T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİNİN DEPREM RİSKLİ BÖLGELERDEKİ SAĞLIK YAPILARINDA BAHP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

ŞULE YILMAZ ERTEN

DOKTORA TEZİ

MİMARLIK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Semiha KARTAL

EDİRNE-2019

Şule YILMAZ ERTEN'in hazırladığı "**YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİNİN DEPREM RİSKLİ BÖLGELERDEKİ SAĞLIK YAPILARINDA BAHP YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM**" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Mimarlık** Anabilim Dalında bir **Doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Doç.Dr. Semiha KARTAL	.....
Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK	.....
Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA	.....
Doç. Dr. M. Tolga SAKALLI	.....
Yrd. Doç.Dr. Filiz UMAROĞULLARI	.....

Tez Savunma Tarihi: 28/08/2019

Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç.Dr.Semiha KARTAL

Tez Danışmanı

.....

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof.Dr. Murat YURTCAN
Enstitü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK DOKTORA PROGRAMI
DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

28/08/2019
Şule YILMAZ ERTEN

Doktora Tezi

Yapım Sistemi Seçiminin Deprem Riskli Bölgelerdeki Sağlık Yapılarında BAHP Yöntemi İle Belirlenmesine Yönelik Bir Yaklaşım

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık

ÖZET

Depremler, geniş alanları etkileyerek yıkıma ve insan yaşamını yitirmesine yol açan doğal afetler listesinin başında gelmektedir. Büyük şehirlerdeki plansız ve kontrolsüz kentleşme göz önüne alındığında, depremlerin yol açtığı tahribatın beklenenden daha yüksek olması muhtemeldir. Bu yıkımın acil durumlarda hizmet etmesi gereken sağlık yapılarında meydana gelmesi, alınması gereken önlemlerin önemini ortaya koymaktadır.

Sağlık yapılarının yapım sistemi seçimini konu alan bu tezin birinci bölümünde, problemin tanımı, literatür araştırması, çalışmanın orijinal değeri ve çalışma metodolojisi ile yaklaşım yer almaktadır.

Tezin ikinci bölümünde, depremlerin yapılara verdiği hasarlardan söz edilmiş, dünyada çeşitli ülkelerdeki deprem standartları ile Türkiye'deki deprem standartlarının gelişimi incelenmiştir. Bu kapsamda geçerli Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (DBYYHY) 2007'deki kurallar, betonarme çerçeve, çelik çerçeve, prefabrik betonarme ve tünel kalıp yapım sistemleri açısından incelenmiştir. Sağlık yapıları için deprem yüklerinin belirlenmesinde etkili faktörler ile sağlık yapıları için asgari tasarım kuralları incelenmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde yapım sistemi seçimi problemi ele alınmıştır. Bu problem, kendi içinde kıyaslanması gereken maliyet, hız, performans, mimari çevresel ve sosyal faktörler gibi birçok kriter barındırmaktadır. Bu problemin çözümü bir karar verme

sürecini gerektirdiği için kriter değerlendirme, planlama ve geliştirme, karar verme, tahmin etme vb. amaçlarda yaygın olarak kullanılan "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)" yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tercih edilmiş ve yöntemin aşamaları açıklanmıştır. Ancak klasik AHP yöntemi, ÇKKV problemlerini çözmede kullanıcıların kesin kararlar vermesi zor olduğundan, düşünme tarzını yansıtmayabilir. Bu anlamda bu sorunun üstesinden gelmek için bulanık mantık, AHP ile entegre edilmiştir. Bu bölümde son olarak Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yönteminin adımları açıklanmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde BAHP ile karar verme sürecinde Türkiye şartlarında, tercih edilen betonarme çerçeve, çelik çerçeve, tünel kalıp ve prefabrike betonarme yapım sistemlerinin inşaat sektöründeki rolü kamu ve özel sektörde, sağlık yapılarının planlanmasında, denetiminde ve uygulamasında yer alan en az 10 yıl deneyimli 40 uzman tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme, Türkiye'deki deprem riski yüksek (1. ve 2. derece) bölgelerde inşa edilecek sağlık yapıları için yapılmıştır.

Tezin beşinci bölümünde yapım sistemi alternatifleri, seçim kriterleri açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda karar verilen alternatif olan çelik çerçeve yapım sistemi ve en önemli kriter olarak belirlenen performans kriteri ve alt kriterleri (dayanım, ölü yük, hata oranı), saha çalışması olarak seçilen "Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi" üzerinde sınanmıştır. Çelik çerçeve sistemin, performans kriteri açısından yapının mevcut sistemi olan betonarme çerçeve sisteme göre daha üstün özellikler gösterdiği sonucuna varılmıştır.

Tezin altıncı bölümünde uzman değerlendirmeleri sonucu elde edilen bulgular ile birlikte BAHP modelinin deprem bölgelerindeki sağlık yapılarında yapım sistemi seçimi probleminde kullanılmasına yönelik katkıları sunulmuştur. Ayrıca bu model ile çözüme ulaştırılabilecek çeşitli problemler için önerilerde bulunulmuştur.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 204

Anahtar Kelimeler : Yapım Sistemi Seçimi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP).

Doctorate Thesis

An Approach to Specify the Construction System of Health Buildings in High Earthquake Risk Regions with the BAHP Method

Trakya University Institute of Natural Sciences

Architecture

ABSTRACT

Earthquakes are at the top of the list of natural disasters that affect large areas and lead to destruction and loss of human life. Considering unplanned and uncontrolled urbanization in large cities, the destruction caused by earthquakes is likely to be higher than expected. The fact that this destruction occurs in health care structures that should serve in emergencies reveals the importance of the measures to be taken.

In the first part of this thesis, which focuses on the choice of the construction system of health structures, the definition of the problem, the literature research, the original value of the study and the approach to the study methodology are included.

In the second part of the thesis, earthquakes have been talking about the damage to the structure, with earthquake standards in the various countries in the world development of standard earthquake in Turkey were examined. In this context, the rules of the Regulation on Structures to be Constructed in the Earthquake Zones (DBYYHY) 2007 were examined in terms of reinforced concrete frame, steel frame, prefabricated reinforced concrete and tunnel formwork systems. The factors influencing the determination of earthquake loads for health structures and minimum design rules for health structures were examined.

In the third part of the thesis, the problem of selection of construction system is discussed. This problem has many criteria to be compared in terms of cost, speed,

performance, architectural environmental and social factors. Since the solution of this problem requires a decision-making process, criteria evaluation, planning and development, decision-making, estimation and so on. Analytical Hierarchy Process (AHP), one of the larda Multi Criteria Decision Making (CCPV) kullanıl methods which are widely used for the purposes of this study, has been preferred and its stages have been explained. However, the classical AHP method may not reflect the way of thinking, as it is difficult for users to make definitive decisions in solving CCPV problems. To overcome this problem, fuzzy logic is integrated with AHP. Finally, the steps of the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (BAHP) method are explained in this section.

Conditions in Turkey in the decision-making process with BAHP in the fourth chapter, preferred concrete frame, steel frame, tunnel formwork and its role in the construction of prefabricated reinforced concrete construction system in the public and private sectors, the planning of health structures, experienced 40 experts at least 10 years in the audit and implementation It was evaluated by. This assessment is a high risk of earthquakes in Turkey (1st and 2nd degree) will be built in the region it has been made for health structures.

In the fifth part of the thesis, construction system alternatives are evaluated in terms of selection criteria. As a result of this evaluation, the steel frame construction system and the performance criteria and sub-criteria (strength, dead load, error rate) which were determined as the most important criteria were tested on “Edirne Enez Integrated District Hospital ilen which was selected as the field study. It was concluded that the steel frame system exhibited superior features in terms of performance criteria compared to the existing system of reinforced concrete frame system.

In the sixth part of the thesis, with the findings obtained from expert evaluations, the contribution of BAHP model to the use of construction system selection in health structures in earthquake zones is presented. In addition, suggestions were made for various problems that can be solved with this model.

Year : 2019

Number of Pages : 204

Keywords : Construction System Selection, Multi-Criteria Decision Making (MCDM), Analytic Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP).

TEŞEKKÜR

Yükseklisans ve doktora sürecim boyunca bu zorlu yolda benimle birlikte olan, desteğini hep hissettiğim sevgili hocam Doç.Dr. Semiha KARTAL'a, her zaman her türlü zorlukta yardımını ve bilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd.Doç.Dr. Filiz UMAROĞULLARI'na, değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA'ya , Prof. Dr. Nilüfer AKINCITÜRK'e ve Doç.Dr. Tolga SAKALLI'ya, gerekli teknik destek ve yardımlarından dolayı BALKAN TRAKYA YAPI DENETİM'e, moral ve motivasyonlarıyla yanımda olan canım arkadaşlarıma, her türlü desteğiyle yanımda olan canım ailem Lütfiye YILMAZ'a, Onur YILMAZ'a, Şahika KOYUN YILMAZ'a ve Hayri ERTEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak her yıldığımda beni cesaretlendiren, desteğini yüreğimde hissettiğim canım eşim Harun ERTEN'e teşekkürler…

Bu tezi, herzaman yanımda olduğunu bildiğim, eğer yaşasaydı gurur duyacağından emin olduğum canım babam Mehmet YAŞAR YILMAZ'a ve onu büyütürken onunla birlikte geçirmem gereken zamandan üzülerek çaldığım canım oğlum TUNAHAN'a ithaf ediyorum…

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **vii**

TEŞEKKÜR ..... **x**

İÇİNDEKİLER ..... **xi**

SİMGELER DİZİNİ ..... **xiv**

KISALTMALAR DİZİNİ ..... **xvii**

ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xxi**

ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **xxiii**

BÖLÜM 1. GİRİŞ **1**

1.1. Problemin Tanımı 6

1.2. Çalışmanın Hipotezi 9

1.3. Çalışmanın Orijinal Değeri 10

1.4. Literatür Araştırması 10

1.5. Metodoloji ve Yaklaşım 16

BÖLÜM 2. DEPREM VE YAPI TASARIMI **20**

2.1. Deprem Tehlikesi ve Yapı Hasarları 20

2.2. Deprem Düzenlemeleri 21

2.3. Türkiye'de Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Kuralları 30

2.3.1. Planda Düzensizlik Durumları 31

2.3.2. Düşey Doğrultudaki Tasarım Düzensizlikleri 33

2.3.3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Yerleşimiyle İlgili Genel Düzensizlikler 34

2.3.4. Sınır Durumlar 36

2.3.5.Yapıya Etkiyen Deprem Yüklerinin Belirlenmesinde Etkili Faktörler.....37

2.3.6. Farklı Yapım Sistemleri İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları.....41

2.3.7. Sağlık Yapıları ve Asgari Tasarım Kuralları 43

BÖLÜM 3. YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....46

3.1. Yapım Sistemi Seçimi Sorunu ve Karar Verme 46

3.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) 50

3.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi 54

3.4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi 61

BÖLÜM 4. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNİN SAĞLIK YAPILARINDA YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİ PROBLEMİNE UYGULANMASI VE BULGULAR.....67

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi 67

4.2. Hiyerarşinin kurulması.....69

4.3. Eşleştirmelerin Karşılaştırılması 101

4.4. Göreli Ağırlıkların ve Tutarlılığın Hesaplanması 101

BÖLÜM 5. DEPREM BÖLGESİNDEKİ ÖRNEK SAĞLIK YAPISINDA UYGUN YAPIM SİSTEMİNİN SINANMASI 107

5.1. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Yapısı.....108

5.2. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri Açısından İncelenmesi.....110

5.3. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Çelik Çerçeve Sistem ile Modellenmesi 116

5.4. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Çelik Çerçeve Sistem ile Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve Sistem Modellerinin Performans Kriterleri Açısından Karşılaştırılması 117

BÖLÜM 6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME 124

KAYNAKLAR 130

EK-1 KRİTERLERİ DEĞERLENDİRME ANKETİ 148

EK-2 EDİRNE ENEZ ENTEGRE İLÇE HASTANESİ'NE AİT BETONARME STATİK HESAP RAPORU 159

EK-3 EDİRNE ENEZ ENTEGRE İLÇE HASTANESİ'NE AİT ÇELİK STATİK HESAP RAPORU 171

EK-4 TÜRKİYE SAĞLIK YAPILARI ASGARİ TASARIM STANDARTLARI TABLOSU……..…178

ÖZGEÇMİŞ……179

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT BİLİMSEL FAALİYETLER……...180

SİMGELER DİZİNİ

$(\Delta i)_{ort}$	Binanın i'inci Katındaki Ortalama Azaltılmış Göreli Kat Ötelemesi
$(\Delta i)_{Max}$	Binanın i'inci Katındaki Maksimum Etkin Göreli Kat Ötelemesi
Δi	Binanın i'inci Katındaki Azaltılmış Göreli Kat Ötelemesi
μ_M	Üçgen Üyelik Fonksiyonu
a	Hız
A_0	Etkin Yer İvmesi Katsayısı
Aw	Kolon enkesiti etkin gövde alanı (depreme dik doğrultudaki kolon çıkıntılarının alanı hariç)
D	Karar Verme Kümesi
Da	Arttırılmış akma gerilmesi
F	Kuvvet
ft^3	İngiliz Uzunluk Ölçüsü Birimi
hi	Binanın i'inci katının kat yüksekliği
k	Konveks Bulanık Sayı
kN	Kilo Newton
lbs	İngiliz Kütle Birimi
m	Kütle
$\tilde{M}$	Üçgen Bulanık Sayı
m^3	Uzunluk Ölçü Birimi
MPa	Mega Pascal
n	Hareketli Yük Katılım Katsayısı
N	Karar Vericilerin Sayısı
Ø	Çap
qi	Binanın i'inci Katındaki Toplam Hareketli Yük
R	Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı
R	U'dan V'ye Giden Bulanık İlişki Matrisi
Rij	Üyelik Derecesi (i= 1,2,.....n;j = 1,2,.....m)
S(T)	Spektrum Katsayısı

S_i	Bulanık Sentetik (genişletme) Değeri
ST44	Çelik Kiriş
T	Bina Doğal Titreşim Periyodu [s]
T1	Binanın Birinci Doğal Titreşim Periyodu [s]
T_A ,T_B	Spektrum Karakteristik Periyotları [s]
u1,u2,...,un	Hedef Kümesi
v1,v2,...,vm	Değerlendirme Dereceleri
Vi	Göz önüne Alınan Deprem Doğrultusunda Binanın i'inci Katına Etki Eden Kat Kesme Kuvveti
Vi	Karar Vericileri Tarafından Verilen Her Bir Değer (Önemli, Çok Önemli..vb.)
Vt	Eşdeğer Deprem Yükü Yönteminde Göz önüne Alınan Deprem Doğrultusunda Binaya Etkiyen Toplam Eşdeğer Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti)
Vtb	Mod Birleştirme Yönteminde, Göz önüne Alınan Deprem Doğrultusunda Modlara Ait Katkıların Birleştirilmesi İle Bulunan Bina Toplam Deprem Yükü (Taban Kesme Kuvveti)
W	Binanın, Hareketli Yük Katılım Katsayısı Kullanılarak Bulunan Toplam Ağırlığı
W	Ağırlık (Önem Derecesi)
w1,w2,.....wn	Değerlendirme Kriterlerinin Ağırlığı
$x_1, x_2,\ldots,x_n$	Nesne Kümesi
Xij	is the number of the appraisal commissioners
α	Deprem Derzi Boşluklarının Hesabında Kullanılan Katsayı
α	Deprem derzi boşluklarının hesabında kullanılan katsayı
δ	Şekil Değiştirme / Yer Değiştirme
ηbi	i'inci katta tanımlanan Burulma Düzensizliği Katsayısı
ηci	i'inci Katta Tanımlanan Dayanım Düzensizliği Katsayısı
ηki	i'inci Katta Tanımlanan Rijitlik Düzensizliği Katsayısı
λ_{max}	Maksimum Özdeğer
σa	Akma gerilmesi

ΣAe	Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı
ΣAg	Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit alanlarının toplamı
ΣAk	Herhangi bir katta, gözönüne alınan deprem doğrultusuna paralel kargir dolgu duvar alanlarının (kapı ve pencere boşlukları hariç) toplamı
ΣAw	Herhangi bir katta, kolon enkesiti etkin gövde alanları Aw'ların toplamı
Ωo	Büyütme Katsayısı

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Proses)
ANP	Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Network Process)
BAHP	Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)
BÇS	Betonarme Çerçeve Sistem
BÖ	Biraz Önemli
BPS	Betonarme Prefabrike Sistem
CE	Avrupa Normlarına Uygunluk (European Conformity)
CEN	Avrupa Standartlaştırma Komisyonu
CI	Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)
CII	İnşaat Endüstrisi Enstitüsü (Construction Industry Institute)
COPRAS	Karmaşık Oransal Değerlendirme (Complex Proportional Assessment)
CR	Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)
ÇÇS	Çelik Çerçeve Sistem
ÇF	Çevresel Faktörler
ÇFÖ	Çok Fazla Önemli
ÇKKV	Çok Kriterli Karar Verme (Multi-criteria Decision Making)
DBYYHY	Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik
DEA	Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
DRSA	Baskınlığa Dayalı Kaba Küme Yaklaşımı (Dominance-Based Rough Set Approach)
EC8	Avrupa 8 No'lu Kodu (Eurocode 8)
EÇÖ	En Çok Önemli

ELECTRE	Eliminasyon ve Seçim Gerçeği (Elimination and Choice Translating Reality) (Fransızca)
EN	Avrupa Normu (European Norms)
EÖ	Eşit Önemli
FEA	Bulanık Kapsam Analizi (Fuzzy Evaluation Analysis)
FÖ	Fazla Önemli
FSE	Bulanık Sentetik Kapsam (Fuzzy Syntetic Evaluation)
FSs	Bulanık Kümeler (Fuzzy Sets)
G	Ölü (zati) yükler
GST	Gri Sistem Teorisi (Grey System Theory)
GSYIH	Gayri Safi Yurtİçi Hasıla
GT	Oyun Teorisi (Game Theory)
HoQ	Kalitenin Evi (House Of Quality)
IBC	Uluslararası İnşaat ve Ekipman Yönetmeliği (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemicals in Bulk
IFSs	Intuitionistic Fuzzy Sets
ILO	Dünya Sağlık Örgütü (International Labour Organisation)
ISO	Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standardisation Organisation)
MAUT	Çok Amaçlı Kullanım Teorisi (Multi-Attribute Utility Theory)
MAVT	Çok Amaçlı Değer Teorisi (Multi-Attribute Value Theory)
MCS	Monte Carlo Simülasyonları (Monte Carlo Simulations)
MEW	Çarpımsal Üstel Ağırlık (Multiplicative Exponential Weighting)
MF	Maliyet Faktörü
MIVES	Sürdürülebilir Değerlendirmeler için Bütünleşik Değer Modeli (Integrity Model of Value for Sustainable Evaluations) (İspanyolca)
MiF	Mimari Faktörler
n	Kriter Sayısı

Nch	Şili Deprem Standartları (Chilean code Earthquake resistant design of buildings)
NEHRP	Ulusal Deprem Tehlikesini Azaltma Programı (National Earthquake Hazard Reduction Programme)
NZS	Yeni Zelanda Standart Bina Modeli Yönetmeliği (New Zealand Standards)
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development)
PF	Performans Faktörü
PROMETHEE	Değerlendirmelerin Zenginleştirilmesi İçin Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (Preference Ranking Organization Method For Enrichment Of Evaluations)
RI	Rastgele İndeks (Random Index)
SAW	Basit Katkılı Ağırlıklandırma (Simple Additive Weighting)
SF	Süre Faktörü
SIR	Üstünlük ve Aşağılık Oranı (Superiority And İnferiority Raking)
SMAA	Stokastik Çok Amaçlı Kabul Edilebilirlik Analizi (Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis)
SNI	Endonezya Ulusal Deprem Standartları (Indonesian Loading Code for Housing and Buildings)
SoF	Sosyal Faktörler
TBDY	Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği
TFN	Üçgen Bulanık Sayı
TKS	Tünel Kalıp Sistem
TOPSIS	İdeal Çözümle Benzerlik Nedeniyle Tercih Sırası Tekniği (Technique For Order Of Preference By Similarity To İdeal Solution)
TPB	Türkiye Prefabrik Birliği
TS	Türk Standardı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü (Turkish Standardization Institute)
TUCSA	Türk Yapısal Çelik Derneği

UBC	Tek Tip Bina Yönetmeliği (Uniform Building Code)
UDK	Ulusal Deprem Konseyi
UDSEP	Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı
UT	Şema Teorisi (Utility Theory)
UTA	Eklenti Katkılar (Additive Utilities) (Fransızca)
VIKOR	Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşma Çözümü (Multi Criteria Optimization and Reconciliation Solution) (Boşnakça)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Türkiye Fay Hatlarının Dağılış Haritası 4
Şekil 1. 2. Çalışma Metodolojisi 16
Şekil 1. 3. Sağlık Yapılarında Yapım Sistemi Seçimi İçin Yaklaşım 19
Şekil 2. 1. Dünya Deprem Haritası 23
Şekil 2. 2. (a), (b) Rijitlik Merkezi İle Kütle Merkezinin Çakışmaması 31
Şekil 2. 3. (a), (b) Yapıda Boşluklu Diyaframlar 32
Şekil 2. 4. (a), (b) Planda Girinti-çıkıntı ve Dilatasyon Durumu 32
Şekil 2. 5. (a), (b) Yumuşak Kat Düzensizliği 33
Şekil 2. 6. Düşey Doğrultudaki Tasarım Düzensizlikleri 34
Şekil 2. 7. (a), (b) Deprem Etkisinde Meydana Gelen Kısa Kolon Çatlakları 34
Şekil 2. 8. Eğimli Arazide Kısa Kolon Oluşumu 35
Şekil 2. 9. Güçlü Kolon Zayıf Kiriş Oluşumu 35
Şekil 2. 10. (a), (b) Sabit Temelli ve Deprem Yalıtımlı Yapıların Davranışı 40
Şekil 2. 11. (a), (b) Deprem İzolatörlerinin Yapıya Uygulanması 40
Şekil 2. 12. Berlin Rud. Virchoiw Hastanesi (2000 Yataklı) 45
Şekil 2. 13. H, T, L, Y ve + Tipi Hastaneler 45
Şekil 3. 1. Karar Verme Sürecine Klasik Yaklaşım 50
Şekil 3. 2. ÇKKV Yöntemlerinin Uygulama Alanları. 53
Şekil 3. 3. AHP Hiyerarşik Yapısı 56
Şekil 3. 4. A Matrisi (Karşılaştırma Matrisi) 57
Şekil 3. 5. B Matrisi 59
Şekil 3. 6. C Matrisi 59
Şekil 3. 7. W Sütun Vektörü 60
Şekil 3. 8. Üçgen Bulanık Sayılar 63
Şekil 3. 9. Dilsel Değişkenlerin Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları 64
Şekil 3. 10. M1 ve M2 nin Kesişimi 66
Şekil 4. 1. Proje Yönetimi Üçgeni 68
Şekil 4. 2. Yapı Maliyeti Grupları 71

Şekil 4. 3. Yapı Katmanları Diyagramı 79
Şekil 4. 4. Türkiye 2018 Yılı OECD Ülkeleriyle Karşılaştırılması (GSYİH Bazında) .. 91
Şekil 4. 5. Karar Verme Sürecinin Hiyerarşik Yapısı 100
Şekil 5. 1. Edirne İli Enez İlçesine AitDeprem Tehlikesi Haritası 107
Şekil 5. 2. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'ne Ait Normal Kat Planı 108
Şekil 5. 3. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'ne Ait Kesit 109
Şekil 5. 4. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Mimari Planı Dış Kontürü 112
Şekil 6. 1. Yapım Sistemi Seçiminde Ana Kriterlerin Önem Dağılımı 125
Şekil 6. 2. Yapım Sistemlerinin Tüm Kriterlere Göre Aldığı Skorlar 125
Şekil 6. 3. Yapım Sistemlerinin Toplam Skorları 125

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1. Dünya'da Son 20 Yılda Meydana Gelen Büyük Şiddetli Depremler.....2
Çizelge 1. 2. Türkiye'de Son 50 Yılda Yaşanan Büyük Şiddetli Depremler 4
Çizelge 1. 3. Türkiye'deki Sağlık Yapılarının İstatistiksel Dağılımı…….7
Çizelge 1. 4. 1999-2010 Yılları Arasında Güçlendirilen Yapı Bloğu Ve Yeniden İnşa Edilen Hastane Sayısı.....8
Çizelge 1. 5. UDSEP 2023 Envanter Çalışması Bulguları 9
Çizelge 2. 1. Eurocode 8 Standartları Genel İçeriği……..…..22
Çizelge 2. 2. EN1998-1(Euro code 8-1) Genel Kurallar, Depreme Etkileri ve Yapı Tasarımı 22
Çizelge 2. 3. Deprem Riski Yüksek Ülkeler…….....23
Çizelge 2. 4.Ülkelerin Depremlere Göre Yönetmeliklerin Oluşum ve Revizyon Süreci29
Çizelge 2.5. Etkin Yer İvmesi Katsayısı……...…….38
Çizelge 2.6. Hareketli Yük Katılım Katsayısı…….…….39
Çizelge 2.7. Spektrum Karakteristik Katsayısı…….....…39
Çizelge 3. 1. ÇKKV Yöntemleri ve Kullanım Alanları……..……53
Çizelge 3. 2. Değer Skalası 58
Çizelge 3. 3. Tutarlılık İndeksi 63
Çizelge 3. 4. Bulanık Değer Skalası 66
Çizelge 4. 1. Malzeme Maliyeti Kalemleri……..……..……..75
Çizelge 4. 2. İş Gruplarının İşçilik Maliyeti Hesap Kalemleri 76
Çizelge 4. 3. Nakliye ve Zorunlu Ekipman Kalemleri.....77
Çizelge 4. 4. Yapı Katmanlarının Bileşenleri ve Kullanım Ömürleri.....82
Çizelge 4. 5. Bazı Yapı Malzemelerinin Teknik Dayanıklılığı ve Çevresel Faktörlerin Etkisi 80
Çizelge 4. 6. Yapı Malzemelerinin Birim Ağırlıkları. 81
Çizelge 4. 7. Beton ve Çelik Malzemenin Bazı Mekanik Özellikleri.....86
Çizelge 4. 8. Yapım Sistemlerinin Pazar Payları 94

Çizelge 4. 9. Bazı Yapı Bileşenlerinin Geri Dönüşümü ve Ortaya Çıkan Ürünler 101
Çizelge 4. 10. Ana Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi 105
Çizelge 4. 11. Bulanık Karşılaştırma Matrisi 105
Çizelge 4. 12. Kriterlerin Göreli Önem Ağırlıklarının Hesaplanması 106
Çizelge 4. 13. Ortalama Değer Matrisi ve Normalizasyonu 106
Çizelge 4. 14. λmax Değerinin Elde Edilmesi 107
Çizelge 4. 15. Yapım Sistemi Alternatiflerinin Değerlendirilmesi 107
Çizelge 5. 1. A1 Düzensizliği Kontrolü 113
Çizelge 5. 2. A2 Düzensizliği Kontrolü 115
Çizelge 5. 3. A3 Düzensizliği Kontrolü 116
Çizelge 5. 4. B1 Düzensizliği Kontrolü 116
Çizelge 5. 5. B2 Düzensizliği Kontrolü 117
Çizelge 5. 6. Beton ve Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri 120
Çizelge 5. 7. Betonarme Çerçeve Sistem İçin Beton ve Donatı Metraj Hesap Tablosu 122
Çizelge 5. 8. Çelik Çerçeve Sistem İçin Metraj Hesap Tablosu 123

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Deprem etkisi, yapıları etkileyen önemli doğal afetler arasındadır ve yapılarda oluşturduğu etkiler detaylı olarak ele alınmalıdır. Yeryüzünde meydana gelen şiddetli depremlerde birçok insan hayatını kaybetmiş, yapılar ise büyük ölçüde hasarlar almıştır. Depremler, yapılarda hasar oluşturmasının yanında, diğer doğal afetleri de tetikleyerek meydana gelen hasarın büyüklüğünün artmasına da sebep olabilmektedir. Bununla birlikte yapılarda meydana gelen büyük hasarlar ve çökmeler, toplumların ekonomik hedeflerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple, depremin yapılar üzerindeki etkisinin anlaşılması ve buna çözüm üretilmesi, ülkelerin sürdürülebilirlik hedeflerini korumaları açısından önemlidir.

Geçmişte deprem sebebiyle meydana gelen kayıplar incelendiğinde, ülkeler arasında orantısız bir şekilde farklılık gözlemlenmektedir (Çizelge 1.1).

CRED[1] verilerine göre, Hindistan 1950-2009 yılları arasında Japonya'ya kıyasla hem sayı hem de yoğunluk bakımından daha az depremlere maruz kalmasına rağmen, Japonya'ya kıyasla ölüm oranı yirmi kat daha fazladır. Hindistan'da 2001'de meydana gelen M=7.7 büyüklüğündeki Gujarat depreminde, 20.000'den fazla insan hayatını kaybetmiş ve yaklaşık 400.000 yapı tahrip olmuştur. Buna karşılık aynı şiddette Japonya Sanriku'da 1994'te meydana gelen aynı şiddetteki depremde 3 kişi hayatını kaybetmiş, 48 konut hasar görmüştür. Hasar boyutları arasındaki bu farklılıklar, birçok etkene bağlı olmakla birlikte, seviyesi, büyük ölçüde bahsi geçen ülkenin gerçekçi bir deprem güvenli

[1] Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2011 yılı istatistiksel verileri.

yerleşim politikası ve planlama anlayışının olmamasından kaynaklanmaktadır (Balyemez & Berköz, 2005).

Çizelge 1. 1. Dünya'da Son 20 Yılda Meydana Gelen Büyük Şiddetli Depremler

DÜNYA'DA SON 20 YILDA MEYDANA GELEN BÜYÜK ŞİDDETLİ DEPREMLER						
Ülke	**Yıl**	**Depremin Merkez Üssü**	**Depremin Şiddeti**	**Tsunami/Çığ Etkisi /Nükleer**	**Ölü Sayısı**	**Hasarlı/yıkılan hane sayısı**
Nepal	1988	Bihar	6.8		721	___
Filipinler	1990	Luzon	7.7		1.621	___
Hindistan	1991	Uttar Pradesh	6.6		768	___
	1993	Maharasthra	6.3		7.601	___
Japonya	1994	Sanriku	7.7		3	48
Japonya	1995	Kobe	6.9		5.530	80 bin
Papua Y.G.	1998	Aitape	7.1	var	2.200	___
Tayvan	1999	Jiji	7.7		2.297	100 bin
Türkiye	1999	İzmit	7.4		17 bin	500 bin
Hindistan	2001	Gujarat	7.7		25 bin	400 bin
Afganistan	2002	Hindu Kush	6.1		1.000	___
Çin	2003	Sichuan	6.1		10	840
Pakistan	2005	Kashmir	7.5		75 bin	3.5 milyon
Endonezya	2006	Yogyakarta			6 bin	1.5 milyon
Solomon Adaları	2007	Gizo	8.1		52	___
Çin	2008	Sichuan	8.0		87 bin	1 milyon
Samoa Adaları	2009	Samoa	8.0	var	192	___
Endonezya	2009	Sumatra	7.5		1.117	130
Haiti	2010	Port Au Prince	7.0		300 bin	105 bin
Çin	2010	Qinghai	6.9		3 bin	___
Yeni Zelanda	2011	Christchurch	6.3		185	2
Japonya	2011	Tohoku	9.0	var	20 bin	100 bin
Türkiye	2011	Van	7.2		600	___
İran	2012	Tebriz	6.3		600	___
Pakistan	2013	Awaran	8.3		800	20 bin
Çin	2014	Yunnan	6.2		729	___
Nepal	2015	Lamjung	7.8	var	9 bin	605 bin
İtalya	2016	Appenines	6.2		300	___
Endonezya	2016	Aceh	6.4		100 bin	___
Meksika	2017	Juchitan	8.1		210	___
Meksika	2017	Meksico	7.1			___

Yapıların hasar görebilirlikleri; yapının taşıyıcı sistem tipi, malzeme, işçilik ve inşaat kalitesi, kat adedi, plan tipi ve düzeni, daha önce aldığı hasarlar, zamanla yapıların yaşlanması, ilave yüklemeler, korozyon, yapılan tadilatlar vb. gibi parametrelere bağlıdır (Akıncıtürk, 2003). Yapılı çevrenin niteliği ve kalitesi arasındaki dengenin de, düşük, orta ve yüksek gelirli ülkelerde depremden kaynaklanan ölümler arasındaki niceliksel farklılıkları büyük ölçüde doğruladığı düşünülmektedir (Rahman, 2018). Ancak depremde meydana gelen maddi/manevi hasarın büyüklüğünün yalnızca yapılı çevrenin niteliğiyle değil, depremin karakteristiği, yeryüzüne olan mesafesi, derinliği ve şiddeti ve beraberinde getirdiği ve/veya tetiklediği bir takım afetlerle de (tsunami, çığ düşmesi, nükleer üssü tetikleme vb.) ilişkili olduğu bilinmektedir.

Depremler genellikle, yer kabuğunda oluşan soğuma veya çeşitli etkiler sebebiyle oluşan şekil değiştirme enerjisinin aniden ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Bu esnada yer kabuğunu oluşturan plakalar, olan faylar (kendisini sınırlayan çizgiler) boyunca aniden kırılır ve fay hattında atım (göreceli hareket) oluşur. Yer kabuğunda meydana gelen kırılmanın (plakalar arasındaki göreceli hareketin) bir dalga hareketi olarak yayılmasıyla yüzeyde oluşan titreşimler, deprem olarak hissedilmektedir. Bu tür depremler tektonik depremler olarak adlandırılmaktadır. Ancak bazı depremler, volkanik hareketlere, yer altı mağaralarının çökmesine bağlı olarak da oluşabilmektedir. Tektonik olmayan bu depremlerin sayıları az ve şiddetleri düşüktür (Celep, 2017).

Türkiye, dünyanın en aktif faylarından biri olan Alp-Himalaya fay hattı üzerinde yer almaktadır ve bu konumu nedeniyle deprem, Türkiye'nin en büyük doğal afet sorunlarından biridir. Yüzeye çok yakın (yaklaşık 5-30 km) olmakla birlikte, özellikle Kuzey Anadolu fayında meydana gelen depremler oldukça tehlikeli olabilmektedir. Türkiye'nin bulunduğu Anadolu plakasında birçok kırık fay yer almaktadır (Soyluk & Harmankaya, 2012). Türkiye'de en çok enerji açığa çıkaran faylar, Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu, Ege yayının doğusu, Güney Marmara ve Kıbrıs yayının batısında tespit edilmiştir (Yalçın, Gülen, & Utkucu, 2013) (*Şekil 1. 1*). Kuzey Anadolu Fay Hattı, 1500 km uzunluğuyla dünyadaki en aktif ve yılda ortalama 20-25 mm kayma ile tahrip edici depremlere neden olan en büyük doğrultulu atımlı fayıdır. Deprem aktivitesinin yoğun olduğu birçok yerde ve Türkiye'de, özellikle Ege dalma-batma zonunda, bir yerleşimin bir faydan uzak olma mesafesi, bir diğer faya yaklaşma

mesafesini arttırmaktadır. Dolayısıyla bu bölgede alınabilecek en önemli önlemin fay hatları üzerinde yapılaşmamak olduğu belirtilmektedir (Balyemez & Berköz, 2005).

Şekil 1. 1. Türkiye Fay Hatlarının Dağılış Haritası *(Atalay, 1987)*

Türkiye'de son 58 yıl içerisinde meydana gelen depremlerde, 58.202 kişi hayatını kaybetmiş, 122.096 kişi yaralanmış ve yaklaşık olarak 411.465 bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür (Kandilli Rasathanesi, 2019) (Çizelge 1. 2).

Çizelge 1. 2. Türkiye'de Son 50 Yılda Yaşanan Büyük Şiddetli Depremler

Yıl	Konum	Büyüklük	Kayıp/Ölü İnsan Sayısı
1976	Van	7.2	4 bin
1992	Erzincan	6,8	653
1998	Adana	6,4	144
1999	İzmit	7,4	17.480
1999	Düzce	7,2	845
2003	Bingöl	6,4	176
2011	Van	7,2	604

Mevcut depremler ve hasarlar göz önünde bulundurularak deprem bölgelerinde önceden yapılması gereken afete hazırlık ve zarar azaltma çalışmalarında başarısız olunduğu kabulü ile birlikte yeni sistemin inşa edilmesi için uluslararası kuruluşlarla, akademik çevrelerle, sivil toplum örgütleriyle yapılan işbirliği ve koordinasyon faaliyetleriyle önemli sonuçlara ulaşılmıştır. İlk olarak T.C. Başbakanlık 2000/9 sayılı ve 21.03.2000 tarihli Genelgesi ile Ulusal Deprem Konseyi (UDK) kurulmuştur. Bu konseyin amacı depremle ilgili konularda kamuoyuna güvenilir bilgi vermek, öncelikli araştırma alanları belirlemek, kamu yetkililerine danışmanlık yapmak ve etik konularıyla

ilgili başvuruları değerlendirmek olarak tanımlanmıştır. UDK tarafından 2002 yılında "Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi" başlıklı bir rapor yayımlanmıştır. Bu rapor deprem bilgi altyapısı, yerleşim yerlerinin deprem güvenliği, yapıların deprem güvenliği, eğitim ve örgütlenme, kullanılacak kaynaklar ve yasal düzenlemeler olmak üzere 7 ana başlık içermektedir. Bu başlıklardan problemi tanımıyla ilgili olarak 3 başlık özellikle ele alınmıştır:

Deprem bilgi ve altyapısı başlığında, sürekli yenilenebilir bir deprem bilgi altyapısı sistemi oluşturulması gerekliliği, ülkenin sismoteknik haritası ile veri tabanı bulunmaması ve oluşturulması gerekliliği, depremle ilgili kurum/kuruluşların uzun dönemde ABD Sismolojik Araştırma Kurumları Birliği benzeri bir konsorsiyum çatısı altında bir araya getirilmesi gerekliliği ile deprem bilgi bankası oluşturulması öngörülmüştür. Geçmiş depremlere ilişkin verilerin düzenli bir şekilde arşivlenmesi gerekliliği, Türkiye deprem bölgeleri haritalarının bölgeler düzeyinde ayrıntılarıyla yeniden çizilmesi, haritalar hazırlanırken İller Bankası, DSİ, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, üniversiteler ve yerel yönetimlerle işbirliğine gidilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Yerleşim yerlerinin deprem güvenliği başlığında, imar ve yer seçimi kararlarında, yapılaşma işlerinde, planlama-projelendirme ve uygulamanın yetersiz olması, denetimlerden uzak kalmasının depremde meydana gelen hasarların aşırı olmasına neden olduğu, bu nedenle ilgili mevzuatta kapsamlı değişiklikler yapılması gerekliliği vurgulanmıştır.

Yapıların deprem güvenliği başlığında ise, yeni yapılacak yapıların yürürlükte olan deprem yönetmeliği kural ve koşulları ile bütün teknik gereklere uygun biçimde tasarlanması ve yapılması gerektiğinden söz edilmiştir. Ayrıca mevcut yapı stokunun, sistematik düzen içinde depreme karşı güvenli duruma getirilmesi öngörülmüştür. Kamu yapıları, bir öncelik sıralaması içinde okullar ve hastanelerden başlanarak deprem güvenliği açısından değerlendirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır (Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi, 6 Mayıs 2002). Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, deprem afetinin tüm yönleri ile değerlendirilmesi için 29 Eylül-1 Ekim 2004 tarihlerinde, Deprem Şura'sını toplamıştır. Planlanan yasal, idari ve kurumsal düzenlemelere temel oluşturmayı, deprem bilincinin toplumun tüm kesimlerine yayılmasını sağlamayı

amaçlayan Deprem Şurası sonuçlarına göre mevcut birçok yönetmelikte (Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, yapı denetimi, yangın, alt yapılar yönetmeliği, iskân ve kat mülkiyeti kanunu vb.) düzenleme ve revizyonlar yapılması kararları alınmıştır. Bunun yanı sıra deprem arşiv sistemi, ulusal ağ kurulması, depremle ilgili bilinçlendirme, eğitim vb. konular ele alınmıştır. 2007 yılında Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 06.03.2007 tarih ve 26454 sayılı Resmi Gazete ’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu, 2010). Bu yönetmelik, 31 Aralık 2018 ‘e kadar yürürlükte kalmıştır. Yeniden revize edilen bu deprem yönetmeliği, 2019 yılında Türkiye “Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)” adıyla yürürlüğe girmiştir.

1.1. Problemin Tanımı

Türkiye’nin %93’ü deprem etkisi altındadır ve istatistiksel verilere göre her 14 ayda büyüklüğü 6 ve üzerinde bir deprem meydana gelme tehlikesi bulunmaktadır (Ulusal Deprem Konseyi, 2007). Geçmişte meydana gelen depremlerde ağır hasarlar alan binalar, depremin meydana geldiği bu illerde binaların depreme dayanıklı olmadığını göstermiştir. Ağır hasar alan yapılar arasında, afet sonrası yaralılara ilk olarak müdahalenin sağlandığı ve deprem esnasında kesintisiz hizmet verme zorunluluğu olan hastane yapılarının olması ise durumun önemini ortaya koymaktadır. Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra İzzet Baysal Devlet Hastanesi, Düzce Devlet Hastanesi, Kocaeli Tıp Fakültesi, Kocaeli Devlet Hastanesi, SSK İzmit Bölge Hastanesi, SSK Kocaeli Hastanesi ve SSK Karamürsel Hastane binaları ağır hasar alarak kullanılmaz hale gelmiştir (Özmen B. , 2000).

Türkiye’de Sağlık Bakanlığına bağlı sağlık yapılarının niceliksel verilerinin bölgelere göre dağılımı Çizelge 1. *3*’te verilmiştir. Bu yapıların depreme dayanıklılık ve sağlık yapıları olarak kullanıma uygunluğu bakımından araştırılması Sağlık Bakanlığı ve AFAD işbirliği ile yapılmıştır.

Çizelge 1. 3. Türkiye'deki Sağlık Yapılarının İstatistiksel Dağılımı (Sağlık Bakanlığı, Sağlık İstatistikleri Yıllığı 2017 Haber Bülteni, 2018)

Bölge adı	**Sağlık Bakanlığı**	**Üniversite**	**Özel**	**Toplam**
İstanbul	54	16	168	238
Batı Marmara	54	4	21	79
Ege	118	7	69	194
Doğu Marmara	80	4	51	135
Batı Anadolu	73	13	52	138
Akdeniz	81	8	88	177
Orta Anadolu	72	4	23	99
Batı Karadeniz	96	3	20	119
Doğu Karadeniz	67	1	11	79
Kuzeydoğu Anadolu	52	2	5	59
OrtaDoğu Anadolu	54	3	16	73
Güneydoğu Anadolu	78	3	47	128
Türkiye	**879**	**68**	**571**	**1.518**

Buna göre; 2010 yılında Türkiye'de Sağlık Bakanlığı tarafından mevcut sağlık yapılarından, asgari tasarım standartlarına uygun olmayan, DBYYHY 2007'ye aykırı durumlar barındıran, özellikle deprem açısından tehlike arz eden yapılar için onarım ve güçlendirme yapılması, güçlendirmeye uygun olmayan yapıların ise yıkılıp yeniden yapılması konusunda karar alınmıştır. Buna göre mevcut hastane yapısı stoğunun incelenmesi ve hasar tespit çalışması sonucu bir rapor sunulmuştur. Bu raporda, 1999-2010 yılları arasında Türkiye genelindeki hastane yapılarında deprem tahkik ve güçlendirme çalışmaları yapı bloğu bazında tespit edilmiştir (Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı 2023, 2010) (Çizelge 1. 4).

Çizelge 1. 4. 1999-2010 Yılları Arasında Güçlendirilen Yapı Bloğu Ve Yeniden İnşa Edilen Hastane Sayısı (Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı 2023, 2010).

GÜÇLENDİRME YAPILAN BLOK			**İNŞAATI TAMAMLANAN HASTANE**		
YIL	BLOK SAYISI	BLOK M2 KAPALI ALAN	YIL	HASTANE SAYISI	HASTANE M2 KAPALI ALAN
1999	0	0	1999	8	45.460
2000	10	27.017	2000	30	85.431
2001	3	6.852	2001	15	66.013
2002	8	27.261	2002	40	276.295
2003	4	34.965	2003	25	210.347
2004	11	51.120	2004	29	420.048
2005	7	47.873	2005	48	489.473
2006	19	36.467	2006	24	410.330
2007	40	104.895	2007	45	654.745
2008	48	116.706	2008	41	834.579
2009	17	30.250	2009	33	415.001
2010	6	6.985	2010		
TOPLAM	173	490.391		338	3.907.722

Bununla birlikte 2012 yılında AFAD tarafından hazırlanan ve 2023 yılına kadar tamamlanması planlanan Uluslararası Deprem Stratejisi ve Eylem Planı 2023 (UDSEP 2023) kapsamında başta okul ve hastaneler olmak üzere 2012-2017 yılları arasında Türkiye'deki bina envanteri çıkarılmasına karar verilmiştir. Bu çalışmada mevcut yapıların hasar görebilirlikleri ve riskleri esas alınarak gruplandırılması, onarım gerektiren yapıların onarılması, yıkımı gereken yapıların da yıkılıp yeniden yapılması planlanmış ve uygulamaya başlanmıştır. 2012 yılı sonu faaliyet raporunda hastane yapılarının durumu incelendiğinde; deprem incelemesi sonucunda güçlendirilmesine gerek olmayan 15 yapı, deprem incelemesi yapılarak güçlendirilmiş 245 yapı, 2007 deprem yönetmeliğine uygun inşa edilmiş, deprem incelemesine gerek duyulmayan, 1.215 yapı tespit edilmiştir (*Çizelge 1. 5*). Yapılan incelemede 1.816 adet hastane bloğunun güçlendirilmeye uygun olmadığı ve yeniden inşa edilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 1. 5. UDSEP 2023 Envanter Çalışması Bulguları (UDSEP (Uluslararası Deprem Stratejisi ve Eylem Planı) 2023 Raporu, 2012)

TÜRKİYE GENELİ	**BLOK**	**M^2 (1000)**	**ORAN%**
A)2012 Haziran ayı itibariyle depreme dayanıklı yapılar	1.475	4.833	40
A.1)Deprem incelemesi yapılarak güçlendirilmiş yapılar	245	670	5
A.2)Deprem incelemesi sonunda güçlendirilmesine gerek bulunmayan yapılar	15	45	0
A.3)2007 Deprem yönetmeliğine uygun inşa edilmiş yapılar	1.215	4.118	35
B)2012 Haziran ayı itibariyle depreme dayanıklı hale getirilmesi gereken yapılar	2.818	7.074	60
B.1)Güçlendirilerek 2007 Deprem yönetmeliğine uygun ve nitelikli hale getirilecek yapılar	1002	2.844	24
B.2)Güçlendirilmesi uygun olmayan ve yenilenmesi gereken yapılar	1.816	4.230	36
TOPLAM	4.293	11.907	100

Bu kapsamda inşa edilmek üzere tespit edilen hastane yapılarının yeniden inşası için bir fizibilite çalışması niteliğinde olması hedeflenen bu çalışma ile bir yapının inşasında etkili olan parametrelerin, 1 ve 2. Derece deprem bölgeleri için irdelenerek uygun yapım sisteminin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Uygulanacak bu yöntemin farklı işlevli yapılarda da kullanılmak üzere geliştirilebilmesi açısından uygulama alanına katkı sağlaması hedeflenmektedir.

1.2. Çalışmanın Hipotezi

Hipotez 1. Betonarme çerçeve sistem ile inşa edilen sağlık yapılarının, şiddetli depremlerde onarılamaz hasarlar alması, deprem sonrası sağlık hizmetlerinin kesintiye uğramasına sebep olmaktadır. Betonarme malzemenin deprem yükleri karşısında gevrek davranış göstermesi, taşıyıcı sistem elemanlarında kırılmalara sebep olmaktadır. Deprem riski yüksek bölgelerde, sağlık yapılarının inşasında sünek ve elastik davranış gösteren yapı malzemesi ve elemanlarının kullanılması ile bu sorunun önüne geçileceği düşünülmektedir.

Hipotez 2. Türkiye'de kamu yapılarının inşasında, ihale usulü ile yüklenici firma seçimi yapılmaktadır. Firma seçiminde çoğunlukla en ekonomik teklifi sunan kurum tercih edilebilmektedir. Ancak, deprem tehlikesi açısından yüksek risk barındıran 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde inşa edilecek hastane yapıları için uygun yapım sistemi seçiminde, ***performans kriteri*** birincil öneme sahiptir. Yapım sistemleri arasından bu kriter ve alt kriterlerini (dayanım, ölü yük, hata oranı) optimum düzeyde (maksimum

dayanım-minimum ölü yük-minimum hata oranı) sağlayan seçenek, hastane yapıları için en uygun yapım sistemi olmalıdır.

1.3. Çalışmanın Orijinal Değeri

Yapım sistemi seçimi sorununda, bulanık mantık ve AHP kullanarak bu iki yöntemin birleşimi olan BAHP karar modelinin geliştirilmesi ve bu yöntemin, inşaat sisteminin seçimi konusundaki mevcut belirsizliği gidermek için kullanılması çalışmanın özgün değerini oluşturmaktadır. Çalışmanın güvenilirliğinin ve orijinal değerinin arttırılması; sağlık yapılarında planlama, uygulama ve denetim alanında en az 10 yıllık deneyime sahip 40 katılımcı gibi yüksek sayıda uzman görüşü ile sağlanmıştır.

1.4. Literatür Araştırması

Deprem bölgelerinde yeni yapı üretiminde yapım sistemi seçimi sorunu, etkili kriterler ve karar verme yöntemleri konusunda çok sayıda akademik çalışma bulunmaktadır. Aşağıda konuyla ilgili temel çalışmalar kronolojik olarak özet halinde sunulmuştur.

Deprem yönetmelikleri ve depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili olarak; *Paz (1994),* genel deprem yüklerini açıklayarak toplamda 30 ülkenin deprem yönetmeliklerini bu kapsamda ayrıntılı olarak incelemiştir. *Naeim & Kelly (1999),* çalışmasında yapıların depreme dayanım kapasitesini arttırmak yerine deprem yalıtım sistemlerinin kullanılmasını önererek bu sistemlerin uygulanması için gerekli analiz, standartlar ve yönetmelikleri ortaya koymuştur. *Naeim (2001)*, depreme dayanıklı yapı tasarımı kuralları ve ulusal-uluslararası birçok standardı konu alan bir çalışma yapmıştır. İnşaat mühendisi ve mimarlar için kılavuz niteliğinde olmasını hedeflediği çalışma bilgisayar destekli strüktür tasarımının ilkelerini konu almaktadır. *Akıncıtürk (2003),* Türkiye'nin depremselliğini ele almış, deprem konusu ve depreme dayanıklı yapı tasarım kurallarını farklı yapım sistemleri üzerinde değerlendirmiştir. Ayrıca betonarme dışında daha hafif malzemelerin ve yapım tekniklerinin araştırılması ve geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur.

Depreme dayanıklı yapı tasarımı kurallarını, *Harmankaya & Soyluk (2012),* Türkiye'deki deprem yönetmeliklerine bağlı olarak değerlendirmiştir. Bu çalışmada düzensiz yapılar için uygulanması gereken kurallar verilmiş, düzenli ve simetrik formlu

yapıların diğer yapılara göre depreme daha dayanıklı olduğu vurgulanmıştır. Bir başka çalışmada, *Soyluk & Harmankaya (2012)*, Türkiye'de yapılan deprem düzenlemeleri ve yönetmeliklerini ortaya koymuş, geçmişten günümüze kuralların değişimini ve bu kuralların yapılar üzerindeki etkilerini incelemiştir. *Celep (2017),* deprem hareketinin oluşumu ve yapılar üzerindeki etkileri, deprem etkisi altındaki yığma ve çerçeve sistemlerdeki yapıların maruz kaldığı yüklerin hesaplanmasında kullanılan yöntemler, yurt içi ve yurt dışında kullanılan deprem standartları detaylı olarak incelemiştir.

Yapım yöntemi seçimi ile ilgili olarak; *Özkan (1976),* doktora tezinde, yapım sistemi seçimine bağlı olarak, belirli kullanıcı gereksinmelerini karşılaması düşünülen tüm seçenekler arasından seçim yapılması için bir yöntem geliştirmiştir. Bu seçim yönteminde, yarar ölçeğinde, en yüksek veya en uygun seçenek, kullanıcı gereksinimlerini sağlayan en iyi seçenek olarak belirlenmiştir. *Sey & Tapan (1987),* toplu konut üretiminde uygulanan yapım sistemlerinin değerlendirmesi ve analizleriyle ilgili bir çalışma ortaya koymuştur. *Okudan, & Riley (2010)* çalışmalarında prefabrikasyon ile yerinde yapım sisteminin karşılaştırılmasıyla ilgili kapsamlı bir literatür araştırması yaparak 33 sürdürülebilir performans kriteri belirlemiş ve bu kriterleri yapılan anket çalışmasıyla analiz etmiştir. *Pan, Dainty, & Gibb (2012),* yerinde yapım ve prefabrike yapım sistemlerinin konut projesi ölçeğinde karşılaştırılması için 50 kriter belirlemiştir. Bu kriterlerin İngiltere'deki konut yapımında etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. *Vatan (2017),* yüksek lisans tezinde, Gemlik Kent Merkezi'nde kentsel dönüşüm kapsamında yeniden inşa edilecek binalar için yapım sistemi seçimi konusuyla ilgili çalışmıştır. Mevcut yapı stokunun taşıyıcı sistemleri ve deprem sonrası durumu analiz edilerek, ahşap yapım sisteminin deprem karşısında gösterdiği davranış sonucu yeniden inşa edilecek yapılar için değerlendirilmiştir.

İnşaat sektöründe kısa sürede çözülmesi gereken ve birçok farklı girdi içeren sorunlara sıklıkla rastlanmaktadır. Bu süreçte, uzman bilgi ve tecrübelerinin bu sorunların çözümünde kullanılabilmesi için birkaç pratik yöntem gereklidir. Bu yöntemlerle ilgili konuya ilişkin literatürde çalışmalar mevcuttur. *Murtaza, Fisher, & Skibniewski (1993),* elektrik santrali yapımında modüler inşaat tekniklerinin kullanılıp kullanılmayacağına karar vermek için karar verme metodolojilerine odaklanmıştır. Bu kararda etkili kriterleri belirleyerek, seçilen sistemin performansını, inşaat sektöründeki uzmanların önerileriyle karşılaştırılarak doğrulamıştır. *Bulut (1993)* doktora tezinde, endüstrileşmiş bina yapım

sistemleriyle toplu konut üretiminde sistem seçimi aşamasında kullanılabilecek uzman bilgilerine dayalı bir model üretmiş ve bu modeli bir bilgisayar programı haline dönüştürmüştür. *Ekinci (1994)* yüksek lisans tezinde, toplu konut üretiminde hız ve maliyet kriterlerini ön planda tutarak geleneksel ve modern yapım tekniklerini karşılaştırmış ve modern yapım sistemleri arasından uygun yapım sistemi seçimi için bir model önermiştir. *Dalaman (1999)* doktora tezinde, çok katlı toplu konut mimari tasarım sürecinde, yapım sistemlerine yönelik bir karar verme yöntemi geliştirmiştir. Bu karar verme sürecinde, seçenekler toplu konut üretiminde kullanılan hızlı yapım sistemleri arasından belirlenmiştir. Geliştirilen karar verme yöntemi fayda-değer teorisini temel almaktadır. Çalışmanın sonucunda farklı toplu konut tasarımları için yapım sistemi seçimini sağlayan bir bilgisayar programı üretilmiştir. *Abdullah & Egbu (2010),* gelişmekte olan Malezya konut sektörünün, artan konut talebine cevap verebilmesi için geleneksel yapım sistemleri yerine endüstrileşmiş yapım sistemlerinin kullanılması gerektiğini öngörmüştür. Problemin çözümünde etkili kriterleri endüstrileşmiş yapım sistemleri için değerlendirmiş ve yapım sistemi seçimi için en iyi yöntemin 'bilgi tabanlı karar verme' olacağını savunmuş ve seçimi proje karar vericilerinin yapması gerektiğini vurgulamıştır. *Ferrada & Serpell (2014)* proje sürecinde uygun inşaat yönteminin seçimi, gelişimi ve istenen sonuçların elde edilmesi için gerekli imkanları sağlayacak bir program eksikliğini vurgulamıştır. Bu gerekçeyle, yapım sistemi seçimi sorununda ÇKKV yöntemi kullanılarak profesyonellerin zihnindeki bilgilerin inşaat şirketlerinin proje sürecine aktarılmasını önermiştir.

Birçok çalışmada kullanılan ÇKKV yöntemleri, karar sürecinin karar problemi ölçütlerine göre modellenmesine ve analiz edilmesine dayanır. Farklı karar problemlerinde kullanılan birçok ÇKKV yöntemi vardır ve her ÇKKV yönteminin olumlu ve olumsuz yönlerini belirten çalışmalar da mevcuttur. *Vaidya & Kumar (2006)* çalışmalarında, AHP yöntemi kullanılan toplamda 150 adet makale üzerinde inceleme yapmıştır. *Balali (2010),* İran'da inşa edilecek binalar için uygun yapım sistemi seçimiyle ilgili çalışmıştır. Modern yapım teknolojileriyle birlikte İran'ın yerel bir yapım sistemi arasından yapılacak seçimde ÇKKV yöntemlerini kullanmıştır. *Aladağ (2011)* çalışmasında, karar verme ve karar teorileri üzerinde durmuştur. Belirsizlik altında karar verme, risk altında karar verme, ek bilgi ile karar analizi vb. durumlar altında karar vermek için çeşitli analizler ve değerlendirmeler yapmıştır. *Jato-Espino, Lopez,*

Hernandez & Jordana (2014), yapım endüstrisi altındaki 11 farklı kategorideki alanda kullanılan toplamda 22 tane karar verme yöntemini incelemiştir. Bu çalışmayla, her yöntemin farklılıklarını ve kullanım alanlarını analiz etmiştir. *Özbek (2017)* çalışmasında, ÇKKV yöntemlerinin Excel ile problem çözme sorununa yönelik bir çalışma yapmıştır. AHP yönteminin de yer aldığı bu çalışmada 15 adet yöntem değerlendirilmiştir. *Adair (2017)* çalışmasında, karar verme sürecini kolaylaştırmak ve katkıda bulunmak amacıyla çeşitli düşünce yöntemlerini sunmuştur. *Velasquez & Hester (2013), Mardani (2015), Sabaei (2015), Mulliner (2016), Lee & Chang (2018),* çalışmalarında, farklı problemler için farklı ÇKKV metodlarını incelemiştir.

İnşaat endüstrisinde karşılaşılan problemlerin pratik bir şekilde çözümünde sıkça tercih edilen AHP yöntemiyle ilgili olarak; *Saaty T. L. (1980),* Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yönetimi'ni ilk kez geliştirmiştir. Genel bir ölçme teorisi olarak betimlediği yöntemin insanların öznel yargılarının ölçmede ve bu yargıların sayısal olarak ifadesinde kullanılmasını öngörmüştür. Ayrıca kararsızlık durumlarında, problemi etkileyen kriterlerin tek başına değerlendirilmesi yerine ikili olarak kıyaslanarak değerlendirilmesinin insan mantığına daha uygun olduğunu savunmuştur. *Kahraman (2008)* çalışmasında, sayısal örnekler kullanarak en popüler bulanık çok ölçütlü yöntemlerin kavramlarını ve sonuçlarını özetleyerek AHP, bulanık TOPSIS, etkileşimli bulanık çok merkezli, stokastik stokastik doğrusal programlama, bulanık çokyüzlü dinamik programlama, gri gibi son zamanlarda geliştirilen tüm bulanık çok ölçütlü yöntemleri incelemiştir. *Ishizaka & Labib (2011)* ve AHP yönteminin çalışmalarda kullanımı ve bu yöntemle ilgili gelişmeleri ortaya koymuşlardır.

