

Yapı Dünyası

ISSN 1300-977X

MESLEKİ BİLİM TEKNİK HABER DERGİSİ OCAK-ŞUBAT 2016/238-239

www.yapidunyasi.com.tr



CCTV Merkezi, Pekin

Yapı yüksekliği: 234 m. - Kat sayısı: 54

Mimarlar: OMA (Rem Koolhaas) - ARUP (Cecil Balmond)

ISSN 1300-977X

Yapı Dünyası

www.yapidunyasi.com.tr

Aylık Mesleki Bilim Teknik ve Haber Dergisi

YIL 20 • OCAK-ŞUBAT 2016 • SAYI 238-239

Sahibi

MRA Reklam ve Tan.Hiz.Ltd.Şti. Adına Mustafa Bilgiç

Genel Yayın Yönetmeni

Mustafa Bilgiç

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

Hikmet Bilgiç

Yönetim Yeri

Kennedy Caddesi 102/1 Gaziosmanpaşa Ankara Türkiye

Tel:+90 (312) 467 43 17 Fax:+90 (312) 467 43 18

yapidunyasi@gmail.com

Hakem Kurulu

Prof. Dr. Ing. Ahmet Durmuş (K.T.Ü.)

Prof. Dr. Tefaruk Haktanır (E.Ü.)

Prof. Dr. Erhan Karaesmen (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Ekrem Manisalı (İ.Ü.)

Prof. Dr. Mehmet Orhan (G.Ü.)

Prof. Dr. Mehmet Emin Tuna (G.Ü.)

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Necati Ağıriloğlu (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Yılmaz Aruntaş (G.Ü.)

Prof. Dr. Metin Aydoğan (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Alemdar Bayraktar (K.T.Ü.)

Prof. Dr. Fazıl Çelik (K.T.Ü.)

Prof. Dr. Murat Dicleli (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Adem Doğanın (U.Ü.)

Prof. Dr. Cemal Eyyübov (E.Ü.)

Prof. Dr. Ergün Gedizlioğlu (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Polat Gülkan (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Tefaruk Haktanır (E.Ü.)

Prof. Dr. Hızır Önsoy (K.T.Ü.)

Prof. Dr. Yener Özkan (O.D.T.Ü.)

Prof. Dr. Ahmet Topçu (E.O.G.Ü.)

Prof. Dr. Erdoğan Uzgider (İ.T.Ü.)

Prof. Dr. Bayram Ali Uzuner (K.T.Ü.)

Prof. Dr. Ahmet Yakut (O.D.T.Ü.)

Doç. Dr. Atakan Aksoy (K.T.Ü.)

Doç. Dr. Zeki Ay (S.D.Ü.)

Doç. Dr. Muhittin Bağcı (C.B.Ü.)

Doç. Dr. Şükrü Yetgin (G.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Hikmet Bayırtepe (G.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. M. Kürşat Çubuk (G.Ü.)

Yrd. Doç. Dr. Erol İskender (K.T.Ü.)

Dr. Ali Uğurlu

Mimar Y. Müh. Cihat Uysal (İ.T.Ü.)

İnş. Y. Müh. Cahit Kocaman

İnş. Y. Müh. Melik Safi Duyar (O.D.T.Ü.)

İnş. Y. Müh. Fikret Kuran

İnş. Y. Müh. İsmail Salıcı (İ.T.Ü.)

(İsimler soyadına göre alfabetik olarak sıralanmıştır.)

© 1996 YAPI DÜNYASI, Dergide yayınlanan yazı ve şekillerin her hakkı saklıdır. Kaynak gösterilse dahi izin alınmadan yayınlanamaz. Yazılardaki sorumluluk yazarına aittir.

Yayın ve Yazım Kuralları

Dergiye gönderilen makaleler Word belgesi olarak düzenlenmelidir. Yayın Kurulu tarafından uygun görülen bu Yazı veya Makaleler ilgili Hakemlerin görüş ve onayları doğrultusunda, düzenlenmiş veya düzeltilmiş en son haliyle yayımlanır. Makaleler, daha önce yayımlanmamış olmalıdır. Dergide yer alan makaleler Türkçe ve yabancı dilde (İngilizce) "başlık (title)" ve "öz (abstract)" içermelidir. Makalelerde konuyu tanımlayan Türkçe ve yabancı dilde uygun "anahtar kelimeler" bulunmalıdır. Yayın Kurulu veya ilgili Hakemler veya Editörler, yayım öncesinde gerekli görülen düzeltme ve kısaltmaları yapabilir. Çeviri veya derleme yazılarda, ilgisince gerekli izinlerin alınması, yazarının, yayımlandığı derginin ve kaynaklarının belirtilmesi zorunludur.

AYLIK YEREL SÜRELİ YAYIN

15.02.2016

Baskı: Başak Matbaacılık Ltd.Şti. Anadolu Bul. 5/15 Gimat-Ankara Tel:0312 397 16 17

Mimar Y. Müh. Cihat UYSAL

Çapraz Izgaralı Taşıyıcı Yapılar6

Erol İSKENDER

Atakan AKSOY

Cam Asfaltlar8

Prof. Dr. İlker USTA

Ahşap: Mekanik Özellikler14

Dr. Murat ANBARCI

Arş. Gör. Osman Hürol TÜRKAKIN

Yrd. Doç. Dr. Burak ÖZ

Yapım İşleri Genel Şartnamesine Göre

Sözleşmede Bulunmayan İşlerin

Fiyat Tespiti ile Revize Birim Fiyat İlişkisi37

Latif Onur UĞUR

Ece ALKAN

2008 Küresel Ekonomik Krizinin

Dünya'da İnşaat Sektörüne Etkileri ve

Global Yapı Maliyetleri42

Dr. Hüseyin TEKEL

Güçlendirme Tasarımında Yapılan Bazı Hatalar ve

Çözüm Önerileri50

Atilla İNAN

Mustafa BAŞYİĞİT

Yeni Birim Fiyat Analizlerindeki

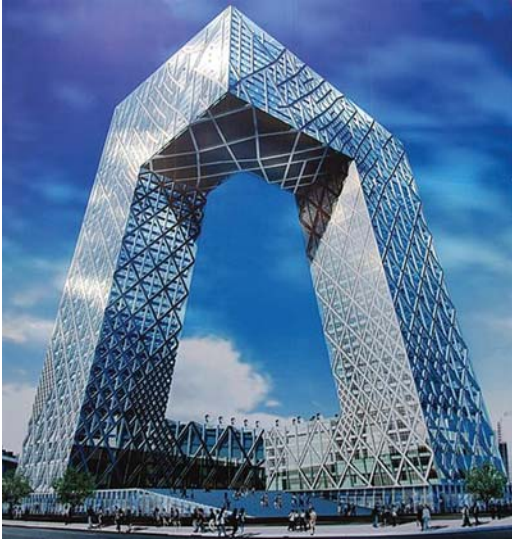
Öncelik Sıralaması54

Çapraz Izgaralı Taşıyıcı Yapılar



Cihat UYSAL

Mimar Yüksek Mühendis



Kerpiç ve taş kullanımı ile üretilmeye başlayan yapılara biçim verilirken, onların kemer, kubbe gibi teknik buluşlarla hafifletilmesi tarihin en eski ve önemli çözümlerindendir. Bugün bu mirası betonarmeden çeliğe ve ahşaba kadar birçok seçenek için geliştirerek kullanıyoruz. Birbiri ile kesişen öğelerden oluşan ızgara (grid) örgüsünün de yapıların taşıyıcı sistemini oluştururken tarih boyunca geliştirildiğini biliyoruz. Bu yazıda ızgara örgülü yapıların tarihten günümüze çapraz konumda nasıl kullanıldığını örneklemeye çalışacağım.

Sanayi devrimi sonrasında toplu üretimin getirdiği bir biçimlenme olarak başta modüler tekrar olmak üzere rasyonelliğin öngörülerini ön plana çıkarmış ve yapıların tasarımında, taşıyıcı sistemlerinin birbirine dik eksenler (ızgara) ile biçimlenmesi tercih edilmiştir. Izgara tercihinin nedenlerini birçok gerekçe ile açıklayabiliriz. Tarihe bakarsak, ızgara planı Mısır'da Piramitlerle başlamış, antik dönemde Megaron olarak temel bir mekan tercihinin dönüşmüştür. Bugün Mimarlar Odasının simgesi olan, mekanı en yalın hali ile anlatan megaron planı da, (her ne kadar yan yana getiri-

lirken dalgalı araziye oturturken amorf hale getirilmiş olsa da) özünde ızgaradan türemedir. Megaronun ardından, Milet'li Hipodamus Priene Kentinin ızgara planlı olmasını öngörmüştü. O nedenle, bu yaklaşımın yapı-çevre bağlamındaki ilk tohumunu MÖ V.nci yüzyılda Milet'li Hipodamus attı diyebiliriz. Yapıların tasarımında ızgaranın yaygın kullanımının nedenleri saymakla bitmez. Örneğin, yerçekiminin belirlediği, döşeme ve kolon ihtiyacı ile ızgaranın yatay ve düşey konumlanmasının, varlığını günümüzde de sürdürmesinde başat neden olduğu söylenebilir. ızgaranın döndürülerek düşey ve yataya aykırı konumda kullanılması ise, yerçekimi etkisine karşı farklı olanaklar getirmiştir. Bu kullanım günümüzde çapraz ızgara sistem (diagonal grid ya da **dia-grid**) olarak adlandırılmaktadır. Çapraz ızgara sistemi yapılarda çatı, duvar ve hem çatı hem duvar denebilecek küre, koni ve benzeri kapalı biçimlerde giderek yaygınlaşmaktadır.

Çapraz ızgaranın günümüzde kafes kabuk olarak taşıyıcı yapı sistemi haline gelmesinin geçmişini Asya'da yaklaşık 3000 yıllık bir göçer geleneğin ürünü olarak Moğol, Kazak, Türkmen çadırlarında görüyoruz. Asya'da bu yapılara Yurt deniyor. Fotoğrafta görülen Yurt yapıları çeşitli büyüklüklerde yapılıyor. Bu yapılar günümüzde de zemin yalıtımı, örtü gibi öğeleri değiştiği halde taşıyıcı çapraz ızgara karakteri değiştirilmeden kullanılıyor. Öyle ki, günümüzde Asya dışındaki ülkelerde de bu tür yapıları kullananlar var. Kısa sürede kurulan bu yapıların duvarlarını silindirik ahşap kafes duvar oluşturuyor. Daha sonra üzeri çadır ya da benzeri ile kaplanan bu yapıların insanoğlu yeryüzünde var olduğu sürece kullanılacağı anlaşılıyor. Yurt kurulurken duvarı oluşturacak ızgara yapım yerine demet halinde birbirine bağ-

lanmış olarak getiriliyor ve ardından teleskopik olarak genişletilerek kafes duvar oluşturuluyor. Bu mekanizmayı anlatmak üzere makaslı akrobat aydınlatma konsolu fotoğrafını yazıya ekledim.

Şimdi sizlere çapraz ızgara sistemleri ile tasarlanan ve inşa edilen Çin Halk Cumhuriyetinin Başkenti Pekin'deki bir yapıyı anlatmak istiyorum. Çin televizyon merkez binası diyebileceğimiz bu yapı "CCTV Headquarters" olarak anılıyor. Bu yapı zemin üzerinde yaklaşık 50 katlı olarak tasarlanmış. O nedenle, yeni yapılanlarla karşılaştırıldığında gökdelen demek doğru olmaz. Ancak yapıyı özgün ve benzersiz yapan çapraz ızgara sistemi ile 75 m.'ye varan bir konsola sahip olması. Konsol yapı yaklaşık 13 katlı yüksek, guse demeye dilim varmayan heyula bir kütleden oluşuyor. Bedenimizle algılayamayacağımız bu büyüklük gerçekten bir meydan okuma. Öyle bir çevrede yaşayan insanı etkileyecek, dönüştürecek algı ve farkındalık yaratacak bir yapı. Bu yapının tasarım ve yapım öyküsünü başka bir yazıya bırakıyorum.

Özetle, çapraz ızgara taşıyıcılar kafes kabuk sisteminin yaygın kullanımı ile son dönemin büyük ve gösterişli yapıları olarak dünyanın neredeyse bütün bölgelerindeki yoğun yapı yerleşimlerinde boy gösteriyor. Öyle ki, geleneksel mühendislik kavramları zorlanarak, bilgisayar ortamında tasarım, teknolojik modelleme ve hesaplama olanaklarının gelişmesi ile yapılar kabuk değiştirme sancılarını yaşıyor. Malzeme üretiminde meydana gelecek yeni seçenekler belki de bize yeni bir fiziksel çevre tasarlama ve üretmemizi sağlayacaktır. Günümüzde bu gelişmeler ağır bedel ödenerek ortaya çıkıyor. Bunu, yarına ilişkin bir öngörü olarak söylüyor ve umut ediyorum.

Sayın Okuyucular,

Derginiz Yapı Dünyası'nın yayın ilkesi, bilgide **paylaşım ve katılım**dır.

Yapı sektöründe gündeme getirilmesi gereken görüşlerinizi paylaşmaya giderek daha fazla ihtiyacımız var. Oluşturmaya çalıştığımız bilgi ortamı, ülkemizin öncü sektörü olan yapı sektörünün **niteliğini yükseltecek ve toplumsal faydayı** arttıracaktır. Bu nedenle, başta sektörümüzün mühendis, mimar, özel uzmanlık edinmiş bütün teknisyenlerini, akademisyenleri ve yapı tasarım ve üretim sürecine katkıda bulunan herkesin bilgi ve deneyimlerini paylaşmak üzere **katılımınızı bekliyoruz**.

Cam Asfaltlar

Erol İSKENDER

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
Of Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Atakan AKSOY

Karadeniz Teknik Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Özet

Nüfusun ve buna bağlı olarak trafikteki araç sayısının artması ve teknolojinin gelişmesiyle insan ve yük taşımacılığı da artmaktadır. Özellikle yüksek tonajlı araçlar yol kaplamalarında daha büyük gerilmelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu gelişmeler kaplamalardan beklentileri artırmaktadır. Bu beklentileri karşılamak için daha yüksek performanslı karışımlar üretme yolunda çalışmalar yapılmaktadır. Asfalt karışımlar için gradasyon değişiklikleri ve katkı uygulamaları en sık kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmalar sırasında, performansı artırırken, günlük yaşamımızda ortaya çıkan evsel ve endüstriyel atıkların da kullanılmasıyla hem çevrenin korunmasına hem de kaynakların verimli kullanılmasına katkıda bulunmak bir arayış olmuştur. Atık camlar da yol uygulamalarında kullanılan materyaller arasında yerini almıştır. Cam asfalt uygulaması, cam atıkların asfalt karışımlarda agrega yerine belirli oranlarda kullanılmak suretiyle oluşturulmuş sıcak karışım türüdür. Bu çalışmanın amacı cam atıkların yol uygulamalarında kullanımı ve cam asfaltlar hakkında bilgi vermektir.

Anahtar kelimeler: Cam atık; cam asfalt; geri dönüşüm.

1. Giriş

Son yıllarda katı atıklardan kaynaklanan problemler ülkemizin en önemli çevre sorunlarından biridir. Nüfus artışına paralel olarak katı atık miktarları da artmakta, özellikle büyük kentlerimizde tüketim alışkanlıklarının değişimine paralel olarak atık kompozisyonu da hızla değişmektedir. Yine son yıllarda hızlı sanayileşme ve sanayi bölgelerinin de belirli merkezlerde yoğunlaşması nedeniyle sanayiden kaynaklanan atık miktarının artmasına yol açmıştır. Önümüzdeki dönemlerde nüfus artışımızın devam edeceği ve sanayi tesislerinin sayısının artmaya devam edeceği kabullünden hareketle atık miktarının artacağı ve buna paralel olarak atık problemlerinin de artacağını söyleyebiliriz. Bu nedenle mevcut sıkıntıların en aza indirilmesi için yapılması gerekenler ve özellikle gelecekte olası problemler ve çözüm yöntemlerinin şimdiden ortaya çıkarılması ve buna uygun bir planlama yapılması gerekmektedir [1].

Atık olarak elde edilen çeşitli ürünlerin depolanması veya doğaya terk edilmesi çok büyük güçlükler yaratmakta, çevre kirliliği dahil topluma çok büyük sorunlar getirmektedir. Günümüzde, çeşitli ürünlerin üretimi sırasında elde edilen yan

ürün veya atıkların değerlendirilmesi üzerinde yoğun olarak çalışılmaktadır. Yüksek performanslı karışımların elde edilmesinde farklı uygulamalar görülmektedir. Çeşitli katkıların kullanımı, üst performans değerinde malzeme seçimi, yüksek kalite kontrolü, farklı tasarım yöntemleri, güncel test teknikleri bu uygulamalar arasında yer almaktadır. Yollarda kullanılan yüksek performanslı bitümlü sıcak karışım üretiminde uygulanan yöntemlerden birisi endüstriyel atık maddelerin bir katkı olarak kullanımınıdır. Atık malzemelerinin değerlendirilmesi ile hem atıkların oluşturacağı çevre kirliliği önlenmekte, hem de bu atıklar kullanılarak yolların bazı özellikleri iyileştirilmektedir. Ayrıca, atıkların değerlendirilmesiyle ülke ekonomisine de katkıda bulunmaktadır [2].

Katı atıkları kaynaklarına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz.

- a) Evsel katı atıklar
- b) Endüstriyel nitelikli katı atıklar
 1. Tehlikeli atıklar
 2. Evsel nitelikli endüstriyel atıklar
- c) Tıbbi atıklar
- d) Özel nitelikli katı atıklar

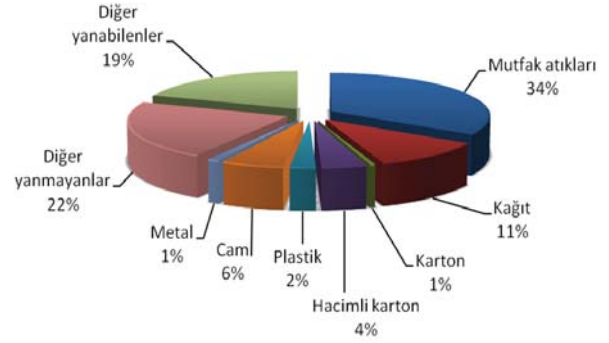
Ülkemizde katı atık konusu uluslararası gelişmelerin etkisiyle veya baskısıyla gündeme gelmeye başlamıştır. Özellikle büyük belediyelerimizden bazıları entegre atık yönetim sisteminin oluşmasına dönük çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu noktada entegre atık yönetim sisteminin temel parçaları şu şekilde özetlenebilir [1]:

- a) Atık miktarının azaltılması
- b) Atıkların mümkün olduğunca geri kazanımı
- c) Atıkların en ekonomik ve en uygun şekilde çevreye zarar vermeyecek biçimde bertaraf edilmesi.

Türkiye’de katı atık dağılımını incelediğimizde cam atıklar %6 ile çok önemli bir yer tutmaktadır. Sadece geri dönüştürülebilen atıklar içerisinde ise camlar %18.46 yer tutmaktadır [1].

2. Camların genel özellikleri

Cam Tablo-1’de gösterildiği gibi silisyum ve diğer küçük miktarda oksitleri içeren ham madde-



Şekil-1 Türkiye’deki kentsel katı atıkların kompozisyonu [3]

lerin pişirilmesiyle elde edilmektedir. Eritilmiş cam, kalıp üzerine dökülerek soğutulunca istenilen formda camlar elde edilmektedir. Normal bir cam kırılındır, kolaylıkla küçük parçalara kırılabilir. Bu fiziksel özellik, atık camları karışım amaçlı olarak istenilen şekilde kırılmada kullanılmaktadır. Genellikle, kırılmış camların özgül ağırlığı 2.5gr/cm^3 , 1m^3 kırılmış camın ağırlığı 1.3-1.4 tondur ve su emme oranı %0.3-0.4’tür. 700°C ’ye kadar yüksek hacimsel stabilite gösterirler. Termal genişleme katsayısı ve yumuşama noktası sırasıyla $8.8-9.2 \times 10^{-6}\text{cm/cm}^\circ\text{C}$ ve $718-738^\circ\text{C}$ ’dir. Asfalt betonu uygulamaları için agrega olarak uygun olan kırılmış parçacık boyutu 4.75mm veya daha küçüktür [4].

Cam atıklar temelde iki farklı şekilde geri kazanılabilmektedir. Birincisi doğrudan geri kazanım, diğeri de dolaylı geri kazanımdır. Doğrudan geri kazanımda camlar tekrar eritilerek yeni cama dönüştürülür. İkinci yöntemde ise atık camlar kırılarak cam asfalt yapımında, yol alt tabakalarında, yol kenarlarındaki yansıtıcı boyalarda, döşeme ve tezgah üretiminde, peyzaj elemanlarında ve dekoratif uygulamalarda kullanılabilir. Bu yazıda cam asfaltlar ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Tablo-1 Camın genel kimyasal bileşimi [4]

Oksit	Ağırlık %
SiO_2	70.87-72.83
Na_2O	12.40-13.67
CaO	8.84-10.47
Al_2O_3	1.47-2.43
K_2O	0.79-1.17
SO_2	0.20-0.26
MgO	0.11-3.91
Fe_2O_3	0.03-0.37
TiO_2	0.01-0.04

Tablo-2 Cama ait standart değerler [5]

Özellik	Standart	Değer
Doğrusal Isıl Genleşme	ASTM E 228-71	90x10 ⁻⁷ °C
Yoğunluk	ASTM C 693-84	2.499 g/cm ³
Yumuşama Sıcaklığı, Ts	ASTM C 338-73	715 °C
Tavlama Sıcaklığı, Ta	ASTM C 336-71	536 °C
Gerilme Sıcaklığı, Tst	ASTM C 336-71	500 °C
Kırılma İndisi, no	-	1.5188
Kırılma Modülü, S	ASTM C 158-84	100 MPa
Esneklik Modülü, E	-	71 GPa

3. Cam asfaltlar

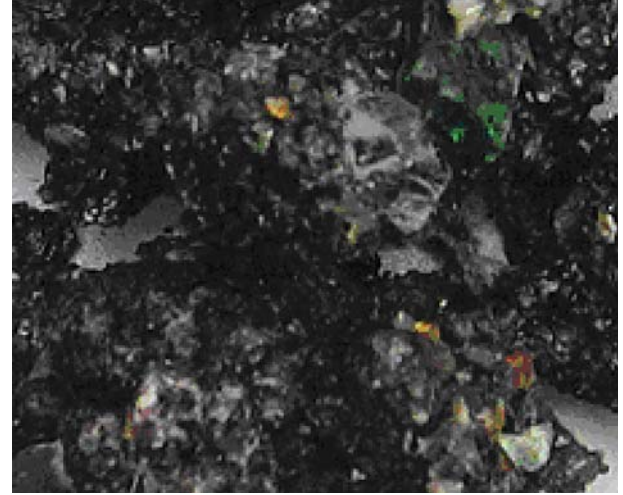
Literatürde "glassphalt" olarak bilinen cam asfalt ince ve kaba agreganın %5 ile %40'ı oranında kırılmış cam parçacıkları içermesi dışında sıcak karışım asfalta benzemektedirler.

1960'ların sonu 1970'lerin başında Amerika'da camın sıcak asfalt karışımlarında kullanımını incelemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu dönemlerde test uygulamaları 33 bölgede uygulanmıştır. 1970'lerin ortalarından 1980'lerin ortalarına kadar Baltimore caddelerini camla kaplamak için birtakım programlar uygulamaya geçirilmiştir. En az 17 cadde pırıltı etkisi sağlamak adına camla kaplanmıştır ki bu da güneş ışınlarının veya cadde lambalarının cam yüzeye yansımından oluşmuştur. 1980 ortalarında araştırmalar Long adasında devam etmiş ve cam uygulama alanları tasarlanıp, uygulamaya geçirilmiştir. Bu çalışmada yaklaşık 14.000 ton cam kullanılmıştır. Yakın zamanda birçok kaplama projesi hayata geçirilmiştir. En iddialı program New York'un Ulaştırma Departmanında başlatılmıştır ve 1990'dan 1995'e kadar yaklaşık 250.000 ton cam kullanılmıştır. Tüm bu çalışmalarda, uygun oranlarda (karışımın ağırlıkça %10–15) kullanıldığında yansımaların göz kamaşmasına neden olmadığı saptanmıştır. Cam katkısının yüzey görünürlüğünü arttırdığı gözlenmiştir. 1960'ların sonu 1970'lerin başında Amerika'da camın sıcak asfalt karışımlarında kullanımını incelemek için birçok çalışma yapılmıştır. Bu dönemlerde test uygulamaları 33 bölgede uygulanmıştır [6].

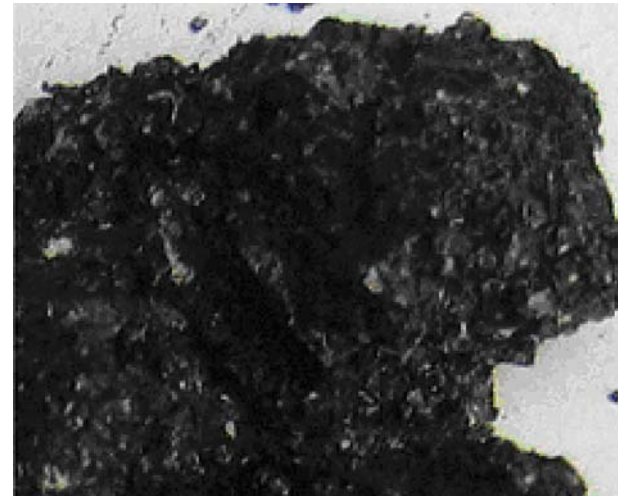
Norveç Hükümetinin Karayolları Yönetimi hafif dolgu malzemelerinin yol tabanında kullanımı üzerine 1972'den beri çalışmalarını sürdürmektedir. Son senelerde 6 yol projesini tanelenmiş köpüklendirilmiş cam (hücresel cam) kullanarak

yapmıştır. Köpüklendirilmiş cam atık cam malzemeler için çevre dostu geri dönüşüm teknolojileri kullanılarak oluşturulmaktadır. Değişik cam kaynaklarından elde edilmiş yongalanmış cam tozları çeşitli kimyasal bağlayıcılarla karıştırılıp cam köpüğüne dönüştürülmektedir. Normal tane boyutu 10–60 mm arasında çeşitlilik göstermektedir. Drenajı yapılmış dolgunun içerisine yerleştirilip sıkıştırıldığında, sıkıştırma makinesine ve sıkıştırma gücüne bağlı olarak birim hacim ağırlığı 3,00–3,50 kN/m³ arasında değişmektedir. Yollarda donmayı önleyici tabaka olarak da üstün yalıtım özelliğinden dolayı kullanılabilir [6].

Cam asfaltlara belirli kaplama türlerinde kullanılabilirliğini doğrulamak için 1960'larda değerlendirme testleri yapıldı. O zamandan beri kırılmış cam üretmenin aşırı yüksek maliyetinden dolayı cam asfalt yaygın olarak kullanılmadı [7].



Maksimum boyut 9.5mm



Maksimum boyut 4.75mm

Şekil-2 Suya daldırılmış tekerlek izi testinden sonra cam asfaltların içsel durumunun görünümü [8]

Cam çözölemeyen veya yakılamayan ametal inorganik bir malzemedir. Camdan yapılan malzemeler kırılığandır ve çok miktarda silisyum içermektedir; üstelik hidrofilik olduklarından dolayı bitüm ile kohezyonda düşük yakınsaklık gösterirler. Bu kohezyon, suyun varlığında azalacak ve araç hareketlerinden dolayı asfalt tabakalarında soyulmayla sonuçlanacaktır. Bu tip problemleri önlemek için genellikle soyulma önleyici katkıları kullanılmaktadır [7].

Camların geri dönüştürülmesi çevresel etkilerini azaltırken mevcut kaynaklar faydalı hale getirilerek kullanılabilir. Yapılarda kullanılan malzemelerin davranışları mühendislerin düşünmesi gereken önemli bir konudur. Bu yüzden, atık malzemelerin mevcut materyallerden daha iyi olup olmadığının veya en azından eşit olup olmadığının aslını öğrenmek için bu malzemelerin davranış ve etkinliğinin çalışılması gerekir [7].

Cam asfaltların performanslarını değerlendirmek için çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan birinde, aşınma tabakasında %10 kırılmış cam içeren asfalt kaplamanın memnun edici bir performans sergilediği görülmüştür [9].

Bir başka çalışmada da %10-%15 kırılmış cam parçacıkları içeren asfalt kaplama tabakasında bir kireç türü %2 oranında kullanılmış ve kaplama örnekleri memnun edici bir performans ortaya koymuştur. İlaveten güvenlik konusunu da içeren (tekerlek patlatma gibi) müsaade edilebilen teknik özellikler ve limitler düşünülerek asfalt kaplamalarda müsaade edilebilir maksimum cam parçacık boyutu olarak 4.75mm boyutun kullanılacağı söylenmektedir [10].

Cam asfaltlar daha yüksek içsel sürtünme göstermektedir. Bu durum cam parçacıklarının daha köşeli olmasından kaynaklanmaktadır ve cam kırıntıları içeren örneklerin rijitlik modülünün artmasında önemli rol oynamaktadır. Diğer taraftan kırılmış cam parçacıklarının pürüzsüzlüğü bitümün yeterince absorbe edilememesiyle sonuçlanmakta, bu yüzden belirli bir limitten daha yüksek cam içeriğinin kullanılması rijitlik modülünü düşürmektedir [11].

Büyük cam kırıntıları kadar büyük oranda kırılmış cam da kaplamalarda yetersiz sürtünme ve kilitlemeye yol açar. Buna rağmen, yüksek oranda cam partiküllerinin kullanımı kaplamanın alt tabakaları için uygun olabilir. Uygulamada, geleneksel sıcak karışım asfalt için uygulanan tasarım metodları aynen cam asfalt kaplamalar için de

kullanılabilir. %30 oranında kırılmış cam içeren binder ve bitümlü temel tabakası belirli trafik yükleri için cam asfalt kaplamaların uygunluğunu değerlendirmek için kullanıldı. Maksimum kırılmış cam boyutu 20mm seçildi. Sonuçlar, trafik yükleri altında cam asfalt karışımının performansında artış olduğunu gösterdi [12].

Yine optimum koşullarda kırılmış cam ilavesi ile kaplamanın yorulma ömrünün iki katına çıktığı ifade edildi [13].

Cam asfalt üzerine yapılan bir çalışmada bitümlü bağlayıcı nanoteknoloji ile modifiye edildi. Modifiye bağlayıcı ile cam asfalt üretildi ve geleneksel karışım ile karşılaştırıldı. Modifikasyonla birlikte cam asfalt karışımının çekme mukavemetinin arttığı, karışımın su hasarı direncinin iyileştiği görüldü [14].

Geleneksel ve cam asfalt numunelerine parlaklık ve yansıma deneyleri uygulanmıştır. Yol yüzeyinin otomobil farlarıyla aydınlatılması sırasında geri yansıma özelliklerinin ölçülmesi, geri yansıtılmış parlaklık katsayısı (RI), yol yüzeylerinin gündüz ve gece far ve sabit aydınlatma altında ne oranlarda ışık içerdiği ve aydınlık altında ortalama yansıma katsayısı (Qd) belirlenmiştir. Bu değerler tabloda verilmiştir. Atık cam katkı malzemesinin yolun kayma direncini ve görünebilirlik özelliklerini arttırdığı gözlenmiştir. Tablo-5.17'de deney sonuçları verilmiştir [6].

Washington'da yapılan bir çalışmada, kırılmış cam ve agregada değişik oranlarda (0; %15; %50; %100) karıştırılarak inşaat uygulamaları için test edildi. Kaliforniya taşıma oranı (CBR), gradasyon, sıkıştırma testleri, elastik üç eksenli tekrarlı yük testleri yapıldı. Çalışma sonucuna göre, cam Tablo 4 – Tablo-5'de verilen mühendislik yaklaşımlarıyla kullanıldığında bir agregada olarak güçlü, güvenli, temiz ve ekonomik olduğu vurgulanmaktadır [15].

Tablo-3 Cam asfaltların sürtünme, parlaklık ve yansıma katsayılarının geleneksel asfaltla karşılaştırılması [6]

	Geleneksel bitümlü sıcak karışım				Atık cam katkılı bitümlü sıcak karışım			
	Aşındırılmamış		Aşındırılmış		Aşındırılmamış		Aşındırılmış	
	Kuru yüzey	İslak yüzey	Kuru yüzey	İslak yüzey	Kuru yüzey	İslak yüzey	Kuru yüzey	İslak yüzey
Sürtünme katsayısı (SK)	95	75	79	58	103	87	86	62
Parlaklık katsayısı (RI)	5	7	8	3	11	23	11	4
Yansıma katsayısı (Qd)	45	41	53	62	58	65	61	108

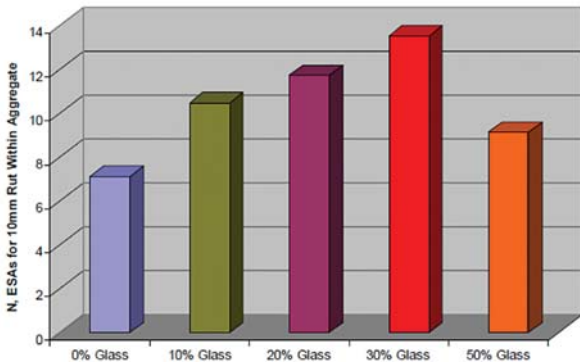
Tablo-4 Yapısal kullanımlar için agrega-cam karışımların uygulama koşulları [15]

Elek boyutu (mm)	Ağırlıkça geçen %	Kullanım türü	Maksimum cam içeriği %	Maksimum debris (camdaki kontaminant) seviyesi %	Minimum sıkıştırma seviyesi %
19.0	100	Temel	15	5	95
6.3	10-100	Alttemel	30	5	95
1.9	0-50	Dolgu	30	5	90
0.425	0-25	Yapısal olmayan dolgu	100	10	85
0.075	0-5	Taban ve geri dolgu	100	5	90

Tablo-5 Drenaj dolguları için kullanılan agrega-cam karışımların uygulama koşulları [15]

Elek boyutu (mm)	Ağırlıkça geçen %	Kullanım türü	Maksimum cam içeriği %	Maksimum debris (camdaki kontaminant) seviyesi %	Minimum sıkıştırma seviyesi %
19.0	100	İstinat duvarları	100	5	95
6.3	10-100	Temel drenajı	100	5	95
1.9	0-100	Drenaj blanketleri	100	5	90
0.425	0-50	Fransız dreni	100	5	90
0.075	0-5				

Temel tabakasında agrega olarak değişik oranlarda geri dönüştürülmüş kırılmış cam kullanımının tekerlek izi direncine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada güvenli olarak eklenebilecek maksimum cam içeriği araştırıldı. %0, %10, %20, %30, %50 oranlarında kırılmış cam agrega olarak kul-



Şekil-3 RLT testinde 10mm tekerlek izi oluşması için yük tekrerrür sayısı üzerinde kırılmış cam içeriğinin etkisi [16]

lanıldı. Araştırmaya göre limitin üzerinde (>%20) kırılmış cam oranı kullanılması temel tabakasının performansını %30'a kadar arttırdığı ifade edildi. Literatürde temel tabakası için genellikle ağırlıkça %15'e kadar kırılmış cam kullanımı önerildiği fakat bu çalışmada %15 kırılmış cam içeriğinin kullanılabilirliği ve hatta agrega kırılma eğrisi üzerinde çalışılması gerektiği bu şekilde bu oranın da yükseltilebileceği ifade edilmektedir [16].

