

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PREFABRİK HÜCRE SİSTEMLERİN
STRÜKTÜR VE YAPIM SİSTEMİ
ÖZELLİKLERİNİN İLKOKUL YAPILARI İÇİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Ecrin KABİL

Ocak, 2023
İZMİR

**PREFABRİK HÜCRE SİSTEMLERİN
STRÜKTÜR VE YAPIM SİSTEMİ
ÖZELLİKLERİNİN İLKOKUL YAPILARI İÇİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Mimarlık Ana Bilim Dalı, Yapı Bilgisi Programı**

Ecrin KABİL

**Ocak, 2023
İZMİR**

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

ECRİN KABİL tarafından DOÇ.DR. ÖZGÜL YILMAZ KARAMAN yönetiminde hazırlanan “**PREFABRİK HÜCRE SİSTEMLERİN STRÜKTÜR VE YAPIM SİSTEMİ ÖZELLİKLERİNİN İLKOKUL YAPILARI İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Özgül YILMAZ KARAMAN

Yönetici

.....
Prof. Dr. Müjde ALTIN

Jüri Üyesi

.....
Dr. Öğr. Üyesi Ebru ALAKAVUK

Jüri Üyesi

.....
Prof. Dr. Okan Fıstıkoğlu

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Tez çalışması sürecine sunduğu değerli katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Özgöl YILMAZ KARAMAN'a teşekkür ederim.

Bu tezin ilk danışmanı olan Sayın Doç. Dr. Neslihan GÜZEL'e, emekliliğinden sonra dahi desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu süreçte maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli annem Hatice KABİL ve değerli babam Adem KABİL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ecrin KABİL

PREFABRİK HÜCRE SİSTEMLERİN STRÜKTÜR VE YAPIM SİSTEMİ ÖZELLİKLERİNİN İLKOKUL YAPILARI İÇİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

Prefabrikasyon denildiğinde, mimarların bile aklına ilk olarak savaş sonrası dönem mimarisi gelmektedir. Hızlı yapılaşma ihtiyacı ile tek düze, monoton sokakları oluşturan prefabrikasyon günümüzde bundan çok daha fazlasını bize vermektedir. Fabrika içerisinde üretim ve hücre sistemler, şantiyedeki inşa süresini azaltarak, yapının dış etkenlere maruz kalma süresini kısaltmaktadır. Bir hücrenin farklı şekillerde birleştirilmesi ile hem estetik açıdan “monoton” görünümünden uzaklaşabilmek ile birlikte yapı konfor düzeyi açısından, birbirinden çok uzak olsa dahi, yüksek standartlara sahip yapıların inşası mümkün olmaktadır. İşte bu yüzden, prefabrike hücre sistemler okul yapılarının inşası için dünyanın birçok yerinde kullanılmaya başlanmıştır. Tek bir fabrikada üretilen hücreler, inşaat alanlarına ulaştırılıp yerinde montesi tamamlandıktan kısa bir süre sonra hazır hale gelebilmektedir. Böylece ülkemizin hem doğusunda hem batısında aynı konfor oranına sahip sınıfların, okul binalarının inşası mümkün olabilmektedir. Okul yapıları arasında en çok ihtiyaç duyulan ilkokul yapıları çalışma kapsamına alınmıştır. Hücre sistemler oldukça farklı malzemeler kullanılarak inşa edilebilmektedirler ancak çalışma kapsamı en çok kullanılan malzemeler olan ahşap, çelik ve betonarme ile ve önerilen okul projesi sadece tek bir malzeme, çelik, düşünülerek önerilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemler literatür araştırması, arşiv araştırması, anket ve proje oluşturma şeklindedir.

Anahtar kelimeler: Prefabrikasyon, hücre sistemler, modüler tasarım

EXAMINATION OF CONSTRUCTION AND STRUCTURAL FEATURES OF PREFABRICATED MODULAR SYSTEMS FOR PRIMARY SCHOOL BUILDINGS

ABSTRACT

When it comes to prefabrication, even architects tend to think of post-war architecture. Prefabrication, which created monotonous streets with the need for rapid construction, gives us much more than that today. Prefabrication and modular systems reduce the construction time on the construction site and shorten the exposure time of the structure to external factors. By combining a module in different ways, it is possible to move away from the "monotonic" appearance in terms of aesthetics and to construct buildings with high standards in terms of comfort level, even if they are far from each other. That is why prefabricated modular systems have been used in many parts of the world for the construction of school buildings. Modules produced in a single factory can be ready for use in a short time after they are delivered to the construction sites and assembled on-site. Thus, it is possible to construct classrooms and school buildings with the same comfort level both in the east and west of our country. Primary school buildings, which are the most needed among school buildings, were included in the study. Modular systems can be built using many different materials, but the scope of the study is timber, steel and reinforced concrete, which are the most used materials, and the proposed school project has been proposed with only one material, steel, in mind. The methods used in the study are literature research, archive research, survey and project creation.

Keywords: Prefabrication, modular construction, modular design

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
 BÖLÜM BİR – GİRİŞ	 1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefleri	1
1.2 Kapsam ve Yöntem	2
 BÖLÜM İKİ – TÜRKİYE’DE İLKOKULLAR	 5
2.1 Konuyla İlgili Daha Önceki Çalışmalar	5
2.2 Anket Çalışması	6
2.3 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi	7
 BÖLÜM ÜÇ – PREFABRİKASYON, MODÜLER TASARIM VE HÜCRE SİSTEMLER	 9
3.1 Hücre Sistemlerin Gelişimi	9
3.2 Prefabrike Hücre Yapım Sistemleri	31
3.2.1 Hücre Sistemlerin Genel Özellikleri	31
3.2.2 Hücre Sistemlerin Avantajları.....	32
3.2.3 Hücre Sistemlerin Dezavantajları	33
3.2.4 Hücre Sistemlerde Boyutsal Kısıtlamalar	34
3.2.5 Hücre Sistemlerin Taşıyıcı Sistem Özellikleri.....	34

3.2.6 HÜCRE Sistemlerin Yapım Özelliklerinin Malzemelerine Göre İncelenmesi	36
3.2.6.1 Çelik Hücreler	36
3.2.6.2 Betonarme Hücreler	51
3.2.6.3 Ahşap Hücreler.....	62

BÖLÜM DÖRT – HÜCRE SİSTEMLE YAPILMIŞ İLKOKUL YAPILARI .. 66

4.1 Duffy İlkokulu, Avustralya, 2013.....	68
4.2 Frankfurt’da Avrupa Okulu, Almanya, 2015	70
4.3 Redhil İlkokulu, Avustralya, 2019	76
4.4 Josiah Quincey İlkokulu, ABD, 1999.....	78
4.5 Beaumaris North İlkokulu, Avustralya, 2018.....	81
4.6 Emlak Bankası İlkokulu, İzmir/Türkiye, 1982	83
4.7 Sonuç	86

BÖLÜM BEŞ – TÜRKİYE İÇİN BİR İLKOKUL ÖNERİSİ 90

5.1 Türkiye için Tasarım Önerisi Kriterleri.....	90
5.1.1 Yönetmelikler	91
5.1.2 Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Seçimi	92
5.1.3 Esneklik/ Büyüyebilirlik	93
5.1.4 Isı Yalıtımı	94
5.1.5 Akustik Tasarım – Ses Yalıtımı ve Hacim Akustiği.....	94
5.1.6 Aydınlatma.....	95
5.2 İlkokul Projesi.....	95
5.2.1 Temel Hücre.....	96
5.2.2 Üreme Şemaları	102
5.2.2.1 Temel Birim – İki Derslik ve Bir Anasınıfı	105
5.2.2.2 Üç Derslik ve Bir Anasınıfı.....	107
5.2.2.3 Dört Derslik ve Bir Anasınıfı.....	108
5.2.2.4 Sekiz Derslik ve Bir Anasınıfı	108

5.2.3 Temel Birim	110
BÖLÜM ALTI - SONUÇ	115
KAYNAKLAR.....	120
EKLER.....	126
EK 1: ANKET SORULARI.....	126
EK 2: PROJE PLANI.....	134
EK 3: PROJE KESİTLERİ.....	135
EK 4: PROJEDE KULLANILAN HÜCRE TİPLERİNİN MALZEME MİKTARLARI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI.....	136

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 Manning Taşınabilir Evi'nin çerçeve sistemi (Loudon, 1846)	11
Şekil 3.2 Manning Evi'nin planı. (Loudon, 1846)	11
Şekil 3.3 Temel planı (Loudon, 1846)	12
Şekil 3.4 Dikmeler ile temel kirişlerinin birleşim planı (Loudon, 1846).....	12
Şekil 3.5 Duvar ve döşeme panelleri ile temel kirişlerinin birleşimi (Loudon, 1846)	13
Şekil 3.6 Duvar panelleri ile dikmelerin birleşimi (Loudon, 1846).....	13
Şekil 3.7 Çatı kirişlerinin aşık ile ve dikmeler ile olan birleşiminin gösterimi (Loudon, 1846)	13
Şekil 3.8 Hastanenin inşa edildiği alan (Parkes E. A., 1857)	15
Şekil 3.9 Vaziyet planı (Parkes E. A., 1857)	15
Şekil 3.10 Plan ve kesitler (Parkes E. A., 1857)	16
Şekil 3.11 İlk betonarme hücre yapısı (Staib vd., 2008).....	17
Şekil 3.12 Betonarme panel ev (Miller, 2010).....	17
Şekil 3.13 Les Quartiers Modernes Fruges (Wiki Arquitectura, b.t.)	18
Şekil 3.14 Westhausen yerleşimi (solda) ve Ernst May'ın tasarladığı betonarme panel detayı (Staib vd., 2008)	19
Şekil 3.15 Manavel'in Baloncuk Evi (Bianchini, 2019)	20
Şekil 3.16 Metastadt modeli ve inşa aşamaları (Staib vd., 2008; Wulfen Wiki, b.t.)	21
Şekil 3.17 Habitat 67 (Merin, 2013)	21
Şekil 3.18 Hücrelerin yerleştirilmesi ve yapıdan bir kesit örneği (Merin, 2013)	22
Şekil 3.19 Planlar ve hücreler (Merin, 2013)	22
Şekil 3.20 Kesit ve akslar üzerinde yerleşim planı (Merin, 2013).....	23
Şekil 3.21 Hücrelerden oluşan ilk otel yapısı (Staib vd., 2008).....	23
Şekil 3.22 Nakagin kapsül kulesi ve bir kapsülün tasarımı (Sveiven, 2011).....	24
Şekil 3.23 Farklı açılar ile kapsüllerin birleşimi ve bir kapsülün iç mekânı (Sveiven, 2011)	25
Şekil 3.24 Lake Tahoe Evi, ABD, 2009 (Smith R. E., 2010)	26

Şekil 3.25 Londra'daki öğrenci yurdu (The Victoria Hall) inşası, İngiltere, 2010 (Smith R. E., 2010)	26
Şekil 3.26 B2 binası (McKnight, 2016) ve hücrelerin oluşturulması (SHoP Architects, 2017)	27
Şekil 3.27 Clement Canopy binaları (Bouygues Construction, b.t.).....	28
Şekil 3.28 Hücre sistemlerin tarihsel gelişimi.....	29
Şekil 3.29 Prefabrikasyon seviyesi (Smith R. E., 2010)	31
Şekil 3.30 Hücrelerin strüktürel olanakları (Türkçü, 1998).....	35
Şekil 3.31 Çelik bir hücre için bir duvar panelinin inşası (Lawson vd., 2014).....	37
Şekil 3.32 Açık kenarlı bir çelik hücre kesiti uzun kenar (solda) ve kısa kenar (sağda)	38
Şekil 3.33 L profil kullanarak (solda) veya SHS kullanılarak (sağda) yapılan hücre birleşimleri (Lawson vd., 2014)	39
Şekil 3.34 Köşe direkleri ve kenar kirişleri arasındaki moment dirençli bağlantılar ile az katlı binanın kararlılığı (Lawson vd., 2014).....	40
Şekil 3.35 Hücrelerle inşa edilmiş bir yapıda dikey ve yatay düzlemlerde bulunan çaprazlamaların yerleri (Lawson vd., 2014).....	42
Şekil 3.36 Koridor ile hücrelerin birleşimi çizimi (solda), gerçek detayı (sağda) (Lawson vd., 2014).....	43
Şekil 3.37 Bir hücrenin duvarlarına veya köşe direklerine uygulanan kuvvetlerin eksantrikliğinin çizimi (Lawson vd., 2014).....	49
Şekil 3.38 Hücreler arasındaki bağlama eylemi (Lawson vd., 2014)	50
Şekil 3.39 Hücre yapıda sağlamlık senaryoları (Lawson vd., 2014)	51
Şekil 3.40 Betonarme hücrelerin yerleşim biçimleri (Brooker ve Hennessy, 2008) .	56
Şekil 3.41 Betonarme hücrelerin temel ile birleşim detayı (Precast Concrete in Buildings, 2007)	58
Şekil 3.42 Betonarme hücrelerin iç birleşim detayı (balkonlu) (Lawson vd., 2014) .	59
Şekil 3.43 Betonarme hücrelerin dış birleşim detayı (Lawson vd., 2014).....	59
Şekil 3.44 Balkon ile birlikte dökülmüş betonarme hücreler (Lawson vd., 2014)	60
Şekil 3.45 Bir betonarme hücrenin kurulum aşaması (Lawson vd., 2014).....	61