Farklı karar verme ortamlarını karakterize etmek için kullanılan tekil yöntemlere ek olarak, çalışmalar bu yöntemlerin bazı durumlarda birlikte kullanılması gerektiğini göstermektedir. *Skibniewski & Chao (1992*) çalışmasında, konut yapımında gelişmiş yapım yöntemleri arasından seçim yaparken, geleneksel AHP yönteminin kriterler ve alternatifler arasında geri bildirim ve diğer bağımlılık ilişkilerini içeremediğinden, Analitik Ağ Süreci (ANP) ile birlikte kullanılmasının daha faydalı olduğunu savunmuştur. *Chang (1996)* çalışmasında, AHP ve Bulanık mantık yöntemlerinin birlikte kullanıldığı durumda, üçgen dilsel değerlerin kullanılarak BAHP yönteminin genişletilmiş bir uygulamasını bir örnek üzerinde göstermiştir. *Özdağoğlu & Özdağoğlu (2007)* çalışmalarında, bir problem üzerinde aynı hiyerarşiyi kullanarak klasik AHP ve

BAHP yöntemlerini karşılaştırmıştır. BAHP nin klasik AHP ye göre daha net sonuçlar verdiğini belirtmiştir. *Pan (2008),* köprü yapımında uygun yapım yönteminin seçimi için bir karar verme yöntemi kullanmıştır. Geleneksel AHP yönteminin, bir kişinin tercihinin tam bir sayıya veya orana dönüştürülmesini içeren belirsizliğin çözümünde yetersiz kaldığını savunmuştur. Bu sebeple bu sorunun üstesinden gelmek için B AHP modeli sunmaktadır. *Abdollahzadeh, Amiri, Kaffash, Hemmatian, & Keihanfard (2013)* çalışmalarında, modern ve geleneksel yapım sistemleri arasından uygun yapım sistemi için iki farklı karar verme yöntemi (ANP ve BAHP) uygulamışlardır. Çalışma sonucunda her iki yöntemle de uygun yapım sistemi seçim sonucunun aynı olduğunu bulmuşlardır. Uygulanan bu iki yöntemin birinin diğerine göre üstünlüğü olmadığı sonucuna varmışlardır. *Espino, Lopez, Hernandez, & Jordana (2014),* 1992-2013 yılları arasında kullanılan 22 adet ÇKKV yöntemini incelemişlerdir. Bu inceleme, çok farklı karar verme ortamlarını karakterize etmede kullanılan yöntemlerin yararlarını, en faydacı ve yaygın yöntemlerle elde edilen güvenilirliği ve bazı durumlarda yöntemlerin kombinasyon halinde kullanılma gerekliliğini vurgulamaktadır.

ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP, inşaat sektöründeki çeşitli sorunları çözmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, klasik AHP kriterleri ağırlıklandırmak için sınırlı bir ölçek (1-9) kullanır. Bu nedenle kullanıcı düşünce tarzını tam olarak yansıtamamaktadır. Bu ölçek, AHP 'nin bulanık bir uzantısı olarak geliştirilen BAHP modeli ile Bulanık Sentetik Kapsam/Bulanık Kapsam Analizi kullanılarak genişletilebilir. BAHP ile yapılan önemli çalışmalardan; *Toksarı & Toksarı (2003),* hedef pazarın belirlenmesinde hedef pazar seçim stratejilerini BAHP ile değerlendirerek en iyi alternatifin seçilmesini hedefleyen bir çalışma yapmıştır. *Aggarwal & Singh (2013)* çalışmalarında, klasik AHP ve BAHP'yi bir kurum çalışanlarının performans ölçüm özniteliklerinin belirsizlikler altındaki kalitesini arttırmak gerekli kriterlerin değerlendirmesinde karşılaştırmıştır. Klasik AHP yerine diğer bulanık karar verme metodlarının bu problemin çözümünde kullanılabileceğini belirtmiştir. *Ahmed & Kilic (2015),* BAHP için önerilen birkaç farklı algoritmanın içerisinde en sık kullanılan Bulanık Kapsam Analizi (FSA) yönteminde ağırlık merkezi durulaştırma (centroid dhaefuzzification) uygulayarak bu modeli FSA ile kıyaslamışlardır. Önerilen modelin FSA dan daha iyi bir performans sergilediğini belirtmiştir. *Hanine, Boutkhoum, Tikniouine, & Agouti (2016),* BAHP yöntemi ile TODIM (Yinelemeli Çok Kriterli Karar

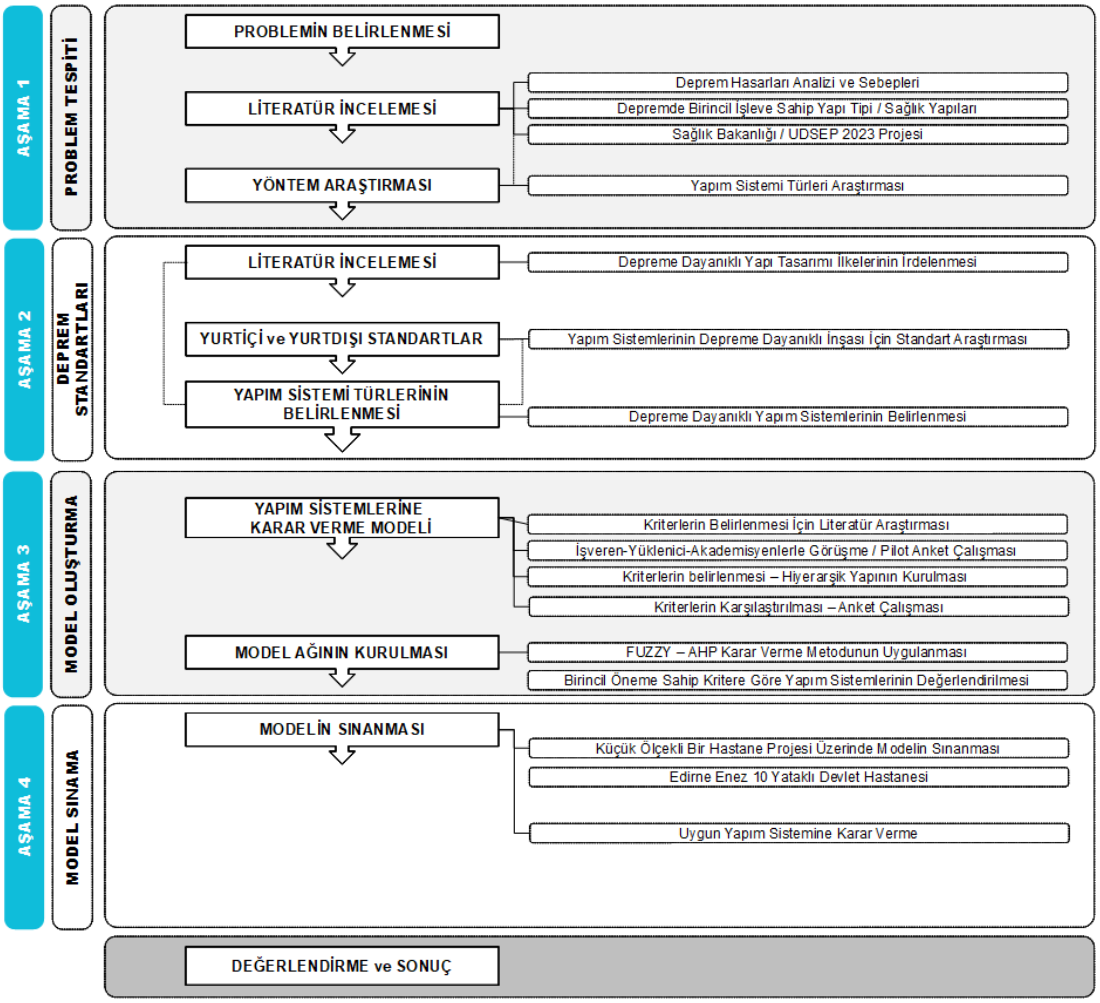
Verme) tekniğini bir yer seçimi problemine uygulamışlardır. Bu iki yöntemi karşılaştırmış ve her iki yöntemin de aynı sonucunu verdiğini belirtmişlerdir. *Bansal, Biswas, & Singh (2017)* çalışmalarında, sürdürülebilir yapılarda uygun yapım sisteminin seçiminde prefabrik yapım sistemlerini, finansal, çevresel ve sosyal kriterler açısından irdelemiş ve BAHP metodunu kullanarak uzman görüşlerine dayalı bir karar verme modeli kurmuşlardır.

Tah & Carr (2000), Shang, ve diğerleri (2005), Cheung, S, Lam, & Sin (2001), Seresht, Lourenzutti, Salah, & Fayek (2018) ve *Fayek & Lourenzutti (2018)* çalışmalarında BAHP ile risk analizi veya risk yönetimi problemlerini çözmede kullanmışlardır. *Ulubeyli & Kazaz (2009) ve Lashgari, Chamzini, Fouladgar, Zavadskas, Shafiee, & Abbate (2012) ise* bulanık ÇKKV yöntemlerini ekipman seçiminde kullanmışlardır.

Sağlık binaları özelinde ise yer seçimi ile ilgili olarak; *Chatterje & Mukherjee (2013),* sağlık yapılarının amacına uygun konumda yerleşmesinde etkili olan kriterleri sıralayarak klasik AHP ile yer seçimi problemine çözüm üretmişlerdir. Bununla birlikte *Gluch & Baumann (2004)* ve *Vahidnia, Alesheikh, & Alimohammadi (2007)* ise BAHP yöntemi ile Coğrafi bilgi sistemlerini (GIS) kullanarak yer seçimi problemine çözüm üretmişlerdir. Ancak, özellikle deprem bölgelerinde sağlık binalarıyla ilgili olarak, yapım sistemi seçimiyle ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. Bu sebeple bu çalışmada, Türkiye'de UDSEP 2023 projesi kapsamında deprem bölgelerindeki sağlık bloklarının yeniden inşa süreci için BAHP yöntemi ile sistematik bir temel geliştirilmiştir.

1.5. Metodoloji ve Yaklaşım

Çalışmanın ana çerçevesi dört aşamadan oluşmuştur (Şekil 1. 2). İlk aşamada, problem belirlenerek problemin çözümüne yönelik yöntem araştırması yapılmış ve bir karar verme modeli kullanılması önerilmiştir.



Şekil 1. 2. Çalışma Metodolojisi

İkinci aşamada, karar verme modelinin alternatiflerini oluşturacak yapım sistemlerinin belirlenmesi için deprem standartları incelenmiştir. Bu incelemede, Türkiye ile birlikte dünyadaki deprem riski yüksek 8 ülke belirlenerek bu ülkelerin deprem standartları incelenmiştir.

Üçüncü aşamada karar verme sistemleri araştırılmış ve problemi etkileyen birbiriyle ilişkili birden fazla kriter olması sebebiyle ÇKKV sistemleri incelenmiştir.

ÇKKV yöntemleri, mimarlara, mühendislere ve benzeri disiplinlerdeki uzman kişilere, birbirleriyle çatışabilecek birçok kaynaktan gelen farklı alternatifleri ve kriterleri en iyi şekilde değerlendirme konusunda yardımcı olmaktadır. ÇKKV yöntemleri, birden fazla kriterin yer aldığı problemlerde karar aşamasında, karar sürecini kriterlere göre modelleme ve analiz etme sürecine dayanmaktadır.

Bu çalışmada, kriterlerin belirlenmesi üç adımda gerçekleşmiştir:

1. İlk olarak, literatür taraması ile yapım sistemi seçiminde etkili olabilecek kriterler ve alternatifler listelenmiştir.
2. Sağlık kuruluşlarının planlama, uygulama ve denetiminde aktif olarak yer alan kişilerle görüşülerek bu kriterler incelenmiş, ana ve alt kriterler olarak düzenlenmiştir. Sonuç görüş ve öneriler doğrultusunda yeni kriterler eklenmiştir.
3. Son olarak, bu kriterlerin ve alternatiflerin sağlık yapılarına uygunluğunu belirlemek ve eksiklikleri ve hataları geri bildirim yoluyla tekrar değerlendirmek üzere, farklı meslek alanlarındaki uzmanlardan (mimar, inşaat mühendisi, şantiye sorumlusu, vb.) oluşan bir pilot anket yapılmıştır.

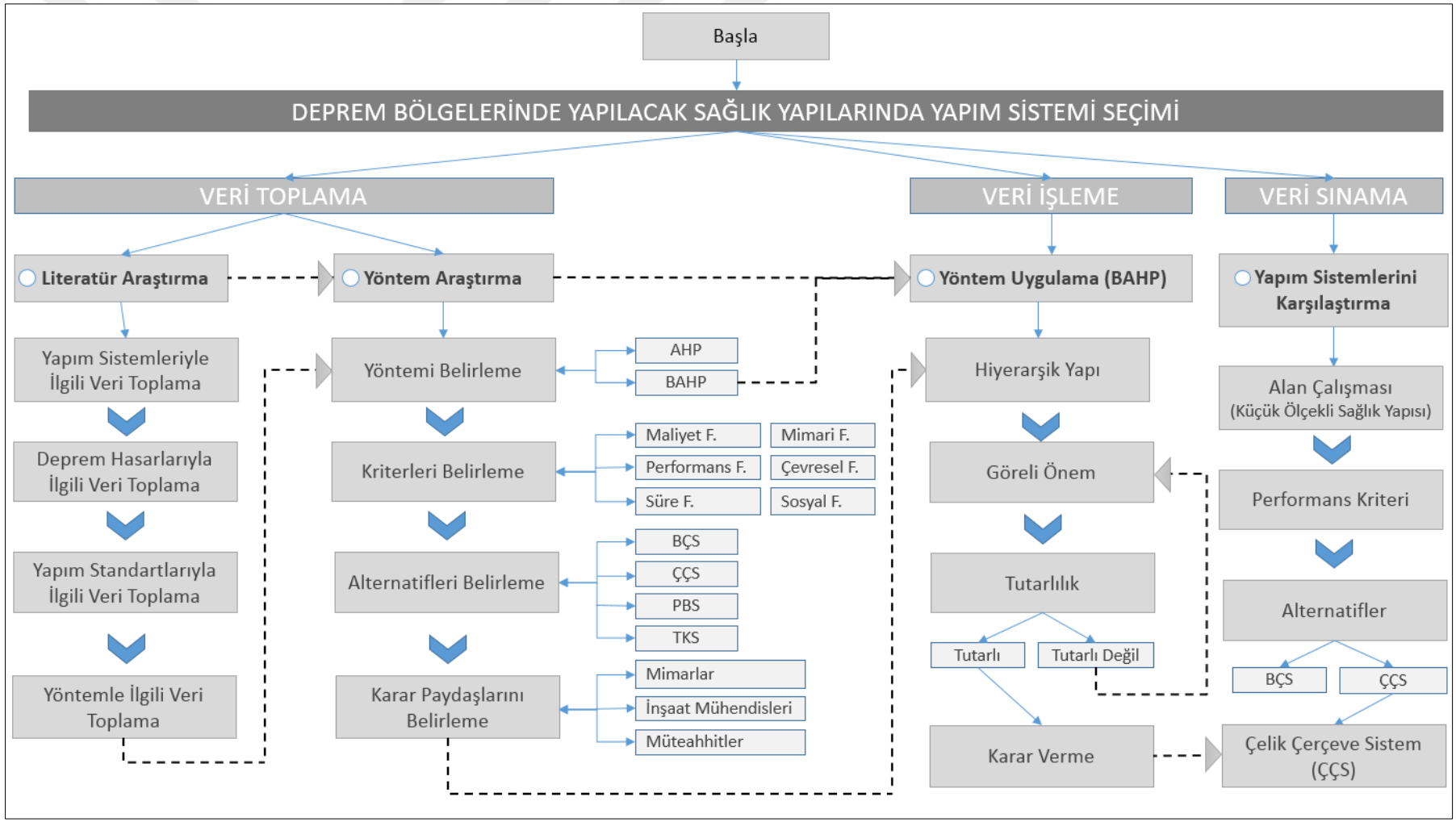
Böylece, karar verme modelinin hiyerarşik yapısı oluşturulmuştur. Kriterlerin karşılaştırılmasında; sağlık kurumlarının planlaması, inşası ve kontrolünde görev alan mimar, inşaat mühendisleri ve müteahhitlerle yapılan görüşmelerde toplam 40 uzman görüşüne başvurulmuştur.

Anketin birinci bölümünde karar vericiler hakkında genel bilgiler (cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, meslek, pozisyon ve iş deneyimi) değerlendirilmiştir. İkinci bölümde, anketin amacı ve katılımcıların bu anketi nasıl derecelendirmesi gerektiği açıklanmış ve birbirlerine göre iki kriterin öneminin değerlendirilmesi istenmiştir. Üçüncü bölümde, yapım sistemi alternatiflerin tüm ana ve alt kriterlere göre karşılaştırılması istenmiştir. Geleneksel ÇKKV yöntemleri, insanların algılarını sayısal ölçeklere çevirmelerini gerektirir. Bu yaklaşımla geliştirilen ve farklı alanlarda kullanılan birçok ÇKKV bulunmaktadır. Bu yöntemlerden biri olarak AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), Thomas L. Saaty (Saaty T. , 1980); (Saaty T. , 1999); (Saaty T. L., 2008) tarafından, belirsizlik içeren ekonomik, teknolojik ve sosyopolitik problemlerin çözümünde kullanılmak üzere

geliştirilen bir ÇKKV yöntemidir. AHP yönteminin hiyerarşik yapısı, karmaşık bir karar verme sürecinin çeşitli faktörlerini hiyerarşik bir şekilde ölçüp, sentezleyerek parçaları bir bütün olarak birleştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Ancak, geleneksel AHP yöntemi, insan beyninin düşünce sisteminin net kararlar vermeye uygun olarak çalışmadığı, çeşitli belirsizliklerin hep var olduğu gerekçesiyle eleştirilmiş ve bu soruna çözüm olarak çeşitli araştırmacılar tarafından bulanık mantık ile birlikte kullanılması önerilmiştir. Böylece klasik AHP'nin kriterleri ağırlıklandırmak için kullandığı sınırlı ölçek (1-9), AHP 'nin bulanık bir uzantısı olarak geliştirilen BAHP modeli ile Bulanık Sentetik Kapsam/Bulanık Kapsam Analizi kullanılarak genişletilebilmektedir (Toksarı & Toksarı, 2003); (Aggarwal & Singh, 2013); (Hanine, Boutkhoum, Tikniouine, & Agouti, 2016); (Iftikhar, Ahmad, & Siddiqui, 2017).

Dördüncü aşamada, bu karar verme modeli sonucunda elde edilen veriler, küçük ölçekli bir sağlık yapısında irdelenmiştir. Mevcut halde betonarme çerçeve sistem ile inşa edilen bu yapının, karar verme modeli sonucunda en yüksek skora sahip olan çelik çerçeve sistem ile modellenerek verilerin en yüksek öneme sahip performans kriteri açısından bu iki yapım sisteminin karşılaştırması yapılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Çalışmada sağlık yapılarında bir karar verme modeli kullanılarak yapım sistemi seçimi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile yapım sistemi seçiminde izlenecek yol belirlenip, diğer yapı tipleri için de bu yaklaşım kullanılabilecektir (Şekil 1. 3).



Şekil 1. 3. Sağlık Yapılarında Yapım Sistemi Seçimi İçin Yaklaşım

BÖLÜM 2

DEPREM VE YAPI TASARIMI

Deprem tehlikesi altında olan ülkeler için yeni yapı tasarımında uyulması gereken kurallar, yetkililer tarafından gerekli görüldüğü durumlarda revize edilerek yayımlanmaktadır. Her ülkenin deprem tehlikesi, bulunduğu konum, coğrafik şartlar, yapı üretiminde kullanılan malzeme vb. kriterler farklılık gösterdiğinden, bu konuyla ilgili standartlar da değişebilmektedir. Bu standartlarla ilgili ulusal ve uluslararası kabuller aşağıda verilmiştir.

2.1. Deprem Tehlikesi ve Yapı Hasarları

Deprem tehlikesi, hasar ve can kaybı oluşturabilecek ölçüde bir depremden kaynaklanan zemin hareketinin belirli bir yer ve zaman dilimi içinde belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Erdik M. , ve diğerleri, 2000).

Depremin yapılara olan etkileri, şiddetli depremler sonucunda görülmüştür. Depreme dayanıklı yapı üretimi doğal afetlerin (deprem, sel, erozyon vb.) sıklıkla yaşandığı bölgelerde her dönemde önemini koruyan bir olgudur. Ancak deprem etkisinin oldukça yakından hissedildiği, nicel olarak büyük oranda can ve mal kayıpları verilen yakın dönemdeki büyük şiddetli depremlerden sonra, bu konudaki farkındalık daha da artmaya başlamıştır. Resmi düzenlemelerle getirilen kısıtlamalar ve yapı denetim sistemleriyle sağlanan kontrol mekanizması ile birlikte teorik ve deneysel akademik çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalarla depremin yapılara ve dolayısıyla insanlara olan olumsuz etkileri üzerine farkındalık oluşturması ve bu olumsuz etkilerin azaltılması hedeflenmektedir. Ayrıca geçmiş depremlerdeki yapılarda oluşan hasarların sebeplerinin tespiti ve bu hatalara benzer nitelikteki yanlış uygulamaların önüne geçilmesi, deprem

yönetmeliklerindeki kuralların uygulanmasındaki hataların giderilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda Türkiye'de meydana gelen büyük hasarlı depremlerden sonra yapılan araştırmalarda temel sorunların, deprem mühendisliğiyle ilgili bilimler konusundaki genel bilgi eksikliği, insanların ve uzmanların (mimar, mühendis, vb.) deprem tehdidine karşı bakış açılarındaki farklılık, kentsel yerleşim için yer seçiminde jeolojik ve jeo-teknik şartların ihmal edilmesiyle birlikte hızlı ve kontrolsüz nüfus artışı, binalarda taşıyıcı sistem konusundaki genel bilgi eksikliği ve düşük kalitede üretilen konstrüksiyona dayalı bir takım yetersizlikler, kusurlar olduğu söylenebilmektedir (Akıncıtürk, 2003); (Harmankaya & Soyluk, 2012).

Bu bağlamda bir sonraki alt başlıkta Türkiye ile birlikte deprem tehdidi altında olduğu bilinen toplamda 8 ülkenin deprem yönetmelikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

2.2. Deprem Düzenlemeleri

Bu düzenlemeler, dünyada ve Türkiye'deki deprem düzenlemeleri olarak iki ayrı başlık altında incelenmiştir.

- **Dünyadaki Deprem Düzenlemeleri**

Aktif fay hatları üzerinde bulunan ve depreme sık maruz kalan ülkeler öncelikli olmak üzere birçok ülke depreme dayanıklı yapı tasarımı için resmi düzenlemeler yapmışlardır. Bu düzenlemelere ortak bir dil geliştirme ve inşaat mühendisliği alanında standartlaşma getirmek için 1926'da Uluslararası Standartlar Organizasyonu (International Standards Organization-ISO) ve 1962'de Avrupa Standartlaştırma Komisyonu (Comite European de Normalisation-CEN) kurulmuştur. Bu kuruluşlar, standartlar hazırlanmasını ve bunların bütün Avrupa Birliği ülkelerinde kabul edilmesi, bunlara uymayan yönetmeliklerin de yürürlükten kaldırılması önerilmiştir. 1978'de inşaat mühendisliğinde kullanılacak yönetmeliklerin hazırlanması için, Avrupa Birliği, bir milletlerarası komisyon görevlendirmiş ve deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda uyulması gereken kurallar Eurocode 8 de yayımlanmıştır. Eurocode 8 farklı işlevlerdeki yapı türleri için kurallar barındıran 6 alt bölümden oluşmaktadır (*Çizelge 2. 1*).

Çizelge 2. 1. Eurocode 8 Standartları Genel İçeriği (Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples, 2012)

BÖLÜMLER	İÇERİK
EN 1998-1:2004	Genel kurallar, deprem etkileri ve yapılar için tasarım kuralları
EN 1998-2:2005	Köprüler
EN 1998-3:2005	Binaların değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi
EN 1998-4:2006	Silolar, tanklar ve boru hatları
EN 1998-5:2004	Temeller, istinat duvarları ve jeo-teknik bilgiler
EN 1998-6:2005	Kuleler, direkler ve bacalar

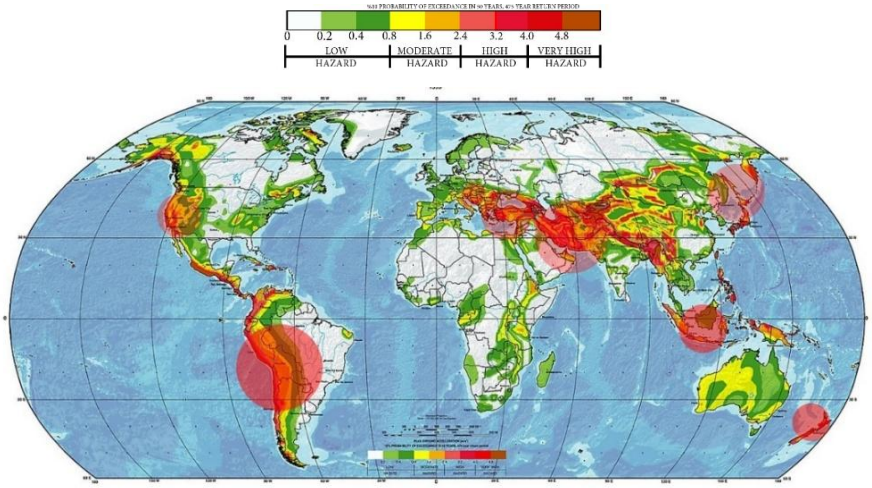
Bu yönetmelikler içerisinde EN 1998-1:2004, yapı tasarım kurallarını açıklamaktadır ve deprem bölgelerindeki yapı ve inşaat mühendisliği çalışmalarına uygulanmaktadır *(Çizelge 2. 2).*

Çizelge 2. 2. EN1998-1(Euro code 8-1) Genel Kurallar, Depreme Etkileri ve Yapı Tasarımı (Eurocode 8: Seismic Design of Buildings Worked examples, 2012)

BÖLÜM	**EN 1998-1:2004**
1	Giriş
2	Performans kuralları ve uygunluk kriterleri
3	Zemin şartları ve deprem etkileri
4	Binaların tasarımı
5	Betonarme binalar için özel kurallar
6	Çelik binalar için özel kurallar
7	Çelik-Betonarme Kompozit Binalar için özel kurallar
8	Ahşap binalar için özel kurallar
9	Yığma binalar için özel kurallar
10	Taban yalıtımı
Ek A	Elastik yer değiştirme davranış spektrumu
Ek B	Statik itme analizinde hedef yer değiştirmesinin belirlenmesi
Ek C	Moment karşılayan çerçevelerde kiriş-kolon düğüm noktalarında çelik-betonarme kompozit döşemelerin tasarımı

EN 1998-1:2004 yönetmeliğinin yanı sıra, her ülkenin hedeflediği güvenlik seviyesine, özel şartlarına, uygulama ve teknoloji seviyelerine bağlı olarak katsayıların verildiği ülkelere özgü ekler bulunmaktadır (European Standard EN1998-1, , 2004); (Celep, 2017). Ülkelerin oluşturdukları deprem yönetmelikleri genellikle Eurocode 8 yönetmeliğini temel alarak hazırlanmaktadır. Buna ek olarak her ülke kendi fiziksel koşullarına uygun kurallar getirmektedir.

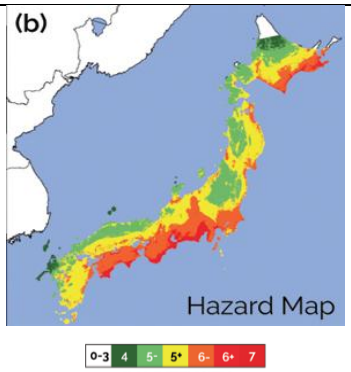
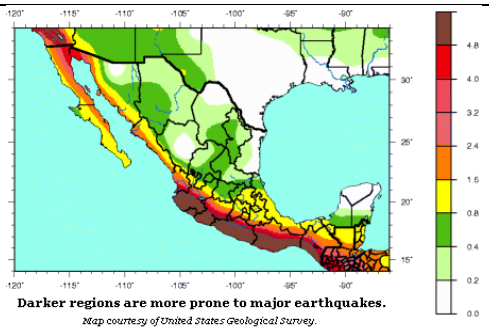
Dünya'da deprem riski yüksek/çok yüksek olarak kabul edilen M=7 ve üzeri büyüklükteki depremlerin sıkça meydana geldiği ülkeler Şekil 2. 1'de işaretlenmiştir.



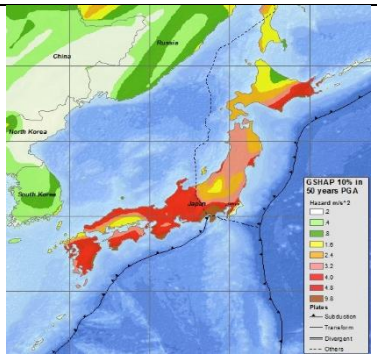
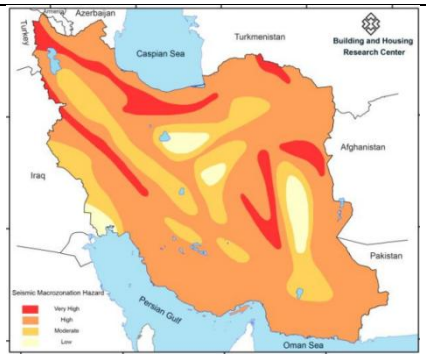
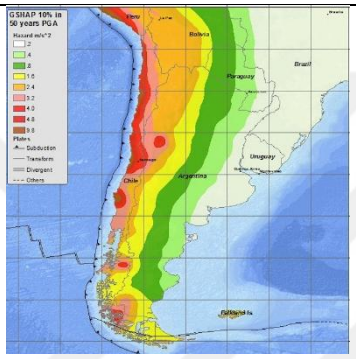
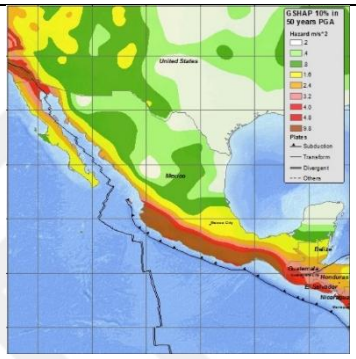
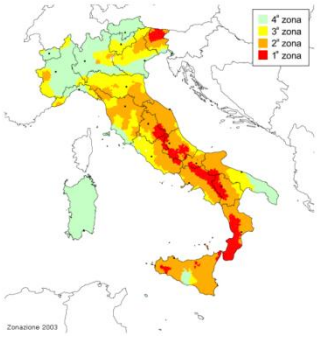
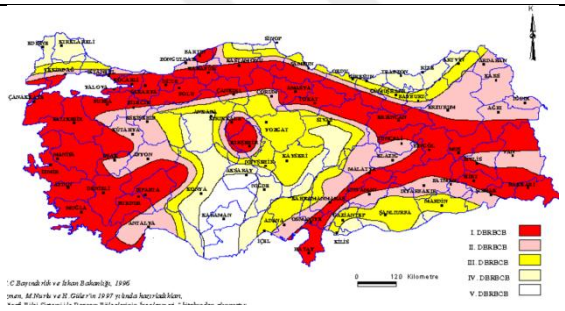
Şekil 2. 1. Dünya Deprem Haritası (GSHAP, 2018)

Aynı zamanda gelişmişlik seviyelerine[2] göre seçilen bu 8 ülke (Japonya, Yeni Zelanda, Şili, İtalya, Endonezya, İran, Meksika ve Türkiye) (Çizelge 2. 3), 2018 yılına kadar olan deprem geçmişi ve deprem yönetmeliklerinin tarihçesi açısından ele alınmıştır.

Çizelge 2. 3. Deprem Riski Yüksek Ülkeler

Gelişmiş Ülkeler	**Gelişmekte Olan Ülkeler**
Japonya Deprem Tehlikesi Haritası **(Japonya, 2018)**	Meksika Deprem Tehlikesi Haritası (Meksika, 2018)
	

[2] OECD 2018 verilerine göre ülkelerin ekonomik gelişmişlik düzeyleri kabul edilmiştir.

Yeni Zelanda Deprem Tehlikesi Haritası (Yeni Zelanda, 2018)	**İran** Deprem Tehlikesi Haritası (Moinfar, Naderzadeh, & Nabavi, 2012)
	
Şili Deprem Tehlikesi Haritası **(Şili, 2018)**	**Endonezya** Deprem Tehlikesi Haritası (Endonezya, 2018)
	
İtalya Deprem Tehlikesi Haritası **(İtalya, 2018)**	**Türkiye** Deprem Tehlikesi Haritası (Türkiye, 2018)
	

Japonya, Pasifik Okyanusu kısmında hem yüksek hem de orta dereceli deprem bölgesi, Japon Denizi kısmında orta dereceli deprem bölgesi ve ülkenin iç kısmında düşük dereceli deprem bölgesi olmak üzere birkaç sismik bölgenin arasında konumlanmaktadır. ***Japon deprem yönetmeliği*** *(The Building Standard Law of Japan)* ile Japonya'da önemli bir tehdit oluşturan depremler, tsunamiler ve yangınlara karşı teknik standartlar geliştirilmiştir. Bu yönetmelik aynı zamanda inşa edilecek binaların yüksekliği, alanı, yapısı, hacmi, iç ve dış cephe kaplamaları ve kullanımıyla ilgili ön koşullar hakkında bilgi vermektedir (Paz, 1994).

Yeni Zelanda, Avustralya ve Hint Pasifiği plakalarının sınırlarının arasında bulunmaktadır. Bu konumu sebebiyle sık ve güçlü depremlere maruz kalmaktadır. 1931'de meydana gelen büyük hasarlı Hawkes Bay depremi ile Bina Düzenleme Komitesi kurulmuştur. Bu komisyon 1931 yılında Genel Deprem Yönetmeliği Taslağı (Draft General Earthquake Building By-law)'nı içeren bir rapor hazırlamıştır (Paz, 1994).

İtalya, güçlü depremlerin sıkça yaşandığı bir geçmişe sahiptir. 1860 yılında, Norcia kenti için bir dizi kural çıkarılmış, Sicilya'da 1908 yılında 80 bin kişinin ölümüyle sonuçlanan ve büyük bir yıkıma sebep olan depremden sonra İtalya'nın deprem bölgelerine yönelik ilk resmi deprem yönetmeliği Kraliyet Kararnamesi (Royal Decree of 1909) adıyla yayımlanmıştır. İtalyan yönetmelikleri, EC8 esas alınarak hazırlanmıştır (Paz, 1994).

Şili, Güney Amerika'nın güneybatı kıyısında, Pasifik Okyanusu ve Andes Dağları arasında konumlanan ve deprem aktivitesi oldukça geçmişe dayanan bir ülkedir. Şili'deki ana sismik kaynak Nazca dalma-batma bölgesidir[3]. Bu alanda, Nazca tektonik levhaları Güney Amerika tektonik plakasına (80 mm / yıl) nispeten yüksek hızla bağlanmaktadır. Bu da Şili'de sığ kabuk hareketleri sebebiyle birçok büyük ölçekli depreme sebep olmaktadır. 1935 yılında ise Şili deprem yönetmeliği resmi bir şekilde yayımlanmıştır.

Endonezya, jeolojik olarak 5 aktif tektonik levha üzerinde yer almaktadır. Dolayısıyla dünyanın en aktif deprem bölgelerinden birinde konumlanmaktadır. Endonezya'nın ilk deprem yönetmeliği 1970 yılında yayımlanmıştır (Indonesian Loading Code, NI-18).

İran, dünyadaki sismik açıdan en aktif ülkelerden birisidir. Ülkenin bu aktivitesi, birbirleriyle çarpışan Avrasya ve Arap kıtalarının levhaları arasında, 1000 km genişlikte bir sıkışma zemini olarak konumlanmasından kaynaklanmaktadır (Andisheh & Amiri, 2010). İran'ın ilk resmi deprem yönetmeliği 1987 yılında Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, No: 2800 yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğinin temeli, Amerikan deprem yönetmelikleri (UBC, IBC ve NEHRP) ve Avrupa'nın ortak olarak benimsediği Eurocode-8 yönetmeliklerinin esasına dayanmaktadır (Amoly, Khosrojerdi, Shaiee, & Kamalian, 2011).

---

[3] Tektonik hareketler sonucu hareket eden ve özgül ağırlığı düşük olan okyanusal kabuğun, özgül ağırlığı yüksek olan kıtasal kabuğun altına dalması/batması sonucu oluşan bölgelerdir.

Meksika, Dünya'daki sismik aktivitelerin %80 inin yer aldığı ateş kuşağı (fire belt) alarak adlandırılan bölgede 4 tektonik plaka üzerinde konumlanmaktadır. 1900-1998 yılları arasında M=7.0 şiddetinden büyük 84 deprem geçirmiştir. Meksika'da ülkenin tamamını kapsayan bir deprem yönetmeliği ve bina yapım rehberi mevcut olmamakla birlikte, başkent Mexico City'nin ilk depreme dayanıklı bina yapım yönetmeliği 1942 yılında yayımlanmıştır.

- **Türkiye'deki Deprem Düzenlemeleri**

Türkiye'de depreme dayanıklı yapı tasarımı için ilk yasal düzenleme, 1939 yılındaki büyük Erzincan Depremi sonrası 1940 yılında "Zelzele Mıntıkalarında Yapılacak İnşaata Ait İtalyan Yapı Talimatnamesi" adıyla Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından hazırlanan deprem yönetmeliğidir. Bu yönetmelikte, yığma yapım sistemiyle ilgili düzenlemeler yer almaktadır. Yapıların sağlam temele oturtulması, dolgu zemine yapı yapılmaması ve temelin radye jeneral olarak yapılmasıyla ilgili bilgiler verilmiştir (Harmankaya & Soyluk, 2012). Bu düzenlemeler 1. ve 2. Derece deprem bölgesi için ayrı olarak belirlenmiştir. 1944 yılında revize edilen bu yönetmelikte ilk kez ceza konusu ve ruhsat alma işlemlerinden söz edilmiş, temel zeminiyle ilgili belirlemeler yapılmıştır. Deprem yükleriyle ilgili bilgiler ve katsayılar verilmiştir. Ayrıca malzeme, işçilik, temel zemini ve dilatasyon derzlerinden söz edilmiş, bina uzunluklarına sınırlamalar getirilmiştir (Alyamaç & Erdoğan, 2005).

1949 yılında Yer Sarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği adıyla yeniden yayımlanan yönetmelikte Türkiye'nin ilk deprem bölgesi haritası oluşturulmuştur (1. Bölge tehlikeli, 2. Bölge daha az tehlikeli ve 3. Bölge tehlikesiz). Yapım sistemleri ve zemin şartlarıyla ilgili spesifik değerler belirlenmiştir. Yapı ağırlığının hesaplanmasında kullanılması için bir formül verilmiştir (Harmankaya & Soyluk, 2012). 1953 yılında revize edilen bu yönetmelikte deprem kuvvetinin hesaplanmasındaki yükler açıklanmış, kullanılacak betonun kalitesi, bağlantı ve güçlendirme elemanlarının boyutları gibi teknik sınırlamalar yapılmıştır. Deprem hesabında yapı tipine göre hareketli yük katsayıları verilmiştir (Harmankaya & Soyluk, 2012). 1962 yılında "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik" adıyla yayımlanan yeni yönetmelikte yangın ve su baskınına maruz kalan bölgelerde yapılacak yapılar için kurallar verilmiştir. Yığma, ahşap ve kerpiç yapılarla ilgili yapım kurallarına ve afete maruz kalan hasar görmüş

yapıların onarımına ilişkin kurallar yer almaktadır. 1968 yılında revize edilen bu yönetmelikte ilk kez taşıyıcı eleman düzensizlikleri ve yerleşimi tanımlanmış, deprem hesabında betonarme ve çelik karkas olarak binalarda kullanılacak demir donatı için esaslara yer verilmiştir. Betonarme yapılar için plan formunun mümkün olduğunca kapalı dikdörtgen ya da kare biçiminde inşa edilmesi önerilmiştir. 1975, 1998 ve 2007 yıllarında da bu yönetmelik revize edilerek yayımlanmıştır.

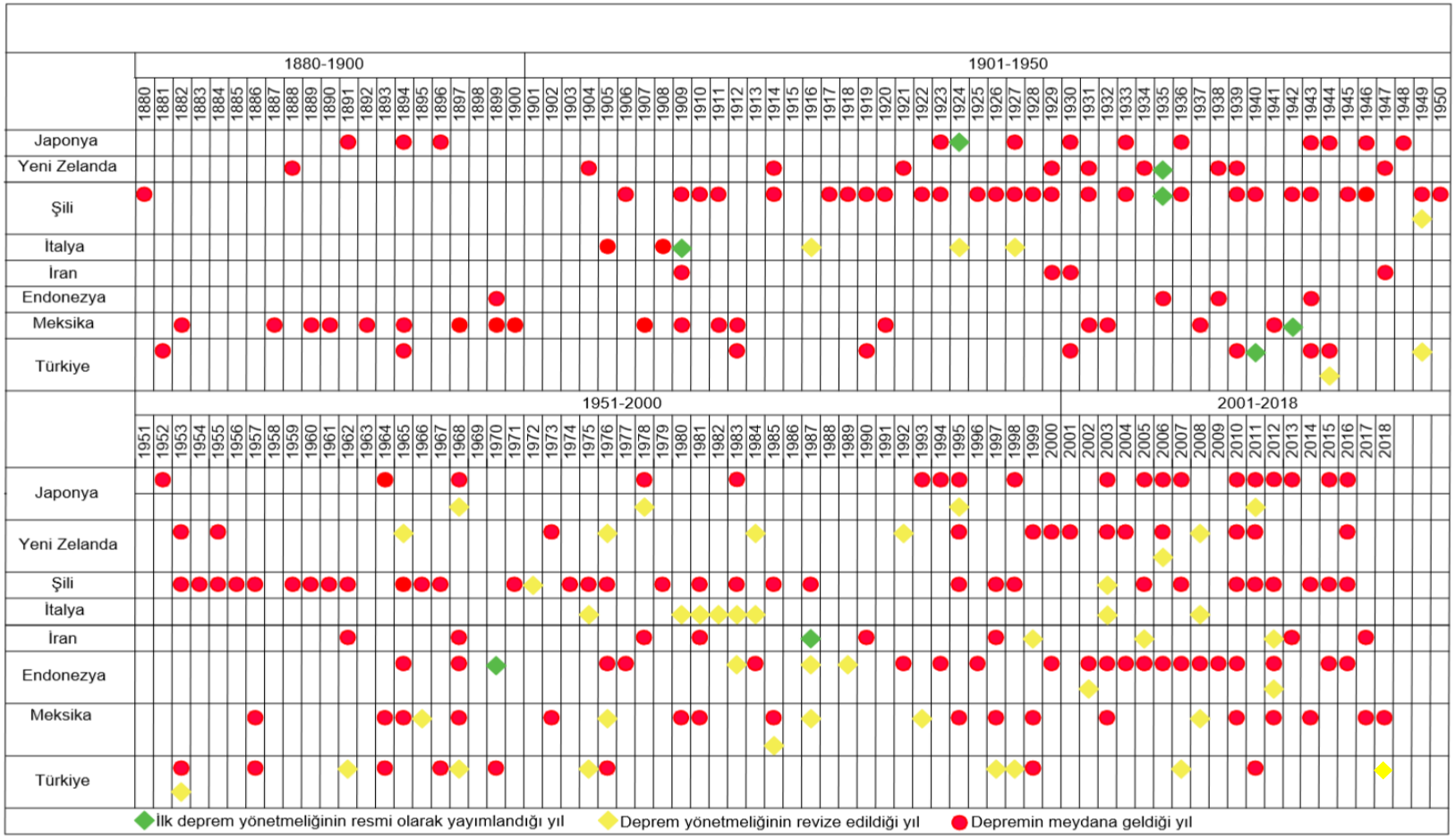
1975 yılında Türkiye deprem bölgesi olarak 5 bölgeye ayrılmıştır. Dikdörtgen bir kolonun minimum boyutları tanımlanmıştır. 1998 yılında rijitlik, süneklik ve dayanım kavramlarıyla ilgili teknik bilgiler verilmiş, deprem yükü hesaplanmasında farklı metodlar önerilmiştir. 2007 yılındaki revizyonda ise yerinde dökme ve prefabrike betonarme, çelik ve yığma binalar için teknik bilgiler ve çelik yapıların depreme dayanıklı tasarımı için gerekli birleşim noktaları detay çizimleri verilmiştir (Harmankaya & Soyluk, 2012).

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY) adıyla 01.01.2019 tarihinde revize edilmiş halde yürürlüğe giren yeni yönetmelikte, yeni yayımlanan deprem haritası üzerinde koordinat seçilerek verilen değerler üzerinden deprem bölgesi hesabı yapılacağı belirtilmiştir. Burada verilecek katsayısı ise seçilen yerin fay hattına yakınlık mesafesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bunun yanı sıra çok katlı ve yalıtımlı binalar için taşıyıcı sistem tasarımına yönelik kurallar bulunmaktadır. Betonarme ahşap çelik ve prefabrik sistemlerin yanında hafif çelik sisteme de yer verilmiştir. Ayrıca deprem tasarım sınıfları yeniden düzenlenmiştir.

Yukarıda gelişmişlik durumlarına göre depremsellik durumlarından söz edilen 8 ülkenin deprem yönetmeliklerinin oluşum ve revizyon süreci Çizelge 2. 4'te verilmiştir. Tablo, Rihter ölçeğine göre M=7.0 ve üzeri şiddetteki depremler esas alınarak hazırlanmıştır. 1800'lü yılların sonundan 2000 ve sonrası döneme kadar 50 yıllık periyotlarla verilen deprem yönetmelikleri oluşum ve revizyon süreci incelendiğinde, 1900'lü yılların ortalarına kadar, depreme yönelik düzenlemelerin büyük çoğunlukta oluştuğu görülmüştür. Bununla birlikte gelişmiş ülkelerde depremle ilgili düzenlemelerin gelişmekte olan ülkelere göre daha erken dönemde başladığı görülmektedir.

Çizelge 2. 4.Ülkelerin Depremlere Göre Yönetmeliklerin Oluşum ve Revizyon Süreci

*Richter ölçeğine göre M=7.0 şiddeti ve üzerinde olan depremler temel alınarak yapılmıştır.



Çizelge 2. 4'de İtalya'nın depremle ilgili düzenlemeler yapan ilk ülke olduğu görülmektedir (1909). M=7.0 ve üzeri şiddetteki depremler bu süreç boyunca yalnızca 2 defa meydana gelmiş ve depremle ilgili ilk düzenlemeler bu depremlerin sonrasında yapılmıştır. Ayrıca İtalya deprem yönetmeliğinde en sık revizyon yapan ülkedir. İran, M=7.0 şiddeti ve üzeri depremler meydana gelmesine rağmen deprem yönetmeliğini resmi olarak en yakın tarihte (1987) yayımlayan ve en az revizyon yapan ülkedir. Deprem yönetmeliği gelişim sürecinde en düzenli gelişme gösteren ülke ise Japonya olarak gösterilebilir. Japonya'da meydana gelen her büyük hasarlı deprem sonrasında, aynı yıl içerisinde yönetmelikte revizyonlar yapılmıştır. Revizyonların hızlı yapılması, büyük hasarlı depremlerin sık meydana geldiği bir ülkede, olası bir başka depremde meydana gelebilecek hasarı azaltmada etkili bir yöntemdir. Bulunduğu jeolojik konuma bağlı depremselliğiyle birlikte ileri teknoloji alanında gösterdiği gelişmelerle günümüzde yüksek yapıların merkezi haline gelen Japonya'da, bu yapıları depreme yönelik koruma konusunda da yakın zamanda düzenlemeler yapıldığı söylenebilir (2011). *Çizelge 2. 4* 'e göre, Şili, Meksika ve Endonezya, M=7.0 ve üzeri şiddette depremlerin en sık meydana geldiği ülkelerdir. Şili gelişmiş, Meksika ve Endonezya gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almakla birlikte deprem tehlikesi yüksek olmasına rağmen, yönetmeliklerinde çok fazla revizyon yapılmamıştır. Yeni Zelanda ve Türkiye depremsellik açısından birbirine benzer özellikler sergilemektedir. Bununla birlikte gelişmişlik durumlarına göre farklı kategoride yer almalarına rağmen ilk deprem yönetmeliği yayımlanma tarihi ve revizyon durumları benzerlik göstermektedir. Türkiye'de de meydana gelen büyük depremlerden hemen sonra, sırasıyla 1944-1949, 1953, 1962, 1968, 1975, 1998 ve 1999 depremi sonrasında 2007 yılında, son olarak ise 2019 yılında revize edilmiştir. Bu çalışmada alan çalışması olarak belirlenen hastane yapısının mimari ve statik modellemesi 2007 deprem yönetmeliğine göre yapıldığından, bu yapının başka yapım sistemi ile statik ve mimari modellemesi yine 2007 deprem yönetmeliği kabulünce yapılmıştır. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik Bölüm 3'te ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

Çalışma kapsamında ele alınan Sağlık yapılarının yapımına ilişkin bahsi geçen deprem yönetmeliklerinin yanı sıra başka yönetmelikler ve şartların da sağlanması gerekmektedir. Bu gereklilikler Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları başlığı altında incelenmiştir.

2.3. Türkiye'de Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Kuralları

Depreme karşı dayanımın sağlanmasında, yapının taşıyıcı sistem elemanlarının düzenli bir şekilde planlanması birincil öneme sahiptir. Planlanan sistemin sürdürülebilirliğinin sağlanması ise yapının geometrik formu, taşıyıcı sistem sürekliliği, yeterli dayanım, rijitlik, ve süneklik ile mümkün olabilmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelik (DBYYHY 2007) 'te, bu kavramlara yönelik gerekli teknik bilgileri ayrıntılı olarak verilmektedir. **Yapının Geometrisi**, deprem açısından riskli olan bölgelerde, asimetrik forma sahip olmamalıdır. Daire, kare, dikdörtgen gibi simetrik ve kompakt formlar (farklı yönlere giden kolların birleşiminden oluşmayan) deprem bölgelerinde yapılacak yapılar için uygun formlar olarak sayılabilir (Celep, 2017). **Taşıyıcı Sistemde Süreklilik**, bina taşıyıcı sisteminde ve taşıyıcı sistemi oluşturan her bir elemanda, deprem yüklerini çatıdan temel zeminine kadar devamlı olarak ve güvenli bir şekilde aktarılmasını sağlayacak yeterlikte rijitlik, kararlılık ve dayanım bulunması gerekliliğidir. Yapı depreme maruz kaldığında, taşıyıcı sistem elemanlarının bir bütün halinde çalışması ve gelen yatay yükü düzgün bir şekilde aktarması gerekmektedir. Bu akışın sağlanabilmesi için düşey taşıyıcı elemanların sürekli bir şekilde birbirine bağlanması gerekmektedir. **Yeterli Dayanım**, yapının taşıyıcı sisteminin ve bileşenlerinin, mevcut kesit boyutlarıyla, yapının kullanım ömrü boyunca maruz kaldığı maksimum yükler altında çökme veya deformasyona uğramadan ayakta durmasıdır (Merritt, 2012). Dayanım kavramının yapı ölçeğinde ele alınma biçimi, DBYYHY 2007'de 3 aşamalı olarak tanımlanmaktadır;

1. Hafif şiddetteki depremlerde binalarda yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi,
2. Orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması,
3. Şiddetli depremlerde ise can güvenliğinin sağlanarak kalıcı yapısal hasarların en az düzeyde olmasını sağlamaktır.

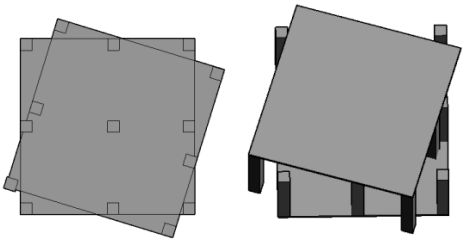
Yeterli Rijitlik, zeminde meydana gelen herhangi bir hareket, yapıda yatay yer değiştirmelere sebep olmaktadır. Yapı her noktasında aynı rijitliğe sahipse, zemin hareketiyle yapının her noktası aynı oranda yer değiştirir. Esnek bir yapıda her noktanın hareketi yapı elemanlarının tümünün rijitliğine ve yapıdaki yüklerin dağılımına bağlıdır. **Yeterli Süneklik**, bir yapının deprem etkisiyle yaptığı hareketlerde genel formunu kaybetmeden sahip olduğu plastik deformasyon kabiliyeti, o yapının sünekliğini göstermektedir (Ay, Çelik, & Kımıllı, 2010). Bir başka şekilde süneklik, bir malzemenin, bir kesitin, bir elemanın veya bir taşıyıcı sistemin, dış yükte önemli bir değişme olmadan elastik sınırın ötesinde şekil değiştirme, dolayısıyla yer değiştirme yapma özelliğinin ölçüsü olarak tanımlanabilir (Celep, 2017). Süneklik kavramı rijitlik ve dayanım ile birlikte değerlendirilmesi gereken üç temel kavramdan biridir.

2.3.1. Planda Düzensizlik Durumları

Planda düzensizlik durumları; burulma düzensizliği, döşeme süreksizliği ve planda girinti-çıkıntı başlıkları altında ele alınmıştır.

A1- Burulma Düzensizliği

Yapının kütle merkezi genellikle geometrik merkez, rijitlik merkezi ise yapının düşey taşıyıcı elemanlarının merkezi olarak belirlenmektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından yapılarda rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışması beklenmektedir. Çakışmadığı durumlarda yapı herhangi bir deprem yüküyle karşılaştığında, burulma ve basınç gerilimi meydana gelir. Bu merkezler arasındaki kaçıklık mesafesi (eksantriklik), deprem kuvvetine bağlı olarak, yapının yatay eksende dönmesine (burulmasına) sebep olmaktadır (Wakabayashi, 1986) (Şekil 2.2. (a), (b)).



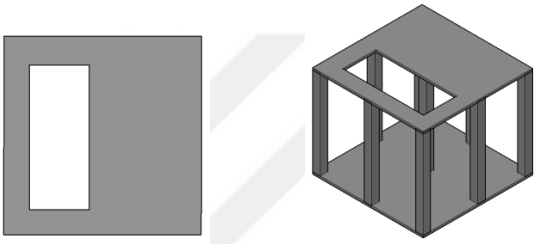
Şekil 2. 2. (a), (b) Rijitlik Merkezi İle Kütle Merkezinin Çakışmaması

Burulmanın sebep olduğu hasarlardan kaçınmak için binanın geometrisi ve taşıyıcı sistem yerleşiminde simetri olması önemlidir. Simetrinin olmadığı durumlarda, rijitlik merkezi,

kolonlar ve perde duvarların kesit boyutları veya yerleri değiştirilerek ya da çerçeve sisteme gergili çaprazlar eklenerek burulma momenti ve kesme kuvveti azaltılabilir (Ambrose & Vergun, 1985).

A2- Döşeme Süreksizlikleri

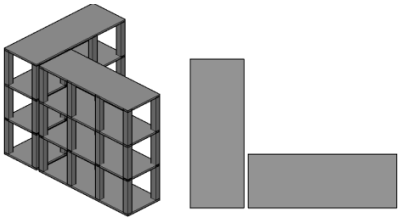
Yapının işlevi gereği, diyaframlarda boşluklar açılması gerekebilir (tesisat şaftı, asansör-merdiven boşluğu, galeri boşluğu v.b.). Bu durumda, deprem yükü etkisi altındaki boşluklu diyaframların, bu yükü kirişler aracılığıyla en yakınındaki düşey taşıyıcı elemanlara aktarması gerekmektedir (Şekil 2.3. (a), (b)).



Şekil 2. 3. (a), (b) Yapıda Boşluklu Diyaframlar

A3- Planda Girinti-Çıkıntı

Simetrik bir şekilde tasarlanmamış, planda girinti-çıkıntılı veya farklı doğrultudaki birden fazla bloğun bir araya gelmesiyle oluşan yapılar, deprem yüküne maruz kaldığında, farklı periyoda sahip olup birbirinden ayrı hareket etmektedir. Bu durumda özellikle yapıların köşe noktalarında hasarlar hatta ayrılmalar meydana gelebilmektedir. Bu sebeple simetrik olmayan yapılar olabildiğince uygun kısımlarda dilatasyon derzi ile ayrılmalıdır (Şekil 2.4).



Şekil 2. 4. (a), (b) Planda Girinti-çıkıntı ve Dilatasyon Durumu

Yapının bu şekilde ayrılmasının uygun olmadığı durumlarda, girinti-çıkıntının mevcut olduğu köşe kırılma noktaları perde duvarlarla veya rijit elemanlarla güçlendirilmeli ya da farklı hareket etmesini engelleyecek biçimde bloklar birbirine bağlanmalıdır.

2.3.2. Düşey Doğrultudaki Tasarım Düzensizlikleri

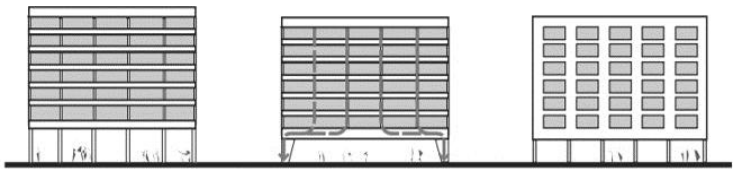
Düşey doğrultudaki tasarım düzensizlikleri; komşu katlar arası dayanım düzensizliği, komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve taşıyıcı sistem elemanı süreksizlikleri başlıkları altında ele alınmıştır.

B1- Komşu Katlar Arası Dayanım Düzensizliği (Zayıf Kat)

Kolonlar, perde duvarlar ve bölücü duvarların, yapının her katında süreklilik göstermediği durumlar olabilmektedir. Özellikle ticari yapıların giriş katlarında, farklı fonksiyonlarla kullanılması sebebiyle bölücü duvarlar kaldırılabilmektedir. Yapının kesme düzensizlik katsayısını etkileyen bu durum her katta farklı dayanıma sebep olabilmektedir.

B2- Komşu Katlar Arası Rijitlik Düzensizliği (Yumuşak Kat)

Zayıf kat ve yumuşak kat düzensizliği birbirine çok benzemektedir. Yumuşak katlar, üzerindeki katlardan daha az sert veya daha esnektir; zayıf katlarınsa dayanıklılığı azdır. Herhangi bir yükseklikte yumuşak ya da zayıf bir kat bir sorun oluşturur, ancak kümülatif (birikmiş) yükler binanın tabanına doğru en fazla olduğu için, ilk ve ikinci kattaki yük akışı arasındaki süreksizlik en ciddi hasara neden olma eğilimindedir (Şekil 2.5).



Şekil 2. 5. (a), (b) Yumuşak Kat Düzensizliği (Arnold C. , 2006)

B3- Taşıyıcı Sistem Elemanı Süreksizlikleri

Taşıyıcı sistem elemanı süreksizliklerinin diğer birçok düzensizlikte olduğu gibi yine zemin katta farklı işlevlerin yer alması sebebiyle ortadan kaldırılan kolon veya perde duvarlardan kaynaklı olduğu görülmektedir (Şekil 2.6).

Şekil 2.6. Düşey Doğrultudaki Tasarım Düzensizlikleri

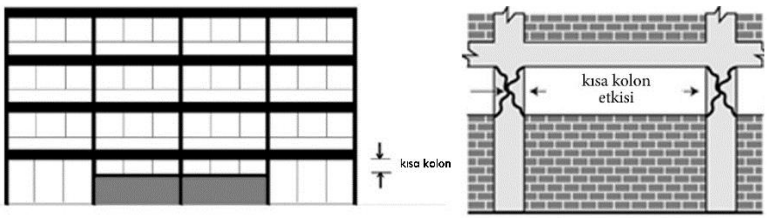
Bu durum, DHYBY 2007'de taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının (kolon veya perdelerin) bazı katlarda kaldırılarak kirişlerin veya guseli kolonların üstüne veya ucuna oturtulması, ya da üst kattaki perdelerin altta kolonlara oturtulması durumu olarak tanımlanmaktadır.

2.3.3. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Yerleşimiyle İlgili Genel Düzensizlikler

Taşıyıcı sistem elemanlarının yerleşimiyle ilgili genel düzensizlikler; kısa kolon oluşumu, güçlü kiriş-zayıf kolon oluşumu başlıkları altında ele alınmıştır.

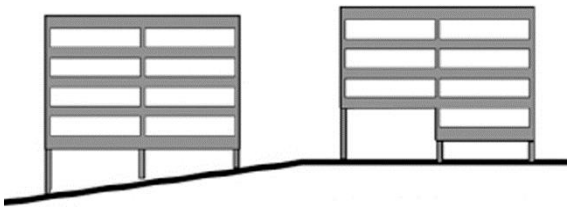
- **Kısa Kolon Oluşumu**

Kısa kolonlar, uzun kolonlardan (normal kolonlardan) 8 kat daha fazla yük alma eğilimindedir. Dolayısıyla bir katta oluşan kısa kolonlar, deprem esnasında uzun kolonlardan 8 kat daha fazla yatay deprem kuvveti almaya eğilimli olmaktadır (Naeim F. , 2001) (Şekil 2. 7.(a), (b)).



