlantı kurma özelliği, kablosuz örgü ağlarının internet, kablosuz duyargalar gibi çeşitli ağlarla bütünleşmesini sağlar (Akyildiz ve diğ., 2005).

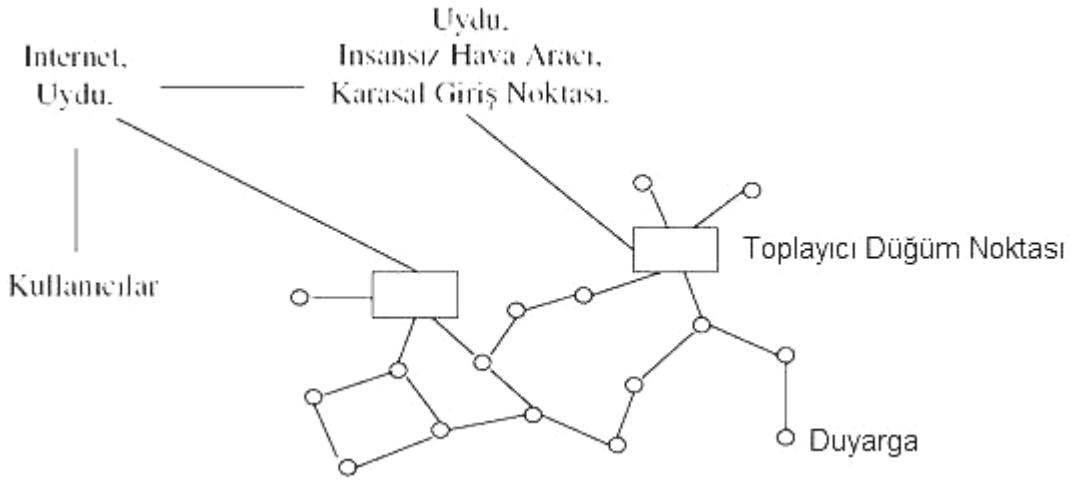
Araştırmalar kablosuz örgü ağlarının güvenlik mekanizmasının, diğer ağlarla bütünleşebilmesinin ve küçük ölçekli bir çalışmanın ölçeğinin büyütülüp geniş bir alana uyarlanabilmesi olan ölçeklenebilirliğinin geliştirilmeye ihtiyacı olduğunu göstermiştir. Örneğin ölçeklenebilirliğin yeterli olması amacıyla kablosuz örgü ağları için yeni yönlendirme ve iletişim protokolleri geliştirilmelidir. Ayrıca kablosuz örgü ağlarının güvenlik mekanizması yetersiz olduğu için sistem zarar görebilir. Bunlara ek olarak, kablosuz örgü ağlarının farklı kablosuz ağlarla bütünleşme kapasitesi sınırlıdır (Akyildiz ve diğ., 2005). Bu çalışmada yönlendiricinin sabit olması istenilmemektedir; çünkü depremde yönlendiricinin zarar görmesi durumunda yönlendirici ve onun yönettiği ağ çöker. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada kablosuz örgü ağlarının kullanılması tercih edilmemiştir

5.4.3 Kablosuz duyarga ağları (Wireless sensor networks (WSN))

Kablosuz duyarga ağının, özel amaca yönelik kablosuz ağlar ve kablosuz örgü ağlardan temel farkı; bir veya daha fazla duyarga, dönüştürücü (transducer) veya eyleyici (harekete geçirici) (actuator) kullanarak durumu gözlemlemesi, algılanan verileri elde etmesi ve bunları çıkış düğümüne (sink) veya diğer veri kullanıcılarına yönlendirmesidir (Mills, 2007). Ayrıca kablosuz örgü ağlarının aksine, kablosuz duyarga ağı topolojisi de mobil ağ topolojisi gibi değişebilir (GeneTLab, 2005). Kablosuz duyarga ağlarının güvenlik mekanizması ve ölçeklenebilirlik özelliği, kablosuz örgü ağlarına ve mobil ağlara göre çok daha geliştirilmiştir.

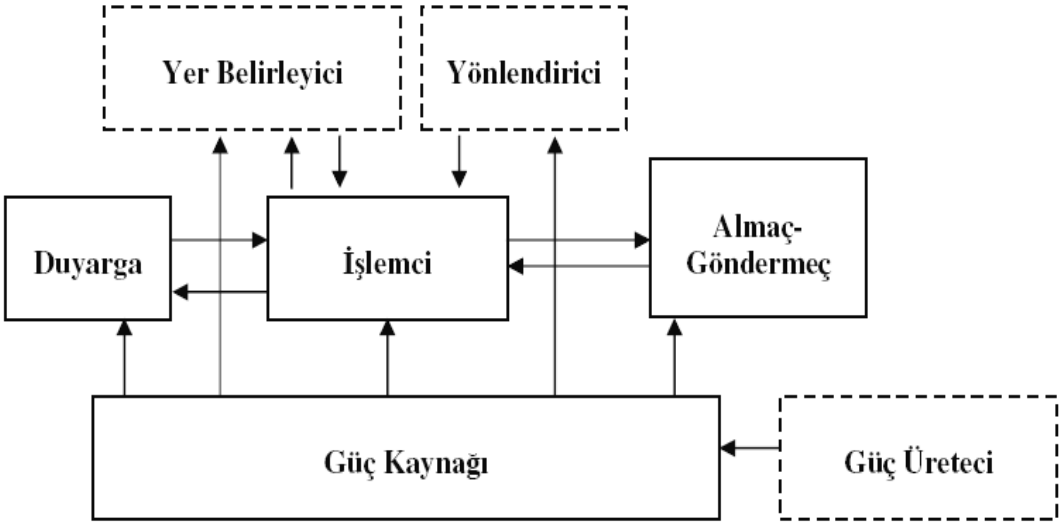
Kablosuz duyarga ağı (WSN); ısı, ses, nem, titreşim, basınç, gerilim, hız, yön, hacim, hareket veya kirletici maddeler gibi fiziksel veya çevresel koşulları gözlemlemek üzere işbirliği yaparak çalışan, bağımsız olarak dağılmış otonom (özerk) donanımların oluşturduğu bir ağdır (GeneTLab, 2005; NIST, 2007; Arora ve diğ., 2004). Şekil 5.2'de görüldüğü gibi bir kablosuz duyarga ağı çok sayıda duyargadan ve bu duyargalardan gelen bilgilerin toplandığı bir düğüm noktasından oluşmaktadır (GeneTLab, 2005). Duyargalar, kritik bilgileri (ör. ısı, hareket, nem, basınç, ses,

gerilim, ışık) temin ederler (Chen ve diğ., 2006). Daha sonra diğer duyargalardan yararlanarak duyarga okumalarını, kendisine ve altyapının bir parçası olan toplayıcı düğüm noktasına raporlar (Das ve diğ., 2005). Duyarga ağlarında önemli olan algılanan verinin sabit bir nokta olan toplayıcı düğüm noktasına aktarılması olduğu için bu verinin hangi duyarga tarafından aktarıldığının bir önemi yoktur. Toplayıcı düğüm noktası, bir veri alandaki tüm duyargalara sinyal gönderir. Duyargalardaki veri sinyalin geldiği yol üzerinden toplayıcı düğme iletilir. Toplayıcı düğüm noktalarında toplanan bilgiler insansız hava araçları, uydular ya da duyarga ağının yakınına yerleştirilmiş giriş noktaları kullanılarak geniş alan şebekelerine aktarılır. Ayrıca duyarga ağları düğüm noktaları aracılığı ile birbirleri ile haberleşmeleri mümkündür (GeneTLab, 2005).



Şekil 5.2 : Duyarga ağı (GeneTLab, 2005)

Bir duyarga birimi duyarga (algılama birimi), işlemci, almaç-göndermeç ve güç kaynağı (pil) olmak üzere dört ana parçadan oluşur (GeneTLab, 2005). Bu dört temel parçaya ek olarak bir duyarga biriminde yer belirleyici, güç üretici ve yönlendirici gibi ilave parçalar da olabilir. Şekil 5.3'te bir duyarga birimindeki iletişim sistemi gösterilmektedir.



Şekil 5.3 : Bir duyarga biriminin parçaları ve iletişimi (GeneTLab, 2005)

İşlem birimi, ait olduğu duyarga biriminin diğer duyarga birimleri ile işbirliği yapmasını sağlayacak algoritmaları çalıştırır. İşlemci sayesinde, ham veri merkezi sistemlere gönderilmez; çevredeki diğer duyargalar ile iletişim kurularak işlenir ve kısmen işlenmiş veri geriye iletilir. Algılama verilerinin diğer kaynaklardan alınan verilerle birleştirilip anlamlı bilgilere dönüştürülmesi veri, kullanıcılarla etkileşen sistemlere iletirken başlanır. Duyarga biriminin ağa bağlanmasını ise almaç-göndermeç sağlar. Güç üretici ise çevre koşullarından (ör. güneş ışığı, hareket) yararlanarak enerji üretir. Duyarga biriminin coğrafik konumu bulmasını ise yönlendirici sağlar (GeneTLab, 2005).

Kablosuz duyarga ağları bir ortamı izler ve o ortamda sürekli algılama, tanımlama, tespit yaparak veri toplar ve verileri hafızasına kaydeder (Liu ve diğ., 2005). Ortamdaki bazı parametre değerlerinin tayin edilmesi, ilgilenilen olayların ortaya çıkışının saptanması ve saptanan olayların parametrelerinin tahmini, saptanan bir nesnenin sınıflandırılması ve takibi kablosuz duyarga ağlarının temel fonksiyonlarıdır (National Instıtute of Standards and Technology (NIST), 2007).

Kablosuz duyarga ağları izleme, algılama, kablosuz olma, ortama kolayca yayılabilme ve adapte olabilme ve çok küçük olma gibi özelliklere sahiptirler. Ayrıca bu ağlar, belirtilen özelliklerin yanı sıra ortama göre duyarga sayısının belirlenmesi (ölçeklenebilirlik), uygulama alanına göre modellenme (hatalara olan duyarlılık) ve tüm özel amaca yönelik duyarga ağlarında olduğu gibi insan yönetimi olmaksızın kendi kendine organize olabilme, duyargalar arası işbirliği yapma ve haberleşme gibi özelliklere de sahiptirler (Callaway, 2002; GeneTLab, 2005; Kim ve diğ. , 2003; Liu

ve diğ., 2005; Vieira ve Junior, 2003; Mills, 2007). Diğer özel amaca yönelik kablosuz ağlarda (ör. WMN) olduğu gibi kablosuz duyarga ağlarının da en önemli özelliklerinden olan ve bir dizayn stratejisi olarak kabul edilen kendi kendilerini organize etme özelliği, insan müdahalesi olmadan ağların bulundukları çevreyi keşfetmelerini ve topolojiyi oluşturmak, çevreyi izlemek ve çevresel değişikliklere uyum sağlamak için işbirliği yapmalarını sağlar (Mills, 2007). Bu özellik sayesinde duyargalar minimum enerji harcayıp enerji tasarrufu yapar ve böylece iletişim için enerji ayırabilirler (Callaway, 2002; Kim ve diğ., 2003; Mills, 2007). Enerji kaynaklarının sınırlı oluşundan dolayı her bir duyarga ağı ömrünü uzatmak amacıyla enerji sarfiyatını en aza indirmelidir (Sahoo ve diğ., 2007). Duyargalar, bir tür güç ıslahına (power conditioning), bir çeşit insan arayüzü ve enerji temizleyici devrelere (energy-scavenging circuitry) ihtiyaç duymaktadır. Duyargalar minimal insan gücüyle nesnelerin yerini belirleyecek, tehlikeli durumları algılayacak ve ortamı kontrol edeceklerinden; aşırı düşük derecede güç tüketirler. Bu yüzden kablosuz duyarga düğümlerinin pilleri çok uzun süre (ör. 5-10 yıl) kullanılabilir (Callaway, 2002).

Duyarga ağının kendi kendini organize edebilmesi ölçeklenebilirlik özelliğini de beraberinde getirir (Mills, 2007). Bu özellik bir uygulama alanında kullanılan duyarga sayısını açıklayan duyarga yoğunluğu ile ilişkilidir. Bir duyarganın iletişim mesafesinde olan ortalama duyarga sayısı, duyarga yoğunluğu ile ifade edilir (Bulusu ve diğ., 2001). Enerji tasarrufunun yapılması için duyargalar arasındaki mesafe mümkün olduğunca az tutulmaktadır (Mills, 2007). Duyargalara arasındaki mesafe ve duyargaların yoğunluğu uygulama alanının özelliklerine göre değişiklik gösterir. Örneğin bir mahallede bulunan binalara veri transferi amacıyla yerleştirilecek duyarga sayısı ile bir evin içerisinde ısı/nem algılamak için kullanılan duyarga sayısı farklılık gösterecektir. Duyarga sayılarını ve uygulanan alanların değişmesi de duyarga yoğunluklarının değişmesine neden olur. Bu çalışmada, bir binaya ait bilginin, bina yakınlarındaki farklı binalara yerleştirilmiş çok fazla sayıda duyargada saklanılması düşünülmektedir. Bu sayede, bir binada bulunan duyargaların zarar görmesi durumunda çevre binalara yerleştirilmiş olan diğer duyargalardan, hasarlı duyargada olan bilgilere ulaşılabilmesi planlanmaktadır.

Uygulama ortamlarının zorluğu (ör. savaş alanı, yol kavşakları, biyolojik/kimyasal olarak kirletilmiş bölgeler, nehir) nedeniyle duyargaların zarar görme olasılıkları

yüksektir. Bu yüzden duyarga ağları ortamın zorluk koşullarına göre modellenir. Duyargaların zarar görmesi durumunda geriye kalan diğer duyargalar işlevlerini kesintisiz olarak yerine getirirler.

Duyargaların uygulama ortamlarının zorluğu ve antenlerin yere çok yakın olması nedenleriyle güç kaynaklarının kısa mesafelerde bile tükenme olasılıkları yüksektir (GeneTLab, 2005). Kablosuz duyarga ağları için geliştirilen teknolojiler, çok sayıda küçük donanım ve yazılımın birbiri ile yardımlaşarak çalışmasına ihtiyaç duyulan her türlü uygulamada kullanılabilir (GeneTLab, 2005).

5.4.3.1 Kablosuz duyarga ağlarının (WSN) uygulama alanları

Kablosuz duyarga ağları (WSN) ilk olarak askeri uygulamalarda denetim, takip ve sınır gözetimlerinde kullanılmıştır. Bunun dışında endüstriyel kontrol ve denetlemede, üretim ve dağıtım hizmetlerinde, malzeme takibi ve tedarik zinciri yönetiminde kullanılmaktadır. Ayrıca ev otomasyonunda ve tüketici elektroniğinde, yapı içerisindeki dahili hava kontrolünde, trafik kontrolünde yoğunluğu ve yol durumlarını denetlemede, sağlık hizmeti uygulamalarında, mühendislikte yapıların inşasını denetlemede ve kentsel arazi haritalandırmasında da kullanılmaktadır (Callaway, 2002; Römer ve Mattern, 2004; Hadim ve Nader, 2006; Callaway, 2002; Vieira ve diğ., 2003; Elson ve Römer, 2002; Culler ve diğ., 2004; GeneTLab, 2008). Duyarga ağları, deprem gibi afet yönetim durumlarında depremden etkilenen bölgeye arama-kurtarma ekiplerini yönlendirmek için bölgeyi haritalandırmak (Abbasi ve Younis, 2007) amacıyla kullanıldığı gibi arama-kurtarma çalışmalarında insan triajı yapmak ve kazazedelerin binadaki yerlerini tespit etmek (Lorincz ve diğ., 2004) amacıyla da kullanılması planlanmaktadır. İnsan triajının yapılması ve kazazedelerin yerlerinin tespit edilmesi için bilgi platformu (information plane) olarak düşünülen bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, aktivitelerini kablosuz duyargalar, yer gösterici ışıklar, el bilgisayarları ve dizüstü bilgisayarları gibi çeşitli aygıtlarla koordine etmek için birtakım protokolleri ve hizmetleri içerir. İnsan triajı için nabız ölçme ve EKG (electrocardiogram) görüntüleme özellikleri olan bir işaret monitörü geliştirilmiştir. Hastanın kalp atışının ve kandaki oksijen oranının görüntülenmesi için hastanın parmağına dışarıdan bir duyarga takılır. EKG görüntüleme ise ağır durumda olan kazazedelerin kalplerindeki elektrik faaliyetlerini görüntülemek için hastanın göğsüne dışarıdan bir alet (a custom-built circuit board) yerleştirilir. İlk yardım

görevlileri bu sinyalleri el bilgisayarlarından alırlar. İnsanların üzerlerine yerleştirilen izlenebilir duyargalar (tractable vital sign sensors) aracılığı ile de kazazedelerin yerleri tespit edilir. 1742 m^2'lik bir bina katında gerçekleştirilen testler, bu sistem ile yer tahminlerinin %80'inin 3 m hata ile yapıldığını göstermiştir. Çalışmaları devam eden bu sistemin keşif, yönlendirme, güvenlik ve RF tabanlı izleme sistemleri ile birlikte çalışması planlanmaktadır (Lorincz ve diğ., 2004).

5.4.3.2 Kablosuz duyarga ağlarının avantajları

Kablosuz duyarga ağlarının avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- *Kendi Kendini Organize Etme:* İnsan müdahalesi olmadan duyarga topolojisinin, duyarga görevlerinin, duyarga birimlerinin yerlerinin değişmesini ifade eder. Bu özellik sayesinde kablosuz duyarga ağları insan müdahalesine gerek duymadan ortam hakkında bilgi edinebilir, ortama yayılmak (topoloji oluşturmak) için birlikte çalışabilir, çevresel değişiklikleri gözlemleyebilir ve bunlara adapte olabilirler (Mills, 2007). Duyarga ağlarının kendilerini organize edebilme özelliği sayesinde duyargalar onarma ve iyileştirme de yapabilirler. Duyargaların ağ içi onarma ve iyileştirme yapabilmesi, ağ içerisinde arızalanan ya da pili tükendiği için saf dışı kalan duyargalar olduğunda ağ içi iletişim diğer duyargalar arasında sağlanmasını ifade eder. Bu sayede enerji tasarrufu yapar (Callaway, 2002; Kim ve diğ. , 2003). Duyarga ağlarının kendi kendilerini organize ederek ağ içi onarma ve iyileştirme yapabilmeleri sayesinde, depremde duyargaların bir kısmının hasar görmesi ya da arızalanması durumunda saf dışı kalan duyargalarda kaydedilmiş olan bilgilere diğer duyargalar aracılığı ile erişilebilir. Böylece ağ içi iletişim kesintisiz olarak sürdürülebilecektir.

- *Yüksek Hafıza Kapasitesi:* Hafızasının geniş olması sebebiyle istenen birçok bilginin kaydedilmesine olanak sağlar (Perrig ve diğ. , 2001). Örneğin, altı sene önce bir firma tarafından üretilen bir prototip 8 KB flash belleğe ve 512 bayt ana belleğe sahip (Akyildiz ve diğ., 2002) iken şu anki koşullarda bir firma tarafından üretilen bir prototip 8 KB - 1MB flash belleğe ve 10 KB-512 KB ana belleğe sahiptir (Çöplü, 2008). Duyargaların geniş hafızaya sahip olması bina ve bina sakinleri ile ilgili gerekli olan her türlü bilginin

kaydedilmesine imkan sağlar; böylece arama-kurtarma ekiplerinin çalışmaları için çevreden bilgi toplamalarına gerek kalmaz.

- *Güncelleme:* Bina ve kişilerle ilgili bilgilerde değişiklik olduğunda verilerin merkezi bir yerden (Mills, 2007) ya da ağ içerisinde herhangi bir noktadan güncellenmesi mümkündür; böylece arama-kurtarma ekiplerinin duyargaların yakınından güncelleme yapmalarına gerek kalmaz. Ayrıca verilerin güncellenebilme özelliğinden dolayı ekiplerin güvenilir ve doğru bilgi toplamaları sağlanmış olur.

- *Yüksek Veri Aktarım Hızı:* RF haberleşme elektromanyetik dalgalar ve ışık hızında gerçekleşir. Bant genişliği anlamında veri aktarım hızı 250 kbps'dir. Bu da WSN teknolojisinin saniyede maksimum 250 kilobit veri aktarabilmesi anlamında gelmektedir (Çöplü, 2008). Bu projede uygulanacak olan sistemde veri aktarım hızı yaklaşık olarak 57600 bit/saniye dir. 100 kişilik bir binaya ait kişi ve bina bilgileri toplam 867 KB (~7102481 bit) olduğu düşünülürse bu kadar veri yaklaşık 123 saniye içerisinde elde edilebilir. Veri aktarımının bu kadar hızlı olması arama-kurtarma ekiplerinin çalışmaları için gerekli olan bilgilere saniyeler içerisinde ulaşmasını sağlayacaktır. Kullanılacak olan duyargadaki belleğe yazma hızı ise teorik olarak 256 bayt (2048 bit) için 0.64 ms'dir; fakat belleğe yazma sırasında veri kaybı olmaması için her 256 bayt aktarıldıktan sonra 0.1 saniyelik bir gecikme konması planlanmaktadır. Bu şekilde belleğe veri aktarımı yapıldığında 867 KB yaklaşık olarak 30 dakika içerisinde belleğe kaydedilebilir. Bu da bellekteki verilerin güncellenmesinin de hızlı olabileceğini göstermektedir.

- *Veri Güvenliği:* WSN teknolojisindeki güvenlik sayesinde duyargaların hafızalarına kaydedilen verilere erişim kısıtlıdır (GeneTLab, 2005) ve hafızadaki veriler korunur. Böylece duyargalara kaydedilen bina ve kişi bilgilerine sadece yetkili kişiler erişebilirler. Bu sayede hatalı veri girişi engellenir ve arama-kurtarma ekiplerinin doğru ve güvenilir bilgiye ulaşmaları sağlanır.