Şekil 3.46 Frankfurt, Almanya’da 2015 yılında NKBAK mimarlık tarafından tasarlanan okul yapısında kullanılan ahşap hücrelerin birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018).....	63
Şekil 3.47 Heidelberg, Almanya’da 2013 yılında yapılmış olan 5 katlı öğrenci yurdunda kullanılan hücrelerin, betonarme tavan/döşeme ile hücre duvarlarının hibrid birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018).....	64
Şekil 3.48 Reutte, Avusturya yakınlarında bulunan Ammerwald otelinin hücreleri arasındaki birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018).	65
Şekil 4.1 Afet okulları (Vedat Tokyay, kişisel iletişim, 2021)	66
Şekil 4.2 Duffy İlkokulu künyesi	68
Şekil 4.3 Duffy ilkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	69
Şekil 4.4 Frankfurt okulu künyesi.....	70
Şekil 4.5 Hücrelerin yerleşimi (Kaufmann vd., 2018).....	71
Şekil 4.6 bb detayı (Kaufmann vd., 2018)	73
Şekil 4.7 Hücre detayı (Kaufmann vd., 2018)	74
Şekil 4.8 Binanın strüktürel düzenleme olanakları, ikinci kat (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	75
Şekil 4.9 Redhill ilkokulu künyesi	76
Şekil 4.10 Redhill İlkokulu’nın strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	77
Şekil 4.11 Josiah Quincey İlkokulu künyesi	78
Şekil 4.12 Quincey İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	80
Şekil 4.13 Beaumaris North İlkokulu künyesi	81
Şekil 4.14 Beaumaris İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	82
Şekil 4.15 Emlak Bankası İlkokulu künyesi	83
Şekil 4.16 Döşeme – yan perde bağlantısı (Yübetaş, 1984)	84
Şekil 4.17 Emlak Bankası İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir.).....	85
Şekil 4.18 İncelenen örneklerin analizi	88

Şekil 5.1 Projede kullanılan temel hücrenin 3x3 metre aralıklı grid üzerindeki görünümü	96
Şekil 5.2 3D biçimli bir hücrenin plan görünümü.....	97
Şekil 5.3 3D biçimli hücrenin kesiti.....	98
Şekil 5.4 Şekil 5.2 ile Şekil 5.3’de plan ve kesiti verilen hücrenin üç boyutlu görünümü	99
Şekil 5.5 a detayı.....	100
Şekil 5.6 b detayı.....	101
Şekil 5.7 c detayı.....	101
Şekil 5.8 Üreme şeması alternatifleri.	103
Şekil 5.9 Tezde karar verilen üreme şemasının ilk katı.	104
Şekil 5.10 İki derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli	106
Şekil 5.11 Üç derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli	107
Şekil 5.12 Dört derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli	108
Şekil 5.13 On derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli	109
Şekil 5.14 1D biçimine sahip hücre	110
Şekil 5.15 3D strüktür biçimine sahip hücre	111
Şekil 5.16 Temel birimde hücre biçimlerinin gösterimi Mavi hücreler (1D) biçimini, yeşil hücreler (3D) biçimini belirtmektedir.	112
Şekil 5.17 Hücre tiplerinin plan üzerinde gösterimi	113
Şekil 6.1 Hücre sistemlerin prefabrikasyon ve modüler tasarım içerisindeki yeri ..	115

TABLULAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1 Anket sonuçlarının tablo halinde değerlendirmesi	7
Tablo 3.1 Rüzgar kuvvetlerine direnmek için yatay yerleştirilmesi gereken en az hücre sayısı (Lawson vd., 2014)	41
Tablo 3.2 Binanın rüzgar kuvvetine direnç gösterebilmesi için bina derinliğinde gerekli olan en az hücre sayısı (Lawson vd., 2014).....	42
Tablo 3.3 Duvarın her iki tarafında da levha bulunan C profillerin tipik burkulma ve basınç dirençleri (Lawson vd., 2014).....	47
Tablo 3.4 Prekast betonun tipik güç dayanımlarının tablosu (Lawson vd., 2014).....	53
Tablo 3.5 Yangın dayanımı için beton elemanların minimum boyutları (mm) (Lawson vd., 2014)	54
Tablo 3.6 Betonarme döşeme ve kirişlerin maksimum açıklık derinlik oranları (Lawson vd., 2014)	54
Tablo 3.7 Donatı boyutlarının döşeme kalınlıklarına göre değerleri (Brooker ve Hennessy, 2008).....	55
Tablo 5.1 Bu projede kullanılan mekanların gürültüye hassasiyet/gürültülülük dereceleri.....	94

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Prefabrikasyon kavramı, sıklıkla savaş sonrası dönemin hızlı yapılaşma ihtiyacına çözüm olarak üretilen tek düze, monoton olarak nitelendirilebilecek, yapılarını hatırlatmakla birlikte, endüstrileşmiş yapım olanakları ve bir parçası olarak prefabrikasyon günümüzde bundan çok daha fazlasını üretmeye olanak sağlamaktadır.

Fabrika içerisinde üretim ve hücre sistemler, şantiyedeki inşa süresini azaltarak, yapım sürecinin dış etkenlerden etkilenme süresini kısaltmaktadır. Yapı konfor düzeyi açısından, üretim sürecinin gerçekleştiği fabrika ve yapı arazisi birbirinden çok uzak olsa dahi, istenen kalitede konfor koşullarına sahip yapıların inşası mümkün olmaktadır. Öte yandan, hücrelerin farklı şekillerde birleştirilebilmesi, farklı malzemeler ile üretilmesi, üretim ve yapım teknolojilerinin daha geniş açıklık/konsol tasarımı gibi olanakları sağlar hale gelmesi ile yapının mimari tasarımı açısından “monoton” görünümünden uzaklaşabilmeyi sağlamaktadır.

Yukarıda kısaca özetlenen özellikleri ile prefabrike hücre sistemlerin okul yapılarının inşası için de dünyanın birçok yerinde kullanıldığı görülmektedir. Tek bir fabrikada üretilen hücreler, inşaat alanlarına ulaştırılıp yerinde montesi tamamlandıktan kısa bir süre sonra hazır hale gelebilmektedir. Böylece tüm ülkede, farklı bölgelerde ancak istenen eşdeğer konfor oranına sahip sınıfların, okul binalarının inşası mümkün olabilmektedir.

1.1 Çalışmanın Amacı ve Hedefleri

Ülkemizdeki köy okulları, özellikle soğuk bölge köy okulları, optimum kullanıcı konfor seviyesinden oldukça uzaktır. Çoğunluğu, geleneksel yöntemler ile inşa edilmiş bu okullar öğrenim alanının gereği olan ihtiyaçları kullanıcılarına verememektedir. Okullar temelde aynı ihtiyaçlara sahip yapılardır. Temel mekanları sınıf olan bu yapılar, tek bir yapı içerisinde tekrara yatkındırlar. Hücre sistemler ise ön

üretimli ve dolayısı ile de belirlenen konfor seviyesini sağlayacak şekilde üretilebilmeleri bakımından bu noktada devreye girmektedir.

Bu tez ile belirlenen amaç, Türkiye'nin her bölgesine ulaşabilecek ve yönetmeliklerle belirlenmiş konfor düzeyini kullanıcılarına sunabilecek, büyüme kapasitesine sahip bir okul yapısına bir örnek oluşturmaktır.

Bu tez ile; okul yapılarının inşa edilecekleri her bölgede ve alanda, birbirlerine yakın veya aynı konfor şartlarına sahip olmasını sağlayacak bir yapım sisteminin seçilmesi hedeflenerek;

İlkokul yapıları için, eğitim-öğretim döneminin yoğun programından dolayı, okulların kapalı olduğu 3 aylık dönemde veya bu zamana yakın hedefler ile tamamlanabilecek bir sistem önerisi geliştirilmesi,

Türkiye'nin her bir bölgesi, birbirinden çok farklı hava şartlarına sahiptir. Bu nedenle, inşa sisteminin olumsuz/zorlayıcı hava koşullarından en az etkilenecek bir sistem olması,

Yapı maliyetinin mümkün olan en az düzeyde tutulması amacı ile model için kullanılan malzemelerin yerli üretilebilecek ve/veya kolay bulunabilen (standart üretimli) olması,

Türkiye içerisinde üretilmesi ve aynı zamanda ulaşım ve nakliyat açısından sınırlayıcı boyutlarda olmaması ana kriterler olarak belirlenmiştir.

1.2 Kapsam ve Yöntem

Ülkemizde köylerde ve şehir merkezlerinden uzak kasabalarda bulunan okulların çok iyi durumlarda olmadığı söylenebilir. Okul tipleri arasında Türkiye'de en çok bulunan okul grubu, eğitimin zorunlu olduğu 1.sınıftan 4.sınıfa derslikleri içeren ilkokullardır. İlkokullarda kullanıcı konforunun ve yönetmeliklerce tanımlanmış

optimum koşullara uygun bir şekilde sağlanması iyi bir eğitim seviyesine ulaşmak için de gereklidir. Ülkemizde en çok bulunan ve ülkemizin en ırak köşelerinde dahi görebileceğimiz türden binalar olan ilkokullar bu yüzden bu tezin model nerisi için seçilmiştir.

Bu sorun ile yola çıkılarak var olan okulların durumu hakkında yapıların sürekli kullanıcıları öğretmenlerimizden geri bildirim almak amacıyla bir anket çalışması bu tez kapsamında düzenlenmiştir.

Hücre sistemlerin yapıım sistemi olarak seçilmesi, belirtilen hedefleri karşılayabilecek bir sistem olduğu için belirlenmiştir. Bu sistem ahşap, betonarme, elik ve plastik gibi malzemeler kullanılarak retilabilmektedir. Ahşap, elik ve betonarme bu malzemeler arasında en sık kullanılan malzemeler olduğu için üretim olanakları bakımından ayrı konu başlıkları olarak tez kapsamında incelenmiş ve uygulama olanakları bakımından değerlendirilmiştir.

Söz konusu malzemeler belirlenen kriterler açısından değerlendirildiğinde ; hücre inşasında kullanılabilecek doğal ya da endüstriyel ahşap malzeme Türkiye’de üretilmemektedir. Betonarme hücreler, diğer malzeme sistemlere göre daha ağır olduklarından nakliye kısıtları ve montaj yerinde ekipman gereksinimi oluşturmaktadır. elik hücre sistemler, ülkemizde elik endüstrisinin yaygınlığı ve kolay ulaşılabilir olması nedeni ile Türkiye için önerilen okul modelinin yapıımında kullanılacak malzeme olacak şekilde belirlenmiştir.

Araştırma kapsamında nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Tez kapsamında endüstrileşmiş yapıım sistemlerinden olan prefabrikasyon teknolojisi ile üretilmiş hücre sistemlerin, ülkemiz koşullarında okul yapıları için kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu bağlamda; ülkemizin hemen her coğrafyasında üretimi zorunlu olan ilkokul yapılarının sorunlarının tespitine yönelik olarak, köy okulu ğretmenlerinin katılımı ile bir anket çalışması yrtlmştir. Bir taraftan da mimaride prefabrikasyon ve hücre sistemlerin tarihsel gelişimi incelenmiştir. Bunu takiben hücre sistemlerin üretiminde en çok kullanılan malzemeler ve buna bağlı yapıım detayları incelenmiştir.

Devamında, Dünya'dan ve Türkiye'den hücre sistemler kullanılarak inşa edilmiş okul örnekleri kullandıkları hücreler ve bir araya geliş biçimleri karşılaştırmalı olarak incelenerek öneri okul yapısı için veri oluşturulmuştur. Son olarak, öğretmenler ile yapılan anket çalışması ile elde edilen veriler ve ilgili yönetmelikler göz önünde bulundurularak Türkiye için hücre sistem kullanılarak üretilebilecek bir okul modeli önerilmiştir.



BÖLÜM İKİ

TÜRKİYE’DE İLKOKULLAR

Ülkemizde köylerde ve şehir merkezlerinden uzak kasabalarda bulunan okul yapılarının taşıyıcı sistem güvenliği ve kullanıcı konforu bakımından her bölgede eşdeğer koşullara sahip olmadıkları söylenebilir. Okul tipleri arasında Türkiye’de en çok bulunan okul grubu, 1.sınıftan 4.sınıfa derslikleri içeren ilkokullardır. İlkokullarda konforun en iyi ve yönetmeliklere uygun bir şekilde tahsis edilmesi iyi bir eğitim seviyesine ulaşmak için gereklidir. Ülkemizde en çok bulunan ve ülkemizin en ırak köşelerinde dahi görebileceğimiz türden binalar olan ilkokullar bu yüzden bu tezin model önerisi için seçilmiştir.

2.1 Konuyla İlgili Daha Önceki Çalışmalar

Türkiye’de ilkokul binalarının durumları (fiziksel özellikleri/ konfor koşulları) üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır. Son 10 yıl içerisinde yapılan çalışmalara bakıldığında Gültekin, Aruntaş ve Gün’ün, 2014, yılında Ankara ilinde bulunan ilköğretim okulları üzerine yaptığı çalışmada, incelenen okullar içerisinde %57’sinin yetersiz derslik sayısına sahip olduğu sonucuna varmıştır. Bununla birlikte incelenen okulların %41’inde dersliklerdeki öğrenci sayısının MEB tarafından belirlenen derslik öğrenci sayısı olan 30’un üzerinde olduğu belirtilmiştir (Gültekin vd., 2014). Bu okullar içerisinde %32’sine ek derslik binaları yapıldığı ve %9’unun ek derslik binasına ihtiyaç duyduğu yine bu makalenin içerisinde belirtilmiştir.