Şekil 2. 7. (a), (b) Deprem Etkisinde Meydana Gelen Kısa Kolon Çatlakları (Naeim F. , 2001)

Bu tip kolonlar, asma katlar, mekanik katlar, eğimli araziye oturan yapılar, kademeli temeller, kolonlara bitişik dolgu duvarlar, merdiven sahanlıkları v.b. durumlarda oluşabilmektedir (Şekil 2.).

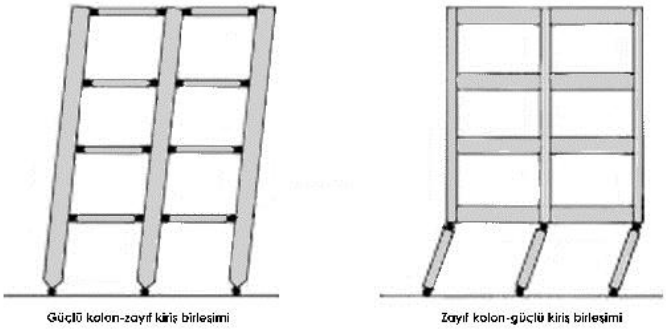


Şekil 2. 8. Eğimli Arazide Kısa Kolon Oluşumu (Charleson, 2008).

DHYBY 2007'de kısa kolonların, taşıyıcı sistem nedeni ile veya dolgu duvarlarında kolonlar arasında bırakılan boşluklar nedeni ile oluşabildiği ve bu durumda dolgu duvarları arasında kalarak kısa kolon durumuna dönüşen kolonlarda, enine donatılar tüm kat yüksekliğince devam ettirilmesi gerekliliği belirtilmektedir.

- **Güçlü Kiriş-Zayıf Kolon Oluşumu**

Deprem esnasında, yapının rijit çerçeve veya perde-çerçeve birleşiminden oluşan taşıyıcı sistem yanal stabiliteyi sağlarken, kolon-kiriş birleşim bölgelerinde düktil deformasyonlarla maksimum enerjiyi absorbe ederek yapının ayakta kalmasını sağlamalıdır. Kirişlerin kolonlardan daha güçlü olması durumunda, kolonların alt ve üst ucunda deformasyonlar meydana gelir. Bu durumda yapının tüm taşıyıcı sisteminin tehlikeye girmesi söz konusudur (Naeim F. , 2001). (Şekil 2.).



Şekil 2. 9. Güçlü Kolon Zayıf Kiriş Oluşumu

Ancak kolonların kirişlerden daha güçlü olması durumunda, deprem esnasında kirişler yük taşıma kapasitelerinde çok önemli bir azalma olmadan düktil deformasyonlarla önemli ölçüde bir enerji absorbe edebilmektedirler (Elnashai & Sarno, 2015). DHYBY 2007'de sadece çerçevelerden veya perde ve çerçevelerin birleşiminden oluşan taşıyıcı sistemlerde, her bir kolon - kiriş düğüm noktasına birleşen kolonların taşıma gücü momentlerinin toplamı, o düğüm noktasına birleşen kirişlerin kolon

yüzündeki kesitlerindeki taşıma gücü momentleri toplamından en az %20 daha büyük olması zorunlu tutulmuştur.

2.3.4. Sınır Durumlar

Bir yapının işlevini sürdürmesi, yapıda meydana gelebilecek hasarın sınırlandırılması ve can kaybının önlenmesi gibi farklı düzeydeki korunma önlemleri ve deprem etkisinin söz edilen kabullerle tanımlanması, tasarımda ekonomik çözümler getirilmesini sağlamıştır. DBYYHY, 2007'de bu kabuller, sınır durumlar başlığı altında tanımlanmıştır. Buna göre;

Kullanılabilirlik sınır durumu; yapının bulunduğu bölgede sık olarak meydana gelen küçük şiddetteki depremlerin yapının fonksiyonuna olumsuz bir etki yapmaması ve taşıyıcı sistemde herhangi bir onarıma gerek bırakmayacak bir hasara neden olmaması istenir. Bu durumda yapıda deprem etkisiyle oluşacak küçük hasarların daha ileriye gitmemesi, yalnızca bulunduğu bölgede kalması istenir. Bunun için ise tasarımda esas alınacak deprem, yapının fonksiyonuna bağlı olarak seçilmektedir.

Hasar Kontrolü Sınır Durumu; Kullanılabilirlik sınır durumunda esas alınan depremden daha büyük depremlerde, yapılarda meydana gelen donatı akması geniş çatlaklar gibi onarım gerektiren hasarların söz konusu olduğu durumdur. Bu durumda yapının onarılıp güçlendirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Göçme Kontrolü Sınır Durumu; Nadir olarak meydana gelebilecek büyük şiddetli depremlerde yapılar büyük hasarlar alır ve basit onarımlarla fonksiyonuna devam edemeyecek hale gelirler. Bu durumda yapının göçme mekanizmasının kontrol edilerek can kaybının önlenmesi bu sınır durumunu tanımlamaktadır. Taşıyıcı sistemin sünek bir davranış göstererek yapıdan kaçışa izin vermesi ise bu kontrolün temelini oluşturmaktadır. Bahsi geçen bu üç sınır durumun sağlanması ise yapıda yeterli seviyede rijitlik, süneklik ve dayanımın sağlanması ile mümkündür (DBYYHY, 2007), (Celep, 2017).

Depreme dayanıklı tasarımda yapıların inşasında alınan önlemlerin dışında, deprem etkisinin yapılarda daha düşük şiddette hissedilmesini sağlamak amacıyla binalarda mekanik sistemler kullanılabilmektedir. Bu sistemlerle ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.3.5. Yapıya Etkiyen Deprem Yüklerinin Belirlenmesinde Etkili Faktörler

Yapıya etkiyen toplam deprem yükü hesabında Etkin Yer İvmesi Katsayısı, Bina Önem Katsayısı, Spektrum Katsayısı, Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı, Hareketli Yük Katılım Katsayısı ve deprem yükü etkisi gibi parametreler etkili olmaktadır. Aşağıda bu parametrelerle ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

- **Deprem Bölgesi (Etkin Yer İvmesi Katsayısı)**

Deprem tehlikesinin belirlenmesinde en önemli parametrelerden biri depremin ivmesidir. Deprem haritasında bölgelerin belirlenmesi esasında temel alınan bu ivme tanımlanırken 50 yıllık bir sürede aşılma olasılığı %10 olan Tasarım Depremi göz önünde bulundurularak Etkin Yer İvmesi Katsayısı (A_0) belirlenmiştir. DBYYHY 2007'de deprem tehlikesi bulunan 4 farklı bölge için tanımlanmıştır (Çizelge 2.).

Çizelge 2. 5. Etkin Yer İvmesi Katsayısı (DBYYHY, 2007)

Deprem Bölgesi	A_0
1	0.40
2	0.30
3	0.20
4	0.10

- **Yapının kullanım türü (Bina Önem Katsayısı)**

Yapılar, DBYYHY 2007'de deprem sonrası kullanım durumuna göre sınıflandırılmaktadır. Yapının yük durumuna göre hasar görebilirlik oranının hesaplanmasında bina önem katsayıları kullanılmaktadır. Afet sonrası kamuya hizmet vermeye devam etmesi gereken yapılar önem katsayısı yüksek yapılar sınıfındadır (Hastaneler, Ptt binası, iletişimin sağlanacağı binalar vb.). Yapı önem katsayısı yüksek olan binalar, diğer yapılara göre daha az hasar alacak şekilde tasarlanmaktadır.

- **Yapının Ağırlığı (Hareketli Yük Katılım Katsayısı)**

Yapının ağırlığı, işlevine göre farklılık göstermektedir. Deprem yüklerinin hesabında, yapının sahip olduğu işleve özgü ekipmanlar, hareketli yükler, hareketli yük katılım katsayısı ile çarpılarak hesaplanmaktadır (Çizelge 2.).

Çizelge 2. 6. Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n) (DBYYHY, 2007)

Binanın Kullanım Amacı	***n***
Depo, antrepo, vb.	0.80
Okul, öğrenci yurdu, spor tesisi, sinema, tiyatro, konser salonu, garaj, lokanta, mağaza, vb.	0.60
Konut, işyeri, hotel, hastane, vb.	0.30

Buna göre hastane yapıları ağırlığı bakımından en küçük katsayıya sahiptir.

- **Spektrum Karakteristik Katsayısı (Zemin sınıfı)**

Spektrum katsayısı, yerel zemin koşullarına ve bina doğal periyoduna bağlı olarak hesaplanmaktadır. Deprem etkisinin belirlenmesinde kullanılan spektrum katsayısı, yumuşak zeminlerde (Z4) daha geniş periyot aralığında en büyük değerini alırken sert zeminlerde (Z1) bu aralık daha dardır (Çizelge 2.).

Çizelge 2. 7. Spektrum Karakteristik Katsayısı (Ta ve Tb) (DBYYHY, 2007)

Yerel Zemin Sınıfı	**T_A (saniye)**	**T_B (saniye)**
Z1	0.10	0.30
Z2	0.15	0.40
Z3	0.15	0.60
Z4	0.20	0.90

- **Deprem Yükü Etkisi**

Deprem yükleri ve kat kütlelerinin hesabında, yapılarda hareketli ve sabit yüklerin kat döşemeleri üzerinde düzgün olarak yayıldığı kabul edilmektedir. Ancak uygulamada bu yüklerin düzgün olarak yayılmaması durumu da hesaba katılmıştır. DBYYHY 2007'de her kat için eşdeğer deprem yükleri, göz önüne alınan deprem doğrultusuna dik doğrultudaki kat boyutunun +%5'i ve −%5'i kadar kaydırılması ile belirlenen noktalara ve ayrıca kat kütle merkezine uygulanması öngörülmüştür.

- **Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)**

Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R), bir yapının plastik olarak deforme olabilme kapasitesini yansıtır. Statik hesaplamalarda R katsayısı, yapının deprem etkisinde alacağı yükü, süneklik tasarımına göre azaltmaktadır. R katsayısı hesaba katılmadan tasarımı yapılan bir yapı, gerçek deprem yüküne göre hesaplanır ve hiç hasar almadan depremi atlatabilir. Ancak yapıları bu şekilde tasarlamak ekonomik değildir.

Yapıların hiç hasar almamasındansa sünek davranış göstermesi (deprem yükü karşısında esnek hareket etme kabiliyeti göstermesi), şiddetli depremleri bile hafif hasarlarla atlatabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum yapının süneklik oranıyla da yakından ilgilidir (Eurocode, 2017).

DBYYHY 2007'de süneklik düzeyleri, süneklik düzeyi yüksek taşıyıcı sistemler ve süneklik düzeyi normal taşıyıcı sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Çelik ve betonarme taşıyıcı sistemli yapılar için R katsayısı ayrı olarak verilmiştir.

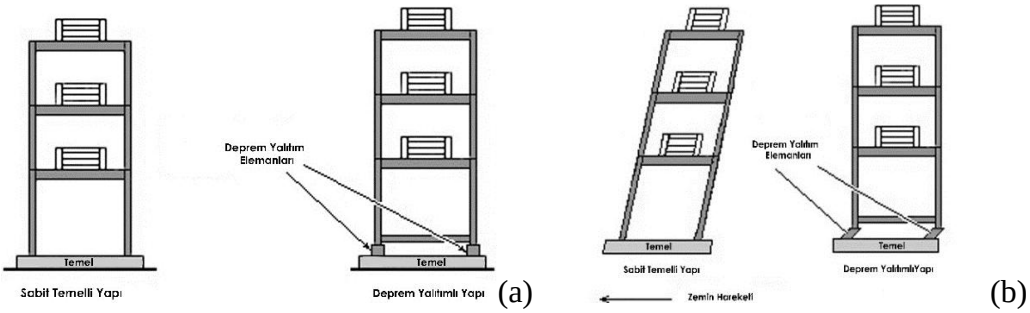
- **Deprem Derzi**

Bitişik nizamda konumlanan yapılar, farklı salınım periyotlarına ve farklı ötelemelere sahip olabilir. Deprem anında yapılar arasında deprem derzi bulunmaması durumunda, farklı salınım periyodu/ötelemeye sahip yapıların birine çekiçleme etkisi yaparak ağır hasarlar almasına sebep olabilmektedir. Çekiçleme etkisi; aralarında yeterli miktarda derz boşluğu bırakılmayan bitişik nizam yapılardan, rijit olmayan yapının daha rijit olan yapıya deprem etkisindeki salınımı boyunca yaptığı etkidir (Celep, 2017). DBYYHY 2007'de, bitişik nizamda konumlanan iki yapı arasında bırakılacak minimum derz boşluğu 6 m yüksekliğe kadar en az 30 mm, 6 m'den sonraki her 3 m' lik yükseklik için bu değere en az 10 mm eklenerek oluşturulması öngörülmüştür.

Yukarıda söz edilen kurallar, betonarme ve çelik sistemle yapılacak tüm yapılar için geçerlidir. Ancak çelik yapım sisteminde, malzemenin gerilme-şekil değiştirme eğrisinin ve sistemin taşıyıcı elemanlarının birleşim şeklinin farklı olması, bu sistemde farklı detaylar oluşmasına sebep olmuştur. Bu sistemle ilgili temel kurallar ve detaylar aşağıda verilmiştir.

- **Deprem Yalıtımı (Deprem İzolasyon Sistemleri)**

Deprem yalıtımı, depremin yapılara hasar verme potansiyelini azaltmak için kullanılan bir sismik tasarım yaklaşımıdır. Deprem yalıtım sisteminde amaç zemin ile yapının tabanı arasına esnek enerji sönümleyici elemanlar yerleştirerek zeminden yapıya aktarılan deprem kuvvetlerinin azaltılmasıdır (Şengel, Erol, & Yavuz, 2009) (Şekil 2. 10). Bu sayede yapıya etkiyen enerji miktarının izolatörler tarafından sönümlenerek yapıya iletilmesi ile yapının maruz kaldığı deprem enerjisi azaltılarak depreme karşı hasar alma tehlikesi minimuma indirilebilmektedir.



Şekil 2. 10. (a), (b) Sabit Temelli ve Deprem Yalıtımlı Yapıların Davranışı (Deprem Yalıtımı, 2018)

Deprem yalıtım sistemleri, sağlık yapılarında, deprem esnasında yapının işlevinin kesintiye uğramadan devam etmesi ve kullanılan ekipmanların zarar görmemesi, deprem sonrasında ise yapının işlevini yitirmeden hizmet vermeye devam edebilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Şekil 2.).

(a)

(b)

Şekil 2. 11. (a), (b) Deprem İzolatörlerinin Yapıya Uygulanması (Deprem İzolatörleri, 2018)

Türkiye'de 1. ve 2. derece deprem bölgeleri için Sağlık Bakanlığı'nın kararı ile özellikle hastane yapılarıyla ilgili yayımlanan "Deprem Yalıtımlı Olarak İnşa Edilecek Yapılara Ait Proje ve Yapım İşlerinde Uyulması Gereken Asgari Standartlar" konulu 2013/3 sayılı genelgede, "1.ve 2. Derece deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastanelerin taşıyıcı sistemleri sismik izolatörlü olarak projelendirilmesi zorunlu hale getirilmiştir" ibaresi yer almaktadır. Ancak sismik izolatörlerin kullanım koşulları, özellikleri ve boyutlarına ilişkin detaylı bir düzenleme bulunmadığından, modeli ve seçimi, teknik çalışma ve projelendirme sonrası bakanlık onayına sunulmaktadır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2018).

2.3.6. Farklı Yapım Sistemleri İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları

Betonarme çerçeve sistem ile birlikte, diğer yapım sistemleriyle ilgili depreme dayanıklı tasarım kuralları da DBYYHY 2007'de yer almaktadır. Bu yapım sistemlerinden, karar verme probleminde betonarme çerçeve sistem dışındaki yapım sistemi alternatifi olarak seçilen çelik çerçeve sistem, prefabrike betonarme sistem ve tünel kalıp sistem ile ilgili kurallar aşağıda açıklanmıştır.

- **Çelik Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları**

Çelik yapılar, genellikle düzgün eksenlere yerleştirilmiş kolon ve kirişlerin oluşturduğu çerçeve sistemli yapılardır. Çelik taşıyıcı sistem elemanlarının birleşimi kaynak, bulon veya perçinle olmaktadır.

Çelik çerçeve taşıyıcı sistemin yatay rijitliği kolon ve kirişlerin eğilme rijitliğiyle sağlanmaktadır. Genellikle kolon-kiriş birleşim bölgelerinin rijit olduğu kabul edilmektedir. Ancak bu bölgelerde meydana gelen şekil değiştirmelerin çerçevenin yer değiştirmesinde önemli artışlara sebep olduğu bilinmektedir (Celep, 2017). Buna göre, çelik elemanlarda, elastik sınırlar içinde yüklenip boşaltıldığında herhangi bir kalıcı şekil değiştirme meydana gelmemektedir. Ancak yükleme akma sınırından sonra da devam ederse kalıcı şekil değiştirmeler olabilmektedir. Yapısal çeliğin yatay yükler etkisi altındaki bu esnek davranışı ve sistem elemanlarının hafif olması, deprem bölgelerinde yapılacak yapılarda kullanımında çok önemli bir avantaj sağlamaktadır. Deprem bölgelerinde yapısal çeliğin kullanımı durumunda uygulanması gereken minimum koşullar DBYYHY 2007'de çelik binaların yapımı esnasında uyulması gereken özel kurallar çelik binalar için depreme dayanıklı tasarım kuralları başlığı altında verilmiştir.

- **Betonarme Prefabrike Sistem ile Üretilecek Binalar için Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları**

Hızlı ve düşük maliyetli yapım sistemlerinin gelişerek seri üretime geçilmesini sağlayan yapım tekniklerinden biridir. Bu sistemle, yapı planlarında standart yapı elemanlarının kullanımıyla seri üretime geçilerek maliyetten tasarruf sağlamak olanaklı hale gelmiştir. Sonrasında prefabrike yapılar hızla gelişerek standart kolon kiriş ve döşeme elemanları duvar panelleri gibi çok sayıda elemanın seri üretimi sağlanmıştır. Prefabrike yapım sistemi elemanlarının gelişmesiyle birlikte, şantiyede bulunması

gereken ara elemanlara ihtiyaç azalmış, yalnızca hazır yapı elemanlarının montajı için işçi gerekmektedir. Bu sayede yapım süresi kısalmış, endüstriyel üretim ile daha iyi nitelikte beton üretimi ve kontrolü sağlanmış ve daha yüksek beton dayanımı elde edilebilmiştir. Ayrıca her türlü iklim koşullarında yapı üretimi sağlanabilmiştir (Amil & Aydın, 2004).

Prefabrike sistemler, geçmişte deprem tehlikesi yüksek bölgelerde tercih edilmemekte ve yapımına izin verilmemektedir. Bunun sebebi, prefabrike sistemlerin birleşim noktalarının, sistemin en zayıf noktaları olması ve bu noktalara gelecek ek yüklerin deprem anındaki davranışının tehlikeli olabilmesi gösterilmektedir (Başkan, 2009). Bu birleşim noktaları, monolitik[4] yapım sistemlerindeki birleşim bölgelerindeki kadar kararlı değildir. Bu sebeple bu bölgelere etkiyen deprem yükleri, monolitik yapıya etkiyenden çok daha fazla olmaktadır.

Endüstriyel üretim sonucu oluşan taşıyıcı sistem elemanlarının şantiyede birleştirilmesi ile oluşturulan prefabrike binalarda, DBYYHY 2007'de verilen diğer koşullar ile birlikte birtakım özel koşullara da uyulması gerekmektedir. Bahsi geçen birleşim noktalarında (mafsallar), deprem esnasında olumsuz davranışların oluşmasına sebep olabilecek bir takım ek yükler oluşmaktadır. Bu olumsuz davranışların giderilmesi için, DBYYHY 2007'de ek koşullar verilmiştir. Bu kurallara ek olarak, Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından yayımlanan;

- TS 3233-Ön gerilmeli Beton Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları,
- TS 9967-Yapı Elemanları, Taşıyıcı Sistemler ve Binalar,
- TS EN 13369- Öndökümlü Beton Mamuller - Genel Kurallar,
- TS EN 14992+A1- Ön Dökümlü Beton Mamuller - Duvar Elemanları,
- TS EN ISO 7437- Teknik resim, yapı çizimleri, prefabrik yapı elemanları için imalat çizimlerinin yapılmasında genel kurallar,
- TSE K 118- Ön Dökümlü Betonarme Yapı Elemanları

Standartlarındaki kurallar da prefabrike yapım sistemi üretiminde, yapı elemanlarının sahip olması gereken standartları içeren koşullar yer almaktadır. Ayrıca, bu sistemi üreten

[4] Birbiriyle bağlantılı yapı elemanlarının tek parça halinde yapıldığı ya da döküldüğü sistemlerdir.

firmaların Prefabrik Teknik Şartnameleri de sistemin depreme dayanıklı olarak üretilmesi açısından yön gösterici olabilmektedir.

- **Tünel Kalıp Yapım Sistemi ile Üretilecek Binalar İçin Depreme Dayanıklı Tasarım Kuralları**

Tünel kalıp yapım sistemi, hızlı üretim ve uygun fiyatlı konut ihtiyacının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Bu sistemle mekânın hem duvarları hem döşemesinin tek bir operasyonla oluşturulabilmektedir. Bu sayede yapım süresinden tasarruf edilerek, hızlı bir şekilde konut inşası gerçekleştirilebilmiştir (Eshghi & Tavafoghi, 2012).

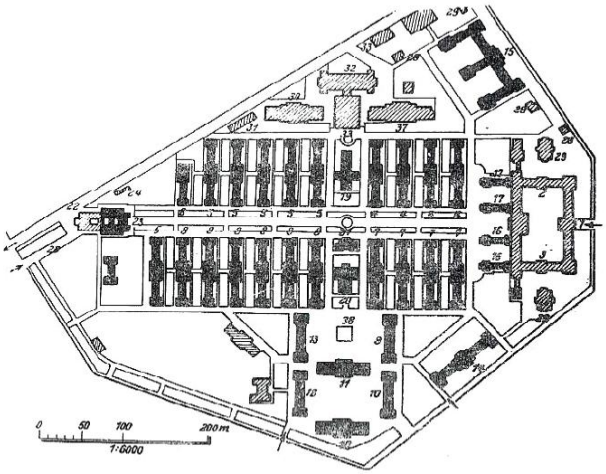
Kalıplar ile oluşturulan yüzeylerin düzgün olması sayesinde duvarlar ve döşemeler için sıva veya şap gibi ek bir işlem gerekmemesi, kalıpların tekrar kullanılabilmesi, üretimde hız, etkinlik ve işçilik maliyetlerinde belirli ölçüde azalma sağlamaktadır. Ayrıca işçi sağlığı ve açısından en güvenli sistemlerden biri olması avantajları arasındadır (Shalgar & Aradhye, 2017).

Sistemin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Taşıyıcı perde duvarlı yapıların iskelet sistemler kadar sünek olmaması dolayısıyla yatay yüklerden kaynaklanan enerjinin sönümlenmesi açısından olumsuz özellikleri olabilmektedir. Tünel kalıp sistemin önemli bir dezavantajı mekân esnekliği açısından sınırlayıcı olmasıdır. Döşemeler maksimum 5.70-6.30 cm boyutunda oluşturulabilmektedir. Dolayısıyla işlevi gereği geniş açıklık gerektiren yapılar için uygun görülmemektedir. Ayrıca taşıyıcı duvarların yatay kuvvetlere karşı kararlı bir davranış göstermesi için aynı aks sistemi üzerinde sürekli olarak tasarlanması gerekmektedir (Kanoğlu, 2018)

2.3.7. Sağlık Yapıları ve Asgari Tasarım Kuralları

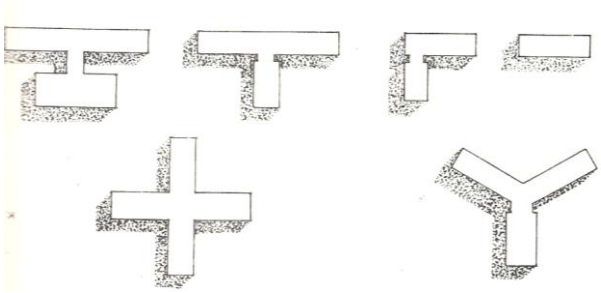
Sağlık sisteminin temelini oluşturan hastaneler, sağlık personeli ve gerekli donanım ile toplumun koruyucu ve teşhis-tedavi edici hizmetini üstlenen kurumlardır. Bu yapılar içerisindeki acil servisin, polikliniklerin, yatak katlarının, yemek, temizlik ve hizmet bölümlerinin yönetmeliklere uygun bir şekilde tasarlanması önemlidir. Toplumun sağlık ihtiyacını karşılamak için bu kurumların birbiri ile ilişkili bir şekilde kurgulanması gerekmektedir. Her 20.000-30.000 kişi için bir sağlık merkezi ve her 100.000 kişi için 300-500 yataklı bir bölge hastanesi planlanması gerekmektedir. Bu bölge hastanelerinin dört veya beşi ise büyük bir tıbbi merkeze bağlı olmalıdır (Mutlu, 1973).

Hastaneler kuruluş amaçları ve verdikleri hizmete göre; genel hastaneler, dal hastaneleri ve poliklinikleri olmak üzere ayrılır. Plan şemalarına göre ise hastaneler; pavyon sistem ve blok sistem olmak üzere ikiye ayrılır. Pavyon sistem; bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek amacıyla birimlerin birbirinden uzak tutularak planlanmasıyla oluşur. Bu sistem geçmişte yaygın bir şekilde kullanılırken günümüzde maliyetin artması, birimler arasındaki iletişimin kopması vb. sebeplerle tercih edilmemektedir (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Berlin Rud. Virchoiw Hastanesi (2000 Yataklı) (Mutlu, 1973)

Blok sistem ise; hastalıkların birçoğunun bulaşıcı olmadığının anlaşılması ve bina içerisinde izolasyon önlemlerin alınabilmesi imkanlarının sağlanmasıyla uygulanmaya başlanan daha ekonomik bir sistemdir. Bu bloklar, düşey sirkülasyonunun sağlanması ve yolların fazla uzamaması amacıyla çok katlı hale getirilmiştir. Bu yapılar genellikle I, L, H, T, Y veya + şeklinde tasarlanmaktadır (Şekil 2.13).



Şekil 2. 13. H, T, L, Y ve + Tipi Hastaneler (Mutlu, 1973)

Yapının formu haricinde, yapı elemanları özelinde temel, bodrum, duvarlar, döşeme ve tavanlar, teraslar ve çatı bahçeleri, pencereler-kapılar, gürültü önlemleri, su

tesisatı ve sıhhi tesisat, ısıtma-havalandırma-klima tesisatları, buhar, elektrik ve vakum - akım tesisatları, hastaneler için verilen asgari tasarım standartları koşulunu sağlamalıdır.

T.C. Sağlık Bakanlığı 2010 yılnda, sağlık yapılarında uyulması gereken asgari tasarım standartlarını belirleyerek bu alandaki hizmetlerin kalitesini arttırmayı hedeflemiştir. Mevcut sağlık yapılarının tasarım standartlarına uygunluğu denetlenerek, uygun olmayan durumlarda onarım ve tadilatlar yapılması öngörülmüştür. Yeni yapılacak sağlık yapılarında ise günümüzün ihtiyaçlarını karşılayacak teknolojik gelişmelerin kullanılmasına imkân veren binalar uygulanması amacıyla "Türkiye Sağlık Yapıları Asgari tasarım Standartları 2010 yılı kılavuzu" yayınlanmıştır. Bununla birlikte, yeni sağlık yapılarının inşasında ve mevcut binaların tadilat ve onarım ihtiyaçları karşılanmasında, Türkiye'nin sınırlı kaynaklarını tasarruflu kullanmak için gerekli hassasiyetin gösterilmesi, iyi plânlanmamış, gereksiz ve atıl kapasiteli yatırımların sınırlaması da bu kılavuzun amaçlarındandır (Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları , 2010).

Bu kılavuzda, sağlık yapıları için mimari tasarım standartları ve fiziksel çevre koşullarıyla ilgili genel özelliklerin yanı sıra, imar tanımları ve standartları ve genel hastane düzenine ilişkin bilgiler yer almaktadır. Ayrıca engellilere yönelik tasarım standartları, afetlere ilişkin kurallar, yönetmelikler, standartlar ve tesisin yenilenmesi, tadilatı veya başka bir sağlık tesisine dönüşmesi konuları da ele alınmıştır. Afetlere ilişkin koşullarda, planlama ve tasarımda; afet ihtimalinin yüksek kabul edildiği yerlerde, sağlık tesisinde bulunan herkesin can güvenliğinin korunması için gerekli önlemlerin yer alması, böyle bir afetin ardından hizmetlerin devam etmesi ve ortaya çıkacak ek ihtiyacı karşılayacak şekilde planlama tasarımı yapılmış olması öngörülmüştür. Afet planı için ise doğal afet (deprem, sel, v.b) sonrasında mutlaka ayakta kalması gereken sağlık tesislerinin farklı şekildeki afetlerin etkilerine dayanma testleri yapılması zorunlu tutulmuştur.

Bu koşullardan birisi olarak çalışma sınırları içerisinde dikkate alınması gereken, sağlık tesislerinin, bina yönetmeliklerindeki doğa şartları ve deprem dayanıklılığına ilişkin gerekliliklerı karşılayacak şekilde tasarlanması vurgulanmıştır. Türkiye sağlık yapıları asgari tasarım standartları kılavuzunda uyulması gereken yönetmelikler EK-4'te tablo halinde sunulmuştur.

BÖLÜM 3

YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Bir projeye uygun yapım tekniğinin seçimi, yapının performansı için belirleyici bir faktör olarak düşünülmekle birlikte, bir bilgi problemi olarak algılanmaktadır. İnşaat şirketleri, uzman kişilerin zihninde tuttuğu bilgileri toplamak, işlemek ve yönetmek için bir sisteme sahip değildir (Murtaza, Fisher, & Skibniewski, 1993). Günümüzde karşılaşılan buna benzer birçok karmaşık problem, basit matematiksel hesap içeren yöntemlerle çözüme ulaştırılabilmektedir. İşletme, sağlık, spor, eğitim vb. her alanda karşılaşılan problemleri çözmede kullanılan bu yöntemler, inşaat alanında yapım sistemi seçimi, yer seçimi, ekipman seçimi, yüklenici firma seçimi gibi kararı etkileyen birçok faktörün bulunduğu karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Bu çalışmada yapım sistemi seçimi için yararlanılacak olan karar verme konusu ile ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

3.1. Yapım Sistemi Seçimi Sorunu ve Karar Verme

İnşaat aşamasında, her bina elemanının (örneğin yapı, çatı, vb.) yapım süreci birçok farklı şekilde gerçekleştirilebilir. Malzemelerin ve diğer kaynakların ürünlere dönüştürüldüğü bu araçlar, inşaat yöntemleri olarak bilinmektedir. Farklı inşaat yöntemleri, karar verme kriterleri açısından farklı işçilik, araç, gereç ve malzeme kaynakları kombinasyonları gerektirmektedir. Bu bağlamda, yapım sistemleri arasından bir seçim yapma problemi, bir karar verme sürecini gerektirmektedir.

Genel anlamda “karar verme yöntemi” olarak karşımıza çıkan problem çözme yöntemlerinin akademik çalışmalarda kullanımı son 20 yılda önemli bir artış göstermiştir. Karar verme insan yaşamının her aşamasında ortaya çıkan ve farkında olmadan yürütülen bir faaliyettir. Verilen karar gündelik yaşamda etkili basit bir karar olabileceği gibi sonucu

kişinin tüm yaşamını etkileyecek ölçüde bir sorunun çözümü de olabilmektedir. Karar verme, içinde bulunulan duruma göre farklı şekillerde tanımlanmasına rağmen genel olarak "belirlenen amacı gerçekleştirmek için mevcut seçenekler arasından, belirlenen ölçütler dikkate alınarak en uygun olanının seçilmesidir" şeklinde tanımlanmaktadır (Özbek, 2017). Bir problem çözme süreci olarak tanımlanan karar verme, özellikle belirsiz bilgilerin bulunduğu veya tam olmayan, dilsel ve sözel belirsizlikler içeren faktörlerin çok sık kullanıldığı alanlarda zor bir süreç haline gelmektedir (Öztürk, 2013). Bu süreçte doğru bir karar vermek için sorunu, kararın gerekliliğini ve amacının, kararın kriterlerinin, alt kriterlerinin, paydaşların ve etkilenen grupların bilinmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra insan beynindeki bilginin çoğunun bir araya getirildiği bir süreç olarak karar verme, günümüzde bir matematik bilimi haline gelmiştir (Figuera, Greco, & Ehrgott, 2005). Bir karar probleminin temel öğeleri; karar verici, olaylar, alternatifler ve sonuçlar olarak sıralanabilir (Aladağ, 2011).

- ***Karar verici,*** karar probleminin çözüm önerilerinden birisini seçen ve bu seçimden kaynaklanan sonuçların sorumluluğunu üstlenen kişi veya kişilerden oluşmaktadır.

- ***Olaylar,*** karar probleminin geliştiği ortamın farklı durumlarını yansıtır. Doğanın yapısı olarak bilinen, gelecekte ortaya çıkacak gerçek olaylardır. Karar verici gelecekte ortaya çıkacak doğal yapıyı belirleyemez. Bu sebeple olaylar denetlenemez değişkenlerdir. Olayın veya durumun ortaya çıkma olasılığı; gözlemlere, deneysel bulgulara, geçmiş kayıtlara veya öznel yargılara dayanarak öngörülebilir.

- ***Alternatifler,*** en az iki veya daha çok olabilen, karar vericinin onaylayabileceği farklı türde davranışlardır. Karar verici herhangi bir davranışı seçer. Karar alternatiflerinin doğru bir şekilde belirlenmesi, en iyi sonuca ulaşabilmenin en önemli yoludur.

- ***Sonuçlar,*** karar vericinin benimsediği herhangi bir davranışın problem karşısında ürettiği değer olarak tanımlanmaktadır (Aladağ, 2011).

Karar verme sürecinde problem çözme aşamaları ise Timor tarafından;

- Karar probleminin belirlenmesi
- Karar problemine ilişkin karar unsurlarının belirlenmesi

- Karara ilişkin amaçların saptanması
- Modelin kurulması
- Alternatif çözümlerin belirlenmesi, olarak 5 adımda tanınmıştır (Timor, 2011). Benzer şekilde, karar verme sürecine klasik yaklaşımı Şekil 3. 1' deki gibi vermiştir (Adair, 2017).

Şekil 3. 1. Karar Verme Sürecine Klasik Yaklaşım (Adair, 2017)

Karar verme sürecinde, öncelikle genel anlamda 'sorunun belirlenmesi' ve 'sorunun çözümü' için izlenecek evreler ele alınmıştır. Sorunun belirlenmesi aşaması; hedeflerin belirlenmesi, zorunlulukların belirlenmesi, seçeneklerin belirlenmesi ve kriterlerin belirlenmesi, sorunun çözümü aşaması (modelin kurulması) ise, seçenekler arasında seçim yapılması, model ve seçilen seçeneğin sınanması ve uygulama evrelerini kapsamaktadır (Riggs, 1968).

Karar verme problemlerinin aşamaları Özkan tarafından aşağıdaki altı adımda açıklamıştır (Özkan, 1976);

- ***Sorunun Belirlenmesi***

Seçimin yapılmasında hedefler, zorunluluklar, seçenekler ve kriterlerin analiz edilmesi sürecidir. Dolayısıyla alternatiflerin nedeni olan hedefler ve zorunlulukların, karşılaştırma yapılabilmesi için gerekli kriterlerin ve modelin oluşturulmasında gerekli bilgilerin toplanması, belirlenmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir (Özkan, 1976).

Çalışmada ele alınan yapım sistemi seçimi sorununun düzenlenmesinde benzer şekilde hedefler, zorunluluklar, seçenekler ve kriterleri belirlemek üzere veriler toplanmış ve analiz edilmiştir.

- ***Hedeflerin Belirlenmesi***

Hedeflerin, ulaşılmak istenen sonuç doğrultusunda seçim yapmak için, sistemin kurulma nedeni olabilecek ve tüm gereksinimleri karşılayacak şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu belirlemenin sağlıklı yapılmaması durumunda, sorunun çözümü veya seçilen alternatifin tümüyle istekleri karşılamaması durumu söz konusu olabilmektedir.

- ***Zorunlulukların Belirlenmesi***

Zorunluluklar, hedefe nasıl ulaşılabileceğini açıklayan, onların sınırlarını belirleyen koşullardır. Sorunun çözümü bu sınırlar çerçevesinde gerçekleştirilmektedir. Bahsi geçen sınırlar/koşullar ise kurallar, yönetmelikler, şartnameler vb. olarak sayılabilir.

- ***Alternatiflerin Belirlenmesi***

Tanımlanan soruna çözüm olanağı sağlayan seçeneklerin oluşturduğu bir bütündür. Belirlenen seçeneklerin değerlendirilmesiyle iki veya daha fazla çözüm arasında hedeflere ulaşma olanağı sağlamaktadır. Bu sebeple belirli kabuller yapılarak hedeflere uygun en etkili bir grup seçenek göz önünde bulundurulur.

Çalışmada alternatiflerin belirlenmesinde Türkiye koşullarında hastane yapılarının yapımında en sık karşılaşılan yapım sistemlerinden betonarme çerçeve sistem ve buna alternatif olarak maliyeti fazla olduğu için sık tercih edilmeyen ancak deprem koşulları doğrultusunda iyi bir seçenek oluşturabilecek çelik çerçeve sistem, tünel kalıp sistem ve prefabrike betonarme sistem olarak belirlenmiştir.

- ***Kriterlerin Belirlenmesi***

Kriterler seçeneklerin değerlendirilmesinde ve seçeneklerin birinin diğerlerine göre bağıl başarısını ortaya koymak için kullanılan bir araçtır. Böylece karar verici, bir

seçeneği diğerlerine göre üstün tutmasında ki uygunluğu göstermektedir. Hedefler ve zorunluluklar kriterlerin düzenlenmesinde yönlendirici olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra kriterler, hedefin nasıl ölçüleceğini ve nasıl değerlendirileceğini tanımlamaktadır.

- ***Sorunun Çözümü***

Hedefler, zorunluluklar, alternatifler ve kriterler belirlendikten sonra bunlar arasındaki ilişkileri kuran bir model geliştirilmektedir. Bu ilişkiler içinde, hedef ve zorunluluklara bağlı olarak düzenlenen ölçütlere göre seçenekler değerlendirilmektedir (Özkan, 1976).

Yukarıda karar verme sorunu yaklaşımları ve aşamalarından genel olarak bahsedilmiştir. Günümüzde karşılaşılan sorunlarda kullanılmak üzere birçok karar verme yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada ele alınan yapım sistemi seçimi sorunu, birbirleriyle ilişkili ve/veya ilişkisiz birçok kriter ve alt kriterler barındırmaktadır. Söz edilen yaklaşımlardaki aşamaları içinde bulunduran "Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemleri" aşağıda verilmiştir.

3.2. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV)

Karar verme, her düzeyde sonuçlanması gereken bir veya birkaç sorunun tüm boyutlarıyla ele alınarak en uygun sonucu verebilecek alternatif veya alternatiflerin belirlenmesi olarak tanımlanmıştır (Toksarı & Toksarı, 2003). Farklı disiplinlerdeki bakış açılarının birlikte değerlendirilmesi gereken karar verme durumlarında, bir takım matematiksel metotlara ihtiyaç vardır. ÇKKV yöntemleri, mimarlara, mühendislere ve benzeri disiplinlerdeki teknik kişilere, birbirleriyle çatışabilecek birçok kaynaktan gelen farklı alternatifleri ve kriterleri en iyi şekilde değerlendirme konusunda yardımcı olmaktadır (Balali V. , 2014). ÇKKV yöntemleri, son yirmi yıl içinde yapı mühendisliği alanında hızlı büyüyen alanlardan biri olmaktadır. Bu süreçte sıklıkla karşılaşılan yer (alan) seçimi, yüklenici firma seçimi, yapım sistemi seçimi, malzeme seçimi sorunları, ÇKKV yöntemlerinin gerekli bir yaklaşım haline geldiğini göstermektedir. ÇKKV yöntemleri, oldukça etkileşimli bir prosedürdür ve çeşitli kaynaklardan gelen birçok bilginin koordinasyonunu gerektirir (Balali, Zahraie, Hosseini, & Roozbahani, 2010). Mimarlık, mühendislik ve yönetim alanlarındaki karar vericiler, matematiksel olarak

karmaşık olmayan ve karar verme süreçlerinde perspektiflerini göz önünde bulunduran metodolojilere ihtiyaç duyarlar.

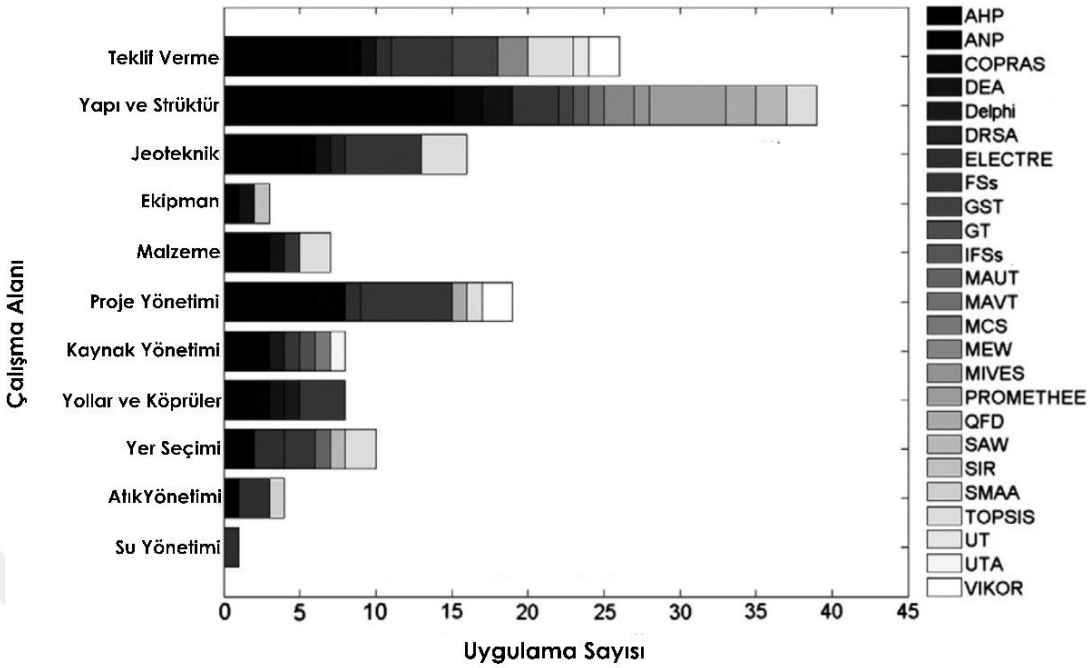
Karar verme, herhangi bir disiplinde, özellikle de inşaat gibi büyük oranda bilgi içeren ve bilginin detaylı bir şekilde ele alınmasını gerektiren bir alanda başarıya ulaşmada önemli bir faktördür. Bu tür durumlarda karar vermek genellikle zor bir süreç olabilmektedir. Bu nedenle, bu tür karmaşık senaryoların çözümlenmesine yardımcı olabilecek bir mekanizma ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV), bu konuların çözümünü kolaylaştırmaya yönelik bir operasyon araştırması dalı olarak ortaya çıkmıştır. ÇKKV yöntemleri ile ilgili 2014 yılında yapılan bir araştırmada Espino, Lopez, Hernandez, & Jordana, 1992-2013 yılları arasında kullanılan 22 adet yöntemi incelemişlerdir (Espino, Lopez, Hernandez, & Jordana, 2014). Bu inceleme, çok farklı karar verme ortamlarını karakterize etmede kullanılan yöntemlerin yararlarını vurgulamaktadır. Ayrıca en faydacı ve yaygın yöntemlerle elde edilen güvenilirliği ve bazı durumlarda yöntemlerin kombinasyon halinde kullanılma gerekliliğini açıklamaktadır. Aşağıda ÇKKV yöntemleri ve bu yöntemlerin karar durumlarında izlediği yollarla ilgili bilgi verilmiştir (Çizelge 3. 1).

Çizelge 3. 1. ÇKKV Yöntemleri ve Kullanım Alanları (Espino, Lopez, Hernandez, & Jordana, 2014)

Kısaltma	Yöntem	Kullanıldığı Karar Durumları
AHP	Analytic Hierarchy Process	Çift yönlü bir karşılaştırma ölçeğine göre ÇKKV problemlerini analiz etmeye yarayan yöntem
ANP	Analytic Network Process	Ölçütler arasında karşılıklı bağımlılığın varlığını sağlayan AHP yönteminin genelleştirilmesiyle oluşan yöntem
COPRAS	Complex Proportional Assessment	Bir dizi alternatifi önem ve fayda derecesine göre sıralamayı amaçlayan basamaklı yöntem
DEA	Data Envelopment Analysis	Birden çok karar verme biriminin verimliliğini ölçmek için kullanılan ve parametrik olmayan yöntem
-	Delphi	Bir dizi ankete yanıt veren bir grup uzmandan en güvenilir fikir birliğini elde etmek için tasarlanmış yinelemeli yöntem
DRSA	Dominance-Based Rough Set Approach	Bir ÇKKV probleminin "eğer… sonra" türündeki bir dizi çıkarım kurallarıyla tanımlanmasına imkan veren kaba küme teorisinin üretilmesini sağlayan yöntem
ELECTRE	Elimination Et Choix Traduisant La Realité	Uyumluluk ve uyumsuzluk indekslerini belirleyerek bir dizi alternatifi aşmaya yönelik yöntemler grubu
FSs	Fuzzy Sets	
GST	Grey System Theory	Siyah (bilgi yok) ile beyaz arasında yer alan bilgilere göre veri işleme felsefesine sahip yöntem
GT	Game Theory	Stratejik kararlar vermek için formalize yapıların etkileşimini inceleyen uygulamalı matematik alanı yöntemi

HOQ	House Of Quality	Kullanıcı isteklerini bir ilişki matrisi ve bir korelasyon matrisi aracılığıyla kalite tasarım kriterlerine dönüştüren ev şeklindeki diyagrama sahip yöntem
IFSs	Intuitionistic Fuzzy Sets	FS'lerin önerdiği bir sete ait bir elementin aidiyet derecesine ek olarak, IFS'ler aynı zamanda onun aidiyetsizlik derecesini (tereddüt) de dikkate alan yöntem
MAUT	Multi-Attribute Utility Theory	Bir dizi özniteliğin fayda değerlerini risk ve belirsizlik açısından karşılaştırarak karar vermek için kullanılan yöntem
MAVT	Multi-Attribute Value Theory	Bir ÇKKV problemi oluşturan nitelikleri, çağrılan değer fonksiyonları ile tek bir değere dönüştüren telafi edici yöntem
MCS	Monte Carlo Simulations	Rasgele sayılar deneyerek karmaşık problemlere yaklaşık çözümler bulmak için kullanılan deterministik olmayan yöntemler
MIVES	Modelo İntegrado De Valor Para Evaluaciones Sostenibles	Alternatiflerin, özelliklerinin ağırlıklı ürünü tarafından değerlendirildiği toplayıcı puanlama yöntem
MEW	Multiplicative Exponential Weighting	ÇKKV ve Değer Mühendisliği olarak iki kavramı bir değer dizininde herhangi bir ölçüt sentezlemek için birleştiren iç içe yöntem
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method For Enrichment Of Evaluations	Bir ÇKKV problemi oluşturan her bir kriter için bir tercih fonksiyonunun seçimine dayanan geçiş yöntemi
SAW	Simple Additive Weighting	Teknik, her bir özniteliğin ağırlıkları ile kat kat kat katılarak her bir alternatif için ağırlıklı bir puan belirlemeyi amaçlamıştır.
SIR	Superiority And İnferiority Raking	Üstünlük ve aşağılık akışlarını belirleyerek karar vericinin tercihlerini belirlemek için altı genelleştirilmiş ölçüt kullanan yöntem.
SMAA	Stochastic Multiobjective Acceptability Analysis	Bir alternatifin kabul edilebilirlik indeksini, onu tercih edilen bir ölçü haline getiren ölçüm çeşitliliği olarak belirleyen yöntem
TOPSIS	Technique For Order Of Preference By Similarity To İdeal Solution	Bir ÇKKV problemine en iyi alternatifin ideal çözümüne en yakın olan kavramına dayanan yöntem
UT	Utility Theory	Kullanım fonksiyonları aracılığıyla somut ve / veya maddi olmayan kriterler tarafından sağlanan arzu edilebilirlik derecesini ölçme yöntemi
UTA	Utilités Additives	Karar vericilerin tercihlerini doğru bir şekilde yansıtmak için yardımcı fonksiyonların kullanımını optimize etmek için doğrusal programlamayı kullanan yöntem
VIKOR	Visekriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje	İdeal çözeltiye yakınlık ölçüsüne göre bir dizi alternatifin uzlaşma sıralamasını belirleme yöntemi

Bazı ÇKKV yöntemlerinin, bazı spesifik durumlarda kullanımı yaygınlaşmıştır. Yapılan incelemede kullanılan ÇKKV yöntemlerinin hangi durumlarda kullanıldığı ve kullanım sıklığını/yaygınlığını gösteren bir diyagram verilmiştir (Şekil 3. 2).



Şekil 3. 2. ÇKKV Yöntemlerinin Uygulama Alanları (Espino, Lopez, Hernandez, & Jordana, 2014).

Şekil 3.2'ye göre, uygulama alanları açısından incelendiğinde, Yapı ve Strüktür alanı, ÇKKV yöntemlerinin inşaat sektöründeki kullanımında sayıca en üstün olanıdır. Yapı ve strüktür genel olarak inşaat dallarındaki en hassas disiplindir, çünkü tasarım ve uygulama, bireylerin, malzemelerin ve hizmetlerin durumunu farklı yönleriyle etkileyeceğinden, derinlemesine ve bütünleşik değerlendirmeyi gerektirmektedir. İkinci sırada ise "Teklif Verme" ve "Proje Yönetimi" alanları gelmektedir. Bu konular, bilginin işlenmesi genellikle zor olan çok sayıda faktörün kapsamlı bir analizini gerektirir. "Jeoteknik" ve "Yollar ve Köprüler" gibi diğer çalışma alanları da, içerdikleri önem ve karmaşıklığın bir araya gelmesi nedeniyle düzenli olarak ÇKKV açısından ele alınmıştır. Daha sonra "Kaynak Yönetimi", "Malzeme" ve " Ekipman" gibi alanlarda amaca uygun seçim yapabilmek için ÇKKV yöntemleri uygulanmıştır.

Araştırılan 22 yöntem arasında, inşaat alanında amaca uygun seçim yapmak için kullanılmak üzere önemli bir paya sahip olan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), seçim alanındaki kriterlerin çift yönlü bir karşılaştırma ölçeğine göre ÇKKV problemlerini analiz etmek için kullanılmaktadır. Bu sebeple yapım sistemi seçimini konu alan bu çalışmada, yapım sistemlerinin seçimindeki kriterlerin çift yönlü olarak

karşılaştırılmasında yardımcı olmasından dolayı çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır. AHP yöntemine ait ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

3.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), "çift yönlü karşılaştırmalar yoluyla ölçmeye ve öncelikli kriterleri belirlemek için uzmanların yargılarına dayanan bir yöntemdir" (Saaty T. L., 2008). Vaidya & Kumar, AHP yönteminin bu alanda yapılan akademik çalışmalarda en çok tercih edilen çok kriterli karar verme araçlarından biri olduğunu belirtmiştir (Vaidya & Kumar, 2006). Thomas L. Saaty tarafından 1980 yılında, belirsizlik içeren ekonomik, teknolojik ve sosyopolitik problemlerin çözümünde kullanılmak üzere geliştirilen bir ÇKKV tekniğidir (Saaty T. , 1980); (Saaty T. , 1999).

Karar vericiler ve araştırmacılar tarafından, basit ve güçlü bir yöntem olması, az sayıda katılımcı ile değerlendirme yapılabilmesi, hassasiyet analizi gibi faktörlerle karmaşık sorunların çözümünde tercih edilmektedir (Forman & Gass, 2001). Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), bir kriter değerlendirme, planlama ve geliştirme, karar verme, tahmin etme vb. amaçlar için bir araç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Wang, Lou, & Hua, 2008).

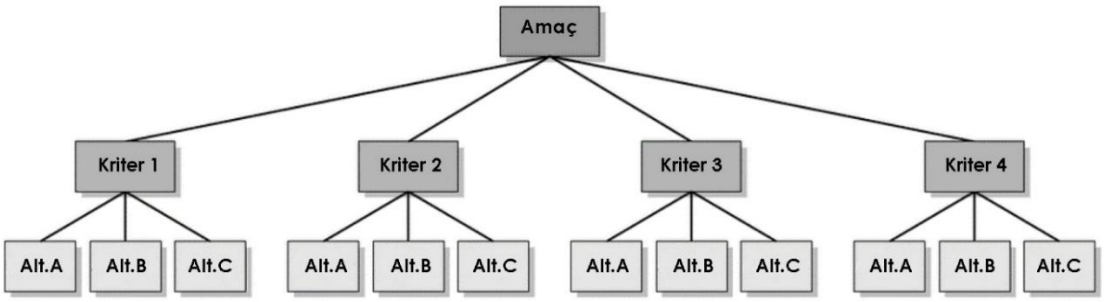
Thomas L. Saaty, bu yöntemle kriterlerin önceliklerini belirlemek ve karmaşık karar verme sürecini desteklemek için bir sistematik üretmiştir. Bu sistematik, karar vericilerin karar alma mekanizmalarını, faktörlerin ağırlıklarına göre ifade ederek, yüzeysel (kaba) bir tahminde bulunma riskini azaltarak objektif bir şekilde uygulama imkânı sağlar (Alonso & Lamata, 2006). AHP soyut ve somut, sayılabilen ve sayılamayan değerlerin birlikte değerlendirilmesini sağlayan ve basit ama tutarlı sonuçlar veren matematiksel sistemi sebebiyle birçok alanda yapılan çalışmalarda tercih edilmiştir. AHP yönteminin hiyerarşik yapısı, karmaşık bir karar verme sürecinin çeşitli faktörlerini hiyerarşik bir şekilde ölçüp, sentezleyerek parçaları bir bütün olarak birleştirmeyi kolaylaştırmaktadır. Wallenius ve diğerleri tarafından yapılan literatür araştırması, 1992'den 2006'ya kadar ÇKKV ile ilgili akademik çalışmaların sayısının 4 kat arttığını ortaya koymuştur (Wallenius ve diğerleri, 2008). Analitik Hiyerarşi Süreci, temel olarak insan beyninin çalışma prensibine dayanılarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Buna göre insan beyni, çok kriterli karar verme esnasında seçenekleri kriterleri ikili olarak kıyaslayarak karar vermektedir (Miller, 1956).

Karar verme sürecinde belirlenen alternatifleri sıralamak ve önceliklerini değerlendirmek için belirlenen kriterler ölçülebilir veya ölçülemeyen nitelikte olabilmektedir. Ancak yöntemin uygulanması sırasında tüm kabuller, kriterlerin ölçülebilir olduğu varsayımına dayanmaktadır. Kriterlerin ölçülebilir olmadığı durumlarda, kriterin sayısal olarak karşılaştırılabilir hale getirilmesi, karar verme sürecinin önemli bir parçasıdır. Bunun yanı sıra değerlendirmede tüm kriterler aynı önceliğe sahip değildir ve bu öncelik (önem) görecelidir. Bu nedenle, karar vermede göreli önceliklerin elde edilebilmesi gerekmektedir (Saaty T. L., 2008). Bununla birlikte bireysel veya grup karar verme sürecinde kullanılabilmesi, karar verici kişilerin sayısının az olması durumunda dahi tutarlılık analizinin yapılabilmesi bu yöntemin tercih edilmesinde bir sebeptir. Hiyerarşinin herhangi bir aşamasında değiştirilebilir olması ve her süreç ve yapı tipi için kullanılabilir olması, basit ve kısa zamanda sonuç vermesi gibi olumlu yönleri, yöntemin bu çalışmada tercih edilme sebebi olmuştur.

Saaty' e göre, AHP iki aşamalı bir süreci esas almaktadır: bunlardan birincisi problemi oluşturan faktörleri belirleyerek ve bunları karşılıklı ilişkileri doğrultusunda eşleyerek karmaşıklığı çözümleme, ikincisi ise faktörlerin ağırlıklarını ve her bir karar kriterinin karşılıklı olarak kümülatif etkilerini belirleyerek ilişkileri sentezlemedir. Bahsi geçen iki aşamalı süreç, aşağıdaki 5 adımda verilmiştir:

1. Adım: Hiyerarşinin Kurulması

AHP tabanlı karar destek modelinin ilk aşaması hiyerarşinin kurulmasıdır. Bu hiyerarşik yapıda, problemin asıl amacı (örneğin, ekipmanın başarılı bir şekilde seçilmesi), yapının en yüksek seviyesinde yer almaktadır. Bunu takip eden hiyerarşi seviyesinde, bu amacı etkileyen kriterler, bir sonraki seviyede ise bu kriterlere bağlı alt kriter kümeleri yer almaktadır. Tipik bir hiyerarşik yapıda olduğu gibi, ikincil seviyede yer alan kriterler kümesi, birincil hedefe ulaşılmaya katkıda bulunmaktadır. Ahp' nin hiyerarşik yapısında en alt seviyede, karar problemini sonuca ulaştıracak uygun alternatifler yer almaktadır (Şekil 3. 3).



Şekil 3. 3. AHP Hiyerarşik Yapısı (Saaty, T.L. hiyerarşik modelinden uyarlanmıştır)

Bu alternatifler, üst seviyedeki tüm kriterlerden etkilenerek değerlendirilmektedir (Shapira & Goldenberg, 2005), (Aragonés-Beltrán, Chaparro-González, Pastor-Ferrando, & Pla-Rubio, 2014).

2. Adım: Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

Öncelikle belirlenen kriterlerin göreli önemi (ağırlıkları), hiyerarşideki her ikili eşleştirme için kriterlerin kendi içlerinde (ikili karşılaştırma yapılarak) belirlenir. Aynı seviyedeki n kriterleri, Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılarak karşılaştırılır (*Çizelge 3. 2*). Her seviye için, karar vericinin kararlarına dayanarak bir çift karşılaştırma için bir A matrisi elde edilir (Şekil 3.3). Kriterlerin karşılaştırıldığı bu matrisi, nxn boyutlu bir kare matristir. Karar matrisinin köşegeni üzerindeki elemanlar 1 değerini alır. Çünkü bu durumda ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır.

Çizelge 3. 2. Değer Skalası (Saaty T. L., 2008)

Önem Değerleri	Değer Skalası
1	Eşit Önemde
3	Biraz Önemli (Az Üstünlük)
5	Önemli (Fazla Üstünlük)
7	Çok Önemli (Çok Üstünlük)
9	En Çok Önemli (Kesin Üstünlük)
2, 4, 6 ve 8	Ara Değerler (Uzlaşma Değerleri)

Çizelge 3. 2'de verilen değer skalasına göre;

- 1 (Eşit Önemli), Her iki kriterin aynı öneme sahip olduğunu ifade etmektedir.
- 3 (Biraz Önemli), Bir ölçütün diğerine göre zayıf üstünlüğünü ifade etmektedir.
- 5 (Oldukça Önemli), Bir kriter diğerinden kuvvetle daha önemlidir.

- 7 (Çok Önemli), Bir kriter diğerine göre yüksek derecede kuvvetle tercih edilmektedir.
- 9 (En Çok Önemli), kriterlerden biri diğerinden çok yüksek derecede önemlidir.

2, 4, 6, 8 ise ara değerleri temsil etmektedir. İki kriter arasındaki tercihte, ara değerler gerektiğinde kullanılabilmektedir. Buna göre; örneğin birinci faktör üçüncü faktöre göre karar verici tarafından daha önemli bulunuyorsa, bu durumda karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni 3 değerini alacaktır. Tam tersi durumda, karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni 1/3 değerini almaktadır. Bu karşılaştırmada birinci ve üçüncü faktörün eşit öneme sahip olması durumunda ise bileşen 1 değerini almaktadır.