Tablo-6 Geri dönüştürülmüş camların kullanıldığı bazı yol uygulamaları [17]

Uygulama türü	Optimum kırılmış cam limiti %	Cam ile öğütülmüş malzeme	Tavsiyeler	Referans
Temel tabakası	15			
Alt temel tabakası	30	Doğal agrega	Gradasyon şartnamesi, maksimum debris %5	18.
Temel	15			
Alt temel	30	Doğal agrega	Maksimum debris %5	19
Dolgu	30			
Temel	10-20	Doğal agrega	Maksimum debris %5	
Yapısal dolgu, geri dolgu ve dolgu	50	Marjinal malzemeler	-	20
Dolgular	20-80	Taranmış malzeme	-	21
Temel	20	Doğal agrega	Maksimum cam boyutu 12.7mm, kısmen debristen bağımsız	22
Alt temel	30	Kırılmış kaya	Debris içeriğine dikkat edilmeli	23
Alt temel	30	Kırılmış beton	-	24

Sonuçlar

Atıklar günümüzde hem depolama olarak hem de çevre kirliliği olarak önemli problemler oluşturmaktadır. Nüfusun artması ile hem evsel hem de endüstriyel atıklar da artmaktadır. Buna bağlı olarak atıkların yönetimi giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Cam atıklar bütün atıklar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır. Atık camlar biriktirilerek geri dönüşüm yöntemiyle yol uygulamalarında çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Yollarda, çeşitli tabakalarda, belirli oranlarda, agrega yerine kullanıldığında iyi sonuçlar alınabilmektedir. Cam asfaltlar için %15 geri kazanılmış kırık cam oranı literatürde genellikle sınır değer olarak verilmektedir.

Drenaj maksatlı olarak ta atık camlar kullanılabilir. Hem asfalt tabakalarda hem de drenaj maksatlı olarak kullanımlarda maksimum cam boyutu da önemli olmaktadır. Kullanım tavsiyelerine uyulması önem arz etmektedir.

Kaynaklar

[1] Neyim, C., Türkiye'de evsel nitelikli katı atıklar, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Tematik Paneli https://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/vizyon2023/csk/EK-4.pdf 15.01.2016

- [2] Üstünkol, F. N., Turabi, A. Endüstriyel atıkların karayolu üstyapısında değerlendirilmesi, BAÜ FBE Dergisi Cilt:11, Sayı:1, 15-27, Temmuz 2009.
- [3] Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs – 2008, Ankara.
- [4] Su, N., Chen, J. S. Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass, Resources, Conservation and Recycling, 35 (2002) 259–274.
- [5] Üstünkol, F. N., Turabi, A. Endüstriyel atıkların karayolu üstyapısında değerlendirilmesi, BAÜ FBE Dergisi Cilt:11, Sayı:1, 15-27, Temmuz 2009.
- [6] Çağlar, G. A. Endüstriyel atık malzemelerin karayollarında kullanımı, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2007.
- [7] Arabani, M. Mirabdolazimi, S.M. Ferdowsi, B. Modeling the fatigue behaviors of glassphalt mixtures Scientia Iranica A 19 (3), (2012) 341–345.
- [8] Arabani M, Kamboozia N. The linear viscoelastic behaviour of glassphalt mixture under dynamic loading conditions. Constr Build Mater 2013;41:594–601.
- [9] Airey, GD, Collop, AC, Thom, NH, Mechanical Performance of Asphalt Mixtures Incorporating Slag and Glass Secondary Aggregates, Proceeding of the 8th Conference On Asphalt Pavements for Southern Africa (CAPSA'04), Sun City, South Africa; 2004.
- [10] Arabani M. Effect of glass cullet on the improvement of the dynamic behavior of asphalt concrete. Constr Build Mater 2011;25:1181–5.
- [11] Hobbs, G., Adams, K., Reid, M. and Treen, M. "Promotional campaign to local authorities to increase the specification, procurement and use of recycled and secondary aggregates in highway and street maintenance", In The Waste & Resources Action Programme, WRAP, Project Code: AGG0051 (2005).
- [12] NZTA research, Revisiting the Glass in Roads Equation, issue 04 (2009).
- [13] Behbahani H. Ziari H., Kamboozia N., Mansour Khaki A., Mirabdolazimi S.M. Evaluation of performance and moisture sensitivity of glassphalt mixtures modified with nanotechnology zycosil as an anti-stripping additive Construction and Building Materials 78 (2015) 60–68
- [14] Shin, C. J., and Sonntag, V. 1994. Using recovered glass as construction aggregate feedstock. *Transportation Research Record 1437*: pp 8–18.
- [15] Arnold, G., Werkmeister S., Alabaster D. The effect of adding recycled glass on the performance of basecourse aggregate. NZ Transport Agency Research Report 351, October 2008.
- [16] Wu, S., Yang, W. ve Xue, Y. Preparation and Properties of Glass-asphalt Concrete, http://www.vegvesen.no/_attachment/110556/bin ary/192739 15.01.2016
- [17] Hadad Amlashi SM, Vaillancourt M, Carter A. Current State of the Art Practice of Use of Glass in Pavement Structures. Innovation in Pavement Materials and Surfacing Technology. Conference of the Transportation Association of Canada Charlottetown, PE. 2015.
- [18] Federal Highway Administration. User guidelines for waste and by-product materials in pavement construction. FHWA-RD-97-148. 1998.
- [19] Clean Washington Centre. A Tool Kit for the Use of Post-Consumer Glass as a Construction Aggregate. GL-97-5, Seattle, USA. 1998.
- [20] Wartman, J., Dennis, G. and Strenk, P. Engineering properties of crushed glass-soil blends. 2004.
- [21] Grubb, D. G., Gallagher, P. M., Wartman, J., Liu, L and Carnivale, M. Laboratory evaluation of crushed glass–dredged material blends. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 132 (5), 2006 562-576.
- [22] Finkle, I., Ksaibati, K. and Robinson, T. Recycled glass utilization in highway construction. 2007.
- [23] Ali, M. M. Y., Arulrajah, A., Disfani, M. M. and Piratheepan, J. Suitability of using recycled glass-crushed rock blends for pavement subbase applications. In Geo-Frontiers Congress 2011.
- [24] Ali, M. M. Y., and Arulrajah, A. Potential Use of Recycled Crushed Concrete-Recycled Crushed Glass Blends in Pavement Subbase Applications. In GeoCongress 2012. 3662-3671.

Ahşap: Mekanik Özellikler

Prof. Dr. İlker USTA

Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği

Özet

İtina ile yetiştirilen sürdürülebilir ormanlardaki ağaçlardan temin edilen doğal bir malzeme olan ahşap, temel ihtiyaçların karşılanması ve olası gereksinimlerin giderilmesi amacıyla, insanoğlunun kendi öngörüsüne göre şekillendirip faydalandığı organik bir malzemedir. İnsanlar (bir ağaç türü olarak) ahşabı (ağaç malzemeyi) doğadan alıp kendi imkanları doğrultusunda işleyip (emprenye adı verilen çeşitli koruma yöntemlerinden geçirecek ve değişik üst yüzey işlemlerine tabi tutarak) araç-gereç imalatında ve eşya yapımında tercihen kullanırken, muhtelif uygulamalar için de özellikle ondan istifade etmiştir. Bunun temel sebebi, ahşabın anatomik yapısı ve kimyasal bileşimi ile fiziksel ve mekanik özellikleridir. Bu bağlamda, öznel bir içsellığe sahip olan ahşabın kolay şekillenebilir olması, hafif bir malzeme olmasına rağmen yük(lenme)lere karşı (bir dereceye kadar) doğal halde dayanıklı olması, onun vazgeçilmez bir tutku olarak günlük hayatın içerisinde kullanılmasını sağlamıştır.

Boyut ve şekil değiştirmelere ilaveten, aşırı gerilmeler ile kırılmalara neden olan harici yük(lenme)lere veya kuvvet(ler)e karşı ağaç malzemenin (ahşabın) özgül mukavemet gösterme düzeyi (başka bir deyişle direnç gösterme kabiliyeti veya karşı koyma gücü), ahşabın mekanik özellikleri olarak betimlenir. Bu çerçevede, özellikle binalarda kullanılan ahşap yapı elemanları için mekanik özellikler büyük önem taşıdığından; çatı ve çatı örtüleri, kirişler ve kolonlar, döşeme ve merdiven gibi uygulamalarda ahşabın kullanılması düşünüldüğünde,

öngörülen ağaç malzemenin mevcut mekanik özelliklerinin bilinmesi ve bu doğrultuda ideal tasarımların gerçekleştirilmesi gerekir. Bu durum, ahşabın asıl veya tamamlayıcı bir malzeme olarak düşünüldüğü diğer birçok konstrüksiyon için de geçerlidir.

Esasen bir ağaç malzeme olan ahşabın mekanik özellikleri, kullanım yerleri itibarıyla (mukavemet veya direnç tanımlamasıyla) farklı şekilde ele alınıp değerlendirilmesi gereken öznel bir kurgu olup elastikiyet, eğilme, çekme, basınç, makaslama, burulma, yarılma, çivi ve vida tutma, şok (dinamik eğilme), sertlik ve aşınma gibi konuları içerir. Bu perspektifte, ahşabın (ağaç malzemenin) söz konusu mekanik özelliklerini takdim etmek üzere hazırlanan bu yazı, kültürlerarası etkileşimde seçkin bir doğal malzeme olan ahşabın kendine özgü teknik özelliklerinin bir kez daha ifşa edilmesini sağlayacaktır.

Ahşabın Mekanik Özellikleri temasını işleyen bu yazının hazırlanmasında, Bozkurt ve Göker (1987) ile Tsoumis (1991)'den geniş ölçüde faydalanılmıştır.

1 Giriş

Ahşabın (ağaç malzemenin) kültürlerarası etkileşimde "değerli bir nesne" olarak kabul edilip özümsemesinde, onun vazgeçilmez bir tutku ile evvelden ezele günlük hayatımızda kullanılmasını sağlayan anatomik yapısı ile kimyasal bileşimi ve fiziksel özellikleri ile mekanik özellikleri oldukça önemlidir (Usta, 2013). Ahşap (doğası gereği sahip olduğu mekanik özellikleri itibarıyla) medeniyetin gelişmesinde çok önemli bir rol oynamıştır.

Günümüzde gelişen teknoloji, bazı alanlarda ahşabı başka malzemelerle ikame edilme durumuna getirmiş olsa da, kültürlerarası etkileşimde seçkin bir doğal malzeme olan ahşabın mekanik özelliklerinin tanıtılması, ahşap hakkında önemli bir farkındalık sağlayacaktır.

1.1 Temel Kavramlar

Ahşabın mekanik özelliklerinin tanıtılmasından önce, genel olarak tüm malzemelerin mekanik özellikleri bağlamında, aşağıdaki bazı temel kavramların açıklanması faydalı olacaktır.

1.1.1 Mekanik

Mekanik; kuvvetlerin etkisi altındaki cisimlerin statik (durağan haldeki) ve dinamik (hareketli haldeki) dengelelerini inceleyen bir bilim dalıdır (URL 1). Buna göre, mekanik bilimi; bir kuvvet tesiri altında şeklini hiç değiştirmeyen rijit cisimleri (ideal cisimler mekaniği), kuvvet etkisiyle şekil değiştiren cisimleri (katı mekaniği: mukavemet), sıvı ve gaz akışkanlarını (akışkanlar mekaniği) neden-sonuç ilişkisi kapsamında mekanik özellikler olarak inceler. Bu bağlamda, ahşap (ağaç malzeme) bir cisim olarak ele alınacak olursa; ahşabın mekanik özellikleri, onun mevcut şeklini değiştirmeye yönelik etkide bulunan dış kuvvetlere karşı gösterdiği özgül mukavemet düzeyidir (Tsoumis, 1991). Başka bir ifadeyle, mukavemet; bir mekanik özellik tanımlaması olup halihazırdaki biçimini değiştirme mahiyetinde, kendisine tesir eden kuvvet(ler)e karşı ahşabın gösterdiği direnç kabiliyetidir veya içsel bir karşı koyma gücüdür. Ahşabın bu kuvvet(ler)e karşı gösterdiği direnç; tesir eden kuvvet(ler)in büyüklüğü ile yapılan yük(ler)in (ağaç malzeme üzerinde oluşturduğu germe, sıkıştırma, makaslama, eğme ve burma biçiminde ortaya çıkan etkisel) şekline bağlıdır. Ahşabın, metaller ve diğer homojen yapıya sahip malzemelerin aksine, anizotrop bir malzeme olması sebebiyle, anatomik ve fiziksel özellikleri liflere paralel yönde (boyuna yönde) ve liflere dik yönde (yıllık halka çevrimi yönünde: teğet yönde ve öz ışını doğrultusunda: radyal yönde) farklı olduğu için, mekanik özellikleri de farklı şekilde ortaya çıkar.

1.1.2 Kuvvet

Kuvvet; hareketsiz bir cisme hareket kazandıran, hareketli cismin ise hızını veya yönünü değiştiren, cisimde şekil veya boyut değişimine neden olan bir etkidir (Sunley, 1968). Tsoumis (1991) tarafından bahsedildiği üzere, dış kuvvetlerin etkisi altında kalan ağaç malzeme (ahşap), halihazırdaki durumunu korumak için, tesir eden kuvvete, doğal bir refleks ile karşı koymaya çalışır ve yapılan yüklemeye karşı tepkisel bir direnç (mukavemet) gösterir. Bu direnç; dışarıdan tesir eden kuvvetlerin muh-

temel etkilerine dayanabilmek amacıyla, ağaç malzemenin bünyesinde geliştirdiği iç kuvvetlerdir ve iç gerilme (veya sadece gerilme) olarak adlandırılır. Bu tepkisel gerilmeler, (yapılan yüklemenin etkilerine birebir karşılık vermek üzere) dış kuvvetlerin oluşturacağı gerilmelere eşittir.

Hoadley (1980) ve Tsoumis (1991) tarafından belirtildiği gibi, kuvvet (veya yüklem) Newton (N) veya pounds (lb) ile gösterilir. Gerilme ise, birim alandaki kuvvet olarak tanımlanır ve N/mm², Pascal (Pa) veya lb/inch² (psi) ile gösterilir. Bazı kaynaklarda; kuvvet kp (kilopond) ile gösterilirken, gerilme ise kp/cm² ile gösterilmektedir (Bozkurt, 1986; Bozkurt ve Göker, 1987). Kuvvet ve Gerilme, kg (kilogram) ve kg/cm² şeklinde de gösterilmektedir (Örs ve Keskin, 2001). Bu tanıt nasıl olursa olsun, bir kuvvetin etki ettiği kesitte, birim alana düşen kuvvete gerilme denir. Yukarıda da vurgulandığı gibi, etkiye eşit olmak üzere içsel bir tepki açığa çıkarılması mahiyetinde, gerilme; aynı zamanda, yüklem yapılan malzemenin, ona tesir eden kuvvete karşı ortaya koyduğu bir direnç/mukavemet göstergesi durumundadır. Buna göre, Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı gibi; a) kuvvet, malzeme kesitine dik ise ve boyut değişimlerine sebebiyet veriyorsa; normal gerilme, b) kuvvet, kesit içinde ise ve açı değişimine neden oluyorsa; kayma gerilmesi gerçekleşir.

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, ahşapta; çekme, basınç ve makaslama olmak üzere üç temel gerilme türü bulunur. Bunlardan, çekme ve basınç gerilmeleri "normal gerilmeler" olarak da adlandırılırlar. Kuvvetlerin (sündürme biçimindeki) tesiriyle çekme gerilmesi altında bulunan ağaç malzemenin uzunluğunda bir miktar artış görülebilir. Kuvvetlerin (sıkıştırma yapmak üzere) zıt yönde etki etmesiyle basınç gerilmesi altında bulunan ağaç malzemede ise, bir kısalma gerçekleşebilir. Makaslama gerilmesi ise, ağaç malzemeye tesir eden kuvvetlerin (aynı yüzeyde bitişik halde bulunan iki bölümü birbiri üzerinde) kaydırmaya yönelik bir gerilmeye neden olması durumunda ortaya çıkar.

Tsoumis (1991)'in açıkladığı gibi, dış kuvvetlerin etkisi altında gerilen ağaç malzemenin şekli ve boyutu değişebilir. Bu değişim, mevcut formun değişmesi (veya deformasyon) olarak adlandırılır. Çekme ve basınç altında deformasyon, mm (veya inch) olarak ölçülür. Ahşabın mevcut formunu değiştirmesi; toplam deformasyon ve sünme terimleriyle betimlenir. Sünme, birim uzunlukta meydana gelen deformasyondur ve toplam deformasyonun ağaç malzemenin gerilme öncesindeki uzunluğuna oranlanması suretiyle tespit edilir. Ahşap (ağaç malzeme); çekme altında tesir eden kuvvetin büyüklüğü karşısında, erişebileceği en yüksek gerginlik seviyesine kadar

gerilerek bu yüklemeye bir mukavemet gösterebilmek için, plastikleşme davranışıyla kopma sınırına kadar sünebilir. Bu durum, (gerilme sınırına kadar mevcut formun değişmesi sürecinde meydana gelen toplam deformasyon miktarına bağlı özgün bir unsur olarak) ağaç malzemenin sünme yeteneğini gösterir ve ahşabın süneklilik düzeyi terimiyle ifade edilir.

Ahşap da dahil olmak üzere bir çok malzemede, gerilme ve gerginlik arasında (Hooke kanunu uyarınca (URL 2), belirli bir noktaya kadar gerçekleşmesi mümkün olan gerilmenin çok büyük olmaması halinde) doğrusal bir ilişki bulunur. Bu nokta, gerilme sınırı (veya elastik sınır) olarak adlandırılır. Ahşapta meydana gelen gerilmenin, söz konusu gerilme sınırını aşması halinde (gerilme nedeniyle oluşan gerginlikten daha büyük bir gerilme ortaya çıkacağı için), ağaç malzeme özgül dayanma yetisini kaybederek kopar veya kırılır. Bu durum, ahşabın statik eğilmede yük-deformasyon ilişkisi grafiği ile değerlendirilir.

1.1.3 Elastikiyet

Elastikiyet; ağaç malzemenin gerilmesine ve form değiştirmesine neden olan yükün kaldırılmasıyla, şekil ve boyut olarak ilk durumuna geri dönmesi özelliğidir (Tsoumis, 1991). Ahşabın (ağaç malzemenin) elastikiyeti, gerilme sınırının altında gerçekleşir. Gerilme sınırının üzerinde yüklemenin devam etmesi halinde ise, ahşapta ki şekil ve boyut değişikliklerinin bir kısmı kalıcı olur. Bu gerilme ve sünme ilişkisi, Elastikiyet Modülü (MOE) (veya Young Modülü (URL 3)) olarak tanımlanır.

Ağaç malzemede, genellikle eğilmede veya liflere paralel yüklemeye belirlenen Elastikiyet Modülü (MOE), sadece gerilme sınırına kadar geçerli bir olgudur (Tsoumis, 1991). Bunu başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, yüksek elastikiyet modülü, (çok fazla bir deformasyona uğramaksızın oldukça yüksek bir gerilimle ayakta durabilen) güç bükülme özelliğine sahip sert bir yapının mevcudiyetinin göstergesidir.

Singer & Pytel (1980) tarafından açıklandığı gibi, elastikiyetin tersi, plastikleşme olgusudur. İdeal olarak plastik malzeme, meydana gelen şekil veya boyut değişikliklerinin çoğunu yük kaldırıldıktan sonra bile korur (ve kalıcı deformasyon gerçekleşir). Oysa, ideal plastik malzeme bir izafi yaklaşım olup gerçekte böyle bir malzeme yoktur. Buna karşın, yükün kaldırılması halinde tekrar eski durumuna dönme davranışı ise, ancak ideal elastik malzemeler tarafından gerçekleştirilir. Bu mahiyette, ahşap (ağaç malzeme), doğası gereği; tesir eden kuvvete istinaden belli bir seviyeye kadar sehim yapmak (eğilmek) suretiyle kendine özgü bir mukavemet ortaya koyarken, mevcut yükün kaldırılması halinde ise (yüklenme önce-

sindeki) eski durumuna tekrar dönmeye yönelik öznel bir davranış sergiler.

1.1.4 İş ve Enerji

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, ani veya darbeli bir yük(ler)le karşı bir şok direnci gösterme (ve bu durumda bir dayanıklılık gösterme), ağaç malzemenin (ahşabın) diğer önemli mekanik özelliğidir. Bu özellik, enerji ile ölçülür ve yüklemeye yapılmış olan ağaç malzemenin özümseyebileceği miktarı gösterir. Enerji (deformasyonun gerçekleştiği anda tesir eden kuvvet (yük) tarafından açığa çıkartılan değere eşit olmak üzere), iş olarak ölçülür. İş; Nm, Joules (J) veya inch lb ile gösterilir (bazı kaynaklarda ise; kpcm, kpm veya kpm/cm² ile gösterilir). Bir malzemenin kırılması için gerekli iş değerinin fazla olması, o malzemenin yüksek dayanıklılık özelliğine sahip bir yapıda olduğunu gösterir. Birçok durumda, malzemelerin yüksek düzeydeki gerilmelere dayanamaması, kırılma olmalarına sebep olur ve kırılma özelliğinde bulunan malzemelerin kırılması için daha az iş harcanır.

2 Ahşabın Mekanik Özellikleri

Ahşabın (ağaç malzemenin) mekanik özellikleri; farklı şekilde etki eden kuvvet(ler)e istinaden gerçekleşen yük(ler)melere karşı, ağaç malzeme (ahşap) tarafından halihazırdaki mevcudiyetini korumak maksadıyla gösterilen direnç olup tepkisel olarak bu(nlar)a yönelik ortaya konulan mukavemet, öznel bir karşı koyma gücüdür ve ahşabın mekanik özellikleri olarak tanımlanır (Usta, 2013). Bu mahiyette, tesir eden kuvvet ile uygulanan yükün etkisel şekline göre, ahşabın mekanik özellikleri; elastikiyet modülü, eğilme direnci (kopma modülü), dinamik eğilme (şok) direnci, çekme direnci, basınç direnci, makaslama direnci, yarıma direnci, çivi ve vida tutma kabiliyeti, sertlik, aşınma direnci, burulma direnci tanımlanmasıyla değişik isimler altında betimlenir (Brown vd., 1952; Kollmann & Cote, 1968; Hoadley, 1980; Bozkurt, 1986; Bozkurt ve Göker, 1987; Tsoumis, 1991; Örs ve Keskin, 2001)

Bu özellikler, değişik faktörlerin etkileri kapsamında, aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

2.1 Elastikiyet – elasticity of wood

Elastikiyet, uygulanan kuvvet sonrası ağaç malzemenin tekrar eski formuna geri dönmesi özelliği olarak ifade edilir ve (elastikiyet sınırı içinde kalan gerilmeyle biçim değiştirme arasındaki oran mahiyetinde) elastikiyet modülü ile betimlenir (Kollmann & Cote, 1968). Ahşabın mekanik özelliklerinden biri olan elastikiyet modülü, literatürde MOE kısaltmasıyla sembolize edilir. Tsoumis

(1991)'in açıkladığı gibi, Elastikiyet Modülü (MOE); ağaç malzemenin kuvvet altında elastik şekil değiştirmesinin ölçüsü olup birim uzama başına düşen gerilmeyi ve birim uzunluğu bir kat arttırmak için uygulanması gerekli kuvveti gösterir. Buna göre, bir malzemenin şekil değiştirme kabiliyeti açısından bakıldığında; rakamsal olarak düşük değerlerdeki MOE (elastikiyet modülü), kolay şekil değiştiren esnek bir malzemeyi simgeler. Başka bir deyişle, düşük MOE yüksek elastikiyet özelliğini (fakat düşük eğilme direncini) gösterirken, yüksek MOE ise ahşabın yüksek düzeyde bir eğilme direncine sahip olduğunu (fakat düşük elastikiyet özelliğini) gösterir.

Tsoumis (1991)'in açıkladığı gibi, ahşap (ağaç malzeme); elastikiyet özelliği bakımından, diğer tüm malzemelerle karşılaştırıldığında, orta dereceli bir MOE ile arada bir yerde bulunur. Fakat bu durum; Vorreiter (1949), Kollmann (1951), Filipovici (1965), Dams (1968), Bolza & Keating (1972), Farmer (1972), Wagenführ (1975) tarafından izah edildiği üzere, belli sınırlar içerisinde ve ağaç türlerine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bu bağlamda, FPL (1987) tarafından (hava kurusu halde test edilen ahşap numuneler kapsamında) ortaya konulan araştırma verilerine göre, ahşabın Elastikiyet Modülü (MOE) değerleri 2500–17,000 N/mm² (2.5–17 GPa, 362,500–2,465,000 psi) arasında değişir. Ahşabın elastikiyet modülü; ağaç malzemenin anizotrop bir yapıya sahip olması nedeniyle, liflere paralel yönde ve liflere dik yönde (radyal ve teğet yönlerde) farklılıklar gösterir. Ağaç malzemenin elastikiyet modülü; liflere paralel yönde en yüksek, radyal yönde düşük ve teğet yönde ise en düşük seviyededir. Yukarıda verilen MOE değerleri, liflere paralel elastikiyet modülü değerleridir, oysa liflere dik yöndeki elastikiyet modülü değerleri 300–600 N/mm² (300–600 MPa, 43,500–87,000 psi) arasında değişir. Bununla birlikte, sayısal olarak radyal ve teğet yönlerde elastikiyet modülü değeri bakımından önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

Buna ilaveten, Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere; Baumeister (1967), Junival (1967) Bolz & Tune (1970), ACI (1985), FPL (1987), Fellers (1990) tarafından ortaya konulan karşılaştırmalı data, ağaç malzemenin (ahşabın) diğer malzemelerden daha düşük bir elastikiyet modülüne sahip olduğunu (yani belli bir yük altında daha fazla eğildiğini) gösterse de esasen [hava kurusu halde] yoğunluğu ve mukavemeti tespit edilmiş ahşap (ağaç malzeme) [malzeme bileşimi ve imalat işlemi bakımından metaller ve beton mekanik özelliklerinin gösterge değerlerindeki farklılıklar nezdinde] başta çelik olmak üzere, metaller ve diğer malzemeler ile kıyaslanabilecek bir dayanıklılık özelliği gösterir.

Elastikiyet Modülü (MOE), (genellikle statik olmak

üzere) statik veya dinamik eğilme testleriyle belirlenir. Dinamik testlerden türetilmiş değerler (yaklaşık %10–15 gibi bir farkla) biraz daha yüksektir (Bodig & Jayne, 1982), oysa basit kiriş kullanılarak statik eğilmeden türetilmiş değerler ise, (eğilmenin bir kısmı, makaslama deformasyonundan türetildiği için) çekme testlerinden elde edilen değerlerden biraz daha düşüktür (Lawers, 1969). Bu kapsamda, daha doğru değerler, özellikle liflere paralel çekme testlerinden belirlenebilmektedir fakat bu testlerin yapılması çok zordur. Liflere paralel basınç testlerinden belirlenen elastikiyet modülü değerleri, eğilme testlerinden belirlenen değerlerden daha düşüktür (IHD, 1965). Dinamik eğilme testlerinin dışında, elastikiyet modülü; ahşap numunelerin dinamik olarak titreşimi ile ortaya çıkan ses dalgaları aracılığıyla da belirlenebilmektedir (Kollmann & Cote, 1968).

2.2 Eğilme Direnci – strength in bending

Bozkurt (1986) ile Bozkurt ve Göker (1987) tarafından belirtildiği gibi, eğilme direnci; tek veya çift taraftan bir mesnet üzerine tespit edilmiş ağaç malzemenin (ahşabın) liflerine dik yönde etki edip eğilmesine sebep olacak kuvvetlere karşı, ahşap (ağaç malzeme) tarafından gösterilen direnç olarak tanımlanır. Ahşabın yapılarda kullanılması halinde (genellikle eğilme etkisi yapan yüklemelerle karşılaştığı için), bir yapı konstrüksiyonunda bulunan ahşap kirişler eğilme direncini ortaya koyacak bir performans sergilerler. Öyle ki; bu kirişlerin üzerine eğilme etkisi yapacak şekilde muhtelif kuvvetlerle yük(n)me yapıldığında, ağaç malzemede basınç, çekme ve makaslama gerilmeleri başta olmak üzere çeşitli mekanik gerilmeler oluşur.

Bu perspektifte, ahşap yapıların çoğunda ağaç malzeme eğilmeye sebebiyet veren yüklemelere maruz kaldığı için, statik eğilme durumunda eğilme direnci çok önemli bir mekanik özelliktir. Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, sık rastlanan durum; dış kuvvetlerin etkisi altında malzeme eksenine dik gelecek şekilde gerçekleşen ahşap kiriş eğilmesidir. Buna göre, eğmeye yönelik tesir eden kuvvetlerin etkisi altında, ağaç malzemede (eksenel düzleme uygulanan yük(n)me itibarıyla) çekme, basınç ve makaslama gerilmeleri gelişir. Bu üç gerilme de (kuvvetlerin tesir ettiği ahşabın ekstenel düzlemi esas alındığında) liflere paralel olarak ortaya çıkar. Bu çerçevede, a) çekme gerilmeleri, odun liflerini uzatma eğilimindedir, b) basınç gerilmeleri ise, bunların kısalması için faaliyet gösterir, c) makaslama gerilmeleri ise, ahşap kirişin üst tarafını alt tarafından kaydırmayı öngörür.

Tsoumis (1991)'in açıkladığı gibi, yaygın olarak üç tip kiriş bulunur: 1) basit kiriş (uçlarından desteklenmiş), 2) konsol kiriş (sadece bir ucundan desteklenmiş), 3) süre-

li kiriş (uçlarından ve ortasından desteklenmiş). Bu kapsamda, basit kirişte; eğilme üst sınırına kadar eğilmiş olan ağaç malzemenin her zaman alt yüzeylerinde (dışbükey tarafında) çekme gerilmeleri ve üst yüzeylerinde (içbükey tarafında) basınç gerilmeleri meydana gelir. Bu çekme ve basınç gerilmeleri, ağaç malzemenin ortasına doğru yavaş yavaş azalır ve ahşabın eksensel düzlemi üzerinde sıfır olur. Makaslama gerilmeleri ise, eksensel düzlem üzerinde yüksektir ve yüzeylerde sıfırdır. Gerilmelerin ahşap kirişin uzunlamasına dağılımı, yüklenme şekline (merkezden, üçüncü noktadan, yeknesak) bağlıdır.

Eğilmede ağaç malzemenin direnci, genellikle Kopma Modülü (MOR) ile ifade edilir (Tsoumis, 1991). Buna göre, kopma modülü (MOR); birkaç dakika süreyle kademeli olarak artırılarak ağaç malzemeye uygulanan yüklenme etkisi altında kalan ahşap kirişin kırıldığı andaki, dış kısımlarda bulunan odun liflerinin en yüksek seviyedeki gerilmelerini gösterir. Kopma Modülü (MOR), 55–160 N/mm² (55–160 MPa, 8000–23,200 psi) arasında değişir. Rakamsal olarak bu değerler, eğilme direncinin liflere paralel çekme direnci ile benzer durumda olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, eğilme direnci mahiyetinde ahşabın kopma modülü; diğer özelliklere ait sayısal değerlerin mevcut olmaması halinde, ağaç malzemenin liflere paralel çekme direncinin rakamsal anlamda bir göstergesi olarak kullanılabilir.

Ağaç malzemenin eğilme direnci, metaller ile karşılaştırıldığında düşüktür fakat metal olmayan birçok malzemenin aksine yüksektir (Tsoumis, 1991). Bu perspektifte, ağaç malzeme; çoğu kez düşük elastikiyet modülü avantajına sahiptir ve direncin ağırlığa olan ilişkisi bakımından daha uygundur.

2.3 Dinamik Eğilme (Şok) Direnci – toughness of wood

Dinamik eğilme direnci (veya dinamik eğilmedeki enerji), eğilme-çekme-basınç-makaslama konularında öne çıkan sabit veya yavaş yavaş artırılarak uygulanan yüklemelerin aksine, şok biçiminde ani bir yüklemeye karşı ağaç malzeme tarafından gösterilen direnci ifade eder (Tsoumis, 1991). Başka bir ifadeyle, dinamik eğilme direnci; ahşabın (şok şeklinde) ani bir darbeye meydana gelen etkiye karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır ve çoğu kez ahşabın şok direnci olarak adlandırılır. Bu özellik; el aletleri, spor malzemeleri, kutular, kasalar vb gibi ağaç malzemenin şok şeklinde ani yüklemelere maruz kalabileceği belli kullanım yerlerinde önemlidir. Ahşabın (ağaç malzemenin) bu tür yüklemelere karşı koyma derecesini saptayabilmek için, dinamik eğilme (şok) direnci araştırılır.

Ağaç malzeme tarafından özümlenen enerji; statik haldeki sabit yüklemelere nazaran, dinamik haldeki ani yüklemeye daha yüksektir. Başka bir ifadeyle, ahşap; ani yüklere karşı önemli derecede dinamik eğilme (şok) direncine sahip bir malzemedir. Bu çerçevede, ani yüklemeye bir kiriş, yaklaşık iki kat yükü destekleyebilir. Ayrıca, ani yüklemeye ahşap kirişin sehiminin (eğilme miktarının) statik haldeki yük(n)meyle karşılaştırıldığında yaklaşık olarak iki kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (Tiemann, 1947; Wangaard, 1950). Bu çıkarımlar, ahşabın dinamik yüklere karşı gösterdiği direncin, statik yüklere karşı gösterdiği dirençten iki kat daha fazla olduğunu göstermektedir.

2.4 Çekme Direnci – strength in tension

Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı gibi, çekme direnci; birbirlerine ters yönlerde ahşaba etki ederek, ağaç malzemenin liflerini kopartıp ayırmaya çalışan iki kuvvete karşı, ahşabın gösterdiği mukavemet olarak tanımlanır.

Ağaç malzemenin (ahşabın) çekme direnci, yüklemenin liflere paralel veya dik olmasına göre farklılıklar gösterir. Bu mahiyette, ahşabın çekme direnci, liflere paralel ve liflere dik yönde olmak üzere iki türdür (Kollmann & Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1987): a) liflere paralel yönde çekme direnci, diğer bütün direnç özelliklerine göre en yüksek değerde olma özelliği taşır; b) liflere dik yöndeki çekme direnci ise, büyüme hatalarının ve budakların liflere dik yönde olması sebebiyle kopmaya karşı ahşabın direncini olumsuz yönde etkilediği için, liflere paralel yöndeki çekme direncine oranla çok düşüktür. Kollmann & Cote (1968)'a göre, 1) liflere paralel çekme direnci 50 kat daha yüksektir, 2) liflere dik yönde, radyal ve teğet yüklemenin etkisi aynı değildir.