Diyarbakır ili özelinde 2015 yılında Tösten ve Han tarafından yapılan çalışmada incelenen okullar içerisinde, ilköğretim ve ortaöğretim okulları beraber incelenmiştir, %89’unda ısıtma problemi bulunduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada incelenen okullar içerisinde %50’sinde öğretmenler odasının yetersiz olduğu belirtilmiştir (Tösten ve Han, 2015).

Genellikle ilkokullar ile birlikte bulunan okul öncesi, anaokulu, sınıfları da benzer problemlerle karşılaşmaktadır. Anaokullarında, belirli bir standarda sahip binaların,

dersliklerin olamaması ile derslik başına düşen öğrenci sayısının fazla olması nedeniyle öğrenci başına düşen hareket alanının azalması bir problem olarak belirtilmiştir (Kubanç, 2014).

Aydoğan 2012 yılında yayınlanan “Okul Binalarının Özellikleri ve Öğrenciler Üzerinde Etkileri” isimli makalesinde okul dersliklerinin ve okul binalarının büyüklükleri ile öğretmenler odasının okul içerisindeki yerinin eğitim-öğretim faaliyetlerinde etkisinin bulunduğunu belirtmiştir. Bununla birlikte okul binasının ısınma, aydınlatma ve ses açısından sahip olduğu özelliklerin öğrenmeyi ve öğretmenlerin motivasyonları üzerinde derin bir etkisi olduğunu; bu nedenle okul binalarının günün gereklerine göre yenilenmesi ve yeni binaların dikkatli bir şekilde planlanması gerekeceğini belirtmiştir (Aydoğan, 2012).

2.2 Anket Çalışması

Anket çalışması var olan köy okullarının mevcut durumları hakkında birinci kullanıcılardan geri bildirim almak amacıyla uygulanmıştır. Bu anket ile mevcut yapıların ne durumda olduğu ve kullanıcı memnuniyeti hakkında geri bildirim alınması hedeflenmiştir. Ülkemizin 7 bölgesinden, 33 farklı okulundan, 56 öğretmenden bu amaç doğrultusunda soruların cevaplanması istenmiştir. Pandemi koşulları ve farklı yörelere ulaşılabilmesi amacıyla anket online olacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Ankette sorular dört ana grup altında toparlanmıştır. Bu gruplar sırasıyla; okul hakkında genel bilgiler, okul binası hakkında sorular, dersliklerin durumu ile ilgili sorular ve derslik dışında kalan mekanlar hakkındaki sorulardan oluşmaktadır.

Birinci bölümde, okul hakkında genel bilgilerin edinmesi planlanmıştır. İkinci bölümde okul binası hakkında sorular sorularak yapının mevcut durumu ile ilgili bilgi edinmek amaçlanmıştır. Üçüncü bölümde, dersliklerin mevcut durumu ile ilgili bilgi edinmeyi amaçlayan sorular bulunmaktadır. Dördüncü ve son bölümde ise, bir okul

içerisinde derslik dışında kalan mekanlar ile ilgili mevcut durum hakkında bilgi sağlayacak sorular bulunmaktadır. Anket soruları EK 1’de verilmiştir.

2.3 Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Anket sonuçlarının mekan ve okul binası ile ilgili sorularının değerlendirilmesi Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1 Anket sonuçlarının tablo halinde değerlendirmesi

Soru/Cevap	Hiç yeterli değil	Yeterli değil	Kararsız	Yeterli	Oldukça yeterli
10 Derslik sayısı yeterliliği	%8,9	%12,5	%21,4	%21,2	%33,9
	Çok kötü	Kötü	Orta	İyi	Çok iyi
18 Doğal aydınlatma yeterliliği	8,9	7,1	35,7	23,2	25
19 Yapay aydınlatma yeterliliği	3,6	14,3	35,7	28,6	17,9
	Hiç memnun değilim	Memnun değilim	Kararsız	Memnunum	Çok memnunum
14 Derslik büyüklükleri memnuniyeti	3,6	14,3	21,4	30,4	30,4
23 Anasınıfı büyüklüğü memnuniyeti	13,3	13,3	24,4	31,1	17,8
25 Dersliklerin sıcaklık derecesi memnuniyeti	10,7	21,4	37,5	23,2	7,1
27 Doğal havalandırma memnuniyeti	10,7	8,9	39,3	30,4	10,7
30 Öğretmenler odasının büyüklüğü memnuniyeti	33,9	23,2	19,6	14,3	8,9
	Hiç ses geçişi yok	Az ses geçişi var	Orta drc. ses geçişi	Yüksek drc. ses geçişi	Çok yüksek drc. ses geçişi
26 Ses geçiş derecesi	7,1	17,9	35,7	30,4	8,9

Derslik sayısı yeterliliği sorusunun cevaplarına bakıldığında, olumlu ve istenen cevaplar olan “yeterli” ve “Oldukça yeterli” cevaplarının toplam yüzdesi %55,1 olarak

karşımıza çıkmaktadır. Devamında doğal ve yapay aydınlatma durumu ile ilgili sorularda olumlu cevaplar olan “iyi” ve “çok iyi” cevaplarının oranının sırasıyla %48,2 ile %46,5 olduğu görülmektedir. Bu iki soru oran olarak birbirine yakın olsa da çoğunluğun altında kalmaktadır. İlk sorunun cevapları ise çoğunluğun memnun olduğu yorumunun yapılmasına olanak vermektedir. Bu üç sorunun cevaplarında görüldüğü gibi okulların konfor düzeyleri büyüklük ve aydınlatma gibi farklı durumlarda birbirlerine denk değildir.

Ankete verilen cevaplar kimi zaman olumlu cevaplar içerisinde %10’dan fazla farklılık göstermektedir. Derslik büyüklüklerine verilen olumlu cevap oranları %30,4 ile denk gelmişken; anasınıfı dersliklerinin büyüklüklerinde %13,3’lük bir puan farkı görülmektedir. Bu okulların ve dersliklerin birbirlerine denk koşullara sahip olmadığının bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Katılımcıların öğretmen ve söz konusu yapının da ilkokullar olduğu bu bağlamda, ilkokulların mekânsal ve yapısal koşullarının birbirlerine denk duruma getirilmesi gerekmektedir.

İlkokullar arasında bir başka eşitsizlik de anasınıfı derslikleri ile ortaya çıkmaktadır. İncelenen okulların %82,1’inde anasınıfı bulunmaktadır. Bu okullar içerisinde %41,7’sinde anasınıfı ayrı bir bina şeklinde inşa edilmiştir. Ayrı bina şeklinde inşa edilmiş olan anasınıflarının konum memnuniyeti ise sadece %32 oranında kalmıştır.

Bu değerlendirmeler doğrultusunda, Türkiye’deki ilkokullarının kullanıcı konforu açısından ortak bir seviyede olmadığı söylenebilir. Geleneksel yöntemlerle, inşa edilen bu okullar kullanıcılarına birbirlerinden farklı konfor seviyeleri sunmaktadır.

Türkiye’deki her bir okulun konfor seviyesini birbirine benzer veya aynı seviyeye getirmek için en iyi yöntemin, bütün yapım yöntemleri gözden geçirildiğinde, fabrika içerisinde adeta tek bir elden çıkmışçasına son ürün verebilecek olan prefabrike hücre sistemlerin olacağı belirlenmiştir.

BÖLÜM ÜÇ

PREFABRİKASYON, MODÜLER TASARIM VE HÜCRE SİSTEMLER

Prefabrikasyon en basit anlamıyla düşünüldüğünde, tarihi oldukça eskilere uzanabilmektedir. Mimaride kullanımı savaş sonrası dönemde ve 1970'lerin ütöpik tasarımlarıyla popülerlik kazanmış olsa da Dünya'da ilk bakıldığında fark edilmeyen, yeni nesil bir prefabrikasyon akımı başlamıştır. Malzeme ve inşaat teknolojisinin günümüzde sağladığı imkanlar, prefabrikasyonun kullanım alanını genişletmiştir.

Malzeme tekniğinin gelişmesi ile hücre sistemlere de yeni olasılıklar sunulmuştur. Bu gelişmeler, bir önceki yüzyılın, sıkıcı ve tek düze şeklinde tanımlanan yapılarından çok daha farklı yapıların inşasına, bu yapılarda kullanılan malzemelerde ise oldukça fazla seçeneğin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Bu bölümde; hücre sistemlerin gelişimi, genel özellikleri ve malzeme detayında incelemeleri derlenmiştir.

3.1 Hücre Sistemlerin Gelişimi

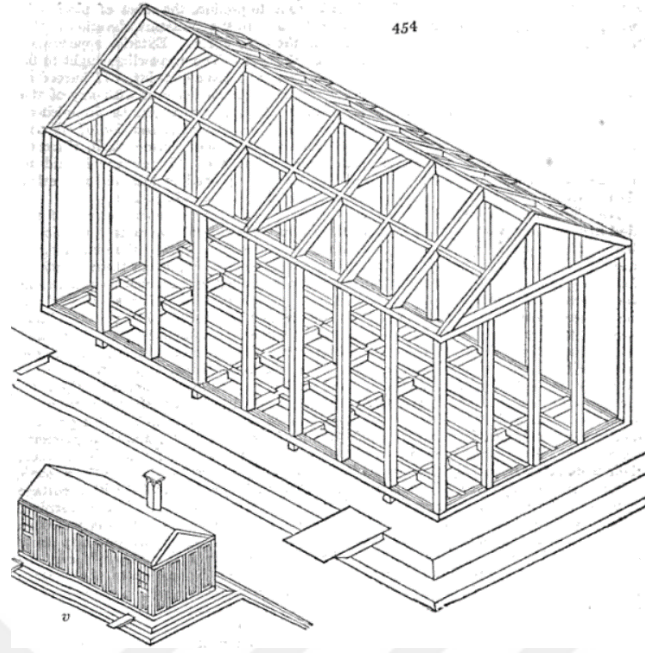
Prefabrikasyon ve modüler inşaat tekniklerinin, Mezopotamya uygarlıklarına kadar izleri görülebilmektedir. Mezopotamya'da kullanılan kil tuğlalar ve su kemerleri için beton kalıpları kullanan Antik Romalılar (Hearn, 2018), mimarlıkta modüler tasarımın uzak tarihimizdeki kullanımına birer örnektir. Bugün bildiğimiz anlamda prefabrikasyon ve modüler tasarımın tarihini incelemek istediğimizde ise endüstri devrimi sonrası İngiliz İmparatorluğu'na bakmamız gerekiyor. Prefabrik modüler mimarlık, endüstriyel üretim ile mimarlık içerisindeki modern akımların bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır.

Bu bilgi ile yola çıkarak tarihe baktığımızda, 16 ve 17'nci yüzyıllarda kolonizasyonunu hızlandıran ve ayak bastığı topraklardaki malzemeleri kullanmaya alışkın olmayan İngiliz İmparatorluğu'nu prefabrikasyon tarihinin en başında bulabiliriz. İngilizler; Hindistan, Avustralya ve Kuzey Amerika kıtası gibi

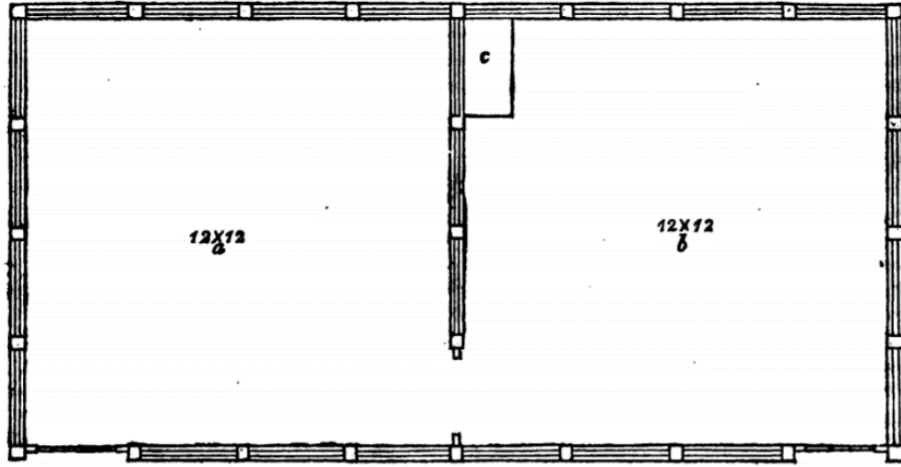
kolonilerindeki inşaa problemini, yerel malzemeleri tanımamak ve hızlıca inşaa edilmesi gereken barınaklara ihtiyaç duyulması gibi, binaların yapı malzemelerini modüler olarak İngiltere’de üretip gemiler ile inşaa edilecek bölgelere nakliye etmişlerdir. Bu bağlamda, bilinen ilk prefabrikasyon örneği olarak, 1624 yılında İngilizler tarafından Amerika kıtasına gönderilen panellerden yapılmış bir ahşap evi bulmaktayız (Hearn, 2018). Bu ev ihtiyaç durumunda sökülüp, başka bir alanda yeniden inşaa edilebilecek şekilde tasarlanmıştır.

Bu şekilde Avustralya’nın günümüzde New South Wales olarak bilinen bölgesinde, 18 ve 19’uncu yüzyıllarda parçaları gemiler ile bölgeye gönderilip bu parçalardan inşaa edilen hastaneler, depolar ve evler bulunmaktaydı. Bu basit barınaklar ahşap çerçeve sistem kullanılarak yapılmıştı ve ahşap panel çatılara, döşemelere ve duvarlara sahipti (Smith R. E., 2010).