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \qquad \text{Denklem (3.1)}$$

Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin (Şekil 3.4) tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altıda kalan bileşenler için ise yukarıda bahsedildiği üzere Denklem (3.1) kullanılacaktır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad a_{ji} = 1 / a_{ij} \;\; i,j=1, \dots, n$$

Şekil 3.4. A Matrisi (Karşılaştırma Matrisi)

Bu aşamada yapılan işlemler:

- Her satır ve sütundaki elemanların ikili karşılaştırması yapılır,
- Öncelikle satırdaki eleman dikkate alınarak, bu elemanın sütun elemanlarının her biri ile karşılaştırmaları sonucu hücre içi değer olarak kaydedilir,
- Her elemanın kendisi ile karşılaştırıldığında sonuç 1‘e eşittir, dolayısıyla köşegen üzerindeki tüm elemanlar 1‘e eşittir.

- Köşegenin altındaki elemanlar (a_{ji}), 1 ile köşegen üstündeki elemanların bölünmesi şeklinde ($1/a_{ij}$) hesaplanır (Saaty T. L., 2008).
- En önemli olan kriter, hiyerarşide bir seviye daha üsttedir.
- (b) Bu önemin derecesi belirlenerek (zayıf, güçlü, kesin vb.) verilen ölçeğe göre (Saaty tarafından belirlenen önem değerleri ölçeği) rakama çevrilir (Çizelge 3.2).

3. Adım: Göreli Ağırlığın Hesaplaması

Karar matrisinin öz vektörünü (w) yani kriterlerin göreli ağırlığını hesaplamak için birkaç yaklaşım metodu kullanılabilir. Bunlardan normalize edilmiş kolonların ortalaması yöntemi en kesin olanıdır. W' nin bu yöntemle hesaplanması, satır i deki kriterin göreli ağırlığı, karşılıklı nxn matrisi için Denklem (3.2)'deki gibidir:

$$w_i = \frac{1}{\mathrm{n}} \cdot \sum_{j=1}^{n} \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^{n} a_{kj}} \qquad \text{Denklem (3.2)}$$

a_{ij} karar matrisinin i satırı ve j kolonunda yer alan bir eleman olarak tanımlanmaktadır.

4. Adım: Göreli Ağırlıkların Toplanması

Göreli ağırlıklar, her kriter için hiyerarşinin her aşamasında hesaplanır ve ayrı ayrı (yerel) öncelik vektörü oluşturulur. Her alternatifin toplam puanı (bir alternatifin diğerine göre tercih edilebilir olduğunu gösteren skor) bu şekilde elde edilebilir. Ağırlıkların toplamı, her kriterin yerel öncelik vektörünün ayrı ayrı her kriterin göreceli ağırlıkları ile çarpılarak en alt düzeyden başlayan ve birincil hedef düzeyinde bitecek şekilde elde edilir.

Bu öncelik vektörünün oluşturulmasında, karar matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve n adet ve n bileşenli B sütun vektörü oluşturulur (Şekil 3. 5).

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ . \\ . \\ . \\ b_{n1} \end{bmatrix}$$

Şekil 3. 5. B Matrisi

B sütun vektörlerinin hesaplanmasında Denklem (3.3) kullanılacaktır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \qquad \text{Denklem (3.3)}$$

Hiyerarşideki her ayrı kriter için tüm bu hesaplamalar toplamı sütun bazında 1.00 olmalıdır. Benzer şekilde alternatiflerin toplam puanı ise, alternatiflerin yerel öncelik vektörü ile çarpılarak elde edilir. Yukarıda anlatılan adımlar diğer değerlendirme faktörleri içinde tekrarlandığında faktör sayısı kadar B sütun vektörü elde edilecektir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda verilen C matrisi oluşturulacaktır (Şekil 3. 6).

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ . & & & . \\ . & & & . \\ . & & & . \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Şekil 3. 6. C Matrisi

C matrisi ile, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilmektedir. Bunun için Denklem (3.4) kullanılarak C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} c_{ij}}{n} \qquad \text{Denklem (3.4)}$$

W sütun vektörü aşağıdaki gibi elde edilir (Şekil 3. 7):

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ . \\ . \\ . \\ w_n \end{bmatrix}$$

Şekil 3. 7. W Sütun Vektörü

Bununla birlikte AHP'nin kendi içinde tutarlı bir sistematiği olsa da sonuç olarak karar vericilerin kriterler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olmaktadır. AHP'nin bu süreçte önerdiği tutarlılık oranı hesaplanması aşağıda verilmiştir.

5. Adım: Tutarlılık Oranının Hesaplanması

AHP' nin beşinci aşaması olan "Tutarlılık Oranı (CR)", ikili karşılaştırmaların tutarlılığını kontrol etmek için kullanılan bir araçtır. AHP' nin avantajlarından biri olarak, öznel yargının değerlendirilebilir olması ve en iyi alternatifi seçmede sezginin önemli bir rol oynaması sebebiyle, ikili karşılaştırma prosedüründe mutlak tutarlılık beklenmemelidir. Saaty tarafından ortaya atılan ve geliştirdiği bir formül kullanılarak hesaplanan CR, her bir karar matrisi ve tüm hiyerarşi için tutarsızlık değerini, istenen maksimum seviyeye kadar kontrol etmeyi sağlamaktadır (Saaty T. , 1980). Çok sayıda deneysel çalışmaya dayalı olarak kabul edilebilir (tolere edilebilir) bir tutarsızlık değeri olması için Saaty, CR' nin 0.10'dan küçük veya ona eşit olması gerektiğini belirtmiştir. Bu koşulun sağlanamadığı durumlarda, karşılaştırmaların revize edilmesi tavsiye edilir. CR' nin 0.10'dan küçük veya ona eşit olması, yapılan kıyaslamalarda kesin bir anlaşmazlık durumu bulunmadığını, verilen kararın rasyonel bir karar olduğunu ve kriterlerin rastgele ağırlıklandırılmadığını garanti etmektedir (Shapira & Goldenberg, 2005).

Yargı tutarsızlıklarını kontrol etmek için A matrisinin CR (Tutarlılık Oranı) kullanılır. λ_{max}, A'nın maksimum öz değeri, CI, tutarlılık İndexi olmak üzere;

$$CR = CI / RI \qquad \text{Denklem (3.5)}$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \qquad \text{Denklem (3.6)}$$

Denklem (3.5) ve Denklem (3.6), bu oranın hesaplanmasında kullanılmaktadır. RI (Rastgele İndeks), n'ye bağlı olan deneysel bir değerdir (Çizelge 3. 3).

Çizelge 3. 3. Tutarlılık İndeksi

n	3	4	5	6	7	8
RI	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41

Eğer CR bir eşik değerinden (0.1) daha küçükse, matrisin makul olduğu kabul edilebilir ve karşılaştırma matrisinden elde edilen önem ağırlıkları anlamlıdır. Eğer CR eşik değerini aşarsa, o zaman A matrisindeki kararlar gözden geçirilmelidir.

ÇKKV problemlerini çözmek için AHP inşaat alanının çeşitli dallarında kullanılmıştır. Geleneksel AHP yöntemi, çok kriterli karar verme problemlerini çözmede yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen, hiyerarşik bir yapıda insan düşünme tarzını tam olarak yansıtmayabilir. İnşaatta karar vermek için kullanılan bilgiler her zaman kesin değildir. Uzmanlar "ortalama", "maksimum" ve "asgari" değerler gibi dilbilimsel terimleri kullanarak bilgilerini ifade etmeyi tercih ederler. Bu nedenle belirsizliği tanımlamak için [1,3,5,7,9] ölçeğinden daha fazla ölçek gereklidir. Bu gibi durumlarda, hiyerarşik bulanık problemlerin çözümü için bulanık AHP, yani AHP' nin bulanık bir uzantısı geliştirilmiştir (Chang D. , 1996). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) prosedüründe, yargı matrisindeki ikili karşılaştırmalar bulanık sayılardır. Bu nedenle karar verici, tercihleri her bir kriterin önemi hakkında doğal dilsel ifadeler şeklinde belirleyebilir. Bu durumda, bir karar değişkeninin diğerlerine göre önceliğine karar vermek için, dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayılar kullanılabilir. Bu çalışmada da yöntem olarak benimsenen BAHP değerlendirme yöntemi aşağıda ele alınmıştır.

3.4. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) Yöntemi

Yapım sistemi seçimi problemine geleneksel yaklaşımlar, dilbilimsel değerlendirmenin kesin olmayan veya belirsizlik içeren yapısıyla baş etmede yeterli etkiyi gösteremeyebilir. Bu nedenle, hem somut hem de somut olmayan varlıkların tutarlı bir şekilde karşılaştırılması için bir teori kullanma gerekliliği oluşmuştur (Saaty R. W., 1987). Analitik Hiyerarşi Prosesi, karmaşık çok kriterli bir karar problemini basitleştirerek kararları formüle ederek analiz eder ve her bir kriter için önem derecesini

belirlemek üzere, ikili karşılaştırmalardaki sayısal değerleri kullanır (Kahraman, Ruan, & Doğan, 2003).

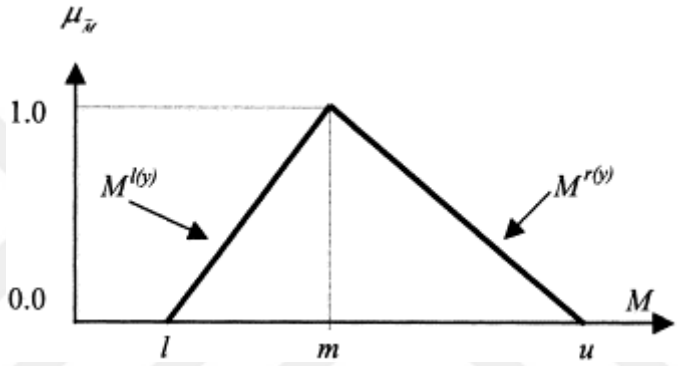
Bulanık teori, genellikle dilbilimsel olarak ifade edilen kesin olmayan ve belirsiz bilginin varlığında karar verme yetenekleri sağlamak için geliştirilmiştir (Goguen & A., 1965). BAHP' de kriterlerin göreli ağırlıklarını elde etmek için birkaç farklı yöntem vardır. BAHP yöntemiyle ilgili ilk çalışma, üçgen üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık oranları karşılaştıran Laarhoven & Pedrycz tarafından yapılmıştır (Laarhoven & Pedrycz, 1983). Sonrasında Xu tarafından yapılan bulanık kare yöntemi (Xu, 2000), Buckley'in geometrik ortalama yöntemi (Buckley, 1985), LLSM'nin bulanık modifikasyonu yöntemi (Boender, De Graan, & Lootsma, 1989), Chang'in genişletilmiş sentetik analiz yöntemi (Chang D. , 1996), Mikhailov'un bulanık tercih programlaması (Mikhailov, 2003) ve Wang'ın iki aşamalı logaritmik programlama yöntemi (Wang, Yang, & Xu, 2005) bu yöntemlerden bazılarıdır. Bu çalışmada yapım sistemi seçimi problemini değerlendirmek için Chang' in genişletilmiş sentetik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, basitleştirilmiş matematiksel işlem kolaylığı ve klasik AHP adımlarını izleyerek kriterlerin ağırlıklarına ulaşmayı sağlar. Bu yöntemde Chang, üçgen bulanık rakamlara dayanan çift yönlü karşılaştırma ölçeğinin ele alınmasında ve ardında n çift yönlü karşılaştırmanın sentetik kapsam değeri için kapsam analizi yönteminin kullanılmasına yönelik yeni bir yaklaşım getirmiştir (Chang D. , 1992); (Chang D. , 1996). Bu yöntemdeki ilk adım, BAHP ölçeği aracılığıyla ikili karşılaştırma için üçgen bulanık sayıları kullanmak ve sonraki adım, sentetik genişletme değerleri kullanarak öncelikli ağırlıklar elde etmek için genişletme analizi yöntemini kullanmaktır. Kriterlerin bulanık değerlendirme matrisi, klasik AHP deki gibi, kriterlerin ikili olarak karşılaştırılmasıyla elde edilmektedir.

Bulanıklaştırılmış AHP de kullanılacak olan bulanık küme ve bulanık sayılar, üçgen bulanık sayılar ve bu sayılar kullanılarak yapılan işlemler aşağıda verilmiştir:

- **Bulanık Küme, Bulanık Sayılar ve İşlemler**

Kullanıcı düşüncesinin belirsizliği sorununu çözmek için ilk olarak (Zadeh, 1965), bulanık küme teorisini ortaya koymuştur. Bulanık küme teorisi, belirsiz verileri temsil ederek matematiksel işlemlerin ve programlamanın bulanık alana uygulanmasına imkân tanır. Bulanık kümelerde her nesne sıfır ile bir arasında değişen bir üyelik (karakteristik)

işlevi ile karakterize edilir. Bulanık kümeyi gösteren bir sembol, üzerinde yaklaşık değer (~) işareti ile temsil edilir. Bulanık sayılar, değerlendirilen konuya bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Genel olarak uygulamada kullanılan üçgen ve yamuk olmak üzere iki tane bulanık sayı bulunmaktadır (Baykal & Beyan, 2004). Bu çalışmada üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Üçgen bir bulanık sayı (Triangular Fuzzy Number (TFN)), M̃ ile gösterilir. Bir TFN, basitçe (l | m, m | u) veya (l, m, u) ile gösterilir. Sırasıyla, l, m ve u parametreleri, bulanık olayı tanımlayan mümkün olan en küçük değeri, en ideal değeri ve mümkün olan en büyük değeri belirtir (Şekil 3. 8) (Kahraman, Ruan, & Doğan, 2003).



Şekil 3. 8. Üçgen Bulanık Sayılar

Üçgen üyelik fonksiyonunun bileşenleri ve şekli aşağıda verilmiştir (Denklem (3.7)):

$$\mu_M(x; l, m, u) = \begin{cases} l \le x \le m & \text{ise} \quad \frac{(x-1)}{(m-1)} \\ m \le x \le u & \text{ise} \quad \frac{(u-x)}{(u-m)} \\ x > u \text{ veya } x < 1 & \text{ise} \quad 0 \end{cases} \qquad \text{Denklem (3.7)}$$

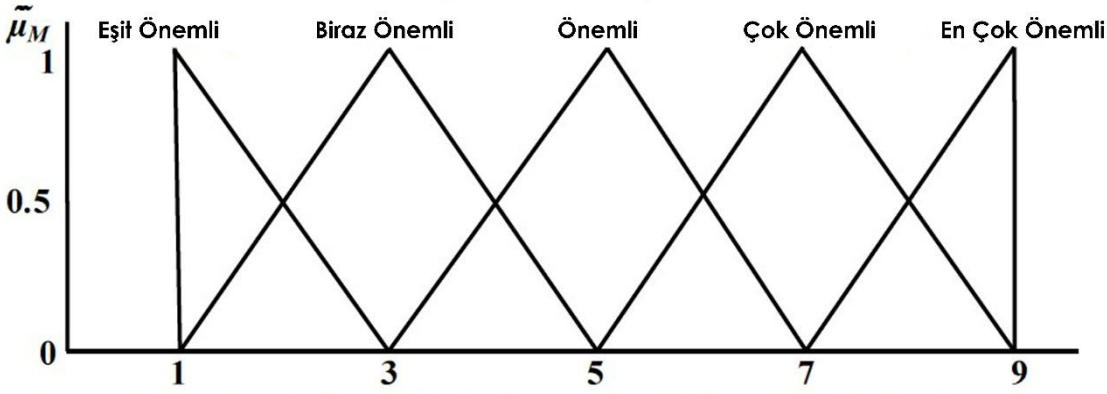
Üçgen bulanık sayılarda birçok farklı işlem tanımlanmıştır. Ancak bu yöntemde kullanılacak olan temel işlemler aşağıda verilmiştir:

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$ olmak üzere M_1 ve M_2 iki bulanık sayı olsun. Bu sayılara ait matematiksel işlemler;

1. Toplama İşlemi: $M_1 + M_2 = (l_1, m_l, u_1,) + (1_2, m_2, u_2) = (l_1+1_2, m_l+ m_2, u_1+ u_2)$

2. Çarpma İşlemi: M_1 x M_2 = (l_1, m_l, u_1,) . (1_2, m_2, u_2) = ($l_1.1_2$, m_l. m_2, u_1. u_2)

3. Tersini Alma İşlemi: $(M_1)^{-1}$ = (l_1, m_l, u_1,)$^{-1}$ ~ (1/ u_1, 1/ m_l, 1/ l_1) şeklinde tanımlanmıştır. Kriterlerin ikili karşılaştırılması sırasında kullan "ılacak dilsel değişkenlerin Üçgen Bulanık Sayılardaki (TFN) karşılığı Şekil 3. 9 ve Çizelge 3. 4'deki gibidir.



Şekil 3. 9. Dilsel Değişkenlerin Üçgen Bulanık Sayı Karşılıkları

Çizelge 3. 4. Bulanık Değer Skalası

TFN Değerler	Değerlerin Dilsel Karşılıkları
(1,1,1)	Eşit Önemli (EÖ)
(2,3,4)	Biraz Önemli (BÖ)
(4,5,6)	FazlaÖnemli (FÖ)
(6,7,8)	Çok Fazla Önemli (ÇFÖ)
(8,9,10)	En Çok Önemli (EÇÖ)

- **Algoritma**

Chang'in BAHP için geliştirdiği genişletilmiş analiz yönteminin uygulama adımları aşağıdaki gibidir:

X = {x 1, x 2,…,x n} bir nesne kümesi ve U = {u 1, u 2,…., u m} bir hedef kümesi olsun. (Chang D. , 1992) ve (Chang D. , 1996) ya göre, her bir nesne her bir hedef için, (g_i), sırasıyla analiz edilir. Bu nedenle m genişletme analizinde her nesne için değerler;

M_{gi}^1 , M_{gi}^2 , ..., M_{gi}^m , i = 1,2,3,….., n buradaki tüm M_{gi}^j ler j = (1, 2, 3,…, m) parametrelerin en düşük, en olası ve en yüksek değerlerini gösteren üçgen bulanık sayılardır ve *l, m, u* ile gösterilmiştir. Chang'in genişletilmiş analiz metodu aşağıdaki 4 adım izlenerek uygulanabilir:

1. Adım: i nci nesneye göre bulanık genişletme değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} \quad \text{x} \quad \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} \qquad \text{Denklem (3.8)}$$

$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}$ yi elde etmek için m adet büyüklük analizi değerinin bulanık toplamı aşağdaki gibidir:

$$\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j} = \left[\sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{lj}, \sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{mj}, \sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{uj}\right] \qquad \text{Denklem (3.9)}$$

$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1}$ yi elde etmek için ise M_{gi}^{j} j=(1, 2,…., m) değerlerinin bulanık toplamı şu şekilde hesaplanır:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{gi}^{j}\right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{uj}}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{mj}}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{m} \boldsymbol{lj}}\right] \qquad \text{Denklem (3.10)}$$

2. Adım: $\widetilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\widetilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ iki üçgensel bulanık sayı olarak $\widetilde{M}_2 \geq \widetilde{M}_1$

eşitliğinin olabilirlik derecesi aşağıda verilmiştir.

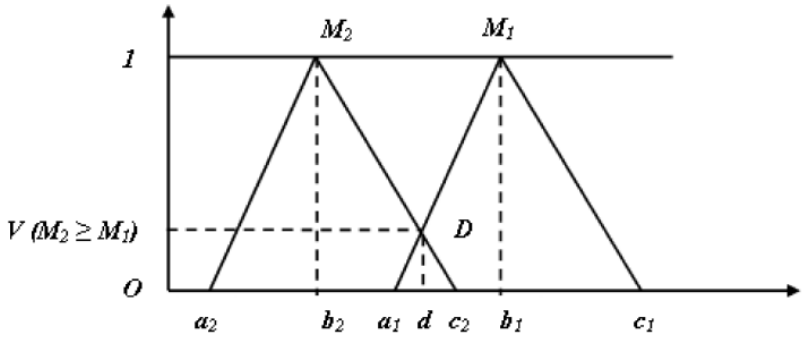
$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ durumunun olabilirlik derecesi

$$V(\widetilde{M}_2 \geq \widetilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} \lfloor \min(\mu_{\widetilde{M}1}(x), \mu_{\widetilde{M}2}(y)) \rfloor \qquad \text{Denklem (3.11)}$$

Ve eşitlik aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$V(\widetilde{M}_2 \geq \widetilde{M}_1) = hgt(\widetilde{M}_1 \cap \widetilde{M}_2) = \begin{cases} 1, & m_2 > m_1 \\ 0, & l_1 > u_2 \\ \dfrac{l1 - u2}{(m2-u2)-(m1-l1)}, & diğer \end{cases} \qquad \text{Denklem (3.12)}$$

Burada d, μM_1 ve μM_2 nin arasındaki en yüksek kesişme noktası D'nin koordinatıdır (Şekil 3. 10).



Şekil 3. 10. M1 ve M2 nin Kesişimi

M_1 ve M_2 'yi karşılaştırmak için, hem V (M 1 ≥ M 2) hem de V (M 2 ≥ M 1) olmalıdır.

3. Adım: Konveks bir bulanık sayının k konveks bulanık değerinden daha büyük olma olasılığı M_i (i = 1,2,… .., k) aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

$V(M = M_1, M_2, \ldots, M_k) = V[(M = M_1) \text{ ve } (M = M_2) \text{ ve } \ldots (M = M_k)]$

$= \min V(M = M_i), (i = 1, 2, 3, \ldots, k)$

Yukarıdaki eşitlik sağlandığı takdirde şu varsayımlar yapılmaktadır:

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$, $k = 1, 2, 3, \ldots, n; \neq i$ olduğu takdirde ağırlık vektörü

$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \ldots, d'(A_n))^T$, $A_i = (i = 1, 2, 3, \ldots n)$

4. Adım: Normalize edilmiş ağırlık vektörlerinin normalize edilmesi aşağıdaki eşitlikle gösterilir:

$W = (d(A_1), d(A_2), \ldots, d(A_n))^T$ Denklem (3.13)

burada W artık bulanık bir sayı değildir.

BAHP'nin adımları tamamlandıktan sonra, kriterlerin göreli önemlerinin anlamlı olup olmadığını irdelemek için AHP'nin tutarlılık analizi işlemi yapılması gerekmektedir. Yargı tutarsızlıklarını kontrol etmek için Tutarlılık analizi, AHP yönteminde uygulandığı şekilde Denklem (5) ve Denklem (6) kullanılarak yapılacaktır. RI (Rastgele İndeks), n'ye bağlı olan deneysel bir değerdir ve Çizelge 3.3'te verilmiştir. Tutarlılık Oranı (CR) 0.1'den küçükse, matrisin makul olduğu kabul edilebilir ve karşılaştırma matrisinden elde edilen önem ağırlıkları anlamlıdır. Ancak CR bu eşik değerini aşarsa, o zaman elde edilen matristeki kararlar gözden geçirilmelidir.

BÖLÜM 4

BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNİN SAĞLIK YAPILARINDA YAPIM SİSTEMİ SEÇİMİ PROBLEMİNE UYGULANMASI VE BULGULAR

Yapım sistemi seçiminde karar verme sürecini etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bu çalışmada Bölüm 5'te ele alınan yapının 1.ve 2. derece deprem bölgesinde yer alması, yapının acil durumda kullanımı, yapım sistemlerinin finansal, çevresel, sosyal vb. yönlerden farklı özelliklere sahip olması problemin çok girdili ve iyi yönetilmesi gereken bir süreç olduğunu göstermektedir. Bu sürecin yönetiminde bulanık zihinle ilişkilendirilen göreli önem belirleme metodu gibi, kriterlerin önem değerlerinin belirlenmesinde kullanıcı zihninin çalışma prensibine uygun karar verme metodu oluşturacak bir çözüm yöntemine ihtiyaç duyulmuştur. Bu sebeple, BAHP yöntemi bu sürecin çözümünde kullanılacak karar verme yöntemi olarak belirlenmiştir.

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi

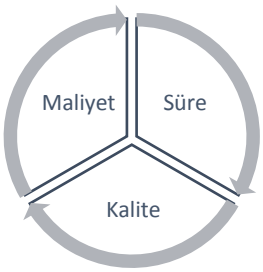
Endüstrileşmeyle birlikte gelişen teknolojiye bağlı olarak yapı üretim sürecinde, kaynak, yapı malzemesi ve yapım sistemi imkânları hızla artmaktadır. Bu durum birçok seçim kriteri ve sorununu beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada, yapım sistemi seçimi sorunlarına çözüm getirmek amacıyla problem çözüm süreciyle ilgili olarak iki konu ele alınmıştır. Bunlar;

- Yapım sistemlerinin, belirlenen temel kriterler açısından özelliklerinin incelenmesi/değerlendirilmesi,
- Aynı işlevleri sağlayacak yapım sistemleri arasından en iyi/en uygun olanının belirlenmesi için bir karar verme yöntemi geliştirilmesidir.

Bir yapının inşasında, öncelikli hedefler, projenin istenilen zamanda, maliyette ve kalitede tamamlanmasıdır. İnşaat endüstrisindeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak, aynı amaca hizmet eden farklı yapım teknikleri, malzemeler ve ekipmanlar kullanılmaktadır. Planlama sürecinde söz edilen bu farklı yapım teknikleri, malzeme ve ekipman göz önüne alınarak alternatifler üretilir, değerlendirilir ve en uygun olanı seçilir (Bennett, 2003). Böylece planlama süreci, belirli bir amaç için en iyi alternatifin seçimi olarak tanımlanan bir karar verme sürecine dönüşür (Chong & Zak, 2001). İnşaat projelerinin üçlü belirleyicisi olarak maliyet, süre ve kalite, birbirine bağımlı ve birbirleriyle çatışan hedeflere sahiptir. Kaynakların sınırlı olması söz konusu olduğunda, maliyet, süre ve kalite üçlüsünün bir arada bulunması, karmaşık ve dinamik bir sorundur. Ayrıca inşaat projelerinin ve alternatiflerin belirsizliği, karar verme sürecini daha da karmaşık hale getirmektedir (Kazaz, Ulubeyli, Er, & Açıkara, 2016).

İnşaat yöntemlerinin seçimi uzman tercihine dayalı çok kriterli bir karar verme problemi (ÇKKV) olarak görülmektedir (Akadiri, Olomolaiye, & Chinyio, 2013). Çatışan hedeflerin varlığı söz konusu olduğunda ve optimal bir karar verilmesi gereken durumlarda ÇKKV yöntemleri uygulanmaktadır: Kaliteyi en üst düzeye çıkarırken maliyetleri en aza indirgeme ve üretkenliği en üst düzeye çıkarırken emisyonları en aza indirme arasındaki ilişki, ÇKKV sorunlarının birkaç örneğidir. Bu karar verme sürecinin sonunda elde edilen bulgu, ele alınan kriterler arasında en kabul edilebilir ilişkiyi temsil eden bir alternatiftir (Ebrahiminejad, Shakeri, Ardeshir, & Zarandi, 2018).

İnşaat projelerinde verimlilik, projenin iyi yönetilmesiyle sağlanabilir ve proje yönetiminde, süre ve maliyet gibi kaynakları proje gereksinimlerine göre en uygun şekilde ve miktarda kullanmak esastır. İnşaat projesi yönetiminin ana görevi projenin süre, maliyet ve kalite şartlarını sağlamaktır (Royer, 2000) (*Şekil 4. 1*).



Şekil 4. 1. Proje Yönetimi Üçgeni (Royer, 2000)

İnşaat Projesi yönetiminin bir alt süreci olarak yapı üretimi ise, planlamadan kullanım aşamasına kadar geniş bir süreçtir. Kaynak kullanımı bakımından sürecin en önemli aşaması olan yapım aşamasında, verimlilik ölçütlerinin dikkate alınmasıyla üretime katkılarının artırılması, uygun yapım teknolojilerinin seçimini gerektirir (Esirgen & Gültekin, 2005). Yapım sistemi alternatiflerinin endüstrileşmiş sistemler arasından yapılması, genel olarak endüstrileşme kavramı çerçevesinde, yapı üretiminde sosyal, teknik ve ekonomik dinamiklere bağlı kriterler doğrultusunda bir seçim yapılmasını gerektirmektedir. Bununla birlikte bu seçimde yapının işlevi de önemli bir girdi olarak karşımıza çıkmaktadır. Sağlık yapıları, birincil öneme sahip yapı türleri olarak, artan nüfus artışı ile birlikte insan sağlığının korunmasına yönelik çalışmalarla değişim ve gelişimini göstermiştir. Geçmişte bu yapılar, vakıflar veya özel kuruluşlar tarafından yapılırken, zamanla devlet tarafından kurulmaya başlanmıştır (Mutlu, 1973). Sağlık hizmetlerinde gerçekleştirilen çalışmalarla 2003 yılında hayata geçirilen "Sağlıkta Dönüşüm Programı" ile sağlık hizmetlerinin ve sağlık yapılarının "Kamu Hastaneleri Birliği" çatısı altında toplanması sağlanmıştır (Yıldırım, 2013). Böylece devletin sağladığı sağlık hizmetlerinin standartlaşması ve ülkenin her yerinde belirli bir seviyeye getirilmesi sağlanmıştır. Buna karşın, mevcut bazı hastane yapılarının zamanla doğal afetler sonucu zarar görmesi, mekânsal olarak ihtiyaçları karşılayamaması, değişen yönetmelik, şartname vb. kurallara uymaması gibi sebeplerle, AFAD kurumu ve Sağlık Bakanlığı işbirliğiyle, bu yapılarda dönüşüm kararı alınmıştır. Bu kararla, yeniden inşa edilmesi planlanan hastane yapıları, asgari tasarım standartları kapsamında, başta Deprem Yönetmeliği olmak üzere birçok zorunluluk gözetilerek tasarlanması ve inşa edilmesi planlanmıştır.

4.2. Hiyerarşinin kurulması

Bir yapının farklı yapım sistemleriyle üretimi, yapının maliyeti başta olmak üzere farklı birçok kriterlerin (sosyal, çevresel, vb.) de içinde bulunduğu bir süreci etkilemektedir. Her kriterin göreli öneminin belirlenmesinde her bir uzmanın karar verme sürecinde alternatiflerden birinin seçimi, hem nicel hem de nitel kriterleri içeren çok kriterli bir karar verme problemidir. Özellikle çevresel ve sosyal faktörlerle ilgili olarak karar vericilerin zihninde, nicel değerler genellikle kesin olarak tanımlanmamıştır.

(Gluch & Baumann, 2004), çeşitli yapım sistemlerini karşılaştırırken, malzeme, süre, işçilik ve nakliye maliyetlerinin dikkate alındığını açıkça belirtmiştir. Chen, Okudan ve Riley, 16 ekonomik kriter, 8 sosyal kriter ve 9 çevresel kriterden oluşan farklı proje paydaşlarının gereksinimlerine göre 33 performans kriteri belirlemiştir (Chen, Okudan, & Riley, 2010). Pan, Dainty ve Gibb, maliyet, zaman, kalite, sağlık ve güvenlik, sürdürülebilirlik vb. altında gruplanan 50 kriter geliştirmiş, ancak maliyet kriterini en önemli kriter, sürdürülebilirlik, süre ve lojistiği ise daha az önemli kriterler olarak belirlemiştir (Pan, Dainty, & Gibb, 2012). Bansal, Biswas ve Singh, yerinde yapım ve ön yapım sistemlerin karşılaştırıldığı çalışmasında 3 ana kriter altında toplamda 33 kriter belirlemiştir (Bansal, Biswas, & Singh, 2017).

Bu çalışmada ise, kriterlerin (ana ve alt) ve alternatiflerin belirlenmesi, literatür araştırması, yüz yüze görüşme ve pilot anket çalışması olmak üzere 3 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir.

I. İlk aşamada, yapım sistemi seçimi konusunun ele alındığı akademik çalışmalar, yapı fonksiyonundan bağımsız olarak incelenmiştir. Bu çalışmalarda irdelenen, yapım sistemi seçiminde etkili olabilecek kriterler ve alternatifler listelenmiştir.

II. İkinci aşamada, yapı fonksiyonu göz önünde bulundurularak, hastane yapılarının planlanma, uygulama ve denetleme aşamalarında TC Sağlık bakanlığı'nda aktif rol oynayan kişilerle görüşme yapılarak bu kriterlerin irdelenmesi, ana ve alt kriterler olarak düzenlenmesi ve görüş ve öneriler doğrultusunda yeni kriterlerin eklenmesi sağlanmıştır (TC Sağlık bakanlığı, 2017).

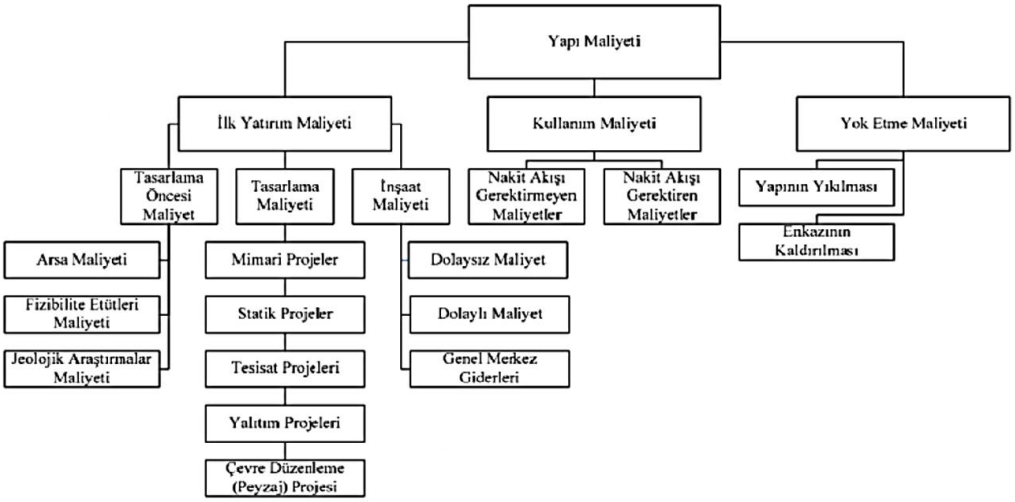
III. Üçüncü aşamada, bu kriterlerin ve alternatiflerin hastane yapıları için uygunluğunu belirlemek ve eksiklerin, hataların geri besleme (feedback) yoluyla tekrar değerlendirilmesi amacıyla, akademik ve uygulama alanında farklı meslek dallarındaki (mimar, inşaat mühendisi, şantiye şefi, müteahhit, çevre mühendisi, vb.) uzmanlardan oluşan bir gruba pilot anket çalışması yapılmıştır.

Bu değerlendirme sonucunda ortaya çıkan istatistiksel veriler, ikili karşılaştırmalar ve geri besleme yoluyla alınan öneriler doğrultusunda kriterler çeşitlendirilmiş ve/veya daraltılmıştır. Toplamda 6 ana kriter ve 19 alt kriterler

belirlenmiştir. Ana kriterler, ekonomi, süre, performans, çevresel ve sosyal kriterler olarak belirlenmiştir. Alt kriterler ana kriterler altında aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

❖ ***Maliyet Kriteri***

Maliyet, bir işletmenin ana faaliyet konusuna ya da temel işletme amacına yönelik olarak tüketilen tüm mal ve hizmetlerin para birimi ile ölçülen değeridir (Kuruoğlu M. , 2003). Özpeynirci, bir yatırım projesinin toplam maliyetinin, yapılacak harcamaların amacı, tekrarlanma durumu ve projenin ömrü düşünüldüğünde, yatırım harcamaları ve işletme giderleri olarak ikiye ayrılabileceğini belirtmiştir (Özpeynirci, 2001). Kuruoğlu, Yönez, Topkaya ve Çelik ise bir yapının maliyet bileşenlerini genel olarak ilk yatırım, kullanım ve yok etme maliyetleri olmak üzere üç grupta toplamıştır (Kuruoğlu, Yönez, Topkaya, & Çelik, 2012) (Şekil 4.2).



Şekil 4. 2. Yapı Maliyeti Grupları (Kuruoğlu, Yönez, Topkaya, & Çelik, 2012)

İlk yatırım maliyeti, projenin inşa edileceği konumdaki fizibilite çalışmaları, arsa maliyetini, tasarlama maliyeti yapının mimari, statik, tesisat, peyzaj vb. giderlerinden, inşaat maliyeti ise dolaylı ve dolaysız maliyet ile genel merkez giderlerinden oluşmaktadır. Kullanım (işletme) maliyeti, yapının kullanım ömrü boyunca işlevine bağlı olarak gerektirdiği giderleri kapsar. Bu giderler arasında hammadde, yardımcı madde, işletme malzemesi, genel giderler, yakıt, bakım onarım, işçilik-personel ve satış giderleri gibi işletmenin çalışmalarını sürdürebilmesi için yapmış olduğu harcamalar bulunmaktadır. Yok etme maliyeti ise kullanım ömrünü tamamlamış yapıların, yıkımı ve

enkazın kaldırılması aşamalarını kapsamaktadır. İnşaat maliyeti toplamına, genel olarak binanın işlevi, üretim yöntemi, üretilen sistemin nitelik ve kalitesi, binanın büyüklüğü ve teknoloji gibi faktörler etki etmektedir (Özpeynirci, 2001).

Bu çalışmada maliyet kriteri kapsamında belirlenen alt kriterler, inşaat maliyetini esas almaktadır. İnşaat maliyeti, bir yapının uygulanması için yapılması gerekli harcamaların tümünü kapsar. Bu maliyet türü, tüm iş kalemi giderlerinin oluşturduğu dolaysız maliyet ile birlikte yapının uygulanması için yapılan diğer harcamaların oluşturduğu dolaylı maliyet ve genel merkez giderlerinden oluşmaktadır. Dolaysız maliyetler ise inşaat kısmındaki maliyetin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır ve inşaat iş kalemlerinin içerdiği işgücü, malzeme ve makine-ekipman masraflarından oluşmaktadır (Kuruoğlu, Yönez, Topkaya, & Çelik, 2012) (Şekil 4.2). Malzeme, iş gücü, nakliye ve zorunlu ekipman maliyetleri aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

❖ *Malzeme Maliyeti*

Malzemenin türü ve miktarı *y*apının inşa edileceği sisteme bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte yapının büyüklüğü, geometrisi, kat adedi, bulunduğu deprem bölgesi ve deprem yükü hesabı gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Yapım sistemleri alternatifleri içerisinde bulunan beton, demir, çelik vb. malzemeler, malzeme maliyeti hesabında günümüz finansal dinamiklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Genellikle bir yapının malzeme maliyeti hesabında etkili hesap kalemleri Çizelge 4. 1' de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Malzeme Maliyeti Kalemleri

İş Tanımı	**İş Kalemi**	**Açıklama**
Temel ve zemin altı katlar kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri malzeme maliyetleri	Temel, kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme/çelik işleri
Zemin üstü katlar (üstyapı) kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri malzeme maliyetleri	Kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme/çelik işleri

Genel olarak betonarme bir yapının, inşaat maliyeti incelendiğinde, üst yapı maliyetinin, yapının toplam maliyetinin %10-15'ini oluşturduğu bilinmektedir. Bu maliyetlerin ise genellikle kalıp, takviye, beton, yüzeylerin onarımı ve geriye kalan prefabrike parçalar olduğu görülmektedir.

Yapıdaki malzeme maliyeti oranlarının araştırıldığı bir çalışmada Löfgren, Gylltoft, & Kutti, malzeme maliyetlerinin inşaat maliyetleri içerisindeki oranı yerinde dökme betonarme bir sistemde beton maliyeti %30, kalıp maliyeti %14, donatı maliyeti ise %10 olarak verilmiştir. Aynı çalışmada işgücü maliyeti için dağılımlarda ise en yüksek yüzde oranı %18 ile kalıp işçiliğine aittir. Dolayısıyla donatı ve kalıp en çok emek-yoğunluklu faaliyetler iken, beton malzeme maliyetlerin ana bölümünü oluşturmaktadır (Löfgren, Gylltoft, & Kutti, 2018).

Malzeme maliyetinin değişkenliğini etkileyen önemli etkenlerden biri de tasarlama maliyeti içerisinde yer alan statik projeye bağlı deprem yükleridir. Yapıların deprem bölgelerine göre statik analizinde ve inşasında, deprem parametrelerinin artışının, taşıyıcı sistemi oluşturan yapı elemanı boyutları ve kaba inşaat metrajının değişimiyle doğru orantılı olduğu bilinmektedir.

- *İş Gücü Maliyeti*

İş gücü maliyeti, inşaat giderlerinin hesaplanmasında önemli bir değişkendir. Bununla birlikte işi yürüten kişilerin çalışma saatleri ve işi yürütmede kullanılan makineler gibi faktörler toplam maliyeti etkilemektedir. Genel olarak yapının bulunduğu konumdaki işçilik ve malzeme temini maliyetlerini, yüklenici firmaların, büyük hacimli ve işlevli yapılardaki deneyimi, hem işin süresini hem de maliyetini büyük oranda etkilemektedir (Türkel & Ergen, 2016). Malzeme ile birlikte işgücü maliyetlerinin dağılımı, projeler arasında farklılık göstermektedir. İnşaat sürecindeki finansal dinamikler, malzeme fiyatını ve işgücü maliyetini etkilemektedir. Ancak, işgücü maliyetlerinin dağılımı temel olarak inşaatta kullanılan yöntemlere ve ekipmana bağlıdır.

Yapılan bir araştırmada Löfgren & Gylltoft, işgücü maliyetinin, yerinde dökme betonarme çerçeve sistem ile inşa edilen bir yapı için, (kalıpların hazırlanması ve sökülmesi, donatı yerleştirilmesi ve betonun dökümü), yaklaşık olarak malzemenin maliyetinin yaklaşık % 40'ı kadar olduğu belirtilmiştir (Löfgren & Gylltoft, 2001),

Bir yapının genel olarak işçilik maliyeti hesabındaki hesap kalemleri Çizelge 4. 2’ de verilmiştir.

Çizelge 4. 2. İş Gruplarının İşçilik Maliyeti Hesap Kalemleri

İş Grubu	İş Kalemi	Açıklama
Temel ve zemin altı katlar kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri işçilik maliyetleri	Temel, kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme, çelik işleri
Zemin üstü katlar (üstyapı) kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri işçilik maliyetleri	Kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme, çelik işleri

Ayrıca işgücü maliyeti hesabı yapılırken, hava koşulları tahmini, iş gücünün verimli bir şekilde kullanılabilirliği, grevlerin, ulaşım gecikmelerinin, tasarımın ve inşaat hatalarının tehlikeleri dikkate alınmalıdır (Bauman, 1960). İnşaat faaliyetlerinin belirli bir süreklilikle devam ettiği illerde, yapım sistemlerine göre özelleşmiş inşaat firmaları faaliyet göstermektedir. Genellikle İstanbul, Ankara vb. büyükşehirlerde bu firmaların kendi kalifiye işçi ekipleri bulunmakta ve firmanın bulunduğu iller dışında faaliyet gösterdiği görülmektedir. Yapının, şehir dışında bulunan bir firma tarafından inşası, özellikle, işçilik birim maliyetlerinin daha fazla olmasına sebep olmaktadır. Şehir dışından tedarik edilecek olan kalifiye işçilerin inşaat süresi boyunca temel ihtiyaçlarının karşılanması da işgücü maliyetini arttıran önemli bir etkendir.

❖ *Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti*

Yapının bulunduğu konum, yapı malzemeleri ve ekipmanlarının nakliyesini gerektiren önemli bir faktördür. Malzemenin bu konumda üretilebilir olup olmaması, başka bir şehirde üretilen malzemenin, yapının bulunduğu konuma getirilmesinde kullanılacak araç, iki konum arası mesafe ve yakıt ücretleri, nakliye ve zorunlu ekipman maliyeti hesaplanmasında etkili faktörlerdir. Bununla birlikte yapım sistemi alternatiflerine bağlı olarak, sahadaki iş kalemlerinin gerektirdiği ekipman gereksinimi değişebilmektedir. Yerinde yapım sistemleri ile prefabrik sistemler arasında, ekipman türü, sayısı, kiralama ücreti/saat oranı farklılık göstermektedir.

Bir yapının genel olarak kaba inşaatta gerekli yapım işleri ve bu işler için gereken nakliye zorunlu ekipmanlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 4. 3).

Çizelge 4. 3. Nakliye ve Zorunlu Ekipman Kalemleri

İş Grubu	İş Kalemi	Açıklama
Temel ve zemin altı katlar kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri, Kule vinç kirası, montaj ve demontaj maliyetleri, nakliye maliyeti	Temel, kolonlar, döşemeler, kirişler ve merdivenlerdeki betonarme, çelik işleri
Zemin üstü katlar (üstyapı) kaba inşaat işleri maliyetleri	Kalıp, demir, beton, çelik işleri, Kule vinç kirası, montaj- demontaj ve nakliye maliyetleri	Kule vincin nakliyesi, montajı, kaba inşaat süresince çalışır durumda olması ve demontajı

İnşaat projelerinde, projenin ilk yatırım maliyeti hesabı yapılırken, alt yapıdan üst yapıya kadar olan her aşamadaki tüm finansal girdiler hesaba katılmaktadır.

❖ ***Süre***

Proje yönetimindeki temel 3 kriterlerden biridir. Projenin inşaat süresini işveren belirlerken, yüklenici inşaat sürecini ve lojistiği planlamaktadır. Kısa süreli olarak belirlenen yapım süreleri, genellikle daha yüksek maliyet, daha düşük kalitede ve daha fazla sayıda anlaşmazlık ile sonuçlanmaktadır (Hofstadler, 2010). Genellikle işveren bu sınır koşullarını bilir ve sözleşme ile kararlaştırılan inşaat süresi belirlenirken bu önemli yapım yönetimi parametrelerini dikkate alır. Eğer işveren, bir proje için çok kısa bir inşaat süresi belirliyorsa, bu inşaat süresi, mevcut potansiyelleri daha etkin bir şekilde kullanmak koşuluyla mümkün olabilecektir. Bununla birlikte, hesaplanan verimlilik kayıpları, yapılacak iş için daha yüksek birim fiyatlarının ödenmesiyle sonuçlanabilmektedir.

❖ *Yapım (İnşaat) Süresi*

Üretim hızı parametreleri, işgücü (emek) yoğunluklu faaliyetlerde, ekipman gereksinimi ve üretim miktarlarından elde edilmektedir. Projenin ön planlama aşamasında, inşaat süresi, yapının brüt hacmine göre ortalama olarak tahmin edilebilmektedir.

İşverenin, inşaat yönetiminin getirdiği sınır koşulları yeterince dikkate almadığı veya karar verilen inşaat süresini belirlerken bu koşulları tamamen ihmal ettiği durumlar olabilmektedir. Ancak, sözü edilen sınır koşulları, örneğin, mevcut işçilerin maksimum sayısı veya mevcut makinelerin veya ekipman parçalarının sayısı gibi çıktıları belirleyen parametreleri etkilemektedir. Bina yapımında, mevcut işçilerin maksimum sayısı her

zaman mevcut çalışma alanı ve kullanılabilecek vinç sayısı ile ilişkilidir. Genellikle işçi sayısı tüm inşaat dönemi boyunca sabit kalmaz. İşçi sayısı, proje aşaması ilerledikçe maksimum değere çıkar ve bundan sonra genellikle sabit bir seviyede kalır. Son proje aşaması başladığında ise işçi sayısı düşmeye başlar. İnşaat süreci planlanırken, her işçi için tanımlanmış bir minimum çalışma alanı bulunmaktadır. Minimum çalışma alanı (yapının kat planına göre), inşaat süreci ve lojistik planlaması için önemli bir parametredir (Ferrara, Colombo, Negro, & Toniolo, 2004). Örneğin yerinde dökme betonarme çerçeve yapım sistemi ile üretilen bir yapının şantiyesinde, kalıp, takviye ve beton yerleştirme işleri temel faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin her biri, kullanılan yöntemler, malzemeler ve makineler veya ekipman parçaları ile karakterize edilir. Bir günlük üretim oranını (tüketim oranına ve günlük çalışma süresine bağlı olarak) ortaya koymak için belirli sayıda çalışan gerekir. Diğer faktörlerin yanı sıra, çalışanların verimliliği de günde çalışılan saat sayısına ve mevcut çalışma alanına bağlı olacaktır. Yapılan bir çalışmada Löfgren & Gylltoft, ortalama asgari çalışma alanı işçi başına 30 m² olarak belirlenmiştir (Löfgren & Gylltoft, 2001), Bu süre yapım sistemi türüne ve yapının büyüklüğüne göre değişkenlik göstermektedir.

Yapım süresi, yapım sistemlerine bağlı olarak ön yapım ve yerinde yapım süreleri başlıkları altında incelenebilmektedir. *Ön yapım süresi,* bir yapım sisteminin ön üretim gerektiren süreci tanımlamaktadır. Saha dışı olarak da tanımlanan ön yapım kavramı, binaların, yapıların veya parçaların, son konumlarında kurulmadan önce şantiyeden uzak bir yerde üretildiği ve monte edildiği sistemlerdir (Blismas, Gibb, & Pasquire, 2006). Karar vermede, inşaatta kullanılan malzeme ve yöntemlerin seçimi, inşaat süresinin planlanması için önemlidir. Ön yapım, inşaat programının hızlandırılması, daha güvenli çalışma ortamı, maliyet tasarrufu gibi avantajlar sunabilmektedir (Eastman & Sacks, 2008). Saha dışı üretim olarak bu sistemde üretim teknolojilerinin uygulanmasına izin vermesi, tekrarlı üretim söz konusu olduğundan hem işçilerin hem de firmanın görevinde ve alanda uzmanlaşması, daha verimli bir iş gücü sağlamaktadır. Bununla birlikte katı atık üretiminin azalması, hızlı üretim yapılması, prefabrik bileşenlerin yerinde inşaata göre daha düşük maliyetle inşa edilmesi, daha güvenli bir çalışma ortamı sunması ve fabrikalarda gerçekleştirilen kontrollü faaliyetlerin daha kolay bir şekilde denetlenmesi gibi avantajlar sunmaktadır (Tam V. W., Tam, Zeng, & William, 2007). Bir bütün olarak düşünüldüğünde, insan gücünü azaltma fikri, bir yapım sistemindeki ön yapım süresini

kısaltmayı da desteklemektedir. Ancak ön yapım (prefabrikasyon) sistemlerin, doğrudan üretkenliği arttırmadığı, insan çalışma saatini azaltmayı sağlamadığı da belirtilmektedir (Löfgren & Gylltoft, In-Situ Cast Concrete Building: Important Aspects Of Industrialised Construction, 2001). *Yerinde yapım süresi* ise yapım sisteminin ön üretim aşamasından sonra, üretilen eleman veya malzemelerin, sahada bir araya getirilmesi için harcanan zamanı tanımlamaktadır. Ön üretim olarak tanımlanan yapım sistemleri, büyük oranda fabrikada üretilse dahi, sahaya demonte olarak getirilen ürünlerin birleşimi için belirli bir süre gerekmektedir. Bunun yanı sıra tamamen yerinde üretim yapılan yapım sistemlerinde, makine yerine insan gücünün ağırlıklı olmasının işçiliğin potansiyel verimliliğinin belirli oranda kullanılabildiği, kazaların daha sık meydana gelebildiği ve malzemelerin bir miktarının israf edildiği bilinmektedir.

- *Gecikme Süresi*

Gecikme olayına bağlı olarak yaşanan süre uzatımını ifade etmektedir. *Gecikme,* bir şeyin beklenen zamandan daha sonra yapılması, bir şeyin planlanandan sonra olmasına sebep olma veya zamanında hareket etmemek gibi birden fazla şekilde tanımlanabilmektedir (Nagata, Manginelli, Lowe, Trauner, & Furniss, 2011). Bu tanımlamalar dışında, "bir sözleşmede belirtilen tamamlanma tarihinden sonra veya tarafların bir projenin teslimi için mutabık kaldığı tarihten sonraki zaman aşımı" olarak tanımlanabilir (Assaf & Al-Hejji, 2006). Gecikme, inşaat sektöründe göz önünde bulundurulması gereken önemli bir durumdur. Fugar ve Ayakwah-baah tarafından yapılan bir çalışmada Gana'daki inşaat projelerinde 32 gecikme faktörü tespit edilmiştir (Fugar & Agyakwah-baah, 2010). Bu faktörler; aylık ödeme zorlukları, proje zamanının ve maliyetinin düşük tahmini, yetersiz saha yönetimi, malzeme eksikliği vb. olarak sıralanabilir. Gecikme durumu, ülkelerin gelişmişlik seviyesine göre değişmeksizin hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yaşanan ortak bir problemdir. Fakat teknolojik gelişmelerin gerisinde kalmalarından dolayı gelişmekte olan ülkelerde bu durum daha sık yaşanmaktadır (Kumar, 2016). Türkiye'deki inşaat projelerinin gecikme durumu da diğer ülkelerden farklı olmamakla birlikte, kamu inşaat projelerinin ortalama %20'sinde gecikme meydana gelmektedir (Bayram, Öcal, Oral, & Atiş, 2014).

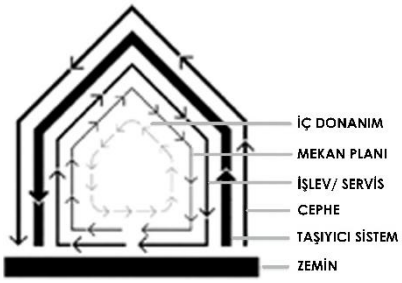
İnşaat projelerinde meydana gelen gecikmeler mazur görülemez gecikmeler, mazur görülebilen telafi edilemez gecikmeler, mazur görülebilen telafi edilebilir

gecikmeler ve eş zamanlı gecikmeler olmak üzere 4 grupta değerlendirilmektedir (Ahmed, Azhar, Kappagantula, & Gollapudi, 2003). Başka bir sınıflandırmada ise kritik-kritik olmayan gecikmeler, mazur görülebilir-mazur görülemez gecikmeler, telafi edilebilir-telafi edilemez gecikmeler ve eş zamanlı-eş zamanlı olmayan gecikmeler olarak 4 grupta sınıflandırılmıştır (Nagata, Manginelli, Lowe, Trauner, & Furniss, 2011). Kritik olma durumuna göre, genel olarak bir projenin teslim tarihinin uzaması sonucunu doğuran gecikmeler kritik gecikmeler, bunun dışında projede maliyet artışına neden olan diğer gecikmeler kritik olmayan gecikmeler olarak kabul edilmektedir. Mazur görülebilme durumuna göre, genellikle yüklenicinin kontrolünde olmayan veya bir şekilde öngörülemeyen sebeplerle meydana gelen gecikmeler mazur görülebilir gecikmeler olarak kabul edilmektedir. Bu gecikmeler mücbir sebepler, sosyal olaylar, doğal afetler, işveren kaynaklı değişiklikler, tasarımda ve şartnamelerdeki hatalar veya ihmaller, değişken saha koşulları, olumsuz hava koşulları, dış kurumlar tarafından müdahaleler vb. sayılabilir (Nagata, Manginelli, Lowe, Trauner, & Furniss, 2011). Mazur görülemez gecikmeler ise yüklenicinin kontrolünde olup öngörülebilen olaylardan kaynaklı olarak projenin bitiş tarihini uzatan gecikmelerdir. Bu gecikmeler; yönetimsel hatalar ve kötü planlama, koordinasyon eksikliği, yetersiz denetim, yüklenicinin finansal problemi, malzeme tedarikindeki gecikmeler, kalifiye olmayan veya düşük üretkenlikteki işçilerden kaynaklı gecikmeler, iklim koşullarına karşı tedbir almamaktan kaynaklı gecikmeler vb. sıralanabilir (Nagata, Manginelli, Lowe, Trauner, & Furniss, 2011). Telafi edilebilme durumlarına göre; projenin bitiş tarihinin işveren veya tasarımcıların doğrudan sorumluluğunda olmayan sebeplerle geciktirilmesi telafi edilemeyen gecikmelerdir. Bunlar doğal afetler, salgın hastalıklar, savaş durumu, grevler, ambargo durumu, beklenmedik hava koşulları vb. sebeplerden kaynaklanan gecikmelerdir. Tazmin edilebilir gecikmeler ise proje tasarımında yaşanan gecikmeler, işverenin tasarımda ve malzemelerde değişiklik yapması, yanlış bilgi verilmesinden kaynaklı gecikmeler, projenin ertelenmesi veya askıya alınması gibi sebeplerden kaynaklanan gecikmelerdir. Eşzamanlı gecikmeler ise, birden fazla gecikmenin aynı veya farklı zamanlarda meydana gelmesi ancak etkisinin aynı zamanda görüldüğü gecikmelerdir (Nagata, Manginelli, Lowe, Trauner, & Furniss, 2011).

❖ *Kullanım Süresi*

Yapı malzemelerinin yaşam süresi, mimarlık alanında işlevsel uzun ömürlülük, estetik uzun ömürlülük, teknik dayanıklılık gibi farklı şekillerde tanımlanmaktadır (Celadyn, 2014). Her yapı malzemesi ve bileşeni, içte ve dışta zarar verici faktörlerin uyguladığı etkilerin sonucunda kademeli olarak yıpranmaya maruz kalmaktadır. Günümüzde farklı ülkelerde, bina kullanım ömürleriyle ilgili farklı durumlar ortaya çıkmıştır Avrupa'da ticari yapıların kullanım süreleri giderek azalmış, bu süreç, 19. yüzyılda yeni işlev gereksinimleri ve yasal düzenlemelere uygun yapılar inşa etme ihtiyacıyla hız kazanmıştır. Buna karşın Japonya'da binaların ortalama dayanıklılık süresi yalnızca 30 yıl olarak düşünülmektedir. Bu gibi kısa süreli kullanım ömürleri, her yeni nesil için yeni yapı yapma gereksinimiyle sonuçlanmaktadır. Dolayısıyla uzmanlar, kısa süreli kullanım ömürlerinin çok büyük çevresel, sosyal ve maddi sorunlar doğuracağını ortaya koymaktadır.

Yapının varlığını sürdürebilmesi açısından, yukarıda sözü edilen dayanıklılık türlerinden en önemlisi teknik dayanıklılıktır. Binaların teknik dayanıklılık sorununun analizi bütünsel bir yaklaşıma ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Dolayısıyla binaların kullanım ömürlerini belirleyen çok sayıda faktörler ve yapının bileşenleri arasındaki bağlantının mantıksal bir sistem gibi görülmesi gerekmektedir. S. Brand tarafından ortaya konan ve binanın katmanlı yapısını ve bu katmanların dayanımlarının şematize edildiği diyagramdan da görüldüğü üzere, bina üzerindeki en güçlü etki binanın teknik dayanımı ve kabuğu üzerindedir (Brand, 1994)(*Şekil 4. 3*).



Şekil 4. 3. Yapı Katmanları Diyagramı (Brand, 1994)

Diyagramda verilen her katmanın bileşenleri ve kullanım ömürleri *Çizelge 4. 4*'te verilmiştir. Buna göre taşıyıcı sistem ve bileşenlerinin ortalama kullanım ömürleri 50-60

yıl arasında tanımlanmaktadır. Yapının bulunduğu konumdaki çevresel koşullar, genellikle yapının kullanım ömrünü azaltıcı bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Celadyn, 2014). Bunun yanı sıra taşıyıcı sistemin malzemesi, yapının bulunduğu konumun fiziksel-çevresel koşulları gibi etkenler, yapının kullanım ömrünün tanımlanmasında belirleyici rol oynamaktadır.

Çizelge 4. 4. Yapı Katmanlarının Bileşenleri ve Kullanım Ömürleri

Katman	**Bileşenler**	**Kullanım Ömrü (yıl)**
Zemin	Coğrafik Konum, Kentsel Lokasyon	-
Taşıyıcı Sistem (Strüktür)	Temel, Taşıyıcı Elemanlar	30-300 yıl, Ort. 50-60 yıl
Cephe	Dış Yüzey	Ort. 20 yıl
Hizmet (Servis, İşlev)	Teknik Donanımlar	7-15 yıl
Mimari Plan	İç Duvarlar, Tavanlar, Döşemeler	Ticari yapılarda 3 yıl, Konutlarda 30 yıl
İç Donanım	Mobilyalar, Cihazlar	10-20 yıl

Sözü edilen coğrafi konum ve iklim bölgelerine bağlı olarak, en tahrip edici iklimsel faktörler ise; yağış, rüzgâr, güneş ışınımıdır. Bazı çevresel faktörlerin temel yapı malzemelerinin teknik dayanıklılığı üzerindeki etkisi Çizelge 4. 5' te verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Bazı Yapı Malzemelerinin Teknik Dayanıklılığı ve Çevresel Faktörlerin Etkisi (Celadyn, 2014)

	Ana Konstrüksiyon Malzemesi	**Çevresel Etkisi**	**Kullanım Ömrü (yıl)**
Temel durum	Betonarme	Kuru iklim, Değişken değil	60
Malzemedeki Çeşitleri	Yapısal çelik	Kuru iklim, Değişken değil	80
	Yığma ve/veya Ahşap	Kuru iklim, Değişken değil	100
Çevredeki Çeşitleri	Betonarme	Nemli iklim, Değişken değil	40
	Betonarme	Nemli iklim, Değişken değil	30

Buna göre, betonarme taşıyıcı sisteme sahip yapılar, kuru iklimde 60 yıla kadar kullanım ömrüne sahipken, nemli iklimde bu süre 30-40 yıla kadar düşmektedir. Çelik taşıyıcı sisteme sahip yapılar ise kuru iklimde 80 yıl kadar kullanım ömrüne sahip olabilmektedirler.