- *Çok Atlamalılık (multi-hop):* Çok atlamalılık, bir veri transfer edilirken, bu verinin aynı yoldaki diğer noktalar üzerinden ulaşması gereken noktaya aktarılmasıdır. Duyarga ağı çok atlamalı olarak iletişim kurar; bu sayede bir

tek uzun mesafeden veri göndermek yerine birçok kısa mesafeden veri gönderilerek, enerji tasarrufu sağlanır (Vieira ve diğ., 2003). Enerji kaybı ile mesafe arasındaki ilişki mesafe^4 ile ifade edilir. Bu yüzden atlama mesafelerinin kısa olduğu yollarda enerji tüketimi daha azdır. Örneğin, bir metrede on atlama yapılan bir yoldaki enerji tüketimi bir metrede beş atlama yapılan bir yoldaki enerji tüketiminden daha azdır (GeneTLab, 2005). Duyargaların çok atlamalı olarak bir ağ şeklinde çalışmaları sayesinde enerji tasarrufu yapıldığı gibi duyargalardan bir kısmı çalışamaz hale gelse bile ağ içerisinde kalan diğer duyargalar işlevlerini kesintisiz olarak yerine getirir, böylece bunların hafızalarındaki bilgiye diğer duyargalardan ulaşılabilir.

- *Zorlu Koşullara Dayanabilme:* Duyargaların koruyucu kutu içerisine yerleştirilmeleri; zorlu, yıkıcı veya erişilmesi zor ortamlarda kullanılabilmelerini sağlar (Xu ve Qi, 2006). Duyargalar emniyet ve güvenilirlik açısından teknik olarak binalar, köprüler ve otoyollar gibi inşaat uygulamalarında doğal (ör. depreme ve kuvvetli rüzgarlar) ve kimyasal (ör. patlama) tehlikelere karşı kullanıma uygundur (Liu ve diğ. , 2005). Binaların dış yüzeyine yerleştirilmeleri planlanan ve depremde hasar görme olasılıkları bulunan duyargaların uygulama ortamının koşullarına göre yazılımlarının ve donanımlarının değişebilmesi ve sıcak, soğuk, nem gibi olumsuzluklara karşı dayanımlarının fazla olması da bu sistemin, bu araştırmaya olan uygunluğunu göstermektedir.

5.4.3.3 Kablosuz duyarga ağlarının dezavantajları

Her teknolojide olduğu gibi kablosuz duyarga ağlarının avantajları yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Aşağıdaki maddeler halinde belirtilmiş olan bu teknolojinin dezavantajlarında da anlaşılacağı gibi kablosuz duyarga ağlarının dezavantajlarına çözümler getirilerek projede kullanılabilir. Kablosuz duyarga ağlarının dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

- *Pil Yönetimi:* Duyargaların pillerinin yaklaşık olarak altı yılda bir değiştirilmesi gerekir (Çöplü, 2008). Pillerinin belirli sürelerde değiştirilmesi, bakımlarının yapılması gerekliliği duyarga ağının bakım maliyetinin oluşmasına neden olur.

- *Yüksek Maliyet:* Duyargaların hedeflenen birim maliyeti çok düşüktür; çünkü ağda çok fazla sayıda duyarga bulunmaktadır. Duyargaların maliyetleri 1$' nın altında tutulması hedeflenmektedir (Rabaey ve diğ., 2000); fakat şu anda duyargaların fiyatları ortalama olarak 150$ dır. Bu çalışmada kullanılacak olan prototip duyarga için düğüm ile duyarganın birim fiyatı 130$; programlama kiti, programlayıcı, programlama kablosu, seri haberleşme kablosu toplam birim fiyatı 200$ ve koruyucu kutunun birim fiyatı ise 12$ dır (GeneTLab, 2007).

- *Ölçeklenebilirlik:* Küçük ölçekli bir çalışmanın ölçeğinin büyütülüp geniş bir alana uyarlanabilmesidir. Ölçeklenebilirliğin sağlanmasında önemli bir tasarım ilkesi mekandır (Elson ve Römer, 2002). Duyargaların sayısı kullanılan ortamın büyüklüğüne, kullanım amacına göre değişmektedir. Çok sayıda duyarganın kullanılmasına uygun olacak algoritmalar geliştirilmelidir; çünkü duyargaların sayısı onlar, yüzler ile ifade edilebilir (GeneTLab, 2005). Örneğin; küçük bir ağda bile iletişim sağlanması için en az 40 duyarga kullanılır (Elson ve Römer, 2002); çünkü duyargalar enerji tasarrufu sağlamaları için birkaç metre ara ile çok sık yerleştirilir; fakat ürünler arasında karşılıklı görüş olması durumunda açık havada bu mesafe 70-120 metreye kadar çıkabilir (GeneTLab, 2005). Enerji tasarrufu ve ağ içi iletişim için sık yerleştirilmesi gereken duyargalar bu proje kapsamında veri depolanması amacıyla kullanılacağı ve içlerinden zarar gören olursa birbirleri ile iletişim kurmaları gerekeceği için duyargalar yerleştirilirken karşılıklı görüş olması yeterli olacaktır. Duyarga ağlarındaki duyarga sayılarının ve yoğunluğunun fazla olması nedeni ile ölçeklenebilirlik önemli bir problemdir. Bu sorunun ortadan kaldırılması için iki alternatif söz konusudur. Bunlardan birinde duyargalar gruplara ayrılır ve her grup seçilen bir ya da daha fazla duyarga ile gruplar birbirlerine bağlanır. Diğer alternatifte ise duyargaların yer bilgilerinden yararlanılarak bu gruba düşen algoritmalar daha etkin yol ataması yapabilirler. Bu şekilde yüksek yoğunluklu duyarga ağlarında yol ataması daha basite indirgenir (GeneTLab, 2005). Duyargaların sayısı, karşılıklı görüş ile iletişim kurulmak istenen yer sayısına göre değişiklik göstereceği için bu çalışmada her bir binaya bir adet ya da her bir binanın dört cephesine birer tane duyarga yerleştirmek mümkündür.

Yüksek hafıza kapasitesi ve zorlu koşullarda dayanımının çok yüksek olması gibi birçok önemli avantajı olan kablosuz duyarga ağlarının amacı arama-kurtarma ekiplerinin depremden sonraki operasyonlarında bina ve bina sakinleri ile ilgili güvenilir bilgilere hızlı bir şekilde ulaşmalarını sağlamak olan bu araştırma kapsamında kullanılmasına karar verilmiştir. Takip eden bölümde bu araştırma için kullanılması planlanan WSN ve RFID teknolojilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

5.5 RFID ve WSN Teknolojilerinin Karşılaştırılması

Depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bina ve kişi bilgilerinin kaydedilmesi için kullanılmasına karar verilen RFID ve kablosuz duyarga ağları teknolojilerinin karşılaştırılması Çizelge 5.3'te yapılmıştır.

Çizelge 5.3 : RFID ve WSN teknolojilerinin karşılaştırılması

TEKNOLOJİ / ÖZELLİKLER	WSN (Duyarga)	RFID (Aktif Etiket)
Yüksek hafıza kapasitesi	10 KB-512 MB ana bellek ve 8 KB- 1MB flash bellek	32 KB-128 KB bellek
Güncelleme	+	+
Pil yönetimi	5-10 yıl (ort 6 yıl)	5-10 yıl
Veri aktarım hızı	Saniyede 250 kilobit veri transfer edilebilir	Saniyede 23 kilobit veri transfer edebilir
Maliyet	Düğüm ve duyarga: 130$ Programlayıcı, Programlama Kiti Toplamı: 200$ Koruyucu Kutu: 12$	Etiket: 50$ Okuyucu: 2500$ Anten: 190$
Zorlu koşullara (ör. darbe) karşı dayanıklı olma	+	+
Metale ve ortamdaki sıvılara karşı duyarlılık	Çevresel koşullara karşı duyarlılık duyarganın enerjisine bağlı	Metale ve sıvılara karşı duyarlılık
Veri transferi (Veri girişi/okunuşu)	Duyargaya uzaklık önemli olmaksızın duyarga ağı içerisindeki herhangi bir yerden	En fazla 30-100 m uzaktan
Veri erişiminde yüksek güvenlik	+	+

Literatür araştırması ve görüşmeler sonucunda arama-kurtarma çalışmalarında kullanılacak ileri veri depolama teknolojilerinin gereksinimleri (bkz. Bölüm 5.1) doğrultusunda seçilen WSN ve RFID teknolojilerinin özelliklerine bakıldığında, çalışmanın amacına uygun olduğu görülmektedir. Örneğin ünitelerde saklanacak arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan bina ve kişi bilgilerinin kaydedilebilmesi için seçilecek teknolojilerin yüksek ve güncellenebilir hafızaya sahip olması belirlenmişti. Çizelge 5.3'ten her iki teknolojinin de bu gereksinimi sağladığı anlaşılmaktadır. Ünitelerin depremden sonra kullanılabilir durumda olması için darbe gibi sert koşullara karşı dayanıklı olması gerektiği belirlenmişti. Her iki teknoloji bu ihtiyaca da cevap vermektedir. Arama-kurtarma çalışmalarındaki önemli sorunlardan biri olan yerel bilgilerin toplanması için zaman kaybedilmesinin çözümlenmesi için önerilen sistemin bilgileri hızlı bir şekilde kullanıcıya sağlaması gerektiği tespit edilmişti. Her iki teknoloji de veri transferini hızlı gerçekleştirebilme özelliğine sahip olduğu için bu gereksinimi karşılamaktadır. Teknolojilerin etkin olarak kullanılması için belirlenen tüm bu gereksinimler dışında kullanıcı kolaylığı açısından sistemin pil ömrünün uzun olmasının bir avantaj olacağı belirtilmişti. Takip eden paragrafların ihtiyaç duyulan koşulları sağlayan WSN ve RFID teknolojilerinin özellikleri karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır.

Yüksek saklama kapasitelerine sahip olmalarından dolayı, gereken bilgilerin çoğu etiketlerde ve duyargalarda saklanabilmektedir. Ancak duyargaların saklama kapasiteleri etiketlerinkinden çok daha büyüktür (Bkz. Çizelge 5.3). Binalar üzerine yerleştirilecek olan veri depolama ünitelerine kaydedilecek bina ve kişi bilgilerinin büyüklüğü 100 kişi için bilgi ve bina bilgileri ve resimleri kaydedilerek ölçülmüş ve 867 KB hafızaya ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Bu durumda şu an kullanılan RFID ve WSN teknolojileri karşılaştırıldığında, duyarga ağlarının hafıza kapasitesi açısından daha avantajlı oldukları tespit edilmiştir.

Hem duyargaların hem de etiketlerin hafızaları güncellenme özelliğine sahiptir. Her iki teknolojinin sahip olduğu bu özellik, arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan bina ve kişi bilgilerinde değişiklik olduğunda (ör. bir ailenin taşınması) bu bilgi değişikliğinin ünitelerin hafızalarında da yapılabilmesi kolaylığını sunar. Böylece, arama-kurtarma ekiplerinin geleneksel bilgi toplama ve keşif süreçleri içerisinde elde etmeye çalıştıkları fakat depremin yarattığı travmanın etkisinden olan halktan toplayamadıkları güncel bilgiler, bu teknolojiler aracılığıyla sağlanabilir.

Etiketlerin ve duyargaların dahili pillerinin yaklaşık 5-10 yılda bir değiştirilmesi gerekmektedir; bu bakımdan iki teknoloji de benzerlik göstermektedir. Bunun yanı sıra, her iki teknolojide bulunan güvenlik fonksiyonları sayesinde, etiketlerin ve duyargaların hafızalarına kaydedilmiş olan verilere erişim kısıtlanır. Bunun sonucunda bilgilerin güncellenmesi sadece yetkili kişiler tarafından yapılabilir. Böylece hem ünitelerin hafızalarında yanlış bilgi olması engellenir hem de bina sakinleri ile ilgili kişisel bilgilerin güvenliği sağlanmış olur.

Her iki teknolojide de veri aktarımı çok hızlı yapılır. Örneğin, bir firmanın ürettiği RFID etiketi yaklaşık olarak saniyede 23 kilobit veri transfer edebilir (Direct Industry, 2008). WSN duyargaları ise saniyede 250 kilobit veri transfer edilebilir (Çöplü, 2008). Bu özellik zamanın oldukça değerli olduğu arama-kurtarma çalışmaları için çok önemli bir avantajdır. Bu özellik sayesinde deprem bölgesine gelen arama-kurtarma ekipleri çalışma yapacakları bina ve o binada bulunan kişilerle ilgili bilgileri ellerindeki okuyucularla saniyeler içerisinde öğrenebileceklerdir.

Bunun dışında Çizelge 5.3'ten de anlaşılacağı gibi etiketler duyargalardan daha ucuzdur; fakat duyargaların sayıca fazla kullanılma ihtiyacından dolayı fiyatlarının gelecekte düşürülmesi hedeflenmektedir. RFID ve WSN teknolojisinin kullanımı yaygınlaştıkça etiketlerin ve duyargaların fiyatları düşmektedir. Örneğin etiketlerin fiyatlarının 50 cente düşmesi planlanmaktadır. Bu projede binaların üzerlerine yerleştirilecek olan duyargaların iletişim kurabilmeleri için birbirlerini görebilecekleri şekilde yerleştirilmeleri planlanmaktadır. Bu yüzden her binada bir-dört arası duyarga kullanılması yeterli olacaktır. RFID etiketlerinin binanın her bir cephesine birer tane yerleştirilmesi planlanmaktadır; böylece depremden dolayı zarar gören etiket olsa bile sağlam kalan etiketten gerekli olan bilgiler edinilebilir. Etiketlerin sayıları ve yerleri deneyler yapıldıktan sonra kesinleştirilecektir.

Zorlu çevresel koşullara karşı dayanıklı olmaları nedeniyle; RFID ve kablosuz duyarga ağlarının (WSN) her ikisi de arama kurtarma operasyonlarında kullanılmak için uygundur. Fakat RFID teknolojisinde metal ve sıvı radyo dalgalarının emilmesine ve bu yüzden de yanlış okumalar yapılabilmesine neden olmaktadır. Ayrıca etiket ile okuyucu arasına kütlesi çok olan bir engel gelirse de hatalı okumalar olabilir. WSN teknolojisinde de RFID teknolojisinde olduğu gibi radyo dalgalarıyla haberleşme sağladığı için çevresel koşullardan etkilenebilir; fakat bu etkileşim çıkış noktasının gücüne bağlıdır. Başka bir deyişle duyarganın enerjisi ne kadar yüksekse

çevresel faktörlerden etkilenme o kadar düşüktür. Bu doğrultuda RFID ile WSN arasındaki temel fark, etiketlerin okuyucunun gönderdiği dalgaları kullanarak enerjiyi geri yansıtmalarıdır. Bu yüzden aynı çıkış gücünde WSN teknolojisi RFID teknolojisine göre daha iyi bir RF haberleşme ortamı sunmaktadır (Çöplü, 2008).

Ayrıca WSN sistemi dayanıklılığı sayesinde savaş alanı, yol kavşakları, nehir, depo, bina gibi çok farklı alanlarda ve zorlu çevre koşullarında kullanıma uygundur. Duyargalardan herhangi birinin zorlu koşullarda zarar görmesi durumunda ağ içi iletişim kesilmez; çünkü iletişim diğer duyargalar arasında gerçekleştirilir. Duyargaların, bu kadar farklı koşullara kullanılabilmesinin nedeni ise uygulama ortamına göre modellenebilmeleridir; böylece hataya olan duyarlılıklarına göre tasarım yapılır. Duyargaların hataya olan duyarlılıklarının Poisson dağılımına dayanan bir denklemle ile hesaplanır. Bunun sonucunda da duyargaların yazılımlarının ve donanımlarının karmaşıklığı kullanılacakları çevreye göre değişmektedir. Örneğin bir ev içerisine sıcaklık algılaması amacıyla yerleştirilecek duyarganın duyarlılığı ile nehir dibinde toksit madde algılama amacıyla geliştirilecek duyarganın duyarlılığı farklıdır. Ortamın sertliği arttıkça hataya olan duyarlılığı daha az olan duyargalar geliştirilir. Böylece duyargaların çevre koşullarından zarar görmesi mümkün olduğunca engellenir. RFID teknolojisinde ise çevre koşulları göz önünde bulundurularak etiketlerin modellenmesi gibi bir özellik yoktur.

WSN teknolojisi ile algılama yapılabilmesi RFID etiketlerden daha fazla sayıda duyarga olması gerekmektedir; çünkü duyargaların etiketleri ayıran en önemli özelliklerden olan kendi kendini organize etmeyi uygulayabilmeleri için ya duyargalar arasında karşılıklı görüş olmalı ya da aralarındaki mesafe birkaç metre olmalıdır. Duyargalar arasında karşılıklı görüş olması durumunda açık havada bu mesafe 70-120 metreye kadar çıkabilir (Çöplü, 2008). Ortamdaki duyarga yoğunlukları bir denklemden yararlanılarak bulunur. Bu denklem sonucunda elde edilen sayıda duyarga ortama dağıtılır. Duyargalar arasındaki mesafelerin kısa olması sayesinde de WSN teknolojisinin en önemli özelliklerinden olan enerji tasarrufu sağlanır. RFID etiketlerinde ise okuma/algılama yapmaları için ortamdaki yoğunluklarıyla ilgili herhangi bir şart söz konusu değildir. Bu sebeple bu çalışmada, yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde duyargaların kullanılması uygun olurken (ör. her binada bir veya bir kaç duyarga), yerleşimin yoğun olmadığı yerlerde RFID kullanılması önerilmektedir. Bunun sebebi, duyargaların bina üzerine yerleştirilecek

olmaları ve yerleşimin yoğun olmadığı bölgelerde yakında bina ve duyarga olmamasından dolayı duyarga ağını kurmanın mümkün olmamasıdır.

RFID teknolojisi ile WSN teknolojisi arasındaki en büyük fark, duyargaların bulundukları ağ içerisinde kendi aralarında iletişim kurabilmeleri ve kendi kendilerine örgütlenebilmeleridir. Bu sayede duyargalardan birinin ya da birkaçının zarar görmesi durumunda ağ dahilinde kalan diğer duyargalar herhangi bir aksaklık olmadan işlevlerinin yerine getirebilirler; bilgi diğer duyargalardan elde edilebilir. RFID etiketleri ise kendi aralarında iletişim kurmazlar; sadece okuyucu ile etiket iletişim kurar. Duyargaların ağ şeklinde çalışması muhtarlıktan güncelleme yapılmasına imkan sağlarken RFID için en fazla 30-100 m uzakta durmak gerekmektedir.

Görüldüğü gibi her iki sistem de sağladıkları avantajlar ile arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgilerin kaydedilmesi için belirlenen gereksinimleri karşılamakta ve çalışmanın amacına uygundur. Bu çalışmanın sonuçlarına göre ileride deneyler yapılması ve belirlenen bu iki teknolojiden uygun olanının seçilmesi önerilmektedir.

6. ARAMA-KURTARMA OPERASYONLARINDA ÖNERİLEN SİSTEMİN KULLANIMI

Bu bölümde, arama-kurtarma çalışmalarında ileri veri depolama ünitesi olarak kullanılması önerilen RFID ve WSN teknolojilerinin kullanımını açıklamak amacıyla geliştirilen senaryolar bulunmaktadır. Ayrıca arama-kurtarma sürecinin aşamalarını, bu aşamalarda kullanılan yerel bilgileri ve bu bilgilerin bahsi geçen iki teknolojiyle elde edilmesini içeren süreç modeli yer almaktadır.

6.1 Süreç Modeli

Süreç modelinde, gerçekleşen bir depremin ardından yürütülecek arama-kurtarma çalışmalarının aşamaları ile bu aşamalarda RFID ve WSN teknolojilerinin üniteleri kullanıldığında hangi aşamada hangi yerel bilgilere nasıl erişim sağlanacağı süreç bazlı olarak gösterilmiştir. Süreç; depremin meydana gelmesiyle başlamaktadır. Bunu, arama-kurtarma ekiplerinin eş zamanlı olarak kriz merkezlerine ve ön keşif amacıyla depremden etkilenen bölgelere ulaşması izlemektedir. Arama-kurtarma ekiplerinin veri depolama ünitelerine gerekli olan bilgileri (ör. ölü/yaralı/kayıp sayısı, binadaki tehlikeli maddeler) yazmaları ve kişilerin isimleri ve TC kimlik numaraları ile kayıt tutulması işlemleri yapıldıktan sonra bu süreç tamamlanmaktadır.

Arama-kurtarma çalışmalarının aşamalarını ve her bir aşamada gerekli olan bilgi türlerine RFID ve WSN teknolojileri ile nasıl erişim sağlanacağını açıklayan süreç modeli aşağıda yer almaktadır (Şekil A.4).

Şekil A.4'te yer alan süreç modeline göre arama-kurtarma çalışmalarında önerilen sistemin kullanımının daha kolay anlaşılması, arama-kurtarma çalışmalarının koşullarının daha net belirlenmesi ve gelecekte prototip üretilmesinde yol gösterici olarak kullanılması için senaryolar geliştirilmiştir.

6.2 Arama&Kurtarma Çalışmaları ile İlgili Kullanım Senaryoları

İlerleyen paragraflarda, arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan yerel bilgilerin depolanması ve arama-kurtarma ekiplerine bu bilgileri en kısa sürede sağlayarak bilgi toplanması sürecini en aza düşürmek amacıyla önerilen sistemde çerçevesinde geliştirilen senaryolar yer almaktadır.

Önerilen elektronik sistemler RFID etiketleri ve okuyucuları ile WSN duyargalarıdır. Senaryoların gerçekleşebilmesi için ön koşul olarak; bölge, bina ve kişi bilgilerinin önceden toplanması, derlenmesi ve veri depolama ünitelerinde kayıtlı halde olması gereklidir.

Önerilen sistemin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için, arama kurtarma çalışmalarında görevli ekiplerin sistemi nasıl kullanacakları ile ilgili olarak bir eğitimden geçmeleri gerekecektir. Bu eğitim, özellikle olay yerinde ekip başı olarak görev yapacak ve veri saklama ünitesine veri depolayacak veya buradan veri okuyacak kişiler ağırlıklı olmak üzere, arama kurtarma ekibi elemanlarına verilmelidir.

Deprem sonrası binalardan veri okuma işlemi RFID okuyucuları/el bilgisayarları ile gerçekleştirilecektir. Ünitelerden veri okumak için gerekli okuyucu/bilgisayar ise arama kurtarma ekipleri başlarında bulunacaktır.

Yapılan Kabuller

- Bölge merkezi olarak kullanılacak muhtarlık binalarının sağlam olduğu varsayılmaktadır.
- Arama kurtarma ekiplerinde cm hassasiyetinde çalışan GPS cihazları olduğu var sayılmaktadır.