1830 yılında arasında bir dönemde, Londralı bir marangoz ve inşaatçı olan Henry Manning Avustralya’ya göç edecek olan oğlu için taşınabilir ve kolayca inşaa edilebilir bir ev tasarlamıştır (Şekil 3.1). Daha sonrasında bu tasarım “Göçmenler için Manning Taşınabilir Evi (Manning Portable Colonial Cottage for Immigrants) şeklinde isimlendirilmiştir. Bu tasarım yivli dikmelerden, döşeme plakalarından ve üçgen kirişlerden oluşmaktaydı. (Loudon, 1846; Smith R. E., 2010)

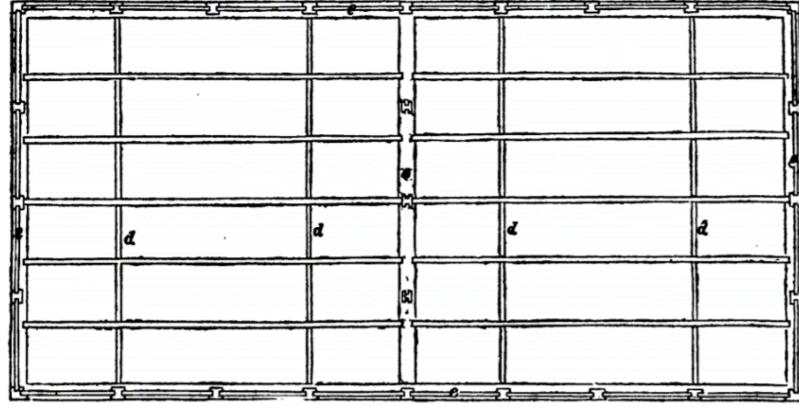


Şekil 3.1 Manning Taşınabilir Evi'nin çerçeve sistemi (Loudon, 1846)



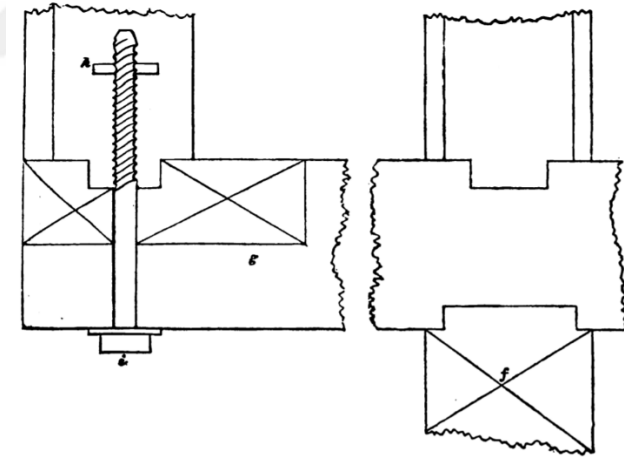
Şekil 3.2 Manning Evi'nin planı (Loudon, 1846)

Şekil 3.2'de Manning evinin 3,7mx3,7m ölçülerinde iki odaya sahip olduğu gösterilmiştir. C ile belirtilen bölge ocağın konulabileceği alan olarak seçilmiştir.



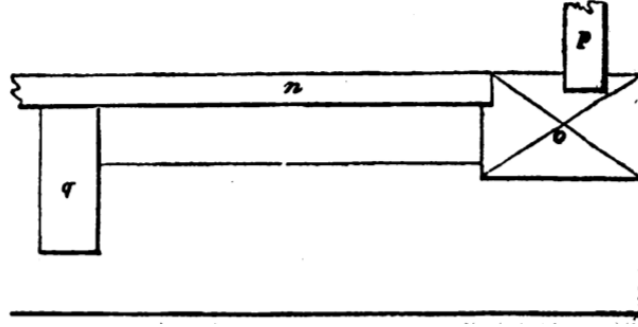
Şekil 3.3 Temel planı (Loudon, 1846)

Şekil 3.3’de evin temel elemanlarının çizimi verilmiştir. Bu şekilde; d ile gösterilen elemanlar temel kirişleridir ve 4 adet olup 4 metre uzunluğundadırlar, e ile gösterilenler yivli döşeme kirişleridir. Bu kirişler duvar panellerinin oturtulmasını sağlamak amacı ile yivli biçimde üretilmiştir. Yapıda kullanılan dikmeler de Şekil 3.4’te gösterildiği biçimde bu kirişlere monte edilmiştir.



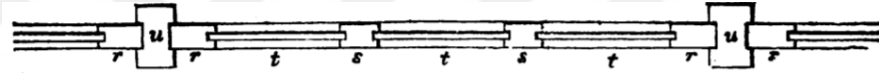
Şekil 3.4 Dikmeler ile temel kirişlerinin birleşim planı (Loudon, 1846)

Şekil 3.4’de ahşap dikmelerin döşeme kirişi ile bağlantı detayı gösterilmiştir. Bu şekilde; f temel kirişini, g döşeme kirişini, h köşe dikmesini ve i ile gösterilen bölgeden, basit bir İngiliz anahtarı ile vidalanabilecek olan vida birleşimini göstermektedir.



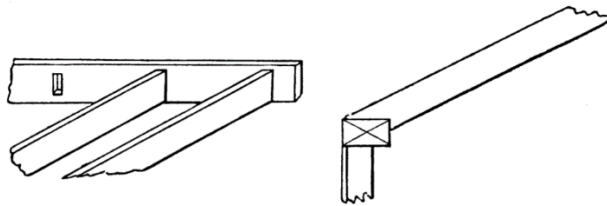
Şekil 3.5 Duvar ve döşeme panelleri ile temel kirişlerinin birleşimi (Loudon, 1846)

Şekil 3.5’de duvar ve döşeme panellerinin temel ile bağlantısının detaylı çizimi verilmiştir. Bu çizimde; n döşeme panellerini, o döşeme kirişini, p panellerden birinin alt yatay kasa elemanını, q ise temel kirişi göstermektedir.



Şekil 3.6 Duvar panelleri ile dikmelerin birleşimi (Loudon, 1846)

Şekil 3.6’da duvar panelleri ile dikmelerin birleşim detayı gösterilmiştir. Bu şekilde; r ile gösterilenler panellerin dikey kasa elemanını, u yapının taşıyıcı ahşap dikmelerini, t ahşap panelleri, s ise panellerin dikey elemanlarını belirtmektedir. Şekil 3.7’de çatı birleşimi detayı verilmiştir.



Şekil 3.7 Çatı kirişlerinin aşık ile ve dikmeler ile olan birleşiminin gösterimi (Loudon, 1846)

Bu sistem kolayca gemi ile taşınabilecek şekilde tasarlanmış ve modüler tasarımın gelişmesine sunduğu katkının yanında, İngilizlerin kolonizasyon gündeminin ilerletilmesine de etkisi olmuştur. Manning Evi, hızlıca inşa edilebildiği için daha önceki çerçeve-dolgu sistemlerinin iyileştirilmiş bir versiyonuydu. Yapı bir İngiliz anahtarı kullanılarak kolayca birleştirilebilecek şekilde tasarlanmıştı. Manning

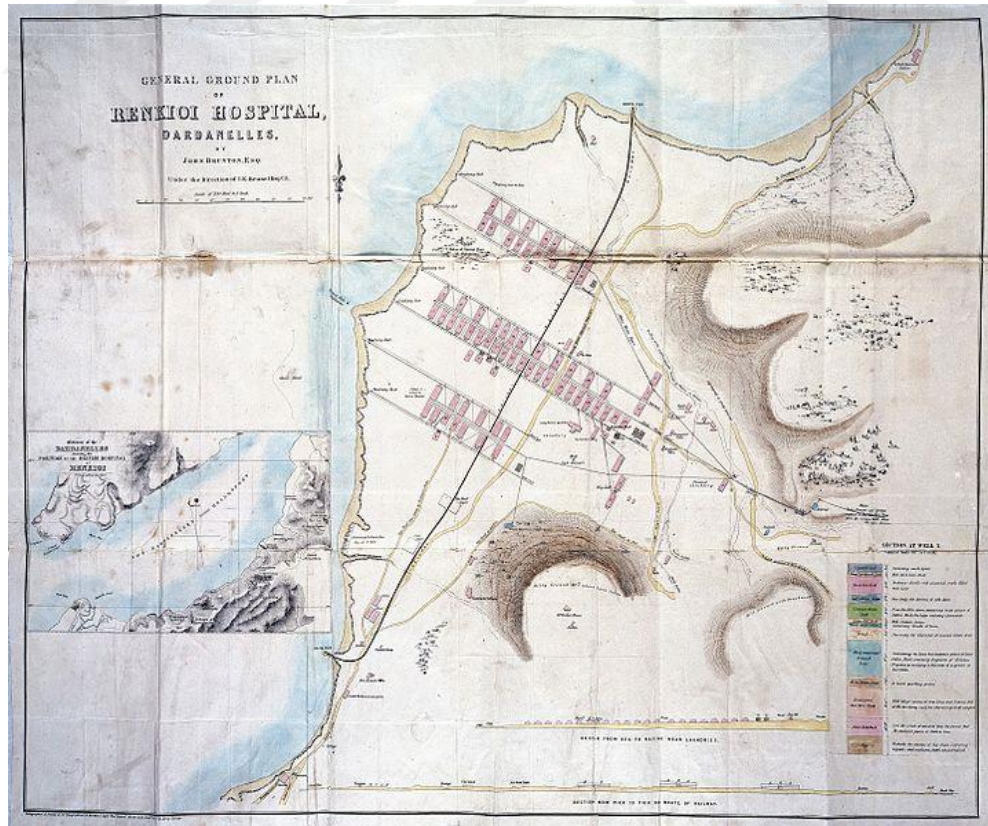
sistemi, göçmenlerin hızlı montaj ihtiyacı ile ortaya çıkıp İngiliz marangozların sahip olduğu gemi inşa etme becerilerine dayanarak geliştirilmiş bir sistem oldu. Taşınabilir Ev (Portable Cottage) 19'uncu yüzyıl boyunca İngiliz kolonilerinde kullanıldı.

Mimarlıkta prefabrikasyon ve modüler tasarımın ülkemizin tarihi açısından da ilginç bir örneği, İngilizlerin 1855 yılında, Çanakkale Erenköy'de inşa ettiği acil durum hastanesidir. Hastaneye ait vaziyet planları Şekil 3.8 ve Şekil 3.9'da verilmiştir. Bu hastane Osmanlı İmparatorluğu'nun Kırım Savaşı sırasında, savaşa katılan İngilizler tarafından, Çanakkale Boğazı'ndaki askerleri için tasarlanmıştır. Prefabrike ve kolayca inşa edilebilen bir hastane olan yapı İngiliz mühendis Brunel tarafından tasarlanmıştır. Yapıya ait plan ve kesitler Şekil 3.10'da verilmiştir. Hastaneyi inşa etmek için kullanılacak parçaların tamamı İngiltere'de üretilmiş ve Çanakkale, Erenköy'de inşa edileceği alana gemi ile taşınmıştır.

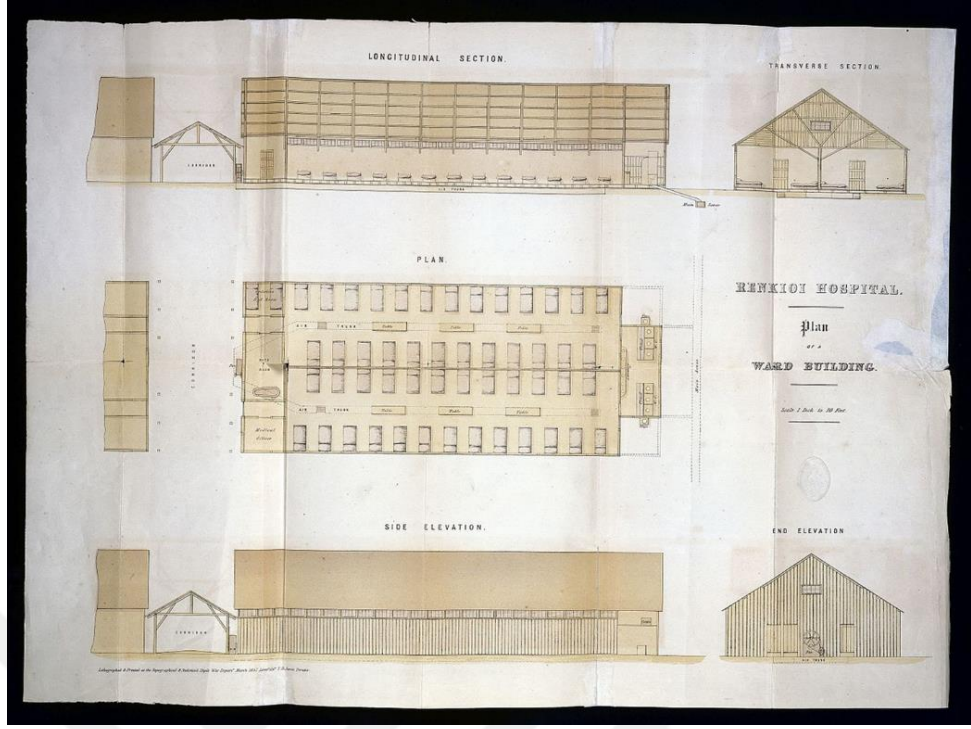
Yatay bir şekilde paketlenmiş ahşap modüllerden inşa edilen bu hastanenin, planlanma, prefabrike modüllerinin üretimi ve nakliyesinin tamamı 6 ay içerisinde tamamlanmıştır. 11 Ağustos 1855 tarihinde 500 hasta kapasitesi ile kullanılmaya başlanmış ve 1856 Mart'ının sonlarına doğru 2200 hasta kapasitesine ulaşmıştır (Hospital Development Magazine, 2005; New Civil Engineer, 2000)