❖ ***Performans***

Yapım sistemi alternatiflerinin deprem bölgelerinde inşa edilebilirliğini teknik açıdan değerlendiren ana kriterdir. Bu değerlendirmede, taşıyıcı sistemi oluşturan temel malzemenin niteliğini ve uygulanabilirliğini denetlemek adına çeşitli teknik uygulama standartları geliştirilmiştir. Bu standartlar, genel olarak ürün özelliklerinin sınıflandırılması, teknik fonksiyonlar, test yöntemleri vb. yöntemlerle oluşturulmuştur. Yapım sistemlerini oluşturan ana taşıyıcı malzemelerin genel olarak fiziksel ve mekanik özellikleri, Performans kriteri altında ele alınmıştır.

❖ *Ölü Yük*

Bir yapım sistemine etkiyen yüklerin hesaplanmasında, daha önce de bahsedildiği üzere sisteme etkiyen yatay ve düşey yükler temel alınmaktadır. Düşey yüklerin başında yapının öz ağırlığı gelmektedir. Bu ağırlığın hesaplanmasında ise taşıyıcı sistemin kendi yükü (ölü yük) büyük oranda etkili olmaktadır. Ölü (zati) yükler (G), bir yapıya ömrü boyunca etki eden sabit yüklerdir (TS498, 1997). Bir yapıdaki ölü yükler; kiriş, kolon, döşeme gibi taşıyıcı elemanlar ile bu elemanların sıva, kaplama vs. gibi tamamlayıcı unsurlarının ağırlıklardır. Taşıyıcı sistemi oluşturan ana yapı malzemelerinin ağırlıkları genellikle belirlenmiştir. Ancak inşaat ve malzeme sektörünün hızla değişen pazarı sebebiyle, ürünler ve özellikleri değişkenlik gösterebilmektedir. Ancak yapılarda yaygın olarak kullanılan bazı temel yapı malzemelerinin birim ağırlıkları verilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4. 6. Yapı Malzemelerinin Birim Ağırlıkları (Bangladesh National Building Code, Housing and Building Research Institute, 2006).

Malzeme	**Birim Ağırlık (kN/m^3)**
Tuğla	18.9
Beton (taş agregalı)	22.8*
Beton (tuğla agregalı)	20.4*
Ahşap	5.9-11,0
Yapısal çelik	77.0
Çimento	14.7
Alüminyum	27.0
Kuru kum	15.7
*Donatılı beton için, her %1 hacim için, ana donatı miktarına 0.63 kN/m^3 eklenmelidir.	

Yapı malzemelerin ağırlıkları, genellikle kN / m3 veya lbs / ft3 cinsinden ve birim ağırlık olarak ifade edilir. Yapısal bir elemanın analizinde, birim ağırlık, birim alan başına bir yüke veya birim uzunluğuna yüklenmelidir. Bu, malzemenin birim ağırlığıyla çarpılan ve elemanın uzunluğu boyunca yayılan elemanın hacmini (uzunluk ile çarpılan kesit alanı) alınarak belirlenir (DBYYHY, 2007).

❖ *Dayanım*

Yapı malzemelerinin çeşitleri, özellikleri ve nitelikleri, yapılara uygulanabilirliğini, dayanıklılığını ve performansını etkilemektedir. Yapıların sürdürülebilir olarak tasarlanmasında, yapı malzemeleri açısından çevre koşullarına uygun dayanıklılık, inşaat ihtiyaçlarını karşılamak için yeterli bulunabilirlik ve düşük maliyet gerektirmektedir. Bina yapımında ideal özelliklere sahip yapı malzemelerinin genellikle hafif, yüksek mukavemetli, estetik, ısı yalıtımlı, ses emici, su geçirmez, darbeye dayanıklı, yanmaz, toksik olmayan ve verimli vb. olması istenir (Zhang, 2011). Bununla birlikte malzemelerde belirli standartları sağlamak üzere, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan "Yapı Malzemeleri Yönetmeliği" ile yapı malzemelerine uygulanacak kurallar, performans beyanını ve CE işaretlemesi, uygulama ve teknik değerlendirme ve denetime dair usul ve esaslar belirlenmiştir (Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, 2013).

Yapım sistemlerinin dayanım performansı, sistemin ana taşıyıcısını oluşturan malzemenin mekanik özellikleriyle doğrudan ilişkilidir. Çalışmada, yapım sistemi seçenekleri arasında bulunan yerinde dökme betonarme çerçeve sistem, prefabrike betonarme sistem ve tünel kalıp sistemlerin ana taşıyıcı elemanlarını oluşturan malzeme beton ve çeliktir. Beton kompozit ve yarı gevrek bir malzemedir. Betonun mekanik özellikleri ele alınırken en önemli konu betonun basınç dayanımı ve deformasyonudur. Beton gevrek bir malzeme olması sebebiyle yük aktarımı esnasında basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük bir davranış göstermektedir. Betonun çekme dayanımı basınç dayanımına oranla çok daha küçük olduğundan betonarme statik hesaplarda genellikle dikkate alınmamaktadır. Dolayısıyla betonun en önemli özelliği basınç dayanımıdır (Ararat, 2015). Betonun basınç dayanımı ile eğilme dayanımı arasında belirli bir oran bulunmaktadır. Bu oran genellikle 1/10 olarak tanımlanmaktadır (Eğilme dayanımı basınç dayanımının yaklaşık 1/10'u kadardır) (Bozkurt & Karakurt, 2016).

Çelik ise yüksek mukavemete sahip olmakla birlikte, darbe ve titreşim yüklerini taşıyabilme özelliğine sahiptir. Bunun yanı sıra kolay aşınma ve yüksek tamir maliyeti gibi özellikleri çeliğin kendi başına yapılarda kullanımını daha sınırlı hale getirebilmektedir. İnşaatta, çeşitli şekillerde çelikle inşa edilen yapılar yüksek güvenlik ve hafif ölü yüke sahiptir (Zhang, 2011). Beton ve çeliğin bazı mekanik özellikleri Çizelge 4. 7'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Beton ve Çelik Malzemenin Bazı Mekanik Özellikleri (Tangüler, 2014)

Mekanik Özellikler	**Beton (C25)**	**Çelik (S420)**
Basınç Dayanımı (MPa)	25	420
Çekme Dayanımı (MPa)	1.8	420
Eğilme Dayanımı (MPa)	4.0	-
Kopma Dayanımı (MPa)	-	520
Akma Dayanımı (MPa)	-	420
Elastisite Modülü	30.000	200.000

Çeliğin basınç ve çekme dayanımının betona göre yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7). Beton gevrek bir malzeme olduğundan eğilmeye çalışmaz ve eğilme dayanımı düşüktür. Çelik ise sünek bir malzemedir ve eğilme/akma/kopma dayanımı yüksektir. Çeliğin elastisite modülü (elastiklik oranı) betona oranla belirgin şekilde yüksektir. Bunun yanı sıra yangın dayanımı beton malzemenin çeliğe oranla daha yüksektir. Ancak yapım sistemi alternatifleri değerlendirilirken, her iki malzemenin de sahip olduğu olumlu ve olumsuz özellikleri geniş bir kapsamda değerlendirilerek karar verilmelidir.

❖ *Hata Oranı*

Yapıyı inşa etme aşamasındaki kusurlar, her zaman inşaat sektörünün önemli bir endişesi olmuştur. Farklı tekniklerle inşa edilen yapılar, farklı tipte kusurlar oluşturur ve fonksiyona, yapım sistemi türüne ve malzemeye bağlı olarak farklı kalitede üretilebilmektedir. Kusurlu işler, kaliteyi, işçiliği, performansı veya tasarımı ile ilgili şartlarla birlikte, çizimler de dâhil olmak üzere, sözleşmenin açık tanımlarına veya şartlarına uymayan iş olarak tanımlanabilir (Hasana, ve diğerleri, 2016). Fiziksel hasar oluşmadan önce fark edilen kusurların giderilmesi, çoğunlukla kusurlu binalarda maliyetlerin geri kazanılmasında önemli rol oynamaktadır (Hasana, ve diğerleri, 2016).

Yapılan bir araştırmada, hataları düzeltme maliyetinin inşaat sözleşmesi değerinin % 4 ‘üne mal olduğu tespit edilmiştir (Mills, Love, & Williams, 2009).

Eldukair & Ayyub (Eldukair & Ayyub, 1991) ve Whittington, Livingston, & Lucas (Whittington, Livingston, & Lucas, 1992) tarafından yapılan bir sınıflandırmada inşaat alanında meydana gelen kusurlar; bireyle ilgili nedenler (arıza, kaza veya kusura sebep olan aktif hatalar), denetim ve kontrol eksikliği gibi yönetim yetersizliği ile ilgili nedenler, zaman baskısı ve politik kısıtlamalar olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Bireylerle ilgili nedenler, inşaat alanında en sık rastlanan kusurlar arasındadır (Atkinson A. , 1999). Bireyle ilgili nedenlerin (insan hatalarına atfedilen) başarısızlık oranı yüzdesi %75 ile %90 arasında değişmektedir (Atkinson A. , 1998); (Stewart, 1993). Stewart’ın betonarme çerçeve sistem, tasarım ve inşasıyla ilgili yaptığı bir çalışmada, tasarım ve yapımdaki insan hatalarının, performans kayıplarının (yapısal başarısızlık, maliyet aşımları ve gecikmeler gibi) önemli bir oranına neden olduğunu göstermektedir (Stewart, 1993). Çalışmada, insan hatalarının önemli ölçüde yapısal güvenlik kaybına yol açtığı ve bu yapı hatalarının tespit edilmesi ve düzeltilmesinin daha zor olduğu da vurgulanmıştır.

Yapının inşasında, işçilik kusurları, üretim kusurları veya malzemenin üretildiği konumdan inşa edileceği konuma gelmesi esnasında bir takım kusurlar meydana gelebilmektedir. Buna ek olarak, her bir yapım sistemi inşası sırasında farklı tipte kusurların meydana gelmesi söz konusudur. Yapım veya üretim aşamasında meydana gelebilecek her bir kusur, fazladan maliyet oluşturur. Ayrıca kullanım yoğunluğu ve amacı düşünüldüğünde bir hastane yapısı için, yapısal boyutlandırmada meydana gelebilecek ve göz ardı edilecek bir kusurun, depremde büyük hasarlara yol açması olasıdır.

- ***Mimari Faktörler***

Yapı tasarımının bir parçası olarak yapım sistemi ve malzeme seçimi, tasarımın ilk aşamasından itibaren ele alınmalıdır. Bu sayede soyut bir kavram olan tasarım, malzeme ve yapı bilgisiyle somut hale gelmektedir. Yapıların tasarımında öngörülen fiziksel mekân, işlevsellik ve estetik kaygıların birbiri içerisindeki uyumu, çağın teknolojisinin sunduğu imkânlar doğrultusunda uygun yapım sistemleri ve yapı

malzemeleri ile desteklenmektedir. Bu sebeple bu 3 kavram yapım sistemi ve malzemeden bağımsız olarak düşünülemez. Aşağıda bu kavramlardan bahsedilmiştir.

❖ *Fonksiyonellik*

"Fonksiyon" kelimesi psikolojide "işlev" , "yetenek" veya "güç" olarak tanımlanır. Sözlükteki tanımında ise, "özel etkinlik türü" veya "eylem modu" olarak açıklanmaktadır. Yapılarda fonksiyonellik kavramı ise; insan faaliyetlerinin gerçekleştirilebileceği işlevsel bir çerçeve sunma amacıyla ele alınmaktadır (Voordt & Wegen, 2005).

Yapılar genellikle bünyesinde birden çok fonksiyon barındırmaktadır (Zeeman, 1980). Bu fonksiyonlardan; *koruyucu fonksiyon,* insanların ve yapıların zararlı etkilere (rüzgâr ve yağmur, müdahale ve tehlikeler) karşı korunmasını, *alan veya bölgesel fonksiyon,* binaların bireyin başkalarından rahatsızlık duymadan faaliyetlerini sürdürmesini mümkün kılması gerekliliğini, mahremiyeti, güvenliğini esas almaktadır. *Sosyal fonksiyon,* binaların insanların kendi faaliyetlerini sağlık, refah, iletişim ve iyi bir yaşam kalitesi sunarak en iyi şekilde yerine getirebilecekleri alanlar ve mekânlar yaratması gerekliliğini vurgulamaktadır. *Kültürel fonksiyon* ise binanın bulunduğu çevrenin, karakteri ve mekana yansımaları ile ilgili gereksinimleri de karşılaması gerekliliğini konu almaktadır. Kültürel fonksiyon, aynı zamanda estetik, mimari, kentsel tasarım, planlama ve çevresel faktörleri de konu almaktadır.

Hillier & Leaman, bir bina için 4 genel fonksiyonu olduğunu vurgulamaktadır (Hillier & Leaman, 1976). Bu fonksiyonlardan ilki olan, *etkinliklerin mekânsal organizasyonu,* bir yapının mevcut alanını düzgün bir şekilde düzenleyerek istenen faaliyetler için en uygun desteği sağlaması gerekliliğidir. Birbiriyle bağlantılı faaliyetleri bir araya getirerek ve aralarında etkili bir iletişim sağlayarak, birbiriyle çatışması muhtemel olan faaliyetleri ise ayırarak mekân organizasyonu sağlanmalıdır. İkinci fonksiyon *iklim düzenlemesi,* binanın kullanıcı faaliyetlerini ve varlığını sürdürmesi için uygun optimum iç ortamı sağlaması ve bunun için de iç mekân ile dış mekânı ayıran koruyucu bir filtre gerektirdiğini belirtmiştir. Binanın içinde, farklı odaları ayıran veya birbirine bağlayan elemanlar ve her odanın iç ortamının kendi özel kullanımlarına göre ayarlanması mümkün kılınmalıdır. Üçüncü fonksiyon olarak *sembolik fonksiyon,* bir yapının sadece tasarımcının değil, aynı zamanda kullanıcıların da özel fikir ve

beklentilerinin maddi düzenlemesi gerekliliğidir. Dördüncü fonksiyon olarak *ekonomik fonksiyon,* binaların bir yatırım aracı olduğu gerçeği ile binanın sürdürülebilirliği ve yönetim biçiminin ekonomik değere ve dolayısıyla ekonomik bir işleve sahip olduğunu göstermektedir.

Yapı özelinde ele alındığında 4 farklı kategoriye ayrılan fonksiyonlardan, öncelikli olarak etkinliklerin mekânsal organizasyonun sağlanması yapının mimari tasarım aşamasında ele alınmaktadır. Biçimsel fonksiyonelliğe bağlı olarak mekâna uygun yapım sistemi ve malzeme seçiminin de yapının mimari tasarımıyla birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu sayede mekânın işlevine uygun ve kaliteli bir iç ortam sunulması mümkün olabilecektir.

- *Kullanım esnekliği*

Bir taşıyıcı sistemin farklı plan çözümlerine olanak vermesi, fonksiyonun veya teknolojinin getirdiği yenilikler doğrultusunda plan çözümünün değişikliğe uğraması gerekliliği, mekânda kullanım esnekliğinin sağlanmasını gerektirmektedir. Bu konunun çözümü hem tasarımcı hem de kullanıcı açısından önem taşımaktadır. Çünkü binanın, yapıldığı tarihten sonraki yaşam sürecinde bu gibi değişikliklere ayak uydurabilmesi günümüzde yaygınlık kazanan bir amaçtır. Bu nedenle özellikle bölücü duvar konumları ile tesisat bağlantıları ve konumlarında yapılacak değişikliklerin kolayca çözümlenebilmesi önemlidir (Ayaydın & Koman, 2004). Bunun yanı sıra, yapının inşası için sunulan yapım sistemi seçeneklerinden, mekanın gerektirdiği fiziksel boyutları sağlayabilecek (örneğin; mekân içerisinde görsel bütünlüğü bozmadan, geniş açıklıkların noktasal taşıyıcı olmadan geçilebileceği toplantı salonları, giriş-karşılama-fuaye mekanları, vb.) yapım sistemlerinin tercih edilmesi, yapının fonksiyonelliği ve işlerliği açısından önem taşımaktadır. Ancak mevcut yapım sistemleriyle bu koşulu sağlarken, sistemin fiziksel sınırlarını zorlayan koşullar ortaya çıkabilmektedir. Bu durumun maliyet artışına sebep olması halinde, ergonominin sağlanması adına seçeneğin tekrar gözden geçirilmesi gereklidir.

Bir yapının, modüler yapıma olanak verebilecek şekilde inşa edilmesi, olabilecek herhangi bir değişiklikte, mekânda büyük çapta yıkımlara veya tadilatlar sebep olmadan bu değişikliğin sağlanmasına imkân tanır. Söz konusu yapının mimari ögelerinin boyutları modüler olmasa dahi, bu tekniğin sağladığı boyut tekrarları kullanılarak daha

ekonomik çözümler elde edilebilir. Modüler yapıma imkân tanıyan Prefabrike hücre, tünel kalıp vb. yapım sistemleri, , projenin daha kısa bir sürede tamamlanması, toplam maliyetin ve malzeme israfının azaltılması, modülarizasyon ve standardizasyon imkânlarının artırılması ve şantiyede olası iş kazası sayısının azaltılabilmesi gibi birçok yararı vardır (Polat & Damcı, 2007). Ancak Avrupa'da prefabrik sistemler 50 yıldan fazla süredir kullanılırken, Türkiye'de kullanım süresi ve oranı düşüktür. Avrupa'da Prefabrikasyonun inşaat sektöründeki payı %30-50 iken, Türkiye'de %2-3 tür (Amani & Niyazi, 2018). Bu sektörün canlandırılmasıyla ilgili çalışmalar yapılmakla birlikte, tasarımda modülerliğe geçişin hızlanması, kullanım esnekliği açısından da avantaj sağlayabilecektir.

- *Estetik Kaygılar(Biçim)*

Mimari yapı tasarımında teknik şartlar, yönetmelikler vb. koşullar ile birlikte görsel ve estetik kriterler de dikkate alınmalıdır. Yapının mimari tasarımında estetik kriteri, taşıyıcı sistemle birlikte planlandığında, genellikle yapılarda görsel algıyı olumsuz etkilemeyecek şekilde elemanların yerleştirilmesi öngörülmektedir. Bununla birlikte maksimum mekân açıklığın minimum taşıyıcı eleman boyutuyla geçilebilmesi fikri tasarımda ön plandadır. Bir yapının tasarımında estetik kaygılar, bazı durumlarda işlev açısından ikinci planda olabilir. Ancak taşıyıcı sistem açısından bu durum mümkün olamamaktadır (yasal zorunluluklar, yönetmelikler vb.). Dolayısıyla taşıyıcı sistemin olanakları, yapının estetik kriterlerine kısmen sınırlayıcı bir düzen getirebilmektedir.

Yapım sistemlerinin geçebileceği açıklık sınırı maksimum noktaya doğru yaklaştıkça, statik açıdan sistem gerekliliklerini sağlamak adına, taşıyıcı eleman en kesit boyutlarında artış olması beklenmektedir. Bu durum yapının estetik algısıyla birlikte malzeme maliyetini de etkilemektedir. Bu sebeple geniş açıklık gerektirebilecek işleve sahip yapıların tasarımında, yapım sistemi seçeneklerinin temel prensipleri (geniş açıklık geçme performansları, taşıyıcı eleman narinliği vb) göz önünde bulundurularak karar verilmesi ile yapıda sonradan oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçilmesi sağlanabilir.

- ***Sosyal Faktörler***

İnşaat sektörü içerisinde her adımda aktif rol oynayan birey faktörü ile çalışma koşulları, sosyal faktörlerin ele alınması gerekliliğini ortaya koymuştur. Ayrıca inşaat endüstrisinin toplum, çevre, ekonomi ve sosyal olarak kitlesel etkilerinin olduğu bilinmektedir (Zuo, Jin, & Flynn, 2012). Bununla birlikte inşaat sektörünün istihdam yoğunluğu, düşük gelirli ülkelerde, yüksek gelirli ülkelerdekinden daha fazladır (Wells, 2001). İstihdam oranı düşünüldüğünde önemli bir paya sahip olan sosyal faktörler, sosyal sürdürülebilirliğin artmasında da önemli bir rol oynamaktadır (Holmberg & Sandbrook, 1992), (Du Plesis, 2002).

İnşaat sektörü, 111 milyon çalışanı ile dünya çapında en büyük endüstriyel işveren olarak kabul edilmektedir (Wells, 2001). (Talukhaba, Ngowi, & Letlape, 2005). Bir inşaat projesinin çalışanların sosyal uyumunu, sağlığını, güvenliğini ve refahını sağlamasının yanı sıra, insanların refahına olumlu bir iyileştirme yapabileceklerini belirtmiştir.

Sosyal faktörler, yapım sistemlerinin uygulanabilirliği, pazar payı, nitelikli işgücü bulunabilirliği ve çalışanların sağlığı ve güvenliği başlıkları altında ele alınmıştır.

- *Yapım sisteminin Uygulanabilirliği*

Uygulanabilirlik araştırması, İnşaat Endüstrisi Enstitüsü (Construction Industry Institute, CII) tarafından ilk olarak 1987 yılında yapılmış ve uygulanabilirliği, "genel proje hedeflerine ulaşmak için planlama, mühendislik, satın alma ve saha operasyonlarındaki bilgi ve deneyimin optimum entegrasyonu" olarak tanımlanmıştır. Bir başka şekilde uygulanabilirlik, bir tasarımın inşaat kaynaklarının etkin kullanımını kolaylaştırması ve kullanıcı gereksinimleri karşılanırken yapımda kolaylık ve güvenliğin arttırılması olarak ifade edilmiştir (Lam, Chan, & Wong, 2007). Uygulanabilirlik kriteri, tedarik zinciri entegrasyonu, süre yönetimi, yapım süresi, inşa edilebilirlik parametrelerini bir arada barındıran bir kavramdır. Genel olarak, iyi ölçüde uygulanabilirliğe sahip verimli bir yapım yöntemi, yapı malzemelerinin ve tedarikçilerin iyi bir şekildeki yönetimi, mekanik / elektrik hizmetlerinin mükemmel bir şekilde entegrasyonu, sorunsuz bir inşaat süreci ve daha az inşaat süresi anlamına gelmektedir (Chen, Okudan, & Riley, 2010).

CII tarafından uygulanabilirliğin geliştirilmesi için benimsenen 3 temel araştırma mevcuttur. Bunlardan birincisinde, Tatum, Vanegas ve Williams, kavramsal planlama aşamasında tasarımcı ve yüklenici tarafından yapılabilecek katkıya dikkat çekmiştir (Tatum, Vanegas, & Williams, 1986). Bu katkının ise üç yönü önemli olarak tanımlanmıştır: kapsamlı bir proje planı geliştirmek; zemin katmanlarını detaylandırma; alternatif yapım yöntemlerinin prensiplerini dikkate almaktır. İkinci çalışmada O'Connor ve Davis, inşaat bilgisinin mühendislik ve satın alma sırasında nasıl kullanılabileceğini incelemiştir (O'Connor & Davis, 1988). Bu inceleme sonucundaki öneriler; tasarım ve tedarik inşaat odaklı olmalı; tasarımlar verimli inşaatı sağlayacak şekilde yapılandırılmalı; tasarım öğeleri standartlaştırılmalı ve tekrarlanmalı; Montaj, imalat ve montajı kolaylaştırmak için ön hazırlık çalışmalar yapılmalıdır. Tasarımlar kaynak kullanımını teşvik etmelidir; olumsuz hava koşullarında inşa edilmesi kolay olmalıdır ve teknik özellikler, inşaat işlemlerini basitleştirmeye hizmet etmelidir şeklinde olmuştur. Üçüncü çalışma O'Connor ve Davis tarafından yapılmış olup, saha operasyonları sırasında iyi inşa edilebilirlik potansiyelini ele almıştır (O'Connor & Davis, 1988). Bu çalışmada, iyi inşa edilebilirlik için önemli olan ve tüm inşaat projelerinde dikkate alınması gereken yedi konu tanımlanmıştır: saha görevlerinin sıralanması, geçici inşaat sistemleri, el aletlerinin kullanımı, tesis ve ekipman, ön montaj ihtiyaçları, geçici destek tesisleri ve teklif sonrası inşaat tercihleridir. CII, bu üç araştırma çalışmasından elde edilen bilgileri, Yapısallık Kavramları Dosyasına entegre etmiştir. Yaklaşımın özü, bir projenin yaşam döngüsünde erken alınan kararların, projenin nihai sonucunu etkileme potansiyeline sahip olduğu Pareto Prensibini dikkate almaktır (Griffith & Sidwell, 1997).

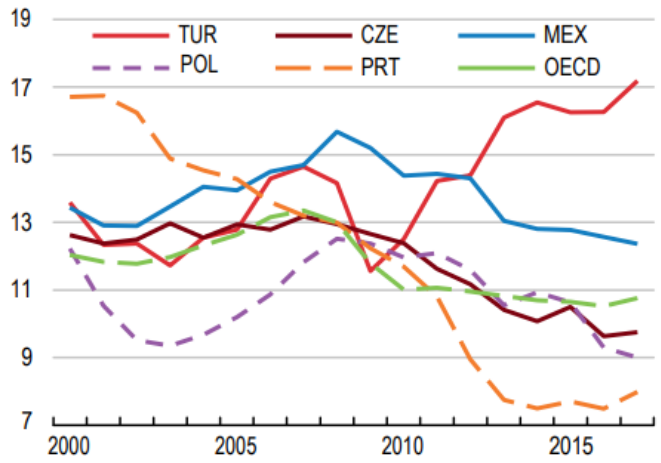
Kavramsal planlama, tasarım, satın alma, inşaat ve kullanım sırasında göz önünde bulundurulan uygulanabilirlik kavramları ve ilkeleri, bina yönetimi sürecinin daha kolay, daha hızlı ve daha uygun maliyetli hale getirebilmektedir. Uygulanabilirlik ilkesi, toplam inşa etme sürecinin kabul görmüş bir yönü haline geldiğinde, kullanıcılara, danışmanlara ve yüklenicilere gerçek faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Yerinde yapım ve prefabrik yapım yöntemleri açısından bakıldığında, prefabrik yapım yöntemlerinin bu sürece olumlu bir katkıda bulunduğu görülmektedir. Örneğin; yerinde dökme yapım sistemleriyle inşa edilen geleneksel binalarda yapı malzemeleri genellikle toptancılardan veya perakendecilerin proje tabanlı alımlarından elde edilir ve bu da yükleniciler ve tedarikçiler arasında uzun vadeli bir işbirliği yapılmamasına neden olmaktadır. Diğer

yandan, prefabrike yapım sistemlerinde, yapı malzemeleri çoğunlukla istikrarlı üreticilerden tedarik edilmekte, seri üretimle toplu miktarlarda alım sağlanmaktadır. Bu durum, prefabrik yapım endüstrisi ve malzeme tedarikçileri arasındaki ilişkiyi daha güvenilir ve uzun süreli hale getirerek, uygulanabilirlikte gelişmeyi kolay hale getirmektedir (Griffith & Sidwell, 1997). Bununla birlikte yerinde yapım tekniklerinin Türkiye'deki uygulama yaygınlığı, pazar payı, tedarik konusundaki avantajları da göz önünde bulundurulmalıdır.

- *Yapım Sisteminin Pazar Payı*

İnşaat sektörü geçmişte ve günümüzdeki politik dinamiklerden, yasal ve ekonomik faaliyetlerden ve teknolojik gelişmelerden önemli ölçüde etkilenmiştir. Küreselleşmenin getirdiği bir durum olarak, bir ürünün veya malzemenin pazar payı, ülkenin dış ticaret ilişkilerini sürdürdüğü diğer ülkelerle olan politikalarından doğrudan etkilenmektedir. Buna bağlı olarak birçok ülkenin, inşaat alanındaki tedarik sürecinin sürekliliğini sağlamak için, yakın çevresiyle uyguladığı politikalarında önemli değişiklikler yapmaları gerekmiştir. Bu kapsamda uygulanan stratejiler de, olası yaşanabilecek problemleri etkin bir şekilde çözmede ve ortaya çıkan fırsatları en iyi şekilde değerlendirmede önemli bir rol oynamaktadır (Akiner & Akiner, 2009).

İnşaat, Türkiye'nin ekonomik kalkınmasında da önemli bir rol oynamakta, GSYİH (Gayrisafi yurtiçi hasıla) 'nın yaklaşık % 8-9'unu oluşturmaktadır ve yaklaşık 2 milyon kişi istihdam edilmektedir. Diğer sektörlere olan doğrudan ve dolaylı etkiler dikkate alındığında, inşaat sektörünün Türkiye ekonomisindeki payı% 30'a ulaşmaktadır (Turkish International Contracting , 2017). OECD'nin Türkiye'ye ait 2018 yılı faaliyet raporuna göre; konut ve inşaat alanı, şu anda diğer OECD ülkeleriyle karşılaştırıldığında çok büyük bir yatırım, istihdam ve üretim payına sahiptir (Şekil 4. 4).



Şekil 4. 4. Türkiye 2018 Yılı OECD Ülkeleriyle Karşılaştırılması (GSYİH Bazında) (OECD Economic Surveys, 2018

Bu durum, Türkiye'nin kentsel deprem riskleri ve devam eden iç göçle büyüyen kentsel yenilenme ve altyapı ihtiyaçları göz önünde bulundurulduğunda olası bir tablodur (OECD Economic Surveys, 2018). Bu kapsamda Türkiye'de yapı inşasında kullanılan yapım sistemlerinin pazar payları da Türkiye'nin politikaları ve ekonomik gelişmelerine bağlı olarak değişim ve gelişim göstermektedir. Türkiye'de çeşitli yapım sistemleri alanında faaliyet gösteren kurumlar, belirli zamanlarda (kesin ve net rakamlar olmamakla birlikte) yapım sistemlerinin pazar paylarını veya Pazar paylarındaki artış veya azalış oranlarını açıklamaktadır (Çizelge 4. 8).

Çizelge 4. 8. Yapım Sistemlerinin Pazar Payları (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2015)

Yapım sistemi	**Yıl**	**Üretim Miktarı**	**Pazar Payı ve/veya Ciro**
Prefabrike Beton	2016	1.6 milyon m^3	%7-8
Hazır Beton	2018	113 milyon m^3	20.7 milyar
Yapısal (Ağır) Çelik	2017	1,5 milyon ton	17 milyar

Buna göre; Türkiye Prefabrik Birliği (TPB), 2016 yılında açıklanan son raporunda, prefabrik beton üretiminin toplam 1,628,392 m^3 olarak belirtmiştir. Bu üretimin prefabrike beton sektöründeki pazar payı %7-8 olarak belirtmektedir (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2015). TUCSA (Türk Yapısal Çelik Derneği), 2017 yılı değerlendirmesinde Türkiye'de 2.2 milyon ton çelik işlendiğini ve bunun 0.7 milyon tonun ihraç edildiği kabul edildiğinde 1,5 milyon ton çeliğin iç piyasada işlendiğini

açıklamıştır. İnşaat maliyetinin %25'inin mamul çelik malzeme olduğu göz önüne alındığında, ciro olarak büyüklüğü 17 milyar kadar olduğu belirtilmiştir (TUCSA Yönetim Kurulu Röportajı, 2018). Hazır beton sektörü ise 2018 verilerine göre yıllık 113 milyon m^3 üretim ve 20,7 milyar TL'yi ciro ile Türkiye inşaat sektöründe yer bulmaktadır (Dünya İnşaat, 2018). Bu durumda yakın zamandaki verilere göre, hazır beton sektörünün Türkiye'deki Pazar payının en fazla olduğu ancak çelik sektörünün ise ona en yakın paya sahip olduğu görülmektedir.

- *İşgücü Bulunabilirliği*

Nitelikli (kalifiye) çalışanların performansı, inşaat sektöründeki projelerin gerçekleştirilmesi için dikkat gerektiren işgücü verimliliğinin önemli yönlerinden biridir. Nitelikli çalışanların verimli/verimsiz performansları, proje yönetimindeki 3 temel kriteri (maliyet, süre, performans) doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Gecikme süresi kriterinde bahsedildiği gibi, proje gecikmeleriyle ilgili yapılan araştırmalarda, gecikme sebepleri arasında bireye bağlı hatalar en üst sıralarda yer almaktadır (Mezher & Tawil, 1998).

Günümüzde hazır beton sektöründe, 44 bini aşan istihdam hacmi bulunmaktadır ((THBB), 2018). Ancak bu rakam içerisinde kalifiye işçi olarak gösterilebilecek, konusunda eğitimli işçilerin eksikliği göz ardı edilmemelidir. Örneğin, prefabrike beton sektörü nitelikli işçi barındırma açısından hazır beton sektörüne göre daha sıkıntılı olup sahada montaj yapan işçilerin deneyim eksikliği, önemli problemlere yol açabilmektedir (Polat & Damcı, 2007). Prefabrike sistemlerin bağlantı noktaları deprem yükü açısından kritik öneme sahiptir ve bu noktalardaki montajın doğru yapılmaması bu problemlere örnek olarak gösterilebilir. Dolayısıyla hem yerinde yapım hem de ön yapımlı-prefabrike sistemlerin eğitimli-kalifiye işgücü gerektirmesi ve bu işgücünün Türkiye şartlarında bulunabilirliği durumu, yapım sistemlerine karar verme noktasında önemli bir kriter olarak değerlendirilmelidir.

Geleneksel yerinde dökme betonun (hazır beton) uygulanma sürecinde, kalıp yapımı, beton dökümü ve vibrasyonu, kürleme gibi uzun bir süreç ve yoğun bir emek gerektiren işlemler mevcuttur. Yoğun insan gücü, el emeği vb. işlemler bulunan süreçler dikkat ve nitelikli işgücü gerektiren süreçlerdir. Ancak prefabrike betonarme ve tünel

kalıp sistemde bileşenlerin kalıpları çok sayıda tekrar için kullanılabildiğinden hem zamandan hem de işgücünden tasarruf edilebilmektedir. Ayrıca bileşenlerin seri olarak üretiminde ve inşasında yer alan işçiler, bu alanda kendilerini yetiştirme ve eğitme becerilerini kazanmış olmaktadır.

- *Çalışan (İşçi) Sağlığı ve Güvenliği*

İşçi sağlığı ve güvenliği, sürekli gelişen ve değişen yapısı ile gelişmekte olan ülkelerde yoğun istihdam oranı sebebiyle ön plana çıkmaktadır. Bununla birlikte meydana gelen iş kazaları sektörler bazında incelendiğinde, inşaat sektörü hala önemli bir yüzdeye sahiptir. Her yıl azımsanmayacak sayıda insan iş kazaları ve meslek hastalıklarından yaşamını yitirmekte veya engelli hale gelmektedir. Dünya Sağlık Örgütü (ILO) verilerine göre; 2017 yılında 1.633 kişi iş kazası veya meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını yitirmiştir. (Türkiye İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu, 2019).

İş kazalarının en çok gerçekleştiği sektörlerden birisi olarak inşaat sektörü, şantiye ortamında tehlikeli olabilecek koşullar bulundurmaktadır. Çünkü inşaat sektörü, çok geniş, dağınık ve birbirinden farklı çalışma alanlarına sahiptir ve şantiye ortamlarının çoğunlukla açık havada olması sebebiyle çalışanlar dışarıdan gelebilecek her türlü etkiye ve tehlikeye açıktır. Çalışma ortamındaki iş kazası ve meslek hastalığına yol açabilecek faktörler;

- fiziksel faktörler (sıcaklık, nem, rüzgâr, titreşim, gürültü, ortam ışığı),
- kimyasal faktörler (katı, sıvı, gaz halinde parlayıcı, patlayıcılar, kimyasal maddeler),
- biyolojik faktörler (hastalık yapan mikroplar), psikolojik faktörler (insan ilişkileri ve uyumsuzluklar)
- kişisel faktörler (kurallara uymama, kullanılması zorunlu koruyucu malzemeleri kullanmama, iş güvenliği konusundaki bilgisizlik ve bilinçsizlik, yeteneğe uygun işi yapmama) olarak gruplandırılmıştır (Ercan, 2010).

İş kazalarının inşaat sektöründe sıklıkla meydana gelmesi, tehlikeli bir çalışma ortamında yeterli güvenliğin alınmaması, çalışanların yeterli bilgiye ve eğitime sahip olmaması vb. sebeplerden kaynaklanmaktadır. Bu durum inşaat projesinde çalışan

işçilerin genelde dönüşümlü ve/veya geçici olarak bulunmasına bağlı olarak işçi eğitiminin güç hale gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu kazaların engellenmesi yalnızca bireysel önlem alınması ile mümkün olamamaktadır. Meydana gelebilecek her türlü iş kazalarının önlenmesi için şantiyelerde bütün çalışanların güvenliğinin sağlanacağı bir planlı bir denetim ve iş güvenliği çalışması uygulanmalıdır.

- ***Çevresel Faktörler***

Binaların yaşanabilir ve sürdürülebilir olmasında çevresel faktörler önemli bir role sahiptir. Bu sebeple sürdürülebilirlik bilinciyle yapılan bir malzeme seçimi, ürünün çevre ile olan etkileşiminde olumlu sonuçlar vermektedir. Yapı malzemeleri yaşam döngülerinin her evresinde farklı çevresel etkilere sahiptir. Dolayısıyla hammadde kaynakları, üretim-kullanım-geri dönüşüm ve yok edilme sürecinde nitelikli yapı malzemelerinin seçimi, kaynakların verimli kullanımı ve çevresel etki açısından önemlidir.

İnşaat sektörü en büyük enerji, malzeme kaynakları ve su tüketicilerinden biridir ve zararlı emisyonlar ve atıklarla kirliliğin önemli bir kısmından sorumludur (Bakhoum & Brown, 2012; Huang, Shi, Tanikawa, Fei, & Han, 2013; Li, Zhang, Ding, & Feng, 2016). Avrupa İstatistik Komisyonu'na göre, AB'de iç malzeme tüketimi 2016 yılında 6.6 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (European Statistics Comission, 2017). Bu rakamın % 46'sı temel olarak inşaat sektörü tarafından kullanılan kum ve çakıl gibi metalik olmayan minerallerdir (Ioannidou, Meylan, Sonnemann, & Habert, 2017). 2014 yılında, AB'de üretilen toplam atık ve toplam tehlikeli atıklar sırasıyla 863 (% 35) ve 16 (% 17) milyon tonluk bir inşaat katkısıyla sırasıyla 2503 ve 95 milyon tona ulaşmıştır (European Statistics Comission, 2017). Bu nedenle, inşaatta atık üretiminin bilincinde olmak ve inşaat projelerinin erken aşamalarında üretimini engellemek önemlidir (Udawatta, Zuo, Chiveralls, & Zillante, 2015). İnşaatı çevre dostu hale getirmek verimliliği ve karı artırmaktadır. Bu iyileştirmelerle, kaynakların verimli kullanımı, enerji tasarrufu, artan geri dönüşüm, azalan atık dönüştürme maliyetleri ve yerel tedarikçiler sayesinde daha düşük nakliye maliyetleriyle sağlanabilmektedir (ICE, 2012). Yapım sistemi sürecinin seçiminin çevresel performans üzerinde önemli etkileri vardır (Toller, Carlsson, Wadeskog, Miliutenko, & Finnveden, 2013). Bu etkiler yapı üretiminde, mimari proje sürecinde dikkate alınmalıdır (Rubio & Ramos, 2017).

- *Enerji Tüketimi*

Enerji, tüm ülkelerde ekonomik büyüme ve sosyal gelişimdeki önemli faktörlerden biridir (Hassouneh, Al-Shboul, & A., 2010). British Petroleum tarafından her yıl yayımlanan "Dünya Enerji Raporu" verilerine göre, 2017 yılında, dünyadaki toplam enerjinin % 1,1'i Türkiye tarafından tüketilmiştir (BP Statistical Review of World Energy, 2018). İnşaat faaliyetleri ise, dünyanın toplam enerji tüketiminin % 38'ini kapsamaktadır (Anonim, 2007).

Bir yapının inşası sırasında, hava, toprak, su vb. kaynakların tükenmesi ve kirlenmesi gibi doğa çeşitli şekillerde etkilenmektedir. Binanın büyük bir enerji tüketimine neden olduğu bina inşaatının çevresel etkileri, bir binanın tüm yaşam döngüsü boyunca doğaya etkisi sürmektedir (Shrivastava & Chini, 2011). Yapının yaşam döngüsü sürecinin her aşamasında farklı seviyede enerji tüketilmektedir ve bu tüketimde yapının inşa edileceği malzemenin seçimi önemli bir paya sahiptir. Enerji verimli olarak seçilen malzemeler, olumlu çevresel etkilerinden dolayı ekolojik ve ekonomik olarak yapıları destekleyebilmektedir (Yüksek, 2015). Yapıda enerji tüketimi;

- Yapının yaşam döngüsünün ilk aşamasında, yapı malzemelerinin üretimi esnasında, malzemenin hammaddesinin işlenme süreci ve elde edilen ürünün/sistemin inşaat alanına getirilmesinde,
- Yapının kullanım aşamasında, kullanıcının konfor (fiziksel, görsel, akustik) koşullarının sağlanması ve yapının bakım ve onarımında,
- Yapının kullanım ömrünü doldurduktan sonra yıkım ve yok edilme aşamasında atıkların geri dönüşümünde belirli bir miktar enerji tüketilmektedir.

Arnold, çalışmasında inşaat sırasında enerji tüketiminden kaynaklanan maliyetlerin değiştiğini ve bu maliyetlerin inşaat işletme giderlerinin önemli bir kısmını (% 5.7) oluşturabildiğini tespit etmiştir (Arnold, 2008). Ayrıca, enerji maliyetlerini ölçmenin zorluğunu ve maliyetlerin malzeme, ekipman veya genel giderlere bölündüğünü vurgulamıştır. Enerji maliyeti, inşaat maliyetini etkilemektedir ve fosil yakıtlara bağımlılık, inşaat maliyetlerini değişken bir piyasaya bağımlı hale getirmektedir. Gaz ve motorin fiyatları arttıkça inşaat maliyetleri de artmaktadır. Yüklenicinin kaynak tedarik stratejilerinde artan yakıt maliyetleri de önemli bir rol oynamaktadır. Yüklenicinin bir

projenin enerji tüketiminden ve çevresel etkilerinden haberdar olması durumunda, binanın inşaat aşamasına ilişkin enerji tüketimini ve çevresel etkileri kontrol etmede rol oynayabilir.

İnşaat projeleri için sürdürülebilirlik, uzun vadeli maliyetler veya çalışanların sağlığı ve güvenliği, enerji tüketimi ve projenin çevresel etkileri gibi sorunlar dikkate alınmalıdır (Gluch & Baumann, 2004). Geleneksel yerinde yapım yöntemleri son dönemde özellikle sürdürülebilirlik, düşük verimlilik, düşük kalite ve güvenlik, uzun yapım süresi ve endüstride büyük miktarlarda atık açısından olumsuz yönde eleştirilmektedir (Abioye, 2015). Ön yapım (prefabrikasyon) sistemler ise, sonuç ürünün parçalarını oluşturmak için özel bir tesiste ilerleyen bir üretim süreciyle oluşturulan sistemler olarak, inşaat süresinin kısaltılması, genel inşaat maliyetinin azaltılması, iyileştirilmiş kalite, daha fazla dayanıklılık, geliştirilmiş iş sağlığı ve güvenliği, malzeme tasarrufu, daha az şantiye atığı, daha az çevresel emisyonlar ve enerji ve su tüketiminin azaltılması gibi birçok faydası bulunduğu belirtilmektedir (Yee & Hon, 2001).

- *Malzeme Tüketimi ve Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı*

Enerji verimliliği, enerjinin kullanımını ve üretim oranını dikkate alırken, malzeme verimliliği, doğal malzeme kaynaklarının kullanımı, atıkların azaltılması ve geri dönüşümün arttırılması ile ilgilenmektedir (Ruuska & Hakkinen, 2014). Kaynakların verimli kullanımı, enerjinin, doğal kaynakların ve malzemelerin daha az israf ile ürün veya hizmet oluşturmak için kullanımı anlamına gelmektedir (Frangopol & Soliman, 2016). Doğal kaynakların doğada sınırlı olarak bulunması veya kıtlığı ekonomiye tehdit oluşturabilir ve bu malzemelerin üretim süreçleri önemli çevresel etkilere sebep olabilmektedir. Bununla birlikte hammaddelerin çıkarılması, işlenmesi ve malzemelerin üretimi aynı zamanda yoğun enerji ve emek gerektirmektedir ve maliyeti de yüksektir (Ruuska & Hakkinen, 2014).

Doğadaki materyallerin ürüne dönüşümü ve sonrasında yapıların inşası için kullanımında, sınırlı kaynakların korunması ve verimli kullanılması adına, geri dönüşümü sağlanabilen malzemelerin tercih edilmesi oldukça önemlidir. Yapım sistemlerinin ana taşıyıcı malzemeleri olarak beton, yapının kullanım ömrü sonunda yıkıma uğradıktan sonra mevcut haliyle geri dönüşümü olmayan bir malzeme olduğu bilinmektedir. Çelik

ise kullanım ömrü boyunca, düzenli bakım ile korunduğu takdirde yeniden kullanılmak üzere geri dönüştürülebilmektedir. Prefabrikasyon ile önemli miktarda malzeme israfının azaltılabileceği ve yeniden kullanılmış, geri dönüştürülmüş atık malzemelerin kullanılma oranlarının, prefabrikasyonu benimseyen projelerde nispeten daha yüksek olduğunu ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Bolden, Abu-Lebdeh, & Fini, 2013), (Hassim, 2009), (Begum, Satari, & Pereira, 2010). Ayrıca mimari projenin planlanması ve uygulaması safhasında, inşaat malzemelerinin geri dönüşebilir ve yeniden kullanılabilir malzemelerden seçilmesi, hem kaynakların verimli kullanımında hem de üretilen atığın azalmasında oldukça etkili olmaktadır. Yerinde yapım/üretimin azaltılması da geri dönüşüm değerlerini arttırmak için önemli bir kriterdir (Teixeira & Couto, 2000).

- *Genel kirlilik ve Çevresel Atık*

İnşaat faaliyetleri, doğal kaynakları kullanarak atık üretmekte, bu atıklar çevreyle birlikte halkın günlük yaşamını da etkilemektedir. Açık hava etkilerine maruz kalan çeşitli inşaat atıkları, toz ve çamur oluşturabilmekte, malzemelerin şantiye alanına getirilmesi ve burada çeşitli işlemler yapılması için kullanılan araçlar trafikte gecikmelere, kamusal alandaki kullanılabilir alanların azalmasına, malzeme ve atık birikimine sebep olabilmektedir. Bununla birlikte ortaya çıkan silt ve tozlar insanların akciğerlerine olumsuz etkilerde bulunabilmektedir (Teixeira J. , 2007). Ayrıca inşaat alanına kazı veya taşıma, yerleştirme amaçlı getirilen ekskavatör, forklift, vinç, kren gibi araçlar petrol esaslı yakıt tüketimine sebep olduğundan çevreye kötü içerikli gazlar yaymaktadır.

İnşaat ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atık miktarları oldukça fazladır. Bu konuyla ilgili olarak Amerika Çevre Koruma Ajansı (US Environmental Protection Agency), binalarda renovasyon (yenileme) ve bertaraf edilme sonucunda ortaya çıkan atık yapı malzemelerinin ABD'de her yıl üretilen atıkların %25-%30'unu oluşturmaktadır (Guy & Shell, 2002). İnşaat atıklarının yanı sıra, yıkım esnasında ve sonrasında ortaya çıkan atıklar da yüksek kirlenme seviyeleri ve önemli miktarda kimyasal madde oluşumuna sebep olmaktadır. Bu durum ise geri dönüşümü daha zor hale getirmektedir (Couto, 2007).

Atık üretimi ve çevresel kirlilik ile ilgili kaygılar uzun yıllardır sürmektedir. Bir yapının çevresel etkilerinin yaklaşık % 10'unun, yapıda kullanılan malzemelerden

kaynaklandığı düşünüldüğünde, uygulama aşamasında yapı malzemesi seçimi önemli hale gelmektedir (Sev & Görgülü, 2012). Araştırmaların birçoğu, inşaat malzemelerinin hammaddelerini geri dönüştürülmüş malzemelerle değiştirmenin inşaat sektöründeki hammaddeye bağımlılığı azaltacağını, atıkların verimli bir şekilde kullanılabileceğini ve yapıların çevresel etkilerinin azaltılabileceğini göstermektedir (Bolden, Abu-Lebdeh, & Fini, 2013). Bu uygulama ile inşaat atıklarının doğaya bırakılması ve doğal kaynakların kirlenmesinin önlenmesi mümkün olabilecektir. Aşağıda bazı yapı bileşenlerinin geri dönüşümü ve sonrasında ortaya çıkan ürün bilgisi verilmiştir (Çizelge 4. 9).

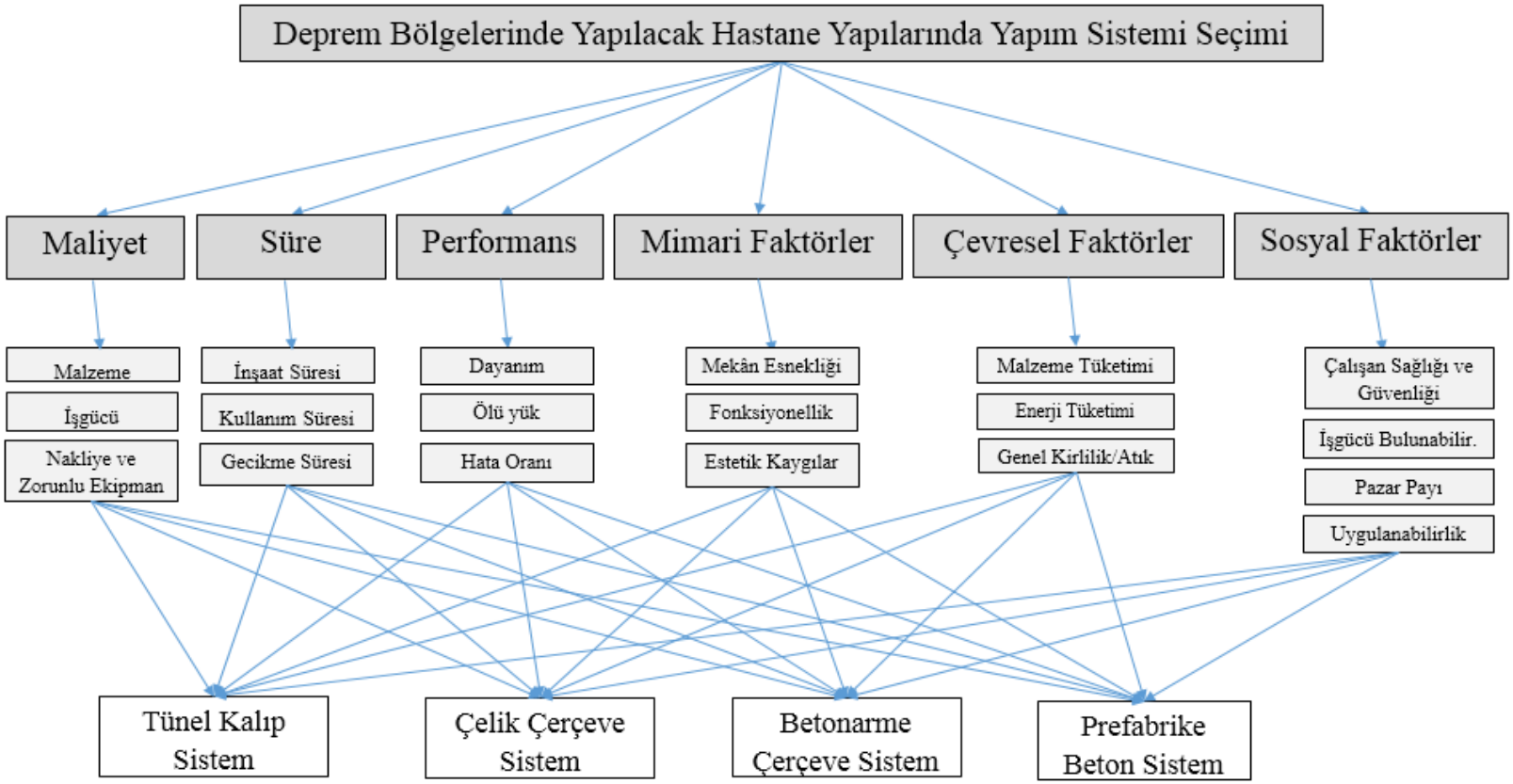
Çizelge 4. 9. Bazı Yapı Bileşenlerinin Geri Dönüşümü ve Ortaya Çıkan Ürünler (İpekçi, Coşkun, & Karadayı, 2017)

Yapı Malzemeleri Bileşenleri	**Geri Dönüşüm İşlemi**	**Geri Dönüştürülmüş Ürün**
Beton	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega (kırmataş) Dolgu malzemesi Düşük dayanımlı beton bileşiminde agrega (grobeton) Yol yapımında alt yapı malzemesi Parke taşı, sıva ve peyzaj elemanlarında
Metaller	Doğrudan kullanım Eritme	Yeniden kullanılacak metal Yeni metal üretimi
Ahşap	Doğrudan kullanım Temizleme/Kesme/Yeniden boyutlandırma Yüksek su buharı altında şekil verme Rendelenerek Lif, Talaş ve yonga haline getirme Yakma	Yeniden kullanılacak ahşap Mobilya ve mutfak elemanları Enerji kaynağı Ahşap kökenli malzemeler Yalıtım levhası, hafif yalıtım ve dolgu malzemesi Kâğıt
Doğal Taş	Kırma, ufalama	Geri dönüştürülmüş agrega Dolgu malzemesi
Tuğla/Kiremit	Harç artıklarının temizlenmesi Kırma, ufalama Yakılarak uçucu küle dönüştürme	Yeniden kullanılacak tuğla Dolgu malzemesi Tuğla/kiremit üretiminde hammadde
Yalıtım Malzemeleri	Yıkama, kurutma, öğütme ve ezme Yakma	Yeniden üretilecek yalıtım malzemesi Asfalt yapımında

Çizelge 4. 9'a göre, yapı malzemesi bileşenlerinin yeniden bir işleme tabi tutulması halinde gerek aynı işlevde gerekse farklı işlevlerde kullanılabileceği görülmektedir. Taşıyıcı sistem ana malzemesi olarak bakıldığında beton, yapısal atıkta en yüksek orana sahiptir. Beton bileşiminin hacimsel olarak %65-75'ini agrega oluşturmaktadır. Kaliteli agrega kaynaklarının tükenmesi durumu söz konusu olduğunda, betonun geri dönüşümünün önemi artmaktadır (Tam & Tam, 2006). Çelik yapı malzemeleri ise çoğunlukla yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülebilmektedir. Çeliğin geri dönüşümünde; enerjinin %74 ve hammaddenin %90 korunduğu, su tüketiminin %40 azaltıldığı ve maden atıklarında %97 azalma olduğu belirtilmektedir (İpekçi, Coşkun, & Karadayı, 2017). Ayrıca prefabrikasyon taşıyıcı sistem elemanlarının,

malzeme israfı olmadan, amaca uygun boyutta üretilmesi ile yapı malzemesi atıklarının azaltılabileceği ve çevre kirliliğinin kısmen kontrol altına alınabileceği düşünülmektedir.

Yukarıda açıklanan yapım sistemi seçiminde etkili olan kriterlere göre karar verme sürecinin hiyerarşik yapısı Şekil 4. 5' teki gibi kurulmuştur. En üst seviyede bulunan karar probleminin değerlendirilmesinde, 6 ana kriter ve bu ana kriterlerin altında toplamda 19 alt kriter belirlenmiştir.



Şekil 4. 5. Karar Verme Sürecinin Hiyerarşik Yapısı

4.3. Eşleştirmelerin Karşılaştırılması

Çalışmada anketin hazırlanması ve istatistiksel verilerin raporlanması için Webropol Surveys 3.0 programı kullanılmıştır. Bu program, kriterler arasında ikili karşılaştırmaya imkân veren bir anket ara yüz sunmaktadır. Bu karşılaştırmalar sonucunda, program çıktısı olarak elde edilen raporda, kriterlerin ağırlıklandırılması istatistiksel olarak sağlanabilmektedir.

Kriterlerin ikili karşılaştırmasında uzman görüşlerinin alınması için hazırlanan anket çalışmasında,

- 1. Bölümde karar vericilerle ilgili genel bilgiler sorgulanmıştır. Katılımcıların cinsiyet, yaş, eğitim düzeyi, mesleği ve projede yer aldığı pozisyon, iş deneyim süresi sorgulanmıştır. Bunun yanı sıra sağlık yapılarında uygulama deneyimi bilgisi istenmiştir. Bu yapılarda uygulama deneyimi olması halinde ise seçeneklerde verilen yapım sistemlerinin hastane yapılarında kullanım sıklığına göre sıralanması istenmiştir.
- 2. Bölümde ana ve alt kriterler, uluslararası literatürdeki terminolojileriyle birlikte tablo halinde sunulmuştur. Anketin yapım amacı ve katılımcıların bu anketi nasıl değerlendirmesi gerektiği açıklanmıştır. Daha sonra karşılaştırılmak istenen iki kriter tek bir satırda karşılıklı olarak verilmiş, Saaty'nin değer skalası kullanılarak, karşılaştırma yapılması istenmiştir.
- 3. Bölümde ise karar hiyerarşisi sunulmuş, değerlendirilen tüm bu kriterler ışığında, karar vericinin yapım sistemi alternatifleri arasından bir seçim yapması sorgulanmıştır. Ayrıca görüş ve önerilerin yazılabildiği bir kısım da yer almaktadır. Anket örneği EK-1'de verilmiştir.

4.4. Göreli Ağırlıkların ve Tutarlılığın Hesaplanması

Kriterlerin ikili karşılaştırmasının yapılacağı anket, hastane yapılarının planlamasında, uygulamasında ve denetlenmesinde yer alan, en az 10 yıl deneyime sahip mimar, inşaat mühendisi, yüklenici vb. meslek gruplarından oluşan 40 uzman kişiye uygulanmıştır. Bu kişilerin %60'ı lisans, %35'i yükseklisans ve %5'i doktora eğitimini tamamlamıştır. Uzmanların %45'i mimar, %55'i inşaat mühendisi ve %5'i yüklenicidir. Çalışmanın ana kriterleri olan maliyet faktörü (MF), süre faktörü (SF), performans

faktörü (PF), mimari faktörler (MiF), çevresel faktörler (ÇF) ve sosyal faktörlerin (SoF) karşılaştırıldığı 40 uzman değerlendirmesinin sayısal dağılımı aşağıda tablo halinde verilmiştir (Çizelge 4. 10).