Bilgi depolama sistemlerinin kullanımlarına ilişkin senaryolar aşamalı olarak Çizelge 5.4'te gösterilmiştir. Buna göre 1. aşama, bilgilerin bölge ve binalar üzerindeki ünitelere aktarılması ve bu bilgilerin güncellenmesi ile ilgili kullanım senaryolarından oluşmaktadır. 2. aşamadaki kullanım senaryoları ile arama kurtarma ekiplerinin operasyon yapacakları bölgeye ulaşmaları ve binalar üzerindeki ünitelerden bilgi okuyarak çalışmaya başlamaları açıklanmaktadır. 3. ve son aşamadaki kullanım senaryosu ise arama kurtarma operasyonu gerçekleştirilen bina terk edilirken son durumun ünitelere yazılması ile ilgilidir (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1 : Arama-kurtarma çalışmalarında RFID ve WSN teknolojilerinin kullanılması

ARAMA-KURTARMA ÇALIŞMALARININ AŞAMALARI	İLGİLİ KULLANIM SENARYOSU	
Bilgilerin ünitelere aktarılması ve güncellenmesi	1	Binalardaki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması
	2	Yerel merkezlerdeki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması
	3	Ünitelerdeki bilgilerin güncellenmesi
Arama kurtarma operasyonu yapılacak bölgeye ulaşılması, bina ile bağlantı kurulması, bina bilgilerinin okunması, değerlendirilmesi ve operasyona başlanması	4	Arama kurtarma ekiplerinin bölgeye ulaşmaları
	5	Binadaki ünite ile bağlantı kurulması, bağlantı kurulan ünite ile önünde durulan bina eşleştirmesinin yapılması
	6	Bağlantı kurulan üniteden bina ve kişi bilgilerine erişilmesi ve arama-kurtarma çalışmalarına başlanması
Bina terk edilirken son durumun etiketlerin üzerine yazılması	7	Bina terk edilirken son durumun ünitelerin üzerine yazılması

Kullanım Senaryosu 1: Binalardaki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması

Aktörler: RFID/duyarga bilgi kayıt personeli

Kısa tanım: Bu senaryo ile binalardaki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması süreci açıklanmaktadır.

Ön koşullar:

- Muhtarlıklarda kullanılan veritabanlarından, ünitelere aktarılacak bilgileri saklayan veritabanına otomatik bilgi aktarımının gerçekleştirilebilmesi gerekmektedir.
- RFID/duyarga bilgi kayıt personeli ünitelere bilgi yazmak ve ünitelerden bilgi okumak konusunda eğitilmişlerdir.

Olay akışı:

- Bir muhtarlıktaki bina ve bina sakinleri ile ilgili kayıtlı olan bilgiler RFID/duyarga kayıtlarını yapan ekibin taşınabilir bilgisayarındaki veritabanına transfer edilecektir.
- Bilgisayarlardaki veritabanlarında bulunmayan bilgiler her bir binaya gidilerek bina sakinleri ile yapılan görüşmelerden toplanacaktır.
- Her bina ile ilgili bilgi, taşınabilir bilgisayardaki veritabanından, binanın üzerindeki etiketlere/duyargalara aktarılacaktır:
  a) RFID kullanılıyor ise bir bina üzerindeki etiket veya etiketlere sadece o bina bilgileri ve o binada bulunan kişilerle ilgili bilgiler
  b) Duyargalar kullanılıyor ise bir bina üzerindeki duyargalara tercihen yakındaki birkaç binanın daha bilgisi ve o binalarda bulunan kişilerle ilgili bilgiler kaydedilecek ve burada saklanacaktır.

Son koşullar: Binada saklanması gerektiği belirlenen bilgiler ünitelerin üzerinde kayıtlı olacaktır.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 1: Barbaros Mahallesi Muhtarlığı'nda kayıtlı bulunan binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler RFID bilgi kayıt personeli Ayhan'ın taşınabilir bilgisayarına aktarılır. Ayhan muhtarlıktan alınan bilgiler içerisinde Duru Apartmanı'nın bina fotoğrafları, kat ve tesisat planları, binadaki tehlikeli maddelerin yerleri ile bina sakinlerinin kişisel ve sağlık bilgilerinin bulunmadığını tespit eder ve binaya giderek binanın fotoğraflarını çekip bina sakinleri ile yapılan görüşmelerle eksik bilgileri toplar. Ayhan'ın taşınabilir bilgisayarına kaydedilen bina ve bina sakinleri ile ilgili tüm bilgiler apartman üzerindeki etiketlere aktarılır ve burada saklanır. Ayrıca tüm bu veriler muhtarlık bilgisayarındaki veritabanına da aktarılarak burada yedeklenir.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 1: Barbaros Mahallesi Muhtarlığı'nda kayıtlı bulunan binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler duyarga bilgi kayıt personeli Ahmet'in taşınabilir bilgisayarına aktarılır. Ahmet muhtarlıktan alınan bilgiler içerisinde Duru, Yeşil ve Şölen Apartmanları'nın bina fotoğrafları, kat ve tesisat planları, binadaki tehlikeli maddelerin yerleri ile bina sakinlerinin kişisel ve sağlık

bilgilerinin bulunmadığını tespit eder ve binaya giderek binanın fotoğraflarını çekip bina sakinleri ile yapılan görüşmelerle eksik bilgileri toplar. Ahmet'in taşınabilir bilgisayarına kaydedilen bina ve bina sakinleri ile ilgili tüm bilgiler muhtarlık bilgisayarına transfer edilir. Bu bilgilerin Duru Apartmanı üzerindeki duyargalara transferi de otomatik olarak muhtarlık bilgisayarında yapılan kayıt işlemi ile aynı anda gerçekleşir.

Kullanım Senaryosu 2: Bölgesel merkezlerdeki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması

Aktörler: RFID/duyarga bilgi kayıt personeli

Kısa tanım: Bu senaryo ile bölgesel merkezlerdeki ünitelere ilk bilgilerin aktarılması süreci açıklanmaktadır.

Ön koşullar:

- RFID/duyarga bilgi kayıt personeli ünitelere bilgi yazmak ve ünitelerden bilgi okumak konusunda eğitilmişlerdir.

Olay akışı:

- Bölge ile ilgili (her bina için özel ve bölge için genel özellikteki) belirlenmiş bilgiler RFID/duyarga kayıtlarını yapan ekibin taşınabilir bilgisayarına kaydedilecektir.
- Bölgedeki binalara özel bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler bölge merkezi muhtarlıktaki bilgisayara ekibin taşınabilir bilgisayarından aktarılacak ve burada saklanacaktır.
- Bölgedeki binalardaki toplam kişi sayıları, mahalledeki binaların kullanım amaçları, tehlikeli madde bilgileri ile mahallenin su, doğalgaz ve elektrik tesisatlarının açma/kapama yerlerini ve deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan ile ulaşım/alternatif ulaşım planları gibi genel bilgiler ise ekibin taşınabilir bilgisayarından muhtarlık binası üzerindeki üniteye aktarılacak ve burada saklanacaktır.

Son koşullar: Bütün mahalle binalarına ait, binada saklanması gerektiği belirlenen bilgiler, bölge merkezi muhtarlığın bilgisayarında ve bölge ile ilgili genel bilgiler de bölge merkezi muhtarlık üzerindeki ünitelerde kayıtlı olacaktır.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 2: Kadıköy bölgesi ile ilgili bilgileri kaydetmekle görevli RFID ekibinden Acıbadem Mahallesi sorumlusu Selim; önce muhtarlık bilgisayarındaki bilgileri kendi taşınabilir bilgisayarına aktarıp kontrol ederek, eksik varsa binalara gidip bina sakinleri ile görüşerek binalarla ilgili gerekli bilgileri toplayıp, kaydeder. Bölgedeki diğer mahalleler için de aynı işlemler diğer sorumlular tarafından gerçekleştirilir.

Aynı anda Kadıköy bölgesi ekibinden diğer sorumlulardan Derya, Kadıköy bölgesi ile ilgili olarak; bölgedeki yapıların kullanım amaçları, tehlikeli madde bilgileri, yapılardaki toplam kişi sayıları ve bölge mahallelerinin su, doğalgaz ve elektrik tesisatlarının açma/kapama yerlerini ve deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan ile ulaşım/alternatif ulaşım planları bilgilerini toplayıp taşınabilir bilgisayarlarına kaydeder. Bir sonraki adım olarak, görevliler bilgisayarlarında kayıtlı mahalleler, binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgileri muhtarlık bilgisayarlarına; bölge ile ilgili genel bilgileri ise muhtarlık üzerindeki etiketlere transfer ederler.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 2: Kadıköy bölgesi ile ilgili bilgileri kaydetmekle görevli duyarga ekibinden Acıbadem Mahallesi sorumlusu Metin; önce muhtarlık bilgisayarındaki bilgileri kendi taşınabilir bilgisayarına aktarıp kontrol ederek, eksik varsa binalara gidip bina sakinleri ile görüşerek binalarla ilgili gerekli bilgileri toplayıp, kaydeder. Bölgedeki diğer mahalleler için de aynı işlemler diğer sorumlular tarafından gerçekleştirilir.

Aynı anda Kadıköy bölgesi ekibinden diğer sorumlulardan Ali, Kadıköy bölgesi ile ilgili olarak; bölgedeki yapıların kullanım amaçları, tehlikeli madde bilgileri, yapılardaki toplam kişi sayıları ve bölge mahallelerinin su, doğalgaz ve elektrik tesisatlarının açma/kapama yerlerini ve deprem konteynırlarının yerlerini gösteren plan ile ulaşım/alternatif ulaşım planları bilgilerini toplayıp taşınabilir bilgisayarlarına kaydeder. Bir sonraki adım olarak görevlilerin bilgisayarlarında kayıtlı mahalleler, binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgileri ve bölge ile ilgili genel bilgileri muhtarlık bilgisayarlarına transfer etmesi ile hem muhtarlık bilgisayarlarına mahalle, binalar ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler kaydedilir hem de muhtarlık

binaları üzerindeki duyargalara bölge ile ilgili genel bilgiler otomatik olarak transfer edilmiş olur.

Kullanım Senaryosu 3: Ünitelerdeki bilgilerin güncellenmesi

Aktörler: Ünite yenileyecek bir yetkili (ör. mahalle muhtarları)

Kısa tanım: Bu senaryo ile ünite bilgilerinin güncel tutulması süreci açıklanmaktadır.

Ön koşullar:

- Her mahalle muhtarına eğitim/bilgi verilir (RFID etiketi okuma-yazma ve duyargalar hakkında).

Olay akışı:

- Ünitelerde saklanan bilgiler, muhtarlık veritabanında gerçekleşen değişiklikler doğrultusunda yenilenecektir.
- Mahalleden taşınma durumu olduğunda muhtarlık bilgisayarından kayıt silme işlemi yapılır.
- Mahalleye yeni taşınma durumu olduğunda da muhtarlık bilgisayarına yeni kayıt yapılır.
- Yapılan değişikliğin ünitelere aktarılması;
  a) Duyarga kullanılıyorsa muhtarlık bilgisayarındaki güncellemenin otomatik olarak bina duyargada da gerçekleşmesiyle sağlanır.
  b) RFID kullanılıyorsa muhtarın taşınabilir bilgisayarı ile ilgili binaya gidip etikette güncelleme yapması ile sağlanır.

Son koşullar: Bilgiler belli periyotlarla güncellenmiş olacaktır.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 3: Ataşehir'deki evlerinden Üsküdar Salacak mahallesine taşınan Aslan ailesi, Ataşehir'deki muhtarlıktan kayıtlarını alıp yeni mahallelerindeki muhtarlığa kayıt yaptırırlar. Ataşehir muhtarlığı veritabanındaki değişiklik otomatik olarak muhtarlığın taşınabilir bilgisayarına aktarılır. Taşınabilir bilgisayarını alarak binaya giden muhtar Mehmet, Aslan ailesinin eskiden oturduğu apartmandaki etikete güncellemeyi aktarır. Salacak Mahallesi muhtarlığında ise yeni kayıt işlemi önce muhtarlık bilgisayarında

gerçekleştirilir. Ardından etiket güncellemesi için yeni taşınılan binaya giden muhtar değişikliği etikete kaydeder.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 3: Ataşehir'deki evlerinden Üsküdar Salacak mahallesine taşınan Aslan ailesi, Ataşehir'deki muhtarlıktan kayıtlarını alıp yeni mahallelerindeki muhtarlığa kayıt yaptırırlar. Ataşehir muhtarlığı veritabanında muhtar Mehmet tarafından yapılan değişiklik otomatik olarak bina üzerindeki duyargada da görülür. Aynı şekilde Salacak Mahallesi muhtarlığında gerçekleşen yeni kayıt işlemi otomatik olarak bina duyargada da gerçekleşir.

Kullanım Senaryosu 4: Arama kurtarma ekiplerinin bölgeye ulaşmaları

Aktörler: Arama kurtarma ekipleri, keşif ekipleri

Kısa tanım: Bu senaryo arama kurtarma ekiplerinin ünitelerdeki bilgileri kullanarak çalışma yapacakları bölgeleri nasıl seçtiklerini, bölgeye nasıl ulaştıklarını ve nasıl görev dağılımı yaptıklarını açıklamaktadır.

Ön koşullar:

- Zarar gören bölgedeki binalardaki ünitelere bina ve içinde yaşayanlara ait bilgilerin daha önceden kaydedilmiş olması gerekmektedir. Bölge ile ilgili daha genel bilgiler ise bölge merkezleri olarak kullanılacak muhtarlıklarda ve bölge ile ilgili genel ve yerel bilgilerin hepsi AKOM'da, belediyelerde ve Kriz Merkezleri'nde kayıtlı olarak bulunmalıdır.

Olay akışı:

- Deprem gerçekleştikten sonra arama-kurtarma ekipleri, depremden etkilenen bölgeler ile ilgili bilgi alabilmek için kriz merkezlerine gelirler.
- Aynı anda ön keşif yapılması amacıyla depremden etkilenen bölgelere keşif ekipleri de gönderilir.
- Arama-kurtarma ekipleri kriz merkezlerinden bölge ile ilgili olarak deprem haritaları, yapı ve nüfus yoğunluğu, bölge binaları yapım yılları, binaların taşıyıcı sistem bilgileri ile ulaşım/alternatif ulaşım planlarına erişirler.
- Ön keşif ekipleri bölgelerin depremden etkilenme dereceleri (ör. yıkık bina ve enkaz altında kalan depremzede sayısı), ulaşım kolaylığı bakımından yolların durumları bilgilerini bölgelerden toplarlar. Ayrıca çeşitli iletişim

kanallarıyla da genel duyumlar (ör. hangi bölgelerin daha çok etkilendiğine dair bilgi) alınır.

- Kriz merkezlerinden edinilen ve bölgelerden toplanan bilgiler birlikte değerlendirilerek ekipler; depremden daha fazla zarar görmüş olabilecek ve dolayısıyla daha fazla insanın kurtarılabileceği bölgelere yönlendirilirler.
- Ulaşım/alternatif ulaşım planlarından faydalanarak bölgelere ulaşan ekipler, bölge muhtarlıklarına gelirler.
- Ekipler muhtarlık binası üzerindeki ünitelerden mahalle binaları kullanım amaçları, binalardaki toplam kişi sayıları, mevcut tehlikeli madde bilgileri ile mahallenin su, doğalgaz ve elektrik tesisatlarının açma/kapama yerlerini ve deprem konteynırlarının yerlerini gösteren planları okurlar.
- Bu bilgiler değerlendirilir, hangi binadan çalışılmaya başlanacağına karar verilir.
- Aynı anda mahalledeki olası tehlikelere karşı önlemler alınır; su, doğalgaz ve elektrik tesisatları planlarında gösterilen yerlerden ana şalter ve ana vanalar kapatılır.

Son koşullar: Arama kurtarma ekipleri operasyonun yapılacağı binayı seçip, orada çalışmaya başlarlar.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 4: Marmara bölgesinde gerçekleşen deprem sonrası AKUT ekipleri, Ataşehir'deki Kriz Merkezi'ne gelirler. Aynı anda AKUT'un keşif ekipleri de bölgelere dağılır ve bilgi toplamaya başlarlar. İstanbul, Kadıköy Bölgesi'nden sorumlu Atak adlı ekip; Merkez'den Kadıköy Bölgesi deprem haritaları, yapı ve nüfus yoğunluğu, bölge binaları yapım yılları, binaların taşıyıcı sistem bilgileri ile ulaşım/alternatif ulaşım planlarına erişirler. Aynı anda Kadıköy Bölgesi keşif ekiplerinden bölgenin depremden etkilenme derecesi (ör. yıkık bina ve enkaz altında kalan depremzede sayıları vb), ulaşım kolaylığı bakımından yolların durumları bilgisini bölgeden, gözlem yoluyla, toplarlar. Ayrıca çeşitli iletişim kanallarıyla da genel duyumlar (hangi bölgelerin daha çok etkilendiğine dair vb) alınır. Kriz merkezlerinden edinilen ve bölgeden toplanan bilgiler birlikte değerlendirilerek Atak ekibi; Kadıköy sınırları içinde depremden daha fazla zarar

görmüş olabilecek ve dolayısıyla daha fazla insanın kurtarılabileceği bölgelere yönlenirler. Ulaşım/alternatif ulaşım planlarından faydalanarak bölgeye ulaşan ekip, Feneryolu Mahallesi Muhtarlığı'na gelir. Ekip muhtarlık binası üzerindeki etiketten mahalle binaları kullanım amaçları, binalardaki toplam kişi sayıları, mevcut tehlikeli madde bilgileri ile mahallenin su, doğalgaz ve elektrik tesisat planlarını okur. Bu bilgiler değerlendirilir, hangi binada çalışılmaya başlanacağına karar verilir. Aynı anda mahalledeki olası tehlikelere karşı önlemler alınır; su, doğalgaz ve elektrik tesisatları planlarında gösterilen yerlerden ana şalter ve ana vanalar kapatılır.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 4: Marmara bölgesinde gerçekleşen deprem sonrası AKUT ekipleri, Ataşehir'deki Kriz Merkezi'ne gelirler. Aynı anda AKUT'un keşif ekipleri de bölgelere dağılır ve bilgi toplamaya başlarlar. İstanbul, Kadıköy Bölgesi'nden sorumlu Atak adlı ekip; Merkez'den Kadıköy Bölgesi depremsellik haritaları, yapı ve nüfus yoğunluğu, bölge binaları yapım yılları, binaların taşıyıcı sistem bilgileri ile ulaşım/alternatif ulaşım planlarına erişirler. Aynı anda Kadıköy Bölgesi keşif ekiplerinden bölgenin depremden etkilenme derecesi (yıkık bina ve enkaz altında kalan depremzede sayıları vb), ulaşım kolaylığı bakımından yolların durumları bilgisini bölgeden, gözlem yoluyla, toplarlar. Ayrıca çeşitli iletişim kanallarıyla da genel duyumlar (ör. hangi bölgelerin daha çok etkilendiğine dair bilgi) alınır. Kriz merkezlerinden edinilen ve bölgeden toplanan bilgiler birlikte değerlendirilerek Atak ekibi; Kadıköy sınırları içinde depremden daha fazla zarar görmüş olabilecek ve dolayısıyla daha fazla insanın kurtarılabileceği bölgelere yönlenirler. Ulaşım/alternatif ulaşım planlarından faydalanarak bölgeye ulaşan ekip, Feneryolu Mahallesi'ne gelir ve duyarga ağlarına bağlanarak, mahalle muhtarlığındaki üniteden mahalle binaları kullanım amaçları, binalardaki toplam kişi sayıları, mevcut tehlikeli madde bilgileri ile mahallenin su, doğalgaz ve elektrik tesisat planlarını okur. Bu bilgiler değerlendirilir, hangi binada çalışılmaya başlanacağına karar verilir. Aynı anda mahalledeki olası tehlikelere karşı önlemler alınır; su, doğalgaz ve elektrik tesisatları planlarında gösterilen yerlerden ana şalter ve ana vanalar kapatılır.

Kullanım Senaryosu 5: Binadaki Ünite İle Bağlantı Kurulması, Bağlantı Kurulan Ünite İle Önünde Durulan Bina Eşleştirmesinin Yapılması

Aktörler: Arama-kurtarma ekipleri

Kısa tanım: Bu senaryo, mahalleye ulaşan arama-kurtarma ekiplerinin operasyona başlama kararı verdikleri bina ile bağlantı kurdukları üniteyi eşleştirmeleri açıklamaktadır.

Ön koşullar:

- Arama kurtarma ekip başında RFID okuyucusu/duyarga ağları ile entegre çalışabilen taşınabilir bir bilgisayar (ör. el bilgisayarı) olması gerekir.

Olay akışı:

- Arama-kurtarma yapacak ekibin başı, taşınabilir bilgisayarı ile ağ ile iletişim kurar (WSN teknolojisi kullanılıyorsa bu madde geçerlidir).
- Arama-kurtarma operasyonu yapacak ekibin başının, okuyucusuna/el bilgisayarına gelen sinyalin operasyon yapılmasına karar verilen binadan geldiğine emin olması, önünde durulan bina ile okuyucu/bilgisayar ekranında yüksek sinyal alındığı görülen etiketlerin/duyargaların eşleştirilmesi gerekir.
- Okuyucuya/bilgisayara gelen sinyaller ile bağlantı kurulur ve bina koordinat bilgileri, dört cepheden çekilmiş bina fotoğrafları ve bağlantı kurulan etiketlerin sinyal gücü bilgisi elde edilir.
- Bu bilgiler değerlendirilir, doğru bina-ünite eşleştirmesi sağlanır.
- Doğru bina-ünite eşleştirmesi sağlandıktan sonra üniteden bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler okunmaya başlanabilir.