Şekil 3.8 Hastanenin inşa edildiği alan (Parkes E. A., 1857)

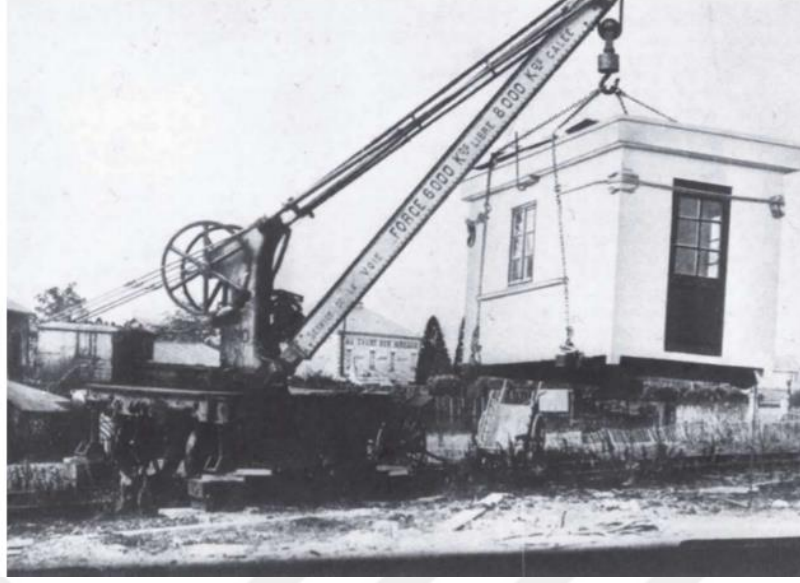


Şekil 3.9 Vaziyet planı (Parkes E. A., 1857)



Şekil 3.10 Plan ve kesitler (Parkes E. A., 1857)

Galvanize oluklu demir panellerin icat edilmesi ile demir parçalar ile üretilen prefabrike yapılarda da 2 boyutlu prefabrikasyon elemanlarının kullanımına geçildi. Böylece Manning evlerinin demir versiyonları da kullanılmaya başlanmış oldu. 1851 yılındaki “Gold Rush” akımını takiben Avustralya’da demir ve ahşap prefabrik modüler evlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. 1855 yılında burada 100’ün üzerinde prefabrik modüler ev bulunmaktaydı (National Trust Australia, 2021).



Şekil 3.11 İlk betonarme hücre yapısı (Staib vd., 2008)

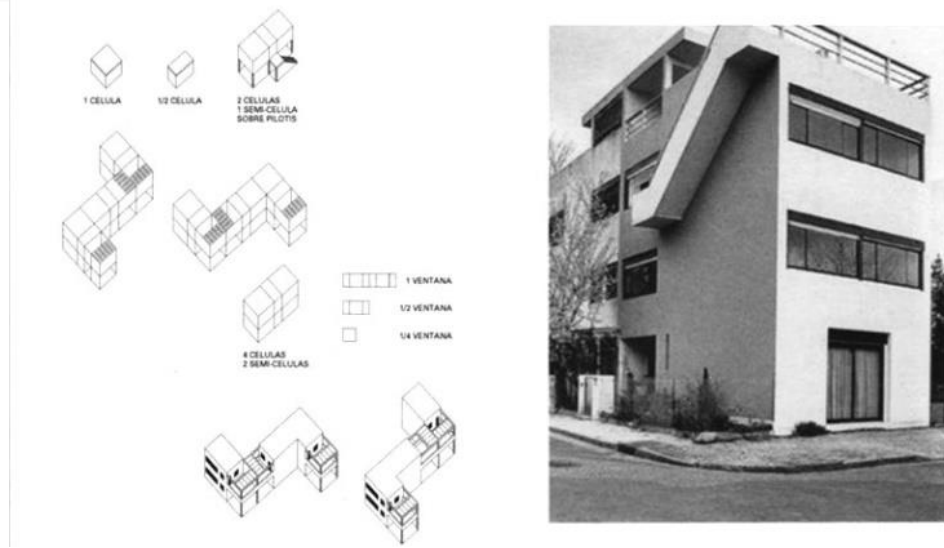
1896 yılında François Hennebique Fransız Demiryolları bekçileri için barınak yapıları olarak ilk betonarme hücre evleri tasarladı (Şekil 3.11). Bunu takiben İngiltere’de 1904 yılında, John Alexander Brodie tarafından tasarlanan, bir oda duvarı büyüklüğünde paneller kullanılarak ilk çok katlı betonarme panel yapı inşa edildi (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Betonarme panel ev (Miller, 2010)

Sears, Roebuck and Company isimli bir Amerikan şirketi, kataloglardan seçilip nakliye edilebilen, 400 farklı tasarıma sahip prefabrike evler satmaya başladı. Şirket 1908 – 1940 yılları arasında 75 bin adet ev sattı. Montaj hattı kullanılarak üretilen bu konutlar özellikle 1929 Ekonomik Krizi’nde uygun fiyatta ev satın almayı kolaylaştırmış oldu.

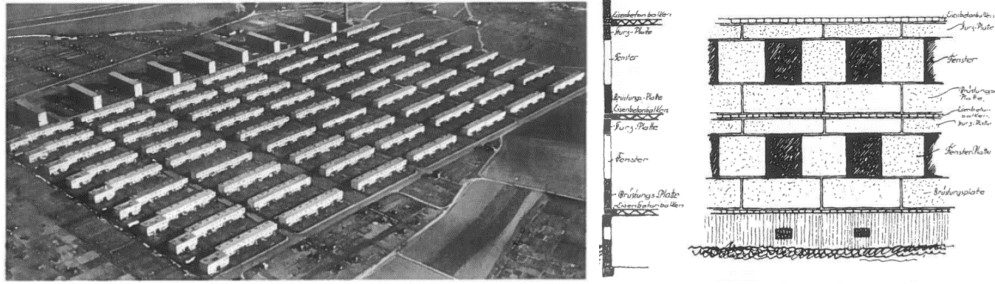
Avrupa’da Birinci Dünya Savaşı sonrası konut fiyatlarındaki artış yeni yerleşim yerlerinin inşa edilmesi gerektiğini gösteriyordu. Bu ihtiyaç ve endüstriyel üretimin etkileri ile mimarlar arasında mimarlıkta da bir endüstriyelleşme arayışları ortaya çıkmaya başladı. Bu projelerden bir tanesi de Le Corbusier ve Pierre Jeanneret’in tasarladığı “Les Quartiers Modernes Fruges” diğer adıyla “Pessac Evleri” (Şekil 3.13) oldu. 1923 yılında, Henry Fruges isimli bir fabrika sahibi, işçiler için bir konut projesi tasarlanması amacıyla Corbusier ve Jeanneret’le görüştü. İlk olarak 130 konutun inşa edilmesine karar verildiyse de son aşamada 50 adet inşa edilmiştir. Konutlar 5mx5mlik “basit hücre” ismi verilen temel modül seçilmiş ve bu modülün farklı biçimlerde bir araya getirilmesi ile dört farklı konut tipi oluşturulmuştur.



Şekil 3.13 Les Quartiers Modernes Fruges (Wiki Architectura, b.t.)

Bu dönem içerisinde modüler tasarım üzerinde çalışan bir diğer tasarımcı Walter Gropius’du. 1929 yılında tamamen bakır paneller kullanılarak inşa edilen “Bakır Ev” prototipini inşa etti. Almanya’da modüler inşaat denemelerinden bir diğeri de

Frankfurt şehrinin şehir planlamacısı olan Ernst May tarafından yapıldı. Şehrin konut ihtiyacını giderebilmek amacıyla prefabrik tasarıma yönelen Ernst May, kendisinin geliştirdiği betonarme panelleri kullanan Westhausen Yerleşimi’ni (Şekil 3.14) 1932 yılında hayata geçirdi.



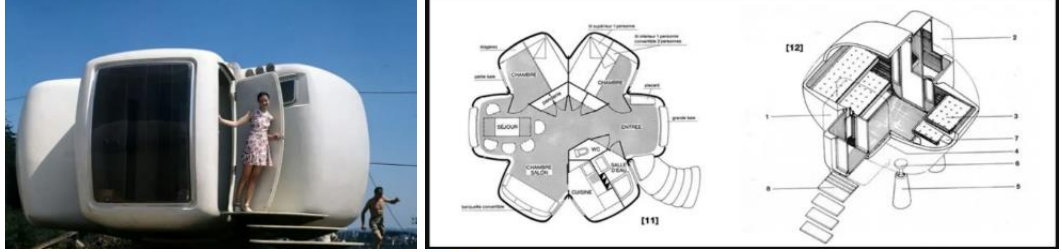
Şekil 3.14 Westhausen yerleşimi (solda) ve Ernst May'in tasarladığı betonarme panel detayı (Staib vd., 2008)

Oluklu demir panellerin icadı ile bir başka portatif prefabrik yapı geliştirilmiştir. Birinci Dünya Savaşı sırasında icat edilen “Nissen Hut”ları İkinci Dünya Savaşı sırasında yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Bu yapıları tasarlarken, yapının taşınabilir ve ekonomik olması en önemli kriterler olarak seçilmiştir. Bu kriterler göz önünde bulundurularak; Nissen Hut’ı bir askeri vagona sığacak şekilde paketlenilebilir ve 6 kişi tarafından 4 saat içerisinde kurulabilecek şekilde tasarlanmıştır (Nissen Buildings, 2020).

İkinci Dünya Savaşı bittiğinde Avrupa’da yaşanan nitelikli işçi eksikliği ve yıkılan şehirlerin yeniden hızlı bir şekilde inşa edilmesi amacıyla 1960 yılına kadar prefabrike konut inşasında görülen en büyük artış yaşandı (Redshift Video, 2019).

50’ler ve 70’ler arasında; “ütöpik plastik evler” şeklinde sınıflandırılabilir bir akım yaşandı. Bu akım içerisinde birçok tasarım bulunmasına rağmen bunların içerisinde en başarılı denebilecek örnek Jean Maneval’ın tasarladığı “Baloncuk Evi (Bubble House)” oldu (Şekil 3.15). Bu akım içerisinde kalan diğer örneklerin birçoğu konsept ve prototipten ileriye gidememiştir ancak Maneval’in tasarımı 300 hücre ile hayata geçirilmiştir. Maneval’in 1963’de tasarladığı plastik hücre evler 1968 yılında

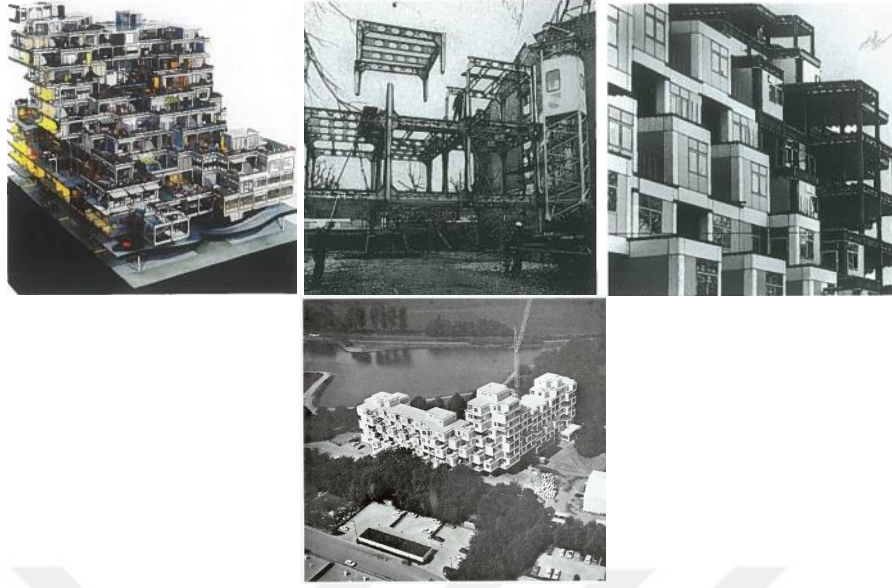
beyaz, yeşil ve kahverengi renk seçenekleri ile seri üretime geçmiştir (Bianchini, 2019).



Şekil 3.15 Manavel'in Baloncuk Evi (Bianchini, 2019)

1960'ların sonunda Richard Dietrich tarafından Almanya'da, Metastadt (meta-şehir) projesi, yeni inşaat teknolojilerinin geliştirilmesini gerektiren, kentselleşmeye yeni çözümler sunmaya çalışan bir girişimdi. Metastadt projesi, mevcut şehirlerin yenilenmesi ve yoğunlaşması amacı ile oluşturuldu. Bu amaca ulaşmak için, tüm bileşenlerin değiştirilebildiği, esnek, çok işlevli, çok katlı binalardan oluşacak bir yapı sistemi oluşturuldu.

Metastadt Wulfen, yatayda 4,2m ile dikeyde 3,3, 3,6, 3,9 m'lik aralıklara sahip çelik bir çerçeve ile oluşturulmuştu (Şekil 3.16). Bu mega yapı ve modüler tasarımı kullanıcılara kişisel değişiklikler yapabilme imkanını sunmayı amaçlamıştı ancak bu değişiklikleri yapmak kullanıcılar için çok karışıktı bu yüzden proje kullanıcılar tarafından reddedildi. Metastadt 13 yıl sonra taşıyıcı sisteminde bulunan eksikliklerden dolayı yıkıldı.