Çizelge 4. 10. Ana Kriterlerin Karşılaştırma Matrisi

Ana Kriterleri Karşılaştırma Matrisi											
	Sol Kriter Daha İyi					Sağ Kriter Daha İyi					
Kriterler	**EÇÖ** (8,9,10)	**ÇFÖ** (6,7,8)	**FÖ** (4,5,6)	**BÖ** (2,3,4)	**EÖ** (1,1,1)	**BÖ** (2,3,4)	**FÖ** (4,5,6)	**ÇFÖ** (6,7,8)	**EÇÖ** (8,9,10)	**Kriterler**	**Uzm.**
MF	3	6	9	3	18	1	0	0	0	SF	**40**
MF	1	4	3	2	13	3	5	5	4	PF	**40**
MF	0	1	5	4	6	5	13	5	1	MiF	**40**
MF	1	7	8	5	12	3	4	0	0	ÇF	**40**
MF	0	5	9	6	4	6	6	4	0	SF	**40**
SF	2	1	2	1	6	4	10	5	9	PF	**40**
SF	1	1	9	2	7	7	7	4	2	MiF	**40**
SF	2	4	9	10	5	3	6	1	0	ÇF	**40**
SF	1	2	9	5	5	6	8	4	0	SF	**40**
PF	5	4	12	2	7	2	1	6	1	MiF	**40**
PF	3	8	8	7	7	2	3	1	1	ÇF	**40**
PF	3	10	14	7	3	0	1	2	0	SF	**40**
MiF	1	3	6	4	15	3	4	4	0	ÇF	**40**
MiF	2	2	12	4	9	6	3	2	0	SF	**40**
ÇF	1	4	8	4	11	6	3	2	1	SF	**40**

Göreli ağırlıkların hesaplanmasında, öncelikli olarak ana kriterlerin karşılaştırıldığı Çizelge 4. 10'da verilen eşleştirilmiş karşılaştırma matrisindeki dilsel değişkenlerin bulanık sayılara dönüştürülmesi işlemi yapılır. Elde edilen değerler ile Çizelge 4. 11'de verilen bulanık karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Çizelge 4. 11. Bulanık Karşılaştırma Matrisi

	MF			**SF**			**PF**			**MiF**			**ÇF**			**SoF**		
MF	1	1	1	2.12	2.39	2.64	0.63	0.72	0.82	0.45	0.54	0.67	1.56	1.84	2.14	0.95	1.18	1.46
SF	0.37	0.41	0.47	1	1	1	0.32	0.37	0.44	0.64	0.77	0.93	1.41	1.76	2.15	0.79	0.97	1.19
PF	1.20	1.37	1.56	2.26	2.67	3.09	1	1	1	1.41	1.76	2.15	1.82	2.20	2.59	2.89	3.55	4.21
MiF	1.48	1.82	2.19	1.06	1.29	1.54	0.49	0.56	0.66	1	1	1	0.97	1.12	1.28	1.26	1.51	1.81
ÇF	0.46	0.54	0.64	0.46	0.56	0.70	0.38	0.45	0.54	0.77	0.89	1.02	1	1	1	1.07	1.27	1.51
SoF	0.68	0.84	1.04	0.83	1.03	1.26	0.23	0.28	0.54	0.55	0.65	0.79	0.66	0.78	0.92	1	1	1

Bu işlemden sonra Denklem (3.1), (3.2) ve (3.3) kullanılarak bulanık sentetik genişletme değerlerinin bulanık toplamı hesaplanır. $M_2 \geq M_1$ in olabilirlik derecesinin hesaplanmasındaki olasılıklar, Denklem (3.7)'ye göre kontrol edilir. M_2 nin olabilirlik derecesi, Denklem (3.4) göz önünde bulundurularak her satır için minimum değer kabul

edilir. Bu değerlerin normalizasyonu yapılır ve kriterlerin ağırlıkları elde edilir (Çizelge 4. 12).

Çizelge 4. 12. Kriterlerin Göreli Önem Ağırlıklarının Hesaplanması

	A			B			C						D		
	Her Satırın Bulanık Toplamı			Bulasnık Sentetik Genişletme			M2 ≥ M_1 Olabilitesi						(M_2)nin Olabilitesi	N	W
	(l	m	u)	(l	m	u)									
MF	6.73	7.69	8.75	0.13	0.18	0.24		1	0.18	1	1	1	0.18	0.13	**0.13**
SF	4.54	5.30	6.19	0.09	0.12	0.17	0.37		0	0.47	1	1	0	0	**0**
PF	10.59	12.57	14.62	0.21	0.29	0.40	1	1		1	1	1	1	0.76	**0.76**
MiF	6.28	7.32	8.51	0.12	0.17	0.23	0.91	1	0.13		1	1	0.13	0.09	**0.10**
ÇF	4.17	4.73	5.43	0.08	0.11	0.14	0.15	0.80	0	0.26		1	0	0	**0**
SoF	3.97	4.59	5.57	0.08	0.10	0.15	0.18	0.78	0	0.28	0,95		0	0	**0**

Tutarlılık hesabının yapılmasında eşleştirilmiş karşılaştırma matrisindeki bulanık sayıların durulaştırılıması işlemi yapılır. Bu işlemde ile elde edilen matristeki herbir kriterin ortalama değeri alınarak oluşturulur. Bu matris ve normalize edilerek elde edilen ortalama değerler ile λ_{max} değerinin elde edilmesi için gerekli matrisler oluşturulur (Çizelge 4. 13).

Çizelge 4. 13. Ortalama Değer Matrisi ve Normalizasyonu

	Ortalama Değer Matrisi (Matris Durulaştırma)						Normalizasyon						
	MF	**SF**	**PF**	**MF**	**ÇF**	**SF**	**MF**	**SF**	**PF**	**MF**	**ÇF**	**SF**	**Ort**
MF	1,00	2,39	0,72	0,54	1,84	1,18	0,16	0,26	0,21	0,09	0,21	0,12	0,18
SF	0,41	1,00	0,37	0,77	1,76	0,97	0,06	0,11	0,10	0,13	0,20	0,10	0,12
PF	1,37	2,67	1,00	1,76	2,20	3,55	0,22	0,29	0,29	0,31	0,25	0,37	**0,29**
MiF	1,82	1,29	0,56	1,00	1,12	1,51	0,30	0,14	0,16	0,17	0,12	0,15	0,18
ÇF	0,54	0,56	0,45	0,89	1,00	1,27	0,09	0,06	0,13	0,15	0,11	0,13	0,11
SoF	0,84	1,03	0,28	0,65	0,78	1,00	0,14	0,11	0,08	0,11	0,08	0,10	0,10
Toplam	6,00	8,95	3,40	5,63	8,71	9,50	0,16	0,26	0,21	0,09	0,21	0,12	

Chang'in yöntemine göre; λ_{max} değerini elde etmek için normalize edilmiş matrisin ortalama değerleri (göreli önem vektörü), durulaştırılmış ikili karşılaştırma matrisi ile çarpılarak yeni bir vektör elde edilir (Çizelge 4. 14, A Vektörü). Bulunan vektörün her elemanı göreli önem vektörünün karşılıklı elemanına bölünerek 3. bir vektör elde edilir (Çizelge 4. 14, B Vektörü). B vektörünün elemanlarının aritmetik ortalaması alınır.

Çizelge 4. 14. λmax Değerinin Elde Edilmesi

A Vektörü	B Vektörü	λ_{max}
1,1262	6,2533	6,2262
0,7558	6,1880	
1,8268	6,2206	
1,1269	6,2595	
0,7149	6,1783	
0,6781	6,2576	

Elde edilen sonuçlara göre Denklem (3.5) ve Denklem (3.6) kullanılarak tutarlılık oranına bakılır.

$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$ $\quad$ $CR = CI / RI$

$= (6,2262-6)/(6-1)$ $\quad$ $= 0,0452/1,24$

$= 0,0452$ $\quad$ $= 0,0365$

CR= 0,0365 ≤ 0,1 olduğundan karşılaştırma tutarlıdır. Deprem bölgelerinde inşa edilecek sağlık yapıları için *performans* kriteri, uzman kişiler tarafından göreli önemi en yüksek kriter olarak belirlenmiştir. Yapım sistemlerinin tüm kriterlere göre değerlendirilmesi sonucunda elde edilen veriler aşağıda verilmiştir (Çizelge 4. 15).

Çizelge 4. 15. Yapım Sistemi Alternatiflerinin Değerlendirilmesi

	Malzeme Dayanımı	**Ölü Yük**	**Hata Oranı**		**Toplam**	**Normalize Edilmiş Sonuç**
BÇS	0,000	0,206	0,000		0,206	0,0686
ÇÇS	0,816	0,569	0,412		1,797	0,5990
TKS	0,184	0,225	0,190		0,599	0,1996
BPS	0,000	0,000	0,398		0,398	0,1326
Toplam					3.000	1.000
	Malzeme Maliyeti	**İşgücü Maliyeti**	**Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti**			
BÇS	0,479	0,312	0,382		1,173	0,3910
ÇÇS	0,291	0,332	0,257		0,880	0,2933
TKS	0,073	0,356	0,217		0,646	0,2153
BPS	0,157	0,000	0,145		0,302	0,3160

Toplam					3.000	1.0000
	İnşaat Süresi	**Kullanım Süresi**	**Gecikme Süresi**			
BÇS	0,082	0,000	0,635		0,717	0,2390
ÇÇS	0,436	1,000	0,000		1,436	0,4780
TKS	0,056	0,000	0,365		0,421	0,1403
BPS	0,426	0,000	0,000		0,426	0,1420
Toplam					3,000	1,000
	Fonksiyonellik	**Mekan Esnekliği**	**Estetik**			
BÇS	0,000	0,000	0,380		0,380	0,1266
ÇÇS	1,000	1,000	0,589		2,589	0,8630
TKS	0,000	0,000	0,000		0,000	0,000
BPS	0,000	0,000	0,031		0,031	0,1033
Toplam					3,000	1,000
	Malzeme Tüketimi	**Enerji Tüketimi**	**Genel Kirlilik-Atık**			
BÇS	0,012	0,387	0,050		0,449	0,1496
ÇÇS	0,467	0,305	0,508		1,280	0,4266
TKS	0,057	0,287	0,000		0,344	0,1146
BPS	0,464	0,021	0,441		0,926	0,3086
Toplam					3.000	1,000
	Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	**İş Gücü Bulunabilirliği**	**Pazar Payı**	**Uygulanabilirlik**		
BÇS	0,000	1,000	1,000	1,000	3,000	0,7500
ÇÇS	0,657	0,000	0,000	0,000	0,657	0,1642
TKS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BPS	0,343	0,000	0,000	0,000	0,343	0,0857
Toplam					4.000	1.000

Her yapım sistemi alternatifi için normalize edilmiş skorlar toplandığında, çelik çerçeve sistem (2.8241) en yüksek skora sahiptir. Sırasıyla betonarme çerçeve sistem (1.7248), tünel kalıp sistem (1.3396), betonarme prefabrik sistem (1.0882) onu takip etmektedir. Uzman kişilerin verdikleri karar doğrultusunda, çelik çerçeve sistem, 1. ve 2.

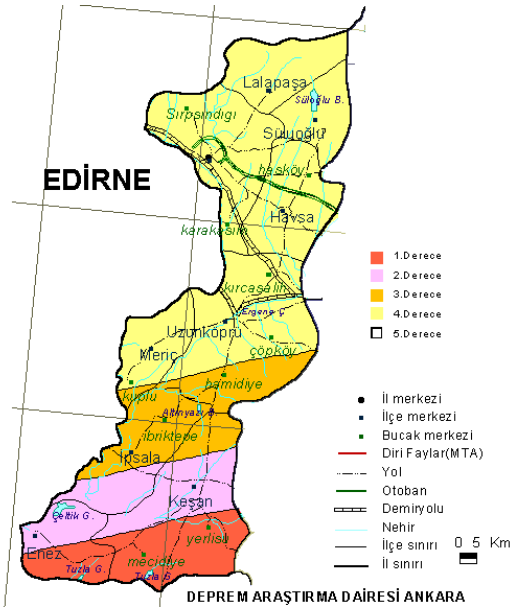
derece deprem bölgelerinde yeniden yapılacak sağlık yapıları için en uygun yapım sistemi olarak belirlenmiştir. Bu sebeple Bölüm 5'te çelik çerçeve sistem ile yapının mevcut durumdaki sistemi betonarme çerçeve sistem kıyaslanarak model sınanmıştır.

Kriterlerin kendi aralarında kıyaslamalarında, bazı kriterlerin en yüksek öneme sahip (1.00) olduğu, bazılarının ise göreli önemi (0.00) olduğu görülmektedir. Chang'in BAHP yönteminde, kesişim kümesinde (Denklem (3.7)'de) kesişimin sonucu 0 olarak elde edilebilmektedir. BAHP'yi klasik AHP den ayıran bu durum, kriterin öneminin düşük olması durumunda, diğerlerine göre daha az önemli olan kriterin tamamen ihmal edilebildiğini göstermektedir. Bu sayede önemli olan kriter ortaya çıkmaktadır.

BÖLÜM 5

DEPREM BÖLGESİNDEKİ ÖRNEK SAĞLIK YAPISINDA UYGUN YAPIM SİSTEMİNİN SINANMASI

Deprem bölgelerindeki sağlık yapıları için uygun yapım sistemini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada modelin sınanması, Edirne ili Enez ilçesi'nde yer alan Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi (10Yataklı) modeli üzerinden yapılmıştır. Edirne'nin Enez İlçesi'nin sahil kesimi 1. Derece deprem bölgesi, merkez bölgesi ise 2. Derece deprem sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 5. 1). Gelibolu Yarımadası'nın doğusunda, Gaziköy-Saros körfezi arasında, yaklaşık 45 km uzunluktaki fay, Saros Körfezi-Gaziköy fayı olarak adlandırılmıştır. Bu bölümde, kademeli sıçramalar yapan ve birbirini tamamlayan birçok fay bulunmaktadır (AFAD, 2018).

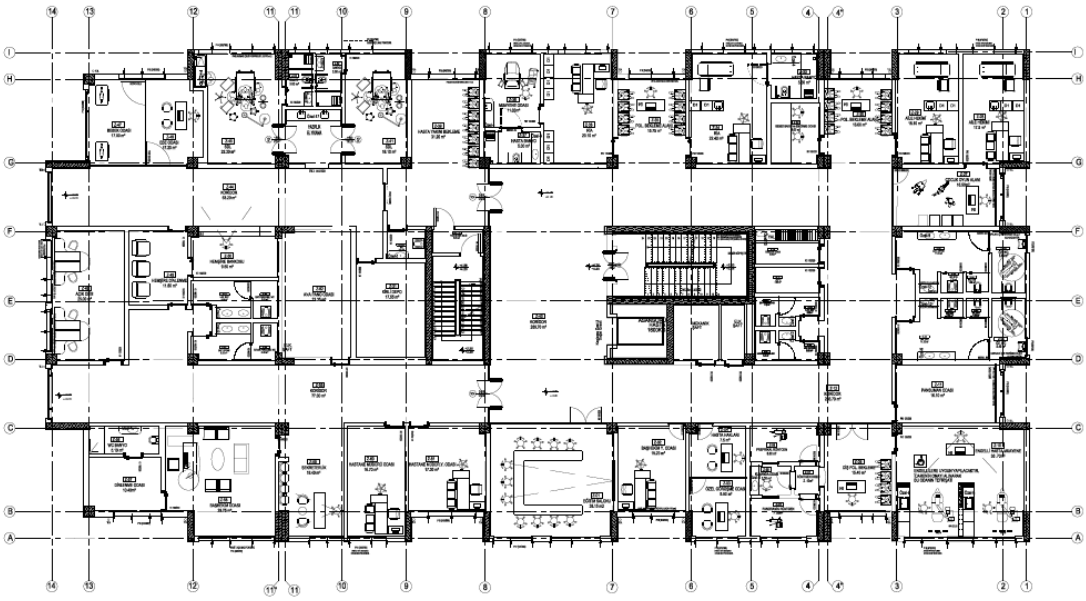


Şekil 5. 1. Edirne İli Enez İlçesine AitDeprem Tehlikesi Haritası (AFAD, 2018)

Saroz Körfezi’ne olan yakınlığından (yaklaşık 35 km) kaynaklı olarak, Enez ilçesi, Saroz Körfezi’nde sıkça meydana gelen depremlerden büyük oranda etkilenmektedir. Bu konumda inşa edilen bir sağlık yapısı için belirlenen kriterlerin değerlendirilmesi, yapının 1. ve 2. Derece deprem bölgesinde (DBYYHY 2007’ye göre) yer aldığı kabulü ile yapılmıştır. Yapının uygulamasıyla ilgili ayrıntılı bilgi aşağıda verilmiştir.

5.1. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Yapısı

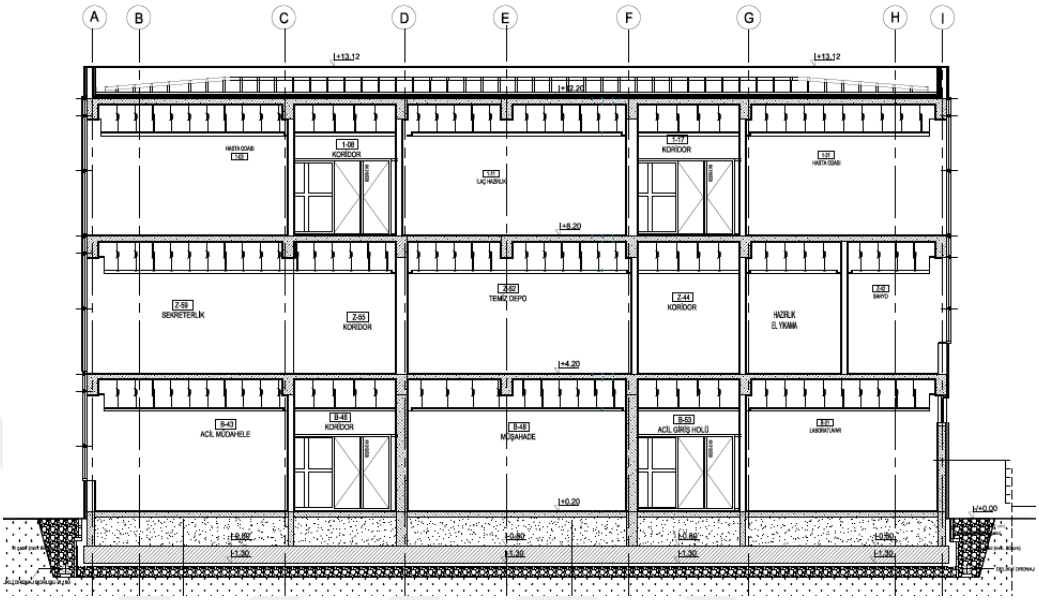
Edirne İl Özel İdaresi Destek Hizmetleri Müdürlüğü tarafından ihale edilen ve bir inşaat firması tarafından inşa edilen yapının mimari proje aşamasında, betonarme çerçeve sistemle inşa edilmesi planlanmış ve yapının statik projesi betonarme çerçeve ve perdeli karma sistem olarak tasarlanmıştır. Binanın inşasında C20 sınıfı veya üzeri beton kullanılmıştır. Yapı 10 yataklı olup, 3055 m^2 kapalı alana sahiptir. Zemin kat, 1. kat, 2. kat ve makina dairesi olmak üzere toplamda 4 kattan oluşmaktadır. Yapı yüksekliği 15 m, maksimum kat yüksekliği 4.20 m dir. Yapı 2013 yılında projelendirilmiş ve uygulamasına başlanmıştır. Yapının 1. kat mimari planı Şekil 5. 2’de verilmiştir.



Şekil 5. 2. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'ne Ait Normal Kat Planı

Yapının cephe uzunluğu 50 m’yi aşmaktadır. Yapının projelendirildiği dönemde yürürlükte olan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, yapıların boyunun 40 m’yi aşması

halinde, dilatasyon yapılmasını öngörmüştür (Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği, 2013). Yapıda simetri olacak şekilde 2 aksta dilatasyon yapılmış ve yapı 3 kısıma ayrılmıştır (Şekil 5. 3).



Şekil 5. 3. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'ne Ait Kesit

Mevcut durumda yerinde dökme betonarme çerçeve sistem ile projelendirilen ve uygulanan yapı, depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri ve deprem yükleri açısından incelenmiştir. Çalışmanın konusu olan BAHP nin yapım sistemi seçimi problemine uygulanması aşağıda verilmiştir.

Bölüm 4’te uzmanların verdiği karar doğrultusunda, çelik çerçeve sistem, 1. ve 2. derece deprem bölgelerinde yapılacak sağlık yapıları için en uygun yapım sistemi olarak belirlenmiştir. Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem ise en yüksek ikinci skoru almıştır. Alan çalışması olarak belirlenen Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi, yerinde dökme betonarme çerçeve sistem ile inşa edilmiş olup depreme dayanıklı yapı tasarımı ilkeleri açısından incelenmesi aşağıda verilmiştir. Aynı yapı, uzman görüşleri doğrultusunda performans kriterini irdelemek üzere, çelik çerçeve sistem ile modellenmiştir. Bu iki yapım sisteminin performans kriterleri açısından karşılaştırılmalı analizi Bölüm 5.4’te verilmiştir.

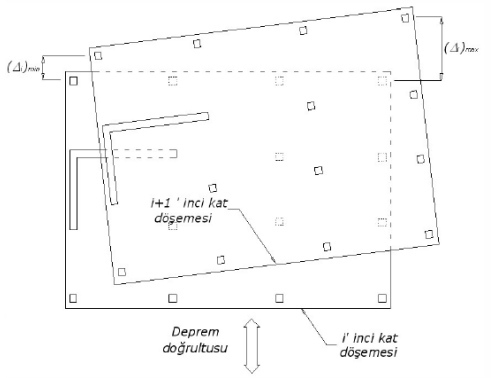
5.2. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı İlkeleri Açısından İncelenmesi

Bölüm 2'de bahsedildiği üzere, DBYYHY 2007'de verilen depreme dayanıklı yapı tasarım kuralları kapsamında yapının mimari planı, geometri ve taşıyıcı sistem sürekliliği bakımından incelenmiştir.

- ***Yapının Geometrisi***, dikdörtgen şeklindedir. Kenarlar üzerinde girinti-çıkıntılar bulunmaktadır. Ancak büyük oranda simetrik ve kompakt bir forma sahiptir.
- ***Taşıyıcı Sistemde Süreklilik*** açısından incelendiğinde yapı, düzenli ve gridal bir aks sistemine sahiptir. Bu sayede düşey noktasal taşıyıcılar ve yatay taşıyıcılar planda ve kesitte aynı aks üzerinde ve birbirine bağlanarak sürekliliği sağlayacak biçimde yerleştirilmiştir.
- ***Planda Düzensizlik Durumları***, burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizliği (A2) ve planda girinti-çıkıntı (A3) açısından incelenmiştir.

A1-Burulma düzensizliği, taşıyıcı sistem tasarımına bağlı olarak, kolon-perde elemanlarının simetrik ve birbirini karşılayacak şekilde yerleştirmesi sonucunda yapıda eksantirisite (kaçıklık) mesafesinin minimum düzeye getirilmesiyle çözümlenebilmektedir. Yapının burulma düzensizliği kontrolü statik hesap sonucu Çizelge 5. 1. A1 Düzensizliği Kontrolü'de verilmiştir.

Çizelge 5. 1. A1 Düzensizliği Kontrolü

	Δ_i = Binanın i'inci katındaki azaltılmış göreli kat ötelemesi $(\Delta i)ort$ = Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi ηbi = i'inci katta tanımlanan burulma düzensizliği kat sayısı ηbi= 1.70 > 1.2 (1.kat) ηbi= 1.40 > 1.2 – (2.kat) ηbi= 1.33> 1.2 – (3.kat) olduğundan hesaplarda *dinamik analiz yöntemi* kullanılmıştır.

X Yönü

Katlar		+5%				-5%				Kontrol
Kat	h [m]	Δi(max) [mm]	Δi(min) [mm]	Δi(ort) [mm]	ηbi	Δi(max) [mm]	Δi(min) [mm]	Δi(ort) [mm]	ηbi	ηbi > 1.2
3. KAT	2.80	0.30 / P302	0.29 / P306	0.29	1.03	0.30 / P309	0.29 / P302	0.29	1.02	Yok
2. KAT	4.00	0.52 / S207	0.42 / S257	0.47	1.11	0.51 / S257	0.42 / S207	0.47	1.10	Yok
1. KAT	4.00	0.44 / S102	0.37 / S154	0.40	1.08	0.45 / S152	0.36 / S110	0.41	1.10	Yok
ZEMIN KAT	4.00	0.01 / PZ12	0.01 / PZ71	0.01	1.06	0.01 / PZ115	0.01 / PZ13	0.01	1.04	Yok

Y Yönü

Katlar		+5%				-5%				Kontrol
Kat	h [m]	Δi(max) [mm]	Δi(min) [mm]	Δi(ort) [mm]	ηbi	Δi(max) [mm]	Δi(min) [mm]	Δi(ort) [mm]	ηbi	ηbi > 1.2
3. KAT	2.80	0.36 / P308	0.18 / P311	0.27	1.33	0.30 / P308	0.22 / P311	0.26	1.15	Var
2. KAT	4.00	0.70 / S251	0.30 / P211	0.50	1.40	0.49 / S251	0.39 / P211	0.44	1.11	Var
1. KAT	4.00	0.66 / S124	0.12 / S111	0.39	1.70	0.41 / S124	0.33 / S111	0.37	1.12	Var
ZEMIN KAT	4.00	0.02 / PZ76	0.02 / SZ11	0.02	1.03	0.02 / PZ124	0.01 / PZ75	0.02	1.10	Yok

Mod Superpozisyon Yöntemi (Dinamik Yöntem) Kullanilmistir

Burulma rijitliği x ve y yönü için hesaplandığında, 1. kat y yönünde burulma düzensizliği meydana gelmiştir. DBYYHY 2007'de ηb burulma düzensizliği katsayılarının 1.2 üst sınır değerini aşması halinde, "Eşdeğer Deprem Yükü" yöntemi yerine "Dinamik Hesap" yöntemlerinin kullanılması öngörülmektedir. Bu durumda dinamik hesap yöntemi (Mod süperpozisyon) ile hesap yapılmış ve bu koşul sağlanmıştır.

Genellikle yapılara etkiyen deprem yükleri "Eşdeğer Statik Deprem Yükü Yöntemi" ve "Mod Birleştirme Yöntemi" ile hesaplanmaktadır. Ancak yapısal analizler ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak, zaman tanım alanında doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik hesap yöntemleri ortaya çıkmış ve yapıların tasarım ve analizinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Statik analiz metotları (Eşdeğer statik deprem yükü yöntemi gibi), yüksek mod etkilerinin önemli olmadığı düzenli ve yüksek olmayan binalar için uygundur. Ancak burulma düzensizliğinin meydana geldiği yapılarda dinamik analiz gerekmektedir. Zaman tanım alanında dinamik analiz yöntemleri, deprem yüklerinin binaya doğrudan etkidiğini varsayan bir hesap yöntemi kullanması sebebiyle yapı davranışının en düzgün şekilde modellendiği analizlerdir (Fahjan, Vatansever, & Özdemir, 2011).

A2-Döşeme süreksizliği, yapının tüm kat planları için Bölüm 2'de verilen 3 başlık altında incelenmiştir.

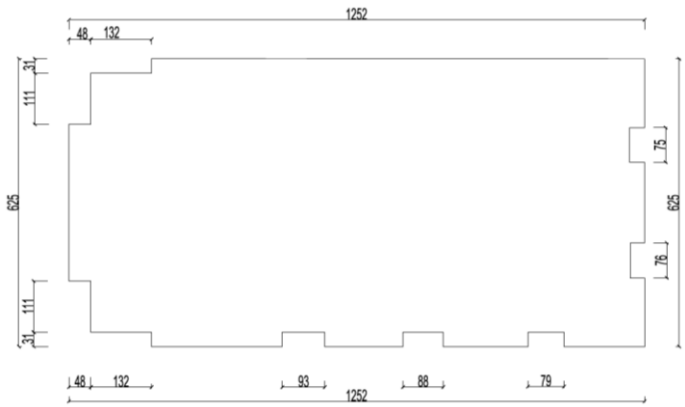
I – Yapıda merdiven ve asansör boşlukları dâhil, boşluk alanları toplamı kat brüt alanının 1/3'ünden fazla olma durumu hesabı Çizelge 5. 2' de verilmiştir.

Çizelge 5. 2. A2 Düzensizliği Kontrolü

Kat Alanındaki Boşluklar	**Alan (m^2)**	
Kat Merdiveni	31.84	
Yangın Merdiveni	17.34	
Asansör	3.33	
Tesisat Şaftı	11.49	
Toplam Kat Alanı Boşluğu	64	
Toplam Kat Alanı	748	748/3=249.3
64 < 249.3 olduğundan I. Madde için döşeme süreksizliği bulunmamaktadır		

II – Deprem yüklerinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarına güvenle aktarılabilmesini güçleştiren yerel döşeme boşlukları ve III – Döşemenin düzlem içi rijitlik ve dayanımında ani azalmaların olması durumları yapının mimari planında yer almamakla birlikte, EK-2' deki statik hesap raporunda incelenmiştir. A2 ve A3 türü düzensizliklerin bulunmadığı ve düzlem içi önemli şekil değiştirmelerin meydana gelmesinin beklenmediği planda düzenli binalarda, betonarme döşemeler rijit diyafram olarak modellenebilir. DBYYHY 2007 'de rijit diyafram modeline göre yapılan hesap sonucunda herhangi bir doğrultuda döşemeden herhangi bir düşey taşıyıcı sistem elemanına (kolon veya perde) aktarılan kuvvet, döşemenin altındaki ve üstündeki katlarda o eleman için ilgili doğrultuda elde edilen kesme kuvvetlerinin farkı olarak hesaplanması önerilmektedir. İlgili hesap EK-2'deki yapıya ait betonarme statik hesap raporunda ilgili hesap yer almaktadır.

A3- Planda Girinti Çıkıntı, Bölüm 2'de verilen analiz ile yapılacaktır. Yapının mimari plan dış kontürü Şekil 5. 4'te verilmiştir.



Şekil 5. 4. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Mimari Planı Dış Kontürü

Şekil 5. 2'de verilen vaziyet planı doğrultusunda A3 düzensizliğinin incelendiği tablo aşağıda verilmiştir (Çizelge 5. 3).

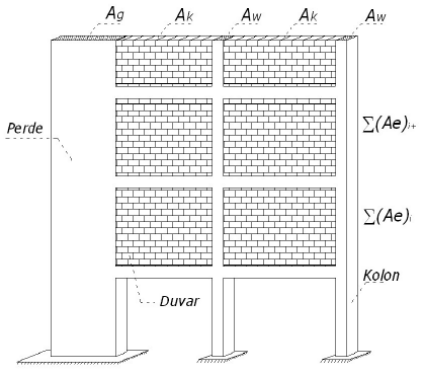
Çizelge 5. 3. A3 Düzensizliği Kontrolü

Ax	**X Yönü için ax > 0.2 Lx düzensizliği**	**Düzensizlik Durumu**
48	48 > 0.2x(1252) = 48 < 250,4	Yok
132	132 > 0.2x(1252) = 132 < 250,4	Yok
93	93 > 0.2x(1252) = 93 < 250,4	Yok
88	88 > 0.2x(1252) = 88 < 250,4	Yok
79	79 > 0.2x(1252) = 79 < 250,4	Yok
Ay	**Y Yönü için ay > 0.2 Ly düzensizliği**	**Düzensizlik Durumu**
31	31 > 0.2x(625) = 31 < 125	Yok
111	111 > 0.2x(625) = 111 < 125	Yok
76	76 > 0.2x(625) = 76 < 125	Yok
75	75 > 0.2x(625) = 75 < 125	Yok
Ax ve Ay değerleri için planda girinti-çıkıntı düzensizliği bulunmamaktadır.		

- ***Düşey Doğrultudaki Tasarım Düzensizlikleri;*** Düşey doğrultudaki tasarım düzensizlikleri, komşu katlar arası dayanım düzensizliği (B1), komşu katlar arası rijitlik düzensizliği (B2) ve taşıyıcı sistem elemanı süreksizlikleri (B3) başlıkları altında ele alınmıştır.

B1- Komşu katlar arası dayanım düzensizliği, noktasal taşıyıcı elemanlar ve bölücü duvarların her kat düzeyinde süreklilik göstermemesi durumlarında kontrolü yapılan düzensizlik için verilen dayanım düzensizliği katsayısı ηci'nin 0.80'den küçük olması durumu olarak tanımlanmaktadır. Statik hesap raporunda yapılan kontrolün sonucu *Çizelge 5. 4*'te verilmiştir.

Çizelge 5. 4. B1 Düzensizliği Kontrolü

	ΣA_w: Herhangi bir katta kolon en kesiti etkin gövde alanlarının toplamı
	ΣA_g: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda perde olarak çalışan elemanların en kesit alanlarının toplamı
	ΣA_k: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusuna paralel doğrultuda kâgir dolgu duvar alanlarının toplamı

	ΣA_e: Herhangi bir katta göz önüne alınan deprem doğrultusunda etkili kesme alanı

X Yönü

Katlar		Kolon Alan	Perde Alan	Duvar Alan	Kesme Alani	Kolon Alan	Perde Alan	Duvar Alan	Kesme Alani	Katsayi	Kontrol
Kat	h [m]	∑Aw(i) [m²]	∑Ag(i) [m²]	∑Ak(i) [m²]	∑Ae(i) [m²]	∑Aw(i+1) [m²]	∑Ag(i+1) [m²]	∑Ak(i+1) [m²]	∑Ae(i+1)	ηc(i)	ηc(i) > 0.80
2. KAT	4.00	10.66	13.78	35.93	29.83	0.25	11.80	4.22	12.69	2.35	Yok
1. KAT	4.00	19.50	15.11	35.93	40.00	10.66	13.78	35.93	29.83	1.34	Yok
ZEMIN KAT	4.20	19.50	108.42	35.93	133.31	19.50	15.11	35.93	40.00	3.33	Yok

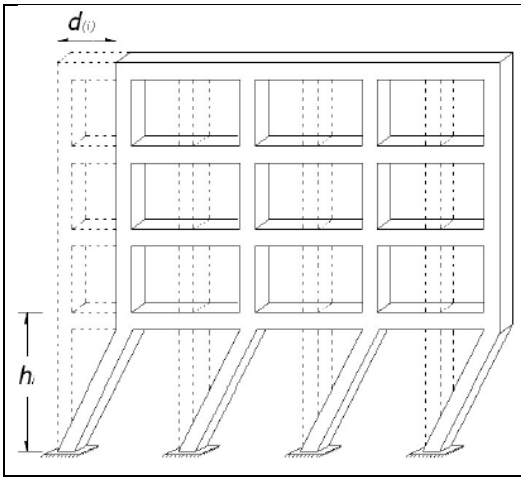
Y Yönü

Katlar		Kolon Alan	Perde Alan	Duvar Alan	Kesme Alani	Kolon Alan	Perde Alan	Duvar Alan	Kesme Alani	Katsayi	Kontrol
Kat	h [m]	∑Aw(i) [m²]	∑Ag(i) [m²]	∑Ak(i) [m²]	∑Ae(i) [m²]	∑Aw(i+1) [m²]	∑Ag(i+1) [m²]	∑Ak(i+1) [m²]	∑Ae(i+1)	ηc(i)	ηc(i) > 0.80
2. KAT	4.00	10.66	13.78	32.29	29.29	0.25	11.80	2.58	12.44	2.35	Yok
1. KAT	4.00	19.50	13.78	32.29	38.13	10.66	13.78	32.29	29.29	1.30	Yok
ZEMIN KAT	4.20	19.50	107.09	32.29	131.44	19.50	13.78	32.29	38.13	3.45	Yok

B1 düzensizliği x ve y yönü için Bölüm 2'de verilen Denklem (4) ve Denklem (5)'e göre hesaplandığında (*Çizelge 5. 4*) Dayanım Düzensizliği Katsayısı $\eta c(i)$'nin 0.80'den küçük olması durumu sağlandığından, B1 türü düzensizlik bulunmamaktadır[5].

B2- Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği, farklı katlar arasındaki yük akışı arasındaki eşitsizlik, yatay yükler karşısında yapıya ciddi hasarlar verdiğinden rijitlik düzensizliği katsayısı ηki 'nin 2.0'den fazla olması durumu kontrol edilmiştir. Statik hesap raporunda yapılan kontrolün sonucu *Çizelge 5. 5*'te verilmiştir.

Çizelge 5. 5. B2 Düzensizliği Kontrolü

	ηki : i. katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı
	(Δi)ort: Binanın i. katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi
	Bütün katlarda B2 düzensizliği koşulu sağlanamamıştır. $\eta ki_{(max)}$ = 44.25 > 2.0 – (1.kat) olduğundan *dinamik analiz yöntemi* kullanılmıştır.

[5] Yapıya ait göreli kat ötelemesi ve İkinci mertebe etkileri koşulunun sağlandığı bilgisi EK-2 de yer alan statik raporunda verilmiştir.

X Yönü

Katlar		+5%				-5%				Kontrol
Kat	h [m]	Δi(ort) [mm]	Δi / hi	Δ(i+1) / h(i+1)	ηki (+/-)	Δi(ort) [mm]	Δi / hi	Δ(i+1) / h(i+1)	ηki (+/-)	ηki > 2
3. KAT	2.80	0.29	0.000105		- / 0.90	0.29	0.000105		- / 0.90	Yok
2. KAT	4.00	0.47	0.000117	0.000105	1.11 / 1.16	0.47	0.000117	0.000105	1.11 / 1.16	Yok
1. KAT	4.00	0.40	0.000101	0.000117	0.86 / 44.25	0.41	0.000101	0.000117	0.86 / 43.42	Var
ZEMIN KAT	4.00	0.01	2.28E-6	0.000101	0.02 / -	0.01	2.33E-6	0.000101	0.02 / -	Yok

Y Yönü

Katlar		+5%				-5%				Kontrol
Kat	h [m]	Δi(ort) [mm]	Δi / hi	Δ(i+1) / h(i+1)	ηki (+/-)	Δi(ort) [mm]	Δi / hi	Δ(i+1) / h(i+1)	ηki (+/-)	ηki > 2
3. KAT	2.80	0.27	9.59E-5		- / 0.77	0.26	9.45E-5		- / 0.86	Yok
2. KAT	4.00	0.50	0.000124	9.59E-5	1.29 / 1.27	0.44	0.000109	9.45E-5	1.16 / 1.18	Yok
1. KAT	4.00	0.39	9.79E-5	0.000124	0.79 / 23.94	0.37	9.28E-5	0.000109	0.85 / 23.18	Var
ZEMIN KAT	4.00	0.02	4.09E-6	9.79E-5	0.04 / -	0.02	4E-6	9.28E-5	0.04 / -	Yok

Mod Superpozisyon Yöntemi (Dinamik Yöntem) Kullanilmistir

B2 düzensizliği Bölüm 3'te verilen eşitlik (6) ve eşitlik (7) kullanılarak x ve y yönü için hesaplandığında, 1. katta hem x hem y yönünde bu koşul sağlanamamıştır. DBYYHY 2007'de η_{ki} burulma düzensizliği katsayılarının 2.00 üst sınır değerini aşması halinde, "eşdeğer deprem yükü" yöntemi yerine "dinamik hesap" yöntemlerinin kullanılması öngörülmektedir. Bu durumda *Çizelge 5. 5*'te de belirtildiği üzere, dinamik hesap yöntemi (Mod süperpozisyon) ile hesap yapılmış ve bu koşul sağlanmıştır.

B3- Taşıyıcı sistem elemanları süreksizlikleri, yapının zemin katta farklı işleve sahip olmasına bağlı olarak kaldırılan kolon veya perde duvarlardan kaynaklanmaktadır. Yapı her katta (zemin kat, 1. kat ve 2. kat) aynı işleve sahiptir. Yapıda B3 düzensizliği bulunmamaktadır.

- ***Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Yerleşimiyle İlgili Genel Düzensizlikler;*** asma katlar, mekanik katlar, eğimli araziye oturan yapılar, kademeli temeller, kolonlara bitişik dolgu duvarlar, merdiven sahanlıkları v.b. durumlarda kısa kolon oluşumuna bağlı olarak değerlendirilmiştir. Buna göre; yapıda asma kat, mekanik kat, tesisat katı vb. ara katlar bulunmamaktadır (Şekil 5. 3). Yapı düz (eğimsiz) bir araziye konumlanmıştır. Dolayısıyla eğime oturmaya bağlı kısa kolon oluşumu ve kademeli temel bulunmamaktadır. Yapıda kısa kolon etkisi oluşturacak kolona bitişik dolgu duvar (kolondan farklı yükseklikte bir dolgu duvar) bulunmamaktadır (*Şekil 5. 3*).

- ***Yapıya Etkiyen Deprem Yüklerinin Belirlenmesi;*** DBYYHY 2007'de verilen deprem yüklerinin hesaplanmasında etkili parametreler açısından ele alınmıştır. Bu parametrelere göre;

Deprem bölgesi katsayısı, yapı ikinci derece deprem bölgesinde yer aldığından taşıyıcı sistem hesabı yapılırken deprem bölgesi katsayısı (yer ivmesi katsayısı) 0.30 olarak kabul edilmiştir.

Yapının kullanım türü (bina önem katsayısı), hastane yapısı için 1,5 olarak belirlenmiştir.

Yapının ağırlığı (hareketli yük katılım katsayısı), hastane yapısı için 0,30 olarak kabul edilmiştir.

Spektrum karakteristik katsayısı, Edirne'nin Enez İlçesi'nde yer alan hastanenin yerel zemin sınıfı, zemin etüt raporları sonucu Z3 olarak belirlendiğinden, T_A değeri 0.15, T_B değeri 0,60 olarak kabul edilmiştir.

Deprem yükü etkisi, yapıda hareketli yüklerin düzgün yayılmadığı durumu göz önünde bulundurulup 0.050 olarak kabul edilmiştir.

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı, süneklik düzeyi karma (betonarme perde ve çerçeveli kolon) olarak tasarlandığından, R= 4,0 olarak kabul edilmiştir.

Deprem derzinin, yapının bulunduğu parselde başka herhangi bir yapı olmadığından, yapılması durumu söz konusu değildir.

Deprem yalıtımı, 1.ve 2. derece deprem bölgelerinde 100 yatak ve üzeri hastanelerin taşıyıcı sistem tasarımının, deprem izolatörlü olarak kurgulanması gerektiğinden, Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi' nde deprem izolatörü kullanılması zorunluluğu bulunmamaktadır.

5.3. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Çelik Çerçeve Sistem ile Modellenmesi

Yapının taşıyıcı sistemi çelik kolon, kiriş ve çaprazlardan oluşmaktadır. Yapının yapısal analiz hesaplarında beton için BS 30 (C30), donatı için BÇIII, yapı çeliği için ST44, bağlantı cıvataları için Iso8.8 kalitesi baz alınarak modelleme yapılmıştır. Yapısal analiz hesabı DBYYHY 2007 yönetmeliği ve yürürlükteki diğer yönetmeliklere göre yapılmıştır. Zeminle ilgili parametreler, mevcut yapının zemin etüd bilgileri kullanılarak belirlenmiştir. Mod birleştirme yöntemiyle en olasılı deprem kuvvetleri ve buna ilişkin yük formu belirlenmiştir. Ayrıca deprem yönetmeliğinde belirtildiği şekilde eşdeğer deprem yükü de hesaplanmıştır. Her iki yöntemden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin

oranı elde edilen yük formuna uygun şekilde kat hizalarına gelecek şekilde yeniden dağıtılarak deprem hesapları yapılmıştır. Yapı ötelenmeleri, yönetmelik sınırları içinde kalacak şekilde modelleme yapılmıştır.

5.4. Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi'nin Çelik Çerçeve Sistem ile Yerinde Dökme Betonarme Çerçeve Sistem Modellerinin Performans Kriterleri Açısından Karşılaştırılması

Yapının mevcut hali ile öneri olarak projelendirilmiş hali performans ana kriteri altında ele alınan malzeme dayanım gücü, ölü yük ve hata oranı alt kriterleri açısından karşılaştırılması aşağıda verilmiştir.

- **Malzeme Dayanım Gücü**

Yerinde dökme betonarme çerçeve sistemin ana malzemesini oluşturan beton ve çelik çerçeve sistemin ana malzemesini oluşturan çelik malzemeler dayanım performansı açısından karşılaştırılması, Bölüm 4 'te verilmiştir. Malzemelerin deprem yüküne karşı koyduğu kuvvetler olarak basınç dayanımı, çekme dayanımı, eğilme, kopma ve akma dayanımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 5. 6).

Çizelge 5. 6. Beton ve Çelik Malzemenin Mekanik Özellikleri

Mekanik Özellikler	C30 Sınıfı Beton	ST44 Çelik
Basınç Dayanımı (MPa)	30	420
Çekme Dayanımı (MPa)	1.8	410-430
Eğilme Dayanımı (MPa)	4.0	-
Kopma Dayanımı (MPa)	-	520
Akma Dayanımı (MPa)	-	420t
Elastisite Modülü	30.000	200.000

Betonlar dayanım sınıflarına göre isimlendirilmektedir. Çalışmada betonarme çerçeve sistem ile inşa edilen yapıda C30 sınıfı beton kullanılmıştır. Çelik çerçeve ile modellenen yapıda ise ST44 tipi çelik kullanılmıştır. ST44 tipi çelik, inşaat ve sanayi sektöründe, yüksek mukavemetli sıcak çekilmiş sanayi profilleri yapımında tercih edilmektedir. Bu iki malzeme türü için Çizelge 5. 6'da verilen basınç ve çekme dayanım kuvvetleri karşılaştırılabilmektedir. Buna göre ST44 tipi yapısal çeliğin basınç dayanımı, C30 sınıfı betona oranla 14 kat daha fazladır. Çekme dayanımları karşılaştırıldığında ise

çelik çekmeye çalışan ve sünek bir malzeme olduğundan, betona oranla yaklaşık 200 kat daha fazla direnç göstermektedir. Bu sebeple yapısal çeliğin deprem dayanımı açısından betondan daha olumlu performans sergilemesi beklenmektedir.

- **Ölü Yük Hesabı**

Yapının hem mevcut hali hem de çelik çerçeve sistem ile projelendirilmiş halindeki ölü yükleri hesaplanmıştır. Taşıyıcı sistemlerin kalıcı (sabit, zati, öz, ölü) yükleri (G) olan;

I. Döşeme ağırlığı
II. Kiriş ağırlığı
III. Duvar ağırlığı
IV. Kolon ağırlığı

toplamından oluşan ölü yük hesabı yapının betonarme çerçeve sistem ile inşa edilmiş mevcut hali için Çizelge 5.7'de verilmiştir. Yapının statik modeli, İdecad Statik programı ile oluşturulmuştur. Yapının mimari ve statik planı üzerinden zemin, 1. ve 2. katlar ve makine dairesinin bulunduğu 3. Kat için beton, donatı ve duvar metrajı ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapının radye temelleri, 0.00 kotu seviyesindeki döşeme ile birlikte verilmiştir. Beton metrajı için her katta bulunan döşemeler, kirişler, kolonlar ve perdelerin alanları ve ağırlıkları hesaplanmıştır[6].

Donatı metrajı için, bu taşıyıcı elemanlarda kullanılan demirlerin çapları (Ø8 ile Ø20 arasında değişen) ile birlikte ağırlıkları verilmiş, toplam donatı ağırlığı hesaplanmıştır. Duvar metrajı için ise, her katta bulunan duvar alanları hesaplanarak tuğla duvar için ağırlık hesabı yapılmıştır. Yapının taşıyıcı elemanları olan döşeme, kiriş, kolon ve perde ağırlıkları 4.909.668 ton olarak elde edilmiştir. Duvar ağırlıkları için bulunan ağırlık bu değere eklendiğinde ise yapının mevcut hali ile ölü yüklerinin toplamı 5.805.149 ton olarak hesaplanmıştır. Çizelge 5. 7'de yer alan yapım sistemlerinin metraj hesabı ile ilgili ayrıntılı bilgili EK-2'de Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Betonarme Statik Hesap Raporunda yer almaktadır.

[6] 1 m3 kuru beton ağırlığı 2.4 ton kabul edilmiştir.

Çizelge 5. 7. Betonarme Çerçeve Sistem İçin Beton ve Donatı Metraj Hesap Tablosu

		Beton Metrajı		Donatı Metrajı										Duvar Metrajı		
		Toplam (m3)	Ağırlık (ton)	Ø8	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø8-12	(>=Ø14)	Ağırlık (ton)	Alan (m2)	Ağırlık (ton)	Toplam Ağırlık (ton)
3.kat	Döşemeler	16.408	39.37		963.71						963.71					
	Kirişler	5.328	Ara.78		281.34	61.79	364.31				343.13	364.31				
	Perdeler	33.054	79.32		1267.63	690.19	484.16				1957.81	484.16				
	Kolonlar	0.700	Oca.68	55.34				66.73			55.34	66.73				
	Toplam	55.490	133.15	55.34	2512.67	751.98	848.48	66.73			3319.99	915.21		143.2	29.Haz	
2.kat	Döşemeler	78.005	187.21		5332.79	89.49					5422.29					
	Kirişler	45.614	109.47		2309.50	536.77	3049.13				2846.27	3049.13				
	Perdeler	55.140	132.336		1222.16	1222.16	910.93				3333.70	910.93				
	Kolonlar	42.640	102.336	3680.43				3930.55			3680.43	3930.55				
	Toplam	221.399	531.352	3680.43	1848.43	1848.43	3960.06	3930.55			15282.69	7890.60		990.13	200.99	
1.kat	Döşemeler	154.536	370.88		10225.85	107.65					10333.49					
	Kirişler	83.999	201.59		4193.79	975.09	5674.95				5168.87	5674.95				
	Perdeler	60.444	145.06		3128.99	1179.16	1536.26				4308.15	1536.26				
	Kolonlar	78.000	187.2	6721.32				7681.19			6721.32	7681.19				
	Toplam	376.979	904.73	6721.32	17548.62	2261.89	7211.21	7681.19			26531.84	14892.40		1639.2	332.75	
Zemin Kat	Döşemeler	161.202	386.88		9560.04	233.41					9793.45					
	Kirişler	83.999	201.59		4193.79	975.09	5638.94				5168.87	5638.94				
	Perdeler	191.923	460.61		12252.31	3279.51	3279.51				24051.43	3279.51				
	Kolonlar	97.530	234.07	9427.80				12614.54			9427.80	12614.54				
	Radye T.	769.536	1846.88			4044.38		32721.89	34437.48	296.32	4044.38	67455.69				
	Toplam	1.304.191	3130.03	9427.80	26006.13	17052.00	8918.45	45336.43	34437.48	296.32	52485.94	88988.69		1639.2	332.75	
Genel Toplam		1.958.058	4.699.262	19884.89	55821.26	21914.30	20938.19	57014.90	34437.48	296.32	97.620	112.686	210.306	4.411.73	895.581	**5.805.149**
		• 1 m^2 sıvalı tuğla (13.5 cm) duvar ağırlığı 203 kg/m^2 olarak kabul edilmiştir.														

Yapının çelik çerçeve sistem ile statik modeli SAP 2000 Programı ile oluşturulmuştur. Bu model ile elde edilen yapının ölü yüklerinin hesaplandığı metraj bilgileri, Çizelge 5. 8'de verilmiştir. Yapının temel betonu ve trapez sac üzerine dökülen döşeme betonu, ile birlikte yapısal elemanların birbirine bağlanmasını sağlayan çelik bağlantı cıvataları (M16 ile M27 arasında değişen), çelik taşıyıcı elemanlar (ST44 tipi çelik kolon, kiriş vb.), döşemeyi oluşturan trapez saç ve çelik hasırlar ile bu elemanların betona ankrajını sağlayan ankraj cıvatalarına ait ağırlıklar hesaplanmıştır. Yapısal elemanların toplam olarak hesap edildiği bu modelde, yapısal taşıyıcı elemanların ağırlığı 2.818.994 ton olarak elde edilmiştir. Bu değere, içerisinde yalıtım malzemesi ve beton bulunduran betopan duvar sistemi ağırlığı eklendiğinde, toplam ölü yük 2.861.384 ton olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 5. 8. Çelik Çerçeve Sistem İçin Metraj Hesap Tablosu

		Tip	**Miktar**	**Birim**	**Birim Ağırlık (TON)**	**Toplam (TON)**
Beton Metrajı	Temel Betonu	C 30	773.05	M^3	2.4	1.855
	Trapez Saç Üstü Döşeme Betonu	C 25	240.75	M^3	2.4	577.8
Çelik Bağlantı Cıvatası Metrajı	M27 (75mm)	ISO 8.8	304	Adet	0.000652	0.198
	M27 (70mm)	ISO 8.8	1276	Adet	0.000630	0.803
	M24 (65mm)	ISO 8.8	1560	Adet	0.000440	0.686
	M24 (60mm)	ISO 8.8	650	Adet	0.000423	0.274
	M20 (60mm)	ISO 8.8	248	Adet	0.000272	0.067
	M20 (55mm)	ISO 8.8	14112	Adet	0.000259	3.655
	M20 (50mm)	ISO 8.8	158	Adet	0.000247	0.039
	M16 (40mm)	ISO 8.8	676	Adet	0.000125	0.084
Ankraj Cıvatası	M27 (605mm)	ISO 8.8	1176	Adet	0.000588	0.588
Çelik Metrajı	Yapı Çeliği	ST44	301.90	TON	-	301.90
	Trapez Saç	LME 50/980	3210.0	M^2	0.009	2.94
	Çelik Hasır	Q221/ 221	10.22	TON	-	10.22
	Temel Donatısı	BCIII	64.74	TON	-	64.74
Duvar Metrajı	Hacim (m3)	155 mm	4.411.73	Kg/M^3	62 Kg/M^3	42.39
Toplam Ağırlık (ton)						**2.861.384**

Çizelge 5. 8'de çelik çerçeve sistem modelinin ölü yük miktarı, betonarme çerçeve sistem ile inşa edilmiş modelin ölü yük miktarının yarısından az olduğu görülmektedir. Bu oran, deprem yükünün yapıya etkimesi açısından önemlidir. F = m . a' da da görüldüğü üzere kütlesi daha az olan bir nesneye kuvvetin daha az etkimesi söz konusudur. Yapının çelik çerçeve sistem ile inşa edilmiş hali yükçe daha hafif olduğundan, daha az deprem

yüküne maruz kalacaktır. Bu sebeple olası bir depremde, hastanenin çelik çerçeve sistem ile daha güvenli olması beklenmektedir. Bununla birlikte, taşıyıcı elemanların ölü yük miktarı göz önünde bulundurulduğunda, duvar yükleri önemsenmeyecek büyüklüktedir. Ancak bu iki sistemin duvar yükleri karşılaştırıldığında, aynı duvar alanı için, betonarme çerçeve sistemde kullanılan tuğla duvar örgüsü, çelik çerçeve sistemdeki betopan duvar ağırlığından yaklaşık 20 kat daha fazladır (Çizelge 5. 8). Dolayısıyla toplam yükte çok önemli bir etkisi olmasa da, betonarme çerçeve sistemde duvar yüklerinin de yapıya önemi miktarda fazladan yük getirdiği görülmektedir.

Çizelge 5. 8'de yer alan metrajla ilgili detaylı bilgi, EK-3'te Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi Çelik Yapısal Analiz ve Tasarım Raporu'nda yer almaktadır.

- **Hata Oranı**

Yapım sistemlerinin performanslarının karşılaştırılmasında bir alt parametre olan hata oranı (kusur), yapım sistemleri için önemli performans kayıplarına sebep olabilmektedir.

Betonarme bir yapıda, betonun maruz kalacağı fiziksel etkiler, betonun bozulmasına ve içindeki demirin korozyona uğramasına sebep olabilmektedir. Bu kusurların çoğu, başarısız işçilik standartlarından, inşaatta kullanılan malzemelerin doğasının bilinmemesi ve zayıf denetimle birlikte nasıl kullanılması gerektiği konusundaki yetersiz anlayıştan kaynaklanmaktadır (Konstantakopoulou, Rodriguez-Carmona, & Barbur, 2012). Donatılı beton, uzun yıllar boyunca çok az bakım gerektiren veya hiç bakım gerektirmeyen oldukça dayanıklı bir yapı malzemesi olarak kabul edilmiştir. Ancak, diğer malzemeler gibi, beton da iklimsel değişiklikler, aşınma, basınçlı sudan kaynaklanan hasar, yangın, darbe, patlama veya aşırı yüklenmeden kaynaklanan fiziksel veya kimyasal bozulmalara uğrayabilmektedir (Son & Yuen, 1993). Bir malzemenin bozulması toplamda çevre, tasarım, işçilik, malzeme özellikleri ve kullanımının bir sonucu olarak ifade edilebilir. Düşük kaliteli malzemeler veya işçilik nedeniyle beton, çatlama ve parçalanma ve / veya donatıların aşınması gibi kusurlar gösterebilmektedir. Bununla birlikte, hava şartlarından etkilenen betonun kürlenmesi, vibrasyonu ve yerleşimi, standartlarına uygun yapılmadığı takdirde dayanımı düşmektedir. Betondaki dayanımın düşmesi, yapının deprem performansının da düşmesine sebep olmaktadır.

Deprem sonrası betonarme binalarda yapılan analizlerde hasarlar; sıva çatlakları, dolgu duvar hasarları, taşıyıcı sistem hasarları (kolon, kiriş, kolon-kiriş birleşimi, perde duvar, döşeme ve sistem kusurlarından ileri gelen hasarlar olarak sınıflandırılmıştır (Yüksel, 2008). Taşıyıcı elemanlardaki hasarlar, statik hesap sonucu inşa edilen elemanların deprem esnasında oluşan yerel kuvvetlere karşı yetersiz kalması ve yetersiz veya yanlış donatı uygulaması sonucu uygulamadaki işçilik hatalarından kaynaklandığı görülmektedir. Kolon-kiriş birleşim bölgesinde görülen hasarların bu bölgede betonun kalıba iyi yerleştirilmesi ve betonda boşluklar bulundurmaması, kiriş ve kolon donatılarının bağlantılarının iyi yapılması ve sürekli olması gerekliliği vurgulanmaktadır. Oluşabilecek hasarların taşıyıcı sistemin rijitliğini azalttığı ve dolayısıyla deprem esnasındaki yatay yüklere karşı sistemin dayanımının düşmesine sebep olduğu bilinmektedir (Yüksel, 2008). Betonarme yapısal elemanlarda meydana gelen donatı korozyonları da taşıyıcı sistemin deprem performansını olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda deprem tehlikesi yüksek bölgelerde, korozyona uğramış donatıların bulunduğu betonarme yapılar zamanla depreme karşı daha çok hasar alma eğilimi göstermektedirler (Coşkan & Yüksek, 2013); (Yüksel, 2015).

Yerinde dökme betonarme çerçeve sistem, sahada üretilen ve emeğin yoğun olduğu bir yapım tekniği olduğundan, işçilik hatalarına da sık rastlanmaktadır. Yapısal elemanlardaki kusurlar, yapım esnasında fark edilip düzeltilmediği takdirde sonradan düzeltmek mümkün olamamaktadır. Mümkün olduğu takdirde ise oldukça maliyetli olmaktadır. Bu kusurlar düzeltilmediği takdirde deprem esnasında maruz kalınan yükler, bazı yapısal hasarlara ve bölgesel veya tümüyle çökmeye sebep olabilmektedir.

Betonarme çerçeve sistemin, bu çalışma için kıyaslandığı çelik çerçeve sistemin yapısal elemanları, fabrikalarda, standart koşullar altında ve her noktasında aynı özelliğe sahip olarak üretilmektedir. Üretim sürecinden sonra, demonte olarak sahaya getirilen yapısal elemanların birleştirilmesiyle konstrüksiyon kurulmaktadır. Bu birleşim kuru (cıvata-bulon-ankraj) veya ıslak (kaynak-perçin) birleşimler olabilmektedir. Elemanların birleştirilmesi esnasında, işçilik yoğunluklu bir sistemdir. Bu birleşimlerin düzgün yapılmaması, az veya gereğinden çok stabil olarak yapılması ile deprem esnasında sistemin hareketinin sınırlandırılmasına veya enerjinin sönümlenmesi gereken noktaların sabit hale getirilmesiyle sistemin ağır hasarlar almasına veya çökmesine sebep olabilmektedir.

Yapısal çeliğin en önemli kusurları arasında korozyon, eğilme ve çatlaklar sayılabilir (Bakri & Mydin, 2014). Bu kusurlar, yapısal elemanlarda hasara sebep olarak sistemin deprem dayanım performansını etkilemektedir. Çelik yapılarda nemin oluşumuna neden olan sorunlar, korozyona sebep olan en büyük etkenlerdir. Yapı içerisinde arıza gösteren su tesisatları, aydınlatma-elektrik tesisatları, fiziksel dış etkilere maruz kalınması (yağmur, nemli hav vb.) gibi etkiler, yapısal elemanlarda korozyon oluşma riskini arttırır. Binadaki neme bağlı olarak meydana gelen korozyonun olduğu yapısal bir elemanda, zamanla kesit kayıpları görülmektedir. Eleman boyutunun azalması durumunda, elemanın alabileceği deprem yükü de azalmaktadır. Çelik yapılarda statik olarak hataya sebep olabilecek kusurlar, sahada montaj ve kurulum aşamasında da meydana gelmektedir. Bu aşamada çeşitli dengesizlik problemlerine sebep olabilecek yanlış birleşimlerin uygulanması sonucu bu yapıların deprem performansı olumsuz etkilenebilmektedir (Alpsten, 2019).