Son koşullar:

Arama kurtarma ekipleri operasyon yapacakları bina üzerindeki ünite ile iletişim kurarlar, doğru bina-ünite eşleştirmesi sağlanır.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 5: Arama kurtarma ekip başı Serkan, operasyon yapılmasına karar verilen Sarmaşık Apartmanı önünde durup elinde

bulunan RFID okuyucusuna yüksek sinyal gönderen etiketlerin hangi binalara ait olduğunu ayırt edebilmek için; okuyucu ekranında görülen bina fotoğrafları, koordinat bilgileri ve bağlantı kurduğu etiketlerin sinyal gücü bilgilerini değerlendirir. Cm hassasiyetinde çalışan GPS cihazına koordinatları girerek; binanın normal halinin fotoğrafına bakıp, depremden sonraki durumu ile karşılaştırarak ve sinyal gücünü de değerlendirerek doğru bina-etiket eşleştirmesini sağlar ve etiketten bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgileri okumaya başlar.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 5: Arama kurtarma ekip başı Serkan, operasyon yapılmasına karar verilen Sarmaşık Apartmanı önünde durup diğer hasarlı binaların da bulunduğu sokakta el bilgisayarı ile mahalle duyarga ağına bağlanır. Yüksek sinyal gönderen duyargaların hangi binalara ait olduğunu ayırt edebilmek için; okuyucu ekranında görülen bina fotoğrafları, koordinat bilgileri ve bağlantı kurduğu etiketlerin sinyal gücü bilgilerini değerlendirir. Cm hassasiyetinde çalışan GPS cihazına koordinatları girerek; bina fotoğrafına ve o anki durumuna bakarak ve sinyal gücünü de değerlendirerek doğru bina-düğüm eşleştirmesini sağlar ve düğümden bina ve bina sakinleri ile ilgili bilgileri okumaya başlar.

Kullanım Senaryosu 6: Bağlantı Kurulan Üniteden Bina ve Kişi Bilgilerine Erişilmesi, Bilgilerin Değerlendirilmesi ve Arama-Kurtarma Çalışmalarına Başlanılması

Aktörler: Arama kurtarma ekipleri

Kısa tanım: Bu senaryo, mahalleye ulaşan kurtarma ekiplerinin hasar gören bina ve binada yaşayan kişilerle ilgili ulaşacakları bilgileri ve nasıl bu bilgileri değerlendirerek çalışmaya başlayacaklarını açıklamaktadır.

Ön koşullar:

- Arama kurtarma ekip başında RFID okuyucusu/duyarga ağları ile entegre çalışabilen taşınabilir bir bilgisayar (ör. el bilgisayarı) olması gerekir.

Olay akışı:

- Ekipler önünde durdukları bina ünitesine eriştiklerinden emin olduktan sonra, gerekli bina bilgilerini okumaya başlarlar.

- Etiketlerden kat planları üzerinden binadaki tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri bilgisini okurlar ve bunu değerlendirilerek binaya girip girmeme kararı verirler.
- Binaya girmeme kararı verilirse bina için gerekli önlemler alınır ve başka binalar için bina-ünite eşleştirmesinden başlanarak operasyonlara devam edilir.
- Binaya girme kararı verilirse, yine tehlike unsurlarına karşı önlem alınarak operasyona başlanır ve ünitelerden bilgi okunmaya devam edilir.
- Ekipler bir yandan ulaşılabilir olan depremzedeler kurtarırlar.
- Bina üzerindeki ünitelerde depolanan kat planları üzerinden binadaki tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri bilgisini okurlar ve bunu değerlendirilerek binaya girip girmeme kararı verirler.
- Binaya girmeme kararı verilirse bina için gerekli önlemler alınır ve başka binalar için bina-ünite eşleştirmesinden başlanarak operasyonlara devam edilir.
- Ekipler bir yandan ulaşılabilir olan depremzedeler kurtarırlar.
- Ünitelerden okunan kat planları, binanın su, doğalgaz ve elektrik tesisat planları ve tesisat şeması bilgileri değerlendirilerek binaya/enkaza nerelerden güvenle girilebileceğine karar verilir.
- Ünitelerden okunan bina yapım yılı, bina kat sayısı, bina taşıyıcı sistemi bilgileri de doğru ekipman seçimlerinde ekiplere yol gösterir.
- Ünitelerden okunacak binadaki toplam/ortalama kişi sayıları, binada belirli saat dilimlerinde bulunan kişi sayıları ve bina sakinleri ile ilgili bilgiler, binada engelli kişi olup olmadığı bilgisi ve varsa engelli kişinin yaşadığı kat ve daire bilgileri ile diğer bina sakinleri ile ilgili bilgiler kat planları bazında elde edilir. Bütün bu bilgiler ekiplere arama-kurtarma çalışmaları sırasında yol gösterir.
- Arama-kurtarma operasyonuna başlandığı andan itibaren ulaşılabilir durumda olan depremzedeler ve operasyon sırasında binadan/enkazdan çıkarılan depremzedelere o anki durumlarına uygun ilk yardım müdahaleleri;

ünitelerden okunan kişisel sağlık bilgileri (ör. isim, kan grubu, kronik hastalık, sürekli kullanılan ilaç, alerji) gözetilerek yapılır.

- Gerekli görülenler ulaşım/alternatif ulaşım planlarından yararlanılarak en yakın sağlık kuruluşlarına sevk edilirler.

Son koşullar: Arama kurtarma ekipleri operasyon yapacakları bina ve içinde yaşayanlarla ilgili ayrıntılı bilgileri öğrenmiş olurlar ve elde edilen veriler değerlendirilerek uygun olduğuna karar verilirse ekipler kurtarma operasyonuna başlarlar.

Senaryo:

RFID Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 6: Doğru bina-ünite eşleştirmesinin ardından; arama kurtarma ekip başı Serkan, Sarmaşık Apartmanı'ndaki etiketlerden kat planları üzerinden binadaki tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri bilgisini okur ve bunu ekip elemanlarıyla değerlendirerek binaya girme kararı verir. Giriş katında Eczane bulunan apartman için, ayrıca bina içindeki diğer tüp vb tehlike unsurlarına karşı önlem alınarak operasyona başlanır ve bir yandan etiketlerden bilgi okunmaya devam edilir.

Kat planlarına bakılırken bir yandan binanın su, doğalgaz ve elektrik tesisat planları ve tesisat şeması bilgileri değerlendirilerek binaya nerelerden güvenle girilebileceğine karar verilir. Ünitelerden okunan bina yapım yılının 1995, bina kat sayısının 4, bina taşıyıcı sisteminin betonarme olduğu bilgilerine göre ekipman seçimi yapılır. Üniteye yapılan sorgulamada binada engelli kişi olmadığı bilgisi elde edilir, depremin saat 15.10'da gerçekleştiği göz önüne alınarak; üniteden uygun saat dilimi içinde binada bulunan ortalama kişi sayısının 40 olduğu öğrenilir. Arama-kurtarma operasyonuna başlandığı andan itibaren ulaşılabilir durumda olan depremzedeler ve operasyon sırasında binadan çıkarılan depremzedelere o anki durumlarına uygun ilk yardım müdahaleleri; ünitelerden okunan kişisel sağlık bilgileri (isim, kan grubu, kronik hastalık, sürekli kullanılan ilaç, alerji) gözetilerek yapılır. Gerekli görülenler ulaşım/alternatif ulaşım planlarından yararlanılarak en yakın sağlık kuruluşlarına sevk edilirler.

WSN Teknolojisi için Kullanım Senaryosu 6: Doğru bina-ünite eşleştirmesinin ardından; arama kurtarma ekip başı Serkan, Sarmaşık Apartmanı'ndaki duyargadan

kat planları üzerinden binadaki tehlikeli maddelerin türleri ve yerleri bilgisini okur ve bunu ekip elemanlarıyla değerlendirerek binaya girme kararı verir.

Giriş katında Eczane bulunan apartman için, ayrıca bina içindeki diğer tüp vb tehlike unsurlarına karşı önlem alınarak operasyona başlanır ve bir yandan duyargadan bilgi okunmaya devam edilir.

Kat planlarına bakılırken bir yandan binanın su, doğalgaz ve elektrik tesisat planları ve tesisat şeması bilgileri değerlendirilerek binaya nerelerden güvenle girilebileceğine karar verilir. Üniteden okunan bina yapım yılının 1995, bina kat sayısının 4, bina taşıyıcı sisteminin betonarme olduğu bilgilerine göre ekipman seçimi yapılır. Üniteye yapılan sorgulamada binada engelli kişi olmadığı bilgisi elde edilir, depremin saat 15.10'da gerçekleştiği göz önüne alınarak; üniteden uygun saat dilimi içinde binada bulunan ortalama kişi sayısının 40 olduğu öğrenilir. Arama-kurtarma operasyonuna başlandığı andan itibaren ulaşılabilir durumda olan depremzedeler ve operasyon sırasında binadan çıkarılan depremzedelere o anki durumlarına uygun ilk yardım müdahaleleri; ünitelerden okunan kişisel sağlık bilgileri (isim, kan grubu, kronik hastalık, sürekli kullanılan ilaç, alerji) gözetilerek yapılır. Gerekli görülenler ulaşım/alternatif ulaşım planlarından yararlanılarak en yakın sağlık kuruluşlarına sevk edilirler.

Kullanım Senaryosu 7: Bina Terk Edilirken Son Durumun Ünitelerin Üzerine Yazılması

Aktörler: Arama kurtarma ekipleri

Kısa tanım: Bu senaryo ile operasyon sonrası bina terk edilirken ünitelere yazılacak bilgiler açıklanmaktadır (WSN ve RFID sistemleri için bu senaryo aynıdır).

Ön koşullar:

- Depremde hasar gören binalara müdahale edilmiş, binanın terk edilmesi aşamasına gelinmiştir.

Olay akışı:

- Operasyon bittiğinde ekip tarafından binanın son durumu ve kurtarılanlar hakkında ve operasyon ile ilgili olarak; arama-kurtarma ekibinin adı, operasyon başlama ve bitiş saat ve tarihleri, binaya girip girememe durumu, çıkarılan sağ/ölü/yaralı sayısı, kayıp sayısı, binadan çıkarılamayan

depremzedelerin yerleri ve sayıları, binadaki tehlikeli durumları gösterir bilgiler ve operasyonun bitip bitmediği bilgileri önce el bilgisayarına kaydedilir.

- Bu bilgiler buradan ünitelere gönderilir ve burada saklanır.
- Depremzedelerin durumları ile ilgili kayıt tutulması işlemi; binada yaşayan kişilere ait bilgilerin saklı durduğu ünite veritabanında, kişilerin fotoğrafları ile kimlik bilgilerinin (isim ve TC kimlik numarası) ilişkilendirilmesi yoluyla yapılır.

Son koşullar: Binayı terk eden ekiplerin ardından binaya başka ekipler gelirse önceki operasyon hakkında bilgi edinmeleri sağlanmış olur. Binadan sağ/ölü/yaralı olarak çıkarılan kişilerin kimlik numaraları ve isimleri ile kayıtları tutulmuş olur.

Senaryo:

RFID ve WSN Teknolojileri için Kullanım Senaryosu 7: Arama kurtarma operasyonu gerçekleştirilen Çiçek Apartmanı terk edilirken Atak Ekibi başı Serkan, ekibinin 13.20'de gerçekleşen depremin ardından saat 14.15'te başladıkları operasyonu saat 15.40'da tamamladığını, 4 katlı apartmanın 1. katından kimliği bilinmeyen 2 kişinin ölü olarak çıkarıldığını üniteye yazar. Bina sakinleri listesinden 2. katta yaşayan Ahmet Demir ve Can Yılmaz adlı kişileri seçer ve bu kişilerin yaralı olarak çıkarıldığını yazar. Binada tehlike arz eden herhangi bir durum olmadığını belirtir. Ayrıca üniteden okunan bilgiler ve depremin oluş saati değerlendirildiğinde binada olması muhtemel 1 kişinin daha bulunduğunu ancak köpekli arama da gerçekleştirildiğini ve bu kişinin yaşamadığından emin olunduğunu ve operasyonun bittiğini yazar ve el bilgisayarından ünitelere gönderir.

Yukarıdaki paragraflarda arama-kurtarma operasyonlarının etkinliğini ve hızını arttırmak amacıyla kullanılması önerilen sistemi açıklamak amacıyla kurgulanan yedi adet senaryonun, görsel olarak ifade edildiği süreç modeli hazırlanmıştır. Bir sonraki bölümde bu süreç modeli ve bu modelle ilgili açıklamalar yer almaktadır.

7. İLERİ VERİ DEPOLAMA ÜNİTELERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ ÖNERİLEN YERLER

Bu araştırmanın sorularından biri olan "belirlenen bilgilerin yerel olarak veri depolama ünitelerinde saklanması durumunda ünitelerin depremde en az hasar görmeleri için yapının hangi bölümüne yerleştirilmeleri uygundur?" sorusunu cevaplandırmak amacıyla literatür araştırması, görüşmeler ve arşiv incelemesi yapılmıştır. Literatür çalışması kapsamında seçilen teknolojilerden WSN ve RFID teknolojilerinin ünitelerinin binanın çökmesi durumunda az zarar görmelerini sağlamak için uygun bir lokasyona yerleştirilmeleri gerekmektedir. Seçilen teknolojilerin özellikleri ve ünitelerin kullanım amacı ve koşulları göz önünde bulundurulduğunda tespit edilecek lokasyonun iki gereksinimi sağlaması gerekmektedir:

- Ortamda blok şeklinde büyük kütle, metal ve su olmaması
- Ünitelerin depremde en az hasarı görmeleri

Birinci gereksinimi sağlamak için veri depolama ünitelerinin yapıların dış yüzeyine yerleştirilmesi uygun görülmüştür. Çünkü ortamda bulunan blok şeklinde büyük kütleler (örneğin; duvar, kolon, kiriş, perde duvar), metal ve su, UHF ve mikrodalga frekansları ile çalışan teknolojilerin performanslarını düşürebilir. Bu yüzden binaların hasarlı ya da hasarsız olmaları durumunda veri depolama ünitelerinin diğer yapı elemanları tarafından tamamen bloke edilmeyecek şekilde yerleştirilmiş olması gerekir (Ergen ve diğ., 2007).

Ünitelerin ikinci gereksinimi olan depremde en az hasarı görmelerini sağlamak için binanın dış yüzeyine yerleştirilecek ünitelerin analiz edilmesi gerekmektedir. Ayrıca binanın çökmesi durumunda hem ünitelerin ezilip zarar görmemesi hem de enkazda en üstte kalmaları ve önlerine okuma için herhangi bir engel gelmemesi için binalarda en güvenli yerler saptanmalıdır.

Bu iki gereksinim doğrultusunda en uygun lokasyonun belirlenebilmesi için öncelikle literatür çalışması yapılmıştır. Literatür çalışmasında elde edilen bilgilerden

yararlanılarak yerel bilgilerin belirlendiği görüşmelerde, ünitelerin binanın üzerinde nereye yerleştirilmesi gerektiği üç farklı organizasyondan (İTÜ Afet Yönetim Merkezi, Sivil Savunma ve AKUT) toplam on üç uzmana sorulmuştur. Görüşmelerde uzmanların aktardıkları öneriler bir araya getirilmiş ve değerlendirilmiştir.

Uzmanların fikirlerinin yanı sıra geçmiş depremlerde hasar gören binaların incelenmesinin de binaların en çok hangi bölgelerinin hasar aldığını belirlemek açısından yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla 1995 Dinar, 1998 Adana, 1999 Adapazarı, 1999 Düzce, 2002 Çay ve 2003 Bingöl depremlerinin sonucunda hasar görmüş 100 adet binanın fotoğrafı incelenmiş ve binaların hangi bölgelerden hasar aldıkları tespit edilmiştir (Taşkın, 2008; Eyidoğan ve diğ., 2003; Koçyiğit ve diğ., 2003; Düzce Fotoğrafları, 2008; T.C. Kaynaşlı Kaymakamlığı, 2008; Deprem, 2008; Sayısal Grafik, 2008). İncelenen binalar 1-8 katlı ağır, orta ve ağır hasarlı betonarme binalardır. Değerlendirme sırasında incelenen 100 bina 1-4 ve 5-8 kat olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Binaların nerelerinin hasar gördüğünü tespit etmek amacıyla iki grup için iki ayrı bina modeli oluşturulmuştur. Her iki bina modeli enine kat sayısı kadar boyuna ise iki eş parçaya bölünmüştür. Çatı ise boyuna üç parçaya bölünmüştür. İncelenen binaların hasarlı olan yerleri bina modelinin hangi parçasına denk geliyorsa o parça içerisinde herhangi bir yer o hasarı temsilen bir nokta ile işaretlenmiştir. Bu işlem 1-4 ve 5-8 katlı iki model bina için ayrı ayrı uygulanmış ve sonunda sayısal bir analiz yapılarak her iki bina grubu için en az hasar alan bölge belirlenmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda elde edinilen bilgiler, görüşmelerden toplanan bilgiler ile birleştirilip analiz edilmiş ve ünitelerin bina üzerinde yerleştirilebilecekleri yerler saptanmıştır. Takip eden bölümlerde depremlerden sonra Türkiye'de görülen çökme şekilleri, veri depolama ünitelerinin bina üzerindeki yerlerinin neden önemli olduğu, görüşmelerin ve fotoğraf arşivlerinin incelenmesinden elde edilen sonuçlar ile yapılan analiz açıklanmıştır.

7.1 Literatür Çalışması Sonuçları

Depremlerden dolayı binaların hasar görme oranları, hasar gören yerleri ve yıkılma şekilleri bölgenin zemin özelliklerine ve binanın taşıyıcı sistemine göre değişebilmektedir. Örneğin, zemin sıvılaşması olan bir yerde inşa edilmiş olan bir

betonarme bir bina temelinden çıkarak blok halinde yıkılabilir. Binaların hasar oranları ve hasar gören yerleri bölgelere, şehirlere hatta en kısa mesafelerde bile değişiklik gösterebileceği için literatür çalışması kapsamında Türkiye'deki depremlerin sonucunda oluşan çökme-yıkılma şekilleri incelenmiştir (Tarı ve diğ., 2007):

- Kısmi Enkaz: Enkaz kütlelerinin bir tarafının tek parça halinde kırılması durumudur (Şekil 7.1). Kısmi enkazda binanın bir tarafında bulunan tüm katlar hasar görmektedir.



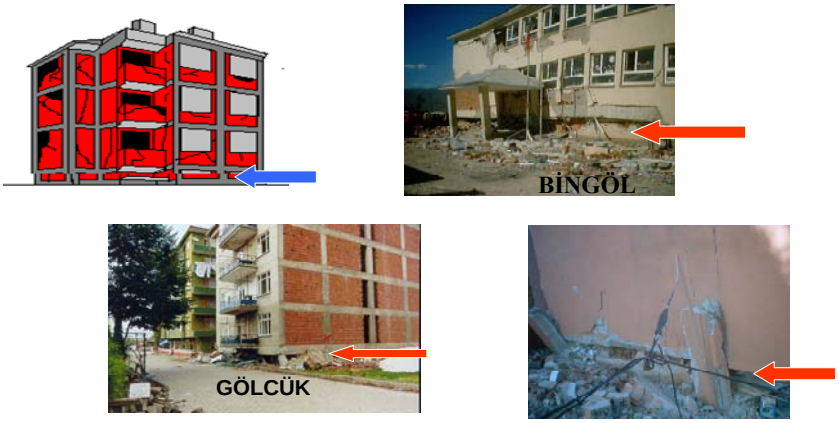
Şekil 7.1 : Kısmi enkaz (Tarı ve diğ., 2007)

- *Ara kat enkazı:* Yapının inşası sırasında yanlış teknik, eksik malzeme kullanılması sonucu sadece aradaki bir katın/katların çökmesidir (Şekil 7.2). Ara kat enkazında orta katlardan herhangi biri ya da birkaçı hasar görmektedir.



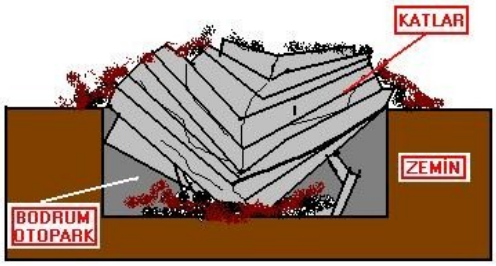
Şekil 7.2 : Ara kat enkazı (Tarı ve diğ., 2007)

- *Zemin kat enkazı:* Kolon kiriş bağlantılarının zayıf olması nedeniyle genellikle 3-4 katlı yapılarda sadece zemin katın çökme durumudur (Şekil 7.3). Zemin kat enkazında sadece zemin kat hasar görmektedir.



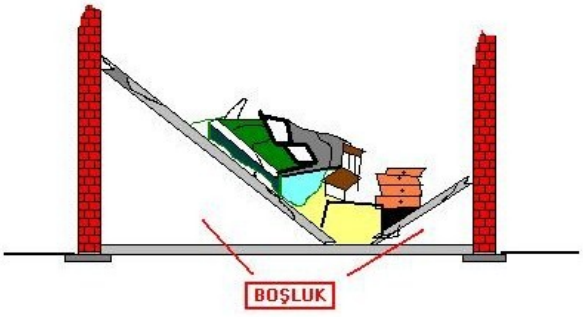
Şekil 7.3 : Zemin kat enkazı (Tarı ve diğ., 2007)

- *Vakum enkaz:* Enkazın bodrum kata kadar inebilme durumudur (Şekil 7.4). Vakum enkazda bodrum kattan çatı katına kadar binadaki tüm katlar ağır hasar görmektedir.



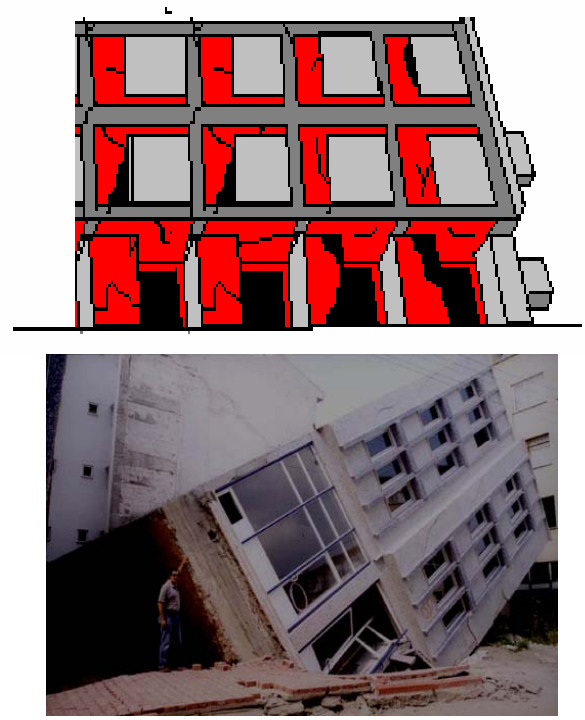
Şekil 7.4 : Vakum enkaz (Tarı ve diğ., 2007)

- *"V" şeklinde çökme:* Ağır yüklerin odanın ortasında yarattığı basınçtan dolayı oluşan çökme şeklidir (Şekil 7.5). "V" şeklinde çökme odaların ortasındaki ağırlıktan kaynaklandığı için herhangi bir katta görülebilir.