Şekil 3. 16 Metastadt modeli ve inşa aşamaları (Staib vd., 2008; Wulfen Wiki, b.t.)

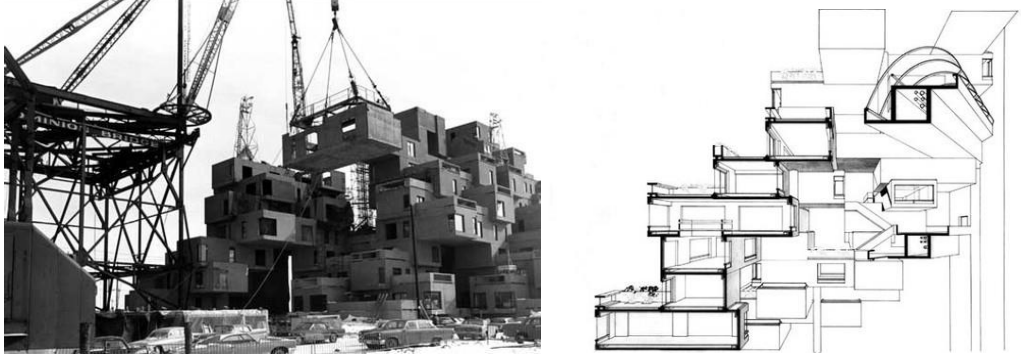
1967 yılında Moshe Safdie tarafından Expo 67 içerisinde Kanada Pavyonu olarak tasarlanan Habitat 67 fuarın en önemli eserlerinden biri olmuştur. Yapı yüksek kaliteli yaşam sunan, yüksek yoğunluklu, şehir ortamları için deneysel bir çözüm olması amacıyla tasarlanmıştır. Montreal, Kanada’da inşa edilen yapı ile prefabrike hücre tasarımının sınırları test edilmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Habitat 67 (Merin, 2013)

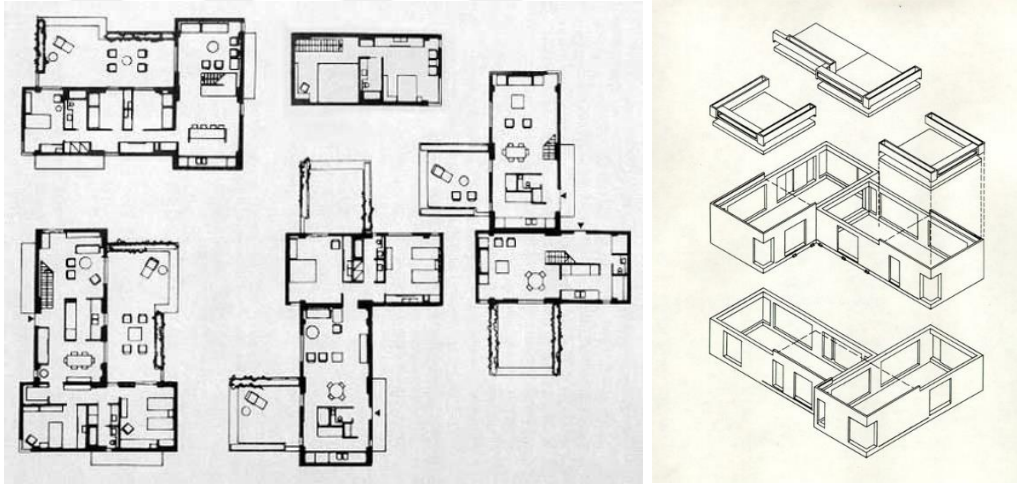
Yapı birbirinin aynısı ve tamamen betonarme prefabrik 354 modülün farklı varyasyonlarda yerleştirilmesi ve çelik kablolar ile birleştirilmesi şeklinde oluşturulmuştur. Modüller kullanılarak oluşturulan bu apartmanlar şekil ve boyut olarak birbirinden farklıdır (Şekil 3.19). Bu şekilde oluşturulan 158 apartmana, yapının

içerisinde bulunan 3 dikey çekirdek, köprü ve yaya yolları ile ulaşılabilir (Şekil 3.18 ve Şekil 3.20).



Şekil 3.18 Hücrelerin yerleştirilmesi ve yapıdan bir kesit örneği (Merin, 2013)

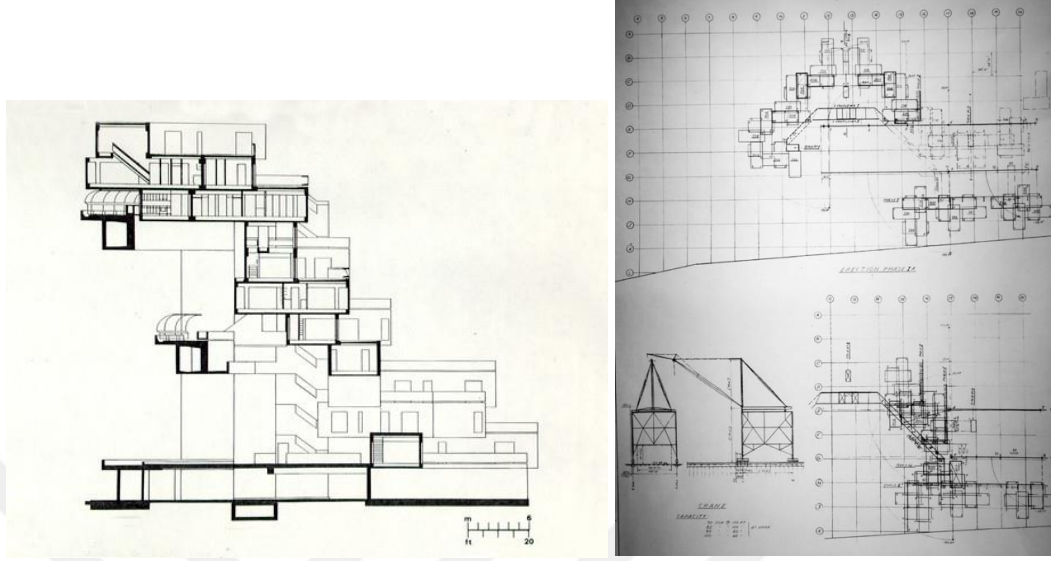
Yapıda kullanılan, inşaat alanında (on-site) inşa edilen hücreler ile amaçlanan düşük maliyete, projenin büyüklüğünün 1000 apartman dairesinden 158'e düşürülmesi nedeniyle ulaşılamamıştır ve proje maliyeti beklenenden çok daha yüksek olmuştur.



Şekil 3.19 Planlar ve hücreler (Merin, 2013)

Habitat 67 amaçlarından biri olan düşük maliyeti gerçekleştirememiş olsa da Safdie'nin prefabrike modülleri farklı biçimlerde yerleştirerek elde ettiği yapı ile prefabrike modüler yapıların tek düze olmak zorunda olmadığı kanıtlanmış oldu. Bunun yanında modüllerin yerleştirilmesi ile her bir apartman dairesi bir çatı bahçesine sahip olmuş ve sürekli olarak doğal ışıktan yararlanabilen daireler ile,

dönemin çok katlı apartman yapılarında bir benzeri görülmemiş bir yapı ortaya çıkmış oldu.



Şekil 3.20 Kesit ve akslar üzerinde yerleşim planı (Merin, 2013)

Her ne kadar çoğu pavyon yapıları, Expo'ların sonuçlanması ile kaldırılrsa da Habitat 67, Eyfel Kulesi ve Kristal Saray gibi, kaldırılmamış ve başarılı bir konut projesi olarak hayatına devam etmektedir (Merin, 2013; Arkitektüel, 2017)

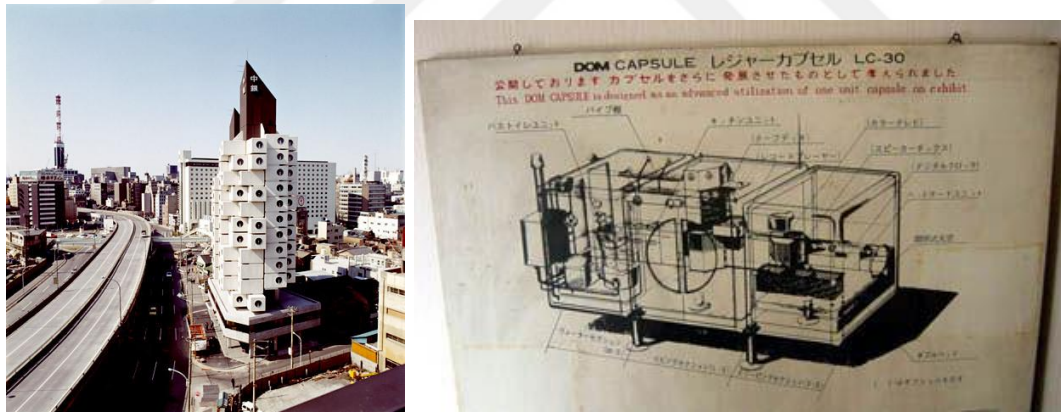


Şekil 3.21 Hücrelerden oluşan ilk otel yapısı (Staib vd., 2008)

Bu dönem içerisinde betonarme hücrelerin kullanıldığı bir başka önemli yapı da San Antonio'da inşa edilen Hilton Oteliydi. 1968 yılında inşa edilen ve 22 katlı olan bu yapı kendi türünün ilk örneğiydi (Şekil 3.21). İlk dört katında dökme beton kullanılmış ve 5-21 katlarındaki otel odalarının tamamı betonarme hücreler

kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının inşasında toplamda 496 hücre kullanılmış ve yapı 202 gün içerisinde tamamlanmıştır (Staib, Dörrhöfer, ve Rosenthal, 2008; Zachry Construction, b.t.).

Pasifik'in bir tarafında bu gelişmeler yaşanırken, diğer tarafında Japon mimarlar tarafından yeni bir mimari akım geliştirilmekteydi. Kiyonori Kikutake, Kisho Kurokawa ve Fumihiko Maki tarafından, 1960 Tokyo Dünya Tasarım Konferansı'nda "Metabolist Manifesto" yayınlandı. Bu manifestoda "Ocean City, Space City, Towards Group Form ve Material and Man" başlıklı dört makalenin yanında, okyanuslarda yüzen büyük şehirler ile organik büyümeyi birleştirebilecek, plug-in kapsül kuleleri için tasarımlar bulunuyordu. Marksizm ve biyolojik aşamalardan etkilenecek oluşturdukları bu mimari bakış açısı konferans sayesinde dünya mimarları arasında yankı uyandırsa da ne yazık ki fikirleri çoğunlukla teorik aşamada kaldı. Bu akımın en önemli temsilcisi Kurokawa'nın Tokyo için tasarladığı "Nakagin Kapsül Kulesi" oldu (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Nakagin kapsül kulesi ve bir kapsülün tasarımı (Sveiven, 2011)

Mimarlıktaki ilk kapsül kule olan yapı, Tokyo'yu ziyaret eden iş adamlarının kalması için inşa edilmiştir. Yapıdaki her bir kapsül kulenin ortasından bulunan betonarme çekirdeğe monte edilmiştir ve ihtiyaç olunduğunda sökülebilir, değiştirilebilir veya yenilenebilir olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapının bu özelliği mimarlıktaki sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm için bir prototip olarak anılmasına neden olmuştur.

4x2,5m boyutlarında 140 adet kapsülden oluşan yapı, Kurokawa'nın tasarladığı, 4 adet yüksek-gerilimli (high-tension) cıvata ile çekirdeğe monte edilmiştir. Yapının çekirdeği etrafında farklı açılarla yerleştirilebilen kapsüllerin her bir modülünün iç hacmi, o kapsülü başka bir kapsüle bağlayarak değiştirilebilmektedir.



Şekil 3.23 Farklı açılar ile kapsüllerin birleşimi ve bir kapsülün iç mekânı (Sveiven, 2011)

Yapıdaki her bir modül, iç hacimde bulunan eşyalarla birlikte fabrikada üretilmiş ve inşa alanına tırlar ile ulaştırılmıştır (Şekil 3.23). İnşa alanına ulaşan modüller, vinç yardımı ile yerleştirilmiş ve betonarme çekirdeğe monte edilmiştir (Sveiven, 2011).

Prefabrik ve modüler tasarımların, buraya kadar değinilen birçok örnekte görüldüğü gibi kullanıcılar tarafından benimsenmemesi ve kimi zaman teknik problemler nedeniyle yıkılması gibi nedenlerle yapı inşaatlarında daha az kullanılmıştır. Prefabrikasyon ve modüler tasarımın başlangıcı diyebileceğimiz dönemde yapılan hatalardan gerekli dersler çıkarılmış ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi ile birlikte hücre sistemlerde 2000'li yılların sonu ile yeniden dünya gündemine giriş yapmaya başlamıştır.



Şekil 3.24 Lake Tahoe Evi, ABD, 2009 (Smith R. E., 2010)

Yeni dönem hücre sistem örneklerinden olan Michelle Kaufmann Designs tarafından 2009 yılında ABD’de inşa edilen “Lake Tahoe Evi” hücrelerin fabrika içerisinde üretildikleri 14 hafta dahil toplamda 22 hafta içerisinde tamamlanmıştır (Şekil 3.24). Evi oluşturan hücreler, fabrika içerisinde üretilmiş ve Lake Tahoe’ya nakliye edildikten sonra 8 hafta içerisinde montajı tamamlanmıştır (Smith R. E., 2010).