Tsoumis (1991)'in belirttiği gibi, ılıman iklim kuşağında yetişmiş farklı ağaçların liflere paralel çekme direnci değerleri, 50–160 N/mm² (50–160 MPa, 7250–23,200 psi) arasında değişirken, liflere dik çekme direnci ise, 1–7 N/mm² (1–7 MPa, 145–1015 psi) olmaktadır. Bazı tropikal ağaç türlerinde ise, liflere paralel çekme direnci, 300 N/mm² (300 MPa, 43,500 psi) olabilmektedir.

Tekil hücreler (iğne yapraklı ağaçların boyuna traheid hücreleri ile geniş yapraklı ağaçların lifleri) 200–1300 N/mm² (200–1300 MPa, 29,000–188,500 psi) gibi yüksek bir seviyede liflere paralel direnç gösterirler (Kollmann & Cote, 1968), mikrofibrillerin direnci ise daha da yüksektir. Selüloz zincirlerinin direnci, teorik olarak 7500 N/mm² (7.5 GPa, 1.087,50 psi) tahmin edilmektedir (Giordano, 1971). Selüloz zincirlerinin ve mikrofibrillerin ağaç eksenine olan paralelliklerinden sapmaları ve selüloz zincirleri ile mikrofibriller ve hücreler arasında düşük

dirençli maddelerin (hemiselüloz, lignin, pektik maddeler ve ekstraktifler) bulunması, direncin (selüloz zincirlerinden ağaç malzemeye ardışık bir şekilde) azalmasının temel nedenidir. Dinwoodie (1975)'ye göre, ağaç malzemenin liflere paralel çekme direncindeki başarısızlığı; liflere paralel yaz odunu traheidlerinde, S1 ve S2 tabakaları arasında ve ilkbahar odunu traheidlerinde, hücre duvarının eksene dik yönde kırılmasıyla meydana gelir. Hücre uzunluğu ile ağaç malzemenin çekme direnci arasında bir ilişkinin olduğu görülmüştür. Öyle ki; uzun hücrelere sahip ağaç malzeme (genelde, geniş yapraklı ağaç türlerine nazaran iğne yapraklılar) daha yüksek bir dirence sahiptir. Bu durum, hücre uzunluğu ile mikrofibrillerin biçimsel kurgusu arasındaki ilişkiye bağlanabilir. Aynı ağaç türünde; mikrofibriller ile hücre ekseni arasındaki açının uzun hücrelerde küçük olduğu (paralleleştikçe büyüdüğü), kısa hücrelerde ise geniş olduğu belirlenmiştir.

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, yukarıda bahsedilen liflere paralel çekme direnci değerleri kapsamında (özellikle de en yüksek olanı bağlamında), ağaç malzemenin bu direnci ile metaller ve diğer malzemeler rahatlıkla kıyaslanabilir. Buna göre; ağaç malzemenin ve diğer malzemelerin özgül ağırlığa (yoğunluğa) bağlı mekanik özellikleri ile ilgili olarak Baumeister (1967), Junival (1967) Bolz & Tune (1970), ACI (1985), FPL (1987), Fellers (1990) tarafından ortaya konulan karşılaştırmalı verilere göre; direncin, yoğunluk (özgül ağırlık) ile ilişkilendirilerek kıyaslanması halinde, ağaç malzemenin biraz daha iyi olduğu söylenebilir. Bu kıyaslamada, ağaç malzemenin çeliğe eşdeğerde bulunduğu, diğer yapı malzemeleriyle kıyaslandığında ise, daha üstün bir özellikte olduğu görülür. Kollmann (1960) ve Knigge & Schulz (1966) tarafından belirtildiği gibi, ağaç malzemenin, hafif olmasına rağmen güçlü bir malzeme oluşu, "kopma uzunluğu" ile ifade edilir. Buna göre, kopma uzunluğu; ahşabın kendi ağırlığı altında kırılacağı teorik şerit uzunluğudur. Ahşabın kopma uzunluğu, kilometre (km) ile ölçülür ve farklı ağaç türleri için 7–30 km aralığında değişir (iğne yapraklılar: 11–30 km, geniş yapraklılar: 7–30 km). Diğer malzemelerin kopma uzunluğu ise; yapı çeliği: 5.4 km, diğer çelikler: 12–32 km, duralüminyum (alüminyum-bakır alaşımı): 13.6 km, beton: 0.2 km, dökme demir: 1.8 km, PVC (plastik): 4 km düzeyindedir.

Tsoumis (1991)'e göre, ağaç malzemenin yüksek seviyedeki liflere paralel çekme direnci (liflere paralel çekme gerilmesi ile birlikte makaslama gerilmesinin gelişmesi sebebiyle) nadiren kullanılır. Ağaç malzemenin makaslama direnci (liflere paralel çekme direncinin % 6-10'u kadar olmak üzere) nispeten çok düşüktür. Ayrıca, liflere paralel çekme direnci; ağaç malzemedeki budaklar,

lif kıvrıklığı ve diğer büyüme kusurlarının bulunması halinde önemli ölçüde azalır. Liflere paralel çekme gerilmesi, helikopterlerin çarkları ve küçük uçakların pervaneleri gibi sadece özel durumlardaki uygulamalarda gelişir. Bir yükleme yapılmış olan ağaç malzemenin (ahşabın) çekme direnci, liflere dik yönde çok küçük olduğundan, liflere dik çekme gerilmesinin gelişmesi, ahşap yapılarda dikkate alınmaz. Öte yandan, ahşabın kuruması sırasında meydana gelen daralmaya bağlı olarak ağaç malzemedeki çatlakların oluşması, bu direncin sıfır seviyesine kadar düşmesine neden olabilir.

2.5 Basınç Direnci – strength in compression

Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı gibi, basınç direnci; birbirlerine doğru gelmek üzere, ağaç malzemeye baskı uygulayarak, onu ezmeye veya sıkıştırmaya çalışan iki kuvvete karşı ahşabın gösterdiği mukavemet olarak tanımlanır. Liflere paralel yöndeki basınç gerilmesi, ağaç malzemenin yapılarda taşıyıcı eleman olarak öngörülen muhtelif kullanım yerlerinde en fazla maruz kaldığı gerilmelerden bir tanesi olduğu için, ahşabın basınç direnci önemli bir gösterge olarak değerlendirilir. Öyle ki; ağaç malzemenin yapılarda kullanılabilirliğinin tespitinde, öncelikle basınç direnci kapsamında değerlendirmeler yapılır.

Ahşabın (ağaç malzemenin) basınç direnci, liflere paralel ve liflere dik yönde olmak üzere iki türdür (Kollmann & Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1987): a) liflere paralel yönde basınç direnci; kazık, dikme, direk ve kolon (sütun) gibi ahşap yapı elemanlarında ortaya çıkmakta olup mevcut ahşap yapı elemanının yüksekliği değiştikçe, malzemenin gösterdiği basınç direncinde değişiklikler meydana gelir. Örneğin, normal kat yüksekliğinde tasarlanmış bir ahşap dikme, daha fazla yükseklikte tasarlanmış dikmeye oranla daha fazla basınç direnci gösterir; b) liflere dik yönde basınç direnci ise; taşıyıcı kirişler, lentolar ve hatıllar nezdinde açığa çıkmakta olup liflere paralel yöndeki basınç direncinden oldukça düşüktür.

Bu açıklamalara istinaden, yüklemenin liflere paralel veya dik olarak yapılmasına göre, ağaç malzemenin basınç direnci de farklıdır. Tsoumis (1991) tarafından belirtildiği gibi, liflere paralel basınç direnci 15 kat daha yüksektir ve 25–95 N/mm² (25–95 MPa, 3625–13,775 psi) arasında değişirken, liflere dik basınç direnci değerleri ise, 1–20 N/mm² (1–20 MPa, 145–29000 psi) arasında değişir. Yıllık halka çevrimi yönündeki teğet basınç direncinin, iğne yapraklı türlerde, öz ışını doğrultusundaki radyal basınç direncinden yüksek olduğu, geniş yapraklılarda ise düşük olduğu tespit edilmiştir (Giordano, 1971). Bu farklılaşmada; enine kesitte görülen diyagonal yıllık halka kurgusunu oluşturan anatomik unsurların,

radyal veya teğet kesitlerde bulunan yapısal bileşenlere kıyasla daha düşük dirence sahip olmalarının rolü vardır (Wangaard, 1950).

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, ağaç malzemenin liflere paralel basınç direnci, metaller ile kıyaslandığında küçüktür fakat tuğla ve taş gibi diğer birçok yapı malzemeleriyle karşılaştırıldığında ise yüksektir. Ayrıca; ağaç malzeme, çekme direncinin yaklaşık yarısı kadar bir basınç direncine sahip olduğu için, metaller ve mineraller gibi diğer malzemelerden farklıdır. Bu farklılığın nedeni, ağaç malzemenin anatomik yapısıdır. Ağaç malzemenin iskeleti, liflere paralel yönde oldukça yüksek çekme direncini veren selüloz zinciri moleküllerinden oluşmaktadır. Diğer bileşenler (hemiselülozlar ve lignin) basınç direncine katkıda bulunurlar ama selüloz ayrıca basınç yüklemelerini de destekler.

Kollmann & Cote (1968) ile Kucera & Bariska (1982; 1985) tarafından açıklandığı gibi, ağaç malzemenin liflere paralel basınç direncinin başarısızlığı; hücrelerarası katmanların kırılmasına, yarılmaya veya makaslama, hücrelerin burulmasına veya katlanmasına ve hücre duvarının kırılmasına bağlanabilir. Duvarlardaki geçitler, azalan direncin mevkilerini oluşturur. Tersine, liflere dik basınçtaki gerilme ise; enine kesitteki hücre biçiminin değişmesine ve hücre boşluklarının boyutunun azalmasına neden olur. Yüklemenin artması ile bu değişmeler yüzeyden ağaç malzemenin iç kısımlarına doğru kademeli olarak ilerler.

Wangaard (1950)'a göre, liflere dik basınç gerilmesi, demiryolu traverslerinde ortaya çıkarken, liflere paralel basınç gerilmesi ise kolonlarda meydana gelir. Ahşap kolonda, uzunluğun ahşap numunenin en küçük boyuttaki kenar genişliğine oranı, basınç direncinde önemlidir. Bu oranın, 11:1 değerinden küçük olması; ahşap kolon direncinin tamamen ağaç malzemenin liflere paralel basınç direncine bağlı olduğunu gösterirken, bu oranın 11:1 değerinden büyük olması ise; ağaç malzemenin (elastikiyet modülü mahiyetinde) burulmaya karşı direncindeki sertliği bakımından ayrıca önemlidir.

Belli ağaç türlerinin, liflere paralel basınç gerilmesi altındayken kırılmadan önce karakteristik bir gürültü çıkartarak uyarma yeteneğine sahip oldukları söylenir. Bu ağaç türleri; ladin, melez, çam, kayın, huş ve yalancı akasya olarak rapor edilmiştir (Trendelenburgh & Mayer-Wegelin, 1955; Knigge & Schulz, 1966).

2.6 Makaslama Direnci – strength in shear

Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı gibi, makaslama direnci; ahşabın iki bitişik yüzeyini, bir düzlem üzerinde birbirine ters yönlerde kaydırarak lifleri koparmaya ve birbirinden ayırmaya çalışan kuvvete karşı

ağaç malzeme tarafından gösterilen direnç olarak tanımlanır. Özellikle, ağaç malzemenin kesit ara yüzüne sahip konstrüksiyonel uygulamalardaki birleşme yüzeyleri ile ek yerlerinde ve çentik açılmış bölümlerinde makaslama direnci büyük önem taşır.

Makaslama, boyuna kesitte veya teğet ile radyal kesitlerde (liflere paralel veya dik olarak) meydana gelebilir. Liflere paralel makaslama gerilmesi, eğilmeye karşı gerilmiş ağaç malzemedeki görülür. Farklı ağaç türlerinin liflere paralel makaslama direnci 5–20 N/mm² (5–20 MPa, 725–2900 psi) arasında değişir (Tsoumis, 1991).

Enine kesit üzerinde rol oynayan liflere dik makaslama direnci, liflere paralel makaslama 3–4 kat daha büyüktür (Kollmann & Cote, 1968), fakat (ağaç malzeme, liflere dik makaslama önce ilk olarak liflere paralel makaslama veya burulma makaslama ile başarısız olduğundan) bunun pratikte bir önemi yoktur (Tsoumis, 1991). Bu noktada, Tsoumis (1991)'e göre, liflere paralel makaslama direnci, pratikte oldukça büyük bir öneme sahiptir.

Wangaard (1950) ve Silvester (1967) tarafından açıklandığı üzere, ağaç malzemenin teğet veya radyal kesitleri üzerine yapılan liflere dik yüklemeler, burulma makaslama gerilmelerinin bir sebebidir ve çok seyrek olmakla birlikte boyuna kesitteki liflerin burulmasına neden olur. Bu perspektifte, ağaç malzemenin burulma makaslama direnci liflere paralel makaslama direnciyle kıyaslandığında, önemli seviyede düşüktür. Bunun yanı sıra, eğik makaslama gerilmeleri liflere paralel çekme veya basınç yüklemeleri ile meydana gelir. Bu yüklemelerin etkisiyle, hücre duvarlarında ve hücreler arasında eğik makaslama yüzeyleri oluşur. En yüksek makaslama gerilmesi, (makaslama kuvveti ile gerilen yüzeyin eksenine arasındaki açı yaklaşık 45° olduğu durumda gerçekleşir ama (mevcut çeşitli hücre tipleri, öz ışınları, ilkbahar ve yaz odunu vb gibi) ağaç malzemenin bütün anatomik yapısı, kopma yüzeylerinin yaklaşık 60–70° açı altında oluşmasına katkıda bulunur. Sonuç olarak, makaslama yüklemeleri etkisi altında, ağaç malzeme genellikle bu şekilde başarısız olur.

2.7 Yarıma Direnci – cleavage of wood

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, ağaç malzemenin yarıma direnci: bir kama biçiminde ağaç malzemeni yarmaya çalışan dış kuvvetlere karşı gösterilen direnci ifade eder. Başka bir deyişle, yarıma direnci; ağaç malzemenin lifleri arasına giren ve onu yarmaya çalışan yabancı bir cisme karşı ahşabın gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Anatomik yapısına bağlı olarak liflere paralel yönde kolaylıkla (odun uzunlamasına) yarıldığı için, ağaç malzeme liflere paralel yönde yarılmaya karşı

düşük bir dirence sahiptir. Bu durum, (yakacak odunun yarılması gibi) belli kullanımlarda yararlı iken, (ahşap yapı içerisinde konuşlandırılacak ağaç malzemenin, çivi çakılırken veya vidalama işlemi gerçekleştirilirken yarılması gibi) diğer kullanımlarda ise sakınca oluşturur. Ağaç malzemenin liflere dik yöndeki yarılma direnci ele alınacak olursa, liflere dik yönde ve öz ışını doğrultusunda yük uygulandığında (ışınların varlığı nedeniyle) yarılma direnci düşüktür. Başka bir ifadeyle, (yıllık halka çevrimi yönünde) teğet yöndeki yarılma direnci, (öz ışını doğrultusunda) radyal yödekine göre daha yüksektir. Diğer taraftan, farklı ağaç türleri farklı yarılma direncine sahiptirler. Örneğin; iğne yapraklılar (gökmar, ladin) ve hafif geniş yapraklılar (kavak), ağır geniş yapraklılar (akça-ağaç, huş, incir, yalancı akasya, gürgen) ile kıyaslandığında düşük yarılma direncine sahiptirler.

Bozkurt (1986) ile Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı üzere, ahşabın kolay bir şekilde yarılıp yarılmaması, kullanımını etkileyen önemli özelliklerden biridir. Örneğin, ağaç malzemenin çivi tutma kapasitesi ile yarılma direnci arasında doğrusal bir bağlantı vardır. Öyle ki, ahşabın çivi ve vida elemanlarını kavrayarak sıkı bir şekilde tutabilmesi için, yapı ve inşaat işlerinde yarılma direncinin yüksek olduğu ağaç türlerinin öncelikli olarak kullanılması gerekir.

Tsoumis (1991)'in belirttiği gibi, ağaç malzemenin (ahşabın) mekanik özelliklerinin belirlenmesine yönelik numune şekilleri ve yükleme biçimi göz önüne alındığında, yarılma direnci testi, aynı numunelerin kullanılması nedeniyle liflere dik yöndeki çekme direnci testine benzer ve yarılma değerleri N/mm (yarılan yüzeyin genişliğinin milimetre başına tekabül eden Newton) olarak gösterilir. Yarılma testi; çatlakların ilerlemesine karşı gösterilen direncin belirlenmesi bağlamında, kırılma dayanıklılığı yerine kullanıma eğilimindedir.

2.8 Çivi ve Vida Tutma Kabiliyeti – nail and screw holding power

Ağaç malzemenin çivi ve vida tutma kabiliyeti, önemli bir mekanik özellik olup ahşabın ideal bir yapı malzemesi olarak yapılarda kullanılabilmesi için, çivi ve vida tutma kabiliyetinin (başka bir ifadeyle, çivi ve vida tutma gücünün) yüksek olması gerekir. Hoadley (1980) tarafından izah edildiği üzere, ahşabın çivi ve vida tutma kabiliyeti; liflere paralel ve/veya dik yönde yapılan çivileme ve vidalama işlemi sonrasında (çivileme/vidalama düzlemine paralel olacak şekilde) çivi ve vida elemanlarının asılarak geri çıkarılmaya çalışılması halinde, ağaç malzeme tarafından bunların sıkıca kavranıp tutulması ve salıverilmemesi performansdır.

Ahşabın çivi ve vida elemanlarını kavraması, bu

cisimlerin kurgusuyla doğrudan ilişkilidir. Şöyle ki; vida, (helisel eğrisine atfen) yivli eksenelel yüzeyi sebebiyle, ilave bir spiral bağlanma gerçekleştirdiği için, yivsiz eksenelel yüzeyi itibariyle çivi ile kıyaslandığında, ağaç malzeme içerisinde daha fazla ve daha güçlü bir tutunma performansı sergiler.

Ağaç malzemenin çivi ve vida tutma kabiliyeti (tutkal ya da başka bir yapıştırıcı olmaksızın) birden çok farklı parçanın birbirlerine çivi veyahut vida ile bağlanması bakımından da önemli olup (çatı, köprü, iskele vb gibi) ahşap uygulamalarda ve (bahçe mobilyası gibi) ahşap eşya imalatında göz önünde bulundurulması gereken bir olgudur.

2.9 Sertlik – hardness

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, sertlik; bir kuvvet tesiriyle içerisine girmeye çalışan yabancı katı cisimlere karşı ağaç malzemenin gösterdiği direncin ölçüsüdür. Bu direnç, liflere dik yönlerde kıyasla liflere paralel yönde yaklaşık olarak iki kat daha yüksektir (radyal ve teğet yüzeyler arasındaki farklılık nadiren önemlidir) (Kollmann, 1951).

Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı üzere, ağaç malzemenin basınç direnci ile yakından ilgili bir özellik olan sertlik; ahşabın kesilmeye ve işlenmeye karşı gösterdiği direnç kapsamında belirlenmektedir. Bu mahiyette, sertlik; aletlerle ve makinelerle ahşabın işlenme kolaylığı veya zorluğu hakkında önemli bir gösterge olup ağaç malzemenin aşınmaya ve çeşitli nesnelere kazınmaya karşı ortaya koyacağı dirençlerle ilişkilidir. Sertlik; zemin döşemesi, kapı-doğrama, masa-sandalye, ahşap mobilya, spor malzemeleri, ahşap kalemler gibi değişik kullanım yerlerinde önemli bir özelliktir ve özel bir anlam ifade etmektedir.

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, bazı ağaç türleri oldukça yumuşaktır (kavak, söğüt, ihlamur, çam), diğerleri orta sertliktedir (çam, gökmar, ardıç, ceviz) ve bazıları da serttir (porsuk, meşe, karaağaç, yalancı akasya, dişbudak, kayın, incir, gürgen, akça-ağaç, huş, zeytin). Tropik ağaçlar ise, çok yumuşaktan (balsa) çok serte kadar değişen türlerdir.

2.10 Aşınma Direnci – wear resistance

Bozkurt ve Göker (1987) tarafından açıklandığı gibi, ağaç malzemenin evsel aşındırıcı etkilere mukavemet gösterme özelliği, aşınma direnci olarak tanımlanır. Bu kapsamda, aşınma direnci, ahşabın iç mekandaki kullanım yerine ve kullanıma şekline bağlıdır. Ağaç malzemenin (ahşabın) aşınma direnci; döşeme, parke ve kaplama olarak ahşabın kullanılması halinde özellikle öne çıkan bir mekanik özelliktir. Bu bağlamda, ahşap yüzey-

lerinde aşınma oluşumundaki en önemli etken, sürtünme olup malzeme üzerine ani çarpma etkisiyle düşen yükler ve çok biçiminde gelen kuvvetler de aşınmanın meydana gelmesinde etkilidir.

2.11 Burulma Direnci – torsional strength

Burulma direnci; eksenel düzlemi yere dik konumda bulunan bir ağaç malzemede, dikey eksen etrafında burulma (veya başka bir deyişle, burkulma) etkisi meydana getiren kuvvet(ler) sebebiyle gerçekleşen yüklenmeye karşı, ahşabın burulma biçiminde gösterdiği direnç olup burkulmanın kırılmayla sonuçlanacağı ana kadar, ağaç malzeme tarafından ortaya konulan maksimum gerilmedir. Berkel (1970) tarafından ifade edildiği üzere, bir ahşap çubuk etrafında ters yönlerde etkide bulunan iki kuvvet tarafından (veya sarmal şekilde tek yönden tesir eden bir kuvvet tarafından) çevrilerek burulduğu takdirde, bir burulma momenti meydana gelir. Söz konusu burulma momentinin büyüklüğü ise, ağaç malzemenin mevcut yapısal bileşimi ile enine kesit şekline göre değişiklik gösterir.

Ahşabın burulma direnci ile ilgili olarak, Bozkurt ve Göker (1987) tarafından yapılan açıklamalar uyarınca, şu çıkarımlar yapılabilir: a) hava kurusu halde test edilen ahşabın burulma direnci nezdinde, iğne yapraklı ağaç türlerinden elde edilen ahşapta burulma direnci 100–170 Kp/cm² iken, geniş yapraklı ağaç türlerinden elde edilen ahşapta ise 150–300 Kp/cm² arasında değişir; b) numune enine kesiti itibarıyla, ahşabın burulma direnci sıralaması, daire > kare > dikdörtgen biçiminde gerçekleşir; c) liflere dik yöndeki burulma direnci (liflere paralel yöndeki burulma direncine göre) düşük olup liflere dik burulmada, öz ışını düzlemi boyunca kırılmalar oluşur; d) liflere paralel burulmada, maksimum gerilme sınırında iken boyuna yönde çatlamalar ve enine kesiti köşeli olan ağaç malzemede ise, kıymıklanma görülür.

Ahşabın burulma direnci; açık alanda kullanılan (çit, dikme, direk, kolon vb gibi) ağaç malzemede, rüzgar ve benzeri hava akım(lar)ı sebebiyle gerçekleşirken, kapalı mekanlarda ise, kapı ve pencere kanadı gibi (yan dönел şekilde) açılır-kapanır elemanların devinimleri dolayısıyla taşıyıcı dikey parçaya aktarılan/uygulanan kuvvet(ler)e istinaden ortaya çıkar.

3 Ahşabın Mekanik Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Ahşabın (ağaç malzemenin) mekanik özellikleri genel olarak; rutubet miktarı, yoğunluk (özgül ağırlık), sıcaklık, yüklenme süresi, malzeme kusurları gibi faktörler tarafından etkilenir. Bu etmenlerin ahşabın mekanik özelliklerine nasıl bir etkide bulunduğu aşağıda açıklanmıştır.

3.1 Rutubet Miktarı

Rutubet, lif doyunluğu noktası altında değiştiği zaman, mekanik özellikleri etkiler (Kollmann & Cote, 1968; Hoadley, 1980; Bozkurt ve Göker, 1987; Tsoumis, 1991). Buna göre; rutubet azaldığında, direnç artar (rutubet arttığında ise, direnç azalır) (Wangaard, 1950; Krpan, 1954; Filipovici, 1965; FPL, 1987).

Stamm (1964) tarafından açıklandığı gibi, rutubetin azalmasıyla direncin artması, yoğunlaşan hücre duvarlarındaki değişiklikler dolayısıyla gerçekleşir. Hücre duvarının yapısal bileşeni olan mikrofibriller, birbirine yaklaşıp ve selüloz zincir molekülleri arasındaki çekici kuvvetler daha güçlü hale gelir. Bu daralma eylemi, direncin artmasına etki eder. Hücre duvarlarından rutubetin kaybolmasıyla, birim hacimdeki odun bileşenlerinin kütlesi artar. Rutubet kaybı (ağaç malzemenin yarılmasıyla sonuçlanmadığı sürece) direncin artması için bir ön koşuldur. Bu mahiyette, rutubet kaybı sırasında meydana gelen yarıma veya çatlama gibi durumlar, ağaç malzemenin direncini düşürür.

Rutubetin, ahşabın mekanik özelliklerini etkileme şiddeti, farklı özelliklerde farklıdır (Tsoumis, 1991). Bu çerçevede [Wangaard (1950), Bozkurt (1986), Bozkurt ve Göker (1987), FPL (1999) tarafından açıklandığı üzere], rutubet miktarı ve mekanik özellikler ilişkisi kapsamında yapılan araştırmalara göre, rutubette %1 kadar bir değişiklik; elastikiyet modülünde (MOE, statik eğilmede) %2, eğilme direncinde (kopma modülü, MOR) %4, çekme direncinde %3, liflere paralel basınç direncinde %6, makaslama direncinde %3, burulma direncinde %3, sertlikte (liflere dik yönde) %2.5 ve (liflere paralel yönde) %4 kadar bir farklılık oluşturur. Rutubet miktarı, lif doyunluğu noktasından sıfıra doğru azaldıkça, ağaç malzemenin direnci iki kattan daha fazla artar. Bu hususta; Filipovici (1965)'nin araştırması, sarıçam ve huş türlerinde hava kurusu rutubet miktarı (olan %12 veya %15) sonrasında tam kuru hale doğru (%0 rutubetliliğe kadar) gidildikçe, liflere paralel basınç direncinin yaklaşık %120 arttığını, statik eğilmedeki eğilme direncinin %145 arttığını göstermiştir. Wangaard (1950) ve FPL (1987) tarafından açıklandığı gibi; kuru ağaç malzeme, (kırılma anına kadar) çok fazla yük taşıyabilir fakat az eğilir. Tsoumis (1991)'e göre, teorik olarak tam kuru haldeki ağaç malzemenin direnci iki kat artar. Ancak bir istisna olarak dinamik eğilme (şok) direnci, rutubetin azalmasıyla artmazken, bazen ise ağaç malzeme kurudukça azalır. Bu durum, yaş haldeki ağaç malzemenin deformasyonunun büyüklüğüne bağlanabilir. Çünkü dinamik eğilme (şok) direnci, sadece yük(ler)in şiddetinden değil, aynı zamanda ağaç malzemenin sertliğinden de etkilenir.

Rutubetin etkisi yüzünden (ve karşılaştırılabilir sonuç-

ların elde edilmesi amacıyla), mekanik özellikler aynı rutubet miktarında belirlenir; a) taze halde (lif doygunluğu üstünde) veya b) lif doygunluğu altında, genellikle hava kurusu halde (çoğunlukla %12 ve bazen %15) (Kollmann & Cote, 1968; Giordano, 1971).

Farklı rutubet miktarındaki direnç veya diğer mekanik özellik değerleri, karşılaştırma amacına göre düzeltilmelidir (Galligan, 1975; ASTM D 143; ISO 3129; ISO 13061-1; ISO 13061-2; ISO 13061-3; ISO 13061-4; ISO 3132; ISO 13061-6; ISO 13061-7; ISO 3347; ISO 3348; ISO 3350; ISO 3351; ISO 9087; TS 2470; TS 2471; TS 2472; TS 2473; TS 2474; TS 2475; TS 2476; TS 2477; TS 2478; TS 2479; TS 2480; TS 3459; TS 6094; TS 7613; TS EN 1382; FPL, 1987; FPL, 1999).

Bu mahiyette, aşağıdaki eşitlik; rutubet miktarı ve direnç ilişkilendirmesi kapsamında kullanılabilir (Galligan, 1975; FPL, 1987; Tsoumis, 1991; FPL, 1999):

$$P = P_{12} \times [P_{12} / P_g]^{[(12 - RM) / (RM_p - 12)]}$$

Burada,

P = öngörülen rutubet miktarındaki direnç

RM = öngörülen rutubet miktarı (%)

RM_p = lif doygunluğu noktası rutubet miktarı

P₁₂ = (hava kurusu halde) %12 rutubet miktarındaki direnç

P_g = yaş haldeki ağaç malzemenin direnci (rutubet miktarı > lif doygunluğu noktası)

Eşitlikte RM_p ile gösterilen lif doygunluğu noktası, %30 rutubet miktarından az bir değerdedir ve farklı ağaç türleri için %21–27 arasında değişir (ortalama ise %25'dir) (Galligan, 1975). Ayrıca, söz konusu bu düzeltme, yukarıdaki eşitlikte gösterilmiş olan ilişkinin doğrusallaştırılmış biçimi ile aşağıdaki şekilde yapılabilir (Tsoumis, 1991):

$$\log P_3 = \log P_1 + [(RM_1 - RM_3) / (RM_1 - RM_2)] \times \log (P_2 / P_1)$$

Burada, P₁ ile P₂ direncin ve RM₁ ile RM₂ rutubet miktarının bilinen değerleridir. P₃ ise öngörülen RM₃ rutubetine bağlı direnç değeridir. Örneğin; bir laboratuvar çalışmasıyla elde edilen deneysel verilerden P₁'in taze halde (RM₁) ve P₂'nin ise %9.5 rutubette (RM₂) belirlendiği söylendiğinde, %12 rutubet miktarındaki (RM₃) direnç (P₃) ne kadar olur? (buradaki RM₁ değeri, ahşap numunenin lif doygunluğu noktasındaki rutubet miktarıdır). Bu örnek düzeltme, belli sınırlar içerisinde ortaya konulmuş olan eldeki veriler kapsamında, ağaç malzemenin direncine ait değerlerin logaritması ile ahşabın rutubet miktarının doğrusal olarak ilişkilendirilmesi suretiyle gerçekleştirilir (Lawers, 1969). Tsoumis (1991)'e göre, direnç değerlerinin düzeltilmesinde, rutubet miktarının ağaç malzeme içerisinde yeknesak bir şekilde dağıldığı öngörülür. Bu

düzeltilmeler, rutubet miktarının lif doygunluğu noktası altında bulunması halinde gerçekleştirilir.

Lif doygunluğu noktası altında, rutubet miktarı ile mekanik özellikler ilişkilendirmesi hususunda, Bozkurt (1986) ile Bozkurt ve Göker (1987) tarafından yapılan değerlendirmeler göz önüne alındığında, lif doygunluğu noktası altındaki rutubet miktarındaki %1'lik bir değişiklik halinde, [elastikiyet modülü (MOE), eğilme direnci (MOR), çekme direnci, basınç direnci, makaslama direnci, burulma direnci, sertlik gibi] ahşabın mekanik özelliklerinin (teorik olarak) ne kadar değişebileceği, aşağıdaki eşitlikler aracılığıyla hesaplanabilir:

Elastikiyet Modülü (MOE); (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, elastikiyet modülünde %2 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$MOE_2 = MOE_1 \times [1 - ((0,02) \times (RM_2 - RM_1))]$$

MOE₂: öngörülen herhangi bir rutubetteki elastikiyet modülü (N/mm²)

MOE₁: test numunesinin sahip olduğu rutubetteki elastikiyet modülü (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Eğilme Direnci (MOR, Kopma Modülü olarak); (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, eğilme direncinde %4 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$MOR_2 = MOR_1 \times [1 - ((0,04) \times (RM_2 - RM_1))]$$

MOR₂: öngörülen herhangi bir rutubetteki eğilme direnci (N/mm²)

MOR₁: test numunesinin sahip olduğu rutubetteki eğilme direnci (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Çekme Direnci; (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, çekme direncinde %3 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$\sigma_{c2} = \sigma_{c1} \times [1 - ((0,03) \times (RM_2 - RM_1))]$$

σ_{c2}: öngörülen herhangi bir rutubetteki çekme direnci (N/mm²)

σ_{c1}: test numunesinin sahip olduğu rutubetteki çekme direnci (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Basınç Direnci; (rutubet miktarındaki %1'lik bir deği-

şikliğe karşı, basınç direncinde %6 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$\sigma_{B2} = \sigma_{B1} \times [1 - ((0,06) \times (RM_2 - RM_1))]$$

σ_{B2} : öngörülen herhangi bir rutubetteki basınç direnci (N/mm²)

σ_{B1} : test numunesinin sahip olduğu rutubetteki basınç direnci (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Makaslama Direnci; (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, makaslama direncinde %3 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$\sigma_{M2} = \sigma_{M1} \times [1 - ((0,03) \times (RM_2 - RM_1))]$$

σ_{M2} : öngörülen herhangi bir rutubetteki makaslama direnci (N/mm²)

σ_{M1} : test numunesinin sahip olduğu rutubetteki makaslama direnci (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Burulma Direnci; (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, burulma direncinde %3 kadar bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$\sigma_{T2} = \sigma_{T1} \times [1 - ((0,03) \times (RM_2 - RM_1))]$$

σ_{T2} : öngörülen herhangi bir rutubetteki burulma direnci (N/mm²)

σ_{T1} : test numunesinin sahip olduğu rutubetteki burulma direnci (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

Sertlik; (rutubet miktarındaki %1'lik bir değişikliğe karşı, sertlikte [lifler dik yönde %2.5 ve liflere paralel yönde %4 kadar] bir farklılık oluşturacağı esasına göre):

$$H_2 = H_1 \times [1 - ((k) \times (RM_2 - RM_1))]$$

H₂: öngörülen herhangi bir rutubetteki sertlik (N/mm²)

H₁: test numunesinin sahip olduğu rutubetteki sertlik (N/mm²)

RM₂: öngörülen rutubet miktarı (%)

RM₁: testin yapıldığı numunenin rutubet miktarı (%)

k: liflere dik yöndeki sertlik için 0.025 iken, liflere paralel yöndeki sertlik için 0,04 alınır

Yukarıda örneklenen eşitlikler, teorik değerlendirmeler bakımından manidar olmakla birlikte, nihai sonuçların gerçek koşullarda hazırlanan numuneler ile laboratuvar testleri yapılarak belirlenmesi esastır. Ahşabın rutubet

miktardaki %1'lik bir değişikliğe karşı yarılma direnci, çivi ve vida tutma kabiliyeti, aşınma direnci gibi mekanik özellikler üzerinde ne kadar bir farklılık oluşturacağı konusunda sayısal veriler ise yoktur [veya nedensel çıkarsama yapmayı sağlayacak mahiyette oldukça sınırlıdır]. Bu nedenle, söz konusu özelliklere yönelik sistematize edilmiş teorik hesaplama eşitlikleri henüz geliştiril(e)memiştir.