Şekil 7.5 : "V" şeklinde çökme (Tarı ve diğ., 2007)

- *Devrilme ve yeraltına kayma:* Zemin sıvılaşması ve temelin zemine uygun yapılmamasında oluşan enkaz tipidir (Şekil 7.6). Devrilme ve yeraltına kaymada bina temelinden ayrılıp devrildiği için devrildiği yönde bulunan diğer binalarla olan açısına da bağlı olarak herhangi bir katta hasar olabilir.



Şekil 7.6 : Devrilme ve yeraltına kayma (Tarı ve diğ., 2007)

- *Merdiven:* Yapının bir doğrultuda merdiven şeklinde yıkılma durumudur (Şekil 7.7). Merdiven tipi enkazda alt kattan çatı katına kadar binadaki tüm katlar ağır hasar görmektedir.



Şekil 7.7 : Merdiven (Tarı ve diğ., 2007)

- *Pres ya da pankek:* Depremin tek doğrultuda etki etmesiyle katların bloklar halinde yıkılması sonucu oluşan durumdur (Şekil 7.8). Pres ya da pankek tipi enkazda en alt kattan en üst kata kadar tüm katlar ağır hasar görmektedir.



Şekil 7.8 : Pres ya da pankek (Tarı ve diğ., 2007)

- *Burgulu ve pres enkaz:* Deprem kuvvetinin yapıya her doğrultuda etki etmesi sonucu yapının burgu şeklinde çökmesidir (Şekil 7.9). Burgulu ve pres enkazda binadaki tüm katlar ağır hasar görmektedir.



Şekil 7.9 : Burgulu ve pres enkaz (Tarı ve diğ., 2007)

Literatür çalışması sonucunda ulaşılan farklı yapı çökme şekilleri incelendiğinde depremlerde alt ve orta katların, üst katlara göre çok daha fazla hasar aldığı görülmektedir. Dedeoğlu, Erengin ve Pala'nın (2000) yaptığı çalışmaya göre; üst

katlara göre orta katlarda oturanlarda can kaybı riski % 72 artmaktadır. Alt katlarda ise, orta katlara göre % 42 daha az can kaybı riski söz konusudur. Başka bir deyişle bu çalışmada yapılan kat değerlendirme analizinde; alt katlara göre orta katlarda 2.38 kat, üst katlarda ise 1.71 kat daha fazla can kaybı riski söz konusudur. Üst katlardaki can kaybının alt katlara göre daha fazla olmasının nedeni ise insanların depremin yarattığı travmadan dolayı binadan aşağıya atlamaları olarak belirtilmiştir; fakat üst katlardan atlayan kişi sayısı ile ilgili kesin bir bilgi yoktur. Ayrıca; dört ve daha çok katlı binalarda çökme oranı %72 iken, üç ve daha az katlı binalarda bu oran %30'a düşmektedir (Arıoğlu ve diğ., 2000). Bu çalışmaların sonuçları depremden dolayı orta katların alt ve üst katlara göre daha fazla hasar gördüğünü göstermektedir; ama bu çalışmalarda kullanılan yönteme dair herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır. Ayrıca bu çalışmaların sonuçlarında depremden sonra binaların hangi bölümlerinin daha fazla hasar alacağına ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

Depremden sonra binalarda oluşan hasarların dağılımları ile ilgili herhangi bir veriye ulaşılamadığı için binaların hasar derecelerinin sınıflandırmaları ve bu sınıflandırma sisteminin kullanıldığı çalışmalar incelenmiştir. Binaların hasar dereceleri incelendiğinde dört başlık altında sınıflandırıldığı görülmektedir: (1) hafif hasar, (2) orta hasar, (3) ağır hasar, (4) çok ağır hasar (HAZUS, 2005; İstanbul için Master Planı, 2003). Bu sınıflandırmanın kullanıldığı ve daha önceki bölümlerde de açıklanan İstanbul için hazırlanan Deprem Master Planı kapsamında, İstanbul'da gerçekleşme olasılığı %60 olan yüksek magnitüdlü bir depreme karşı önlemlerin alınması ve şehrin depreme karşı güvenli bir hale getirilmesi amacıyla binaların deprem dayanımları ve şehrin zemin durumu incelenmiştir. Bu inceleme üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Birinci aşamada yapılan inceleme/değerlendirme çalışmaları, "*sokaktan inceleme*" olarak da nitelendirilen "*envanter ve ön değerlendirme*" çalışmalarıdır. Bu aşamada binanın dışına bakılarak kısa sürede toplanabilecek sınırlı sayıdaki veri (ör. kat sayısı, görünen yapı kalitesi, yumuşak kat, ağır çıkmalar) rasyonel olarak değerlendirilerek binalar için öncelik sıralaması yapılır. İkinci aşamada yapılan inceleme/değerlendirme çalışmaları, birinci aşamadaki öncelikli olarak belirlenen binalar veya bu tür binaların çoğunlukta olduğu bölgelerden başlamak üzere, binaların performans değerlendirmelerini kapsamaktadır. Bu aşamada kullanılmak üzere sadece zemin katla ilgili taşıyıcı sistem bilgilerinden yararlanılarak yapılan ve

aynı zamanda kendi içerisinde tutarlı bir nonlineer itme analizine dayanan yer değiştirmeye göre performans değerlendirilmesi yöntemi geliştirilmiştir. Yüz binlerce binanın değerlendirilmesi için mevcut bir yöntem olmadığından bu yöntem kat sayısı bodrum kat hariç en fazla altı olan, taşıyıcı sistemi betonarme çerçevelerden oluşan ve İstanbul'daki yapı stoğunun %90'ından fazlasını oluşturan binalara uygulanmıştır. Üçüncü aşamada yapılan inceleme/değerlendirme çalışmaları ise özellikle çok katlı konut ve işyeri binaları ile önemli kamu binalarını kapsayan sayısal analizleri içerir. Bu aşamada kullanılması önerilen yöntem ise mevcut betonarme binaların deprem güvenliklerinin değerlendirilmesinde esas olarak doğrusal analize dayanan kuvvet bazlı bir değerlendirme yöntemidir. Bu değerlendirme aşamasında binaların taşıyıcı sistemleri, bina alanına ait geoteknik rapor, inşaat sırasında gerçekleştirilen malzeme deneylerine ait raporlar gibi verilerden yararlanılır (İstanbul için Deprem Master Planı, 2003).

Bu tez çalışması kapsamında bahsi geçen hasar sınıflandırma sistemi kullanılmamıştır; çünkü (1) yapılar ancak yerinde incelendiğinde bu sınıflandırma sistemi altında değerlendirilebilmektedir (2) bu sistem ile yapıların çökme olasılıkları bir bütün olarak belirlenmekte ve yapılardaki hasarların yapının farklı bölümlerine dağıtılması mümkün olmamaktadır (İstanbul için Deprem Master Planı, 2003).

Bu çalışma süresince binaların hasar görmesine neden olacak büyüklükte bir deprem olmadığı için binaların yerinde incelenmesi mümkün olmamıştır. Bunun yerine geçmiş depremlerde hasar gören binaların fotoğraflarına bakılarak bir değerlendirme yapılmıştır. Ancak arşivlerde hasarlı bir binaya ait dört cepheden fotoğraf olmadığı gibi hasarlı bir binanın tüm taşıyıcı sistemlerini içeren fotoğraflar da bulunmamaktadır.

Daha önce depremden dolayı binanın hangi bölümlerinin hasar aldığına ilişkin bir çalışma yapılmadığından, bu çalışmada binaların sadece dışarıdan bakılarak değerlendirme aşamasında binanın hangi bölümünün daha çok hasar aldığının belirlenmesi için bir analiz yöntemi geliştirilmiştir. Bu amaçla literatürde binalardaki hasarların değerlendirilmesi için kullanılan analiz yöntemleri incelenmiştir. Konuyla ilgili yapılmış çalışmalarda zemin özellikleri, binaların taşıyıcı sistemleri (Zhang ve diğ.,2007; Kim ve diğ., 2009) gibi birçok kriter göz önünde bulundurularak formüller türetilmiştir. Fakat hasar sınıflandırılmasında olduğu gibi sadece fotoğraf arşivlerinin incelenmesi ile bu tür kriterlerin değerlendirilmesi söz konusu değildir. Örneğin binalarda depremde oluşabilecek hasar derecesinin hesaplanmasının konu alındığı bir

çalışmada çelik kafes sistemlerden yararlanılarak maksimum deformasyon hesaplanmış ve kümülatif etkiler incelenmiştir (Zhang ve diğ., 2007). Taşıyıcı elemanların depremdeki davranışının incelenmesinin konu alındığı başka bir çalışmada ise ahşap kafes sistemlerden yararlanılmış ve bu yapıların depremden korunması için teknik özellikleri belirlenmiştir (Güçhan, 2007). Diğer bir çalışmada ise depremden sonra taşıyıcı elemanların hasar derecelerinin hesaplanması amacıyla entegre bir sistem geliştirilerek üç boyutlu çökme analizi yapılmıştır. Geliştirilen bu entegre sistem ile kolondaki deformasyonlar analiz edilebiliyor, deforme olan yapısal elemanlarla yapının davranışı modellenebiliyor ve bunların dinamik etkilerinin olup olmadığı incelenebiliyor (Kim ve diğ., 2009). Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara geliştirilen sistemlerde modellenen yapılarla çalışıldığı ve yapının taşıyıcı sistemi, bulunduğu bölgenin geoteknik özellikleri, deprem dalgalarının doğrultusu gibi farklı kriterlerin bir bütün olarak değerlendirilmesi ile ulaşıldığı için bu sonuçlardan yararlanılmamıştır.

Bahsi geçen çalışmalarda sadece binanın dışarıdan bakılarak incelenmesi esasına dayanan bir değerlendirme sistemi kullanılmamıştır. Ayrıca bu çalışmaların sonuçları depremden sonra binaların hangi bölümlerinin hasar aldığına dair herhangi bir veri içermediği için geçmiş depremlerde hasar görmüş binaların fotoğraflarının yer aldığı arşivler incelenmiştir.

7.2 Görüşme Sonuçları

Görüşülen uzmanların hepsi binaların çökme şekillerinin nasıl olacağının önceden saptanamayacağını, bu yüzden de üniteler bina üzerinde nereye yerleştirilirse yerleştirilsin her zaman ünitelerin zarar görme ya da enkaz kütlelerinin okumaya engel olma riskinin söz konusu olduğunu belirttiler. Buna ek olarak ünitelerin en az hasarı görmeleri için mümkün olduğunca üst katlara ve betonarme elemanlar üzerine (ör. perde duvar) yerleştirilmelerinin daha emniyetli olacağını belirttiler. Ayrıca bazı uzmanlar, çöken veya hasar gören binalarda oluşacak moloz yığınlarından dolayı okuma yapılamaması olasılığına karşın, eğer binanın bahçesi varsa, bahçe duvarının üzerine de bu ünitelerden yedek olarak yerleştirilmesini önerdiler.

7.3 Arşiv İncelemesi Sonuçları

Türkiye'nin farklı bölgelerinde gerçekleşmiş ve büyük kayıplara neden olmuş depremlerin zarar verdiği binaların fotoğraflarının yer aldığı fotoğraf arşivleri incelenmiştir. Bu çalışmada hasarlı binaların fotoğrafları incelenirken binanın dış yüzeyinde olan, veri depolama ünitelerinin hasar görmelerine ve işlevlerini yitirmelerine neden olabilecek hasarlar (ör., ezilme, düşme) dikkate alınmış ve hasar olarak nitelendirilmiştir. 1995 Dinar, 1998 Adana, 1999 Düzce, 1999 Adapazarı, 2002 Çay ve 2003 Bingöl depremlerinin hasar verdiği 65 tanesi 1-4 katlı ve 35 tanesi 5-8 katlı toplam 100 adet binanın fotoğraflarının incelenmiştir (Taşkın, 2008; Eyidoğan ve diğ., 2003; Koçyiğit ve diğ., 2003; Düzce Fotoğrafları, 2008; T.C. Kaynaşlı Kaymakamlığı, 2008; Deprem, 2008; Sayısal Grafik, 2008). İncelenen fotoğraflardan bazıları Şekil 7.10-7.16'da verilmiştir.



Şekil 7.10 : Dinar'da hasarlı bir bina (Taşkın, 2008)



Şekil 7.11 : Sakarya'da hasarlı bir bina (Taşkın, 2008)



Şekil 7.12 : Kaynaşlı'da hasarlı bir bina (Kaynaşlı Kaymakamlığı, 2008)



Şekil 7.13 : Düzce'de hasarlı bir bina (Düzce Fotoğrafları, 2008)



Şekil 7.14 : Yeşilçay'da hasarlı bir bina (Taşkın, 2008)



Şekil 7.15 : Adapazarı'nda hasarlı bir bina (Taşkın, 2008)

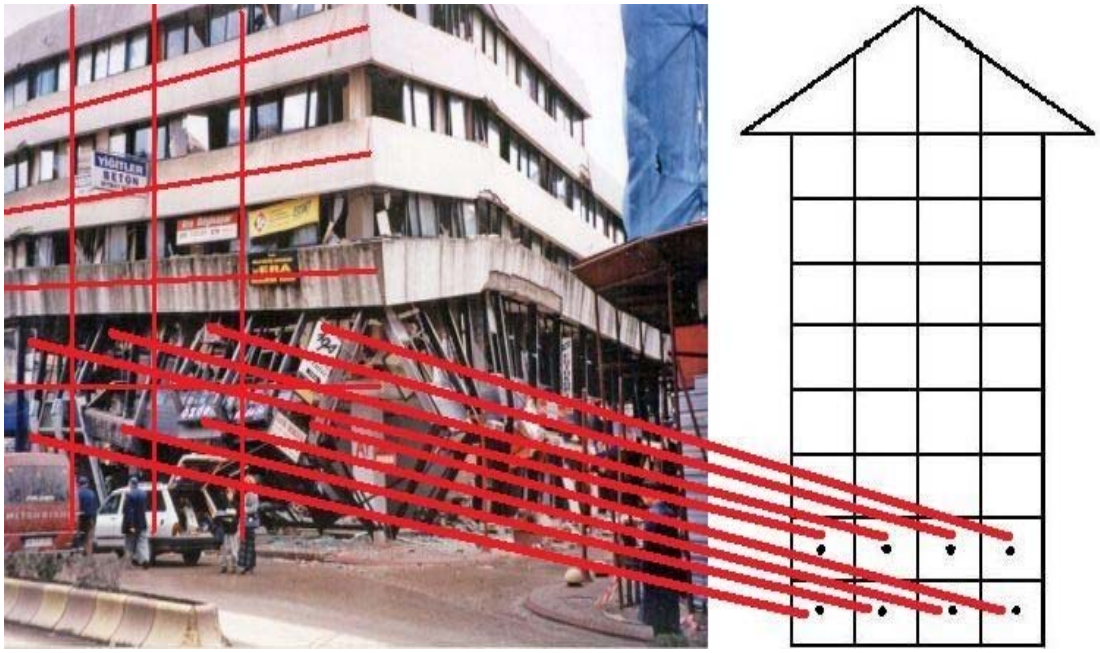


Şekil 7.16 : Adapazarı'nda hasarlı bir bina (Taşkın, 2008)

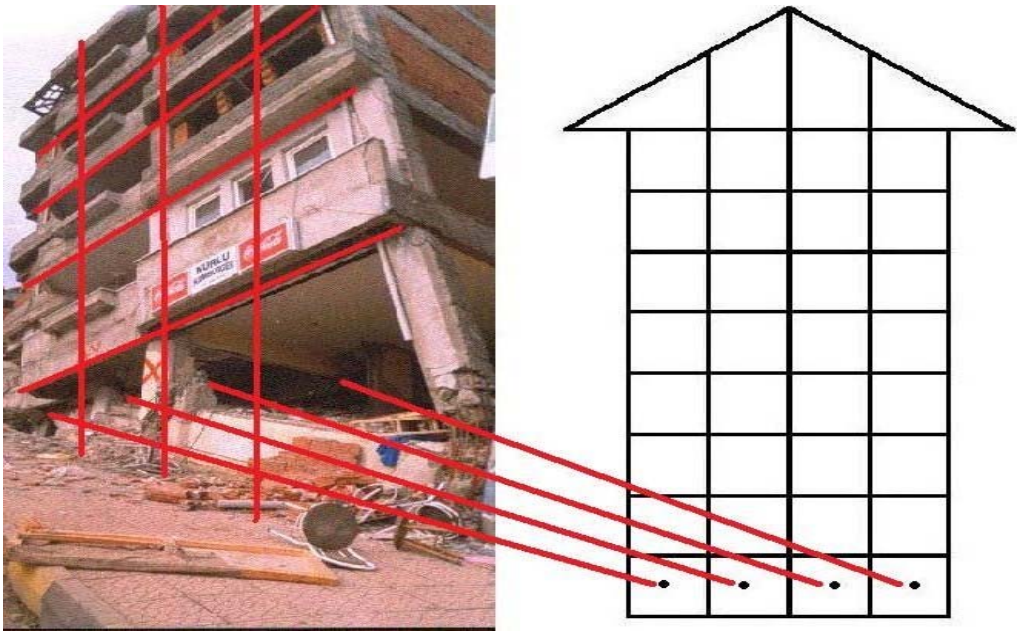
7.4 Analiz Yöntemi

Buna ek olarak deprem sırasında hasar görmüş binaların fotoğraflarının değerlendirilmesi için bir analiz yöntemi geliştirilerek binalarda en az hasar alan bölgeler belirlenmiştir. Literatür çalışması, görüşmeler ve fotoğraf arşivlerinin incelenmesi sonucunda elde edilen bilgileri sayısallaştırıp daha net ve hassas

sonuçlara ulaşmak amacıyla bir işaretleme yöntemi geliştirilmiştir. Buna göre; 1-4 katlı binalar ve 5-8 katlı binalar için iki ayrı model bina çizilmiştir. 1-4 katlı binalarda 1. kat giriş katı, 2. ve 3. katlar orta katlar, 4. kat üst kat olarak değerlendirilmiştir. 5-8 katlı binalarda ise, 1. kat giriş katı, 2. , 3. ve 4. katlar orta katlar, 5. , 6. , 7. ve 8. katlar üst katlar olarak belirlenmiştir. Kat sayılarının belli olması için örnek şekillerden biri yatayda dört diğeri ise yatayda sekiz eş parçaya; düşeyde ise her iki şekil üç eş parçaya bölünmüştür. Binalarda hasarlı olarak değerlendirilen yerler, veri depolama ünitelerinin zarar görecek ya da yerinden düşecek kadar hasar aldığı yerler olarak kabul edilmiştir. Etiketlerin zarar göreceği derecede hasar alan yerler hangi kutunun içerisine denk geliyorsa orası bir nokta işaretlenmiştir. Şekil 7.17 ve Şekil 7.18'de binalardaki hasarları belirten noktaların bina modelleri üzerinde nasıl gösterildiği verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi her iki örnek de beş katlı betonarme binalar için verilmiştir. Şekil 7.17'de örnek olarak kullanılan beş katlı binada ilk iki kat gözle görülür bir şekilde hasar görürken, Şekil 7.18'deki beş katlı örnek binada sadece ilk kat gözle görülür bir şekilde hasar almıştır. Her iki binada da hasar gören katlar, her bir katı dörder eş parçaya ayrılan bina modeli ile eşleştirildiğinde modeldeki o katlara ait parçaların her biri birer kez işaretlenmiştir.

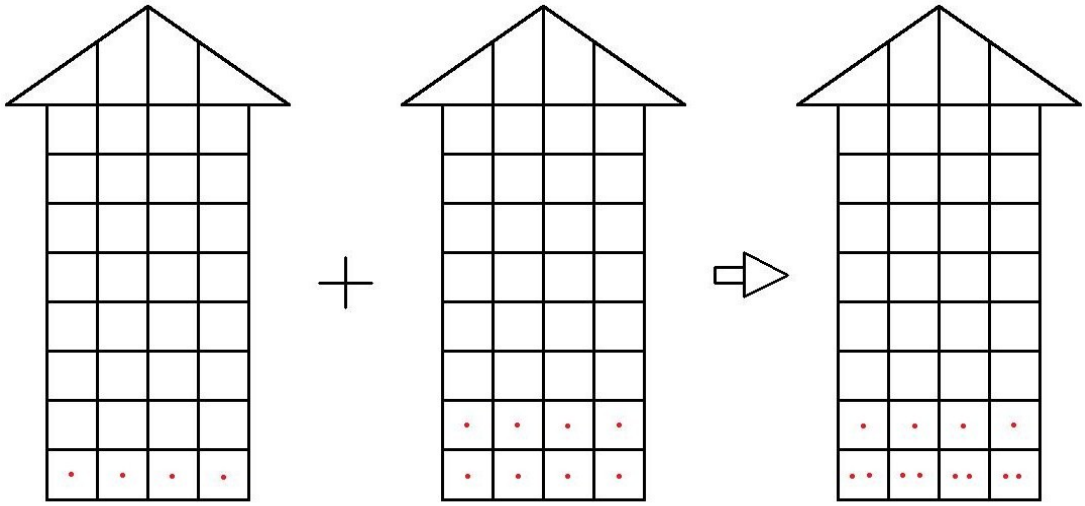


Şekil 7.17 : 5-8 katlı bir binadaki hasarın modele aktarılması



Şekil 7.18 : 5-8 katlı bir binadaki hasarın modele aktarılması

Şekil 7.19'da ise birden fazla sayıdaki binalardaki hasarların, bir bina modeli üzerinde nasıl bir araya getirildiği gösterilmiştir. Şekil 7.19'da 5-8 katlı binalardan bir tanesinde sadece ilk kat, diğerinde ise ilk iki kat hasar görmüş ve bu iki bina modelindeki hasarlar birleştirilerek yeni bir 5-8 katlı bina modeline aktarılmıştır.