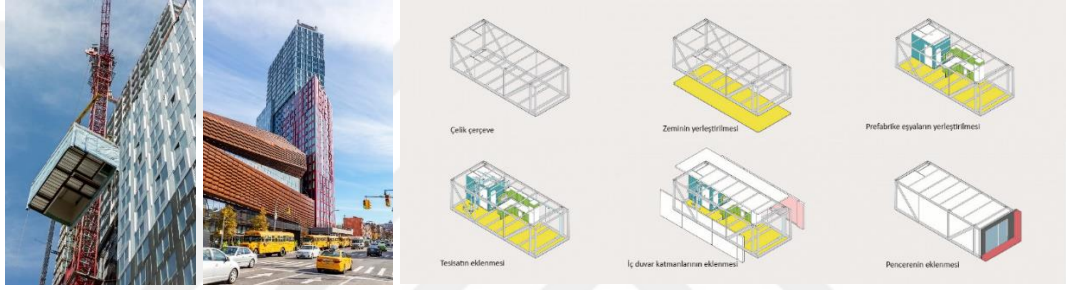


Şekil 3.25 Londra’daki öğrenci yurdu (The Victoria Hall) inşası, İngiltere, 2010 (Smith R. E., 2010)

2010 yılında İngiltere’de O’Connell East Architects tarafından tasarlanan 24 katlı bir öğrenci yurdu (Şekil 3.25) inşası 805 adet çelik hücre kullanılarak 27 hafta içerisinde tamamlandı. Warhampton Development tarafından finanse edilen projede, hücre sistem kullanılmasının tercih edilmesinin sebebi olarak hızlı inşaat süresi gösterildi. Gerçekten de 28 haftada 500 hücreyi inşa eden Hilton Oteli ile karşılaştırıldığında, 800 çelik hücrenin 27 haftada inşa edilebilmiş olması, hücre sistem teknolojisinin 30 yıl içerisinde ne kadar da gelişim kat ettiğini gözler önüne

sermiştir. Hücre sistemler kullanılarak projenin geleneksel yöntemlere kıyasla 1 yıl daha erken tamamlanması sayesinde, yapının sahibi öngörülen programdan çok daha önce binadan kar etmeye başlayabilmiştir (Smith R. E., 2010).

2016 yılında çelik hücre sistem kullanılarak inşa edilen 32 katlı konut yapısı Brooklyn, ABD’de inşa edildi. Yapının tasarımcıları, SHoP Architects, günümüzün ihtiyacı olan yüksek katlı yapıların prefabrik hücre sistem ile de yapılabileceğini göstermek amacıyla kullandıklarını ve B2’nin teknolojik eşiklerden biri olduğunu belirtmiştir.



Şekil 3.26 B2 binası (McKnight, 2016) ve hücrelerin oluşturulması (SHoP Architects, 2017)

32 katlı bu yapının inşası için 930 adet çelik hücre, fabrikada üretilip inşa sahası içerisinde birleştirilmiş ve 363 adet ve 23 farklı plana sahip, farklı boyutlarda apartman dairesi elde edilmiştir (Şekil 3.26). Çelik hücrelerin inşası, inşaat sahasına yakın olan “Brooklyn Navy Yards”da bulunan bir fabrikada gerçekleştirilmiş ve fabrikanın yakınlığı lojistik açıdan yapının inşasına kolaylık sağlamıştır (McKnight, 2016; SHoP Architects, 2017).

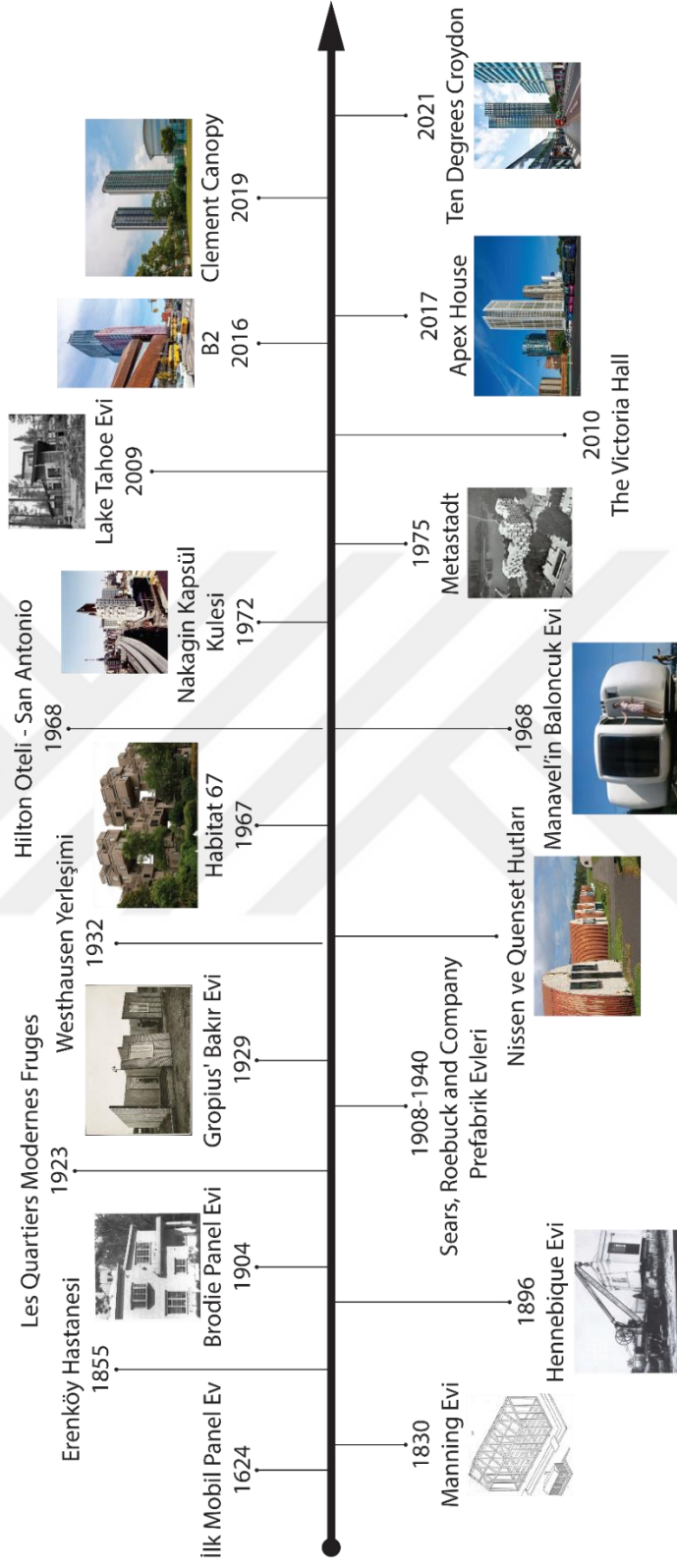


Şekil 3.27 Clement Canopy binaları (Bouygues Construction, b.t.)

2019 yılında Singapur’da Dünya’nın, şu an için, en yüksek hücre sistem kullanılan yapısı inşa edilmiştir. 40 katlı ve 140 metre yüksekliğinde olan ve aynı yükseklikte iki binadan oluşan Clement Canopy kompleksinde toplamda 1899 adet betonarme hücre kullanılmıştır (Şekil 3.27). Yapıda kullanılan hücreler, Malezya’daki bir fabrikada %85 oranında tamamlandıktan sonra Singapur’a nakliye edilmiş ve yapının betonarme çekirdeği, hücrelerin montajı devam ederken eş zamanlı olarak inşa edilmiştir (Block, 2019).

2017 yılında Dünya’nın en yüksek hücre sistem yapısı olacak şekilde tasarlanan Ten Degrees Croydon’nın inşası 2021 yılında tamamlanmıştır. 38 ve 44 katlı olmak üzere iki binadan oluşan yapı grubunun en yüksek binası 135 metre ile Dünya’nın en yüksek modüler bina unvanını 5 metre ile Clement Canopy’ye kaptırmış olsa da 2021 itibari ile, Avrupa’nın en yüksek hücre sistem yapısı olma özelliğini taşımaktadır (Parkes J. , 2021).

Günümüze kadar hücre sistemler kullanılarak inşa edilmiş olan yapıların kronolojik olarak bir listesi Şekil 3.28’de verilmiştir.



Şekil 3.28 Hücre sistemlerin tarihsel gelişimi

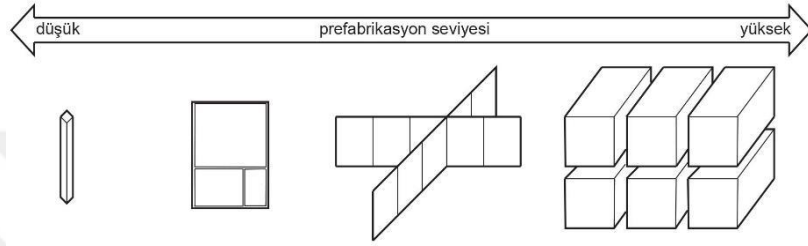
Prefabrikasyon ve modüler tasarımın mimaride kullanımının tarihi 2000 yıl kadar geriye ulaşmaktadır. Ancak modern dünyadaki ilk prefabrikasyon örneği 1624 yılında inşa edildiği söylenebilir. Prefabrikasyon ve modüler tasarım yıllar içerisinde tek boyutlu elemanlardan panellere ve sonunda da 3 boyutlu elemanlar olan hücre sistemlere evrilmiştir. 19. yüzyılda teknolojinin gelişmesi ve hızlı Hennebique'in tasarladığı ilk betonarme hücre evler ile Brodie'nin panel evinin hücre sistemlerin ilk örnekleri olmuştur.

20. yüzyıla gelindiğinde Birinci ve İkinci Dünya Savaşları sonrası Avrupa'sında, yıkılan şehirlerin yeniden ve hızlı bir biçimde imar edilmesi, nitelikli işçi eksikliği ile aynı zamanda endüstriyellemenin en hızlı olduğu bu dönemde mimarlar da yapı inşaatını endüstriyellemenin yollarını aramışlardır. Bunun sonucunda, 1930 ile 1975 yılları arasındaki dönem Walter Gropius, Le Corbusier Ernst May, Jean Manevel, Richard Dietrich gibi çeşitli tasarımcıların prefabrikasyon ve modüler tasarım üzerinde çalışmalar yapmasına olanak sağlamıştır. Bu dönem içerisinde hücre sistemleri kullanırken ikinci dünya savaşı sonrası Avrupa'ya hakim olan tek düze mimariyi de kıran Moshe Safdie'nin Habitat 67'si gelecek nesiller için hücre sistemler açısından bir çığır niteliğinde olmuştur.

21. yüzyıla geldiğimizde hücre sistemlerin kullanımı yüzyılın başında yavaş başlamış olsa da günümüzde çok daha fazla gündemde olduğu görülmektedir. Artık geçmiş yıllarda hücre sistemler ve modülasyonda yapılan hatalardan ders çıkarmış bir sektör içerisinde, o dönemin mimarlarının hayal ettiği teknik kaliteye sahip yapılar inşa edilmiştir ve edilmeye devam etmektedir.

3.2 Prefabrike HÜCRE Yapım Sistemleri

Bir yapıyı oluşturan unsurların prefabrikasyonu farklı seviyelere sahip olabilir. Prefabrikasyon seviyesi; tek boyutlu olan elemanlardan (kiriş-kolon gibi), iki boyutlu elemanlara (ahşap, betonarme, çelik paneller) ve en yüksek prefabrikasyon seviyesine sahip olan 3 boyutlu hacimsel unsurlara, bir başka isimle, hücrelere artmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Prefabrikasyon seviyesi (Smith R. E., 2010)

Hücre sistemler bir yapıyı oluşturacak olan unsurlar içerisinde en yüksek prefabrikasyon seviyesine sahip olanıdır. Bu hacimsel yapı birimleri %95'e varacak prefabrikasyon olanaklarına sahiptirler. Tümü ile fabrikada tamamlanmış hücrelerin sadece inşaat alanına nakliyesi ve montajının tamamlanması ile inşaatlar geleneksel yöntemlere kıyasla çok daha hızlı bir şekilde tamamlanabilirler.

3.2.1 Hücre Sistemlerin Genel Özellikleri

Hücre sistem ve prefabrikasyon denilince, akıllara hala 1960 ve 1970'lerde yaygın bir biçimde kullanılan betonarme, seri üretim ile yaratıcı olmayan, monoton ve katı mimarlık gelmektedir. Özellikle Avrupa'nın esi sosyalist ülkelerinde 50, 60 yıl önce yaygın bir şekilde kullanılmış olan bu mimari ve prefabrikasyon sistemi artık günümüzdeki ön üretim teknolojilerinden bir teknoloji ile inşa edilmiştir. O dönemden bu yana sadece yapıların strüktürel analizini oluşturmak kolaylaşmakla kalmamış aynı zamanda ön-üretimde kullanılan malzeme teknolojileri de değişmiştir.

Prefabrikasyon tek, iki ve 3 boyutlu olarak sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmada 3 boyutlu elemanlar olan hücreler iki boyutlu olan düzlemsel elemanların sınırlamalarının ötesinde bir prefabrikasyon seviyesi sunmaktadır. Her odada bulunan bütün yüzeyler ve birleşim noktaları, inşaat alanındaki montaj süresini minimuma indirerek yüksek kalitede tamamen prefabrike bir şekilde üretilmektedir. Hücreler içlerinde bulunacak sabit mobilyalara kadar çeşitli iç donanımları monte edilmiş şekilde teslim edilebilmektedir. Yapıların teknik tesisatları da büyük ölçüde önceden monte edilebilmektedir bu nedenle borular ve kablolar yalnızca hücrelerin montesi bittikten sonra bağlanmalıdır.