Her yapım sisteminde, içinde bulunduğu üretim, kurulum ve montaj sürecinden kaynaklanan farklı tipte kusurlar meydana gelebilmektedir. Bu kusur çoğunlukla, tasarım, planlama ve uygulamadaki hatalardan kaynaklanmaktadır. Yapı üretiminin her aşamasında, denetimsiz olarak üretilen yapılardaki fark edilmeyen kusurlar, deprem tehlikesi yüksek bir bölgede meydana gelecek olası bir depremde yıkımla sonuçlanabilmektedir. Çelik çerçeve sistemde, yapısal elemanların kendisi prefabrikasyon olarak üretildiğinden birleşim kaynaklı ve sonrasında kullanıma bağlı kusurlar ortaya çıkabilmektedir. Ancak betonarme çerçeve sistemde, beton ve demir fabrikasyon olarak üretilse de yapısal elemanların oluşumu için bu malzemelerin birleşimi insan emeği ile yapılmaktadır. Dolayısıyla elemanın kendisinde kusur oluşma riski bulunmaktadır. Uzman görüşlerine dayalı anket sonuçlarına göre, çelik çerçeve sistemde kusur oranı daha az bulunmuştur. Literatürde bu iki konstrüksüyonun hata oranının somut verilerle karşılaştırıldığı bir çalışma olmamakla birlikte, genel kanı çelik çerçeve sistemin betonarme çerçeve sisteme oranla daha az hata oranına sahip olduğu yönündedir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

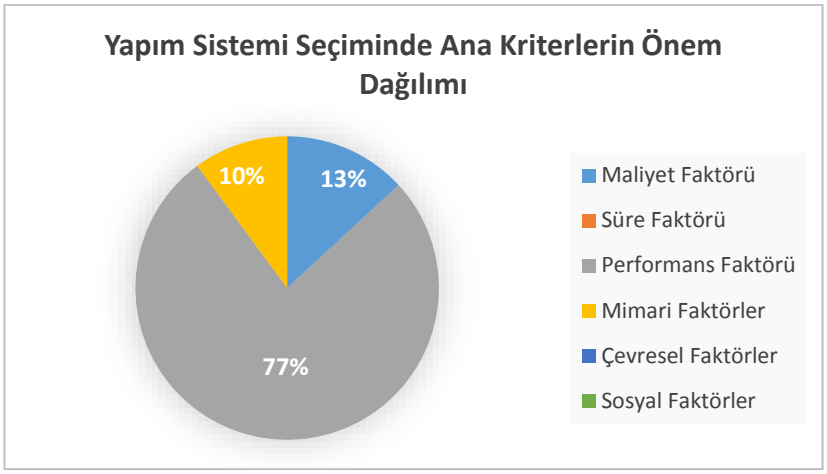
Depremlerin karakteristikleri, büyüklükleri (şiddeti) ve meydana geldiği yere bağlı olarak (kırsal veya kentsel) verdiği hasarın boyutu değişebilmektedir. Günümüze kadar meydana gelen depremlerden sonra yapılan hasar tespit çalışmalarıyla, uygulamada meydana gelen hasarların bir kısmının kalitesiz malzeme kullanımı, yetersiz işçilik, yetersiz mühendislik–mimarlık hizmetinden kaynaklandığı görülmüş ve mimari tasarım ile birlikte taşıyıcı sistem tasarımının eksiksiz ve doğru bir şekilde uygulanmasının önemi anlaşılmıştır.

Sağlık yapıları için yapım sistemi seçimi problemi, UDSEP 2023 projesi tabanında ele alınmış, bu projenin amacı doğrultusunda yeniden inşa edilecek hastane yapıları için seçim yöntemi önerisi ile olası yeni bir depremde bu tür olumsuz durumların önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Buna bağlı olarak DBYYHY 2007'de yer alan depreme dayanıklı yapı üretimi ilkelerinin, çalışmadaki karar verme probleminin temelini oluşturan yapım sistemi seçimi konusunda alternatifler açısından irdelenmesi, **yerinde dökme betonarme çerçeve, çelik çerçeve, prefabrike betonarme ve tünel kalıp yapım sistemleri** arasından yapılmıştır. Karar probleminin ele alındığı yapı türü, kamu varlıklarının önemli bir kısmını oluşturan **sağlık yapıları**, deprem sonrası insanların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürmelerini sağlamada önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle, bu yapıların inşası için yapım sisteminin seçimine karar vermek, bu tür doğal afet durumlarında yaralılara acil müdahale edilebilmesi açısından özellikle önem taşımaktadır. Karar probleminin sağlık yapıları özelinde ele alınması, kriterlerin belirlenmesi ve ağırlıklandırılması için sağlık yapıları alanında en az 10 yıl deneyimli teknik personel ile uzman değerlendirmesi yapılarak sağlanmıştır.

Yapım sistemi seçiminde verilen karar, yapı üretim sektörünün malzeme, ekipman, işgücü, vb.gibi bir çok alt dalını da beraberinde etkilemektedir. Bununla birlikte inşaat projelerinde kaynakların verimli kullanımı için maliyet-süre-kalite arasındaki ilişkinin sektördeki aynı veya yakın düzeydeki yapım sistemi alternatifleri açısından ele alınması karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte, uzman görüşlerine dayalı bir karar destek sistemi kullanımı, inşaat/yapım sektöründe tecrübeli kişilerin yardımıyla mümkün olabilmektedir. Bu noktada, uzman karar destek sistemlerine duyulan ihtiyaç sonucu bir takım karar verme mekanizmalarının geliştirilmesi ile proje yönetimi ve inşaat alanında kararsızlık durumlarının üstesinden gelmek mümkün olabilmiştir. Hibrid bir karar verme mekanizması olan **BAHP**'nin kullanımı ile karar probleminin çözümünde, kesin yargılar (1-doğru, 0-yanlış) haricinde, 0 ile 1 arasındaki diğer ihtimallerin de değerlendirilmesi, 40 uzmanın görüşü alınarak sağlanmıştır.

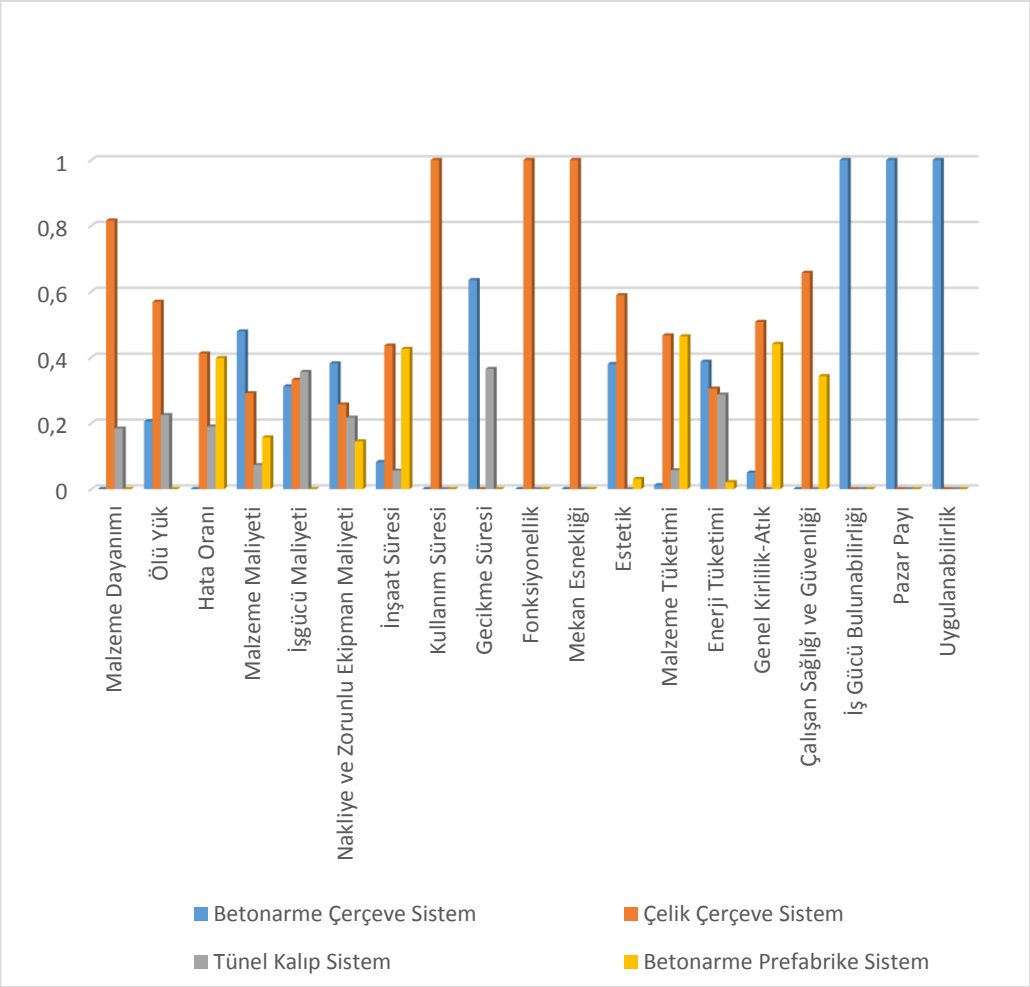
Uzman değerlendirmelerine göre;

- Yapım sistemi seçiminde değerlendirilen kriterler arasında, en yüksek skoru **performans faktörü (0.76)** almıştır. Bunu sırasıyla **maliyet (0.13)** ve **mimari faktörler (0.10)** takip etmiştir. **Süre, sosyal ve çevresel faktörlerin (0.00)** deprem bölgelerindeki sağlık yapıları için yapım sistemi seçiminde etkili olmadığı görülmüştür (Şekil 6. 1).



Şekil 6. 1. Yapım Sistemi Seçiminde Ana Kriterlerin Önem Dağılımı

Yapım sistemi alternatiflerinin, değerlendirme kriterlerine göre aldığı skorlar aşağıda verilmiştir (Şekil 6.2).



Şekil 6. 2. Yapım Sistemlerinin Tüm Kriterlere Göre Aldığı Skorlar

- **Performans Faktörü** alt kriterlerine göre, **çelik çerçeve sistem malzeme dayanımı, ölü yük ve hata oranı açısından en yüksek skora sahiptir (0.599).** Sırasıyla tünel kalıp sistem (0.1996), betonarme prefabrike sistem (0.1326) ve betonarme çerçeve sistem (0.0686) onu takip etmektedir.

- **Maliyet Faktörü** alt kriterlerine göre yapım sistemi alternatifleri incelendiğinde, **betonarme çerçeve sistem, malzeme, işgücü, nakliye ve zorunlu ekipman maliyetleri açısından toplamda en yüksek skora (0.391) sahiptir.** Sırasıyla betonarme prefabrike sistem (0.3160), çelik çerçeve sistem (0,2933) ve tünel kalıp sistem (0.2153) onu takip etmektedir.

- **Süre Faktörü** alt kriterlerine göre yapım sistemi alternatifleri incelendiğinde, **çelik çerçeve sistem inşaat süresi, kullanım süresi ve gecikme süresi açısından**

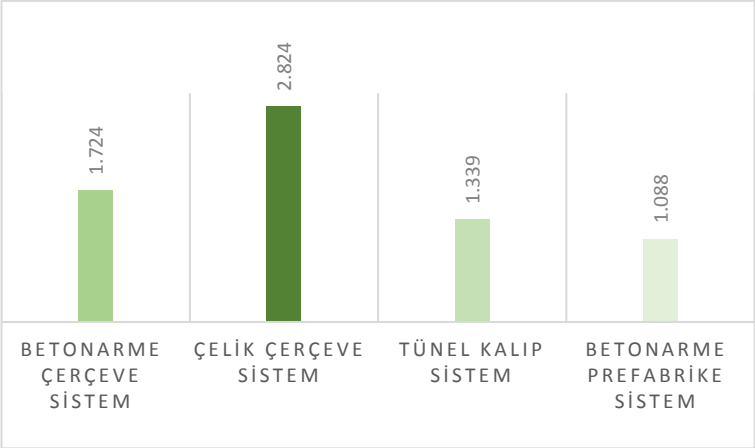
en yüksek skora sahiptir (0.4780). Sırasıyla betonarme çerçeve sistem (0.239), betonarme prefabrike sistem (0.1420) ve tünel kalıp sistem (0.1403) onu takip etmektedir.

- **Mimari Faktörlerin** alt kriterlerine göre yapım sistemi alternatifleri incelendiğinde, **çelik çerçeve sistem fonksiyonellik, mekân esnekliği ve estetik açısından en yüksek skora sahiptir (0.863).** Sırasıyla betonarme çerçeve sistem (0.1266), betonarme prefabrike sistem (0.1033) ve tünel kalıp sistem (0.00) onu takip etmektedir. Bu durumda tünel kalıp sistemin mimari faktörler açısından tercih edilmediği görülmektedir.

- **Çevresel Faktörlerin** alt kriterlerine göre yapım sistemi alternatifleri incelendiğinde**, çelik çerçeve sistem malzeme tüketimi, enerji tüketimi ve genel kirlilik-atık açısından en yüksek skora sahiptir (0.4266).** Sırasıyla betonarme prefabrike sistem (0.3086), betonarme çerçeve sistem (0.1496), ve tünel kalıp sistem (0.1146) onu takip etmektedir.

- **Sosyal Faktörler** alt kriterlerine göre yapım sistemi alternatifleri incelendiğinde, **betonarme çerçeve sistem çalışan sağlığı ve güvenliği, işgücü bulunabilirliği, pazar payı ve uygulanabilirlik açısından en yüksek skora sahiptir (0.75).** Sırasıyla çelik çerçeve sistem (0.1642), betonarme prefabrike sistem (0.0857) ve tünel kalıp sistem (0.00) onu takip etmektedir. Bu durumda tünel kalıp sistemin sosyal faktörler açısından tercih edilmediği görülmektedir.

Yapım sistemlerinin tüm kriterlerden aldıkları toplam skor değerlendirildiğinde, çelik çerçeve sistem en yüksek skora sahiptir (2,8241). Sırasıyla betonarme çerçeve sistem (1,7248), tünel kalıp sistem (1,3396) ve betonarme prefabrike sistem (1,0882) onu takip etmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6. 3. Yapım Sistemlerinin Toplam Skorları

Modelin sınanması için belirlenen kriterler arasından en yüksek skoru alan performans faktörünün alt kriterleri (dayanım, ölü yük ve hata oranı), küçük ölçekli (10 yatak kapasiteli) ve 2. Derece deprem bölgesinde yer alan Edirne Enez Entegre İlçe Hastanesi üzerinden yapılmıştır. Modelin sınanması sonucunda;

- Dayanım açısından çelik malzeme (420 MPa), betonarmeye (30 MPa) oranla yaklaşık 15 kat fazla dayanıklı,

- Ölü yük açısından çelik çerçeve sistem (2.861.384 ton) betonarme çerçeve sistemin (5.805.149 ton) yaklaşık olarak yarısı kadar ağırlığa sahip,

- Hata oranı açısıdan ise literatür araştırması ve uzman deneyimleri göz önünde bulundurularak daha az hata oranına sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Sağlık yapılarının inşa edileceği yapım sistemleri, mevcut sismik tasarım yönetmeliklerinde belirli kurallarla daha dayanıklı hale getirilse de esneklik oranı düşük malzemelerle inşa edilen sistemlerde (Betonarme çerçeve, Tünel Kalıp, vb.) deprem esnasında veya sonrasında bir takım deformasyonların oluşması engellenememektedir. Ancak 2019 yılı ocak ayında yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliğinde (TBDY) tanımlanan Dayanıma Göre Tasarım Yaklaşımında, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R ile birlikte dayanım fazlalığı katsayısı D'nin de etken olarak göz önünde bulundurulmasıdır. D katsayısı yapının özellikleriyle ilişkili bir katsayı olup, sünek davranış gösteremeyecek olan elemanlarda bu katsayısı ile azaltılmış iç kuvvetler arttırılmaktadır. Bu sayede gevrek olan bir eleman için elastik sınırların içerisinde

kalınması mümkün olabilecektir. Bu durum yapılarda gevrek davranıştan kaynaklı hasarların da sınırlanmasını sağlayabilecektir. Bunun yanı sıra fay hattına yakınlık katsayısı getirilerek deprem bölgesi ibaresi kaldırılmıştır. Bu uygulama ile herhangi bir deprem bölgesi olarak belirtilen sınırlar içerisinde, her bölgede eşit olarak alınan katsayı, fay hattına yakınlık derecesine bağlı olarak değişebilecektir.

Yalnızca yapı güvenliğinin sağlanması, depremlerdeki maddi hasarların ve can kayıplarının önüne geçmede yeterli değildir. Deprem zararlarını azaltmada güvenli toplanma alanlarının oluşturulması da önemlidir. Deprem anı ve sonrasında kullanılabilecek açık alanların planlanması, ulaşım ağının kurulması gibi düzenlemelerin de yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada karar verme yöntemi olarak kullanılan BAHP'nin farklı yapı tiplerinde farklı kriterler ile ele alınması, daha sonra yapılacak çalışmalar için yön gösterici olacaktır. Bununla birlikte, hibrid bir yöntem olan BAHP'nin eksik yönleri veya bir başka ÇKKV yöntemi ile birlikte kullanılmasının yönteme getireceği olumlu ve olumsuz durumlar incelenmelidir.

2019 yılı itibariyle yürürlüğe giren yeni deprem yönetmeliği TBDY'nin DBYYHY 2007'de yapılan değişiklikler doğrultusunda ele alınması, gelecek çalışmalara yön vermesi açısından önemlidir. TBDY 2019'a göre deprem yükü simülasyonları yapılarak, önerilen katsayıların ve hesap metodlarının yapım sistemleri üzerindeki etkisi araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Abdollahzadeh, G., Amiri, M., Kaffash, E., Hemmatian, M., & Keihanfard, S. (2013). Choosing an Appropriate Factorial System Through the Modern and Outmoded System by Two Approaches *ANP&AHP-FUZZY. Journal of Mathematics and Computer Sciences, 6,* 107-117.

Abdullah, M. R., & Egbu, C. (2010). *Selection Criteria Framework For Choosing Industrialized Building Systems For Housing Projects.* 26th Annual ARCOM Conference (s. 1131-1139). Leeds, UK:

Abioye, A. (2015). Sustainable Approach To Managing Construction And Demolition Waste: an Opportunity or a New Challenge? *International Journal of Innovative Research in Science, 4*(11) , 10368-10378.

Adair, J. (2017). *Karar Verme ve Problem Çözme* (3. Baskı), İstanbul:Pegem Akademi.

AFAD, (2018). 21.12.2018 tarihinde https://deprem.afad.gov.tr/depremdetay?eventID=408091 adresinden erişildi.

Aggarwal, R., & Singh, S. (2013). Ahp and Extent Fuzzy Ahp Approach for Prioritization of Performance Measurement Attributes. *Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 7*(1), 6-11.

Ahmed, F., & Kilic, K. (2015). Modification to Fuzzy Extent Analysis Method and Its Performance Analysis. International Conference on Industrial Engineering and Systems Management konferansında sunulan bildiri, Seville, Spain.: ICEM.

Ahmed, S., Azhar, S., Kappagantula, P., & Gollapudi, D. (2003). Delays in Construction:a Brief Study of the Florida Construction Industry. ASC Proceedings of the 39th Annual konferansında sunulan bildiri, South Carolina: Associated Schools of Construction.

Akadiri, P., Olomolaiye, P., & Chinyio, E. (2013). Multi-Criteria Evaluation Model For The Selection Of Sustainable Materials For Building Projects. *Automation Construction, 30,* 113-125.

Akıncıtürk, N. (2000). Hospitals in Areas of High Earthquake Risk. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Deprem Özel Sayısı, 6*(1), 15-24.

Akıncıtürk, N. (2003). Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8*(19), 189-201.

Akıncıtürk, N. (2003). *Ülkemizdeki Deprem Etkileri ve Yapısal Tasarımda Alınması Gereken Önlemler,* Bursa:Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi.

Akiner, İ., & Akiner, M. (2009). Evaluation of Turkish Construction Industry Through the Challenges and Globalization. *Organization, Technology and Management in Construction, 1*(2), 64-71.

Aladağ, Z. (2011). *Karar Teorisi* (2.baskı), İstanbul: Umuttepe.

Alonso, J., & Lamata, M. (2006). Consistency in The Analytic Hierarchy Process-a New Approach. *International. Journal of Uncertain. Fuzzy Knowledge-Based Systems*. *14*(4), 445-459.

Alpsten, G. (2019). Causes of Structural Failures with Steel Structures. 27.05.2019 tarihinde http://www.stbk.se/1662c-paper34-iabse-2017-01-24.pdf adresinden erişildi.

Alyamaç, K. E., & Erdoğan, A. (2005). Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri Ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları. Kocaeli Deprem Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Kocaeli.

Amani, A., & Niyazi, A. Q. (2018). Türkiye'de Prefabrik Yapı Sektörünün Hızlı Gelişimi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. *6*(3), 487-494.

Ambrose, J., & Vergun, D. (1985). *Seismic Design of Buildings*. New York: Wiley-Interscience.

Amil, A., & Aydın, A. C. (2004). Prefabrike Yapıların Başlıca Tasarım İlkeleri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 35*(3-4), 235-240.

Amoly, R., Khosrojerdi, D., Shaiee, A., & Kamalian, M. (2011). Evaluation of Design Spectra in Iranian Seismic Code. 6th International Conference on Seismology and Earthquake Engineering konferansında sunulan bildiri, Tehran, Iran.

Andisheh, K., & Amiri, G. (2010). Evaluatıon Of Iranıan Code No.2800 For Seısmıc Resıstant Desıgn Of Near Source Buıldıngs Based On Real Record Of Iran. Fifth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics konferansında sunulan bildiri, California.

Anonim. (2007). Lighting the Way: Toward a Sustainable Energy Future. Inter Academy Council. http://www.interacademycouncil.net/ File.aspx?id=24548. adresinden alındı

Aragonés-Beltrán, P., Chaparro-González, F., Pastor-Ferrando, J., & Pla-Rubio, A. (2014). An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-Based Multi-Criteria Decision Approach For The Selection Of Solar-Thermal Power Plant İnvestment Projects. *Energy*. *66*, 222-238.

Ararat, Ö. (2015). *Beton Basınç Dayanımına Boyut ve Cidar Etkisi*. İstanbul Teknik Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.

Arnold, A. (2008). *Development of a Method For Recording Energy Costs and Uses During the Construction Process.* Texas: A&M University.

Arnold, C. (2006). *Designing For Earthquakes: A Manuel For Architects*. (Fema 454). US.

Aslan, A. (2008). *Bir İnşaat Şirketinde Meydana Gelen İş Kazalarının Değerlendirilmesi*. Gazi Üniversitesi/ Sağlık Bilimleri Enstitüsü:Ankara.

Assaf, S., & Al-Hejji, S. (2006). Causes of Delay in Large Construction Projects. *International Journal of Project Management, 24*(4), 349–357.

Atalay, İ. (1987). *Türkiye Jeomorfolojisine Giriş,* İzmir: Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları.

Atkinson, A. (1998). Human Error in the Management of Building Projects. *Construction Management & Economics*, *16*(3), 339-349.

Atkinson, A. (1999). The Role of Human Error in Construction Defects. S*tructural Survey,* 17(4), 231-236.

Ay, Z., Çelik, İ., & Kımıllı, N. (2010). Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansı Üzerine Bazı Değerlendirmeler. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. *26*(1), 7-17.

Ayaydın, Y., & Koman, İ. (2004). *Mimarlar İçin 12 Soruda Beton Prefabrikasyon,* İstanbul: Birmat Matbaası.

Bakhoum, E., & Brown, D. (2012). Developed Sustainable Scoring System For Structural Materials Evaluation. *Journal of Construction Engineering Management*, 138 (1), 110-119.

Bakri, N., & Mydin, M. (2014). General Building Defects: Causes, Symptoms and Remedial Work. *European Journal of Technology and Design*, 3(1), 4-17.

Balali, V. (2014). *Selection of Appropriate Material, Construction Technique, and Structural System of Bridges by Use of Multicriteria Decision-Making Method*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2431, 79-87.

Balali, V. Z. (2010). *Selecting Appropriate Structural System: Application of PROMETHEE Decision Making Method. Engineering Systems Management and Its Applications* (ICESMA), 2010 Second International Conference konferansında sunulan bildiri, Sharjah: American University of Sharjah, UAE.

Balali, V., Zahraie, B., Hosseini, A., & Roozbahani, A. (2010). *Selecting Appro- priate Structural System: Application of PROMETHEE Decision Making Method*. 2nd International Conference of Engineering Systems Management and Its Applications konferansında sunulan bildiri, United Arab Emirates.

Balanlı, A. (1997). *Yapıda Ürün Seçimi,* İstanbul: YÜMFED.

Balkaya, C., & Kalkan, E. (2004). Seismic Vulnerability, Behavior and Design of Tunnel Form Buildings. *Engineering Structures*, *26*(4), 2081–2099.

Balyemez, S., & Berköz, L. (2005). Hasar Görebilirlik Ve Kentsel Deprem Davranışı. *İTÜ Dergisi/a, Mimarlık, Planlama, Tasarım*, *4*(1), 3-14.

Bangladesh National Building Code, (2006), *Housing and Building Research Institute. Bangladesh.* Bangladesh: Bangladesh Standards And Testing Instutition.

Bansal, S., Biswas, S., & Singh, S. (2017). Fuzzy Decision Approach for Selection of Most Suitable Construction Method of Green Buildings. *International Journal of Sustainable Built Environment*, *6*(1), 122-132.

Başkan, T. (2009). *Prefabrike Yapı Tasarımında Taşıyıcı Sistem Düzenleme Esasları*. İstanbul Teknik Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü:İstanbul.

Bauman, H. C. (1960). “Estimating Time of Construction. *Industrıal And Engıneerıng Chemıstry*, *52*(8), 47-49.

Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*, İstanbul: Bıçaklar Kitabevi.

Bayram, S., Öcal, M., Oral, E., & Atiş, C. (2014). *Türkiye’de 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu’na Göre Gerçekleştirilen Kamu İnşaat Projelerinin Maliyet ve Süre Açısından Değerlendirilmesi*. 3. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi'nde sunulan bildiri, Antalya: Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

Begum, R., Satari, S., & Pereira, J. D. (2010). Waste generation and recycling: Comparison of conventional and industrialized building systems. *American. Journal of Environmental. Science*. *6*(4), 383-388.

Bennett, F. (2003). *The Management of Construction: A Project Life Cycle Approach*, England: Butterworth-Heinemann.

Bitarafan, M., Zolfani, S., Arefı, S., & Zavadskas, E. (2012). Evaluating the Construction Methods of Cold-Formed Steel Structures in Reconstructing the Areas Damaged in Natural Crises, Using the Methods AHP and COPRAS-G. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, *12*(3), 360-367.

Blismas, N., Gibb, A., & Pasquire, C. (2006). Benefit Evaluation For Off-Site Production in Construction. *Construction Management and Economics*, 24(2), 121-130.

Boender, C. G., De Graan, J. G., & Lootsma, F. A. (1989). Multi-criteria decision analysis with fuzzy pairwise comparisons. *Fuzzy Sets and Systems*, *29*(2), 133–143.

Bolden, J., Abu-Lebdeh, T., & Fini, E. (2013). Utılızatıon Of Recycled And Waste Materıals In Varıous Constructıon Applıcatıons. *American Journal of Environmental Science*, *9*(1), 14-24.

Bozkurt, H., & Karakurt, C. (2016). Çelik Lif Katkılı Beton Yol Kaplamalarının Özellikleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *4*, 617-624.

BP Statistical Review of World Energy: (2018), 12.18.2018 tarihinde https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2018-full-report.pdf, adresinden erişildi.

Brand, S. (1994). *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, USA:Penguin Books.

Buckley, J. (1985). Fuzzy hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, *17*(3), 233-247.

Bulut, A. (1993). *Endüstrileşmiş Bina Yapım Sistemi Seçimi İçin Uzman Sistemlere Dayalı Bir Yaklaşım*. İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü:İstanbul.

Butkovic, L., Kauric, A., & Mikulic, J. (2016). *Supply Chain Management in the Construction Industry –A Literature Review*. 4th International OFEL Conference on Governance, Management and Entrepreneurship konferansında sunulan bildiri, Dubrovnik: OFEL International Conference.

Celadyn, W. (2014). Durability Of Buildings and Sustainable Architecture. *Technical Transactions-Architecture*, 7-A(14), 17-26.

Celep, Z. (2017). *Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

Chang, D. (1992). Extent Analysis and Synthetic Decision. *Optimization Techniques And Applications,* 1, 352-355.

Chang, D. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research, 95*(3), 649-655.

Charleson, A. (2008). *Seismic Design For Architects* (First Edition). New York: Routledge.

Chatterje, D., & Mukherjee, B. (2013). Potential Hospital Location Selection Using AHP: a Study in Rural India. *International Journal of Computer Applications, 71,* 1-7.

Chen, Y., Okudan, G., & Riley, D. (2010). Sustainable Performance Criteria For Construction Method Selection in Concrete Buildings. *Automation in Construction, 19* (2), 235-244.

Cheung, S., S, T. N., Lam, K., & Sin, W. S. (2001). A Fuzzy Sets Model For Construction Dispute Evaluation. *Construction Innovation, 1*(2), 117-127.

Chong, E., & Zak, S. (2001). *An Introduction to Optimization* (second edition), Canada: A Wiley-lnterscience.

Christopher, M. (1992). *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service,* London: Pitman.

Coşkan, İ., & Yüksek, İ. (25-27 Eylül 2013). *Betonarme Binalarda Mevcut Donatı Korozyonunun Deprem Davranışına Etkileri.* 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı'nda sunulan bildiri, Hatay.

Couto, J. C. (2007). *Sustainable Construction Materials and Practices,*. Amsterdam: IOS Press.

Dachowski, R., & Kostrzewa, P. (2016). The Use of Waste Materials in the Construction Industry. *Procedia Engineering, 161,* 754-758.

Dalaman, M. (1999). *Çok katlı Toplu Konut Mimari Tasarım Sürecinde Yapım Sistemlerine Yönelik Karar Verme Yöntemi* (Yayımlanmamış Doktora Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul:

Darılmaz, K. (2015). *Betonarme Sistemlerin Performansını Tasarım Aşamasında Etkileyen Faktörler*. Balıkesir: TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası.

Davenport, N. P. (2004). *Review Of Seismic Provisions Of Historic New Zealand Loading Codes*. NZSEE Conference konferansında sunulan bildiri, New Zealand.

DBYYHY. (2007). *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Deprem İzolatörleri, (2018). 19.12.2018 tarihinde https://www.sanalsantiye.com/deprem-izolator-sistemleri/ adresinden erişildi.

Deprem Yalıtımı, (2018), https://theconstructor.org/earthquake/earthquake-resistant-techniques/5607/, Erişim tarihi: 15.08.2018.

Dobie, M., & Scouller, B. (2015). Earthquakes: Revised Seismic Design Code for Indonesia. *Business&Economics, 2,* 12-13.

Du Plesis, C. (2002). *Agenda 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document.* Geneva: CSIR Building and Construction Technology.

Dünya İnşaat, (2018). 12.18.2018 tarihinde http://www.dunyainsaat.com.tr/haber/sektorler-global-rekabet-icin-teknolojiye-odaklaniyor/25867 adresinden erişildi.

Eastman, C. M., & Sacks, R. (2008). Relative Productivity in the AEC Industries in The United States For On-Site and Off-Site Activities. *Journal Of Construction Engineering And Management 134*(7), 517-526.

Ebrahiminejad, M., Shakeri, E., Ardeshir, A., & Zarandi, M. (2018). An Object-Oriented Model For Construction Method Selection İn Buildings Using Fuzzy İnformation. *Energy And Buildings, 178*, 228-241.

Ekinci, N. (1994). *Konut Üretiminde Yapım Sistemi Seçimi*. Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul:

Eldukair, Z., & Ayyub, B. (1991). Analysis of Recent US Structural and Construction Failures. *Journal of Performance of Constructed Facilities,* 5(1), 57-73.

Elnaas H, A. P. (2013). *A Decision Evaluation Model To Choose Between Manufacturing Off-Site Or On-Site Methods For Construction Of House Building Projects*. 29th Annual ARCOM Conference konferansında sunulan bildiri, UK: Association of Researchers in Construction Management.

Elnashai, A. S., & Sarno, L. (2015). Fundamentals of Earthquake Engineering: From Source to Fragility (Second Edition). UK: John WILEY & Sons.

Endonezya, (2018). 02.26.2018 tarihinde http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/EUR23563EN.pdf adresinden erişildi.

Ene, D., & Craifaleanu, L. (2010). Seismicity and design Codes in Chile:Characteristic Features and a Comparison With Some of the Provisions of the Romanian Seismic Code. *Constructıı Journal, 10*(2), 69-77.

Ercan, A. (2010). Türkiye'de Yapı Sektöründe İşçi Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi,13*(1), 49-53.

Erdik, M., Ansal, A., Aydınoğlu, N., Barka, A., Işıkara, A., Yüzügüllü, Ö., Birgören, G. (2000). *İzmir Deprem Senaryosu ve Deprem Master Planı*, İzmir: İzmir Büyükşehir Belediyesi.

Eren, Ö. (2014). *Büyük Açıklıklı Çelik Yapılar.* İstanbul: Arı Sanat.

Eshghi, S., & Tavafoghi, A. (2012). *Seismic Behaviour of Tunnel Form Building Structures: An Experimental Study*. 15 WCEE konferansında sunulan bildiri, Lisbon.

Esirgen, H., & Gültekin, A. (2005). Betonarme Ve Yapısal Çelik Teknolojilerinin Verimlilik Ölçütleri İle Değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi MMF Dergisi*, 20(4), 507-516.

Espino, D., Lopez, E., Hernandez, J., & Jordana, J. (2014). A Review Of Application Of Multi-Criteria Decision Making Methods in Construction. *Automation in Construction, 45* (2014), 151–162.

Eurocode 8: *Seismic Design of Buildings Worked Examples*, (2012). Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Eurocode, (2017). 12.27.2017 tarihinde http://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/WS_335/report/EC8_Seismic_Design_of_Buildings-Worked_examples.pdf adresinden erişildi.

Fahjan, Y. M., Vatansever, S., & Özdemir, Z. (11-14 Ekim 2011). *Ölçeklenmiş Gerçek Deprem Kayıtları İle Yapıların Doğrusal Ve Doğrusal Olmayan Dinamik Analizleri.* 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı'nda sunulan bildiri, Ankara.

Fayek, A., & Lourenzutti, R. (2018). Introduction To Fuzzy Logic İn Construction Engineering And Management. Aminah Robinson Fayek (ed.), *Fuzzy Hybrid Computing in Construction Engineering and Management* in (s.3 - 35) : Emerald Publishing.

Ferrada, X., & Serpell, A. (2014). Selection Of Construction Methods For Construction Projects: A Knowledge Problem. *Journal of Construction Engineering Management*, *140* (4), 48-58.

Ferrara, L., Colombo, A., Negro, P., & Toniolo, G. (2004). *Precast Vs. Cast-In-Situ Reinforced Concrete Industrial Buildings Under Earthquake Loading: An Assessment Via Pseudodynamıc Tests.* 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver konferansında sunulan bildiri, Canada.

Figuera, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis*. New York: Springer.

Forman, E., & Gass, S. (2001). The Analytic Hierarchy Process: An Exposition. *Operation Research, 2001*(49), 469–486.

Frangopol, D., & Soliman, M. (2016). Life-Cycle of Structural Systems: Recent Achievements and Future Directions. Structure and Infrastructure Engineering: Maintenance, Management, *Life-Cycle Design and Performance*, *12*(1), 1-20.

Fugar, F., & Agyakwah-baah, A. (2010). Delay in building construction projects in Ghana. Australian, *Journal of Construction Economics and Building*, *10*(1/2), 103–116.

Giardini, D., Grünthal, G., Shedlock, K. M., & Zhang, P. (2000). *The GSHAP Global Seismic Hazard Map*. Seismological Research Letters, 42(6), 679-686.

Gluch, P., & Baumann, H. (2004). The Life Cycle Costing (LCC) Approach: A Conceptual Discussion Of İts Usefulness For Environmental Decision-Making. *Building Environment*, *39* (5), 571-580.

Goguen, J. A., & A., Z. L. (1965). Fuzzy Sets. *Information and control*, 8 (1965), 338–353.

Göksal Özbalta, T. (2011). Prefabrik Yapıların Uygulama Alanları-Yenilikler. *TSE Standard, Ekonomik ve Teknik Dergi*, 50-59.

Griffith, A., & Sidwell, A. (1997). Development Of Constructability Concepts, Principles and Practices. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 4 (4), 295-310.

GSHAP, (2018). 03.14.2018 tarihinde https://www.gfz-potsdam.de/en/GSHAP/ adresinden erişildi.

Guendelman, T., Saragoni, G. R., & Verdugo, R. (2012). *Chilean Emergency Seismic Design Code Fore Building After El Maule 2010 Earthquake*. 15WCEE konferansında sunulan bildiri, Lisbon.

Guha-Sapir, D., Vos, F., & Ponserre, S. (2011). *Annual Disaster Statistical Review 2011*. Belgium: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters.

Guy, B., & Shell, S. (9 April 2002). *Paper 15: Design for Deconstruction and Materials Reuse,* Karlsruhe: CIB Publication 272.

Hanine, M., Boutkhoum, O., Tikniouine, A., & Agouti, T. (2016). Comparison Of Fuzzy AHP And Fuzzy TODIM Methods For Landfill Location Selection. *Springer Plus*, 5(501), 1-30.

Harmankaya, Z., & Soyluk, A. (2012). Architectural Design of Irregular Buildings in Turkey. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, *12*(1), 42-48.

Hasana, M., Razaka, N., Enduta, I., Samahb, S., Ridzuan, A., & Saaidin, S. (2016). Minimizing Defects in Building Construction Project. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 78*(5–2), 79–84.

Haseeb, M., Bibi, A., & Rabbani, W. (2011). Problems of Projects and Effects of Delay in The Construction Industry of Pakistan. *Australian Journal of Business and Management Research, 1*(5), 41- 50.

Hassim, S. (2009). The Contractor Perceptiontowers İndustrialized Building System Risk İn Construction Projects İn Malaysia. *American Journal of Applied Sciences, 6* (5), 937-942.

Hassouneh, K., Al-Shboul, A., & A., S. (2010). Influence Of Windows On The Energy Balance Of Apartment Buildings İn Amman. *Energy Conversion and Management, 51*(8), 1583–1591.

Hillier, B., & Leaman, A. (1976). Architecture as a discipline. J*ournal of Architectural Research, 5*(1), 28-32.

Hizmetleri, Ç. v. (2015). Riskli Binaların Tespit Edilmesi Hakkında Esaslar. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı .

Ho, W. (2008). Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications – a literature review. *European Journal of Operational Research, 186*, 211–228.

Hofstadler, C. (2010). *Calculation of Construction Time for Building Projects – Application of the Monte Carlo Method to Determine the Period Required for Shell Construction Works.* 18th CIB World Building Congress konferansında sunulan bildiri, United Kingdom: CIB publication 360.

Holmberg, J., & Sandbrook, R. (1992). *Sustainable Development: What Is to Be Done? Making Development Sustainable: Redefining Institutions, Policy, and Economics*. Washington:Island Press.

Huang, T., Shi, F., Tanikawa, H., Fei, J., & Han, J. (2013). Materials Demand And Environmental İmpact Of Buildings Construction And Demolition İn China Based On Dynamic Material Flow Analysis. *Resource, Conservation & Recycling, 72*, 91-101.

ICE, A. C. (2012). *A Strategy and Action Plan*, (2002-3). London : Institution of Civil Engineers.

Iftikhar, Ahmad, M., & Siddiqui, A. (2017). A Study on Fuzzy AHP method and its applications in a "tie-breaking procedure". G*lobal Journal of Pure and Applied Mathematics*, 13(6), 1619-1628.

İnan, T., & Korkmaz, K. (2011). Evaluation Of Structural Irregularities Based On Architectural Design Considerations İn Turkey. *Structural Survey*, *29*(4), 303-319.

Ioannidou, D., Meylan, G., Sonnemann, G., & Habert, G. (2017). Is gravel becoming scarce? Evaluating the local criticality of construction aggregates. *Resource, Conservation & Recycling,126*, 25-33.

İpekçi, C., Coşkun, N., & Karadayı, T. (2017). İnşaat Sektöründe Geri Kazanılmış Malzeme Kullanımının Sürdürülebilirlik Açısından Önemi. *Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim*, *10* (2), 43-50.

Ishiyama, Y. (2018). Earthquake Damage and Seismic Code for Buildings in Japan, 25.01.2018 tarihinde http://ares.tu.chiba-u.jp/peru/pdf/meeting/120817/M6_Ishiyama.pdf adresinden erişildi.

Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review Of The Main Developments İn The Analytic Hierarchy Process. *Expert Systems with Applications*, *38* , 14336–14345.

İtalya, (2018). 03.23.2018 tarihinde https://theconstructor.org/earthquake/earthquake-resistant-techniques/5607/ adresinden erişildi.

Japonya, (2018). 27.01.2018 tarihinde http://www.asahi.com/ajw/articles/AJ201704280040.html adresinden erişildi.

Jato-Espino, & D., L. E. (2014). A Review of Multi Criteria Decision Making Methods in Construction. *Automation in Construction*, (2014) 45, 151-162.

Jiagin, Y., & Huei, L. (1997). An AHP Decision Model for Facility. *Location Selection. Facilities*, 15(9-10), 241-254.

Josephson, P. (1998). *Defects and Defect Costs in Construction:A Study Of Seven Building Projects İn Sweden*, Chalmers University of Technology: Sweden. .

Kahraman, C. (2008). *Fuzzy Multi-Criteria Decision Making : Theory and Applications with Recent Developments*, New York: Springer.

Kahraman, C., Ruan, D., & Doğan, I. (2003). Fuzzy Group Decision-Making For Facility Location Selection. *Information Science*, 157(2003), 135-153.

Kandilli Rasathanesi, (2019). 03.04.2019 tarihinde http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/personel/comoglu/depremnedir/index.htm adresinden erişildi.

Kanoğlu, A., (2018). Building Production Systems, Tunnel Formwork System Ders Notları. ITU Faculty of Architecture, 16.06.2018 tarihinde http://web.itu.edu.tr/~kanoglu/crs_bps_cn_tunnelformworksystem.pdf adresinden erişildi.

Kanyılmaz, Ü. (2010). *Otel Binalarında Modüler Koordinasyon Çerçevesinde Yapım Sistemi Seçimi Üzerine Bir İnceleme*. Dokuz Eylül Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü:İzmir.

Kazaz, A., Ulubeyli, S., Er, B., & Açıkara, T. (2016). Construction Materials-based Methodology for Time-Cost-quality Trade-off Problems. *Procedia Engineering, 164,* 35-41.

Kikwasi, G. (2013). Causes and Effects of Delay and Disruptions in Construction Projects in Tanzania. *Australasian Journal of Construction Economics and Building Conference Series, 1*(2), 52- 59.

Konstantakopoulou, E., Rodriguez-Carmona, M., & Barbur, J. (2012). Processing of Color Signals in Female Varriers of Color Vision Deficiency . *Journal of Vision, 12*(2), 1-11.

Kubin, J. v. (2012). Seismic Isolated Hospital Design Practice in Turkey: Erzurum Medical Campus. The 15th World Conference on Earthquake Engineering konferansında sunulan bildiri, Lisbon.

Kumar, D. (2016). Causes and Effects of Delays in Indian Construction Projects. *International Research Journal of Engineering and Technology,* 3(4), 1831-1837.

Kuruoğlu, M. (2003). *İnşaatçılar İçin Yeni İhale Düzeninde Pratik Teklif Fiyatı Belirleme Yöntemi.* İstanbul: İTO Yayınları.

Kuruoğlu, M., Yönez, E., Topkaya, E., & Çelik, L. Y. (2012). İnşaat Sektöründe Kullanılan Ön Maliyet Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. New World Sciences Academy, *7*(1), 263-272.

Laarhoven, P. J., & Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of Saaty's Priority Theory. *Fuzzy Sets and Systems, 11,* 229-241.

Lam, P., Chan, A., & Wong, F. (2007). Constructability Rankings Of Construction Systems Based On The Analytical Hierarchy Process. *Journal of Architectural Engineering, 13* (1), 36–43.

Lashgari, A., Chamzini, A., Fouladgar, M., Zavadskas, E., Shafiee, S., & Abbate, N. (2012). Equipment Selection Using Fuzzy Multi Criteria Decision Making Model: Key Study of Gole Gohar Iron Min. *Engineering Economics, 23*(2) 125-136.

Lee, C., & Chang, C. (2018). Comparative Analysis Of MCDM Methods For Ranking Renewable Energy Sources İn Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 92,* 883-896.

Li, Y., Zhang, X., Ding, G., & Feng, Z. ". (2016). Developing A Quantitative Construction Waste Estimation Model For Building Construction Projects. *Resource, Conservation&Recycling, 106,* 9-20.

Long, N., Ogunlana, S., Quang, T., & Lam, K. (2004). Large Construction Projects İn Developing Countries: A Case Study From Vietnam. *International Journal of Project Management, 22*(7), 553– 561.

Löfgren, I., & Gylltoft, K. (2001). In-Situ Cast Concrete Building: Important Aspects Of Industrialised Construction. *Nordic Concrete Research,* 1(2001), 61-80.

Löfgren, I., Gylltoft, K., & Kutti, T. (2018). In-Situ Concrete Building – Innovations in Formwork, 11.07.2018 tarihinde

http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/9233/local_9233.pdf adresinden erişildi.

Mardani, A. J. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications – a review of the literature from 2000 to 2014. *Economic Research*, 28(1), 516-571.

Mcrae, G., Clifton, C., & Megget, L.. *Report to the Royal Comission of Inquiry into the Building Failure Caused by The Christchurch Earthquakes. New Zealand: Review of NZ Building Codes of Practice, (2019), 07.02.2019* tarihinde https://canterbury.royalcommission.govt.nz/documents-by-key/20110923.14 adresinden erişildi.

Meclis Araştırması Komisyonu Raporu (2010). *Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan Meclis Araştırması Komisyonu Raporu*. Ankara: TBMM.

Meksika, (2018). 03.14.2018 tarihinde https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mexico_Seismic_Hazard_Map.gif adresinden erişildi.

Merritt, F. S. (2012). *Building Engineering and Systems Design*. New York: Springer US.

Mezher, M. F., & Tawil, W. ,.-2. (1998). Cause S Of Delays in The Construction Industry in Lebanon. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *5*(3), 252-260.

Mikhailov, L. (2003). Deriving Priorities From Fuzzypairwise Comparison Judgements. *Fuzzy Sets and Systems*, *134*(3), 365-385.

Miller, G. A. (1956). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *The Psychological Review*, *63*, 81-97.

Mills, A., Love, P. E., & Williams, P. (2009). Defect Costs in Residential Construction. *Journal Of Constructıon Engıneerıng And Management*, 135:1(12), 12-16.

Mohammed, K., & Isah, A. (2012). Causes Of Delay In Nigeria Construction Industry. *Interdisciplinary Journal of Construction Research in Business*, *4*(2), 785–795.

Moinfar, A., Naderzadeh, A., & Nabavi, M. H. (2012). *New Iranian Seismic Hazard Zoning Map for New Edition Edition of Seismic Code and Its Comparison with Neighbor Countries.* 15 WCEE konferansında sunulan bildiri, Lisbon: Sociedade Portuguesa de Engenharia Sismica.

Mulliner, E. M. (2016). Comparative Analysis Of MCDM Methods For The Assessment Of Sustainable Housing Affordability. *Omega*, 59(Part B), 146-156.

Murtaza, M., Fisher, D., & Skibniewski, M. (1993). Knowledge-Based Approach To Modular Construction Decision Support. *Journal of Construction Engineering Management*, 119 (1), 115-130.

Mutlu, A. (1973). *Sağlık Binaları ve Hastaneler.* İstanbul: Türk Film Arşivi Matbaası.

Naeim, F. (2001). *The Seismic Design Handbook*. New York: Chapman & Hall International Thomson.

Naeim, F., & Kelly, J. (1999). *Design Of Seismic Isolation Structures: From Theory To Practice*, Canada: John Wiley& Sons,.

Nagata, M., Manginelli, E., Lowe, J., Trauner, T., & Furniss, B. (2011). *Construction Delays* (Second Edition). USA: Elsevier.

O'Connor, J., & Davis, J. (1988). Constructability During Field Operations. *Journal of Construction Engineering and Management,* 114, (4), 548-555.

Özbek, A. (2017). *Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü.* İstanbul: Seçkin Yayınları.

Özdağoğlu, A., & Özdağoğlu, G. (2007). Comparıson Of Ahp And Fuzzy Ahp For The Multı-Crıterıa Decısıon Makıng Processes Wıth Lınguıstıc Evaluatıons. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 6*(11), 65-85.

Özdemir, A. (2004). Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 23, 87-96.

Özkan, E. (1976). *Yapım Sistemlerinin Seçimi İçin Bir Yöntem*. Trabzon: KTÜ Rektörlüğü Baskı Atölyesi.

Özmen, B. (2000). *17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi'nin Hasar Durumu.* Ankara: Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi.

Özmen, C. (2002). *Commonly Encountered Seismic Design Faults In Reinforced Concrete Residential Architecture In Turkey*. The Middle East Technical University/ Institute of Science:Ankara.

Özpeynirci, R. (2001). Yatırım Projeleri Kapsamında Mali Etüd Üzerine Bir Çalışma. *Muğla Üniversitesi SBE Dergisi, 5*(2001), 1-17.

Öztürk, A. (2013). *Yöneylem Araştırması*(1. Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları.

Pan, N. F. (2008). Fuzzy AHP Approach For Selecting The Suitable Bridge Construction Method. *Automation in Construction*, *17*, 958–965.

Pan, W., Dainty, A., & Gibb, A. (2012). Establishing And Weighting Decision Criteria For Building System Selection İn Housing Construction. *Journal of Construction Engineering Management, 138*(11), 1239-1250.

Paz, M. (1994). *International Handbook of Earthquake Engineering Codes, Programs and Examples.* New York: Chapman&Hall.

Petrini, V., & Boni, M. (2004). Seısmıc Zonation Criteria In Italy: Analysıs On Methodologıes And Parameters. 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver konferansında sunulan bildiri, Vancouver, Canada.

Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği (2013), Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Polat, G., & Damcı, A. (2007). *Türk İnşaat Sektöründe Prefabrik Betonarme Yapı Elemanlarının Kullanımını Etkileyen Faktörler.* 4. İnşaat Yönetimi Kongresi, Kongre Sempozyumu'nda sunulan bildiri, Ankara: TMMOB.

Pourrostam, T., & Ismail, A. (2011). Significant Factors Causing and Effects of Delay in Iranian Construction Projects. *Australian Journal of Basic and Applied Science, 5*(7), 450-456.

Rahimian, M. (2004). *Reconnaissance Study Of The Natural Period of Rc Buildıngs For Iranian Seismic Code Revision.* 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver konferansında sunulan bildiri, Vancouver, Canada.

Rahman, M. H. (2018). Earthquakes don't kill, built environment does: Evidence from cross-country data. *Economic modelling, 70*, 458-468.

Riggs, J. L. (1968). Economic Decision Models For Engineers and Managers. New York: Mc Grow-Hill.

Royer, P. S. (2000). Risk Management: The Undiscovered Dimension of Project Management. *Project Management Journal, 31*(1), 6–13.

Rubio, M., & Ramos, G. (2017). Decision-Making Tool For The Assessment and Selection of Construction Processes Based On Environmental Criteria: Application To Precast and Cast in-situ Alternatives. *Resources, Conservation & Recycling, 126*, 107-117.

Ruuska, A., & Hakkinen, T. (2014). Material Efficiency of Building Construction. *Buildings* 4(2014), 266-294.

Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Math. Modelling, 9*(3–5), 161-176.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process.* New York, USA: McGraw-Hill.

Saaty, T. (1994). *Fundamentals of decision making and priority theory with the Analytic Hierarchy Process.* Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T. (1999). *Fundamental of The Analytic Network Process.* Japan: ISAHP.

Saaty, T. (2005). *Theory and applications of the Analytic Network Process. Decision making with benefits, opportunities, costs and risks.* Pittsburgh: RWS Publications.

Saaty, T. L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *Int. J. Services Sciences*, 1(1), 83-98.

Sabaei, D. E. (2015). A Review Of Multi-Criteria Decision-Making Methods For Enhanced Maintenance Delivery . *Procedia CIRP, 37*, 30-35.

Sambasivan, M., & Soon, Y. (2007). Causes and Effects of Delay in Malaysian Construction Industry. *International Journal of Project Management, 25*(5), 517–526.

Senitkova, I. (2017). *Indoor Air Quality – Buildings Design.* MATEC Web of Conferences 93, 03001, (s. MATEC Web Conference, Vol. 93).

Seresht, N., Lourenzutti, R., Salah, A., & Fayek, A. (2018). Overview Of Fuzzy Hybrid Techniques İn Construction Engineering And Management in Aminah Robinson Fayek (ed.), *Fuzzy Hybrid Computing in Construction Engineering and Management*, 37 - 107.

Sev, A. (2009). *Sürdürülebilir Mimarlık*. İstanbul: Yapı-Endüstri Merkezi.

Sev, A., & Görgülü, C. (2012). Malzemede Yeşil Algı ve Beton Örneği. *Mimarlıkta Malzeme Dergisi, 21*(Şubat 2012/1), 40-48.

Sey, Y., & Tapan, M. (1987). *Toplu Konut Üretiminde Uygulanan Yapım Sistemlerinin Analizi Ve Değerlendirilmesi.* Ankara: TÜBİTAK.

Shalgar, M., & Aradhye, T. (2017). Introduction to advanced TUNNEL Formwork system: Case study of "Rohan-Abhilasha". *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(3), 294-297.

Shang, H., Anumba, C., Bouchlaghem, D. M., Miles, J., Cen, M., & Taylor, M. (2005). An İntelligent Risk Assessment System For Distributed Construction Teams. *Engineering, Construction, and Architectural Management*, 12(4), 391-409.

Shapira, A., & Goldenberg, M. (2005). AHP-Based Equipment Selection Model For Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, *131*(12). 1263-1273.

Shrivastava, S., & Chini, A. (2011). *Estimating Energy Consumption during Construction of Buildings: A Contractor's Perspective.* Proceedings of The World Sustainable Building konferansında sunulan bildiri, Helsinki.

Skibniewski, M., & Chao, L. (1992). Evaluation of Advanced Construction Technology with AHP Method. *Journal of Construction Engineering and Management,118*(3), 577-593.

Son, L., & Yuen, G. (1993). *Building Maintenance Technology*. London: THE Macmillan.

Sonawane, T., & Pimplikar, S. (2009). Use of Recycled Aggregate Concrete. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, http://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/sicete(civil)-volume5/57.pdf, Erişlim tarihi:11.09.2019.

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2018). *2006, 2007, 2008, 2009 yıllarına ait İstatistikler*. Ankara: SGK.

Soyluk, A., & Harmankaya, Z. (2012). The History of Development in Turkish Seismic Design Codes. *International Journal of Civil & Environmental Engineering*, 12(1), 25-29.

Spengler, J., & Chen, Q. (2000). Indoor Air Quality Factors in Designing a Healthy Building. *Annual Review of Energy and the Environment, 25*, 567-600.

Stewart, M. G. (1993). Structural Reliability And Error Control İn Reinforced Concrete Design And Construction. *Structural Safety*, *12*(4), 277-292.

Şener, M. (2015). *Devlet Hastanelerinde Deprem Yalıtımı Üzerine Bir İnceleme: Sismik İzolatör Uygulaması Ve Mimari - Statik Düzenlemeler*. 5th International Earthquake Symposium konferansında sunulan bildiri, Kocaeli.

Şengel, H., Erol, H., & Yavuz, E. (2009). Sismik İzolasyon Tekniği Ve Kullanılışına İlişkin Örnek Uygulama. J*ournal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, *22*(2), 165-178.

Şili, (2018). 01.29.2018 tarihinde http://toreto.co/seismic-hazard-map/ adresinden erişildi.

Tah, J. H., & Carr, V. (2000). Information Modeling For A Construction Project Risk Management System. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 7(2), 107-119.

Takagi, J., & Wada, A. (2019). Recent Earthquakes And The Need For A New Philosophy For Earthquake-Resistant Design. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, *119*, 499-507.

Talukhaba, A., Ngowi, A., & Letlape, K. (2005). *Implementation Of Socio-Economic Sustainability İn Construction Projects At The Planning Stage İn Developing Countries*. 4th Triennial International Conference Rethinking and Revitalizing Construction Safety, Health, Environment and Quality konferansında sunulan bildiri, South Africa.

Tam, V. W., Tam, C., Zeng, S., & William, C. (2007). Towards Adoption of Prefabrication in Construction. *Building and Environment*, *42*(10), 3642-3654.

Tam, V., & Tam, C. (2006). A Review on the Viable Technology for Construction Waste Recycling. *Resources,Conservation and Recycling*, *47*(3), 209-221.

Tama, Y. (2002). Çelik Yapılarda Moment Dayanımlı Çerçeveler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, *9*(1), 63-72.

Tan, K., Kannan, V., & Handfield, R. (1998). Supply chain Management: supplier performance and firm performance. *International Journal of Purchasing and Material Management, 34*(3), 2-9.

Tangüler, M. (2014). Yapı Denetim Sistemi Kapsamında Elde Edilen Beton Basınç Dayanımı Sonuçlarına Dair Bir İnceleme. *İMO Yapı Malzemeleri Komisyonu*, 2014(1), 71-77.

Taş, N. (2003). Yerleşim Alanlarında Olası Deprem Zararlarının Azaltılması. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 8(1), 225-231.

Tatum, C., Vanegas, J., & Williams, J. (1986). *Constructability Improvement During Conceptual Planning*. USA: Construction Industry Institute.

TC Sağlık Bakanlığı, (2018). 2013/3 Sayılı genelge, 03.23.2018, tarihinde http://www.jeofizik.org.tr/resimler/ekler/8890a54ef79ab48_ek.pdf?tipi=1&turu=H&sube=0 adresinden erişildi.

Teixeira, J. (2007). Construction Site Environmental İmpact İn Civil Engineering Education. *European Journal of Engineering Education, 30*(1), 51-58.

Teixeira, J., & Couto, A. (2000). *Construction Sites and Environment in Historic Portuguese Cities*. In CIB Symposium on Construction and Environment Theory into Practice konferansında sunulan bildiri, Brazil.

Tena-Colunga, A., Mena-Hernandez, M., Perez-Rocha, L., Aviles, J., Ordaz, M., & Vilar, J. (2009). Updated Seismic Design Guidelines for Model Building Code of Mexico. *Earthquake Spectra, 25*(4), 869-898.

Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z., & Erkal, A. (2007). *Zayıf Kat – Yumuşak Kat Düzensizliği*. 6. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı'nda sunulan bildiri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

THBB, (2018). Hazır Beton, Çimento, Agrega, İnşaat Teknolojileri ve Ekipmanları Fuarı, 12.18.2018 tarihinde https://www.thbb.org/faaliyetlerimiz/kongre-ve-fuar/beton-2018/ adresinden erişildi.

Timor, M. (2011). *Analitik Hiyerarşi Prosesi*. İstanbul: Türkmen Kitabevi.

TMMOB. (2012). *Türkiye'de Deprem Gerçeği ve TMMOB Makina Mühendisleri Odası'nın Önerileri Oda Raporu*. Ankara: TMMOB.

Toksarı, M., & Toksarı, M. D. (2003). Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yaklaşımı Kullanılarak Hedef Pazarların Belirlenmesi. *ODTÜ Gelişme Dergisi, 38*, 51-57.

Toller, S., Carlsson, A., Wadeskog, A., Miliutenko, S., & Finnveden, G. (. (2013). Indicators For Environmental Monitoring Of The Swedish Building And Real Estate Management Sector. *Building Research& Information, 41*(2) , 146-155.

TS 498 Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri. (1997). Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.

TUCSA, (2018). Yönetim Kurulu Röportajı, 18.12.2018 tarihinde https://tr.steelorbis.com/celik-haberleri/roportajlar/tucsa-2018-icin-celik-yapi-sektorunde-3e-yakin-buyume-bekleniyor-1020149.htm adresinden erişildi.

Turkish International Contracting. (2017), İstanbul: TCA.

Türk Yapı Sektörü Raporu. (2015), İstanbul: YEM.

Türkel, E., & Ergen, E. (2016). Tünel Kalıp Sistemi Kullanılan Betonarme Yüksek Yapılarda, Yükseklik Ve Kat Alanı İle Maliyet Arasındaki İlişki. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 22*(6), 418-426.