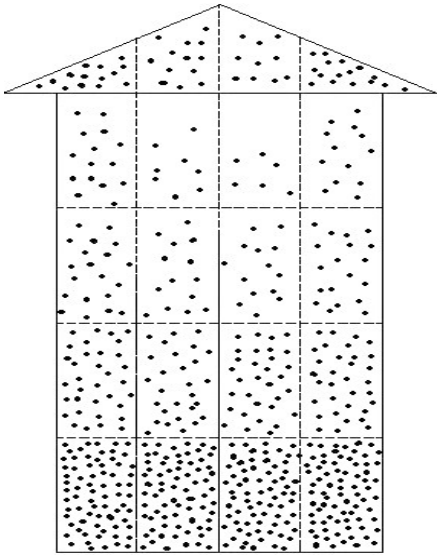


Şekil 7.19 : İncelenen iki binadaki hasarın model bina üzerinde birleştirilmesi

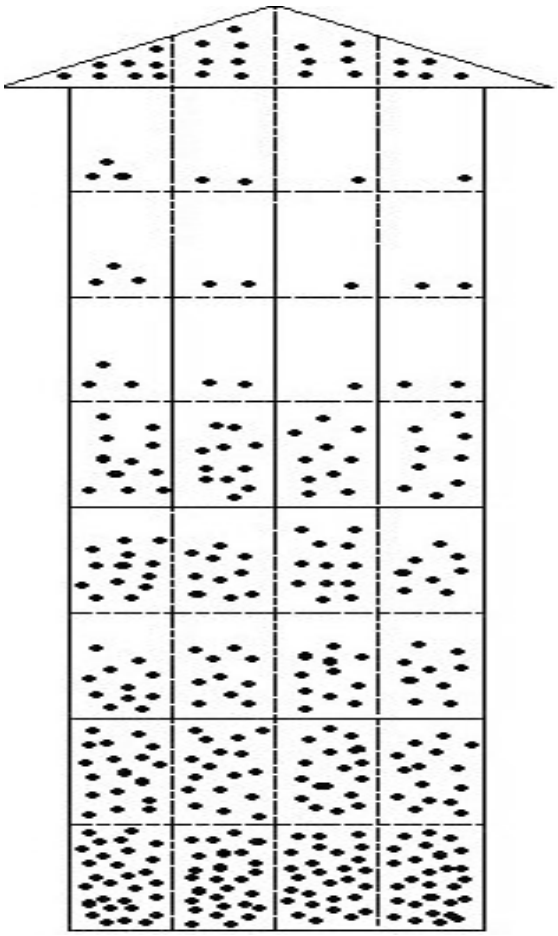
1-4 katlı binalarda bir binadan minimum 1 maksimum 20 işaret gelmektedir. 5-8 katlı binalarda ise her bir binadan minimum 1 maksimum 36 işaret gelmektedir. Her bir kutu bir binayı temsilen bir kere işaretlenmiştir. Ayrıca katlardaki hasarın miktarına göre nokta sayısı arttırılmamıştır. Şekil 7.20'de incelenen 1-4 katlı betonarme binalarda hasar alan yerler gösterilirken, Şekil 7.21'de ise incelenen 5-8 katlı

betonarme binalarda hasar alan yerler gösterilmiştir. Bu işaretlemelere göre binaların hangi bölgelerinin en az ve en çok hasar aldığı görülmüştür. Sonuçta incelenen 100 binada etiketlerin zarar görmemesi için en güvenli yer tespit edilmeye çalışılmıştır.

Tüm hasar noktaları işaretlendikten sonra hasar yüzdesinin her bir kattaki dört parçaya dağılımını bulmak için de bina üzerindeki her bir parçaya düşen nokta sayısı, binadaki toplam nokta sayısına da oranlanmıştır. Daha sonra parçalara ayrılmış olan binanın her bir parçasının hasar yüzdesi hesaplanmıştır.



Şekil 7.20 : 1-4 Katlı binalarda hasar gören yerlerin dağılımı



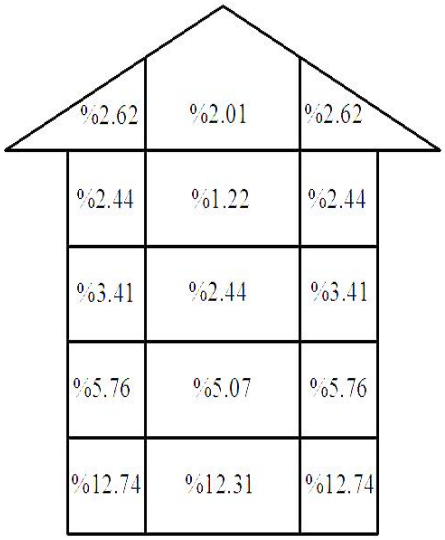
Şekil 7.21 : 5-8 katlı binalarda hasar gören yerlerin dağılımı

Her bir parçanın hasar yüzdesi (7.1)'de ifade edilen formül ile elde edilmiştir:

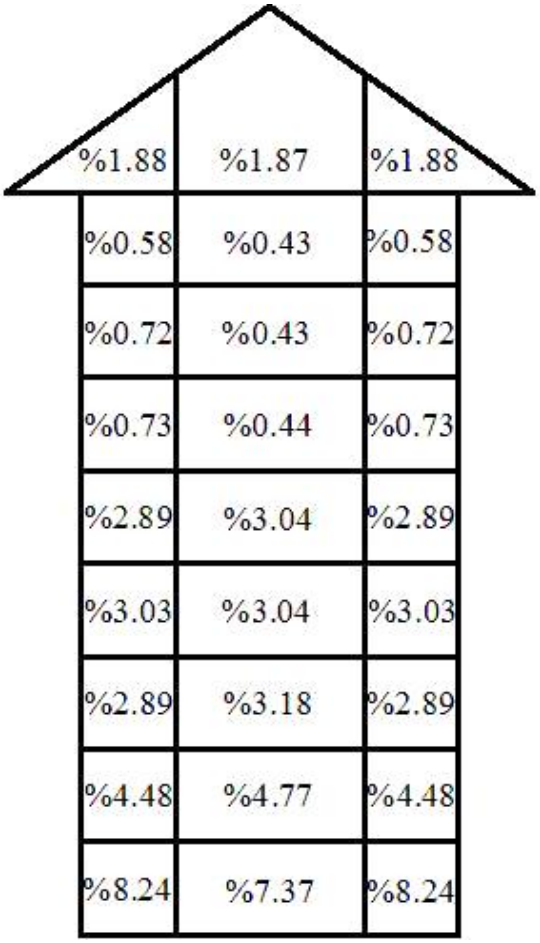
$P_{\text{hasar yüzdesi}}$= Her bir parçadaki işaret sayısı/Binadaki toplam işaret sayısı **(7.1)**

Her bir parçanın hasar yüzdesi hesaplandıktan sonra dört eş parçaya ayrılan binaların her bir katındaki en sağ ve en sol parçaların hasar yüzdelerinin ortalamaları ile ortadaki iki parçanın hasar yüzdelerinin ortalamaları alınarak binalar üç parça altında değerlendirilmiştir (Şekil 7.22 ve Şekil 7.23). Bunun nedeni olası deprem dalgasının

doğrultusunun bilinmemesi ve fotoğraf arşivlerinden bir binaya ait sadece bir cepheden fotoğrafa ulaşılabilmesidir. Başka bir deyişle deprem dalgası soldan etkili olursa binanın sol tarafı, sağdan etkili olursa binanın sağ tarafı daha fazla hasar alacağı ve fotoğraflardaki hasarlı binalara deprem dalgasının hangi doğrultuda etki ettiği bilinmediği için hasar yüzdelerinin hesaplanması aşamasında binaların sağ ve sol parçalarındaki hasar yüzdelerinin ortalamaları alınmıştır.



Şekil 7.22 : 1-4 katlı binalarda hasar gören yerlerin hasar yüzdeleri



Şekil 7.23 : 5-8 katlı binalarda hasar alan yerlerin hasar yüzdeleri

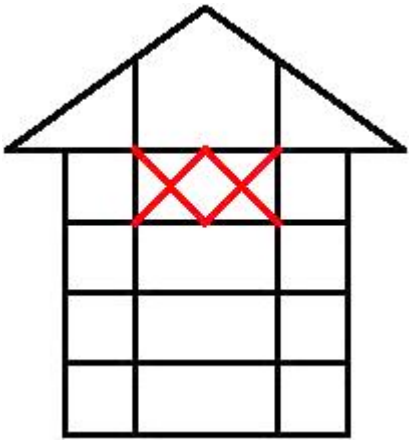
7.22 ve 7.23 numaralı şekillerde binaların her bir parçasının hasar yüzdeleri görülmektedir (Şekil 7.22 ve Şekil 7.23). Şekil 7.22'den de anlaşılacağı gibi 1-4 katlı binalarda en üst katın orta bölümü binanın diğer bölümlerine göre daha az hasar almaktadır. Şekil 7.23'te temsil edilen 5-8 katlı binalarda da üst katlar, özellikle üst katların orta bölümleri binanın diğer bölümlerine göre daha az hasar almaktadır.

Her bir parçanın hasar yüzdeleri hesaplandıktan sonra hangi katların depremde daha az hasar aldığını tespit etmek için her bir katın hasar yüzdeleri hesaplanmıştır. Her bir katın hasar yüzdesi (7.2)'de ifade edilen formül ile hesaplanmıştır:

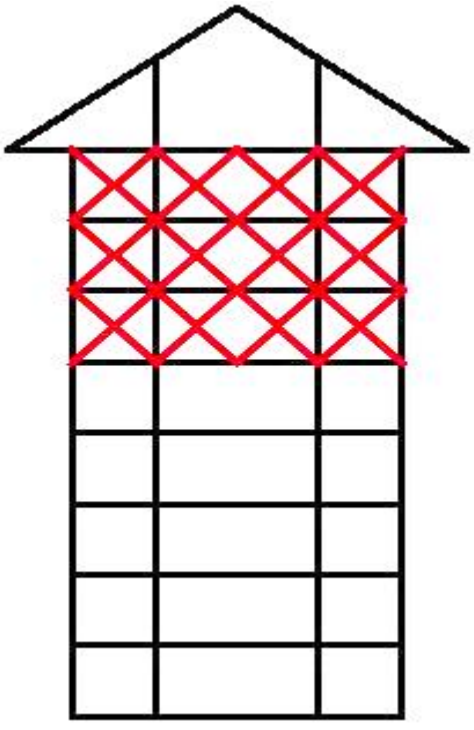
$K_{\text{hasar yüzdesi}}$= Her bir kattaki işaret sayısı/Binadaki toplam işaret sayısı **(7.2)**

Bu formüle göre, 1-4 katlı yapılarda giriş katı % 50.09, orta katlar % 43.34, üst katlar % 7.33 ve çatı % 9.25 oranında hasar görmektedir. 5-8 katlı yapılarda da sonuçlar birbirine benzer olup, giriş katı % 31.21, orta katlar % 42.77, üst katlar % 18.51 ve çatı % 7.51 oranında hasar görmektedir.

Bu bilgilere göre; binalarda en çok hasarı giriş katının ve orta katların aldığı görülmektedir. Başka bir deyişle üst katlara doğru çıkıldıkça hasar azalmakta ve en az hasar en üst katta, özellikle en üst katın orta bölümünde oluşmaktadır. Bu yüzden veri depolama ünitelerinin, mümkün olduğunca üst katlarda binanın orta bölümüne ve daha güvenli olması açısından betonarme elemanlar üzerine (örneğin; perde duvar) yerleştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır; çünkü uzmanlar betonarme elemanların daha dayanıklı olduğunu belirttiler. Yukarıdaki dört bölüm sonucunda elde edilen verilerin daha net ifade edilmesi için 1-4 katlı ve 5-8 katılı binalarda ünitelerin binaların dış yüzeyine yerleştirilmesi durumunda depremden dolayı en az hasar görebileceği yerler Şekil 7.24 ve Şekil 7.25'te çarpı işareti ile gösterilmiştir.



Şekil 7.24 : 1-4 katlı binalarda ünitelerin en az hasar alma olasılığı olan yerler



Şekil 7.25 : 5-8 katlı binalarda ünitelerin en az hasar alma olasılığı olan yerler

Ayrıca, ünitelerden okumanın kolay yapılabilmesi için bunların, binaların caddeye bakan cephelerine yerleştirilmesi önerilmektedir; çünkü ekipler binalara sokak,

mahalle, cadde üzerinden ulaşacaklardır. Depremde yapıların çok büyük bir kısmının çökme ve bu yüzden de ünitelerdeki bilgilerin okunamaması riskine karşı, tüm bilgilerin yedek olarak Kriz Merkezleri'nde, Afet Koordinasyon Merkezi'nde (AKOM), belediyelerdeki ve muhtarlıklardaki bilgisayarlarda da bulundurulması gerekmektedir. Bunlara ek olarak depremde yapıların ağır hasar alması ve çökmeleri olasılıkları göz önünde bulundurularak ileri veri depolama ünitelerinin minimum hasarı almaları için bu ünitelerin belirtilen yerler dışında kaldırım üzerlerine de yerleştirilebilir. Gelecekte tüm bu öneriler dikkate alınarak üniteler binalara bu çalışma ile önerilen yerlere yerleştirilip okuma testleri yapılması gerekmektedir. Bu testlerin sonucunda da veri depolama ünitelerinin, bina üzerinde nereye yerleştirilmesinin uygun olduğu belirlenecektir. Ayrıca ileriki çalışmalarda deprem mühendisleri, yapı mühendisleri, geoteknik mühendisler ile ortak çalışılarak zemin özelliklerine, taşıyıcı sistemlere ve deprem dalgalarına göre farklı hasar bölgeleri belirlenebilir.

8. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez kapsamında cevaplandırılan ve cevapları önceki bölümlerde detaylı olarak açıklanan araştırma soruları şunlardır:

(1) depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarının daha etkin yürütülebilmesi için ne tür bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır?

(2) ileri yerel veri depolama teknolojilerinin deprem sonrası arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması için gereksinimler nelerdir?

(2.1) ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken teknik koşullar nelerdir?

(2.2) belirlenen bilgilerin yerel olarak veri depolama ünitelerinde saklanması durumunda bu ünitelerin depremde en az hasar görmeleri için yapının hangi bölümüne yerleştirilmeleri uygundur?

Bu araştırma sorularını cevaplayabilmek için literatür araştırması, görüşmeler ve fotoğraf arşivleri olmak üzere üç farklı kaynaktan niteleyici veriler toplanmıştır. Verilerin farklı kaynaklardan toplanmasının nedeni ise elde edilen sonuçların sübjektifliğini en aza indirerek sonuçların geçerliliğini sağlamaktır.

Birinci araştırma sorusunun cevaplanması için öncelikle literatür araştırması yapılmış ve daha sonra yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Literatür araştırması kapsamında arama-kurtarma operasyonlarının aşamaları, bu çalışmalarda kullanılan yöntemler ve ihtiyaç duyulan bilgi türleri incelendi. Daha sonra bu tezde kaynak olarak kullanılan yapılmış önceki çalışmalar incelerek bu çalışmalarda önerilen bilgi türleri belirlendi. Literatür çalışmasında elde edilen veriler doğrultusunda uzmanlarla yapılacak görüşmelerde kullanılmak üzere görüşme soruları hazırlandı.

Görüşmelerde elde edilen bilgilerin geçerliliğini sağlamak için bilgiler birden fazla kuruluşta çalışan birden fazla kişiden iki aşamada toplanmıştır. Konu ile ilgili ülkemizde önde gelen üç farklı kuruluşta çalışan toplam on üç kişi ile görüşülmüştür (Çizelge 4.1). Bu kişilerden altısı İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki Afet Yönetim

Merkezi, İnşaat Fakültesi ve Mimarlık Fakültesi'nden konu ile ilgili bilim insanları, üçü Arama-Kurtarma Derneği'ne (AKUT) bağlı uzman kişiler ve dördü Sivil Savunma'da görevli uzmanlardan oluşmaktadır. Görüşmelerin ilk aşamasında üç kişi ile hazırlık görüşmeleri yapılmıştır. Daha sonra bu görüşmelerden elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak akademisyenlerin görüşleri doğrultusunda görüşme sorularına gerekli eklemeler ve düzenlemeler yapılarak hazırlanan soruların eksikleri tamamlanmıştır. Yeniden düzenlenen görüşme soruları kullanılarak diğer on bir kişi ile görüşmeler yapılmıştır.

Bu süreç içerisinde her bir görüşmeden sonra görüşmelerde elde edilen bilgileri içeren veri listeleri hazırlandı. Görüşmelerde toplanan bilgiler eğer listede yoksa listeye eklendi. Ayrıca; görüşmelerin sonunda bu listeler bahsi geçen üç organizasyondaki uzmanlara sunuldu ve uzmanların fikirleri alındı. Daha fazla veri toplanması amacıyla uzmanlara açık uçlu sorular yöneltildi. Kişilerin sorularla yönlendirilebilmeleri ve sonuç olarak taraflı cevaplar verebilmeleri, görüşmelerin zayıf yönleridir. Bu sebeple, doğru sonuçlara ulaşmak ve görüşülen kişinin yönlendirilmesini engellemek amacıyla tarafsız sorular hazırlandı. Soruların tarafsızlığını test edebilmek için ön görüşmelerden elde edilen görüşler doğrultusunda görüşme soruları yenilendi. Buna ek olarak ön görüşmeler ve esas görüşmelerle toplam on üç görüşme yapılarak farklı uzmanların görüşlerine dayanarak sonuçlar elde edildi.

Uzmanların fikirlerini almak için her görüşmenin en başında çok genel bir soru soruldu, daha sonra detaya inildi ve en sonunda ise verdikleri cevaplar dışında eklemek istedikleri herhangi bir şey olup olmadığı soruldu. Görüşmeler tamamlandıktan sonra uzmanlardan edinilen bilgiler ile literatür araştırması sonucunda elde edilen bilgiler bir araya getirildi, düzenlendi ve ileri veri depolama ünitelerine ve merkezlerdeki bilgisayarlarda bulunması gerekli olan ilçe, bina ve kişi bilgileri tablolara (Çizelge 4.2-4.8) aktarıldı. Bu bilgilerin geçerliliğini sağlamak için elde edilen bilgi türleri hakkında ikinci bir kez uzmanların görüşlerinin alınması ve bilgilerde herhangi bir eksiklik olmaması için tablolar görüşülen uzmanlara tekrar gösterildi. Ayrıca bu uzmanlara ek olarak kişilerin sağlık bilgileri kapsamında arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olabilecek ve pratik olarak kullanılabilecek en doğru bilgilerin ileri veri depolama ünitelerine kaydedilmesi için hazırlanan tablolar Maltepe Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde görevli bir uzmana daha gösterildi. Tüm bu

uzmanların önerileri doğrultusunda yeniden düzeltmeler yapılarak tablolar son hallerine getirilerek arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan yerel bilgi türleri belirlendi.

Literatür çalışmasını ve görüşmeleri kapsayan bu süreç içerisinde yapılan araştırmalar arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyulan yerel bilgilerin birçoğunun (ör. kat planları, binadaki toplam kişi sayısı, kişilerin sağlık bilgileri) bir yerde kayıtlı (ör. belediye, muhtarlık) olmadığını göstermiştir. Bu yüzden kurtarma çalışmalarına yön verilmesi için gerekli olan yerel bilgiler arama-kurtarma ekipleri tarafından depremin zarar verdiği bölgeye ulaşıldığında toplanmaya çalışılmaktadır.

Yukarıda belirtilen sorunların çözümlenmesi için bu tezde ileri veri depolama teknolojilerinin kullanılması önerilmiştir. Bu öneri doğrultusunda ikinci araştırma sorusu dahilinde ileri veri depolama teknolojilerinin gereksinimlerinin belirlenmesi için literatür araştırması ve görüşmeler yapılmıştır. Literatür araştırmasında arama-kurtarma çalışmaları ile ilgili olan çalışmalar, bu çalışmalarda kullanılan teknolojiler incelenmiş ve daha sonra uzmanlarla görüşmeler yapılarak fikirleri alınmıştır. Bu süreç sonunda toplanan tüm bilgiler bir araya getirilerek arama-kurtarma çalışmalarında kullanılması önerilen ileri veri depolama teknolojilerinin genel gereksinimleri belirlenmiştir. Depremden sonraki arama-kurtarma çalışmalarındaki yerel bilgilerin yeterli ve güvenli olarak toplanamaması problemini çözmek için önerilen ileri veri depolama teknolojilerinin sağlaması gereken gereksinimler şunlardır:

- Hafıza kapasitesinin yüksek olması
- Veri aktarım hızının yüksek olması
- Hafızanın güncellenebilmesi
- Veri erişiminde güvenliğin yüksek olması
- Sert ortamlara (ör. darbe) karşı dayanıklı olması
- Görüş hattına gerek kalmadan uzaktan veri okuması yapabilmesi
- Pilsiz çalışması ya da pil ömrünün uzun olması

Belirlenen bu gereksinimler doğrultusunda var olan ileri veri depolama teknolojileri incelenmiş ve bu gereksinimlere en uygun iki teknoloji olan WSN ve RFID

teknolojilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. RFID ve WSN teknolojilerinin kullanıldığı bu sistem ile arama-kurtarma faaliyetleri daha etkin bir biçimde gerçekleştirilebilir. Yüksek hafızalara sahip olan bu iki teknoloji sayesinde arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan verilerin hepsi ünitelerde kaydedilebilir. Ayrıca her iki teknolojinin uzaktan okuma özelliği sayesinde arama-kurtarma ekip üyelerinin etiketlere ve duyargalara yaklaşmalarına, bu üniteleri bina üzerinde görmelerine gerek kalmadan hafızalarında kayıtlı olan verilere erişim söz konusudur. Bahsedilen bu iki teknolojinin hızlı veri akışı özelliği sayesinde güvenilir ve yeterli yerel bilgilere hızlı erişim sağlanır. Böylece arama-kurtarma ekiplerinin, deprem bölgesindeki insanlardan bilgi toplamalarına ve bunun için zaman kaybetmelerine gerek kalmaz.