3.2 Yoğunluk (Özgül Ağırlık)

Birim hacim ağırlık esasıyla tespit edilen yoğunluk (başka bir deyişle özgül ağırlık), ağaç malzemenin birim hacimdeki net odun miktarı olup ahşabın mekanik özellikleri üzerinde oldukça önemli bir özelliktir. Buna göre, ahşabın yoğunluğu arttıkça, mukavemeti de artar (Kollmann & Cote, 1968; Hoadley, 1980; Bozkurt, 1986; Bozkurt ve Göker, 1987; Tsoumis, 1991; FPL, 1999).

Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, yoğunluk; malzeme kusurları olmayan bir ahşabın direncinin en temel ve en iyi göstergesidir. Birim hacimdeki mevcut odun bileşenlerinin ölçüsü yoğunluk olduğu için, yoğunluk arttıkça direnç de artar. Yüksek yoğunluk, kalın duvarlı ve az boşluklu hücrelerin oransal olarak çokluğuyla gerçekleşir (başka bir ifadeyle; ilkbahar odunu hücrelerine kıyasla, hücre çeperi kalın ve lümeni dar olan yaz odunu hücrelerinin (yıllık halka içerisindeki) iştirak oranının artmasıyla, yoğunluk artar). Bunun neticesinde, kusursuz halde bulunan yüksek yoğunluklu ağaç malzemenin direnci daha fazla olur.

Yoğunluk ve direnç ilişkisi, farklı ağaç türleri ve mekanik özellikler ile farklı şekilde değişir (Wood, 1990), fakat genellikle doğrusal bir ilişki gösterir (Lawers, 1969, Pearson & Gilmore, 1980). Tsoumis (1991) tarafından belirtildiği üzere, ağaç türleri arasındaki farklı hüresel bileşime ve farklı (yabancı) eksatraktif madde içeriğine bağlı farklılıklar, aynı yoğunluktaki ağaç türlerinin direncinin de farklı olmasına neden olabilir. Öyle ki, mevcut eksatraktiflerin odundan uzaklaştırılması halinde direnç azalır. Bu mahiyette; Pecina (1981) tarafından gerçekleştirilen araştırma, etanol-benzol ile huşta ve sıcak su ile ladinde ekstraktiflerin uzaklaştırılması sonrasında, her iki ağaç malzemenin liflere paralel çekme dirençlerinde bir azalma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Bundan ötürü, yoğunluk; kesin bir ölçüt değildir ama daha önce bahsedildiği gibi direncin önemli bir göstergesidir.

Aynı ağaç türünde, özodunu ve diri odun ayrı ayrı karşılaştırıldığında, yoğunluk ve direnç aşağıdaki bağıntı aracılığıyla ilişkilendirilebilir (Wangaard, 1950; Tsoumis, 1991):

$$S / S' = [g / g']^n$$

Burada, S ve S' ifadeleri g ve g' yoğunluklarına bağlı direnç değerleridir. Eşitlikte gösterilen n değeri ise, özelliğe bağlı olarak 1.25 ve 2.50 arasında değişir. Örneğin; liflere paralel basınç direnci ve elastikiyet modülü (MOE) için 1.25, statik eğilmede eğilme direnci (kopma modülü, MOR) için 1.50, liflere dik basınç direnci ve sertlik için ise 2.50 alınır.

3.3 Anatomik Yapı

Ahşabın mekanik özellikleri üzerine ağaç malzemenin anatomik yapısının nasıl bir etkide bulunduğu hususu; yıllık halka yapısı, hücre yapısı, lif açısı kapsamında irdelenebilir. Buna göre, Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, yoğunluğun mekanik özelliklere etkisi, yoğunluğun değişmesine neden olan yapısal farklılıklardan kaynaklanır. Yoğunluğun yüksek ve düşük olmasına sebep olan (yıllık halka genişliği, yaz odunu iştirak oranı, vb gibi) özgül unsurlar, ağaç malzemenin direncini de etkilerler. Bu nedenle; yaz odununun yıllık halka genişliğinin artmasıyla azaldığı hızlı büyüyen iğne yapraklı ağaçlarda, ağaç malzemenin direnci düşük olur. Geniş yapraklılarda ise; halkalı traheli (meşe ve kestane gibi) ağaçlardaki geniş yıllık halkalar, yüksek yaz odunu oranı ve yüksek direnç ile ilişkilendirilirken, dağınık traheli (kayın ve kavak gibi) ağaçlarda, yaz odunu kuşağı ayrımının belirgin olmaması nedeniyle net bir ilişki yoktur. Bunlar, genelleştirilmiş ilişkilendirilmiştir.

Mekanik özellikleri etkileyen hücresel karakteristikler, temel özelliklerdir fakat buna dair ilişkiler literatürde nadiren bulunur. Örneğin; Datta & Basu (1983) tarafından *Tectona grandis* için yapılan çalışma, aşağıdaki bulguları ortaya çıkarmıştır: a) her lif üzerinde bulunan geçitlerin sayılarının artması çekme direnci üzerinde bariz bir zayıflama oluşturmuştur; b) hacimsel olarak lif duvarı miktarı ve lif duvarlarının ortalama kalınlığı ise, çekme direnci üzerinde az da olsa etkili olmuştur; c) basınç direnci; genellikle paranzim hücrelerinin miktarı, trahe elemanlarının oluşum şekli ve bunların uzunluğu ile belirlenmiştir (bu perspektifte, kısa trahelerin bulunduğu ağaç malzemenin ezilmeye karşı daha dirençli olduğu görülmüştür); d) eğilme direnci; liflerin sıklığı, yumuşak elemanların dağılışı ve trahelerin oluşum şekliyle ilişkilendirilmiştir.

Brazier (1986)'e göre, hücre çeperi nezdinde ultra yapısal karakteristikler, ahşabın mekanik özelliklerini etkileme bakımından ayrıca çok önemlidir. Örneğin; S2 tabakasının mikrofibril açısı oldukça önemli bir etkiye sahiptir. Genç oduna özgü bir özellik olan büyük açılar, direncin düşmesine neden olurlar.

3.4 Sıcaklık

Genel olarak, sıcaklığın artmasıyla ağaç malzemenin direnci azalır (Comben, 1955; 1964; Rusche, 1973). Söz konusu azalma; ağaç malzemenin rutubet miktarı, sıcaklık derecesi, ısıtma süresi, yüklem biçimi, ağaç türü ve ahşap yapı elemanlarının boyutları gibi faktörlerden etkilenir. Ayrıca, dirençteki bu azalma; (sıcaklığın değişmesine bağlı olarak değişen rutubet miktarı nedeniyle meydana gelen çatlaklar gibi) ağaç malzemenin kusurlarından kaynaklanır. Rutubetin eş zamanlı olarak değişmesi sebebiyle, sıcaklığın (ve ısının) ağaç malzemenin direncine ve diğer özelliklerine etkisini belirlemek zordur.

Sulzberger (1953), Geissen (1976), Bodig & Jayne (1982) tarafından yapılan araştırmalar, sıcaklığın ve rutubetin ahşabın elastikiyet modülünü nasıl etkilediği gösterilmiştir. Buna göre; düşük sıcaklıkların elastikiyet modülünü arttırdığı, oda sıcaklığından (20 °C, 68 °F) daha yüksek sıcaklıkların ise elastikiyet modülünü düşürdüğü görülmüştür. Buna karşın, rutubetin etkisi ise tam tersidir. Öyle ki; yüksek rutubet miktarı düşük sıcaklıklarda elastikiyet modülünü arttıran, yüksek sıcaklıklarda ise düşüren bir etkiye sahiptir. Lif doygunluğu noktası üstünde, düşük sıcaklıklar ayrıca arttırıcı bir etkiye sahiptir. Örneğin; Geissen (1976)'e göre, %119 rutubet miktarında bulunan ladin odununda, 0 ile -20 °C (32 ile -4 °F) arasında elastikiyet modülünün tam doğrusal olarak arttığı tespit edilmiştir. Donmuş ağaç malzemedeki bu artış, hücre lümeninde buz oluşmasıyla sağlanan ilave sertliğe dayandırılır. Sıcaklığın ve rutubetin etkisiyle ilgili olarak, Ganowicz vd. (1980) tarafından gerçekleştirilen araştırmaya göre; sıcaklık artışı, elastikiyet modülünü düşürmüş ve azalma yüksek rutubet miktarında daha fazla olmuştur. Wangaard (1950)'a göre, bu durum; fırında kurutma işleminde önemlidir. Örneğin; ağaç malzemenin rutubet miktarının lif doygunluğu noktası üstünde bulunması koşuluyla, kurutmanın ilk aşaması süresince liflere dik çekme direncindeki azalma, çatlakların ortaya çıkmasında belirgin bir etkiye sahiptir. Bu mahiyette, liflere dik çekme direnci, (oda sıcaklığındaki sayısal değerleriyle karşılaştırıldığında) 1/3 veya 1/2 kadar azalabilir

Isıtma süresi oldukça önemlidir. Ağaç malzeme kısa süre ısıtıldığında, 100 °C (212 °F)'den düşük sıcaklıkların olumsuz bir etkisi görülmez fakat 65 °C (150 °F)'den yüksek sıcaklıkların (ısıtma süresinin uzamasıyla) kalıcı olumsuz etkileri olabilir. Örneğin; 200 °C (400 °F) sıcaklık birkaç dakikada direnci düşürür (Galligan, 1975). FPL (1987), sıcaklığın ve ısıtma süresinin (ahşabın eğilme özelliğine etkisi çerçevesinde) elastikiyet modülünü (MOE) ve [kopma modülü (MOR) mahiyetinde] eğilme direncini azalttığını göstermiştir. Buna göre, sıcaklık ile süre ve eğilme özellikleri arasındaki ilişkilendirmede,

uzun sürenin (mevcut elastikiyet modülü ile eğilme direnci üzerindeki) bozunma etkisinin, ağaç malzemenin kimyasal olarak ayrışmasına bağlı olduğu görülmüştür.

Çeşitli mekanik özellikler, sıcaklık tarafından değişik şekillerde etkilenir (Kollmann, 1960; Rusche, 1973). Özellikle dinamik eğilme (şok) direnci, sıcaklığa çok duyarlıdır; düşük rutubet miktarında azalır ve yüksek rutubet miktarında sıcaklık artışıyla artar (Illston vd., 1979). Su ile doymuş halde bulunan donmuş ağaç malzemenin, statik eğilmedeki eğilme direnci (kopma modülü) değerinin yüksek olduğu fakat oda sıcaklığındaki hava kurusu halde bulunan değeriyle karşılaştırıldığında ise dinamik eğilme (şok) direncinin oldukça düşük olduğu görülmüştür (Kollmann, 1960).

Suyun ısıtılması (buharın ısıtılmasıyla karşılaştırıldığında), direncin azalmasına daha az neden olur ama sıcak hava en az etkilidir (Wangaard, 1950; Stamm, 1964). Boyutsal olarak küçük ağaç malzeme numuneleri büyük olanlara göre daha çok sıcaklıktan etkilenir ve yüksek sıcaklıkların tekrarlı bir şekilde uygulanması bu etkinin daha da artmasına neden olur (Illston vd., 1979).

3.5 Yükleme Süresi

Yükleme süresi, (ahşap yapıların taşıyabileceği yükün büyüklüğü çerçevesinde) ağaç malzemenin direnci üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu sebeple; saniyelik veya birkaç dakikalık yükleme kapsamında yapılan laboratuvar testlerinin sonuçları, sadece kıyaslanabilir bir değeri gösterir ve ancak düzeltme yapıldıktan sonra uygulamada kullanılabilir (Wood, 1960). Bu perspektifte, zamana bağlı olarak malzemelerin özelliklerinin değişimiyle ilgilenen mekanik dalı olan Reoloji (URL 4) kapsamında yükleme (ya da ahşap nezdinde yük(ler)me hasebiyle) bu konuya bakıldığında; zamana göre değişen direncin büyüklüğü, benzer diğer şartlar altında (yüklemenin sürekli veya dönemsel olması durumuna göre) yükleme şekli tarafından etkilenir. Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, sürekli yükleme faaliyeti altında, ağaç malzeme (ve diğer malzemeler) zamanın ilerlemesiyle deformasyonun yavaşça büyüdüğü sünme davranışını sergilerler. Dönemsel yüklemeler ise, yorulmaya neden olurlar. Her iki durumda da, direnç azalır. Pearson (1972); sürekli yüklemenin (kopma modülü kapsamında) eğilme direncini, kısa süreli statik testlerden elde edilen değerlerin %50-75'ine kadar düşürdüğünü göstermiştir. Wangaard (1950) ve Giordano (1971)'ya göre, dönemsel yüklemeler de benzer etkiye sahiptir ama geride kalan direnç (dayanıklılık sınırı) statik değerlerin %25'i kadar düşük olabilir.

Genel olarak, ağaç malzemenin yükleme süresine olan özgül davranışı; (ağaç türü, yoğunluk, rutubet

gibi) ağaç malzemeyle ilişkili ve (yükleme büyüklüğü, yükleme süresi, değişim düzeni gibi) yükleme şartlarıyla ilgili değişik faktörler tarafından etkilenir (Tsoumis, 1991). Silvester (1967)'e göre, ahşapta yorulmaya karşı direnme, yoğunluk ile artarken, sünme ise, rutubet miktarı ve sıcaklık ile artar.

3.6 Malzeme Kusurları

Kusurlar ağaç malzeme direncini düşürür (Kollmann & Cote, 1968; Hoadley, 1980; Bozkurt ve Göker, 1987; Tsoumis, 1991). Bu kusurların etkileme derecesi; çeşit, boyut ve kusurun bulunduğu yer ile yükleme biçimine bağlıdır. Ağaç malzemenin boyutu, ayrıca bir faktördür. Örneğin; yapılarda kullanılmak üzere boyutlandırılmış kusurlu bir kereste, kusursuz halde bulunan ağaç malzemeyle kıyaslandığında, yüksek rutubetten daha az etkilenir. Ayrıca, önemli bir saptama olarak; yapı kerestesinin direnci, mevcut boyutların büyütülmesi halinde azalır. Direnci düşüren en önemli kusurlar; budaklar, lif kıvrıklığı, çatlaklar, (basınç ve çekme odunu olmak üzere) reaksiyon odunudur. Bunlara ilaveten; mantarlar ve böcekler tarafından yapılan tahribat ile ağaç malzemenin bozulmasına sebep olan diğer faktörler, direnç üzerinde ayrıca olumsuz bir etkiye sahiptir.

3.6.1 Budaklar: Budakların, esasen ağaç malzeme üzerinde konuştandıkları bölge itibariyle lif kıvrıklığına ve çatlaklara sebebiyet verdiklerinden dolayı olumsuz etkisi vardır. Çatlaklar; (genellikle basınç ve çekme odunu içeren, ağaç gövdesine göre lif yönü farklı olan ve yüksek yoğunlukta bulunan) budakların genişlemesi ve daralması sırasında (budağın etrafındaki odun lifleri arasında ortaya çıkan farklılıklar nedeniyle) oluşur. Kaynamış (sıkı) budaklar, büyük lif kıvrıklığına ve daha fazla çatlamaya neden olurlar. Düşer (oynak) budaklar, lif kıvrıklığına ilaveten, düşerek ağaç malzeme üzerinde bir delik oluşmasına veya anatomik unsurların budağın konuştandığı yerde kesintiye uğramasına neden olurlar. Kaynamış ve düşer budakların etkisi nispeten benzer veya farklı olabilir (Knigge & Schulz, 1966; Kucera, 1973; Wagenführ & Scheiber, 1974). Bu durum çoğunlukla, aynı şartlar altında, yükleme şekline bağlıdır (örneğin; her iki budak türüne ait aynı etki, liflere paralel çekmede görülmüştür). Genel olarak budakların çapı, budaklarına sayısından daha fazla bir etkiye sahiptir. Direnç üzerinde budakların etkisi, budak(ların) çapı ve ağaç malzemenin genişliği (budak oranı) ilişkisinden (Dinwoodie, 1975; Illston vd., 1979) veya budak alanı oranından (Dawe, 1964; Curry, 1965; Glos & Schulz, 1980) tahmin edilir. Buna göre, çapı ağaç malzeme genişliğinin yarısına kadar olan budaklar, (buldukları yere ve yükleme biçimi

mine bağılı olarak) direnci %50'ye kadar düşürebilirler (Dinwoodie, 1975; Illston vd., 1979). Düşer budakların düşmesi nedeniyle ortaya çıkan deliklerin etkisi ise, aletlerle açılan aynı boyuttaki deliklerin etkisinden farklıdır (Kollmann & Cote, 1968).

Budakların bulunması, (budakların civarında oluşan lif kıvrıklığı sebebiyle) ağaç malzemenin liflere paralel çekme direncini önemli ölçüde düşürür (Dawe, 1964; Curry, 1965; Kunesch & Johnson, 1972; Glos & Schulz, 1980; FPL, 1987). Daha önce bahsedildiği gibi; liflere dik çekme direnci, liflere paralel basınç direncine kıyasla çok düşüktür. Liflere paralel basınç direnci (kaynamış budakların bulunması halinde) biraz düşerken, liflere dik basınç direnci ise artar (Trendelenburg & Mayer-Wegelin, 1955; Knigge & Schulz, 1966). Bu durum, demiryolu traversleri gibi belli kullanım yerlerinde ağaç malzemenin kullanılması halinde bir avantaj sağlar. Ahşabın eğilme direnci (kopma modülü, MOR), budakların konumundan oldukça etkilenir. İki ucundan desteklenen basit kirişlerin alt tarafının ortasına yakın bir yerde bulunan budaklar, yüksek seviyede olumsuz bir etkiye sahiptirler. Budakların ahşap kirişin üst tarafının ortasında olması ve kiriş uçlarına yakın veya iki uç arasında çok küçük olarak bulunması halinde ise, bu olumsuz etki en az seviyeye düşer. Yatay makaslama direnci, budaklardan çok az etkilenir veya hiç etkilenmez (hatta budaklar çatlakların bir satıh boyunca ilerlemesini engellediği için artabilir) (Trendelenburg & Mayer-Wegelin, 1955). Ayrıca, elastikiyet modülü ve sertlik ile birlikte ağaç malzemenin yarılmaya karşı direnci artar (Kollmann, 1951; Kollmann & Cote, 1968; Kunesch & Johnson, 1972). Genel olarak, ahşap numunenin kenarlarında bulunan budaklar (ve diğer kusurlar) ağaç malzemenin içerisinde yer alan aynı boyuttaki budaklar ile karşılaştırıldığında daha fazla olumsuz bir etkiye sahiptirler (Kunesch & Johnson, 1972; Boatright & Garrett, 1979).

3.6.2 Lif Kıvrıklığı: Lif kıvrıklığı etkisi, esasında ağaç malzemenin liflere paralel ve dik dirençleri arasındaki farka bağlıdır. Çünkü, (çekme veya basınç dirençleri göz önüne alındığında) liflere paralel direnç yüksektir. Bu bağlamda, Armstrong (1955)'a göre, açının büyümesi, dirençte daha fazla azalmaya neden olduğu için, direncin yüklenme açısının artması ile azaldığı hususu belirgin şekilde ortadadır. Lif kıvrıklığı kapsamında; Çekme direnci, basınç direncine göre daha çok etkilenirken, eğilme direncindeki azalma ise orta seviyededir (Baumann, 1922; Wangaard, 1950; Silvester, 1967; Kollmann & Cote, 1968). Bir diğer mekanik özellik olarak, elastikiyet modülü de lif kıvrıklığı tarafından azalır ama en büyük etki dinamik eğilme (şok) direncinde görülür (Tsoumis,

1991). Kayın odununda; 5° kıvrıklığın direnci %10 azalttığı, açının 10° olması halinde ise direnci %50'ye kadar azalttığı belirlenmiştir (Kollmann & Cote, 1968). Lif kıvrıklığının yatay makaslama direncine etkisi en düşük düzeydedir ve aslında bu direnç (lif kıvrıklığı nedeniyle) artabilir (Wangaard, 1950).

Lif kıvrıklığına bağlı dirençteki azalma aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir (Kollmann & Cote, 1968; Galligan, 1975; FPL, 1987; Tsoumis, 1991; FPL, 1999):

$$N = (P \times Q) / [(P \times \sin^n \theta) + (Q \times \cos^n \theta)]$$

Burada,

N: lif yönünden sapmış belli bir açı (θ) altındaki direnç

P: liflere paralel direnç ($\theta = 0^\circ$)

Q: liflere dik direnç ($\theta = 90^\circ$)

n: dirençlere bağlı katsayı olup liflere paralel çekme direnci için 1.5–2, liflere paralel basınç direnci için 2–2.5, statik eğilme direnci ve dinamik eğilme (şok) direnci için 1.5–2, elastikiyet modülü için 2 alınabilir.

3.6.3 Çatlaklar: Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, çatlakların etkisi; çatlakların boyu ile yönüne ve yüklenme şeklinde bağlıdır. Liflere paralel çekme direnci çatlaklardan hiç etkilenmez veya çekmeye yönelik tesir eden kuvvetler sebebiyle aynı yönde bulunan çatlaklardan oldukça az etkilenir. Oysa, liflere dik çekme direnci (çatlaklar yüzünden) önemli miktarda azalır. Basınç direncinde çatlakların etkisi küçüktür (liflere paralel basınçla kıyaslandığında, liflere dik basınçta daha küçüktür) fakat çatlaklara bağlı olarak yatay makaslama direncinin azalması oldukça önemlidir. Kirişlerin yüklenmesinde; çatlakların yatay makaslama gerilmelerinin en fazla olduğu eksensel düzleme yakın olması halinde, etkinin arttığı bir gerçektir. Yarılmaya karşı direnç, çatlakların mevcut olması halinde önemli ölçüde azalır. Çatlaklar, genellikle lif kıvrıklığı ve budaklar ile birlikte görülür.

3.6.4 Reaksiyon Odunu (Basınç odunu, Çekme Odunu): Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı üzere, reaksiyon odunu; dikili haldeki ağaçta (rüzgar, kar ve toprak kayması gibi çevresel etmenlerin etkisiyle) meydana gelen eğilmeye bağlı mekanik gerilmelerle gerçekleşen olağandışı bir büyüme kusurudur. Reaksiyon odunu; basınç odunu (iğne yapraklılarda) ve çekme odunu (geniş yapraklılarda) terimleriyle ifade edilir ve ağaç malzemenin statik eğilme direnci ile dinamik eğilme (şok) direncini (özellikle, çekmede gerilen tarafta bulunması halinde) oldukça düşürür.

Basınç odununun veya çekme odununun bulunması, ağaç malzemenin direncini bazen olumlu bazen de olumsuz etkilerken, belli durumlarda ise önemli bir farklılığa sebebiyet vermemektedir (Wangaard, 1950; Perem, 1960; Cockrell & Knudson, 1973; Kucera, 1973;). Direnç; yükleme şekli ile ağaç türü ve mevcut basınç odunu veya çekme odunu derecesinden etkilenir (Perem, 1960; Kucera, 1973). Basınç odunu; düşük elastikiyet modülü, düşük statik eğilme direnci ve düşük dinamik eğilme (şok) direnci özelliklerine sahiptir (Wangaard, 1950). Çekme odunu ise, (kayında) oldukça düşük liflere paralel basınç direncine sahip iken, yüksek liflere paralel çekme direnci ile yüksek dinamik eğilme (şok) direncine sahiptir (Clarke, 1937). Tsoumis (1991) tarafından açıklandığı gibi, normal yetişen ağaçlar için öngörülen direnç ile yoğunluk ve rutubet ilişkisi, aynı ağaç türü olsa dahi basınç veya çekme odunu için tatbik edilemez. Genel olarak, bu olağandışı odun yapısı, direnç üzerinde olumsuz bir etki olarak değerlendirilir, çünkü çatlamalara veya yüksek düzeydeki liflere paralel daralma sebebiyle rutubet miktarının değişmesi ile ağaç malzemedeki çarpılma gibi şekil değişmesine neden olur. Bundan dolayı, reaksiyon odunu bulunan ağaç malzemenin, mukavemet gerektiren (muhtelif yüklemelere maruz kalacak) ahşap yapılarda kullanılmasından özellikle kaçınılmalıdır. Ahşap merdiven, kibrit vb gibi kullanımlarda, bazen ağaç malzemedeki görülen ani kırılmalar, (lif kıvrıklığı veya malzeme kusurlarının bütünsel bir etkisiyle meydana geldiği gibi) basınç odunu veya çekme odunu yüzünden gerçekleşir. Bu bağlamda; kırılma şekli itibarıyla basınç odunu, bir tarak biçiminde kırılır.

Kucera (1973)'ya göre, diğer olağandışı büyüme kusurları, örneğin öze yakın genç odunu (özün kendisi de dahil olmak üzere), ağaç malzemenin direncini düşürür.

3.6.5 Çürüme ve Diğer Biyolojik Bozulmalar: Ağaç malzemenin mantar ve böcekler tarafından saldırıya uğraması ve deniz oyucuları tarafından tahrip edilmesi, ahşabın direncini en aza düşürür fakat başlangıç aşamasındaki saldırı ayrıca olumsuz etkilere sahiptir (Tsoumis, 1991). Özellikle dinamik eğilme (şok) direnci, başlangıç çürüklüğü ile düşer. Ökseotu (Mistletoe: *Viscum album* L.) gibi bitki parazitleri (URL 5), ayrıca direnci düşürür. Bu açıklamalara istinaden, direncin önemli olduğu yerlerde, (biyolojik zararlılar tarafından) herhangi bir şekilde zarar görmüş ağaç malzemenin kullanılmasından kaçınılmalıdır.

4 Sonuç

Geçmişten günümüze (doğrudan veya dolaylı şekilde) insanlığın hizmetinde bulunan en eski doğal malzemelerden biri olan ahşap, doğası gereği sahip olduğu anatomik

yapısı, kimyasal bileşimi, fiziksel ve mekanik özellikleri sayesinde, vazgeçilmez bir tutku ile kullanılmıştır. Ahşap bu özgül içselliğiyle, hem günlük hayatın gereksinimlerini karşılayan hem de organik yaşam tarzını pekiştiren bir malzemedir. Öyle ki, ahşap bu özelliklerine atfen, farklı kültüre sahip toplumlar arasında ve/veya aynı kültürün farklı kuşakları arasında bir eşya olarak veya bir araç-gereç olarak veyahut bir uygulama olarak kültürlerarasında iletişimi sağlamış ve kültürlerarasında etkileşimi gerçekleştirmiştir. Ahşabın kültürlerarası etkileşimi sağlayan seçkin bir doğal malzeme oluşu, yadsın(a)maz bir gerçeklik olarak ortadadır. Ahşabın bir nesilden/kuşaktan diğerine veya bir toplumdaki diğerine bir kültür aktarımı yapmasındaki önemli unsurlardan biri, onun (kendine has) mekanik özellikleridir. Bu çerçevede, bir ağaç malzeme olan ahşabın mekanik özellikleri: elastikiyet modülü, (kopma modülü olarak) eğilme direnci, dinamik eğilme (şok) direnci, çekme direnci, basınç direnci, makaslama direnci, yarıma direnci, çivi ve vida tutma gücü/kabiliyeti, sertlik, aşınma direnci, burulma direnci biçiminde değişik adlandırmalar altında konuşulabilir

Anizotrop bir malzeme olan ahşabın mekanik özellikleri, liflere paralel (boyuna yönde) ve liflere dik [yıllık halka çevrimi yönünde] teğet yönde ve [öz ışını doğrultusunda] radyal yönde farklıdır. Bir ağaç malzeme olan ahşabın dış kuvvetlerin etkilerine karşı koyabilme gücü olan direnç veya mukavemet, yükleme yapan kuvvet(ler)in tesirinde kalan ahşap numunenin kesit şekli ile yüzey boyutu ve ağaç malzemenin tepkisel gerilme özelliği dahilinde, ahşaba etki eden kuvvet(ler)in büyüklüğüne, yüklemenin yönü ile lif doğrultusu arasındaki açıya ve yükleme süresine bağlıdır. Öte yandan, ağaç malzemenin dış kuvvetlerden etkilenme derecesi; 1) ahşabın elde edildiği ağacın yetişme bölgesi koşullarına ve mikroklima özelliklerine [ağacın yetiştiği; a) iklime, b) sıcaklığa, c) nem miktarına, d) yetişme muhiti toprak yapısına], 2) ahşabın elde edildiği ağaç türüne [halihazırdaki ahşabın; a) anatomik yapısına, b) yoğunluğuna (özgül ağırlığına), c) mevcut rutubet miktarına, d) normal ya da reaksiyon odunu oluşuna, e) malzeme içselliği itibarıyla çürük veya sağlam oluşuna ve teknolojik kusurlarının bulunup bulunmamasına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Ahşabın mekanik özellikleri, günlük hayatın pek çok alanında önemli olup mekanik özelliklerinin belirlenmesi öngörülen bir ağaç malzemenin seçiminde; ahşabın normal büyüme göstermiş (reaksiyon odunu bulunmayan, düzgün lifli) ağaçlardan alınması, taslak kerestenin kusursuz (budaksız, çatlaksız, çürümemiş ve mantar tahribatı ile böcek zararlarına uğramamış halde) sağlam olması, gerçekleştirilecek olan testler öncesindeki temel kriterdir.

Kaynakça

- ACI: American Concrete Institute, (1985). Manual of concrete practice, Part 1: Materials, and general properties of concrete. ACI Publication, Farmington Hills.
- Armstrong, F.H. (1955). The strength properties of timber. Forest Products Research Bulletin: 34, HMSO (Her Majesty's Stationery Office), London.
- ASTM D143 (2014). Standard test methods for small clear specimens of timber. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken.
- Baumann, R.W. (1922). Die bisherigen Ergebnisse der Holzprüfungen in der Materialprüfungsanstalt an der Technischen hochschule Stuttgart. Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 231.
- Baumeister, T. (1967). Standars handbook for mechanical engineers. McGraw Hill, New York.
- Berkel, A. (1970). Ağaç malzeme teknolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No:1448/147, İstanbul.
- Boatright, S.W.J., G.G. Garrett. (1979). The effect of knots on the fracture strength of wood. Holzforschung, 33: 68-77.
- Bodig, J., B.A. Jayne. (1982). Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Bolz, R.E., G.L.Tune. (1970). Handbook of tables for applied engineering science. Chemical Rubber Co., Cleveland.
- Bolza, E., W.G. Keating. (1972). African Timbers: The Properties, Uses and Characteristics of 700 Species. Division of Building Research, CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), Melbourne.
- Bozkurt, A.Y. (1986). Ağaç teknolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3403/380, İstanbul.
- Bozkurt, A.Y., Göker, Y. (1987). Fiziksel ve mekanik ağaç teknolojisi. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3445/388, İstanbul.
- Brazier, J. (1986). Growth features and structural wood performance. Proceedings: 18th IUFRO (International Union of Forest Research Organisation) World Forestry Congress, Divison 5: 37-49.
- Brown, H.P., A.J. Panshin, C.C. Forsaith. (1952). Textbook of wood technology (II). McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Clarke, S.H. (1937). The distribution, structure and properties of tension wood in beech (*Fagus sylvatica* L.). Forestry, 11: 85-91.
- Cockrell, R.A., R.M. Knudson. (1973). A comparison of static bending, compression and tension parallel to grain and toughness properties of compression wood and normal wood of a Giant Sequoia. Wood Science and Technology, 7 (4): 241-250.
- Comben, A.J. (1955). The effect of high temperature kiln-drying on the strength properties of timber. Wood, 20: 311-313.
- Comben, A.J. (1964). The effect of low temperatures on the strength and elastic properties of timber. Journal of the Institute of Wood Science, 13: 44-55.
- Curry, W.T. (1965). Progress in stres-grading of boards. Timber Trades Journal, 254: 11.
- Dams, K. (1968). Afrikanische Exporthölzer. DRW-Verlag, Stuttgart.
- Datta, P.C., B. Basu. (1983). Strength elements of wood structure and their biochemical control. IAWA (International Association of Wood Anatomists) Bulletin, 4 (1): 5-6.
- Dawe, P.S. (1964). The effect of knots on the tensile strength of European redwood. Wood, 29 (1): 49-51.
- Dinwoodie, J.M. (1975). Timber: A review of the structure-mechanical property relationship. *Journal of Microscopy*, 104 (1): 3-32.
- Farmer, R.H. (1972). Handbook of hardwoods. HMSO (Her Majesty's Stationery Office), London.
- Fellers, W.O. (1990). Materials science, testing and properties for technicians. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Filipovici, J. (1965). Studiul Lemnului: II. Editura didactica si pedagogica Bucuresti.
- FPL: Forest Products Laboratory. (1987). Wood handbook: 72. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Madison.
- FPL: Forest Products Laboratory. (1999). Wood handbook: (Wood as an engineering material). Centennial Edition, General Technical Report FPL-GTR-190, U.S. Department of Agriculture, Forest service, Madison,
- Galligan, W.L. (1975). Mechanical properties of wood. In: Wood structures, 32-54, American Society of Civil Engineering, New York.
- Ganowicz, R., R. Guzenda, R. Plenzler. (1980). Einfluss der Temperatur auf den Elastizitätsmodul parallel zur Faserrichtung des Holzes. Holztechnologie, 21 (1): 5-8.
- Geissen, A. (1976). The effect of temperature and moisture content on the elastic and strength properties of wood in the freezing range. PhD Dissertation, University of Hamburg.
- Giordano, G. (1971). Tecnologia del Legno (1). Unione Tipografico-Editrice, Torino.
- Glos, P., H. Schulz. (1980). Stand und Aussichten

der maschinellen Schnittholzsortierung. Holz als Roh- und Werkstoff, 38: 409-417.

• Hoadley, R.B. (2000). Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology. Taunton Press, Revised edition, New York.

• IHD: Ingenieurschule für Holztechnik, Dresden. (1965). Taschenbuch der Holztechnologie. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.

• Illston, J.M., J.M. Dinwoodie, A.A. Smith. (1979). Concrete, Timber and Metals. Van Nostrand Reinhold, New York.

• ISO 3129 (2012). Wood: Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 9087 (1998). Wood: Determination of nail and screw holding power under axial load application. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-1 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-2 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-3 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 3: Determination of ultimate strength in static bending. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-4 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 4: Determination of modulus of elasticity in static bending. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-6 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 6: Determination of ultimate tensile stress parallel to grain. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 13061-7 (2014). Physical and mechanical properties of wood: Test methods for small clear wood specimens. Part 7: Determination of ultimate tensile stress perpendicular to grain. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 3132 (1975). Wood: Testing in compression perpendicular to grain. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 3347 (1976). Wood: Determination of ultimate shearing stress parallel to grain. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 3348 (1975). Wood: Determination of impact bending strength. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 3350 (1975). Wood: Determination of static hardness. International Organization for Standardization, Geneva.