Türkiye, (2018). 02.27.2018 tarihinde https://deprem.afad.gov.tr/deprem-bolgeleri-haritasi adresinden erişildi.

Türkiye İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Raporu. (2019), İstanbul: Sosyal Haklar Derneği.

Türkiye Sağlık Yapıları Asgari Tasarım Standartları 2010 Yılı Kılavuzu. (2010). Ankara: T.C. Sağlık Bakanlığı İnşaat ve Onarım Dairesi Başkanlığı.

Udawatta, N., Zuo, J., Chiveralls, K., & Zillante, G. (2015). Improving Waste Management İn Construction Projects: An Australian Study. *Resource, Conservation & Recycling,101*, 73-83.

UDSEP (Uluslararası Deprem Stratejisi ve Eylem Planı). (2012). *2023 Raporu*. Ankara: Sağlık Bakanlığı.

Ulubeyli, S., & Kazaz, A. (2009). A Multiple Criteria Decision-Making Approach To The Selection Of Concrete Pumps. J*ournal of Civil Engineering and Management, 15*(4), 369-376.

Ulusal Deprem Konseyi, (2018). 23.03.2018 tarihinde https://www.tmmob.org.tr/icerik/jfmodan-ulusal-deprem-konseyi-aciklamasi adresinden erişildi.

Ulusal Strateji (6 Mayıs 2002). *Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi*. Ankara: Ulusal Deprem Konseyi.

Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2007). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management, 90*, 3048-3056.

Vaidya, O., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research, 169* , 1–29.

Vatan, E. (2017). *Kentsel Dönüşüm Kapsamında Yapılacak Yeni Binalarda Yapım Sistemi Seçimi Gemlik Kent Merkezi'nde Örnek Çalışma.* Bahçeşehir Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü:İstanbul.

Velasquez, M., & Hester, P. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods . *International Journal of Operations Research*, 10(2), 56-66.

Voordt, T., & Wegen, H. (2005). *Architecture In Use: An Introduction to the Programming, Design and Evaluation of Buildings.* New York: Routledge.

Wakabayashi, M. (1986). *Design of Earthquake-Resistant Buildings.* New York: McGraw-Hill.

Wallenius, J., Dyer, J., Fishburn, P., Steuer, R., Zionts, S., & Deb, K. (2008). Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. *Manage Science, 54*(7)1336–1349.

Wang, Y., Lou, Y., & Hua, Z. (2008). On The Extent Analysis Method For Fuzzy AHP and Its Application. *Elsevier European Journal of Operational Research, 186*(2), 735-747.

Wang, Y., Yang, J., & Xu, D. (2005). A Two-Stage Logarithmic Goal Programming Methodfor Generating Weights From İnterval Comparison Matrices. *Fuzzy Sets Systems, 152*, 475-498.

Wells, J. (2001). *The Construction Industry in the Twenty-First Century: Its Image, Employment Prospects and Skill Requirement.* Geneva: International Labour Organization.

Whittington, C., Livingston, A., & Lucas, D. (1992). Research into Management, Organisational and Human Factors in the Construction Industry. London: HSE Contract Research Report Nr 45/1992, HMSO.

Xu, R. (2000). Fuzzy Least Square Priority Method İn The Analytic Hierarchy Process. *Fuzzy Sets and Systems, 112*(3), 395-404.

Yalçın, H., Gülen, L., & Utkucu, M. (2013). Türkiye ve Yakın Çevresinin Aktif Fayları Veri Bankası ve Deprem Tehlikesinin Araştırılması. *Yeditepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 34*(3), 133-160.

Yapı Malzemeleri Yönetmeliği. (2013), Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 10.07.2013 Tarihli Resmi Gazete, Sayı: 28703.

Yardım, N., Çipil, Z., Vardar, C., & Mollahaliloğlu, S. (2007). Türkiye İş Kazaları Ve Meslek Hastalıkları: 2000-2005 Yılları Ölüm Hızları. *Dicle Tıp Dergisi,* 34(4), 264-271.

Yee, A., & Hon, D. (2001). Structural And Economic Benefits of Precast/Prestressed Concrete Construction. *PCI Journal*, 46(4), 34-42.

Yeni Zelanda, (2018). 01.25.2018 tarihinde https://www.gns.cri.nz/Home/Our-Science/Natural-Hazards/Earthquakes/Earthquake-hazard-modelling/2010-National-Seismic-Hazard-Model adresinden erişildi.

Yıldırım, H. (2013). *Türkiye Sağlık Sistemi: Sağlıkta Dönüşüm Programı Değerlendirme Raporu.* Ankara: Mattek.

Yüksek, İ. (2015). The Evaluation of Building Materials in Terms of Energy Efficiency. *Ŕ Periodica Polytechnica Civil Engineering*, *59*(1), 45–58.

Yüksel, İ. (2008). Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *24*(1-2), 260-276.

Yüksel, İ. (2015). Donatı Korozyonunun Betonarme Binaların Yapısal Davranışına Etkileri. Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı'nda sunulan bildiri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İstanbul.

Zadeh, L. (1965). Fuzzy Sets. *Information Control*, *8*(1965), 338-353.

Zeeman, J. (1980). *Preparation And Methodology For The Design Of Buildings*. Delft: Delft University of Technology.

Zhang, H. (2011). *Building Materials in Civil Engineering*. Cambridge: Woodhead Publishing.

Zuo, J., Jin, X.-H., & Flynn, L. (2012). Social Sustainability in Construction – An Explorative Study. *International Journal of Construction Management*, 12(2), 51-63.

EK-1 KRİTERLERİ DEĞERLENDİRME ANKETİ

ANKET ÇALIŞMASI

Bu anket Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı'nda düzenlenen **" Deprem Bölgelerinde Yapılacak Sağlık Yapılarında Yapım Sistemi Seçimi"** başlıklı doktora tez çalışması kapsamında yapılmaktadır. Anket, deprem bölgelerinde yeniden inşa edilecek sağlık yapılarının inşa edilme aşamasında etkili parametrelerin değerlendirilmesini hedeflemektedir. Çalışma bilgi edinmek amacıyla yapılmaktadır ve kişilerin özel bilgilerine yer verilmeyecektir.
Zaman ayırarak ankete katılımınız ve çalışmaya katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

Arş. Gör. Şule YILMAZ ERTEN ve Doç. Dr. SEMİHA KARTAL
Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - Mimarlık Bölümü

BÖLÜM-1: GENEL BİLGİLER

Eğitim Düzeyiniz	Lisans		Yüksek Lisans	Doktora
	☐		☐	☐
Mesleğiniz	Mimar		İnşaat Mühendisi	Müteahhit
	☐		☐	☐
İş Deneyim Süreniz	6-10 yıl	11-15 yıl	16-20 yıl	21-25 yıl
	☐	☐	☐	☐
Sağlık Yapıları Uygulama Deneyimi	Var ☐		Yok ☐	

BÖLÜM-2: KRİTERLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşağıda depremlerin büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olduğu ***1. ve 2. Derece deprem bölgelerinde*** *inşa edilecek olan* ***hastane yapıları*** *için yapım sistemi seçiminde etkili olan kriterleri sıralamak üzere kriterler arasında ikili karşılaştırma yapılacaktır. Karşılaştırma yapılırken bir satırda karşılıklı bulunan iki kriter arasında hangi kriterin üstün olduğunu düşünüyorsanız o kriter tarafında uygun gördüğünüz* ***üstünlük derecesini*** *işaretleyiniz. Eğer kriterlerin eşit derecede önemli olduğunu düşünüyorsanız,* ***eşit önemli*** *seçeneğini işaretleyiniz.*

Karşılaştırma yapılırken ana kriterlerin, tabloda görülen alt kriterlerine değerlendirilmesi istenmektedir.

ANA KRİTERLER	**Maliyet Faktörü (MF)**	**Süre Faktörü (SF)**	**Performans Faktörü (PF)**	**Mimari Faktörler (MiF)**	**Çevresel Faktörler (ÇF)**	**Sosyal Faktörler (SoF)**
ALT KRİTERLER	Malzeme Maliyeti	Yapım (İnşaat)Süresi	Ölü Yük	Mekân Esnekliği	Malzeme Tüketimi ve Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı	Çalışan Sağlığı ve Güvenliği
	İşgücü Maliyeti	Kullanım Süresi	Dayanım	Fonksiyonellik	Enerji Tüketimi	İşgücü Durumu
	Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti	Gecikme Süresi	Hata Payı	Estetik	Genel Kirlilik/Atık Üretimi	Pazar Payı
						Uygulanabilirlik

Dilsel İfadeler	
EÖ	Eşit Önemli
BÖ	Biraz Önemli
FÖ	Önemli
ÇFÖ	Çok Fazla Önemli
EÇÖ	En Çok Önemli

ANA KRİTER	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	**ANA KRİTER**
MF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SF
SF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	PF
PF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	MiF
MiF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ÇF
ÇF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SoF
SoF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	MF
ÇF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	PF
MF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	PF
MiF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	MF
SoF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	MiF
PF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SoF
SF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	MiF
ÇF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SF
SF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	SoF
MF	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ÇF

MALİYET ALT KRİTERLERİ	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	MALİYET ALT KRİTERLERİ
Malzeme Maliyeti	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	İş gücü Maliyeti
İş gücü Maliyeti	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti
Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Malzeme Maliyeti

SÜRE ALT KRİTERLERİ	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	SÜRE ALT KRİTERLERİ
Yapım (İnşaat) Süresi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Gecikme Süresi
Gecikme Süresi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Kullanım Süresi)
Kullanım Süresi)	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Yapım (İnşaat) Süresi

PERFORMANS ALT KRİTERLERİ	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	PERFORMANS ALT KRİTERLERİ
Ölü Yük	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Dayanım
Dayanım	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Hata Oranı
Hata Oranı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Ölü Yük

MİMARİ ALT KRİTERLER	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	MİMARİ ALT KRİTERLER
Mekân Esnekliği	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Estetik
Fonksiyonellik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Mekân Esnekliği
Estetik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Fonksiyonellik

ÇEVRESEL ALT KRİTERLER	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	ÇEVRESEL ALT KRİTERLER
Malzeme Tüketimi ve Geri Dön. Malzeme Kullanımı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Genel Kirlilik ve Atık Üretimi
Enerji Tüketimi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Malzeme Tüketimi ve Geri Dön. Malzeme Kullanımı
Genel Kirlilik ve Atık Üretimi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Enerji Tüketimi
SOSYAL ALT KRİTERLER	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	**SOSYAL ALT KRİTERLER**
Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	İşgücü Durumu
İşgücü Durumu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Pazar Payı
Pazar Payı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Uygulanabilirlik
İşgücü Durumu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Uygulanabilirlik
Çalışan Sağlığı ve Güvenliği	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Pazar Payı
Uygulanabilirlik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	Çalışan Sağlığı ve Güvenliği

BÖLÜM-3: YAPIM SİSTEMİ ALTERNATİFLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşağıdaki sorular kriterlere göre yapım sistemi alternatiflerinin değerlendirilmesini hedeflemektedir. Bu karşılaştırmada kriterin yapım sistemleri içerisinde optimum düzeyde (örneğin; maliyet alt kriterleri için minimum maliyet, işgücü bulunabilirliği kriteri için maksimum bulunabilirlik düzeyi, süre kriteri için minimum süre, çevresel kriterler için çevreyi maksimum düzeyde koruyacak alternatifler seçilerek karar verilmelidir.

Malzeme Maliyeti açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>İşgücü Maliyeti</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Nakliye ve Zorunlu Ekipman Maliyeti</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Yapım (İnşaat) Süresi</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Kullanım Süresi açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Gecikme Süresi açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Malzeme Dayanım Gücü açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Ölü Yük</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Hata Oranı</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Mekân Esnekliği</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Fonksiyonellik açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.										
	EÇÖ	**ÇFÖ**	**FÖ**	**BÖ**	**EÖ)**	**BÖ**	**FÖ**	**ÇFÖ**	**EÇÖ**	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Estetik açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.										
	EÇÖ	**ÇFÖ**	**FÖ**	**BÖ**	**EÖ)**	**BÖ**	**FÖ**	**ÇFÖ**	**EÇÖ**	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Malzeme Tüketimi ve Geri Dönüşümlü Malzeme Kullanımı açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.										
	EÇÖ	**ÇFÖ**	**FÖ**	**BÖ**	**EÖ)**	**BÖ**	**FÖ**	**ÇFÖ**	**EÇÖ**	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Enerji Tüketimi açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Genel Kirlilik/Atık Üretimi açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

İşgücü Bulunabilirliği açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Çalışan Sağlığı ve Güvenliği</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Pazar Payı</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

<u>Uygulanabilirlik</u> açısından aşağıda verilen yapım sistemi alternatiflerini karşılaştırınız.

	EÇÖ	ÇFÖ	FÖ	BÖ	EÖ)	BÖ	FÖ	ÇFÖ	EÇÖ	
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**ÇÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**TKS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
BÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**
TKS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**BÇS**
ÇÇS	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	**PBS**

Varsa görüş ve önerilerinizi yazabilirsiniz.
ANKETE KATILIMINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ.

EK-2 EDİRNE ENEZ ENTEGRE İLÇE HASTANESİ'NE AİT BETONARME STATİK HESAP RAPORU

ideCAD	YAPAN:		
	PROJE: ENEZ DEVLET HASTANESİ		
	TARIH: 25.03.2015	REVIZYON:	Rapor # 12211
	Lisans no:6500HL-0831 Statik		

YAPI GENEL BILGILERI

YAPI KONUM BILGILERI

Yapi Ili	:	EDİRNE
Yapi Ilçesi	:	ENEZ
Yapi Pafta No	:	------
Yapi Ada No	:	117
Yapi Parsel No	:	63

YAPI GEOMETRIK BILGILERI

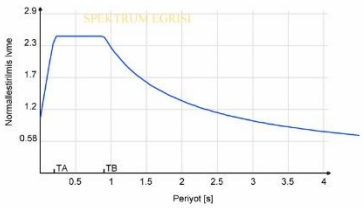
Kat sayisi	:	4
Yapi Yüksekligi	:	15.00 (m)
Rijit Bodrum Üstü Yapi Yüksekligi	:	15.00 (m)
Rijit Bodrum Kati Sayisi	:	0
Rijit Bodrum Kat Numarasi	:	-1
Maksimum Kat Yüksekligi	:	4.20 (m)
Maksimum Kiris Açikligi	:	6.76 (m)
Planlanan Kullanim	:	DEVLET HASTANESİ
Rijit Diyafram Sayisi	:	4

DEPREM PARAMETRELERI

Yapi Önem Katsayisi [I]	:	1.50
Tasiyici Sistem Davranis Katsayisi (Girilen) [X / Y]	:	4.00 / 4.00
Tasiyici Sistem Davranis Katsayisi (Seçilen [X / Y]	:	4.00 / 4.00
Eksantriste Orani	:	0.05
Süneklik düzeyi [X / Y]	:	KARMA / KARMA
Deprem Bölgesi	:	4
Etkin Yer Ivme Katsayisi	:	0.10

ZEMIN PARAMETRELERI

Zemin Tipi	:	Z4
Spektrum Karakteristik Periyotlari	:	Ta : 0.20, Tb : 0.90
Zemin Emniyet Gerilmesi	:	12.90 [tf/m²]
Kullanilan Zemin Emniyet Gerilmesi	:	15.48 [tf/m²]
Yatak Katsayisi	:	1548.00 [tf/m³]
Zemin Grubu	:	C
Zemin Hakim Periyodu	:	0.60 [s]



MALZEME BILGILERI

Kolonlar	:	C30 S420
Perdeler	:	C30 S420
Kirisler	:	C30 S420
Dösemeler	:	C30 S420
Temeller	:	C30 S420
Beton Güv. Katsayisi	:	1.50
Çelik Güvenlik Katsayisi	:	1.15
Beton Birim Hacim Agirligi	:	2.50

ideCAD	YAPAN:		
	PROJE: ENEZ DEVLET HASTANESİ		
	TARIH: 25.03.2015	REVIZYON:	Rapor # 12211
	Lisans no:6500HL-0831 Statik		

YAPI ÖZET RAPORU

Malzeme ve Kesit Kontrolleri		
Kullanilan Beton Sinifi	Projede C20 veya üzeri beton sinifi kullanilmistir	√
Kesit Kontrolü	Projede tüm elemanlarin kesitleri yeterlidir	√

Öteleme ve Düzensizlik Kontrolleri		
Göreli Öteleme	Göreli kat öteleme kosulu saglanmistir $\delta i(max) / h = 0.001 <= 0.02$ - (2. KAT)	√
Ikinci Mertebe Etkileri	Bütün katlarda 2. mertebe etkileri kosulu saglanmistir $\theta i(max) = 0.002 <= 0.12$ - (1. KAT)	√
A1 Düzensizligi	Bütün katlarda A1 düzensizligi kosulu saglanamamistir $\eta i(max) = 1.70 > 1.2$ - (1. KAT) Dinamik analiz yapilmistir	√
A2 Düzensizligi	Bütün katlarda A2 düzensizligi kosulu saglanmistir	√
A3 Düzensizligi	Bütün katlarda A3 düzensizligi kosulu saglanmistir	√
B1 Düzensizligi	Bütün katlarda B1 düzensizligi kosulu saglanmistir $\eta ci(min) = 1.30 > 0.8$ - (1. KAT)	√
B2 Düzensizligi	Bütün katlarda B2 düzensizligi kosulu saglanamamistir $\eta ki(max) = 44.25 > 2.0$ - (1. KAT) Dinamik analiz yapilmistir	√
B3 Düzensizligi	Bütün katlarda B3 düzensizligi kosulu saglanmistir	√

Hesap Yöntemi ve R Katsayisinin Seçimi		
R Katsayisi Seçimi (X yönü)	Girilen R katsayisi uygundur. Girilen R = 4.00 Seçilen R = 4.00	√
R Katsayisi Seçimi (Y yönü)	Girilen R katsayisi uygundur. Girilen R = 4.00 Seçilen R = 4.00	√
Hesap Yönteminin Seçimi	Dinamik hesap yöntemi kullanilmistir Modal analiz yapilmistir	√
Süneklik Düzeyinin Seçimi (X Yönü)	Perdeli sistem - Süneklik : KARMA	√
Süneklik Düzeyinin Seçimi (Y Yönü)	Perdeli sistem - Süneklik : KARMA	√

Yapi Deprem Yükünün Belirlenmesi		
Yapi Toplam Agirligi	4545.14 t Hareketli yük katsayisi = 0.3000	√
Toplam Deprem Yükü (X Yönü)	Vt = 429.14 [t] - (Dinamik Yöntem)	√
Toplam Deprem Yükü (Y Yönü)	Vt = 427.84 [t] - (Dinamik Yöntem)	√
Yapi Dogal Titresim Periyodu	$Tr = 0.17 \leq Ta = 0.20 \leq Tb = 0.90$ [s] - (RZ)	√
Spektrum Katsayisi	S(T) = 2.28	√
Hesaba Katilan Mod Sayisi	Hesaba katilan mod sayisi yeterlidir Hesaba 12 mod katilmistir	√

YÜKLEME KOMBINASYONLARI

1.4G+1.6Q	**G :**	Sabit Yük
G+Q	**Q :**	Hareketli yük
G+Q+EX1	**±EX1, EX2 :**	X Yönü +%5 ve -%5
G+Q+EX2		Eksantristeli
G+Q+EY1		Deprem Yüklemesi
G+Q+EY2		
G+Q-EX1	**±EY1, EY2 :**	Y Yönü +%5 ve -%5
G+Q-EX2		Eksantristeli
G+Q-EY1		Deprem Yüklemesi
G+Q-EY2		
0.9G+EX1		
0.9G+EX2		
0.9G+EY1		
0.9G+EY2		
0.9G-EX1		
0.9G-EX2		
0.9G-EY1		
0.9G-EY2		

KULLANILAN STANDARTLAR VE YÖNETMELIKLER

TS 500 (Subat 2000)
DBYBHY 2007

ideCAD	PROJE: ENEZ DEVLET HASTANESİ	Rapor # 12211

Döseme Özet Raporu		
Döseme Yük Analizi	TS498'e göre detayli döseme yük analizi yapilmistir	√
Döseme Yükseklik Kontrolü	TS500'e göre döseme yükseklik kontrolleri yapilmistir	√
Döseme Statik Sonuçlari	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapilmistir M11(max) = -4.52 [tfm] M22(max) = -4.70 [tfm]	√
Döseme Betonarme Donati Hesabi	Tüm dösemelerde gereken donati kosullari saglandi MdMax : -4.78 [tfm] - (D140) AsMax : 10.94 [cm²] - (D240)	√
Döseme Sehim Kontrolü	Bütün dösemelerde sehim kosullari saglanmistir. Süreli Sehim - λδig max = 6.37 mm - (DZ27) Ani Sehim - δiq max = 1.63 < 17.22 mm - (DZ41) Toplam Sehim - δt max = 11.13 < 26.01 mm - (DZ27)	√

Kiris Özet Raporu		
Kiris Yük Analizi	TS498'e göre detayli kiris yük analizi yapilmistir	√
Kiris Yükleri	Kiris yükleri sonlu elemanlar yöntemiyle aktarilmistir	√
Kiris Statik Sonuçlari	Kiris Statik Çözümü Yapilmistir TMax : 3.61 [tfm] - (KZ19) VMax : -15.06 [tf] - (KZ22) MMax : -21.74 [tfm] - (KZ22)	√
Kiris Betonarme Donati Hesabi	Tüm kirislerde gereken donati kosullari saglandi MdMax : -38.27 [tfm] - (KZ22) AsMax : 20.41 [cm²] - (KZ21)	√
Kiris Kesme Donatisi	Vd < 0.22bwdfcd kosulu tüm kirislerde saglanmistir Asw/sk(max) : 6.10 [cm²] - (KZ21)	√
Kiris Burulma Hesabi	(Td/S) + (Vd/bwd) < 0.22fcd kosulu tüm kirislerde saglanmistir Aot / s : 6.80 [cm²/m] - (KZ19)	√
Kiris Kesme Güvenligi	Ve ≤ 0.22bwdfcd kosulu tüm kirislerde saglanmistir Ve ≤ Vr kosulu tüm kirislerde saglanmistir	√
Kiris Sehim Kontrolü	Sehim kosullari tüm kirislerde saglanmistir Süreli Sehim - λδig max = 0 mm - () Ani Sehim - δiq max = 0 < 0 mm - () Toplam Sehim - δt max = 0 < 0 mm - ()	√
Kiris Çatlak Kontrolü	ω < ωmax kosulu tüm kirislerde saglanmistir ω = 0.23 < ωmax = 0.40 [mm] - (K391)	√
Kiris Aski Donatisi	Projede aski donatisi gerektiren kirisler mevcuttur ve aski donatisi çizimi yapilmistir. K232	√

Kolon Özet Raporu		
Kolon Statik Sonuçlari	Mmax : -19.12 [tfm] - (S151) Tmax : 0.38 [tfm] - (SZ51) Vmax : 16.60 [tf] - (SZ57) Nmax : -50.93 [tf] - (S143)	√
Kolon Betonarme Donati Hesabi	Tüm kolonlarda gereken donati kosullari saglandi Nd : 35.49 [tf] - (S131) Md2 : 8.77 [tfm] Md3 : 15.46 [tfm] As : 25.00 [cm²]	√
Kolon Yanal Ötelenme Kontrolü (X Yönü)	Tüm katlarda yanal ötelenme önlenmis	√
Kolon Yanal Ötelenme Kontrolü (Y Yönü)	Tüm katlarda yanal ötelenme önlenmis	√
Kolon Burkulma Hesabi (X Yönü)	Burkulma TS500 moment büyütme yöntemi ile hesaba katilmistir	√
Kolon Burkulma Hesabi (Y Yönü)	Burkulma TS500 moment büyütme yöntemi ile hesaba katilmistir	√
Kolon Kesme Güvenligi	Ve ≤ Vr kosulu tüm kolonlarda saglanmistir Ve ≤ 0.22bwdfcd kosulu tüm kolonlarda saglanmistir	√
Maksimum Normal Kuvvet Kontrolü	0.50Acfck ≥ NdMax kosulu tüm kolonlarda saglanmistir NdMax = 143.02 [tf]	√
Poligon Kolon Bilgileri	Projede poligon kolon bulunmamaktadir	√

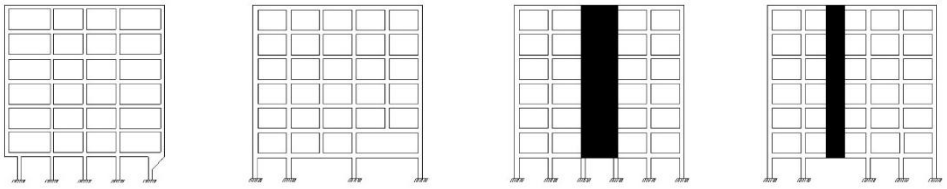
Perde Özet Raporu		
Perde Statik Sonuçlari	Mmax : 656.32 [tfm] - (P108)	√
	Tmax : 11.86 [tfm] - (PZ02)	
	Vmax : 126.34 [tf] - (PZ123)	
	Nmax : -402.92 [tf] - (PZ96)	
Perdelerin Tasarim Egilme Momentleri	Tasarim egilme momentleri dikkate alinmistir	√
Perde Betonarme Donati Hesabi	Tüm perdelerde gereken donati kosullari saglandi	√
	Nd : 1.55 [tf] - (PZ47)	
	Md2 : 2.03 [tfm]	
	Md3 : -196.95 [tfm]	
	As : 48.17 [cm²]	
Perde Kesme Güvenligi	Ve ≤ Vr kosulu tüm perdelerde saglanmistir	√
	Ve ≤ 0.22Achfcd kosulu tüm perdelerde saglanmistir	

Radye Temel Özet Raporu		
Radye Temel Sonlu Eleman Bilgileri	Grafiksel ve tablo biçiminde verilmistir	√
Radye Temel Statik Sonuçlari	Sonlu elemanlar yöntemiyle statik çözüm yapilmistir	√
	Üst Yapi Temel Etkilesimli Analiz Yapildi	√
	M11(max) = -37.19 [tfm]	
	M22(max) = 24.63 [tfm]	
Radye Temel Betonarme Donati Hesabi	Tüm radye temellerde gereken donati kosullari saglandi	√
	MdMax : 20.23 [tfm] - (RDZ01)	
	AsMax : 11.89 [cm²] - (RDZ01)	
Radye Temel Zemin Gerilmesi	Bütün temellerde zemin gerilmesi güvenlidir	√
	Min. zemin gerilmesi : 5.03 ≤ 15.48 [tf/m²] [G+Q-EX1]	
	Ort. zemin gerilmesi : 5.61 ≤ 15.48 [tf/m²] [G+Q-EY2]	
Radye Temel Zimbalama Kontrolü	Radye temellerin tümünde zimbalama kosulu saglanmistir	√
	Vpr = 237.65 ≥ Vpd(max) = 65.08 [tf]	

Birlesim Bölgesi Özet Raporu		
Kolon Kiris Birlesim Bölgesi Kesme Güvenligi	Birlesim bölgelerinde kesme güvenligi saglanmistir	√

ideCAD	YAPAN:		
	PROJE: ENEZ DEVLET HASTANESİ		
	TARIH: 25.03.2015	REVIZYON:	Rapor # 12211
	Lisans no:6500HL-0831 Statik		

DÜZENSIZLIK RAPORU



Kat	Göreli Öteleme δ(max) / h	Ikinci Mertebe Etkileri θ
3. KAT	0.001 <= 0.02 √	0.001 <= 0.12 √
2. KAT	0.001 <= 0.02 √	0.001 <= 0.12 √
1. KAT	0.001 <= 0.02 √	0.002 <= 0.12 √
ZEMIN KAT	0.000 <= 0.02 √	0.000 <= 0.12 √

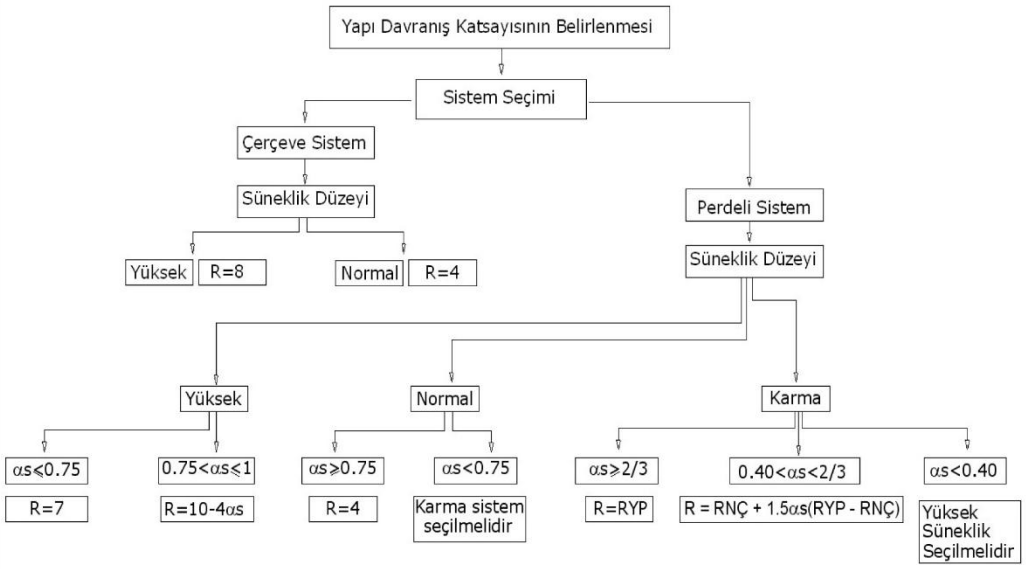
Kat	Planda Düzensizlik		
	A1(ηbi)	A2	A3
3. KAT	1.33 > 1.2 Var	Yok (Kullanici Denetledi)	Yok (Kullanici Denetledi)
2. KAT	1.40 > 1.2 Var	Yok (Kullanici Denetledi)	Yok (Kullanici Denetledi)
1. KAT	1.70 > 1.2 Var	Yok (Kullanici Denetledi)	Yok (Kullanici Denetledi)
ZEMIN KAT	1.10 <= 1.2 Yok	Yok (Kullanici Denetledi)	Yok (Kullanici Denetledi)

Kat	Düsey Yönde Düzensizlik		
	B1(ηci)	B2(ηki)	B3
3. KAT	-	0.90 <= 2.0 Yok	Yok
2. KAT	2.35 >= 0.8 Yok	1.29 <= 2.0 Yok	Yok
1. KAT	1.30 >= 0.8 Yok	44.25 > 2.0 Var	Yok
ZEMIN KAT	3.33 >= 0.8 Yok	0.04 <= 2.0 Yok	Yok

Mod Superpozisyon Yöntemi (Dinamik Yöntem) Kullanilmistir

ideCAD	YAPAN:		
	PROJE: ENEZ DEVLET HASTANESİ		
	TARIH: 25.03.2015	REVIZYON:	Rapor # 12211
	Lisans no:6500HL-0831 Statik		

R KATSAYISININ SEÇIM NEDENI

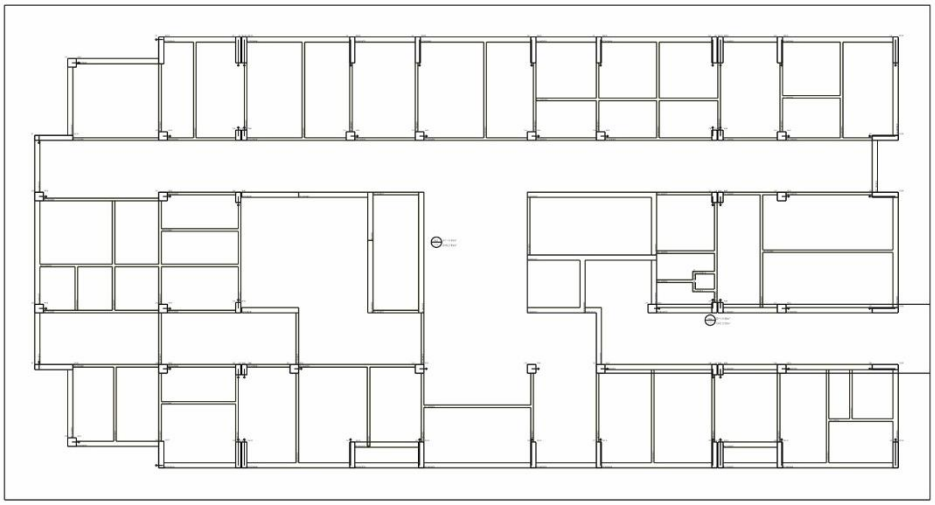


X Yönü		Y Yönü	
Yapi	Perdeli	**Yapi**	Perdeli
Süneklik	KARMA	**Süneklik**	KARMA
Min αs	0.8013	**Min αs**	0.8137
Girilen R Katsayisi	4.00	**Girilen R Katsayisi**	4.00
Seçilen R Katsayisi	4.00	**Seçilen R Katsayisi**	4.00

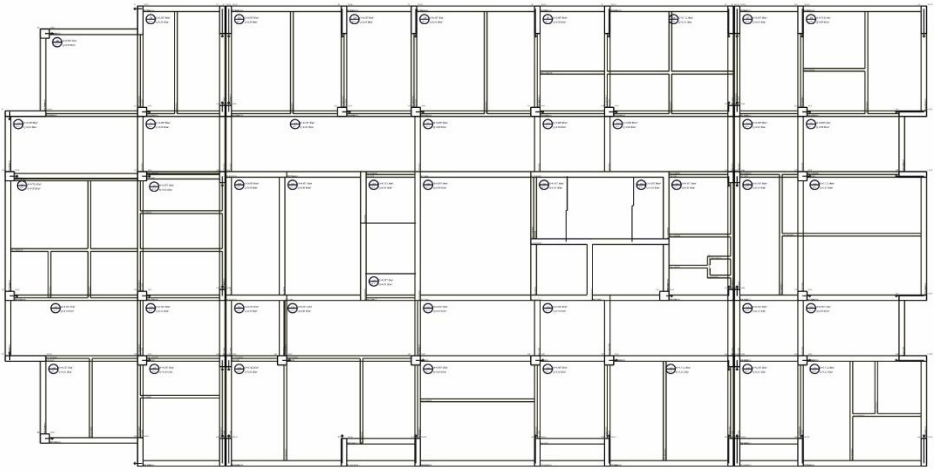
R KATSAYISI VE HESAP YÖNTEMININ SEÇIM NEDENI

Bina Toplam Yüksekligi	15.00
Deprem Bölgesi	4
A1 Düzensizligi	Var
ηci(min) :	1.30
B1 Düzensizligi	Yok
B2 Düzensizligi	Var
Kullanilan Hesap Yöntemi	Dinamik

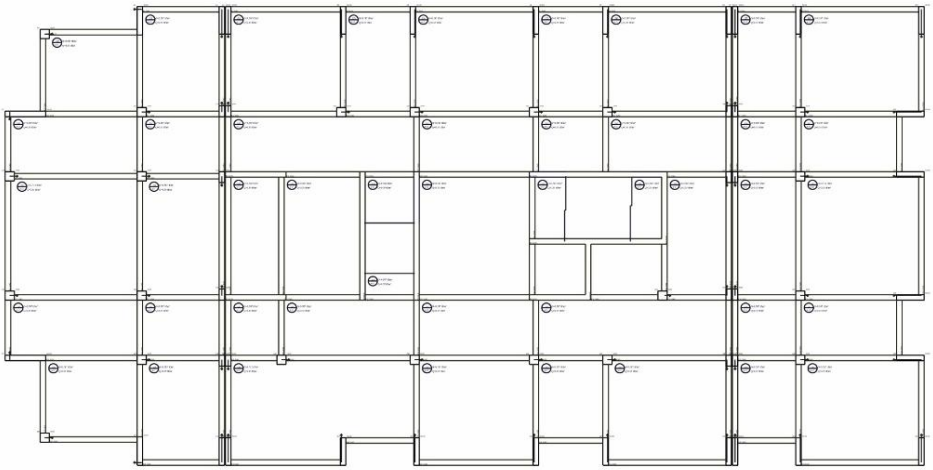
ZEMIN KAT - Temeller



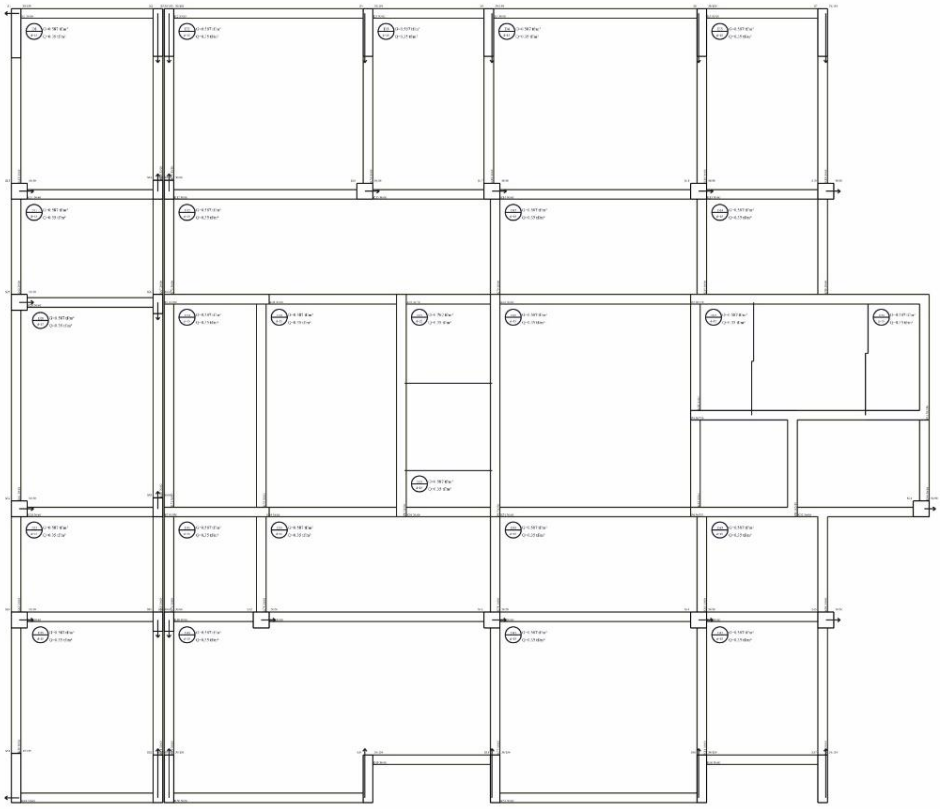
ZEMIN KAT



1. KAT

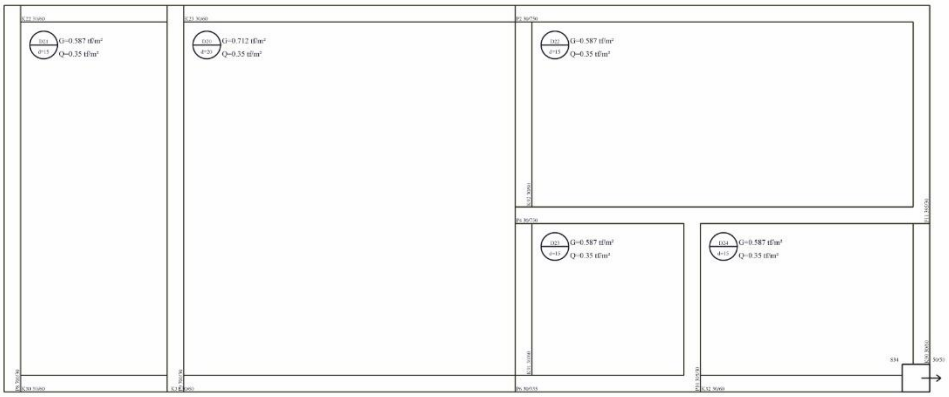


2. KAT

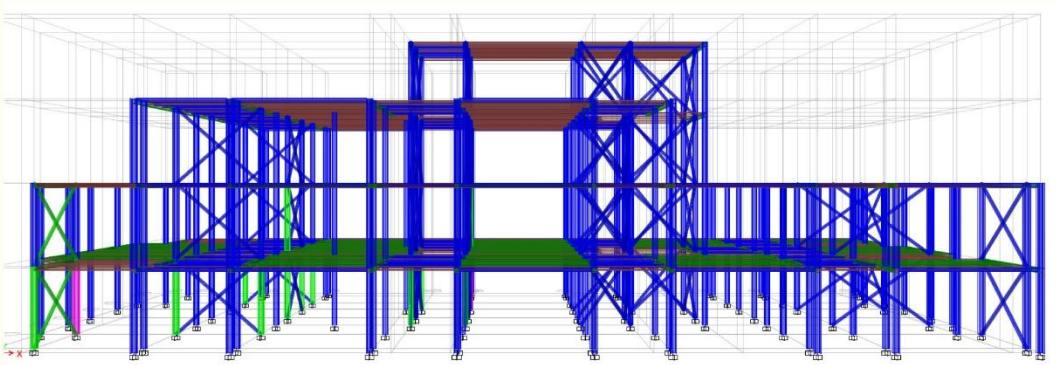


YAPI GENEL YERLESIM SEKILLERI

3. KAT



EK-3 EDİRNE ENEZ ENTEGRE İLÇE HASTANESİ'NE AİT ÇELİK STATİK HESAP RAPORU



EDİRNE ENEZ DEVLET HASTANESİ PROJESİ

YAPISAL ANALİZ VE TASARIM RAPORU

İL : EDİRNE
İLÇE: ENEZ
PAFTA: SU-03

Ocak, 2018

YAPISAL DEĞERLENDİRME RAPORU

1. Yapının Tanımı:

Bu doküman, Edirne'nin Enez İlçesinde yapılması planlana yapısal analiz ve tasarımı içermektedir. Yapı 50m uzunluğunda 25m m genişliğindedir. Yapı toplam 4 katlıdır.. Yapının taşıyıcı sistemini çelik kolon kiriş ve çaprazlar oluşturmaktadır.

1.1. Malzeme kalitesi:

Yapının yapısal analiz hesaplarında beton için BS30 (C30), donatı için BÇIII, Yapı çeliği için St44, Bağlantı cıvataları için İso8.8 kalitesi alınarak çalışmalar yapılmıştır.

1.2. Zemin Durumu:

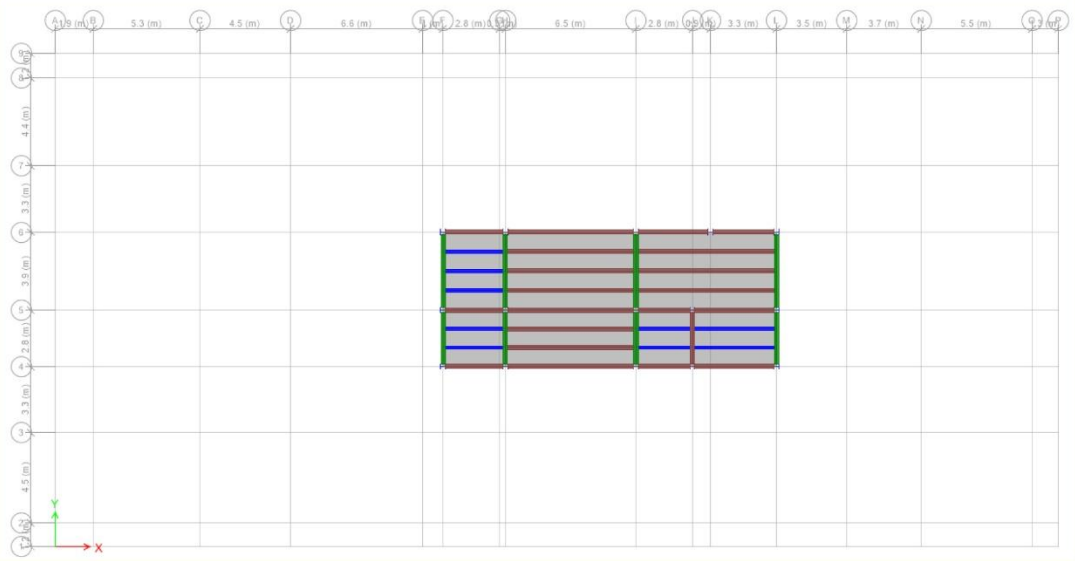
Zemin raporunda belirtildiği üzere bu bölge için öngörülen zemin sınıfı Z3 dir. Analizlerde yönetmelikte Z3 sınıfı için öngörülen parametreler kullanılmıştır .

2. Yapısal Hesaplar:

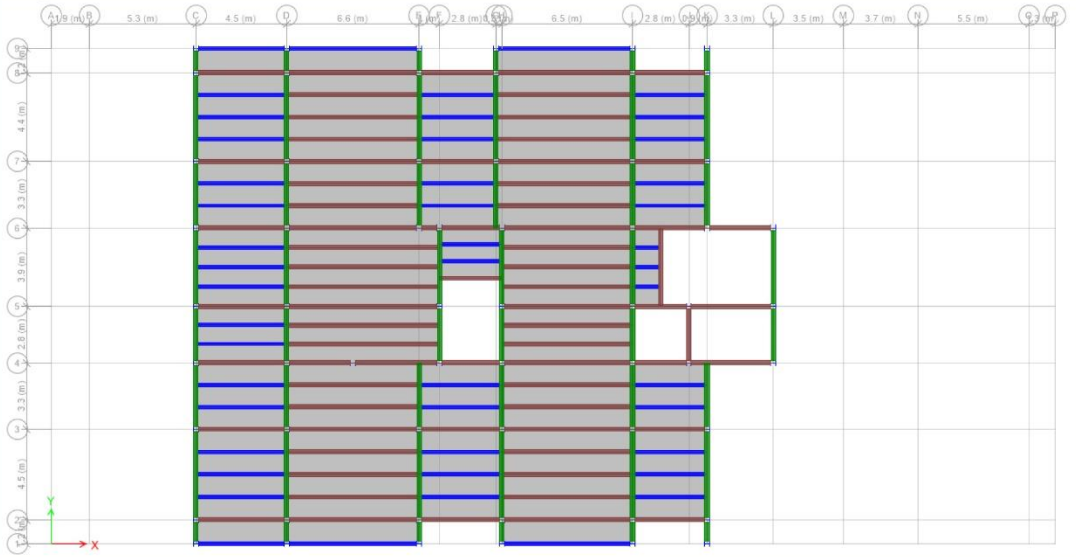
Hesaplarda kullanılan yapısal bilgiler, parametreler ve hesap sonuçları aşağıda sunulmuştur.

2.1. Yük Analizi:

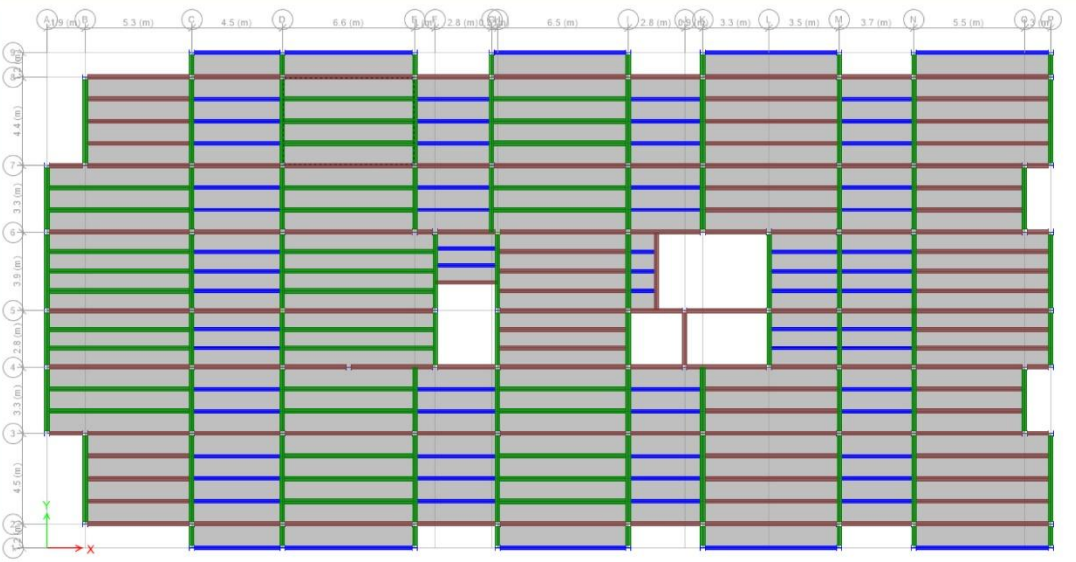
4 kat
Betonarme döşeme ve kaplama : 0.154 t/m²
Hareketli yük : 0.200 t/m²



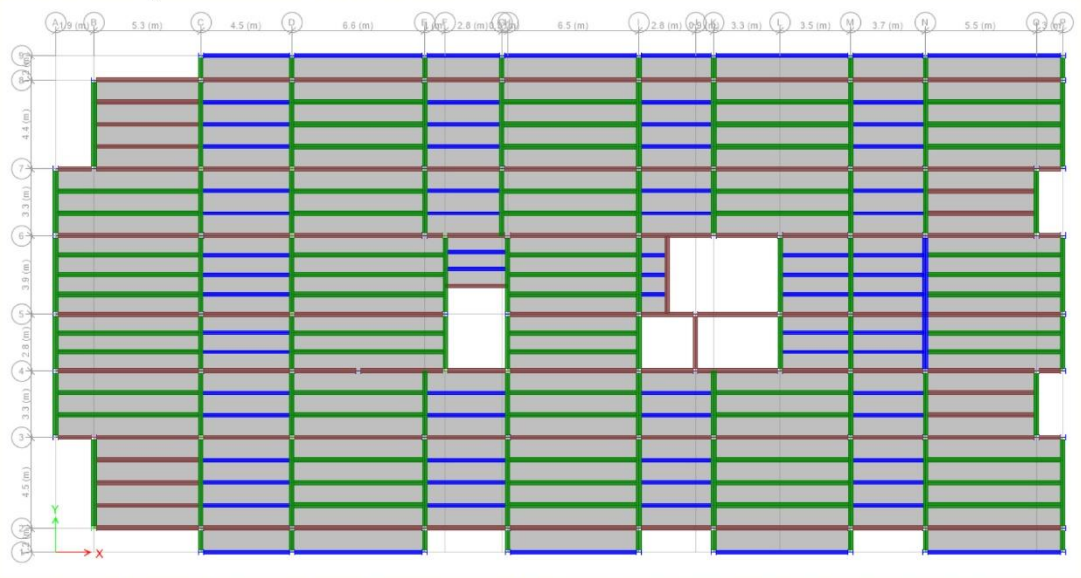
3 kat
Betonarme döşeme ve kaplama : 0.154 t/m²
Hareketli yük merdiven ve hollerde : 0.500 t/m²
Çatı olan kısımlarda : 0.200 t/m²



2 kat
Betonarme döşeme ve kaplama : 0.154 t/m²
Hareketli yük merdiven hol ve terasda : 0.500 t/m²
Çatı olan kısımlarda : 0.200 t/m²



1 kat
Betonarme döşeme ve kaplama : 0.154 t/m²
Hareketli yük tamamında : 0.500 t/m²



Not : Kostrüksiyonu oluşturan elemanların zati ağırlıkları Sap2000 tarafından otomatik hesaplanmaktadır.

2.3. Malzeme Bilgileri:

Beton :	BS 30 (C35)	
Elastisite Modülü :	Ec	= 3200000 t/m²
	fck	= 0.300 t/cm²
	fcd	= 0.200 t/cm²
Donatı:	BÇ III (S420)	
	fyk	= 4.200 t/cm²
	fyd	= 3.652 t/cm²
Çelik:	ST 37	
Elastisite Modülü :	Ec = 21000000 t/m²	
	fya = 24000 t/m²	
	fyd = 37000 t/m²	
Çelik:	ST 44	
Elastisite Modülü :	Ec = 21000000 t/m²	
	fya = 26500 t/m²	
	fyd = 42000 t/m²	

2.4. Zemin Bilgileri:

Yerel Zemin Sınıfı	= Z3
T_A	= 0.15 sn
T_B	= 0.60 sn

2.5. Diğer Hesap Parametreleri:

Yapının bulunduğu yer 2.derece deprem bölgesindedir. Yapısal analiz yapılırken, Ao=0.30 m/sn² alınmıştır. Binanın yapı önem katsayısı ve hareketli yük katılım katsayısı yapının kullanım amacına uygun olarak belirlenmiştir.

Buna göre:

Fabrika yapısı

Taşıyıcı sistem davranış katsayısı :	R = 6
Yapı önem katsayısı :	I = 1.50
Hareketli yük katılım katsayısı :	n = 0.30

Deprem kuvvetlerinin belirlenmesi

Mod birleştirme yöntemiyle en olasılı deprem kuvvetleri ve buna ilişkin yük formu belirlenmiştir. Ayrıca deprem yönetmeliğinde belirtildiği şekilde eşdeğer deprem yükü de hesaplanmıştır. Her iki yöntemden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin oranı elde edilen yük formuna uygun şekilde kat hizalarına gelecek şekilde yeniden dağıtılarak deprem hesapları yapılmıştır. Yapının taban kesme kuvvetleri aşağıda verilmiştir.

W =G + 0.30 Q
W =1721 t

Hakim Periyotlar				E.D.Y.Y Göre Deprem Kuv.	
T1x=	0.415	STx=	2.500	Vtx=	322 t
T1y=	0.424	STy=	2.500	Vty=	322 t

Ayrıca deprem yönetmeliğinde belirtildiği gibi 0.05 ek dışmerkezlik yükleri ile diğer doğrultular için hesaplanan deprem kuvvetlerinin 0.30'u da asal kuvvetlere ilave edilecek şekilde yük bileşenleri elde edilmiştir.

2.6.Yük bileşenleri:

G =Sabit yükler
Q =Hareketli yükler
Ex = X doğrultusunda %0.05 ek dışmerkezlik deprem kuvvetleri
Ey = Y doğrultusunda %0.05 ek dışmerkezlik deprem kuvvetleri

Not: Kiriş kolon ve döşemelerin zati yükleri G yükü olarak kullanılan program (Sap2000) tarafından hesaba dahil edilmiştir.

Çelik tasarım için Yük Kombinasyonları

L O A D I N G C O M B I N A T I O N S

COMBO	COMBO TYPE	CASE	CASE TYPE	SCALE FACTOR
DUSEYBETONA	ADD	G	Static	1.0000
		Q	Static	1.0000
DEPX1	ADD	G	Static	1.0000
		Q	Static	1.0000
		Ex	Spectra	1.0000
		Ey	Spectra	0.3000
DEPX2	ADD	G	Static	0.9000
		Ex	Spectra	1.0000
		Ey	Spectra	0.3000
DEPY1	ADD	G	Static	1.0000
		Q	Static	1.0000
		Ex	Spectra	0.3000
		Ey	Spectra	1.0000
DEPY2	ADD	G	Static	0.9000
		Ex	Spectra	0.3000
		Ey	Spectra	1.0000

Periyotlar	**Tx = 0.415 sn,**	**Ty = 0.424 sn**
Yer değiştirmeler	**dx = 0.016 m,**	**dy = 0.017 m**

$\delta i=0.017*6=0.102m$

$\delta i/hi\leq 0.02$

$0.102/12=0.0085<0.02$

Yapı ötelenmeleri, yönetmelik sınırlarının içinde kalmaktadır.

2.8. Yapının Temeli :

Hastane yapısının temeli 50cm radye temel olarak yapılması uygun görülmüş ve gerekli zımbalama tahkikleri yapılmıştır.

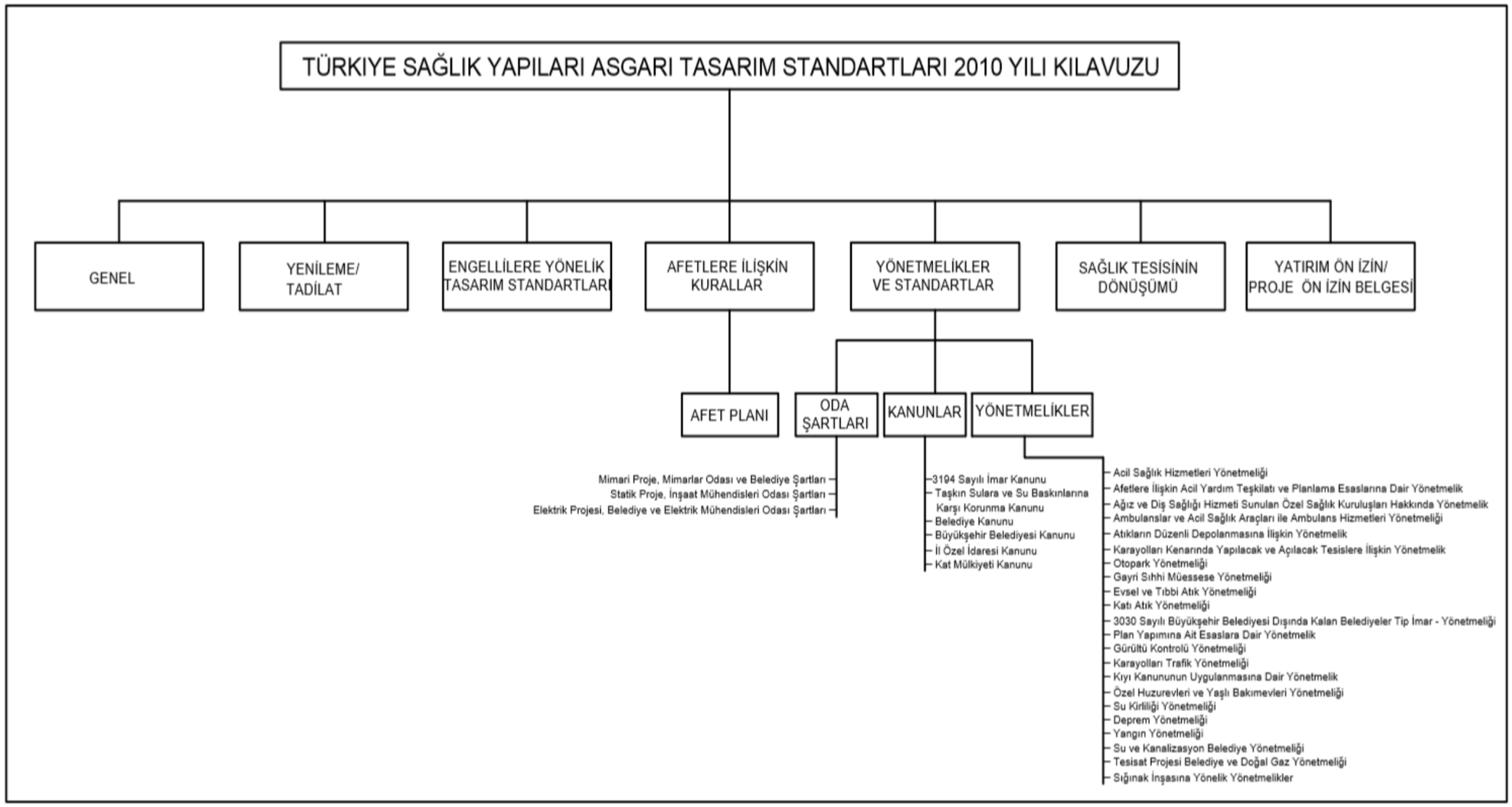
2.9. Sonuç:

Yapının, yürürlükte olan deprem yönetmeliğine ve diğer yönetmeliklere göre yapılan yapısal analiz hesaplarının sonuçlarına göre projeleri tamamlanmıştır.

Bilgilerinizi rica ederim.

Saygılarımla.

EK-4 TÜRKİYE SAĞLIK YAPILARINDA ASGARİ TASARIM STANDARTLARI TABLOSU



ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve Orta dereceli eğitimlerini Paşakapısı İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimini ise Üsküdar Lisesi (Yabancı Dil Ağırlıklı)'nde tamamladı. 2011 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nden mezun oldu. 2011-2012 yılları arasında Üçgen Yapı'da 1 yıllık özel sektör deneyiminden sonra 2012 yılında Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak başladı. 2012-2014 yılları arasında yükseklisans, 2014-2019 yılları arasında doktora eğitimini tamamladı. Trakya Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümü'ndeki görevine halen devam etmektedir. Evli ve 1 çocuk annesidir.

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT BİLİMSEL FAALİYETLER

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler

- Yılmaz Erten, Ş., Kartal, S., (2018). A Case Study on Seismic Standards of Countries in High Seismic Hazards Regions" 14th International Conference "Standardization, Protypes And Quality: A Means Of Balkan Countries' Collaboration", September 21 – 22, 2018, Tirana, Albania