Bu tezin diğer bir sorusu olan ileri veri depolama teknolojilerinin ünitelerinin depremlerde en az zararı görmeleri için binalarda nereye yerleştirilmesi gerektiğini belirleme sürecinde iki tane gereksinim tespit edilmiştir. Bu gereksinimler aşağıda belirtilmiştir:

- Ortamda blok şeklinde büyük kütle, metal ve su olmaması
- Ünitelerin depremde en az hasarı görmeleri

Belirlenen teknolojilerin özelliklerinden ve kullanılacak amaç doğrultusunda ortaya çıkan bu gereksinimlere en uygun yerin belirlenmesi için öncelikle literatür araştırması yapılarak Türkiye' deki depremlerin sonucunda oluşan çökme-yıkılma şekilleri ve konuyla ilgili yapılan çalışmalar incelenmiş ve belirtilen üç organizasyondan (İTÜ, AKUT, Sivil Savunma) uzmanlarla görüşmeler yapılmıştır. Daha sonra görsel olarak bilgi edinmek ve literatür araştırması ile görüşmelerden elde edilen sonuçları daha sağlıklı değerlendirmek için Türkiye' de 1995 Dinar, 1998 Adana, 1999 Düzce, 1999 Adapazarı, 2002 Çay ve 2003 Bingöl depremlerinin zarar verdiği binaların fotoğraflarının yer aldığı fotoğraf arşivlerinden toplam 100 adet binanın fotoğrafı incelenmiştir (Taşkın, 2008; Eyidoğan ve diğ., 2003; Koçyiğit ve diğ, 2003; Jeofizik, 2008; Düzce Fotoğrafları, 2008; T.C. Kaynaşlı Kaymakamlığı, 2008; Deprem, 2008, Sayısal Grafik, 2008). Fotoğraf arşivlerinden depremden hasar görmüş ve kat sayısı net bir şekilde anlaşılan bina fotoğrafları seçildi; çünkü fotoğrafların sonuçları 1-4 ve 4-8 katlı binalar olmak üzere iki grup altında değerlendirildi. Sonuçların daha net anlaşılması için 4 ve 8 katlı binaları temsil eden

iki adet bina çizildi. Kat sayılarının belli olması için modellerden biri yatayda dört diğeri ise yatayda sekiz eş parçaya; düşeyde ise her iki şekil üç eş parçaya bölünmüştür. Daha sonra bu model üzerinde incelenen binaların hasarlı olan yerleri işaretlenerek analiz yapıldı. Bu analiz sonucunda (1) parçaların hasar yüzdeleri ve (2) katların hasar yüzdeleri hesaplandı. Bu süreç sonunda literatür çalışmasından, görüşmelerden ve fotoğraf arşivlerinden elde edilen bilgilerin geçerliliğinin sağlanması için tüm bilgiler bir araya getirilip düzenlendi ve depremlerde binalarda en az hasar gören yerler tespit edildi.

RFID ve WSN teknolojilerinin ünitelerine arama-kurtarma çalışmaları için gerekli olan verilerin kaydedilmesi durumunda, bu ünitelerin en az hasar görecek şekilde yapıların dış cephelerine yerleştirilmeleri önerilmektedir. Fotoğraf arşivlerinde yapılan incelemeler ve literatür taraması ile bu üniteler için en uygun yerlerin binanın üst katlarındaki, özellikle orta bölümdeki, betonarme elemanlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ünitelerin depremde zarar görme olasılığı da göz önünde bulundurularak, binaların kat sayısına göre her bir binaya birden fazla sayıda ünite yerleştirilmesi önerilmektedir. Bunlara ek olarak depremde yapıların ağır hasar alması ve çökmeleri olasılıkları göz önünde bulundurularak ileri veri depolama ünitelerinin minimum hasarı almaları için bu ünitelerin belirtilen yerler dışında kaldırım üzerlerine de yerleştirilebilir.

Literatür araştırması, görüşmeler ve fotoğraf arşivlerinin incelemesi sonucunda elde edilen arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerden bir kısmı resim (ör. kat planları) bir kısmı ise metin (ör. sağlık bilgileri) olarak kaydedilecektir. Resim olarak kaydedilecek bilgilerin daha az yer kaplaması açısından bina bilgilerini (ör. kat planı) modelleme amacıyla geliştirilen bir standart olan IFC'lere (the Industry Foundation Classes) (Frose ve diğ., 1999) uygun olarak kaydedilmesi önerilmektedir. Yapı bileşenleri ya da yapısal elemanlar (ör. kolon) ile ilgili bilgileri ve bu bileşenlerin diğer yapı bileşenleri ile olan ilişkilerini içeren IFC (Webopedia, 2008), yapı endüstrisi sektöründe proje süresince veri paylaşımı için kullanılır (Frose, 1999; ifcwiki, 2008).

Projenin uygulanması durumunda ileri veri depolama ünitelerinde kaydedilecek olan kişilerin sağlık bilgileri, T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu tarafından fatura bilgisini elektronik olarak toplamak ve hizmetlerin ödemesini gerçekleştirmek amacıyla geliştirilen MEDULA bütünleşik sisteminde (T.C. Sosyal Güvenlik Kurumu, 2008)

yer alan bilgiler (ör. ilaç, hastalık) ile aynı olup olmadığı kontrol edilebilir. Böylece kişilerin geçirdikleri ameliyatlar, hastalıkları, kullandıkları ilaçlar gibi sağlık bilgilerinde hata oranı minimuma düşürülebilir.

Bu tezdeki önerilen sisteme, binaların hasar durumlarının uzaktan algılanması için duyarga ağları ile entegre çalışma özelliğine sahip, iki fiber optik kablonun boylarındaki değişimlerin belirlenmesi esasına göre çalışan (Lienhart, 2003) yer değiştirme duyargaları da eklenilebilir. Binanın birçok yerine yerleştirilecek duyargalardan gelen bilgiler doğrultusunda çökmüş ya da ağır hasarlı olma ihtimali olan binalar önceden belirlenebilir. Böylece depremin hangi bölgelere zarar verdiğini tespit etmek amacıyla öncü ekip gönderilmesine gerek kalmadan, yer değiştirme duyargalarından gelen bilgiler doğrultusunda arama-kurtarma ekipleri yönlendirilebilirler.

Arama-kurtarma çalışmalarında gerekli olan bilgilerin kaydedilmesi için kullanılacak olan WSN ve RFID teknolojilerinin ilçe, il ya da yurt geneline uygulanması durumunda yerleşimin yoğunluğuna göre bu iki farklı teknoloji kullanılabilir. WSN teknolojisi, ağ içi iletişim kurma özelliğinden dolayı yerleşimin yoğun olduğu bölgelerde kullanılması önerilirken, böyle bir özelliğe sahip olmayan RFID teknolojisinin yerleşimin az olduğu bölgelerde kullanılması önerilmektedir.

Gelecekteki çalışmalarda koşulları daha net belirlemek amacıyla geliştirilen süreç modelinden ve kullanım senaryolarından (bkz. Bölüm 6) yararlanılarak geliştirilecek olan prototip sistem test edilerek WSN ve RFID teknolojilerinden hangisinin önerilen bu sistem için daha uygun olduğuna karar verilecektir. Ayrıca sahada yapılacak olan testlerle bu ünitelerin yerleri ve sayıları da kesinlik kazanacaktır.

KAYNAKLAR

Abbasi, A.A. and Younis, M.A, 2007. Survey on Clustering Algorithms for Wireless Sensor Networks, Computer Communications Volume 30, Issues 14-15, 15 October 2007, pp. 2826-2841 Network Coverage and Routing Schemes for Wireless Sensor Networks.

Akyildiz, I. F., SU, W., Sankarasubramaniam, Y. and Cayirci, E., 2002. Wireless Sensor Networks: A Survey, *Science Direct, Computer Networks,* Volume 38, Issue 4, pp. 393-422.

Akyildiz, I. F., Wang, X. and Wang, W., 2005. Wireless Mesh Networks:A Survey, *Science Direct, Computer Networks*, Volume 47, Issue 4, pp. 445-487.

Aldunate, R. , Ochoa, S. F., Peña-Mora, F., and Nussbaum, M., 2006. Robust Mobile Ad Hoc Space for Collaboration to Support Disaster Relief Efforts Involving Critical Physical Infrastructure, *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol. 20, pp. 13-27.

Altay, N. and Gren III, W. G., 2005. OR/MS Research in Disaster Operations Management, *Science Direct, European Journal of Operational Research,*Vol. 175, Issue , 16 November 2006, pp. 475-493*,* USA.

Url-1 <*http://www.afb.org*>, alındığı tarih 13.03.2008.

Aroraa, **A., Duttaa**, **P., Bapata**, **S., Kulathumania, V., Zhanga, H., Naika, V., Mittala**, **V., Caoa, H., Demirbasa**, **M., Goudab, M., Choib, Y., Hermanc**, **T., Kulkarnid**, **S., Arumugamd**, **U., Nesterenkoe**, **M., Vorae, A**. **and Miyashitae, M.,** 2004. A Line in the Sand: A Wireless Sensor Network for Target Detection, Classification, and Tracking, *Military Communications Systems and Technologies*, Vol. 46, Issue 5, pp. 605-634.

Arıoğlu, E., Arıoğlu, N., Yılmaz, A.O. ve Girgin, C., 2000. *Deprem ve Kurtarma İlkeleri*, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Asama, H., Hada, Y., Kawabata, K., Noda, I., Takizawa, O., Meguro, J., Ishikawa, K., Hashizume, T., Ohga, T., Hatayama, M., Matsuno, F. and Todokoro, S., 2006. Rescue Infrastructure for Global Information Collection, *SICE-ICASE International Joint Conference 2006*, Oct.18-21 2006, Bexco, Busan, Korea.

Atalay, A., 2008. Kişisel Görüşme.

Atasoy, E., 2008. Kişisel Görüşme.

Basoz, N. and Kiremidjian, A. S., 1998. Risk Assessment for Highway Transportation Systems. In: Seismic Design and Mitigation for the

Third Millennium, *Proceedings of the Sixth US National Conference on Earthquake Engineering,* Seattle, Washington, 31 May–4 June, 1998 [CD-ROM]. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA.

Birand, A. ve Ergünay, O., 2001. *Türkiye' nin Afet Sorunlarına Genel Bakış ve Erzincan Depremi Uygulaması*, Türkiye Deprem Vakfı, İstanbul.

Bulusu, N., Estrin, D., Girod, L. and Heidemann, J., 2001. Scalable Coordination for Wireless Sensor Networks: Self-Configuring Localization Systems, *International Symposium on Communication Theory and Applications (ISCTA 2001),* Ambleside, UK.

Url-2 <*http://www.byte.com.tr/makaleler*>, alındığı tarih 06.04.2008.

Callaway Jr., E.H., 2003. *Wireless Sensor Networks Architectures and Protocols*, CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA.

Chen, S., Fan, G., and Cui, J-H., 2006. Avoid "Void" in Geographic Routing for Data Aggregation in Sensor Networks, *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing (IJAHUC),* Special Issue on Wireless Sensor Networks, Vol.2, No. 1, USA.

Chen, A.Y., Kaushik, N., Lakhera, S., Tsai M.H. and Chowdary S.K.R., 2006. *Urban Planning Course 418 GIS for planners final project report*.

Culler, D., Estrin, D. and Srivastava, M., 2004. Overview of Sensor Networks, *IEEE Computer Society*.

Çöplü, T., 2008. Kişisel Görüşme.

Das, S. M., Pucha, H. and Hu, Y. C., 2005, Symmetrical Fairness in Infrastructure Access in Multi-Hop Wireless Networks, *IEEE.*

Url-3 <*http://www.sakarya.pol.tr* >, alındığı tarih 06.03.2008.

Url-4 <*http://www.directindustry.com*>, alındığı tarih 20.09.2008.

Url-5 <*www.duzce.com*>, alındığı tarih 06.03.2008.

DTRA, 2002. *Consequences Assessment Tool Set-Joint Assessment of Catastrophic Events*.

Url-6 <*http://www.electrobraid.com*>, alındığı tarih 24.03.2008.

Eraybay, K., 2008. Kişisel Görüşme.

Ergen, E., Akinci, B. and Sacks, R., 2007. Life-Cycle Data Management of Engineered-to-Order Components Using Radio Frequency Identification, *Advanced Engineering Informatics,* Vol. 21, Issue 4, pp. 356-366.

Eyidoğan, H., 2003. *Tarihi Yarımada ve Deprem*, <*http://eminonuplatformu.org*>, 15.03.2008.

Eyidoğan, H., Tüysüz, O., Akyüz, S. ve Ökeler, A., 2003. 1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi, *Kuvaterner Çalıştayı IV*, İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2003. *National Urban Search and Rescue Response System, Field Operation*, USA.

Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2003. *Technical Rescue or Structural Collapse*, International Fire Service Training Association, USA.

Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2002. *How to Create a HAZUS User Group, FEMA Report # 404*, Washington D.C.: Federal Emergency Management Agency, USA.

Federal Emergency Management Agency (FEMA) <*http://www.fema.gov*>, alındığı tarih 17.08.2008.

Fiedrich, F., Gehbauer, F. and Rickers, U., 2000. Optimized Resource Allocation for Emergency Response after Earthquake Disasters, *Safety Science***,** Volume 35, Issues 1-3, pp. 41-57.

Foltz, S., 2003. "September 11, 2001: Civil engineering aspects of the aftermath—What do we know?*" Construction Engineering Research Laboratory, United States Army Corps of Engineers, Invited talk*, Civil and Environmental Engineering Dept., Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, Ill.

Froese, T., Grobler, F., Ritzenthaler, J., Yu, K., Akinci, B., Akbas, R., Koo, B., Barron, A. and Kunz, J., 1999. Industry Foundation Classes for Project Management – A Trial Implementation, *ITcon,* Vol. 4, pp. 17-36.

GeneTLab, 2005. *Telsiz Duyarga Ağları, <http://www.genetlab.com*>, İstanbul, Türkiye.

GeneTLab, 2007. Proforma Fatura, İstanbul, Türkiye.

Goodrum, P.M.P.E., Durfee, A. and McClaren, M., 2003. Review of Existing Smart Chip Technologies for the Electrical Contracting Industry: A Report to the Electrical Contracting Foundation, University of Kentucky Department of Civil Engineering.

Goodchild, M. F., 2003. Geospatial Data in Emergencies, *The Geographical Dimensions of Terrorism*, 1st Ed., S. L. Cutter, D. B. Richardson, and T. J. Wilbanks, eds., Routledge, London, pp. 99–104.

Goodrum, P.M., McLaren, M.A. and Durfee, A., 2005. The Application of Active Frequency Identification Technology for Tool Tracking on Construction Job Sites, *Automation in Construction (AUTCON-00715)*, pp. 1-11.

Güçhan, N. Ş., 2007. Observatives on Earthquake Resistance of Traditional Timber-Framed Houses in Turkey, *Science Direct, Building and Environment,* Volume 42, Issue 2, February 2007, pp. 840-851.

Hadim, S. and Nader, M., 2006. Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks, *IEEE Distributed Systems Online*, vol. 7, no. 3, 2006, art. no. 0603-o3001.

Url-7 <http://*www.handsandvoices.org*>, alındığı tarih 13.03.2008.

Hara, T., Haga, R., Kubo, D. and Suzuki, S., 2004. Autonomous Flight Control System based on GPS for Small Unmanned Aerial Vehicle, *KSAS-JSASS Joint Symposium on Aerospace Engineering*, Soul.

HAZTURK-2005, 2005. *Strategies for an Earthquake Loss Estimation Program for Turkey,*ITU Maslak Campus SDKM, Istanbul.

Healy, B., 2003. The Use of Wireless Sensor Networks for Mapping Environmental Conditions in Buildings, National Institute of Standards and Technology, July 2003, *ASHRAE Seminar*, USA.

Hussain', M., Arsalan', M. H., Siddiqi', K., Naseem', B. and Rabab', U., 2005. Emerging Geo-Information Technologies (GIT) for Natural Disaster Management in Pakistan: An Overview, Recent Advances in Space Technologies, *Proceedings of 2nd International Conference,* 487 – 493.

Identec Solutions, 2004. *Price Quotation*, USA.

INSARAG, 2006. *Guidelines and Methodology,* Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Field Coordination Support Section (INSARAG Secretariat).

Url-8 <*http://avnidincer.8m/depfoto.html*>, alındığı tarih 06.03.2008.

Url-9 <*http://www.ifcwiki.org*>, alındığı tarih 20.09.2008.

İlki, A., 2008. Kişisel Görüşme.

Url-10 <*http://www.ibb.gov.tr*>, alındığı tarih 10.02.2008.

İstanbul için Deprem Master Planı, 2003. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye.

Jaselskis, E.J., Anderson, M.R., Jahren, C.T., Rodriguez, Y. and Njos, S., 1995. Radio-Frequency Idenification Applications in Construction Industry, *Journal of Constuction Engineering and Management ASCE,* Vol. 121, No. 2, June 1995, Paper No. 7742, pp. 189-196.

Jaselskis, E.J. and El-Misalami, T., 2003. Implementing Radio Frequency Identification in the Construction Process, *Journal of Construction Engineering and Management ASCE*, Vol. 129, No. 6, December 1, 2003, pp. 680-688.

Jeong, J., Park, J., Kim, H. and Park, K., 2003. Name Service in IPv6 Mobile Ad-Hoc Network, *Springer,* Vol. 2662/2003, pp. 692-701, Berlin, Germany.

Kannan, G., 1999. A Methodology for the Development of a Production Experience Database for Earthmoving Operations Using Automated Data Collection, Blacksburg, Virginia.

Karygiannis, T., Eydt, B., Barber, G., Bunn, L. and Phillips, T., 2006. Guidance *for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems,* National Institute of Standarts and Technology (NIST), USA, 2006.

Kaya, S., 2008. Kişisel Görüşme.

Kim, H. S., Abdelzaher, T. F. and Kwon, W. H., 2003. Minimum Energy Asychronous Dissemination to Mobile Sinks in Wireless Sensor Networks, *SenSys'03*,193-204, November 5-7, LosAngeles, California, USA.

Kim, H. S., Kim, J., Ann, D. W., 2009. Development of Integrated for Progressive Collapse Analysis of Building Structures Dynamic Effects, *Science Direct, Advances in Engineering Software*, Volume 40, Issue 1, January 2009, pp. 1-8.

Koçak, K., 2008. Kişisel Görüşme.

Koçyiğit, A., Kaynakçı, N., Gülkan, P., Akkar, S., Yazgan, U., 2003. *1 Mayıs 2003 Sudüğünü (Sancak-Bingöl) Deprem Raporu,* Ankara, Türkiye.

Kurt, S., Değirmenci, N., Altunol, A.H. ve Öztürk, M., 2003. 17 Ağustos ve Kasım Depremleri ve Türkiye Taşkömürü Kurumu Tarafından Yürütülen Kurtarma Çalışmaları, *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs, 2003, İstanbul, Türkiye.

Lienhart W. and Brunner F. K., 2003. Monitoring of Bridge Deformations Using Embedded Fiber Optical Sensors, *11th FIG Symposium on Deformation Measurements*, Santorini, Grese, May 25-28 2003.

Lienhart W., 2005. Experimental Investigation of the Performance of the SOFO Measurement System, In Fu-Kuo Chang (Ed.) Structural Health Monitoring 2005, *Proc. 5th International Workshop on Structural Health Monitoring*, Stanford, USA (2005): 1131-1138.

Liu, S., Tomizuka, M. and Ulsoy, G., 2005. Strategic Issues in Sensors and Smart Structures, *Wiley InterScience DOI: 10.1002/stc.88*, *Structural Control and Health Monitoring*, 2006; 13:946-957, USA.

Lorincz, K., Malan, D. J., Fulford-Jones, T. R.F., Nawoj, A., Clavel, A., Shnayder, V., Mainland, G., Welsh, M. and Moulton, S., 2004. Sensor Networks for Emergency Response: Challenges and Opportunities, *IEEE*, 16-22, USA.

Mahruki, A. N., 2008. Kişisel Görüşme.

Maihöfer, C., 2004. A Survey of Geocast Routing Protocols, *IEEE Communications Surveys&Tutorials*, The Electronic Magazine of Original Peer-Reviewed Survey Articles, Second Quarter 2004, 32-42, Germany.

Mansourian, A., Rajabifard, A., Valadan Zoej, M. J., and Williamson, I., 2005. Using SDI and web-based System to Facilitate Disaster Management, *Comput. Geosci.*, 32 (3), 303–315.

McGuigan, D.M., 2002. "Urban Search and Rescue and the Role of the Engineer," *M.S. thesis,* University of Canterbury, New Zealand.

Url-11 <*http://www.medicinenet.com*>, alındığı tarih 10.09.2008.

Meguro, J., Ishikawa, K., Hasizume, T., Takiguchi, J., Hatayama, M. and Noda, I., 2006. Disaster Information Collection into Geographic Information System using Rescue Robots, *Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ, International Conference on Intelligent Robots and Systems*, October 9- 15, 2006, Beijing, China.

Meissner A., Luckenbach T., Risse T., Kirste T. and Kirchner H., 2002. Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System, *The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks* (DIREN 2002), New York City, USA.

Menteş, M., 2008. Kişisel Görüşme.

Mills, K.L., 2007. A Brief Survey of Self-Organization in Wireless Sensor Networks, *Wiley InterScience*, 7:823-834 DOI: 10.1002/wcm, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg,USA.

National Institute of Standards and Technology (NIST), 2005. *Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster: Final Report of the National Construction Safety Team on the Collapses of the World Trade Center Tower (DRAFT)*, NIST, U. S.

Url-12 <*http://w3.antd.nist.gov*>, alındığı tarih 05.12.2008.

New York City Fire Department, 2002. Improving NYPD Emergency Preparedness and Response and Increasing FDNY's Preparedness, *McKinsey Report,* New York, USA.

Örnek, Y., 2008. Kişisel Görüşme.

Özdemir, P., 2008. Kişisel Görüşme.

Peña-Mora, F., 2004. IT-Based Collaboration Framework for Preparing Against, Responding to, and Recovering from Disasters Involving Critical Physical Infrastructures (CP2R), *NSF Proposal*.

Peña-Mora, F., Hussein, K. and Sriram, D., 1996. CAIRO: A System for Facilitating Communication in a Distributed Collaborative Engineering Environment, *Journal of Computers in Industry*, Volume: 29 (Special Collaborative Engineering Issue), pp. 37-50.

Perrig, A., Szewczyk, R., Wen, V., Culler, D. and Tygar, J. D., 2001. SPINS: Security Protocols for Sensor Networks, *Proc. of ACM MobiCom'01*, pp. 189-199, Rome, Italy.