• ISO 3351 (1975). Wood: Determination of resistance to impact indentation. International Organization for Standardization, Geneva.

• Junival, R.C. (1967). Stress-Strain-Strength. McGraw Hill, New York.

• Knigge, W. and H. Schulz. (1966). Grundriss der Forstbenutzung. P. Parey, Hamburg.

• Kollmann, F. (1951). Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Springer Verlag, Berlin.

• Kollmann, F. (1960). Die Abhängigkeit der elastischen Eigenschaften von Holz von der Temperatur. Holz als Roh- und Werkstoff, 18 (8): 308-314

• Kollmann, F.F.P, Cote, W.A. (1968). Principles of wood science and technology (I). Solid Wood. Springer-Verlag, Berlin.

• Krpan, J. (1954). Untersuchungen über den Fasersättigungspunkt des Buchen-, Eichen-, Tannen- und Fichtenholzes. Holz als Roh- und Werkstoff, 12 (3): 84-91.

• Kucera, L. (1973). Holzfehler und ihr Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften der Fichte und Kiefer. Holztechnologie, 14 (1): 8-17.

• Kucera, L., M. Bariska. (1982). On the fracture morphology of wood (I). Wood Science and Technology, 16: 241-259.

• Kucera, L., M. Bariska. (1985). On the fracture morphology of wood (II). Wood Science and Technology, 19: 19-34.

• Kunes, R.H., J.W. Johnson. (1972). Effect of single knots on tensile strength of 2-by 8 inch Douglas-fir dimension lumber. Forest Products Journal, 22 (1): 32-36.

• Lawers, G.M. (1969). The strength properties of timbers. Forest Products Research Bulletin: 50, HMSO (Her Majesty's Stationery Office), London.

• Örs, Y., Keskin, H. (2001). Ağaç malzeme bilgisi. KOSGEB Yayınları, Ankara.

• Pearson, R.G. (1972). The effect of duration of load on the bending strength of wood. Holzforschung, 26 (4): 153-158.

• Pearson, R.G., R.C. Gilmore. (1980). Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine.

Forest Products Journal, 30 (5): 47-54.

• Pecina, H. (1981). Eigenschaftsänderungen durch chemische Einflussnahme auf die Grundbestandteile des Holzes. Holztechnologie, 22 (1): 45-51.

• Perem, E. (1960). The effect of compression wood on the mechanical properties of white spruce and red pine. Forest Products Laboratory of Canada, Technical Note: 13.

• Rusche, H. (1973). Festigkeitseigenschaften von trockenem Holz nach thermischer Behandlung. Holz als Roh- und Werkstoff, 31 (7): 273-281.

• Silvester, D. (1967). Timber: Its mechanical properties and factors affecting its structural use. Harper and Row, New York.

• Singer, F.L., A. Pytel. (1980). Strength of materials. 3rd edition. Harper and Row. New York.

• Stamm, A.J. (1964). Wood and cellulose science. The Ronald Press, New York.

• Sulzberger, P.H. (1953). The effect of temperature on the strength of wood. Aeronautical Research and Construction Committee Report, ACA-46, Melbourne.

• Sunley, J.G. (1968). Grade Stresses for Structural Timbers. Forest Products Research Bulletin: 47, HMSO (Her Majesty's Stationery Office), London.

• Tiemann, D.H. (1947). Wood Technology. Pitmann, New York.

• Trendelenburg, R., H. Mayer-Wegelin. (1955). Das Holz als Rohstoff. Hanser Verlag, München.

• TS 2470 (1976). Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için numune alma metodları ve genel özellikler. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2471 (1976). Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için rutubet miktarı tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2472 (1976). Odunda fiziksel ve mekaniksel deneyler için birim hacim ağırlığı tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2473 (1976). Odunun liflere dik doğrultuda basınçta denenmesi. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2474 (1976). Odunun statik eğilme dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2475 (1976). Odunda liflere paralel doğrultuda çekme gerilmesinin tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2476 (1976). Odunun liflere dik doğrultuda çekme gerilmesinin tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2477 (1976). Odunun çarpmada eğilme dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2478 (1976). Odunun statik eğilmede elastikiyet

modülünün tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2479 (1976). Odunun statik sertliğinin tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 2480 (1976). Odunun çarpmada oyulmaya karşı dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 3459 (2012). Odunda liflere paralel doğrultuda makaslama dayanımının tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 6094 (1988). Odun: Çivi sökme mukavemetinin tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS 7613 (1989). Odun: Yarıлма mukavemetinin tayini. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• TS EN 1382 (2003). Ahşap yapılar; Deney metodları: Ahşap bağlayıcılarının geri çıkma kapasiteleri. Türk Standardları Enstitüsü, Ankara.

• Tsoumis, G.T. (1991). Science and technology of wood: structure, properties, utilisation. Van Nostrand Reinhold, New York.

• URL 1: <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mekanik> (Erişim Tarihi: 09.08.2010).

• URL 2: https://tr.wikipedia.org/wiki/Hooke_yasası (Erişim Tarihi: 21.12.2012).

• URL 3: https://en.wikipedia.org/wiki/Young's_modulus (Erişim Tarihi: 21.12.2012).

• URL 4: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rheology> (Erişim Tarihi: 09.08.2010).

• URL 5: https://tr.wikipedia.org/wiki/okse_otu (Erişim Tarihi: 10.08.2010).

• Usta, İ. (2013). Kültürlerarası etkileşimde ahşabın önemi ders notu. Hacettepe Üniversitesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği, Ankara.

• Vorreiter, L. (1949). Holztechnologisches Handbuch (I). Verlag G. Fromme & Co., Wien.

• Wagenführ, R., C. Scheiber. (1974). Holzatlas. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.

• Wangaard, F.F. (1950). The Mechanical Properties of Wood. John Wiley & Sons, New York.

• Wood, L.W. (1960). Relation of strength of wood to duration of load. U.S. Forest Products Laboratory Report: 1916.



Yapım İşleri Genel Şartnamesine Göre Sözleşmede Bulunmayan İşlerin Fiyat Tespiti ile Revize Birim Fiyat İlişkisi

Dr. Murat ANBARCI
İnşaat Yüksek Mühendisi

Arş. Gör. Osman Hürol TÜRKAKIN
İstanbul Üniversitesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Burak ÖZ
Bülent Ecevit Üniversitesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Özet

Ülkemizde 5/1/2002 tarihli ve 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununa göre sözleşmeye bağlanan yapım işlerinin yürütülmesinde uygulanacak genel esasları belirlemek amacıyla hazırlanan "Yapım İşleri Genel Şartnamesi" nin beşinci bölümünün "İşin Yürütülmesi" başlıklı, "Sözleşmede bulunmayan işlerin fiyatının tespiti" alt başlıklı 22.maddesine göre, sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işlerin bedelleri, idare ve yüklenici ile birlikte tespit edilen yeni birim fiyatlar üzerinden yükleniciye ödenir. Kamu İhale Genel Tebliği 52.madde "Yapım işlerinde iş kalemi miktarının değişmesi" Yapım işlerine ait tip sözleşmenin (teklif birim fiyat sözleşmelerde) 28.maddesi "Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti" başlıklı 28.2. başlıklı "İş kalemi miktarının değişmesi", "28.2.1. Sözleşme eki birim fiyat teklif cetvelinde yer alan her hangi bir iş kaleminin miktarında, işin devamı sırasında %20'yi aşan artışın meydana gelmesi ve toplam artışın aynı zamanda sözleşme bedelinin yüzde 1'ini geçmesi halinde, artışın sözleşme bedeli içindeki payı nispetinde ilgili iş kalemine ait birim fiyat aşağıda gösterildiği şekilde revize edilir ve bu iş kaleminin yüzde yirmi artışı aşan kısmına revize birim fiyat üzerinden ödeme yapılır." alt başlığında revize birim fiyat hesabının nasıl yapılması gerektiği bir formül ile açıkça belirlenmiştir. Uygulamada yeni birim fiyatı

tespit edilen iş kalemleri için hakediş raporlarında revize birim fiyat hesaplanmalı mı? Bu çalışmada bu soruya yanıt aramak adına Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu karar ve görüşleri irdelenmiş, ilgili yönetmelik tetkik edilerek öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İnşaat Yönetimi, Yeni Birim Fiyat, Yapım İşleri Genel Şartnamesi, Revize Birim Fiyat

Giriş

Yapım işleri genel şartnamesi 5/1/2002 tarihli ve 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununa göre sözleşmeye bağlanan yapım işlerinin yürütülmesinde uygulanacak genel esasları belirlemek amacıyla hazırlanmıştır. İlgili şartnamenin 22. Maddesi sözleşmede bulunmayan işlerin fiyatının nasıl tespit edileceğini belirtmektedir. Bu maddeye göre özetle yeni işlerin fiyatı bir sıralamaya uyularak tespit edilerek müteahhit ve idare tarafından oluşturulan bir tutanak ile kararlaştırılır. Müteahhit ve İdare yeni birim fiyat tespitinde ihtilafa düşerse anlaşmazlık tutanağı düzenlenerek T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığı'na başvuruda bulunulur. Ancak müteahhit, fiyat ihtilafı hakkında Yüksek Fen Kurul kararını beklemeden İdare tarafından tespit edilmiş fiyat üzerinden işe devam etmek zorundadır.

Yüksek Fen Kurulu 2005-2015 yılları arasında aldıkları karar ve görüşlerini içeren 2015 yılında bir kitap yayınlamıştır. İlgili kitapta 98 adet kurul kararı ve görüşü yer almaktadır. Yayımlanan bu kurul kararları içerisinde 18 adedi yeni birim fiyat tespitinde yaşanan ihtilaflar hakkında karar ve görüşleri içermektedir. İncelenen kurul karar ve görüşlerinde yeni iş kaleminin fiyatındaki ihtilaflar için görüş bildirilmiş, yeni iş kaleminin miktarı için herhangi bir görüş ayrılığına düşülmediği için hali ile kurul bu konuda bir yorum getirmemiştir.

Kamu İhale Genel Tebliği 52.madde "Yapım işlerinde iş kalemi miktarının değişmesi" teklif birim fiyatlı yapım işlerine ait tip sözleşmenin 28.maddesi "Sözleşmede bulunmayan işlere ait birim fiyat tespiti" başlıklı 28.2. başlıklı "İş kalemi miktarının değişmesi", "28.2.1. Sözleşme eki birim fiyat teklif cetvelinde yer alan her hangi bir iş kaleminin miktarında, işin devamı sırasında %20'yi aşan artışın meydana gelmesi ve toplam artışın aynı zamanda sözleşme bedelinin yüzde 1'ini geçmesi halinde, artışın sözleşme bedeli içindeki payı nispetinde ilgili iş kalemine ait birim fiyat aşağıda gösterildiği şekilde revize edilir ve bu iş kaleminin yüzde yirmi artışı aşan kısmına revize birim fiyat üzerinden ödeme yapılır." alt başlığında revize birim fiyat hesabının nasıl yapılması gerektiği bir formül ile açıkça belirlenmiştir. Revize birim fiyat formülü aşağıdadır;

$$R = Fx [1 - (A \times F) / S]$$

Formülde belirtilen sembollerin açıklamaları aşağıdaki gibidir;

S= Sözleşme bedeli (TL),

F= İş kaleminin sözleşme birim fiyatı (TL/...),

A= İş kaleminde meydana gelen toplam artış miktarı (adet, mt, m² vb.),

R= Revize birim fiyat (TL/...)

Örnek olarak; 1.000.000.-TL sözleşme bedeli üzerinden ihale edilen bir yapım işinde iş kalemi miktarının değişmesi sonucundaki revize fiyatın hesabı;

S (Sözleşme bedeli): 1.000.000.-TL

F (İş kaleminin sözleşme birim fiyatı): 500 TL/m³

A1 (İş kaleminin sözleşmedeki miktarı): 100 m³

A2 (İş kaleminin uygulamadaki miktarı): 150 m³

A (İş kalemindeki toplam artış miktarı): 150-100 = 50 m³

İş kalemindeki toplam artış yüzdesi: (150-100)/100 x 100 = %50 > %20

İş kalemindeki toplam artış tutarı: 50 x 500 = 25.000 TL

Sözleşme bedeline göre artış yüzdesi: (25.000/1.000.000) x 100 = %2,5 > %1

Revize birim fiyat: 500x[1-(50x500)/1.000.000] = 487,50 TL/m³

Sözleşmede bulunmayan işlerin fiyatının tespit edilebilmesi için aşağıdaki şartların sağlanması hususu Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22.maddesinden çıkarılmıştır;

• Yapım İşleri Genel Şartnamesi 12.madde 4.fıkrasında (İdare, sözleşme konusu işlerle ilgili proje v.b. teknik belgelerde, değişiklik yapılmaksızın işin tamamlanmasının fiilen imkansız olduğu hallerde, işin sözleşmede belirtilen niteliğine uygun bir şekilde tamamlanmasını sağlayacak şekilde gerekli değişiklikleri yapmaya yetkilidir. Yüklenici, işlerin devamı sırasında gerekli görülecek bu değişikliklere uygun olarak işe devam etmek zorundadır. Proje değişiklikleri, ilk projeye göre hazırlanmış malzemenin terk edilmesini veya değiştirilmesini veya başka yerde kullanılmasını gerektirirse, bu yüzden doğacak fazla işçilik ve giderleri idare yükleniciye öder. Proje değişiklikleri işin süresini etkileyecek nitelikte ise yüklenicinin bu husustaki süre talebi de idare tarafından dikkate alınır.) belirtilen proje değişikliği şartlarının gerçekleştiği haller,

• İşin yürütülmesi aşamasında idarenin gerekli görebilmesini istediği ve ihale dokümanında ve/veya teklif kapsamında fiyatı verilmiş yeni iş kalemlerinin ve/veya iş gruplarının bedelleri ile 21 inci maddeye (Sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işler, iş eksilişi ve işin tasfiyesi) göre sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işlerin bedellerinin tespiti. İdare ve Müteahhit birim fiyat teklif cetvelinde yer almayan yeni iş kaleminin fiyatının tespitinde Yapım İşleri Genel Şartnamesi 22.maddesi 2.fıkrasında yer alan aşağıdaki sıralamaya uyularak oluşturulan analizlerden biri kullanılır;

a) Yüklenicinin birim fiyatlarının/teklifinin tespitinde kullanarak teklifi ekinde idareye sunduğu

ve yeni iş kalemi/grubu ile benzerlik gösteren iş kalemlerine/gruplarına ait analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.

b) İdarede veya diğer idarelerde mevcut olan ve yeni iş kalemine/grubuna benzerlik gösteren analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.

c) İhaleyi yapan idarenin daha önce gerçekleştirdiği ve ihale konusu işe benzer nitelikteki yapım işlerinin sözleşmelerinde ortaya çıkan iş kalemleri/gruplarına ait maliyet analizleriyle kıyaslanarak bulunacak analizler.

ç) Yeni iş kaleminin/grubunun yapılması sırasında tutulacak puantajla tespit edilecek malzeme miktarları, işçi ve makinelerin çalışma saatleri ile diğer tüm girdiler esas alınarak oluşturulacak analizler.

Yapım İşleri Genel Şartnamesi madde 22, yeni işlerin fiyatlarının nasıl belirleneceği açıkça belirtilmiştir. Uygulamada yeni iş kaleminin tutarı tespit edilen yeni birim fiyat ile uygulama miktarının çarpılması sonucu hakediş raporlarındaki yapılan işler listesinde (çarşaf) eklenerek ödemesi yapılır. Hakediş raporunun eklerinden birisi de revize birim fiyat hesap sayfasıdır. Bu aşamada uygulamada şu soru akla gelmektedir. Yeni birim fiyatı belirlenen iş kalemine revize birim fiyat hesabı yapılmalı mıdır?

Bir iş kalemine revize birim fiyat hesabı yapılabilmesi için yukarıda verilen formülden de görüldüğü üzere iş kaleminde meydana gelen toplam artış miktarının hesaplanabilmesi için iş kaleminin bir sözleşme miktarının bulunması gerekmektedir. Uygulamada yeni birim fiyat tespit tutanağında iş kaleminin sadece Müteahhit ve İdare tarafından anlaşma altına alınan birim fiyatı yer almaktadır.

Uygulamada özellikle İdareler yapım işlerinde benzer iş grupları listesinde yer alan V.grup Karayolu İşleri (Altyapı+Üstyapı) 3.bölüm cadde ve sokak yapım işlerini açık ihale usulü ihale ederek teklif birim fiyatlı sözleşmeler hazırlamaktadırlar. Teklif birim fiyatlı işlerde teklif mektubunun ekinde yer alan birim fiyat teklif cetvelinde her bir

iş kaleminin miktarı yer almaktadır.

Yeni birim fiyat tespit tutanağında miktarı belirtilmeyen iş kaleminden müteahhit sözleşme bedelinin % kaçına kadar yapabilir? Birim fiyat teklif cetvelinde yer alan iş kalemlerine revize birim fiyat hesabı uygulanabilmesi için iki şart bulunmaktadır. Birincisi iş kaleminin sözleşme miktarında %20'yi aşan artışın meydana gelmesi ve ikincisi toplam artışın aynı zamanda sözleşme bedelinin yüzde 1'ini geçmesi.

Yapım İşleri Genel Şartnamesi 22.maddesi Tetkiki ve Öneriler

Yapım İşleri Genel Şartnamesi 22.maddesi: Sözleşmede bulunmayan işlerin fiyatının tespiti

Başlık Tetkiki: 22.maddenin başlığı sadece fiyat ile ilgilidir. Miktar tespitinin de ele alınmasının doğru olduğu kanaatindeyiz.

Başlık Önerisi: Sözleşmede bulunmayan işlerin fiyat ve miktar tespiti

(1) 12 üncü maddenin 4 üncü fıkrasında belirtilen proje değişikliği şartlarının gerçekleştiği hallerde, işin yürütülmesi aşamasında idarenin gerekli görerek yapılmasını istediği ve ihale dokümanında ve/veya teklif kapsamında fiyatı verilmemiş yeni iş kalemlerinin ve/veya iş gruplarının bedelleri ile 21 inci maddeye göre sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işlerin bedelleri, ikinci fıkrada belirtilen usuller çerçevesinde yüklenici ile birlikte tespit edilen yeni birim fiyatlar üzerinden yükleniciye ödenir.

Tetkik (1) Bu fıkrada sadece fiyat tespitinden söz edilmiştir. Esas işin ihale konusu iş kalemlerinin yapılmasını önleyici ve ihale sürecinde sağlanan rekabete proje uygulama aşamasında zarar vermemek adına miktar tespitinin de yapılması kanaatindeyiz. Ayrıca esas işin ihale konusunun değişmesini önlemek adına yeni birim fiyatı belirlecek iş kalemi/kalemlerinin toplam tutarının (miktar(x)birim fiyat) sözleşme bedelinin %20'sini aşmayacak şekilde olmasına dikkat edilmesi gerektiği düşüncesindeyiz.

Öneri (1) 12 üncü maddenin 4 üncü fıkrasında belirtilen proje değişikliği şartlarının gerçekleştiği hallerde, işin yürütülmesi aşamasında idarenin gerekli görerek yapılmasını istediği ve ihale dokümanında ve/veya teklif kapsamında fiyatı verilmemiş yeni iş kalemlerinin ve/veya iş gruplarının bedelleri ile 21 inci maddeye göre sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işlerin bedelleri, ikinci fıkrada belirtilen usuller çerçevesinde Müteahhit ile birlikte tespit edilen yeni birim fiyatlar ve miktarlar üzerinden yükleniciye ödenir. Yeni birim fiyatı belirlenecek iş kalemi/ kalemlerinin toplam tutarı sözleşme bedelinin %20'sini aşmamalıdır.

(2) Yeni fiyatın tespitinde iş kalemi veya iş grubunun niteliğine göre aşağıdaki sıralamaya uyularak oluşturulan analizlerden biri kullanılır:

Tetkik (1) Bir sıralamaya uyularak yeni fiyat tespitinin yapılması kamu yararı için daha uygun fiyata yapılabilecek diğer yöntemlere ulaşılmamasını önlediği kanaatindeyiz.

Öneri (1) Yeni fiyatın tespiti iş kaleminin malzeme, makine, işçilik ve nakliye bedelleri açıkça belirtilecek şekilde işin tarifini de içeren analiz şeklinde yapılmalıdır. Yeni birim fiyatı tespit edilecek iş kalemi veya iş grubunun niteliğine göre aşağıdaki yöntemlerden herhangi biri kamu yararı göz önünde bulundurularak İdare tarafından seçilir;

a) Yüklenicinin birim fiyatlarının/teklifinin tespitinde kullanarak teklifi ekinde idareye sunduğu ve yeni iş kalemi/grubu ile benzerlik gösteren iş kalemlerine/gruplarına ait analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.

Tetkik (1) Açık ihalesi yapılan ve teklif birim fiyatlı sözleşmelerde birim fiyat teklif mektubunun ekinde birim fiyat teklif cetveli yer almaktadır. Birim fiyat teklif cetvelinde de İdare tarafından hazırlanan ihtiyaç listesinde yer alan iş kalemi no, iş kalemi açıklaması, birimi, miktarı, teklif bedeli ile tutar yer almaktadır. Teklif cetveli ekinde İdare'ye sunulan analiz bulunmamaktadır. Analizlerin olmaması yeni iş kalemi analizi için kıyas imkanı sunmamaktadır.

Öneri (1) Müteahhittin teklif mektubu eki olan birim fiyat teklif cetvelinde İdareye sunduğu yeni birim fiyatı belirlenecek olan iş kalemi ile benzerlik gösteren iş kalemlerinin birim fiyatları ve miktarları ile kıyaslamak

b) İdarede veya diğer idarelerde mevcut olan ve yeni iş kalemine/grubuna benzerlik gösteren analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler (Bu madde için önerimiz bulunmamaktadır.).

c) İhaleyi yapan idarenin daha önce gerçekleştirdiği ve ihale konusu işe benzer nitelikteki yapım işlerinin sözleşmelerinde ortaya çıkan iş kalemleri/gruplarına ait maliyet analizleriyle kıyaslanarak bulunacak analizler (Bu madde için önerimiz bulunmamaktadır.).

ç) Yeni iş kaleminin/grubunun yapılması sırasında tutulacak puantajla tespit edilecek malzeme miktarları, işçi ve makinelerin çalışma saatleri ile diğer tüm girdiler esas alınarak oluşturulacak analizler.

Tetkik (1) Yeni birim fiyat tespiti için en gerçekçi yöntemin bu madde olduğu kanaatindeyiz.

(3) İş kalemi veya iş grubunun niteliğine uygun olarak yukarıdaki analizlere, kaynakların verimli kullanılması gözetilerek aşağıdaki rayiçlerden biri, birkaçı veya tamamı uygulanabilir:

Öneri (1) Yeni birim fiyatın belirlenmesi için hazırlanacak analizlerde malzeme, makine, işçilik ve nakliye hesaplarında kaynakların verimli kullanılması gözetilerek aşağıdaki rayiçlerden biri, birkaçı veya tamamı uygulanabilir:

a) Varsa yüklenicinin teklifinin ekinde idareye verdiği teklif rayiçler. (Bu madde için önerimiz bulunmamaktadır.)

b) İdarede veya diğer idarelerde mevcut rayiçler. (Bu madde için önerimiz bulunmamaktadır.)

c) İhaleyi yapan idarenin daha önce gerçekleştirdiği

tirdiği ve ihale konusu işe benzer nitelikteki yapım işlerinin sözleşmelerinde ortaya çıkan fiyatlar. (Bu madde için önerimiz bulunmamaktadır.)

ç) İdarece kabul edilmek şartıyla, ticaret ve/veya sanayi odasınınca onaylanmış uygulama ayına ait yerel rayıçları.

Tetkik (1) Yeni birim fiyat tespiti için kullanılacak rayıçlar için en gerçekçi yöntemin bu madde olduğu kanaatindeyiz.

(4) Yeni fiyat yüklenici ile birlikte yukarıda belirtilen usullerden biri ile tespit edilerek düzenlenen tutanak idarenin onayına sunulur ve otuz gün zarfında idarece onaylanarak geçerli olur. Yeni fiyat tespitinde yüklenici ile uyuşulamaz ise, taraflarca anlaşmazlık tutanağı düzenlenir ve anlaşmazlık idare tarafından on gün içerisinde Bayındırlık Kuruluna intikal ettirilir. Bayındırlık Kurulu tarafından tespit edilen fiyatın iki tarafça kabulü zorunludur. Yüklenici, fiyat uyuşmazlığı hakkındaki Bayındırlık Kurulunun kararını beklemeden idare tarafından tespit edilmiş fiyat üzerinden işe devam etmek zorundadır.

(5) Yeni fiyatın hesabında, ikinci fıkranın (a) bendine göre, teklif analiz ile kıyaslanarak bulunan analizin kullanılması halinde, bu analizin temsil ettiği iş kalemi miktarı ile yeni tespit edilecek iş kalemi miktarının rayıçlara ve genel giderlere tesiri dikkate alınır.

Tetkik (1) Bu madde açık olmadığı için önceki maddeler fiyat ile birlikte miktar tespiti de yapılacağı için bu maddenin çıkarılması gerektiği kanaatindeyiz.

(6) İdare istediği taktirde; bir işte, sözleşmeye esas proje içinde kalan ancak öngörülemeyen durumlar nedeniyle bir iş artışının zorunlu olduğu hallerde, ayrıca bir yükleniciye yaptırılması mümkün olan bir işi başkasına da yaptırabilir, bundan dolayı yüklenici herhangi bir hak talebinde bulunamaz.

Tetkik (1) Bu maddede sözleşme tarafı Müteahhit dışında başka bir Müteahhite İdare tarafından iş yaptırılması uygulamada

karşılaşılan ve hakediş ödeme kısmında muhasebe işlemlerinde karışıklığa sebebiyet vereceğini düşündüğümüz için ilgili maddenin kaldırılması kanaatindeyiz.

Sonuç

İdareler 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu'na göre saydamlığı, rekabeti, eşit muameleyi, güvenirliliği, gizliliği, kamuoyu denetimini, ihtiyaçların uygun şartlarla ve zamanında karşılanmasını ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlamakla sorumludur. İhale sözleşmesinde bulunmayan yeni iş kalemlerinin tespiti de İdarelerin bu sorumluluğu açısından çok önem arz etmektedir. Bu bağlamda yeni iş kaleminin birim fiyat tespiti yapılırken miktar tespitinin yapılıp, revize birim fiyat hesabına dahil edilmesinin sözleşme konusu asıl işin değişmesini önleyerek, rekabetin ve eşit muamelenin sözleşme uygulama aşamasında da sağlanacağı kanaatindeyiz.

Kaynaklar

1. 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu.
2. 4735 Sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu.
3. Yapım İşleri Genel Şartnamesi.
4. Kamu İhale Genel Tebliği.
5. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Yüksek Fen Kurulu Karar ve Görüşleri 2005-2015, Ankara, Haziran 2015.

2008 Küresel Ekonomik Krizinin Dünya'da İnşaat Sektörüne Etkileri ve Global Yapı Maliyetleri

Latif Onur UĞUR

Düzce Üniversitesi,
Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Ece ALKAN

Düzce Üniversitesi,
Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

Özet

Bu çalışmada 2008 ekonomik krizinin dünya inşaat sektöründeki etkisi incelenmiştir. Türkiye'nin dünya ülkeleri arasında, inşaat sektöründeki konum analizini yapmak için, öncelikle GSYH'nın (Gayrisafi Yurtiçi Hasıla'nın) yıllar içindeki değişimi gözlenmiştir. Bu sektörde Global Yapı Maliyetleri'nin 2009-2014 yılları arasında dünya ülkelerindeki değişimleri, Ec Harris danışmanlık şirketinin istatistiksel verilerinden yararlanılarak analiz edilmiştir. Bu analizde gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan Türkiye'nin Global Yapı Maliyetleri'nin ekonomik krizden nasıl etkilendiği belirtilmiştir. Türkiye'de ve ülkelerde inşaat pazarlarındaki olumlu ve olumsuz beklentiler de sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ekonomik Kriz, GSYM, Dünya İnşaat Sektörü, Global Yapı Maliyeti

Giriş

Dünyanın en büyük ekonomik durgunluğu olarak bilinen 2008 ekonomik krizi, dünyanın önemli yatırım bankalarından Lehman Brothers'ın batışı ile başlamış, piyasalardaki çöküş başta ABD olmak üzere tüm dünyada finans piyasalarını etkilemiştir. ABD'deki finansal sarsılma önce hızla Avrupa piyasalarını etkilemiş, sonrasında da Asya piyasalarını tetiklemiştir (1). Yaşanan küreselleşme süreci nedeni ile ekonomik olaylar da birbiri ile çok fazla ilişkili hale gelmiş ve ekonomik olayların yan-

2008 Effects of Construction Sector In The World Of The Global Economic Crisis And Global Construction Costs

Abstract

In this study it is aimed to examine the effect of 2008 economic crisis on construction sector in the world. Firstly, the change of GDP in years are observed to make the position analysis of Turkey's construction sector among the world countries. In this sector, the change of global construction cost among the world countries between 2009 and 2014 is analyzed by using the statistical data of the consultancy firm Ec HARRIS. In this analysis it is showed how progressive Turkey's and developed countries' global construction costs are affected by economic crisis. The positive and negative expectations in the construction market of Turkey's and developed countries' are also investigated.

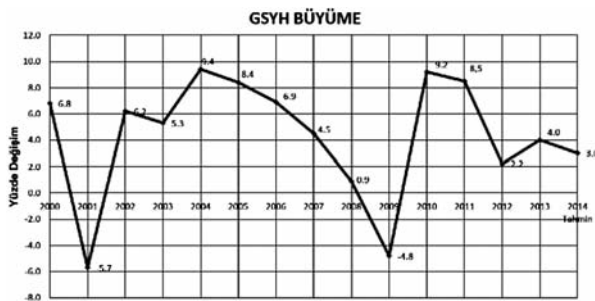
Key Words: Economic Crisis, GDP, World Construction Sector, Global Construction Cost

sımları da bu ilişki nedeni ile daha önemli hale gelmiştir. Bugüne gelinceye kadar dünyada değişik zamanlarda farklı nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan ekonomik krizler görülmüş ve yansımaları da pek çok ülkede etkisini göstermiştir. Küreselleşmenin hız kazanması nedeni ile yaşanan 2008 krizinin etkisi eskilere göre çok daha geniş alanları etkilemiştir (2). Bu alanlardan bir tanesi de inşaat sektörüdür. Hem yurtiçi hem yurtdışı faaliyetler sayesinde inşaat sektörü ülkemizin kalkınmasında önemli yer tutmaktadır. İnşaat sektörünün gelişimi

ve küresel rekabetçiliği birtakım etmenlere bağlıdır. Sektörün sürdürülebilir bir büyüme göstermesi açısından bu etmenlerin iyi algılanması ve gerekli iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Gerek yurtiçi, gerekse yurtdışı değişimler sektör üzerinde olumlu ya da olumsuz etkiler gösterebilir. Bu etkiler altında sektörün güçlü yönlerinden istifade edip, zayıf yönlerinin de kuvvetlendirilmesi ve bu doğrultuda bir stratejik planlama yapılması kilit bir nokta olarak görülmektedir.

Okumakta olduğunuz ekonomik değerlendirme esaslı çalışmada inşaat sektörünün seçilmesinin iki önemli nedeni bulunmaktadır. İlki, dünyada küresel ekonomik krizin ilk ortaya çıkışının inşaat ve konut sektörü ile ilgili olmasıdır. İkincisi ise, inşaat sektörünün gerek ülke ekonomisinin büyümesine olan etkileri gerekse de ülkenin istihdamına olan önemli katkıları nedeniyle dünyada olduğu gibi Türkiye’de de ekonominin lokomotif sektörlerinden birisi olmasıdır. Özetle, küresel ekonomik krizin ortaya çıkması ve yayılmasında inşaat sektörü önemli bir yere sahiptir. Bu derleme çalışmasında 2008 yılı dünya ekonomik krizinden yola çıkarak, krizin rekabetçi ülkelerin inşaat sektöründeki global yapı maliyetlerine yansımaları ve Türkiye inşaat sektörünün küresel inşaat pazarındaki konumu değerlendirilmiştir.

Türkiye’de inşaat sektörünün dünya ülkeleri arasındaki profil analizini yapmak için, öncelikle GSYM’nin yıllar içindeki gelişimi incelenerek inşaat sektörünün GSYH içindeki payı analiz edilmelidir. GSYM bir ülkenin ekonomik büyüklüğünün birkaç ölçütünden biridir. GSYH, GSMH’den farklı olarak, bir ülke sınırları içerisinde belli bir zaman içinde, üretilen tüm nihai mal ve hizmetlerin para birimi cinsinden değeridir. Bu tanımda belli bir zaman; bir ay, üç ay ya da bir yıl olabilir. GSYH genellikle bir yıl için ele alınır. Nihai mal ve hizmetler ise, üretilen toplam mal ve hizmetlerden üretim için kullanılan ara mallar düşüldükten sonra geriye kalan değerdir. 2009 yılında inşaat sektörünün GSYH’deki payı azalmıştır. Dünyanın pek çok ülkesinde kriz önlemi olarak kamu altyapı yatırımlarına önem verilirken, Türkiye’de özel sektör yatırım har-



Şekil-1 Türkiye’de 2000-2014 yılları arasında GSMH ile Yüzde Değişim oranları (Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu) (5)

camalarının ağırlıklı olması, inşaat sektörünün krizden en fazla etkilenen birinci sektör olmasına neden olmuştur. Küresel kriz sonucunda, 2009 yılında inşaat sektöründe üretim ve ihracat gerilemiş, yan faaliyet alanlarında üretim azalmış, konut stokları artmış, konut fiyatları dibe vurmuş, işten çıkarımlar artmış, sektördeki firmaların bazıları piyasadan çekilmek zorunda kalmıştır (3). Bu süreçte inşaat sektörünün dünyadaki toplam büyüklüğünün 3,5 trilyon dolar civarında olduğu tahmin edilmektedir. Söz konusu rakam dünyadaki toplam GSMH’nin yaklaşık %8’ine denk gelmektedir. Bu değer %30’u Avrupa’da üretilmektedir. Dünya sanayi istihdamının yaklaşık %30’unun inşaat sektöründe olduğu tahmin edilmektedir. İnşaat sektörü gerek sanayi boyutuyla gerekse de pazarlama ve ticaret boyutuyla Türkiye’nin de en büyük sektörlerinden birisini oluşturmakta, dolaylı olarak 400 sektör/alt sektörü etkilemektedir (4). GSYM büyüme ve inşaat sektöründeki gelişim hızları aşağıdaki tablolarla verilmiştir. (Bkz. Şekil-1 ve Şekil-2)

Bu verilere dayanarak “2004-2012 döneminde büyümenin bileşenleri içinde imalat sanayinin ağırlığı daha fazla olsaydı inşaat sektörünün daha yüksek oranlı bir büyüme sergileyebileceği” kuvvetli bir hipotez olarak öne sürülebilirdi. İmalat sanayinin ekonomideki payının yüksek olduğu Asya ülkeleri bu hipotezin yakın dönem kanıtları olarak dikkat çekmektedir. Bu yıllarda finansal genişlemenin hem konut sektörünü hem de diğer inşaat faaliyetlerini uyardığı söylenebilir. Buna ek olarak kamu, kentsel alanlarda arsa üretimi ve imar düzenlemeleri ile konut ve ticari bina üretimini destekleyici rol üstlenmiştir. Ancak 2004-2012 dönemi incelendiğinde yine de inşaat sektörünün büyümede “sürükleyici” rol üstlendiğini söylemek mümkün görünmemektedir. 2000’li yıllarda sağlanan büyümenin sürdürülebilir bir patikaya oturtulması için imalat sanayinin GSYH içindeki payının yeniden artırılması, %14-15’ler düzeyinden %25’lere çıkması, Türkiye’nin ölçeği (nüfus, ekonomik büyüklük vb.) ve jeopolitik konumu da dikkate alındığında önemli bir zorunluluk haline gelmektedir. İnşaat da dahil olmak üzere diğer sektörlerin gelişiminde, büyüme deseninde bir değişiklik yapıp yapılamayacağı ve bir sıçrama yaşanıp yaşanamayacağı belirleyici olacaktır (7).