Pradhan, A.R., Laefer, D.F.M. and Rasdorf, W.J.F., 2007. Infrastructure Management Information System Framework Requirements for Disasters, *Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE*, pp: 90-101.

Pradhan, A, Laefer, D. F., and Rasdorf, W. J., 2007. Infrastructure Management Information System Framework Requirements for Disasters, *Journal Of Computing In Civil Engineering*, 21 (2), pp. 90-101.

Prieto, R., 2002. Keynote Presentation, FIATECH, *Homeland Security and Roadmap Imple-mentation Workshop*, Nov. 13-15, National Conference Center, Lansdowne, VA.

Qureshi, A. M., Butt, M. and Khan, O. M., 2006. The Role of GIS and Public Awareness for Disaster Management, Advances in Space Technologies, *2006 International Conference*, 2-3 Sept., 2006, Page(s): 37 – 42.

Parsons, T., Toda, S., Stein, R. S., Barka, A. and J. H. Dieterich, 2000. *Heightened odds of large earthquakes near Istanbul: An interaction-based probability calculation*, Science, 288, pp. 661-665.

Plans A. P. and Peña-Mora, F., 2006. Building Assessment in Disaster Areas, *CP2R Group Meeting, Power Point Presentation*, July.

Rabaey, J., Ammer, J., da Silva Jr., J. L. and Patel, D., 2000. PicoRadio: Ad-hoc Wireless Networking of Ubiquitous Low-Energy Sensor/Monitor Nodes, *Proceedings of the IEEE Computer Society Annual Workshop on VLSI (WVLSI'00),* 9-12, Orlanda, Florida.

Url-13 <*http://www.parkerbromley.co.uk*>, alındığı tarih 24.03.2008

Url-14 <*http://www.plaka-tanima.com*>*,* alındığı tarih 06.04.2008.

Url-15 <*https://engineering.purdue.edu/MESH*>, alındığı tarih 15.02.2008.

Url-16 <*http://www.radikal.com.tr*>, alındığı tarih 03.03.2008.

Url-17 <*http://www.rehabilitasyon.com*>, alındığı tarih 07.08.2008.

Royer, E.M. and Toh, C.K., 1999. A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks, *IEEE Personal Communications*, April 1999, 1070-9916/99, pp. 46-55.

Römer, K. and Elson J., 2002. Wireless Sensor Networks: A New Regime for Time Synchronization, *In Proceedings of the First Workshop on Hot Topics in Networks (Hot-Nest-I*), 28-29 October 2002, Princeton, New Jersey, USA.

Römer, K. and Mattern, F., 2004. The Design Space of Wireless Sensor Networks, Swiss National Science Foundation, Grant No. 5005-67322, pp.1-8, *IEEE Wireless Communications*, December 2004, Zurich.

Sahoo, P.K., Sheu, J-P. and Hsieh, K-Y., 2007. Power Control Based Topology Construction for the Distributed Wireless Sensor Networks, *Science Direct Computer Communications*, Vol. 30, Issues 14-15, 15 October 2007, pp. 2697-2698, Taiwan.

Url-18 <*www.sayisalgrafik.com.tr*>, alındığı tarih 06.03.2008.

Sezen, A., 2008. Kişisel Görüşme.

Url-19 <*http://www.soyak.com.tr*>, alındığı tarih 12.03.2008.

Sözen, S., 2008. Kişisel Görüşme.

Url-20 <http://*www.springer.com*>, alındığı tarih 18.02.2007.

Url-21 <*http://www.ttb.org.tr*>, alındığı tarih 02.03.2008.

Süzer, Ö., 2008. İlaç Alerjisi, *Cerrahpaşa Tıp Fakültesi*, <*http://www.ctf.edu.tr*>*,* İstanbul, Türkiye.

Tanner, S., 2004. Deciding whether Optical Character Recognition is feasible, *King's Digital Consultancy Services*.

Tarı, İ., Örnek, Y. ve Güneysu, S., 2007. *İstanbul İli Özelinden Türkiye Geneline Arama ve Kurtarma*, İstanbul, Türkiye.

Tanrısever, M., 2008. Kişisel Görüşme.

Taşkın, B., 2008. Fotoğraf Arşivi.

Taşkın, B., 2008. Kişisel Görüşme.

Url-22 <*http://www.kaynasli.gov.tr*>, alındığı tarih 06.03.2008.

Url-23 <*http://www.sgk.gov.tr*>, alındığı tarih 25.06.2008.

Url-24 <*http://www.telekom.com.tr*>, alındığı tarih 06.04.2008.

Topping, C., 1995. *DFO Information Management Action Plan*, Office of Emergency Services, California, USA.

Tsai, M.H., Liu, L.Y., and Peña-Mora, F., 2006. Designing Black Boxes in the Buildings to Support Disaster Relief Efforts, *CP2R Group Meeting, Power Point Presentation.*

Url-25 <*http://www.turkcografya.com*>, alındığı tarih 17.02.2008.

Vieira, M.A.M., Claudionor N. Jr, Silva, D.C.S.Jr. and Mata, J.M.D. 2003. *Survey on Wireless Sensor Network Devices*, Federal University of Minas Gerais, Brazil.

Url-26 <*www.webopedia.com*>, alındığı tarih 20.09.2008.

Weeks, M.R., 2007. Organizing for Disaster: Lessons from the Military, *Science Direct,* Vol. 50, Issue 6, November-December 2007, pp. 479-489, USA.

Wing, R., 2006. RFID Applications in Construction and Facilities Management, *ITcon*, Vol. 11, pg. 711, London, UK.

Worldbank, 1999. *Turkey - Marmara earthquake assessment*, Turkey Country Office, The World Bank, http://siteresources.worldbank.org, September 14, 1999.

Url-27 <*http://www.who.int*>, alındığı tarih 05.04.2006.

Xu, Y. and Qi, H., 2006. Mobile Agent Migration Modeling and Design for Target Tracking in Wireless Sensor Networks, *Science Direct Ad Hoc Networks*, Vol. 6, Issue 1, January 2008, 1-16, US.

Yin, R.K., 2003. *Case Study Research Design and Methods*, Third Edition, Vol. 5, Sage Publications, USA.

Zerger, A., and Smith, D. I., 2003. Impediments to Using GIS for Realtime Disaster Decision Support, *Comput. Environ. Urban Syst.*, 27(2), pp. 123–141.

Zeyfeoğlu, Y. ve Hancı, İ.,H., 2001. İnsanlarda Kimlik Tespiti. *Türk Tabipler Birliği.* Sted 2001, Cilt 10, Sayı 10, 375.

Zhang, X., Wong, K. K. F. and Wagl Y., 2007. Performance Assessment of Moment Resisting Frames During Earthquake Based on Force Analogy Method, *Science Direct, Engineering Structures*, Volume 29, Issue 10, October 2007, pp. 2792-2802.

EK A.1 : Depremden Sonraki Arama ve Kurtarma Çalışmalarında Gerekli Olan Bilgilerin Elde Edilmesi için Hazırlanan Görüşme Soruları

Bütün bilmek istediğiniz sorulara anında cevap verecek biri olsaydı yanınızda, hangi bilgileri öğrenmek isterdiniz, yani hangi bilgiler arama kurtarma faaliyetlerini kolaylaştırır, hızlandırır ve etkinleştirirdi?

1. Arama-kurtarma çalışmalarında ihtiyaç duyduğunuz bilgiler nelerdir? Öncelik sırasına göre belirtebilir misiniz?
   - **a.** Bina bilgileri
   - **b.** Kişi bilgileri (yaşayanların sayısı, engelli sayısı, kişilerin temel sağlık bilgileri (alerji, sürekli kullanılan iğne ve ilaç vb.))

2. Depremden sonra arama-kurtarma çalışmaları sırasında binaya nereden en güvenli ve en kolay şekilde ulaşılır?

3. Mahalle bazında hangi bilgileri bilmek istersiniz?
   - **a.** Her binada yaşayan kişi sayısı, kişilerin yaşları, özellikleri
   - **b.** Her binanın kat sayısı, taşıyıcı sistemi vb.

4. Binanın cepheden çekilmiş fotoğrafını görmek arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olur mu?

5. Binanın
   - **a.** tesisat özelliklerini
   - **b.** ısıtma sistemini ve binada ısıtma amaçlı kullanılan yakıtın cinsini
   - **c.** kat sayısını (bodrum kat ve normal kat olarak mı belirtilmeli)
   - **d.** kat planlarını (depremzedelere ulaşmayı kolaylaştırabilir mi?)
   - **e.** fiziki durumunu (bitişik nizam, ayrık nizam gibi)
   - **f.** bitişik nizamda is kat yükseklikleri arasında fark olup olmadığını ve binanın köşede olup olmadığını
   - **g.** taşıyıcı sistemini (betonarme, çelik, yığma, ahşap)
   - **h.** betonarme ise
     1. zayıf kat olup olmadığını
     2. kısa kolon olup olmadığını
     3. yumuşak kat olup olmadığını
     4. cephe kolonlarının zemin katta konsollara oturup oturmadığını
   - **i.** yığma-kagir ve ahşap binalarda
     1. cephe duvarlarında duvar boşluk oranının düzeyini (az-orta-çok)
     2. cephe duvarlarında duvar boşluklarının düzenli olup olmadığını
   - **j.** zemin durumunu
   - **k.** adresini ve koordinatını
   - **l.** yaklaşık olarak oturma alanını
   - **m.** görünen inşaat kalitesini bilmek ister misiniz?

6. Binada kullanılan yakıt dışında yanıcı, patlayıcı gibi tehlikeli madde olup olmadığını bilmek ister misiniz? Eğer tehlikeli madde varsa ne gibi önlemler alırsınız? Bu maddelerle ilgili ne bilmek istersiniz? (ör. tehlikeli maddenin yeri, miktarı, özellikleri)

7. Binanın kullanım amacını, okul, hastane, konut, fabrika, alışveriş merkezi… olduğunu bilmek ister misiniz?

8. Mahalle planında arama kurtarmaya öncelikli ihtiyaç duyan binaları görmek isinizi kolaylaştırır mı?

9. Depremzedelere ulaşabilmeyi kolaylaştırmak için kat planlarını görmek size yardımcı olur mu? Kat planlarının yanı sıra görmek istediğiniz çizimler var mı?

10. Doğalgaz vanasının, ana şalterin, su vanasının binadaki yerlerini önceden bilmek size yardımcı olur mu? Bu bilgilere ulaşmak için elektrik tesisat planını, sıhhi tesisat planını, doğalgaz ve kalorifer tesisat planını görmek ister misiniz? Yoksa sadece bina planının üzerinde ana giriş yerlerinin gösterilmesi yeterli midir?

11. Binada kaç kişi yaşadığını bilmek ister misiniz?

12. Binada yaşayanların isimlerini bilmek arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olur mu? Örneğin çalışmalar sırasında apartman sakinlerinin isimlerinin seslenmek kurtarma çalışmalarında etkili olabilir mi?

13. Günün belirli saatlerinde, örneğin 08.00-20.00, 20.00-00.00, 00.00-08.00 saatleri arasında binada kimlerin bulunduğunu bilmek arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olur mu?

14. Kurtarma sırasında kişilerin hangi özellikleri kurtarmada öncelik tanınmasına sebep olabilir? Yaş, cinsiyet, belirli hastalıklara sahip olmak (ör. kalp rahatsızlığı, diyabet gibi)?
    a. Binadakilerin yaşlarını bilmek ister misiniz? Depremzedelerin yaşlarına göre kurtarma çalışmalarında öncelik tanınır mı? Örneğin bir kreşin, ilkokulun, yaşlılar yurdunun önceliği var mı?
    b. Binadakilerin herhangi bir sağlık problemi olup olmadığını bilmek arama-kurtarma çalışmalarına yardımcı olabilir mi? Depremzedelerin sağlık probleminin ne olduğunu bilmek ister misiniz? Bu bilgiyi bilmek size ne gibi kolaylık sağlar? Sağlık problemine göre öncelik tanıyarak mı kurtarma çalışmaları yaparsınız?

15. Şehir içerisinde stratejik lokasyonlara ulaşımın kolay sağlanması için ulaşım planlarını görmek iste misiniz?
    a. Kriz Komuta Merkezi' ne ulaşımın sağlanması
    b. Büyük sağlık tesislerine ulaşımın sağlanması
    c. Stratejik öneme sahip bina ve tesislere ulaşımın sağlanması
    d. Havalimanları, garlar, otogarlar, büyük iskele ve limanlar arasında ulaşım bütünlüğünün sağlanması

e. Eğitim tesislerine ulaşımın sağlanması
f. İETT transfer merkezlerine ve bu kurumun hizmet alanlarına ulaşım alternatiflerinin hazırlanması
g. İGDAŞ, İSKİ, TÜRK TELEKOM ve TEDAŞ kritik noktalarına ulaşımın sağlanması,
h. İtfaiye tesislerine ulaşımın sağlanması
i. İDO ve TDİ iskelelerine ulaşım alternatiflerinin sağlanması ve deniz irtibat noktalarının belirlenmesi
j. Çadır kent alanlarına ve bu alanlardan yukarıda belirtilen önemli noktalara ulaşım hiyerarşisinin oluşturulması.

16. Bir binanın dış yüzeyinde en az hasar gören kısım neresi? (çatı, balkon, üst katlar)

Çizelge A.1 : Bina Kullanım Amaçları

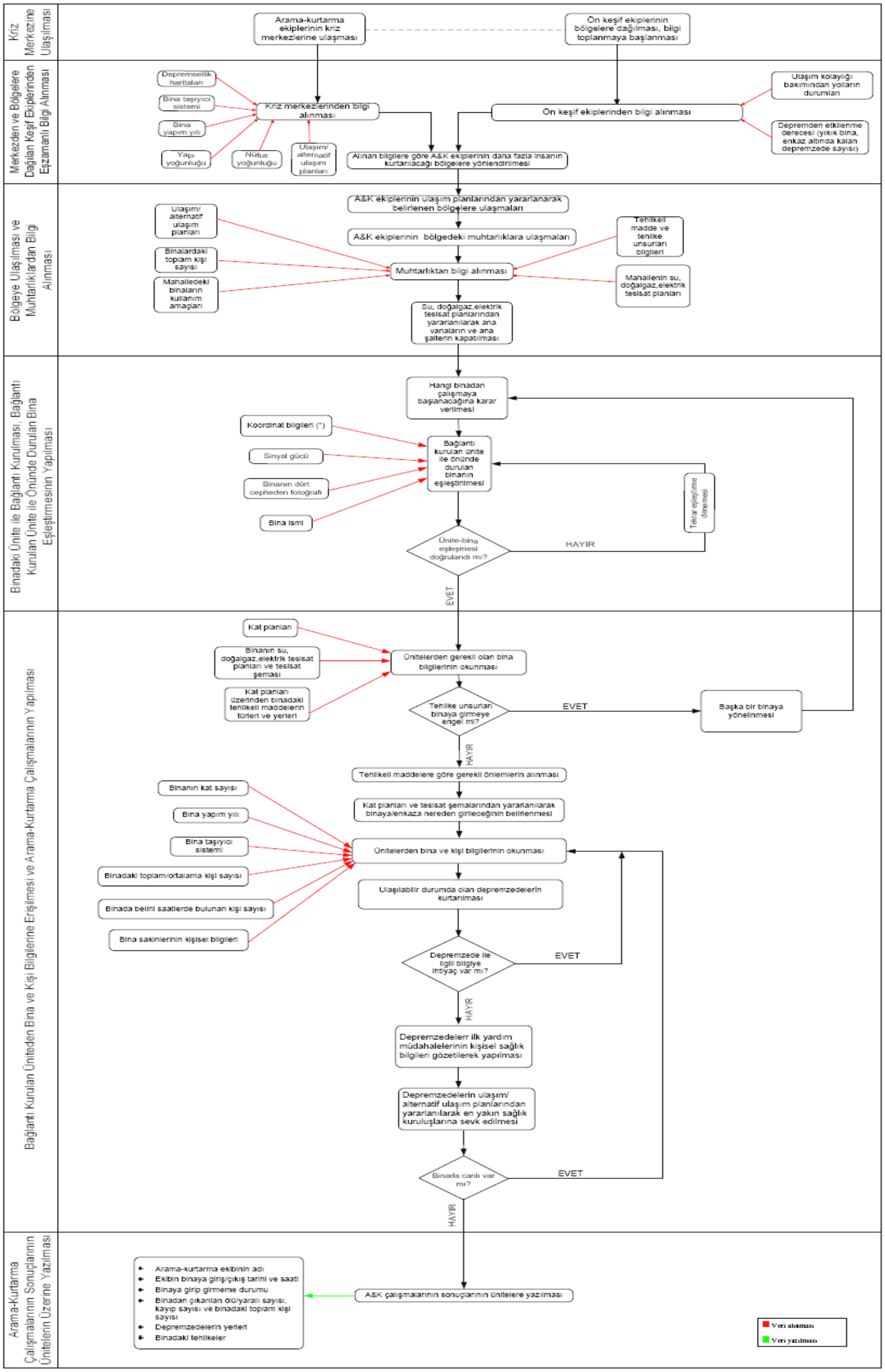
BİNA KULLANIM AMACI SINIFLARI	ÖRNEKLER
Konut	Müstakil Konut
	Apartman
Sağlık Kuruluşları	Hastane
	Eczane
	Laboratuar
	Tıp Merkezi
	Görüntüleme Merkezi
	Poliklinik
Eğitim Kurumları	Anaokulu
	İlköğretim Okulu
	Lise
	Üniversite
	Kurs
İşyeri	1-50 çalışan
	51-100 çalışan
	101-150 çalışan
	151-200 çalışan
	201 ve üzeri çalışan
Sosyal Etkinlik Mekanları	Sinema Salonu
	Tiyatro Salonu
	Spor Salonu
	Gösteri Merkezi
	Restoran/Cafe/Bar
	Alışveriş Merkezi
	Kütüphane
Güvenlik Teşkilatları	Türk Silahlı Kuvvetleri
	Sivil Savunma
	Polis
	İtfaiye
Endüstri Tesisleri	Ağır Sanayi Tesisi
	Hafif Sanayi Tesisi
	Gıda/İlaç/Kimyasal Sanayi Tesisi
	Metal/Mineral Üretim Tesisi
	İleri Teknoloji Tesisi
	İnşaat
Konaklama Tesisleri	Yurt
	Otel
	Pansiyon
	Huzurevi
	Çocuk Esirgeme Yurdu
İbadet Yerleri	Cami
	Kilise
	Sinagog

Çizelge A.2 : Tehlikeli Maddeler ve Diğer Tehlike Unsurları

TEHLİKELİ MADDELER VE DİĞER TEHLİKE UNSURLARI	ÖRNEKLER	
	Türü	**Yeri**
Patlayıcılar	Dinamit	İnşaat Sahası
	Mermi	Karakol
	Havai Fişek	Patlayıcı Madde Atölyesi
	Maytap	Patlayıcı Madde Atölyesi
	Amonyum Nitrat-Fuel Oil Karışımı	Patlayıcı Madde Atölyesi
Basınçlı Gazlar	LPG	Benzin İstasyonu
	Asetilen	Laboratuar
	Azot	Patlayıcı Madde Atölyesi
	Argon	Market
	Klor	Tekstil Atölyesi
	Formik Asit	Tekstil Atölyesi
	Fosgen	Plastik İmalat Atölyesi
	Hidrojen Florür	Cam İmalat Atölyesi
Yanıcı Sıvılar	Benzin	Benzin İstasyonu
	Benzol	Nalbur
	Toluol	Nalbur
	Etil Asetat	Deri Üretim Atölyesi
	Bütanon	Ecza Deposu
	Gazyağı	Benzin İstasyonu
	Motorin	Benzin İstasyonu
	Bütanol	Sigara Fabrikası
	Katran	Petrol Ürünleri İmalathanesi
	Fuel Oil	Benzin İstasyonu
	Motor Yağları	Benzin İstasyonu
Yanıcı Katılar	Kırmızı Fosfor	Kibrit Fabrikası
	Magnezyum	Eczane
	Proksilin Plastikleri	Plastik Fabrikası
	Naftalin	Ecza Deposu
	Kükürt	Kibrit Fabrikası
	Ağaç Tozu	Kereste Atölyesi
	Kömür Tozu	Kömür Deposu
	Un	Fırın
	Selüloit	Selüloit Üretim Tesisi
	Beyaz Fosfor	Kışla
	Sodyum-Potasyum-Kalsiyum-Fosfor Bileşikleri	Laboratuar
	Alüminyum Tozları	Alüminyum Doğrama Atölyesi

Çizelge A.2 (devam) : Tehlikeli Maddeler ve Diğer Tehlike Unsurları

TEHLİKELİ MADDELER VE DİĞER TEHLİKE UNSURLARI	ÖRNEKLER	
	Türü	**Yeri**
Oksitleyiciler	Hidrojen Peroksit	Eczane
	Perklorik Asit	Eczane
	Sodyum-Potasyum Nitratları	Laboratuar
	Permanantlar	Kuaför
	Kloratlar	Laboratuar
	Perkloratlar	Laboratuar
	Kalsiyum Karbonat	Tebeşir İmalathanesi
	Kromik Asit	Metal Kaplama Atölyesi
	Amonyum Nitrat	Laboratuar
	Organik Peroksitler	Cam Elyaf Atölyesi
Radyoaktif Tehlikeler	Kobalt	Boya Atölyesi
	İridyum	Laboratuar Cihazları Üretim Fabrikası
	Teknesyum	Hastane
	Sezyum	Hastane
	Amerikyum	Alışveriş Merkezi
	İyot	Laboratuar
Aşındırıcı Sıvılar	Tuz Ruhu	Deterjan İmalathanesi
	Sülfürik Asit	Patlayıcı Madde Atölyesi
	Nitrik Asit	Plastik İmalathanesi
	Kostik	Tekstil Atölyesi
	Potasyum Hidroksit	Deterjan İmalathanesi
	Sodyum	Sabun İmalathanesi
Diğer Maddeler	Pestisid	Tarım İlaçları Bayisi
	Amyant (asbest)	Otomobil Fabrikası



Şekil A.4 : Süreç Modeli



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Senem SEYİS

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul 08/04/1983

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

- Ergen, E. and Seyis, S., 2008. Utilizing Advanced Storage Technologies for Providing Local Information to Rescue Teams Following an Earthquake, *Innovation in Architecture, Engineering and Construction (AEC)*, June 23-25 2008, Antalya, Turkey.