Şekil-2 2004-2015 yılları arasında GSYH ve İnşaat Sektörü Gelişim Hızları % (Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu) (6)

2016-2018 dönemini kapsayan Türkiye ekonomisinin 2016 yılında %4 büyümesi öngörülmektedir. 2015'in ilk çeyreğinde %2,5 ile mütevazı bir düzeyde büyüyen Türkiye ekonomisi özellikle hızlanan yatırımın ve tüketimin katkısıyla ikinci çeyrekte %3,8 büyümüş ve G-20 ülkeleri içinde en hızlı büyüyen dördüncü ekonomi olmuştur. Böylece 2015'in ilk yarısında "Büyüme Yıllık Ekonomik Rapor 2015-22" baz etkisinin de katkısıyla %6,9 büyüyen özel sektör yatırımlarında 2011 yılından bu yana en güçlü artış kaydedilmiştir (8). Bu sebeple ekonomik büyümeye paralel olarak 2016 sonrası inşaat sektörünün olumlu yönde etkileneceği öngörülmektedir. Yarattığı katma değer ve istihdam olanaklarıyla Türk inşaat sektörü, ülke ekonomilerinin büyümesi için önem arz etmektedir. Çoğu zaman inşaat sektörü bir kaldıraç görevi üstlenmesi ile ayrı bir öneme sahiptir. Zira günümüzde 'inşaat', yalnızca çevrenin inşa edilmesini değil, bakım, onarım ve işletilmesine katkıda bulunan faaliyetlerin tümünü içerecek şekilde değerlendirilmektedir. İnşaat üretimi artık yalnızca yapının üretimi olarak algılanmamakta; çevreyle dost, sosyal sorumluluk taşıyan, sosyal yaşam, toplumsal yapıya doğrudan etki eden, saydam ve sürdürülebilir üretim anlamına da gelmektedir. Bu bilgilere dayanarak inşaat sektörünün dünya ekonomisinde büyük bir payı olduğu ifade edilebilir.

Dünya Ticari Ofisi, yerel pazar ve emek oranlarına dayalı yani; verimlilik, malzeme süreci, satış vergisi ve rekabet koşullarına göre global maliyet endekslerini karşılaştırmaktadır. Örneğin; Hindistan'da bir kiracı tipik olarak bir kabuk ve çekirdek olarak bir yapıyı teslim alırken, İngiltere'de genellikle geliştiriciler kategori standartlarına göre döşeme, tavan vb. modellerine göre kategorize etmektedirler. Model doğruluğu ve yerel uygulamalar (örneğin; metal damızlık bölüm, sıvalı blok çalışmaları duvarı vb.); değişen yerel tasarımlardan ve yönetmeliklerden etkilenebilir (9). Ayrıca, inşaat maliyetleri; bina tipi, yer, erişilebilirlik, ve dizayndan etkilenebilir. Her ne kadar binaların uluslararası standartlarla inşa edildiği kabul edilse de, aynı tip binanın farklı ülkelerdeki inşasında yerel yönetmeliklere yansımaları farklı olmaktadır. Örneğin; Batı Avrupa'da yalıtım ve ısıtma gereksinimleri İsveç, İtalya ve İspanya gibi ülkelerde çok farklı olacaktır. Türkiye'de ise Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği'nin yapı ve yalıtım malzemelerinin standarda uygunluğu, yönetmeliğin 17.maddesine göre belirlenen ısı iletkenlik hesap değerlerine göre hesaplanır ve malzemelerin CE veya G uygunluk işareti ve uygunluk beyanı veya belgesi olması zorunludur (10). Türkiye'de Yapı Denetim Kanunu'na göre; Yapı Maliyetleri: Binalarda Bakanlıkça her yıl yayımlanan mimarlık ve mühendislik hizmet bedellerinin hesabına göre, yaklaşık birim maliyetlerine

ilişkili olarak mevzuatta belirtilen birim maliyet (metre kare başına düşen maliyet) ile yapı inşaat alanının çarpımından elde edilir. Yapı ile ilgili betonarme iksa, fore ve çakma kazık, istinat duvarı ve yapı malzemeleri gibi özellikli imalatın toplam bedelini, binalarda gerçekleştirilecek değiştirme, güçlendirme ve esaslı onarım işlerinin bedeli ve bina dışında kalan yapılarda ise yapının keşif bedeli belirlenir (11). Dünya'nın farklı yerlerindeki arsa bedelleri, yapım teknolojileri, yapı malzemeleri, kalite, kanun ve standart uygulamaları birbirinden farklı inşaatlar görülmektedir. Bu nedenle yapı maliyetleri ülkeler arasında bölgenin yerel ihtiyaç ve tasarımlarına göre farklılık göstermektedir.

Edward Charles Harris tarafından 1911 yılında kurulan "EC Harris" firması, faaliyet gösterdiği ülkelerde yıllık 'Global Yapı Maliyetleri' araştırma raporları sunmaktadır. EC Harris şirketi birçok sanayi dalında danışmanlık yaparak faaliyetlerine başlamıştır. 1950'lere gelindiğinde iş, inşaat mühendisliği ve altyapı geliştirme odaklanarak büyük ölçüde mülkiyet temelli olmuştur. Bu şirketin Avrupa'nın ilk tesis yönetimi danışmanlık hizmeti, 1986 yılında olmuştur ve 1996 yılında iş, tam yaşam döngüsü sermaye projesi ve danışmanlık tesisleri sunmaya başlamıştır. 2003 yılında Ec Harris Limited Ortaklık (LLP) olmuş ve Ec Harris'in şirketine ARCADIS ile bir iştiraki olarak 21.000'den fazla profesyonelin erişimi vardır. 31 Ekim 2011 tarihinde EC Harris'in 183 ortağının oylaması sonrasında 2 Kasım 2011 tarihinde Arcadis NV ile birleşmiş ve işgücü büyümüştür. Birleşme 2012'de Arcadis gelirlerinde %84 artışı sağlamıştır (12). Yıllık araştırma verilerine göre Ec Harris danışmanlık şirketinin yapı maliyetleri değerlendirmeleri, ekonomik kriz sonrası istatistiklere aşağıdaki yıllık tablolardaki gibi yansımaktadır. Tablolarda İngiltere inşaat maliyetleri referans olarak alınmış ve 100 birim kabul edilmiştir. Ülkelerin inşaat maliyetleri tek bir değer değil bu referans değerinin 20 puan az ve 20 puan üzerinde olmak üzere bir bant olarak ifade edilmektedir. Buna göre örneğin İngiltere maliyetleri için; minimum 80, maksimum 120 değerlerinde bulunan bir bant verilmiştir.

Ec Harris uluslararası gayrimenkul danışmanlık şirketinin 2009 yılı ülkeler arası Global Yapı Maliyeti sıralamalarına göre küresel finansal kriz, küresel durgunluğa dönüşmeye başlamış; dış talepte bu nedenle gözlenen sert düşüş Türkiye gibi büyümeye çalışan ülkelerde üretime önemli darbe vurmuştur. Ekonomisi güçlü ülkeler arasındaki rekabet de sert düşüşe kapılmış ancak inşaat sektöründe öncülüklerini korumaya devam etmişlerdir. Ec Harris'in bu istatistiki verilerine göre (Şekil-3) Danimarka en yüksek yapı maliyetine sahip ülke olarak görülmektedir. Bunun sebeplerine bakılacak olunursa, Danimarka'nın dünyadaki en

gelişmiş ülkeler arasında yer almasının arkasında yatan en önemli faktör, Danimarka firmalarının yarattığı yüksek orandaki katma değerdir. Söz konusu katma değer işgücü ücretlerini ve üretim sürecinde sermayeden sağlanan karı ifade etmekte olup, söz konusu gelir üzerinden alınan vergi de Danimarka'nın bir refah devleti olabilmesini sağlayan en önemli yapıtaşlarından birini oluşturmaktadır (13). Bu sebeple Danimarka tipik bir İskandinav ülkesi ekonomisine sahip, dengeli ve istikrarlı büyüme, düşük enflasyon ve işsizlik oranları ile kişi başına yüksek ulusal gelir tablosu 2008 mali krizinde biraz bozulsada, 2009 yılında Global Yapı Maliyetleri arasında en yüksek değerlere sahip olan ülke olmuştur.

İsviçre, süregelen güçlü performansının bir sonucu olarak 2009 yılında ikinci sıradaki yerini muhafaza etmiştir. Ülkenin göze çarpan en güçlü özellikleri yeni-

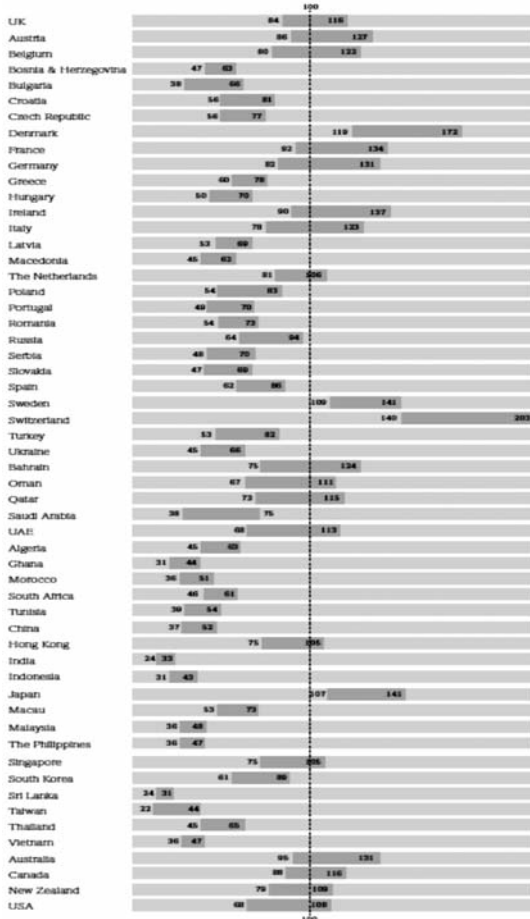
lik, teknolojik gelişme, işgücü piyasasının etkin yapısıdır. Ülkenin araştırma enstitüleri, bilim ve iş dünyası arasındaki işbirliğini en iyi şekilde yürütmekte ve dünyanın en iyi araştırma merkezleri arasında bulunmaktadır. Bu merkezlerde Ar-Ge çalışmaları için yüksek ödenekler ayrılmakta, yapılan araştırmalar pazarlanabilir ürünlere dönüştürülmekte ayrıca çıktılar, katı mülkiyet hakları ile korunmaktadır. 2009 yılında İsviçre ekonomisi (gayri safi yurtiçi hasılası) reel %1,9 oranında küçülmüştür. Özel tüketimin %1 oranında artması, gayri safi yurtiçi hasılanın daha yüksek oranda küçülmesini engellemiştir. İnşaat yatırımlarındaki artış da küçülmeyi frenlemiştir. Gayri safi yurt içi hasıladaki düşüşe karşılık, yurtdışındaki sermaye ve iş gelirlerini de ihtiva eden gayri safi milli hasıla, cari fiyatlarla %10,2 oranında artmıştır. Bu olumlu gelişmeyi, İsviçre bankalarının yurtdışındaki şubelerinin durumunun iyileşmesine bağlamak mümkündür. Bu güçlü yaratıcı kapasitenin yüksek patentleme ile birleşmesi İsviçre'yi bu alanda dünyada 2.sıraya taşımaktadır (15). "Küresel Rekabet Edebilirlik 2009-2010 Raporu"na göre, ABD, zayıflayan finans piyasaları yüzünden birinciliği kaybederken, İsviçre, göreceli ekonomik istikrardan dolayı ilk sıraya çıkmıştır. İsviçre ekonomisinden, yenileşmedeki mükemmel kapasitesi ve çok karmaşık iş kültüründen ötürü övgüyle bahsedilen raporda, finans piyasalarındaki zayıflık ve makroekonomik istikrarsızlığına rağmen, birçok yapısal özelliğinin ABD ekonomisini ziyadesiyle verimli kıldığı ve iş çevrelerindeki değişiklikler ile ekonomik şokları atlama da sağlam bir temele sahip olmasını sağladığı ifade edilmiştir.

İsveç, Danimarka, Finlandiya, Almanya ve Hollanda gibi Avrupa ülkeleri, endekste ilk 10'da hâkimiyeti ele geçirirken, ekonomideki bu değişim Ec Harris danışmanlık şirketinin "2010 Global Construction Cost raporu"na göre (Şekil-4)'deki gibi yansımıştır. Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum WEF) Raporu'na göre, 2008-2009 küresel rekabet edebilirlik endeksinde 63'üncü sırada yer alan Türkiye, 2009-2010 endeksinde ise iki sıra yükselerek 61'inci sıraya çıkmıştı (17). Bu ekonomik rapora kıyasla Ec Harris danışmanlık sektörünün yayınladığı "2010 Global Construction Cost" raporuna göre Türkiye 2008 krizinin etkisi altında olan 2009 yılında global yapı maliyetleri sıralamasında 29. sırada iken 2010 yılı global yapı maliyetleri (Şekil-4) sıralamasında 28.sıraya yükselmiştir. Bölgenin diğer ülkeleri gibi, Finlandiya da iyi yönetilen ve yüksek şeffaflığa sahip kamu kurumları ile bu kategoride başı çekmektedir. Finlandiya WEF raporuna göre birkaç alanda yapığı küçük ilerlemeler ile bir basamak yükselerek 3.sıraya gelmiştir. Bu ekonomik rekabet değişimleri global yapı maliyetlerini



Şekil-4 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2010) (16)

2008 krizinden sonra 2009 ve 2010 yıllarında inşaat sektöründe ekonomisi güçlü olan ülkeler sıralamasında devam etmiştir. Sonradan AB üyeliğine katılmış Finlandiya da ekonomik anlamda diğer ülkelere göre Danimarka ve İsviçre'den sonra dünyanın en yüksek üçüncü Global Yapı Maliyetine sahip olan ülkedir. Özel kuruluşlar da dünyanın en iyi işleyen ve en etik kurumları arasında yer almakta ve 2008 ekonomik krizinden inşaat sektörü konusunda rakip ülkeler sıralamasında da 3.sıradadır. Bir süre sonra Danimarka hükümeti özellikle ekonomik büyümeyi desteklemek amacıyla kısa dönemde bankacılık sisteminde istikrar sağlamayı hedeflemiştir. Dünyada en yüksek vergi yükü olan ülkelere biri olan Danimarka'da istihdam desteklenmesi amacıyla gelir vergilerinin 2011 yılında düşürülmesi amaçlanmış, ancak uygulamaya konulamamıştır. Küresel ticaretin önemli oyuncularından biri olan Danimarka'nın dünya genelinde yaşanan finansal krizden 2008 yılından itibaren olumsuz olarak etkilenmesi sonucu 2008 ve 2009 yıllarında ekonomisi küçülmüştür. 2010 yılından itibaren yavaş da olsa toparlanma sürecine giren ülke ekonomisi 2011 yılının ikinci yarısında daralmıştır.



Şekil-5 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2011) (18)

İsviçre'nin 2010-2011 dönemleri için enflasyon oranı %1 seviyesindedir. Ülkedeki iç talep durgunluğunu sürdürmektedir. Buna karşın mal ihracatı 3.çeyrekte %4,3 oranında artmış olup çeyrek dönemler arasındaki artış %2,3 oranında gerçekleşmiştir. Mal ithalatı %-0,14 düzeyinde gerilerken hizmet ithalatı %1,8 oranında artmıştır. Yatırımlar konusundaki talep artmıştır. Özel ve kamu tüketimi artmış, tüketici güveni Ocak 2010 da uzun dönem ortalamasını üzerinde seyretmiştir. Ülkedeki iç talep durgunluğunu sürdürmektedir. Buna karşın mal ihracatı 3.çeyrekte %4,3 oranında artmış olup çeyrek dönemler arasındaki artış %2,3 oranında gerçekleşmiştir. Mal ithalatı %-0,1 düzeyinde gerilerken hizmet ithalatı %1,8 oranında artmıştır (15). Bu oranlarla ekonomik kriz başlangıcından 2012 yılına kadarki ekonomik sallantılar yapı maliyet seyrini (Şekil-4) yukarıdaki endekslere yansıttığını ifade edebiliriz. Ekonomik küçülmesine rağmen Danimarka güçlü ve güvenilir altyapısıyla 2011 yılı global yapı maliyeti sıralamasında konumuna devam etmektedir. (13)

Simco veri tabanına göre 2011 yılında global inşaat aktivitesi 5,6 trilyon euro'ya ulaşırken 2000 yılına göre %48'lik bir artış göstermiştir. Bu hızlı gelişimde artan globalleşme ve bununla birlikte düşünülmesi gereken finansal genişlemenin büyük payı bulunmaktadır. Afrika ve Güney Amerika'da inşaat sektörü gelişmesi daha fazla altyapı yatırımlarına dayanırken Avrupa'da konut faaliyetleri, özellikle de onarım ve renovasyon (yenilik) faaliyetleri öne çıkmıştır. Konut dışı bina inşaatları Hindistan ve Rusya'da inşaat yatırımlarında ağırlığı oluştururken henüz konut yatırımlarının toparlanmadığı ABD'de de yüksek paya sahiptir.

IMF tarafından açıklanan "World Economic Outlook-April 2012" raporuna göre, 2010 yılında gelişmiş ülkeler %3,2 oranında büyürken, gelişmekte olan ülkeler ise %7,5 gibi oldukça yüksek oranında büyüme göstermiştir. 2011 yılında ise gelişmiş ülkeler %1,6 ile oldukça küçük oranlı bir artış gösterirken, gelişmekte olan ülkelerdeki büyüme oranı %6,2 olarak gerçekleşmiştir. 2012 yılı için gelişmiş ülkelerde büyüme beklentisi %1,4 iken, gelişmekte olan ülkelerde %5,7 ile daha yüksek olarak ifade edilmişti. IMF'nin bu raporuna göre, 2011 yılı ikinci yarısında ABD'de artan ekonomik ivme ve Avro bölgesinde uygulanan başarılı politikalar küresel kriz tehdidini azaltmıştır ve dünya ekonomisindeki kötüleşmenin iyileşme durumuna geçmesini sağlamıştır (19).

Son dönemlerde ekonomideki krizin iyileşmeye yönelmesinin en önemli tetikleyicisi inşaat sektöründeki canlanma ve sektörünün ekonomiye katkısı olarak görülmektedir. Bu yıllarda dünya ekonomisi küresel ekonomik krizin etkisiyle büyük yaralar almış ve ülke ekonomileri bu krizle mücadele etmeye başlamıştı. Bu nedenle birçok ülkede ekonomik krizin etkilerini orta-

dan kaldırmak ve ekonomik durgunluğun önüne geçmek amacıyla bir dizi önlem paketleri ele alınmış ve çeşitli önlem politikalarıyla ekonominin canlanması amaçlanmıştır. Ekonomik kriz büyük oranda da ülke ekonomilerinin lokomotifleri olan inşaat sektörünü etkilemiş ve inşaat sektörünün ciddi bir biçimde daralmasına ve yavaşlamasına sebep olmuştur (20). Bu nedenle uygulanan ekonomik reform paketlerinde ilk sırada inşaat sektörünün canlandırılması ve sektörün istikrarlı ve sürdürülebilir bir güce ulaşması hedeflenmiştir. Bu ekonomik reform paketleri 2012 Ec Harris global yapı maliyetlerine Şekil-6'da görüldüğü gibi yansımıştır.

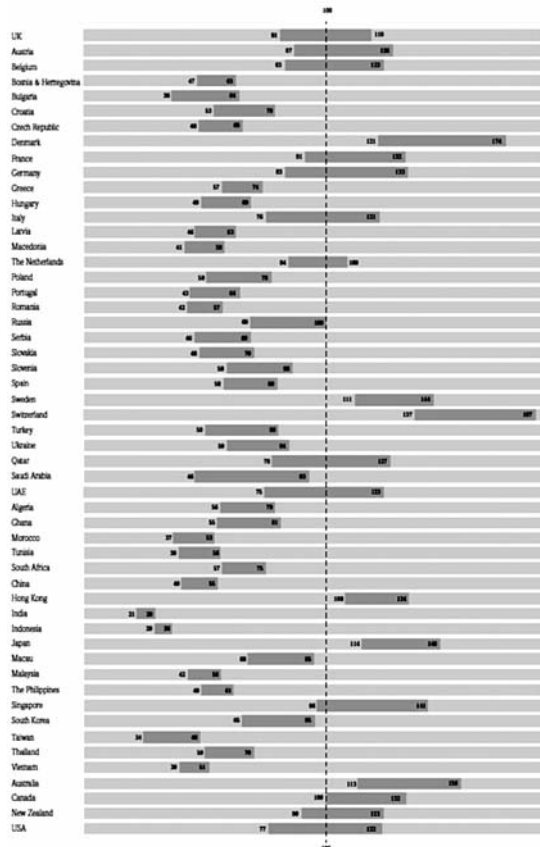
IMF 2012 raporuna göre; 2013 yılına yönelik beklentiler sırasıyla %2 ve %6 olarak öngörülmüştü. 2010-2013 yılları arasında ülkeler bazında büyüme yüzdelerini şöyle tanımlanmaktaydı: 2010 yılında dünya ekonomisinde yaşanan yüksek oranlı büyümede, Çin ve Hindistan oldukça etkili olmuştur. 2010 yılında dünya ekonomisi %5,3 oranında büyürken, Çin %10,4 ve Hindistan %10,6 oranında büyüme başarısı göstermişti. 2011 yılında da Çin ve Hindistan'daki %9,2 ve %7,2'lik artışlar dünya GSYH'daki %3,9'luk büyümeye önemli katkılar sağlamıştı. 2012 ve 2013 yıllarında öngörülen büyüme oranlarının elde edilmesinde de yine bu iki ülkenin belirleyici rol oynaması

beklenmişti. 2012 yılında Çin'in %8,2 ve Hindistan'ın %6,9 oranında büyümesi öngörülmekteydi. Bu rapora göre; söz konusu ülkelere ait 2013 yılı büyüme tahminleri de %8,8 ve %7,3 ile oldukça yüksek olarak tanımlanmıştı.

Türkiye'deki yapı maliyet değişimlerinin kriz sonrası durumu

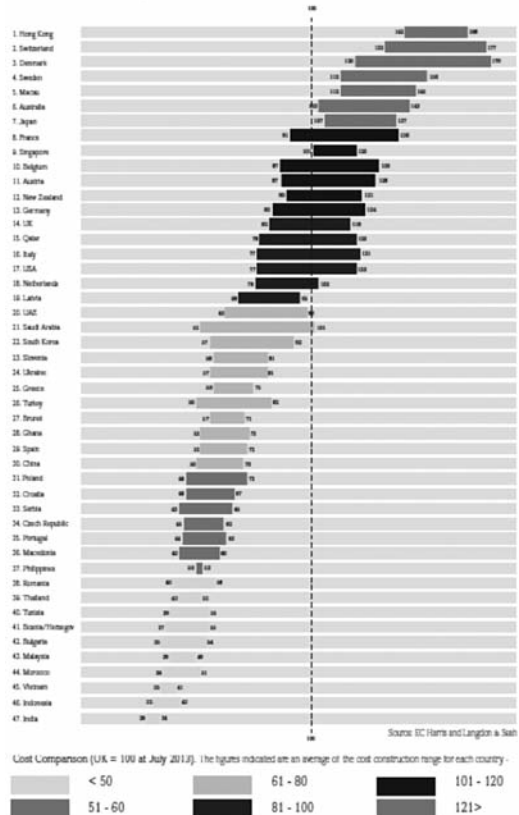
Türkiye'de 2012 yılında ekonomi %0,4 oranında gerilemiştir. Bu gerilemenin temel nedenlerinden biri dış ticarete beklenen büyümenin geliştirilememesidir. İthalatın ihracattan daha hızlı bir oranda artması GSYH'yi olumsuz etkilemiştir. 2014 yılında %0,1 olarak gerçekleşen büyüme oranı 2015 yılında %1,7 olarak tahmin edilmekteydi (22). Bu durumda GSYH'nin inşaat sektörüne yansımaları da olumsuz olacaktır ve yapı maliyetleri endeksleri Şekil-5 teki gibi analiz edilmişti.

2002–2006 döneminde Türkiye'de konut talebi yükselmiştir. Çünkü yüksek faiz-düşük kur politikasının etkisiyle dünyadaki likidite Türkiye'ye yönelmiştir. Ayrıca bu politikaya bağlı olarak tasarruf sahipleri döviz yerine gayrimenkul yatırımlarını tercih etmeye başlamışlardır. Bankalar yine bu dönemde düşük faizli konut kredi imkanları sunmuştur. Konut talebi 2006'nın ikinci yarısından itibaren azalmaya başlamış,



Şekil-6 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2012) (21)

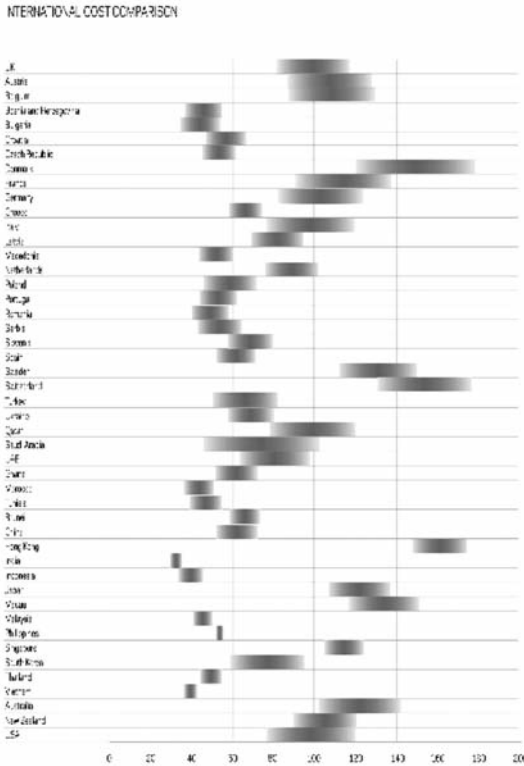
International Cost Comparison



Şekil-7 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2013) (23)

inşaat sektöründeki büyüme hızı da 2007'nin ikinci çeyreğinden itibaren azalmaya başlamıştır. Görülmektedir ki inşaat sektöründeki olumsuz koşullar, küresel krizden önce ortaya çıkmıştır. Konut arzı ile talebi arasında denge kurulamamıştır (25). 2008 yılında yaşanan küresel kriz ile inşaat sektörü 2008'in ilk çeyreğinden itibaren küçülmüştür. Türk inşaat sektörü 2008 yılında dünyanın birçok ülkesini etkileyen ekonomik kriz nedeniyle gelişim ivmesini düşürmeye başlamıştır. Ancak gelişmekte olan ekonomiler büyümeyi sürdürebilmek konusunda diğer küçük ekonomilere göre büyümeyi sürdürebilmişlerdir. İnşaat sektörünün bu ekonomik krizin getirdiği olumsuzluklar nedeniyle etkilenip etkilenmemesi, ülkenin ve bölgenin sosyal ve ekonomik durumuyla paralel ifade edilebilir. Küreselleşme ile dünyanın herhangi bir yerinde meydana gelen bir olayın yansımaları, diğer ülkelerde de görülmekte ve sadece olayın ortaya çıktığı ülkeyi değil, binlerce kilometre uzaklıkta bile başka ülkeleri de etkilemektedir. Gelişmekte olan ülkelerde ekonomik büyüme, istihdamda da artışa yol açmaktadır. Ancak bu ülkelerde sermaye kıtlığı olduğundan yatırımlar yeteri kadar artırılamamaktadır. Diğer yandan genç nüfusun fazlalığı ve onlara nitelikli eğitim olanakları sunulmaması, işsizlik sorununu beslediğinden istihdam sorunu çözülememektedir.

Ülkemizde yaşanan durum da ne yazık ki buna örnek verilebilecek niteliktedir (26).



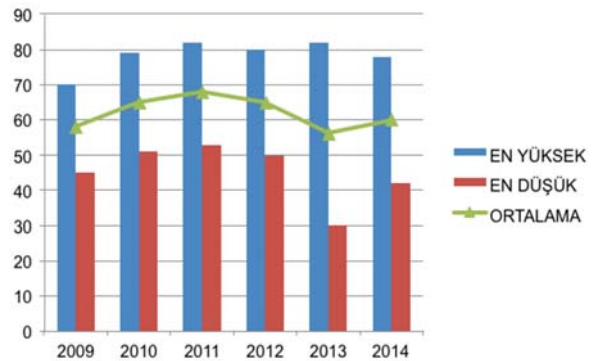
Şekil-8 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2014) (24)

Karşılaştırmalı olarak yapılan analizlerde büyüme, işsizlik göstergeleri, dış ticaret hacmi ve gelir dağılımında aşırı bozulma, küresel krizi en ağır yaşayan ülkeler arasında Türkiye'nin ilk sıralarda olduğunu ortaya koymaktadır. Söz konusu ekonomik göstergelere bakıldığında 2009 yılı Türkiye ekonomisi temel sorunu, dengeli bir ekonomik büyüme sürecinin yakalanamamasıdır. Türkiye'de 2000'li yıllarda büyüme oranı, istikrarsız bir yapı sergilemiş ve gelişmekte olan ülkeler ortalamasının altında kalmıştır. GSYH 2008'den 2009'a bir yılda %8,4 oranında azalmıştır. 2009 yılında dünya ticaret hacmi 11,9 daralırken Türkiye'nin dış ticaret hacmi de %34,8 oranında daralmıştır. Bu oranlar Türkiye de konut piyasalarındaki talebi azaltmış ve inşaat sektörü olumsuz yönde etkilenmiştir (27). Bu olumsuz etkileri Ec Harris global yapı maliyetlerinin yıllara göre Türkiye değişimi aşağıdaki grafikte (Şekil-9) gösterilebilir. Grafikte maliyetleri gösteren minimum değerler en düşük, maksimum değerler en yüksek, ve orta değerler de ortalama başlıkları ile verilmiştir.

Bu grafiğe göre; Türkiye 2008 ekonomik krizi sonrasında inşaat sektöründe yapı maliyetlerinde mütevazı bir büyüme göstermiş 2011 yılı ivmesini düşürmüştü ve 2013 yılında tekrar yükselmeye başlamıştır.

Global Beklentiler

Hızlı büyüyen ekonomilerin başlangıçta düşük maliyetli işgücüne dayalı ucuz ve düşük teknoloji mal ihracı, zamanla taklitçi veya yenilikçi yüksek teknoloji ürünlerine doğru yayılmaktadır. Söz konusu yapısal dönüşümle, hızla gelişen bu ülkeler, giderek daha yüksek teknoloji sektörlerde rekabet avantajı elde etmeye başlamıştır (27). "2013 Küresel Üretim Rekabetçilik Raporu"na göre bir ülkenin rekabetçilik düzeyini belirleyen en önemli gösterge vasıflı işgücü olup bunu ülkenin ticareti, finansal yapısı, vergi sistemi, işgücü ve malzeme maliyeti izlemektedir. Çin, 2010 yılında ABD'yi geçerek global inşaat faaliyetleri içindeki payı en yüksek ülke



Şekil-9 Ec HARRIS Yıllara Göre Türkiye Global Yapı Maliyetleri (28)

durumuna gelmiştir. 2012 yılında global payı %18'e ulaşırken 2025 yılında bu payın %25 olması beklenmektedir. ABD, global krize ve 2005-2012 döneminde inşaat üretimindeki %30'luk gerilemeye rağmen dünyanın ikinci büyük inşaat pazarı durumundadır. Japonya da ABD'nin ardından üçüncü büyük inşaat pazarı olmuştur.

Gelişmekte olan ülkeler arasında Çin ve Hindistan belirleyici rol oynarken, gelişmiş ülkeler arasında küresel finansal krizin başladığı ülke olan Amerika Birleşik Devletleri'nde 2010 yılında ekonominin %3 oranında büyüdüğü görülmekteydi. Bu artışta Çin, Hindistan ve ABD'nin %54'lük payı olacağı tahmin edilmektedir. 2009 yılı rakamları dahilinde dünya inşaat sektörünün %46'sını oluşturan yükselen ekonomilerin 2020 yılı itibarıyla %55'lik orana sahip olacakları öngörülmektedir (29). Sonuç olarak 2020 yılında küresel pazarlarda dengelerin değişeceği ve Çin'in lider ülke konumuna geleceği öngörülmektedir. 2010 yılında Amerika'nın tahtını elinden alan Çin, inşaat sektörünün en güçlü ülkesi konumuna gelmiştir ve büyümesini 2011 yılında da devam ettirmiştir. Çin'in yükselişinin diğer Asya ülkelerinin de büyümesini teşvik etmesi beklenmektedir. 2020 yılı itibarıyla Asya'daki yükselen ekonomilere yönelimin etkisiyle Hindistan dünyanın üçüncü en büyük inşaat pazarı haline gelecek ve böylelikle Japonya'nın yerini almış olacaktır. ABD'nin konut inşaatı sektörü, 320 milyonluk nüfusunun etkisiyle büyüyecektir ve ABD'yi diğer gelişmiş ülkelerin arasında ilk sıraya yerleştirecektir (30).

Ec Harris raporuna göre dünyanın en hızlı büyüyen inşaat pazarı Katar olacaktır. Nijerya'da artan nüfus ile altyapı ve konut ihtiyaçları nedeniyle hızlı bir büyüme beklenmektedir. Küresel ekonomik krizin etkileri, yüksek bütçe açığı, dinamik nüfusun olmayışı gibi sebeplerle Batı Avrupa inşaat sektöründe sınırlı gelişme gösterecektir. Bu alanda dünyanın en yavaş büyüyen ülkesi Japonya olacaktır. Japonya'nın altyapı sektörünü; gelişmiş ülkelerin ortak sorunlarından olan yaşlı nüfus, ilerlemeyen ekonomik büyüme ve yüksek kamu borcu gibi sorunlar oldukça olumsuz etkilemektedir.

Kaynaklar

- 1- Müsiad 2009 Araştırma Raporları.
- 2- Ekonomi Bilimleri Dergisi Cilt 1, Sayı 2, 2009 Issn: 1309-8020.
- 3- Özdemir, E. ve S. Kılıç (2011). "2008 Küresel Ekonomik Krizi Ve İnşaat Sektörü: Pazarlama Açısından Bir Alan Araştırması", Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt:11, Sayı:2, 43-68.
- 4- Maç, N. (2007 İnşaat Sektör Raporu, Konya Ticaret Odası Etüd Araştırma Servisi Sektör Raporu 544- 504, 1-30).

5- Şekil-1 Türkiye'de 2000-2014 yılları arasında GSMH ile Yüzde Değişim oranları (Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu) (5).

6- Şekil-2 2004-2015 yılları arasında GSYH ve İnşaat Sektörü Gelişim Hızları % (Kaynak: Türkiye İstatistik Kurumu) (6).

7- Büyüme Bağlamında İnşaat Sektörü Ocak 2015, Gülay DİNCEL – Ekonomik Araştırmalar dincelg@tskb.com.tr, TSKB Araştırma.

8- Türkiye Mütahhitler Birliği-İnşaat Sektörü Analizi-Nisan 2015.

9- Turner&Townsend.

10- Binalarda Isı Yalıtımı Yönetmeliği/Yapı ve yalıtım malzemelerinin standarda uygunluğu/ Madde 17.

11- Yapı Denetim Kanunu.

12- Wikipedia.

13- Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı, Danimar-ka Ekonomisi Raporu.

14- Şekil-3 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2009).

15- T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı, İhracatı Geliştirme Etüd Merkezi (İsviçre Ülke Raporu 2011).

16- Şekil-3 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2010).

17- Dünya Ekonomik Forumu (World Economic Forum WEF).

18- Şekil-4 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2011).

19- International MonetaryFund (IMF)-Uluslararası Para Fonu/"World Economic Outlook- April 2012".

20- Maliye Bakanlığı, "Yıllık Ekonomik Rapor 2009", Ankara.

21- Şekil-5 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2012).

22-http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2012-13.pdf/ T.C. Gümrük Ve Ticaret Bakanlığı Rykgm - Ekonomik Analiz Ve Değerlendirme Dairesi 20.09.2012 Ankara Yayın No: 160.

23- Şekil-6 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2013).

24- Şekil-7 Global İnşaat Maliyetleri (Ec Harris 2014).

25-Maliye Bakanlığı, Maliye Bakanlığı, (2009). "Yıllık Ekonomik Rapor 2009", Ankara.

26- İTO (İstanbul Ticaret Odası), Türkiye Ekonomisinin-de Son Yıllarda Yaşanan Yüksek Oranlı Büyüme Rakamlarının İç Piyasa Üzerindeki Etkileri, İstanbul, 2008.

27- 10.Kalkınma Planı Taslağı, 2013.

28- Şekil-8 Ec HARRIS Yıllara Göre Türkiye Global Yapı Maliyetleri (28).

29- Global Construction Perspectives, 2012.

30- Global Construction 2020, Global Const-ruktion Perspectives and Oxford Economics, 2009, www.globalconstruction2020.com

Güçlendirme Tasarımında Yapılan Bazı Hatalar ve Çözüm Önerileri

Dr. Hüseyin TEKEL

ÖZET

Güçlendirme tasarımı için eğitim aşamasında verilen bilgiler yeterli değildir. Bu amaçla ilgili meslek sonrası eğitimlere katılmak, bu hizmeti veren firmalarda belirli süre çalışmak gerekmektedir. Hata bu evrelerde edinilen kuramsal bilgiler uygulama aşamasındaki gözlemlerle pekiştirilmelidir.

Verilen örneklerde, güçlendirme projelerinin tasarımında deneyim, mevzuat, uygulama ve maliyet konularının önemi belirtilmektedir. Yapılan hataların önlenmesi için ivedilikle Etkin Mühendislik veya benzeri bir denetim sisteminin kurulması gerekmektedir.

GİRİŞ

13 Mart 1992 Erzincan Depremi yapıların güçlendirilmesi konusunda milat sayılmaktadır. Bu tarihten önce, eğitim, kamu kurumları ve tasarımcı mühendislerin konuyla ilgili bilgi ve deneyleri çok sınırlıydı. İlk kez önemli boyutlarda yapıların güçlendirilmesine bu depremden sonra başlanmıştır. Erzincan'daki güçlendirme faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi için yoğun kaynak taraması yapılmış, başta Japonya'daki uygulamalar olmak üzere ülke dışında yapılan uygulamalar araştırılmıştır. Bugün çok basit gibi görünen detay ve uygulamalar o tarihte araştırılıp bulunamayan bilgiler arasında yer alıyordu. Oğünkü koşullarda,

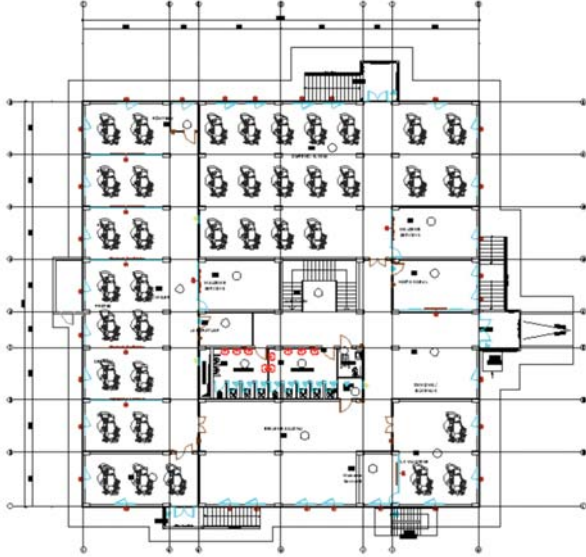
bugünkü internet ve mail olanakları bulunmuyordu. Dolayısıyla kaynak araştırmaları ve bilgilerin paylaşımları çok sınırlıydı.

Erzincan depreminden sonra, birçok üniversitede konuyla ilgili dernek veya vakıflar kurulmuştur. Bu dernek ve vakıflar canlılıklarını korumak için konuyla ilgili araştırmalarına ve bu alandaki faaliyetlerine devam etmişlerdir. Bu faaliyetler sonucunda konunun önemi anlaşılmış, deprem ve güçlendirmeyle ilgili eğitime ağırlık verilmiştir. Bu kapsamda üniversitelerimizin inşaat fakülte ve bölümlerinde dersler, bölümler açılmış, lisans sonrası eğitim programları düzenlenmiştir. Bu gün teorik olarak konuyla ilgili bilgiler ders kapsamlarında verilmektedir, ancak bu bilgilerin sağlıklı olarak uygulamaya aktarıldığını söylemek çok güçtür. Bunun güç olduğu aşağıda verilecek örneklerden anlaşılmaktadır.

İNCELEME

Şekil-1'de güçlendirme tasarımı kapsamında hazırlanan bir mimari rölöve projesi görülmektedir. Planda hiçbir iç ölçü, duvar kalınlıkları ve kullanılan malzemelerle ilgili bilgiler yer almamaktadır. Hazırlanan rölöveden hareketle duvar yüklerinin, dolayısıyla yapı kütlelerinin doğru olarak hesaplanması mümkün değildir. Döşeme ve duvar malzemeleri gösterilmemiştir. Güçlendirme aşamasında bu bilgilerden yoksun olarak güçlen-

dirme onarım malzemelerinin, dolayısıyla maliyetleri hesaplanamamaktadır. Rölövede bulunması gereken kesit ve görünüşler yer almadığı için, dış cephedeki ve çatıdaki onarım imalatı bilinmemektedir. Projenin düzenlenmesinin mimari rölöve ile ilgisi olmadığı gibi, bu rölöve ile sağlıklı bir analiz yapılması da mümkün değildir.



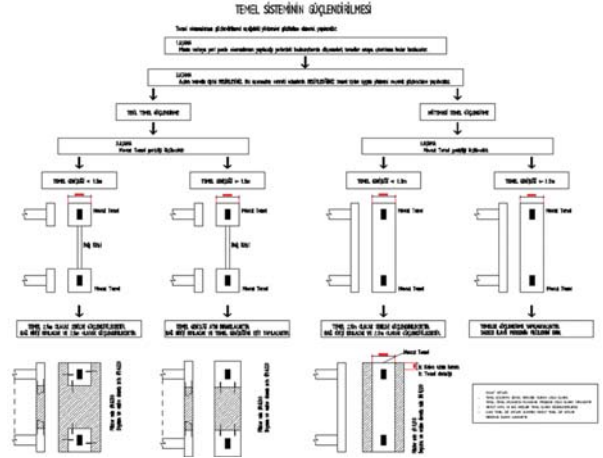
Şekil-1 Rölöve projesinde kat planı

Şekil-2’de temel güçlendirme plan ve detayı görülmektedir. Deprem Bölgelerinde Yapılacak binalar Hakkında Yönetmelik (DBYBHY-2007)’te “Temel sistemi bina içinde veya dışında açılacak yeterli sayıda inceleme çukuru ile belirlenecektir.” denilmektedir. Hazırlanan güçlendirme projesinde ise, zemin ve temel bilgilerinden yoksun, varsayımlara dayalı, hesapsız, kitapsız ucu açık bir yöntem belirlenmektedir. Böyle bir uygulama ne yönetmeliğe nede proje düzenleme standardına uygundur.

Bilindiği gibi, temel imalatları zemin etüt raporundaki bilgilere uygun olarak tasarlanmaktadır. Temel imalatının maliyetleri üst yapı maliyetinden oldukça yüksektir. Temel türleri ve temel sisteminin farklılığı maliyetlerin boyutunu önemli ölçüde artırmaktadır. Temel sistemi ve detayları olmadan imalatın yapılması da mümkün değildir. Bu projelerin yer aldığı ihalelerin tamamı anahtar teslimi olarak ihale edilmiştir. Belirsizliklerle hazırlanan maliyetlerin kabul edilebilirlikleri mümkün değildir. Bu durumda, ya devlet ya da yükleniciler mağdur edilmektedir.

Temellerin incelenmeleri sadece temel cinsini belirlememektedir. Bu inceleme kapsamında

temel derinlikleri, zemin su ilişkisi de tespit edilmektedir. Mevsimlere göre zemin su seviyesi değiştiği için, temel donatılarında korozyon olup olmadığı da tespit edilmektedir. Her iki durum da temeldeki imalat maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır.



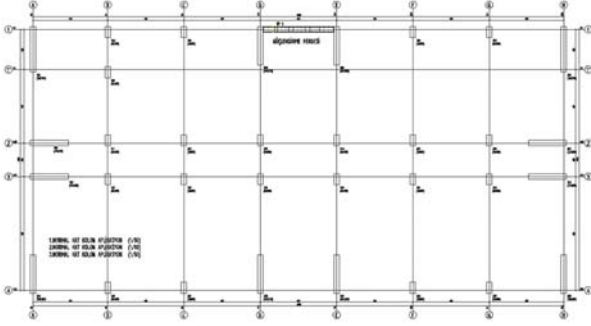
Şekil-2 Güçlendirme projelerinde yer alan temel bilgileri

Böyle bir uygulamanın örneğine ne konuyla ilgili kaynaklarda nede uygulamada rastlamak mümkün değildir. İnternete temel güçlendirilmesi diye yazmaya kalksanız, çok sayıda kaynağa ve örneğine rastlamak mümkündür. İnşaat mühendisi olup, temel dersi görmemiş mühendisi düşünmek mümkün değildir. Ayrıca önerilen yöntemin mühendislik bilgileri ile bağdaşır tarafı değil, bilimsellikle ilgisini kurmak mümkün değildir. Bilindiği gibi, her yapının temeli o yapının üst yapısına ve zemin koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

Şekil-3’te güçlendirme projesinden alınmış kalıp planı görülmektedir. Kalıp planından görüldüğü gibi, yapı taşıyıcı sistemi mevcut haliyle her iki yönde de tam bir simetriye sahiptir. Ancak, güçlendirme perdesinin ilavesi ile bu simetri tamamen bozulmuştur. Bir yapının dayanımı kadar davranışının da önemli olduğu dikkate alınırsa, bu yapının güçlendirilmesiyle yapıda deprem riskinin azalmadığı tam tersine arttığı kolayca görülmektedir.

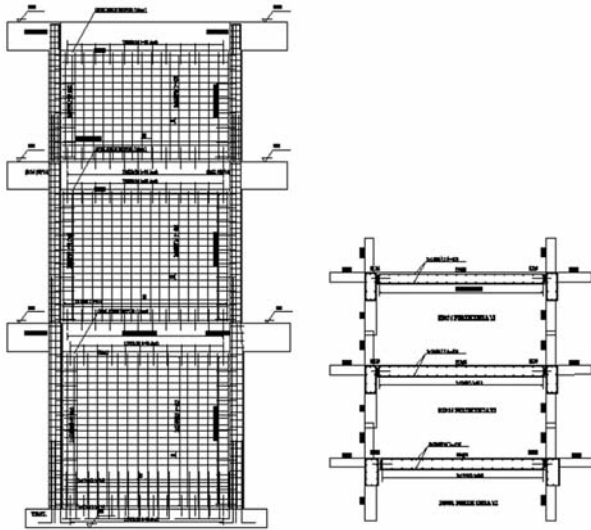
Mezun olur olmaz bir mühendise her türlü projeyi yapma yetkisini vermek mevcut sistemin hatasıdır. Bilgisayarın ve bilgisayar programlarının hizmete girmesi mühendislikte sağladığı yararlar kadar zararlarını birlikte getirmiştir. Artık eskiden olduğu gibi adım adım kontrolü olarak projeler yapılmamaktadır. Bunun sonucunda

mühendislik ürünleri değil, fason bilgisayar ürünleri üretilmektedir. Aslında birçok güçlendirme projesi mühendislik hizmeti değil bilgisayar hizmeti görmüş olmaktadır.



Şekil-3 Güçlendirme kalıp planı

Şekil-4'te güçlendirme projesi kapsamında hazırlanan perde detayı görülmektedir. Artık bu gibi detaylar, güçlendirme projesi yapan teknik elemanlar tarafından çok iyi bilinen standart detaylardır. Yönetmelikte de perde detayı yer almaktadır. Ancak, buna karşın detay incelendiğinde ilginçliği anlaşılmaktadır.

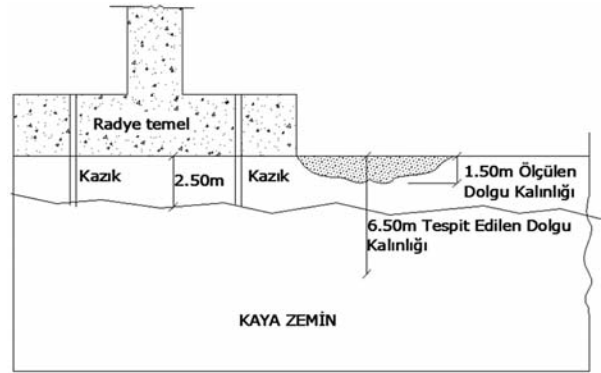


Şekil-4 Güçlendirme perde detayı

Düşey kesitten görüldüğü gibi, perde başlık bölgesi bulunmamaktadır. Donatı açılımları yapılmamıştır. Perde düşey donatılarında f8 donatı kullanılmıştır. Yatay kesitlerde kolon güçlendirmesi görülmezken, düşey kesitte kolon boyuna donatılar görülmektedir. Kesitlerde hiçbir boyut verilmemiştir.

Kontrollerin yapılması, metraj çıkarılması için yeterli bilgiler bulunmamaktadır. Böyle bir projenin uygulanabilirliği de mümkün değildir. Her şey demirci ustasının maharetine kalmaktadır. Bu gibi projeler, şantiyede alay konusu edilmekte, mühendisler küçük düşürülmektedir.

Şekil-5'te, zayıf zeminde yer alan bir yapının, radye temelinin B/A kazık çakılarak güçlendirilmesi kapsamında yapılan bir tespit ve gerçek durum görülmektedir. Şekilden görüldüğü gibi, zemin durumunun tespiti için 1.5 m derinlikte bir çukur kazılmıştır. Buradan hareketle nasıl tespit edildiği bilinmeyen bir şekilde, sağlam zeminin 6.5 m derinlikte olduğu belirtilmiştir. Uygulama projeleri bu tespite uygun olarak hazırlanmıştır. Ancak, uygulamada gerçekte sağlam zeminin 6.5 m değil, 2.5 m derinlikte olduğu görülmüş ve projeler revize edilmiştir. Değişiklik sonucunda projenin uygulama maliyeti 0.50 oranında azalmıştır.

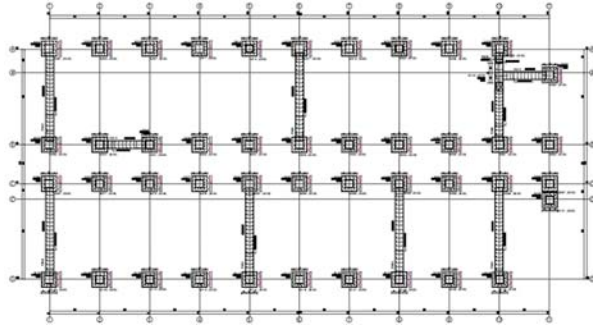


Şekil-5 Sağlam zeminin tespiti

Şekil-6'da 4.derece deprem bölgesinde yer alan, bodrum, zemin ve iki normal olmak üzere toplam dört katlı bir yapının, hazırlanmış güçlendirme projesinin kalıp planı görülmektedir.

Bu yapının bodrumu, çevre duvarları 50 cm kalınlıkta taş duvarlarla çevrili ve zemine gömülü rijit kattır. Duvarlarda taşıyıcı dolu tuğla kullanılmıştır, yani yapı taşıyıcı sistemi karmadır. Bütün katlarda kolonlar 30/30 cm boyutundadır. Kat yükseklikleri en üst katta 2.80 m, diğer katlarda 3.60 m yüksekliktedir.

Mevcut beton dayanımı 13.5 Mpa olarak tespit edilmiştir. Bu yapının son katı hariç diğer katlarında bir yönde %2, diğer yönde %0.2 oranında perdelerine ilave olarak tüm kolonlar B/A manto ile güçlendirilmiştir. Hiçbir duvar güçlendirmesi ön görülmemiştir.

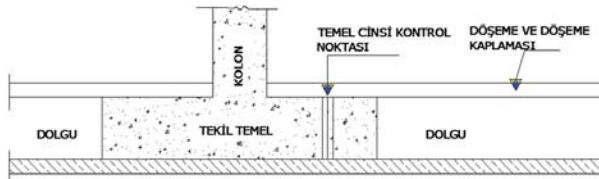


Şekil-6 Güçlendirme kalıp planı

Yapı karma olarak dikkate alınacağına betonarme olarak dikkate alınmıştır. Yapı her iki doğrultuda da aynı rijitlik ve dayanıma sahip olduğu halde, değişik oranda orantısız deprem perdeleri ilave edilmiştir. Yapıda bir yönde 0.02 gibi çok yüksek oranda deprem perdeleri kullanılmıştır. Ön görülen güçlendirme maliyetleri yeni yapım maliyetinin 0.50'sini aşmaktadır. Yani, maliyet oranı yapının yıktırılması gerektiğini göstermektedir.

Şekil-7'de güçlendirme kapsamında, temel cinsi tespiti görülmektedir. Hemen kolonun altından tespit yapılmış, betona rastlayınca temel cinsinin radye olduğuna karar verilmiştir. Uygulamada temel cinsinin radye değil, tekil olduğu anlaşılmıştır.

Anahtar teslimi olan işin şartnamesi gereğince, müteahhit temeli radyeye çevirerek çok büyük maddi kayıplara uğramıştır. Temel cinsi tespitinin nasıl yapılacağı açıkça belirtilmektedir. Bu uygulama, bilinçsizliğin ve sorumsuzluğun en güzel örneğidir.



Şekil-7 Hatalı temel cinsi tespiti

Yukarıda verilen örnekler, bizzat uygulamadan ve Kamu İhale Kurumunun ihale ettiği işlerin dosyalarından alınmıştır. Yani, bu projeler kullanılarak bu binalar güçlendirilmiştir. Bu sağlıksız projelerle güçlendirmenin ne kadar amacına hizmet ettiğini söylemek oldukça güçleşmektedir.

Bu yanlış uygulamaların örneklerini çoğaltmak mümkündür. Verilen örneklerin, güçlendirme projelerinin tasarımında yapılan hataların boyutlarını

ortaya koymak açısından yeterli olduğu düşüncesindeyim.

Uygulamadan uzak eğitimle yetişen mühendisler, rakamlara ve bilgisayar programlarına mahkûm olmaktadır. Mühendislik konularının teknik boyutu kadar işin maliyeti, projenin uygulanabilir olması ve ihale mevzuatlarının bilinmesi de önemlidir. Özellikle maliyet konusu yapıların güçlendirilmesinde çok daha önem kazanmaktadır. Güçlendirme maliyetinin yeni yapım maliyetine oranı yapının güçlendirilmesiyle ilgili kişi ve kurumların düşüncesini etkilemektedir. Yanlış kararların sebebiyet verdikleri kaynak kaybının boyutu çok büyük farklılıklar gösterebilmektedir. Bu yetersizliklerin giderilmesi ve sağlıklı bir şekilde mühendislik hizmetlerinin verilebilmesi için Yetkin Mühendislik Sistemine geçilmelidir.

Yeterli eğitim ve tesis alt yapısından yoksun üniversitelerden mezun olan mühendisler, yeterli mühendislik eğitimi alamadıkları halde mühendislik diplomasının verdiği tüm yetki ve haklara sahip olmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

1) Yukarıdaki örnekler, açıkça bazı yanlış uygulamaların mühendislerin yetersiz bilgi ve deneyimlerinden kaynaklandığını göstermektedir.

2) Çağımızın teknolojisi bilgiye ulaşımı oldukça kolaylaştırmaktadır. Mühendislik bilgi düzeyi gitikçe yükselmektedir. Ancak, buna paralel olarak güçlendirme tasarımlarında beklenen düzeye ulaşamamaktadır.

3) Yeterli bilgi ve deneyime sahip olmayan mühendislerin ayıklanabilmesi veya teknik düzeyin yükseltilebilmesi için bir an önce Yetkin Mühendislik veya benzeri denetim mekanizmalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir.

Yeni Birim Fiyat Analizlerindeki Öncelik Sıralaması

Atilla İNAN

E. Sayıştay Uzman Denetçisi
Başkent Üniversitesi, İhale Hukuku Öğr. Gör.

Mustafa BAŞYİĞİT

İnşaat Mühendisi

Giriş

Yeni birim fiyat ihtiyacı, 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununun 24.maddesinde tanımlanan yasal iş artış ve eksilişlerinin uygulamasında karşımıza çıkmaktadır.

Yeni birim fiyat, işin sözleşme ve eklerinde yer almayan fakat işin devamı esnasında idare tarafından yapılması istenilen veya yapımından vazgeçilen iş kalemleri için Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22.maddesindeki şartlar çerçevesinde kalınmak kaydıyla idare ve yüklenici arasında oluşan mutabakatla belirlenir. Bir başka deyişle yeni birim fiyat belirlenmesi idare ile yüklenicinin mutabakatı ile gerçekleşir. Ancak bu süreçte uyulması gereken bazı ilkeler vardır. Bunlar;

- 1- Yeni birim fiyat analizlerinde kurallarla belirlenen öncelik sıralamasına uyulması,
 - 2- Sözleşmeye esas fiyat analizlerinin sonradan değiştirilemeyeceği,
 - 3- Yeni birim fiyat analizlerinde uygulanacak rayiçlerin bir düzen içerisinde olması,
 - 4- Yeni birim fiyat konusunda karşılıklı mutabakat sağlanması,
 - 5- Rayiçlerin tespit tarihlerinin önemi,
 - 6- Yeni birim fiyatlarda yüklenici kârı ve genel giderlerin belirlenmesi esasları,
 - 7- Pirsantaj üzerinden yeni birim fiyat belirlenmesi ilkesi,
 - 8- Yeni birim fiyatların her iki taraf için de bağlayıcılığı olduğu, şeklinde ana başlıklar altında belirlediğimiz ilke, usul ve esaslardır.
- Bu yazımızda değinilen ilkelerde yeni birim fiyat analizlerinde öncelik sıralaması incelenecektir.

1) Yeni Birim Fiyat Analizlerindeki Öncelik Sıralaması:

YİĞŞ'nin Sözleşmede bulunmayan işlerin fiyatının tespiti başlıklı 22.maddesinde;

(1) 12.maddenin 4.fıkrasında belirtilen proje değişikliği şartlarının gerçekleştiği hallerde, işin yürütülmesi aşamasında idarenin gerekli görerek yapılmasını istediği ve ihale dokümanında ve/veya teklif kapsamında fiyatı verilmemiş yeni iş kalemlerinin ve/veya iş gruplarının bedelleri ile 21.maddeye göre sözleşme kapsamında yaptırılacak ilave işlerin bedelleri, ikinci fıkrada belirtilen usuller çerçevesinde yüklenici ile birlikte tespit edilen yeni birim fiyatlar üzerinden yükleniciye ödenir.

(2) Yeni fiyatın tespitinde iş kalemi veya iş grubunun niteliğine göre aşağıdaki sıralamaya uyularak oluşturulan analizlerden biri kullanılır:

a) Yüklenicinin birim fiyatlarının/teklifinin tespitinde kullanarak teklifi ekinde idareye sunduğu ve yeni iş kalemi/grubu ile benzerlik gösteren iş kalemlerine/gruplarına ait analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.

b) İdarede veya diğer idarelerde mevcut olan ve yeni iş kalemine/grubuna benzerlik gösteren analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.

c) İhaleyi yapan idarenin daha önce gerçekleştirdiği ve ihale konusu işe benzer nitelikteki yapım işlerinin sözleşmelerinde ortaya çıkan iş kalemleri/gruplarına ait maliyet analizleriyle kıyaslanarak bulunacak analizler.

ç) Yeni iş kaleminin/grubunun yapılması sırasında tutulacak puantajla tespit edilecek malzeme miktarları,

işçi ve makinelerin çalışma saatleri ile diğer tüm girdiler esas alınarak oluşturulacak analizler.” denilmek suretiyle, analiz kaynaklarının öncelik sırası belirlenmiştir.

Fiyat analizleri konusunda YİGŞ'nin 22.06.2005 tarihinden önceki halinde yeni birim fiyat analizi kaynakları bakımından herhangi bir öncelik ve üstünlük sırası yoktu. Halen yürürlükte olan yeni düzenlemede, analiz kaynaklarının öncelik ve üstünlük kuralı gözetilirken yeni fiyatı yapılacak iş kaleminin yapım şartları ve teknik özelliklerinin ön plana çıkarılması gerekmekte, yapılacak işin ilgili analizi tam olarak karşılayıp karşılamadığı hususuna özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir. Eğer düzenlenen analiz, yapılacak iş kalemini tam olarak karşılamıyorsa bir alt sıradaki analiz kaynağına gidilmesi gerekecektir.

YİGŞ'nin 22/2 maddesinde “*Yeni fiyatın tespitinde iş kalemi veya iş grubunun niteliğine göre aşağıdaki sıralamaya uyularak oluşturulan analizlerden biri kullanılır*” denildiğinden, maddede yapılan analiz kaynağı sıralamasına uyulması gerekecektir. Alt sıradaki bir analiz kaynağı öncelikle tercih edilmeyecek, en üst sıradaki duruma göre bir fiyat analizi yapılamıyorsa ikinci sıradaki ve daha sonra diğerleri sırasıyla tercih edilecektir.

Örneğin, kamu idarelerinde bulunan bir analiz varken bunun yerine daha alt sıradaki bir analizin kullanılabilmesi için bunun bilimsel ve teknik açıdan yapılacak işi tam olarak karşılamadığının (kullanılacak malzemenin teknik özellikleri, TSE standartlarına uyumluluk, birim imalatta sarf edilecek miktar, yardımcı malzemeler, amortisman giderleri, zayıf oranları, işçilik çeşitleri ve saatleri vb) ortaya konulması gerekecektir.

1-1- Yüklenicinin Teklif ekinde Sunduğu Analizler

YİGŞ'nin 22/2-a maddesindeki “*Yüklenicinin birim fiyatlarının/teklifinin tespitinde kullanarak teklifi ekinde idareye sunduğu ve yeni iş kalemi/grubu ile benzerlik gösteren iş kalemlerine/gruplarına ait analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler.*” ifadesi gereğince, yeni birim fiyat tespitinde varsa yüklenicinin idareye teklif ekinde sunduğu analizlere öncelik verilmesi gerekecektir.

Bu yöntem kıyas esasına dayanmakta olup, isteklinin rekabetçi ortamda ihaleyi kazanmasına sebep olan analizlerinin daha gerçekçi ve uygulanabilir olduğu kabulüne dayanmaktadır. İdare, bu analizleri ihale esnasında inceleyip uygun görerek ihaleyi verdiği için, uygulama esnasında tekrar incelenmesine gerek kalmayacaktır.

Esasen bu hüküm, 04.03.2009 tarihli 1.Mükerrer Resmi Gazetede yayımlanan Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğinin 30/ç maddesinde,

ç) Yaklaşık maliyeti, Kanununun 13.maddesinin birinci fıkrasının (b) bendinin (2) numaralı alt bendinde yapım

işleri için öngörülen üst limit tutarına eşit ve üzerinde olan ihalelerde, idare tarafından isteklilerden aşırı düşük tekliflerin değerlendirilmesi ile sözleşmenin uygulanması aşamasında kullanılmak üzere teklifleri ekinde

1) *Anahtar teslimi götürü bedel işlerde, teklif bedelini oluşturan iş kalemleri ve/veya iş gruplarına ait miktarlar ve bunlara ait birim fiyatlar ile bu fiyatlara ilişkin idarenin tanımladığı yapım şartlarına göre ihale dokümanı kapsamında verilen analiz formatına uygun analizler ve teklif bedelini gösteren hesap cetveli,*

2) *Teklif birim fiyatlı işlerde; teklif edilen fiyatlara ilişkin olarak idarenin tanımladığı her bir iş kaleminin yapım şartlarına göre ihale dokümanı kapsamında verilen analiz formatına uygun analizler, istenir. Teklifin aşırı düşük bulunması halinde ise Kanununun 38.maddesi uyarınca yapılacak açıklamada, ayrıca bu analizlere dayanak teşkil eden bütün bilgi ve belgeler (proforma faturalar, malzemeye ilişkin teklif alma yazıları, yardımcı analizler ve buna benzer) sunulur.”* şeklinde düzenlenmişken,

26.06.2010 tarihli Resmi Gazetede yayımlanan “4/3/2009 tarihli ve 27159 (Mükerrer) sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğinin 30.maddesinin birinci fıkrasının (ç) ve (d) bentleri yürürlükten kaldırılmıştır.” şeklindeki Yönetmelik değişikliğiyle iptal edilmiştir.

Görülebileceği üzere, Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğinin 30/ç maddesinin değişikliğinden önceki halinde isteklinin teklifiyle birlikte her iş kalemi için yeterlik kriteri olarak fiyat analizi verme zorunluluğu vardı ve bu analizleri vermeyen istekliler ihaleden elenmekteydi. Bu hüküm Danıştay kararı sonrasında Yönetmelik değişikliğiyle kaldırılarak ihale esnasında isteklilerden teklif ekinde analiz istenmesi uygulamasından vazgeçilmiştir.

Kanaatimizce YİGŞ'nin 22/2-a maddesindeki fiyat analizi konusundaki bu hüküm Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğinin değişikliğinden önceki hali gereğince ilk sıraya konulmuştur. Ancak, isteklilerin 26.06.2010 tarihinden sonraki ihalelerde idareye teklifleri ekinde analiz sunma zorunluluğu olmadığı için, esasen YİGŞ'nin 22/2-a maddesinin uygulama alanı da kalmamıştır.

Diğer taraftan, Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğinin “Sınır değer ve aşırı düşük teklifler” başlıklı 60.maddesindeki;

“(1) Değişik: RG-7/6/2014-29023) *İhale komisyonu verilen teklifleri değerlendirdikten sonra Kurum tarafından belirlenen yönetime göre sınır değeri hesaplar.*

(2) *İhale ilanında ve dokümanında teklifi sınır değerinin altında olan isteklilerden açıklama isteneceğinin belirtilmesi halinde, sınır değerinin altında olan teklifler ihale komisyonunca aşırı düşük teklif olarak tespit edilir. Bu*

teklif sahiplerinden Kurum tarafından belirlenen kriterlere göre teklifte önemli olduğu tespit edilen bileşenler ile ilgili ayrıntılar yazılı olarak istenir. İhale komisyonu;

a) Yapım yönteminin ekonomik olması,

b) Seçilen teknik çözümler ve teklif sahibinin işin yerine getirilmesinde kullanacağı avantajlı koşullar,

c) Teklif edilen işin özgünlüğü,

gibi hususlarda yapılan yazılı açıklamaları dikkate alarak aşırı düşük teklifleri değerlendirir. Bu değerlendirme sonucunda, açıklamaları yeterli görülmeyen veya yazılı açıklamada bulunmayan isteklilerin teklifleri reddedilir. İhale komisyonunca reddedilmeyen teklifler geçerli teklif olarak belirlenir.

(3) İhale ilanında ve dokümanında ihalenin, Kanunun 38.maddesinde öngörülen açıklama istenmeksizin sonuçlandırılacağı belirtilmesi halinde; ihale, ekonomik açıdan en avantajlı teklif üzerinde bırakılır.

(4) Yaklaşık maliyeti Kanunun 8.maddesinde öngörülen eşik değerinin yarısına kadar olan ihalelerde, ihale ilanında ve dokümanında sınır değerinin altında olan tekliflerin reddedileceğinin belirtilmesi halinde, sınır değerinin altında olduğu tespit edilen isteklilerin teklifleri açıklama istenmeksizin reddedilir.” şeklindeki hükümler gereğince istekliden aşırı düşük sorgulaması istenebilmektedir.

İsteklinin bu çerçevede idareye sunduğu fiyat analizlerinin uygulama esnasında ortaya çıkan yeni birim fiyat analizlerinde kullanılıp kullanılmayacağı tartışılabilir. Zira bu analizler ihalenin başındaki teklif ekinde sunulan analiz hüviyetinde olmayıp, çoğu zaman isteklilerin ihaleyi kazanabilmek ve idareyi ikna edebilmek için çeşitli amaçlarla sonradan sunduğu ek belge niteliğindedir. Aşırı düşük sorgulamasına ilişkin düşük fiyat veren tedarikçi ile bu teklife göre hareket eden mali müşaviri kontrol eden bir mekanizma yoktur. Piyasada sırf bu işle (aşırı düşük sorgulaması) profesyonel olarak iştigal eden firmaların bulunduğu da bilinmektedir.

Diğer taraftan, aşırı düşük teklif sorgulaması sürecinde idareye verilen analizlerin teklif ekinde, teklifle birlikte veya teklif kapsamında verildiği söylenemez. Zira, 4734 sayılı Kanunun tanımlar başlıklı 4.maddesine göre “Teklif: Bu Kanuna göre yapılacak ihalelerde isteklinin idareye sunduğu fiyat teklifi ile değerlendirmeye esas belge ve/veya bilgiler” şeklinde tanımlandığından, isteklilerin ihaledeki teklifleri açıklandıktan sonraki değerlendirme aşamasında ve sadece aşırı düşük teklif sahiplerince sunulan analizlerin teklif eki olduğunu söyleyebilmek zordur. Ayrıca, aşırı düşük sorgulamasında istenilen analizler YİUY'nin 60.maddesindeki tanımıyla “açıklama” olarak nitelendirilmiş olup, “teklif eki” niteliğinde olmadığı savunulabilir.

Bu açıklamalar çerçevesinde, mevzuatta yer alması

sebebiyle aşırı düşük sorgulamasında ortaya çıkan teklif analizlerin uygulama esnasındaki yeni birim fiyat analizi oluşturulmasında dikkate alınmasına ilişkin bir zorunluluğun olmadığı düşünülebilir. Ancak, YİGŞ'nin 22.maddesindeki “.....yüklenici ile birlikte...” ibaresi gereğince kamu yararı da gözetilerek idareyle yüklenicinin karşılıklı olarak anlaşması halinde buna engel bir durumun da olmayacağı kanaatindeyiz.

1-2- İdarede veya Diğer İdarelerde Mevcut Olan ve Yeni İş Kalemine/Grubuna Benzerlik Gösteren Analizlerle Kıyaslanarak Bulunacak Analizler:

Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22/2-b maddesinde yer alan “idare” sözcüğünden sözleşmenin tarafı olan kamu kuruluşunu, “diğer idareler” sözcüğünden ise birim fiyat yapma yetkisi olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, MSB, TCK, DSİ, TEDAŞ, DLH, İller Bankası, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü gibi kamu idarelerinin anlaşılması gerekir.

Birim fiyat yapma yetkisine sahip kurumların aynı iş türlerine ilişkin farklı analizleri olabilir. Bu durumda emsal alınacak analizin, yapılması istenilen imalatı tam olarak karşılayıp karşılamadığı hususuyla birlikte analizi hazırlayan kurumun ihtisas alanına bakılması gerekir. Örneğin alt yapı işlerinde İller Bankası analizlerinin, yol işlerinde Karayolları Genel Müdürlüğü analizlerinin, bina işlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığına ait analizlerin kullanılması daha gerçekçi olacaktır.

13.12.1983 tarihli 180 sayılı Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmündeki Kararnamenin “Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Yükümlülüğü” başlıklı 32.maddesindeki “(Değişik madde: 08/06/1984 - 209 KHK - 15 md.) Kamu kurum ve kuruluşları; katma bütçeli daireler, il özel idareleri, belediyeler; 2.maddenin (n) bendinde belirtilen tüzük, yönetmelik, tip sözleşme, şartname, rayiç, fiyat analizleri ve birim fiyatlarına uymak ve uygulamakla yükümlüdürler.” hükmü gereğince, mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığınca her yıl yayımlanan birim fiyat, rayiç ve bunlara ait fiyat analizlerinin, birim fiyat yapma yetkisi olmayan idareler bakımından ilk sırada bağlayıcılığı vardı. Ancak, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 04.07.2011 tarihli 644 sayılı Kanun Hükmündeki Kararname ile yeniden yapılandırılarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ismini almıştır. 644 sayılı KHK'nin “Kamu kurum ve kuruluşlarının yükümlülüğü” başlıklı 32.maddesinde; “(1) Merkezi yönetim kapsamındaki kamu idareleri, sosyal güvenlik kurumları ve mahalli idareler, ilgili kanunlarında aksine bir hüküm bulunmadığı takdirde 4734 sayılı Kamu İhale Kanunu ve 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununa göre ihale ettikleri işler hariç bu Kanun

Hükmünde Kararname uyarınca çıkarılan yönetmelik, tip sözleşme, şartname, rayiç, birim fiyat, birim fiyatlara ait analiz ve tariflerine uymak ve bunları uygulamakla yükümlüdür.” denildiğinden, 4734 ve 4735 sayılı kanunlara göre yürütülen yapım işlerinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca hazırlanan birim fiyat, rayiç ve fiyat analizlerine ilk sırada ve öncelikle uymak ve uygulamakla ilgili yükümlülük kaldırılmıştır.

Burada hatırlatılması gereken bir başka konu da, Milli Savunma Bakanlığının kendi özel ihtiyaçları için hazırladığı birim fiyat ve fiyat analizleri resmi olarak ilan edilmediğinden, diğer idarelerin bu fiyat ve analizleri kullanma zorunluluğunun olmadığı kanaatindeyiz. Ancak, bu analizlerden kaynak çeşitliliği bakımından istifade edilmesi de faydalı olabilir.

YİĞŞ'nin konuya ilişkin hükmündeki “İdarede veya diğer idarelerde mevcut olan ve yeni iş kalemine/grubuna benzerlik gösteren analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler” ifadesinin bu konudaki ihtiyacı tam olarak karşılamadığı kanaatindeyiz. Zira, burada sadece “benzerlik” ve “kıyas” sözcükleri kullanılmıştır. Halbuki, idarede veya diğer idarelerde mevcut olan analizlerin yahut kamu kurum ve kuruluşlarınca yayımlanan birim fiyat analizlerinin yapılacak işi bire bir tam olarak karşılaması halinde, kıyas yöntemine gerek olmadan doğrudan kullanılması mümkündür.

Az yukarıda bahsedildiği üzere, aynı iş türlerine ilişkin olarak farklı kamu kuruluşları tarafından hazırlanmış birden fazla analiz varsa ve bu analizler birbirinden farklıysa, fiyat analizinin yapılacak işi tam olarak karşılayıp karşılamadığı hususuyla birlikte analizi düzenleyen kamu kurumunun ihtisas ve işgal alanına göre tercihte bulunulması gerekecektir.

Esasen bu düzenleme, idarelerin sadece Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yayımlanan birim fiyat ve analizlerinin değil, aynı konudaki diğer kamu kurumlarının yayımlanan birim fiyat ve analizlere de vakıf olmalarını gerekli hale getirmiştir.

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 1998, İlâm No: 1457, Dosya No: 26171,
Tutanak No: 26219, Karar Tarihi: 31.03.2003

Özeti: Kaldırım düzenleme işinde, beton yol sökülmesi bedelinin İller Bankasının 18.1732 poz nolu (Beton yol kırılması) birim fiyatı üzerinden ödenmesi gerekirken, Bayındırlık ve İskan Bakanlığının 18.185 poz nolu (Patlayıcı madde kullanmadan demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması) birim fiyatı üzerinden ödenmesi mevzuata aykırıdır.

“3- Aynı ilâmın 3.maddesi ile Taşeron.....yükleniminde bulunan.....Emanet İnşaatı işinde beton yol sökül-

mesi bedelinin B.İ.G.Ş.nin 20.maddesi gereği İller Bankası Genel Fiyat Analizlerinde yer alan 18.1695 poz nolu birim fiyat üzerinden ödenmesi gerekirken Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Birim Fiyat Analizlerinde yer alan 18.185 poz nolu “Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması” birim fiyatı üzerinden ödenmesi sonucu 693.459.000.-liranın tazminine hükmolunmuştur.

Dilekçi dilekçesinde, İller Bankası Genel Müdürlüğü Genel Fiyat Analizinde yer alan 18.1695 poz nolu beton sökülmesi birim fiyatının tarifinde “Bu poz kalınlığı 10 cm’ye kadar (10 cm dahil) olan beton yolun her cins alet ile sökülmesi ibaresinin yeraldığını, halbuki ödenen iki adet hakedişte ekli metrajlarında görüleceği üzere beton kalınlığının 15-20 cm olduğunu, bu nedenle 18.185 poz nolu patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması” pozunun birim fiyatı ile ödemede bulunulmasının bir fazla ödemeye neden olmadığını, Kurumlarının 180 sayılı KHK'nin 209 maddesi ile değişik 32.maddesi kapsamına girdiğini bu nedenle Bayındırlık ve İskan Bakanlığının yayınladığı birim fiyatlar ile ihale yapıldığını, yapılan imalatın burada yeralan 18.185 poz nolu patlayıcı madde kullanmadan demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkım işi olduğunu, ayrıca yapılan işe ait sözleşmede, sözleşme tabii ekleri arasında, 1998 yılı Birim Fiyat Tarifleri ve Eki Birim Fiyat Listeleri ile Bayındırlık İşleri Genel Şartnamesinin yeraldığını belirterek konunun Temyiz Kurulu tarafından karara bağlanmasını talep etmektedir.

Hakediş ödemesine esas alınan 18.185 Poz No.lu Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması analizinin tarifinde “Patlayıcı madde kullanmadan, demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması, inşaat yerindeki yükleme, yatay ve düşey taşıma, boşaltma, her türlü işçilik, araç ve gereç giderleri, müteahhit kârı ve genel giderler dahil, 1 m3 demirli ve demirsiz beton inşaatın yıkılması fiyatı:

ÖLÇÜ: Yıkılan yerin kayıtlarına göre hacmi hesaplanır. denilmektedir.

Söz konusu işle ilgili hakediş raporuna ekli metraj ve ataşman sayfaları incelendiğinde; Bayındırlık ve İskan Bakanlığının Birim Fiyat Analizlerinde yeralan 18.185 poz nolu “Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması” birim fiyatı ile 15-20 cm kalınlığındaki beton yol kırılması ve rogar kırılmasına ilişkin işlerin bedellerinin ödendiği anlaşılmaktadır.

18.185 no.lu pozun tarifinden de anlaşılacağı üzere, bu pozda inşaat işlerinde beton kırılması düzenlendiğinden söz konusu işte rogar kırılması da bu kapsamda değerlendirilip, bedelinin bu pozun birim fiyatı üzerinden ödenmesinde mevzuata aykırı bir husus bulunmamakta-

dır. Ancak 15-20 cm kalınlığındaki beton yol kırılmasına ilişkin işlerin bedellerinin ödenmesinde 18.1695 no.lu İller Bankası pozunun kullanılması bu pozun tarifi gereği mümkün değildir. Zira bu pozun tarifinde "Kalınlığı 10 cm'ye kadar (10 cm dahil) olan beton yolun her cins alet ile sökülmesi, yol kenarına istifi inşaat yerindeki yatay, düşey taşıma, boşaltma ve her türlü işçilik, alet, edavat giderleri ile yüklenici kârı ve genel giderleri dahil, beton yol sökülmesinin 1m3 fiyatı:....."denilmektedir. Bu nedenle 15-20 cm kalınlığındaki beton yol kırılması için yapılan ödemelerde İller Bankasının 18.1695 nolu pozu yerine 18.1732 nolu Beton Yol Kırılması pozunun esas alınması gerekmektedir.

Açıklanan nedenlerle ilâmın 3.maddesi.....liraya ilişkin olarak verilen tazmin hükmünün, yeniden hüküm tesisini teminen bozularak dosyanın ilgili daireye TEV-DİİNE, (.....nun ilâmda tazmin kararına esas alınan İller Bankasının 18.1695 nolu pozunun yapılan işe uygun olmaması,18.185 pozunun keşifte yer alması, yüklenicinin bu keşfe göre ihaleye katılıp ve ihale tenzilatı yapması nedeni ile beton yol kırılmasına ilişkin ödemelerde İller Bankası Genel Fiyat Analizlerinde yer alan 18.1695 poz nolu birim fiyatı yerine Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Birim Fiyat Analizlerinde yer alan 18.185 poz nolu "Patlayıcı Madde Kullanmadan Demirli ve Demirsiz Beton İnşaatın Yıkılması" birim fiyatının esas alınmasında mevzuata aykırı bir husus bulunmamaktadır Bu nedenle tazmin hükmünün kaldırılması gerekir şeklindeki ayrışık görüşlerine karşı) oy çokluğu ile,..... 31.03.2003 tarihinde karar verildi."

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 2007, İlâm No: 844, Dosya No: 32829

Tutanak No: 34677, Karar Tarihi: 27.03.2012

Özeti: Yeni birim fiyat analizlerinde, emsal alınan Bayındırlık ve İskan Bakanlığı analizlerinin bilimsel ve teknik gerekçesi olmaksızın değiştirilmemesi gerekir.

"Kabul edilebilir bilimsel ve teknik bir gerekçeye dayanmadıkça, yeni birim fiyat yapımında, emsal alınan Kamu Birim Fiyat Analizindeki işçilik ve malzeme miktarlarının artırılması mümkün değildir.

YFZ.24 poz nolu "PVC kaplı galvanizli tel çit yapılması" yeni fiyat analizinin yapım şartı "Projesine göre daha önceden hazırlanmış boru karkas üzerine pvc kaplı galvanizli kafes teli, gergi telleri ile gerdirilerek sarılması, ..." şeklinde tarif edilmiştir. Yeni birim fiyat yapılırken Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 51.106/B poz nolu "Galvanizli Kafes Telden Çit Yapılması" analizindeki 04.278 galvanizli tel, 04.278/1 galvanizli kafes tel pozlarının miktarları ve işçilikler artırılarak alınmıştır. Ancak telin pvc kaplanmış olması tel çitin yapılması için daha

fazla miktarda tel ve işçilik kullanılmasını gerektirmektedir. Dilekçede de pvc kaplı telin pvc kaplı olmayan tele göre miktar ve işçiliklerinin neden artması gerektiğine dair açıklama yapılmamıştır.

YFZ.24 poz nolu "PVC kaplı galvanizli tel çit yapılması" imalatı ile 51.106/B poz nolu "Galvanizli Kafes Telden Çit Yapılması" imalatı arasındaki tek fark telin pvc kaplı olmasıdır ve ilamda pvc kaplama bedelinin ödenebileceği kabul edilmiştir.

Bu itibarla dilekçi iddialarının reddiyle 844 sayılı ilâmın 20.maddesiyle verilen tazmin hükmünün TASDİKİNE,

Karar verildiği 27.03.2012 tarih ve 34677 sayılı tutanakta yazılı olmakla işbu ilam tanzim kılındı."

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 2007, İlâm No: 844, Dosya No: 32822

Tutanak No: 34678, Karar Tarihi: 27.03.2012

Özeti: Yeni birim fiyat analizlerinde, emsal alınan Bayındırlık ve İskan Bakanlığı analizlerinin bilimsel ve teknik gerekçesi olmaksızın değiştirilmemesi gerekir.

"Yeni birim fiyat yapılan 16.080/A "Andezit bordür döşenmesi (15/10/50 cm)" ve 16.080/AA "Andezit bordür döşenmesi (10/25/70 cm)" pozlarının analizlerinde zayıf at öngörülmüştür. Kamu idarelerince hazırlanan birim fiyatlarda imalat esnasında zayıf at olabilecek iş kalemlerinin analizlerinde zayıf at oranı ayrıca dikkate alınmaktadır. Bayındırlık Bakanlığı birim fiyatlarındaki 26.221 "Andezit Bordür Temini ve Yerine Döşenmesi (10x15x50cm)" pozunun analizinde 1 m de kullanılacak bordür adedi 2 (100 cm/50 cm)'dir. Dolayısıyla zayıf at öngörülmemiştir. Aynı şekilde 26.222 "Andezit Bordür Temini Ve Yerine Döşenmesi (10x20x70 cm)" pozunun analizinde 1 m de kullanılacak bordür adedi 1,43 (100 cm/70 cm) olarak belirlenmiş, zayıf at öngörülmemiştir.

Bu itibarla bordür döşenmesi imalatı için yapılan yeni birim fiyatlarda zayıf at öngörülmesi mümkün olmadığından 844 sayılı ilâmın 21.maddesiyle verilen tazmin hükmünün TASDİKİNE,

Karar verildiği 27.03.2012 tarih ve 34678 sayılı tutanakta yazılı olmakla işbu ilam tanzim kılındı"

1-3- İhaleyi Yapan İdarenin Daha Önce

Gerçekleştirdiği ve İhale Konusu İşe Benzer

Nitelikteki Yapım İşlerinin Sözleşmelerinde

Ortaya Çıkan İş Kalemleri/Gruplarına Ait Maliyet

Analizleriyle Kıyaslanarak Bulunacak Analizler:

Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22/2-c maddesine göre bu analiz kaynağı 3.sırada yer almaktadır. Yapım İşleri İhaleleri Uygulama Yönetmeliğindeki 26.06.2010 tarihindeki değişiklikler sebebiyle Yönetmeliğin 30/c maddesinin iptal edildiği ve ihale esnasında isteklilerden

teklif ekinde analiz istenmesi uygulamasından vazgeçildiği ifade edilmişti.

İdarelerin bu gibi durumlar için, daha önceki benzer sözleşmelerin uygulanması esnasında ortaya çıkan analizleri de kullanabilmeleri mümkün olmakla birlikte, idarenin elinde daha önce gerçekleştirdiği ihaleler bakımından teklif ekinde sunulan analiz olmayacağından, analiz düzenlemelerinde bu kaynakların kullanılmasında zorluklar yaşanacağı tabiidir. İdarenin dokümanlarının aksine, yüklenici durumu belgelendirdiğinde, yüklenicinin sunduğu belge esas alınmalıdır.

Bu arada, idarelerin bu konuda ciddi bir arşiv oluşturmadıklarının uygulamada dikkati çektiğini vurgulamak gerekir.

Bazı idare uygulamalarında sıkça rastlandığı üzere, yaklaşık maliyet hazırlarken kullanılan analizlerin idare tarafından onaysız olması halinde bunların geçerliğinden söz edilemez. Zira, analizlerin geçerliği ancak onay şartına bağlıdır. Bazı idarelerce yaklaşık maliyet hazırlanırken inşaat, mimari, mekanik tesisat, elektrik tesisatı, alt yapı, peyzaj işleri gibi genel anlamdaki meslek disiplinlerine ait yaklaşık maliyet icmalleri ile bunların genel toplamlarını imzalamakla yetindikleri, bunların detaylarını gösteren birim fiyat analizlerini onaylamadıkları görülebilmektedir. Bu durumda yaklaşık maliyetin icmal sayfasının onaylanmasıyla fiyat analizlerinin de onaylanmış olduğunu varsaymak tartışma konusu olabilir. Bununla birlikte genel anlamdaki bir onayın, detayların onayını da kapsadığı düşünülebilirse de, bu durum bir kuralla veya içtihatla açıklık kazanmamıştır.

Belirtilen nedenlerle, idarelerin yaklaşık maliyet hazırlarken kullandıkları onaylanmış fiyat analizlerinin uygulama esnasında başka bir işin yeni fiyat tespitinde de kullanabilecekleri göz önüne alınarak, bu analizleri onaylayarak ihale işlem dosyasında muhafaza etmeleri uygulama esnasında büyük kolaylık sağlayacaktır.

1-4- Yeni İş Kaleminin/Grubunun Yapılması Sırasında Tutulacak Puantajla Tespit Edilecek Malzeme Miktarları, İşçi ve Makinelerin Çalışma Saatleri İle Diğer Tüm Girdiler Esas Alınarak Oluşturulacak Analizler:

Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22/2-ç maddesine göre bu analiz kaynağı 4.sırada yer almaktadır.

Bu yöntem idareler tarafından sıkça başvurulmuş bir yöntemdir. Yapı denetim elemanı ile yüklenicinin birlikte yapacağı bir çalışmayla imalata giren bütün malzeme çeşitleri, malzemelerin miktarı, malzemenin zayıtı, işçi, usta, usta yardımcıları ve çırakların çalışma saatleri, makine ve ekipmanların çalışma saatleri, amortisman

bedelleri, hava şartları, kullanılan enerji, sarf malzemeleri gibi fiyat analizinin oluşturulmasında birçok parametresi olan girdilerin sağlıklı bir şekilde puantajla tespit edilmesi esasına dayanır.

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı

Tarih: 23.06.1998, Tutanak No: 24192

YİĞŞ' nin 20.maddesinde belirtilen yol izlenmek suretiyle tespit edilen yeni birim fiyat ile bu fiyatların elde edilmesinde kullanılan veya puantaj suretiyle elde edilen işçilik ve malzeme değerlerinin, mükerrerlik ve teknik bilirkişi hariç, yüksek olduğunu ileri sürerek analizini ve birim fiyatını değiştirmek ve tazmin hükmüne dayanak yapmak mümkün değildir.

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 1994, İlâm No: 2143, Dosya No: 24604

Tutanak No: 25030, Karar Tarihi: 30.01.2001

Özeti: Aksi teknik yönden kanıtlanmadığı sürece, tespit edilen yeni birim fiyat ile bu fiyatların elde edilmesinde kullanılan veya puantaj suretiyle elde edilen işçilik ve malzeme değerlerine itibar edilmesi gerekir.

"2143 sayılı ilâmın 3.maddesiyle, aynı inşaat işinde, YFZ/02 özel poz no.lu izolasyon imalat iş kalemi analizinde, yardımcı analiz olan 19.043 poz no.lu resmi analize nazaran malzeme ve işçilik miktarlarının fazla olması sebebiyle 473.307.580.-liraya tazmin hükmolunmuştur.

Bu hükme karşı dilekçi, idarece tanzim olunan YFZ.02 pozunun tespitinde Bayındırlık Bakanlığına ait 19.043 pozunun analizinden faydalanılarak işçilik tespit tutanağı ve kullanılan malzemenin fatura fiyatının esas alındığını, kendi pozları ile Bayındırlık pozunda yer alan imalatların farklı olduğunu, imalatın yapımında kendi analizlerinde belirtilen malzeme ve işçiliklerin kullanılmış olması sebebiyle herhangi bir fazla ödeme yapılmadığını ileri sürmektedir.

İlâmdan, işin özel bir imalat olduğu, Bayındırlık analizlerinin bu işin yapımı için yeterli olmadığı, yeni analizlerin gerekli olduğunun idarece kabul edilerek uygulandığı, Sayıştay denetim ve yargısının da bu hususları kabul ettiği anlaşılmaktadır. Tartışma konusu olan, yeni analizde yer alan işçilik miktarında idarece tutanakla tespit edilen işçilik saat sayısının mı yoksa Bayındırlık analizlerinde belirtilen işçilik saat sayısının mı kullanılması gerektiği hususudur.

İlk olarak birbirinden farklı imalatların aynı miktar işçilik ile yapılması, ikinci olarak B.İ.G.Ş.nin 20.maddesinde belirtilen yol izlenmek suretiyle tespit edilen yeni birim fiyat ile bu fiyatların elde edilmesinde kullanılan veya puantaj suretiyle elde edilen işçilik ve malzeme değerlerinin, mükerrerlik ve teknik bilirkişi tespiti hariç, yüksek

olduğunu ileri sürerek analizini ve birim fiyatını değiştirmek ve tazmin hükmüne dayanak yapmak mümkün değildir.

Yukarıda belirtilen sebeplerle, dilekçi iddialarının kabulü ile 2143 sayılı ilamın 3.maddesiyle.....liraya ilişkin olarak verilen tazmin hükmünün KALDIRILMASINA (... Başkanı...nın ilâmda belirtilen sebep ve gerekçeler doğrultusunda hükmün tasdikinin gerektiği hakkındaki ayrışık oyuna karşı) oyçokluğu ile..."

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 1994, İlâm No: 2003, Dosya No: 24410,

Tutanak No: 25104, Karar Tarihi: 20.03.2001

Özeti: Aksi teknik yönden kanıtlanmadığı sürece, tespit edilen yeni birim fiyat ile bu fiyatların elde edilmesinde kullanılan veya puantaj suretiyle elde edilen işçilik ve malzeme değerlerine itibar edilmesi gerekir.

"2003 sayılı ilâmın 27/A maddesiyle 1993 yılından 1994 yılına devreden ihzarat malzemeleri için ihzarat kesintisi yapılmaması; 27/B maddesiyle bazı imalatlar bünyesine giren bitüm bedellerinin Orta Anadolu Rafineri rayiç fiyatı yerine işbaşı rayiç fiyatından ödenmesi; 27/C maddesiyle, 17.143 poz no.lu analizden faydalanılarak tanzim edilen 8x8x8 cm boyutlarındaki granit küp taş ile harçlı tretuvar kaplaması yapılması işinde birim imalâta 04.034/1 poz no.lu küçük parke taşından 102 adet kullanılması gerektiği halde 145 adet kullanılmış gibi birim fiyat tesbit edilmesi, 27/D maddesiyle, İlk keşfe tahminen konulan Beton Bordür Yapımı ve Yerine Döşenmesi imalâtına ait birim fiyatın TCK'ya ait 3362 poz no.lu "Beton Yaya Kaldırım Bordürü" imalâtına ilişkin analizden yararlanılarak tesbit edildiği, ancak uygulama sırasında bu analizde belirtilen 21.001 poz no.lu ahşap seri kalıp yerine 21.035/1 poz no.lu "saç ile dişli (nervürlü) çıplak beton ve betonarme döşeme kalıbı" kullanıldığı varsayımından hareketle birim fiyat tespit edilmesi sebepleriyle tazmin hükmolunmuştur.

İlâmın 27/A ve B maddeleriyle verilen tazmin hükümlerine ilişkin olarak dilekçi tarafından tahsilat bildirilmekte ise de, hüküm tarihinden önce yapılmış olan söz konusu tahsilatlar temyiz konusu olmayıp yargılamanın iadesiyle ilgili bulunduğundan, gereğinin ifasını teminen dosyanın ilgili daireye tevdiî gerekmektedir.

İlâmın 27/C maddesiyle verilen hükme karşı dilekçi, 17.043 poz no.lu imalâta ilişkin analizden işçilik miktarının tesbiti amacıyla yararlanıldığını, derz aralarının 0.5 cm olacak şekilde projelendirildiğini, birim imalâttaki taş miktarının fiili tesbitlere dayandırıldığını, bu tesbit sonucunda 145 adet taş kullanıldığının belirlendiğini ve yeni fiyatın tesbitinde bu miktarın esas alındığını ileri sürerek tazmin hükmünün kaldırılmasını talep etmektedir.

İlâmda, 8x8x8 cm. boyutlarında granit küp taş ile harçlı tretuvar kaplaması imalâtı için, imalâta kum yerine harç kullanılması sebebiyle, idarece yapılan yeni analiz esas olarak kabul görmüş, ancak idarece fiilen yapılan ölçümlerde tespit edilen 145 adet taş yerine 17.143 poz no.lu analizde belirtilen 102 adedin esas alınması gerektiği hükme esas alınmıştır.

17.143 poz no.lu analiz ihtiyaca cevap vermediğinden yeni analiz yapılmıştır. Eğer yeni analizin gerekliliği kabul edilmiş ise, mükerrerlik ve teknik bilirkişi tesbiti hariç, usulüne uygun olarak yapılan bu analize bağlı kalmak gerekmekte, idarece fiili tesbit sonucunda elde edilen miktarı, fahiş ve yanlış olmadığı sürece, kabul zorunlu olmaktadır.

17.143 poz no.lu Bayındırlık Analizi, boyutları 8, 9 ve 10 cm olan küptaşların her biri için ayrı ayrı değil ortalama (9 cm) alınmak suretiyle miktar tesbiti yapılmıştır. İdarece yapılan yeni analizde ise, fiilen kullanılan 8 cm lik küp taş ve 0.5 cm lik derz aralığı dikkate alındığında, 1 m de kullanılan taş sayısı 12 adet, 1 m2 de kullanılan taş sayısı ise 144 adet olmaktadır. Bu durum idarece yapılan tesbiti ve dilekçi iddialarını doğrulamaktadır.

İlâmın 27/D maddesiyle verilen hükme karşı dilekçi, bordür taşlarının 8.000-10.000 titreşimli basınç altında ve beton slambı 8 olacak şekilde prefabrik olarak yapıldığını, bu hususların temin edilebilmesi için saç kalıplar kullanıldığını, TCK'ya ait 3362 poz no.lu imalâtın ise işyerinde ve ahşap kalıpla yapılması sebebiyle istedikleri özellikleri elde edemeyeceklerini, bu sebeple ne bu pozda ne de 21.001 no.lu pozda yer alan ahşap seri kalıbı kullanmadıklarını, kullanmış oldukları özel saç kalıbın resmi makamlarca tesbit edilmiş bir birim fiyatının olmadığını, yapılan yeni analizde, özel fiyat yerine, duruma en uygun 21.035/1 poz no.lu analizde belirtilen saç kalıbın fiyatının esas alındığını ileri sürerek tazmin hükmünün kaldırılmasını talep etmektedir.

Yukarıda 27/C maddesine ilişkin görüşlerimizde de açıklandığı üzere, gerekliliği kabul edilen ve usule uygun olarak yapılan yeni analize, mükerrerlik ve teknik bilirkişi tesbiti ile fahiş miktar ve fiyatlandırılmalar hariç, bağlı kalmak ve kabul zorunlu olmaktadır. İlâmda ise bu yolda hiçbir iddia ve hüküm yer almamaktadır. İlâmda ayrıca, sorumlular tarafından ileri sürülen, saç kalıbın ve imalâtın özel olduğu hususu da karşılanmamıştır.

Açıklanan sebeplerle, dilekçi tarafından ilâmın 27/A ve B maddesine ilişkin olarak bildirilen ve hüküm tarihinden önce mahsuben yapılmış olan tahsilatlar temyiz konusu olmayıp yargılamanın iadesi ile ilgili bulunduğundan, bu hususta Kurulumuzca yapılacak işlem olmadığına ve gereğinin ifasını teminen dosyanın ilgili daireye tevdiine, 27/C ve D maddeleri ile ilgili itirazlarının

kabulüne; sonuç olarak 2003 sayılı ilâmın 27. maddesiyle liraya ilişkin olarak verilen tazmin hükmünden.....liralık kısmının düşülerek kalan.....liranın sorumluların uhdesinde kalmak üzere hükmün.....lira olarak DÜZELTİLMEK SURETİYLE TASDİKİNE (Üye.....ın esasa ilişkin gerekçelere aynen katıldığı ancak sonuç hükmünün A ve B fıkraları için dairesine tevdi, C ve D fıkraları için ref olması gerektiği şeklindeki ayrışık oyuna karşı) oyçokluğuyla, 20.03.2001 tarihinde karar verildi.”

Sayıştay Temyiz Kurulu Kararı:

Yılı: 2006, İlâm No: 1104, Dosya No: 33576

Tutanak No: 35951, Karar Tarihi: 18.12.2012

Özeti: 1-Aksi teknik yönden kanıtlanmadığı sürece, tespit edilen yeni birim fiyat ile bu fiyatların elde edilmesinde kullanılan veya puantaj suretiyle elde edilen işçilik ve malzeme değerlerine itibar edilmesi gerekir.

2-Bir işin geçici kabulünün veya kesin hesabının yapılmamış olması, imalatın birim fiyatının hatalı alınması nedeniyle kamu zararına sebebiyet verilmesi hususunu ortadan kaldırmaz.

“Şartname’de yeni birim fiyat tespit edilirken öncelik sırası ile hangi analizlerin kullanılacağı belirtildikten sonra bu analizlerde yine öncelik sırası ile hangi rayiçlerin kullanılacağı tek tek sayılmıştır.

Şartname hükmünün yeni birim fiyatın tespitinde kullanılacak analizlere ilişkin öncelik sırası ile saymış olduğu analizlerin incelenmesinde, bu analizlerin iki ayrı grupta oldukları görülmektedir. Birinci grupta yer alan analizlerin, 1-Sözleşme ve eklerindeki (birim fiyat cetvellerindeki) birim fiyatların tespitinde kullanılan analizler veya varsa o işe ait teklif analizler, 2-Sözleşme birim fiyatlarının tespitinde kullanılan analizlerle veya varsa o işe ait teklif analizlerle kıyaslanarak bulunacak analizler, 3-Diğer İdarelere ait benzer analizler olduğu görülmektedir.

Bu grupta yer alan analizler yapılacak olan imalata kıyasla tespit edilen analizlerdir. Yani yapılacak olan imalata bire bir uyduğu veya yakın bir imalat olduğu kıyasen tespit edilen analizler, ya aynen uygulanacak veya bir kısım girdileri değiştirilerek yeni analiz yapılacaktır.

İkinci grupta ise Birim fiyatı tespit edilecek iş kalemleri için o işin yapılması sırasında tutulacak puantajla tespit edilecek malzeme miktarları ile işçi ve makinelerin çalışma saatleri esas alınarak oluşturulacak analizlerin yer almakta olduğu görülmektedir.

Yapılmış olan yeni birim fiyat analizleri Bayındırlık İşleri Genel Şartnamesi’nin 20.maddesi çerçevesinde yüklenici ve idare arasında mutabakat içerisinde, oluşturu-

lmuş analizler olup, teknik bir bilirkişi tespitine dayalı olmadan bu analizlerde yer alan girdi miktarlarının fazla olduğunu söylemek mümkün olmadığı gibi, benzer analiz olduğu hükmedilen analizlere kıyasla bu analizlerin girdi miktarlarının benzer analizlerle aynı olması gerektiğini söylemekte mümkün görülmemektedir.

İlam hükmü yukarıda belirtildiği gibi her hangi bir teknik tespite dayalı olarak tesis edilmemiş olduğundan yerinde görülmemektedir.

Bu itibarla, 1104 sayılı İlam’ın 2.maddesi ile verilmiş olan tazmin hükmünün KALDIRILMASINA,

3-) 1104 sayılı İlam’ın 3.maddesi ile.....İnşaatı İşine ilişkin...nolu Hakedişin hesaplanmasında 26.215 poz nolu “3cm Andezit Duvar Kaplama Yapılması” imalatının birim fiyatının hatalı alınması nedeniyle.....TL’ye tazmin hükmü verilmiştir.

Dilekçi dilekçesinde özetle, söz konusu hatanın kesin hesapta düzeltileceğini; ancak, söz konusu yapım işinin bugüne kadar geçici kabulü yapılmadığı gibi kesin hesabı da çıkarılmadığından ve her iki konunun da yargıya intikal etmiş olup, davanınMahkemesindeEsas no ile devam ettiğini; buna göre 1104 sayılı Sayıştay İlamının bozularak.....Mahkemesinde.....Esas no ile devam eden dava sonucunun beklenmesini talep etmiştir.

Söz konusu işin geçici kabulünün yapılmaması, İlam’a konu edilen 26.215 poz nolu “3 cm Andezit Duvar Kaplama Yapılması” imalatının birim fiyatının hatalı alınması nedeniyle kamu zararına sebebiyet verilmesi hususunu ortadan kaldırmayacaktır. Zira, ilamın hüküm tarihi itibarıyla ortada bir kamu zararı bulunmamaktadır.

Bu itibarla, 1104 sayılı İlamın 3.maddesi ile verilmiş olan tazmin hükmünün TASDİKİNE,

Karar verildiği 18.12.2012 tarih ve 35951 sayılı tutanakta yazılı olmakla işbu ilam tanzim kılındı.”

SONUÇ: 4734 sayılı Kamu İhale Kanununa göre ihale edilip 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanununa göre sözleşmeye bağlanarak yürütülen bir yapım işinde, uygulama esnasında yeni birim fiyat analizi ihtiyacı doğması halinde, yeni fiyat analizlerinin sözleşme eki Yapım İşleri Genel Şartnamesinin 22.maddesinde belirtilen analiz kaynaklarındaki öncelik sıralamasına uyulması kaydıyla idareyle yüklenicinin mutabakatı aranır.