Bir inşaatta hücre sistemlerin kullanılacak olması; binanın genel tasarımını, kat planlarını ve odaların boyutlarını büyük ölçüde şekillendireceği için tasarım aşamasının başında verilmesi gereken bir karardır.

3.2.2 Hücre Sistemlerin Avantajları

Öncelikle, prefabrike hücre sistemler üretimi fabrika içerisine taşımaktadır. Üretimin fabrika içerisine taşınmasının iki ana avantajı bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; inşaat aşamasında nemden kaynaklanan hasar riskini hem de yapıyı olumsuz hava koşullarından korumaya yönelik önlemler için maliyet ve işgücü azaltılmasıdır.

Üretimin fabrika içerisine alınmasının ikinci avantajı ise; genel olarak inşaat süresinin kısaltılmış olmasıdır. Bir yapıdaki prefabrikasyon oranı arttıkça, bina dış kabuğunun ve iç donanımın hücreler üzerine fabrika içerisinde tamamlanmasıyla, inşaat alanında geçen süre azalmaktadır. Daha kısa inşaat süreleri her bir proje için değişen ekonomik avantaj sahip olacaktır. Prefabrikasyon mevcut binaların üzerinde çalışmayı da mümkün kılmaktadır. Bunun için en güzel örnek olarak, tatil döneminde genişletilmesi veya yenilenmesi gereken okul binaları verilebilir. Okullar yılın sadece belli bir döneminde yenilenme ve genişletme amaçları için en uygun durumdadır. Geleneksel inşaat prefabrikasyonun sağlayacağı inşaat hızının gerisinde kalmaktadır (Kaufmann, Krötsch, ve Winter, 2018).

Bir atölye ortamı, imalat için ideal olan alanı sunmaktadır. Hücrelerin fabrika içerisinde üretimi hem uygulama hem de sürecin kontrol kalitesini artırır. Atölye içerisinde; olumsuz hava koşullarından bağımsız olması, üretim için katledilen mesafenin kısa olması ve üretim malzemeleri ve aletleri ile birlikte tam bir montaj ekibinin sürekli kullanılabilirliği üretimin verimini artırır. Bir montaj tezgahı, bir iskeleden çok daha ergonomik bir iş yeridir. Aynı zamanda atölye içerisinde dışarıdan gelen elemanları kontrol etmek ve tamamlanmış yapılara zarar gelmesini önlemek çok daha kolaydır (Kaufmann vd., 2018).

Prefabrikasyon ile ayrıca malzemelerin korunması daha kolaydır. Elemanlar, kısmen bilgisayar kontrollü bir süreçte en uygun şekil ve boyutlarda oluşturulur. Arta kalan malzeme bir şantiyeye ortamına kıyasla daha kontrollü yollarla toplanabilir ve yeniden kullanılabilir (Kaufmann vd., 2018).

3.2.3 Hücre Sistemlerin Dezavantajları

Prefabrikasyon ve hücre sistemlerin birçok avantajı bulunmasına karşılık dezavantajları da bulunmaktadır. Bunun en başında planlama süreci gelmektedir. Prefabrike hücre sistemler geleneksel inşaatla kıyasla, genellikle daha kısa bir planlama ve uygulama sürecine sahip değildirler çünkü planlama aşaması daha karmaşıktır. Bu tarz projeler uzun bir süre sanal kalacağı için uygulamanın maliyeti tasarım sürecinin geç dönemlerinde ortaya çıkmaktadır ve finansman daha kısa bir süre için gerekli olacaktır.

Prefabrikasyon ile inşa edilmesi karar verilmiş bir yapının planlama süreci çok ayrıntılı olacaktır. Planlamacılar ve müşteriler olası tüm sonuçları göz önünde bulundurarak gerekli tüm kararları zamanında vermiş olmalıdır. İnşaat alanındaki düzeltmeler, kalite ve maliyet açısından önemli olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Kaufmann vd., 2018).

Prefabrikasyon görece küçük projelerde inşaatı daha karmaşık ve maliyetli hale getirebilmektedir bu nedenle avantaj ve dezavantajların bu tarz projelerde

karşılaştırılması gerekmektedir. Eğer prefabrike eklemeler mevcut binalara yapılacaksa, var olan yapının detaylı bir analizinin yapılması gerekmektedir (Kaufmann vd., 2018).

3.2.4 Hücre Sistemlerde Boyutsal Kısıtlamalar

Hücre sistemlerde kullanılacak hücrelerin boyutları ana olarak, fabrika ile inşaat alanındaki nakliye koşullarına bağlıdır. En önemli sınırlayıcı faktör bir hücrenin genişliğidir. Standart bir tır yaklaşık 13,5 metre uzunluğunda ve 3,5 metre yükseklikteki öğeleri taşıyabilmektedir.

Türkiye’de Karayolları Trafik Yönetmeliği’nin 128’inci maddesinde nakliye araçlarının azami genişliği 2,55 metre, yüksekliği 4 metre ve uzunluğu 16,5 metre ile 40 ton ağırlık olacak şekilde belirtilmiştir. Bu boyutları aşan öğeler de “Özel Yük Taşıma İzin Belgesi” alınması gerekmektedir.

3.2.5 Hücre Sistemlerin Taşıyıcı Sistem Özellikleri

Hücrelerin strüktürel düzenleme olanakları incelendiğinde; malzemesi ne olursa olsun taşıyıcı sistem yönünden hücreler, panel ve iskelet sistemin bir kombinasyonu şeklinde yorumlanabilirler. Panel sisteme benzerliğinde hücrenin en az iki duvarı ile tavan döşeme plağı taşıyıcı olmaktadır. İskelet sistemle oluşturulan hücreler 4 kolon ve kirişten kurulabilir. Yine bu durumda 2 alın çerçevesi ile bu çerçeveleri bağlayan 2 kirişte statik yönden uygulanması gereklidir. 4 kolon ve bir döşeme plağı diğer bir olanağı oluşturur. Tavan ve yer döşemelerinin her ikisi de taşıyıcı plak olarak yapıldığında üst üste gelen hücrelerde bunlardan biri gereksiz olmaktadır. Böyle durumlarda zeminde yer alan döşeme plağı taşıyıcı, tavan döşeme plağı ise taşıyıcı olmayabilir. Şekil 3.30’da bu ilkeler doğrultusunda ortaya çıkabilecek olasılıklar görülmektedir.

YATAY BİLEŞENLER		A	B	C	D	E	F	G	H
		TAVAN PLAĞI	DÖŞEME PLAĞI	HAFIF TAVAN DÖŞEME PLAĞI	TAVAN PLAĞI DÖŞEME PLAĞI	TAVAN ÇERÇEVE DÖŞEME ÇERÇEVE	HAFIF TAVAN DÖŞEME ÇERÇEVE	DÖŞEME ÇERÇEVE	TAVAN ÇERÇEVE
DÜŞEY BİLEŞENLER									
1	2 ALIN PLAĞI								
2	2 UZUN KENAR PLAĞI								
3	2 ALIN 1 UZUN KENAR PLAĞI								
4	1 ALIN 2 UZUN KENAR PLAĞI								
5	2 ALIN 2 UZUN KENAR PLAĞI								
6	1 ALIN 1 UZUN KENAR PLAĞI 1 KOLON								
7	1 UZUN KENAR PLAĞI 2 KOLON								
8	1 ALIN PLAĞI 2 KOLON								
9	2 UZUN KENAR ÇERÇE- VESİ								
10	2 ALIN ÇERÇE- VESİ								
11	4 KOLON								

Şekil 3.30 Hücrelerin strüktürel olanakları (Türkçü, 1998)

Hücrelerin boyutsal ve ağırlık sınırlamaları; hücrelerin üretim yerinden kurulum yerine ulaştırılması yani nakliyesi, hücre tasarımını sınırlayan bir etkidir. Bu sınırlama hem boyutsal hem de ağırlık açısından geçerlidir. Sınırlamalar nakliyat

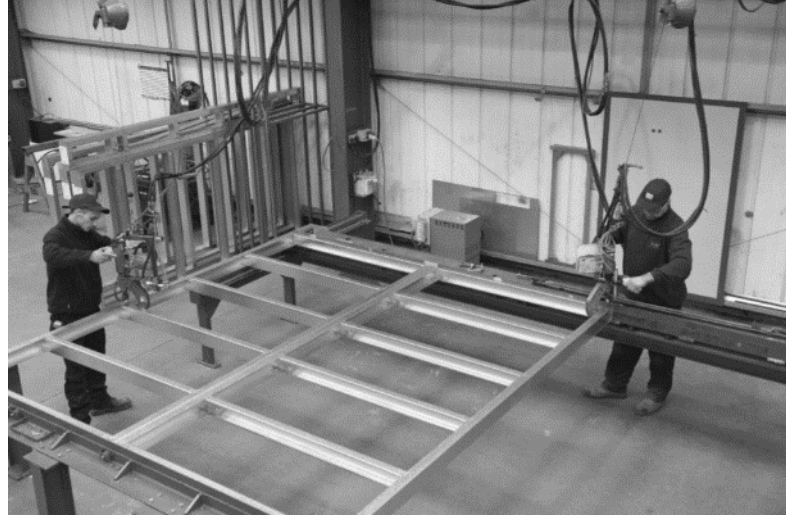
türüyle yakından ilgilidir. Hücrenin bir dikdörtgenler prizması olduğu varsayılırsa, kısıtlayıcı boyut olarak kısa kenarlar, yani hücrenin genişliği çıkar. Hücreler kat yüksekliğinde olduğundan normal kullanımlar için nakliyat sınırlamaları yükseklik yönünden sorun yaratmaz. Günümüzde hücrelerin boyutlarıyla ilgili sınırlama, nakliyat imkanlarına bağlı olarak belirlenmektedir. İnşaatın yapılacağı bölgeye ve yapının ihtiyaçlarına göre hücre genişlikleri ve uzunlukları belirlenebilmektedir. Genişliği 2,9m'yi geçmeyen hücreler özel izin gerektirmeden taşınabilir. 3,5m üzerinde olan hücreler bir eskort araçla, 4,3m üzerinde olan hücreler polis eskortu ve ek hız limitleri ile taşınabilmektedir (Steel Construction Institute, b.t.).

3.2.6 Hücre Sistemlerin Yapım Özelliklerinin Malzemelerine Göre İncelenmesi

Hücre sistemler malzemelerine göre sınıflandırıldığında en yaygın olarak kullanılan üç malzeme göze çarpmaktadır: ahşap, çelik ve betonarme. Her bir malzemenin kendilerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

3.2.6.1 Çelik Hücreler

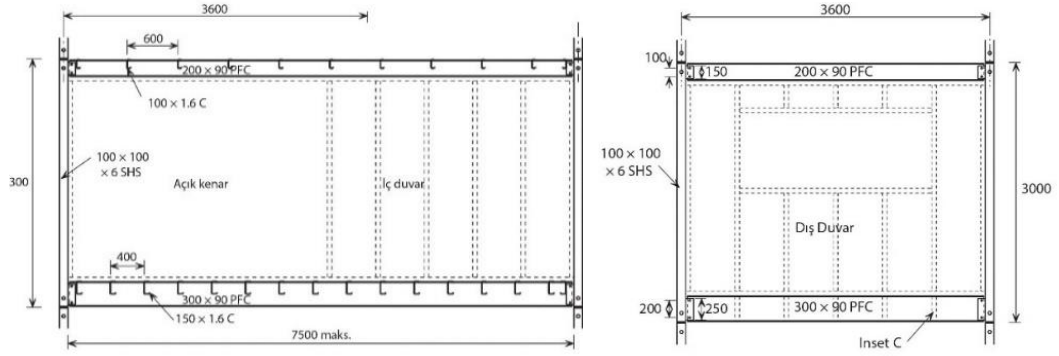
Geleneksel olarak düşünüldüğünde çelik konstrüksiyon; kolon ve kirişler kullanılarak oluşturulan çerçeve sistemin çok katlı ticari yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tarz yapılarda, I ve H profilleri kullanılarak oluşturulan çelik konstrüksiyon formu; uç bağlantıları ile imal edilmektedir ve cıvatalar kullanılarak veya kaynak ile montajı sağlanmaktadır.



Şekil 3.31 Çelik bir hücre için bir duvar panelinin inşası (Lawson vd., 2014)

Çelik hücreler ise C profil şeritler kullanılarak inşa edilmektedirler. Duvarlarda kullanılan C profiller 70 ila 100mm derinlikte ve taşıyacakları yük oranına bağlı olarak 1,2 ila 2,4mm kalınlıkta olabilirler. Bu çelik profiller alçıpan boyutlarıyla uyumlu bir şekilde 300 ila 600mm aralıklarla yerleştirilirler (Şekil 3.31). Zeminlerde ise, açıklıklarına bağlı olarak, 1,5mm kalınlığında, 150 veya 200mm derinliğinde profiller kullanılmaktadır. Çinko kullanılarak kaplanan profiller hava veya su ile temas durumunda çinkonun oksitlenmesi sayesinde, profil çizilse dahi koruması sağlanmış olur (Lawson, Ogden, ve Goodier, 2014).

Çelik hücrelerde köşe direkleri, hücreye bağlı olarak, sıcak haddelenmiş L profilleri veya içi boş kare (SHS) profiller kullanılarak oluşturulabilir. Kenarları açık olacak şekilde tasarlanan çelik hücrelerde, 300 ila 400mm derinliğinde, köşe direkleri arasında uzanan çelik kenar kirişleri kullanılabilir (Şekil 3.32).

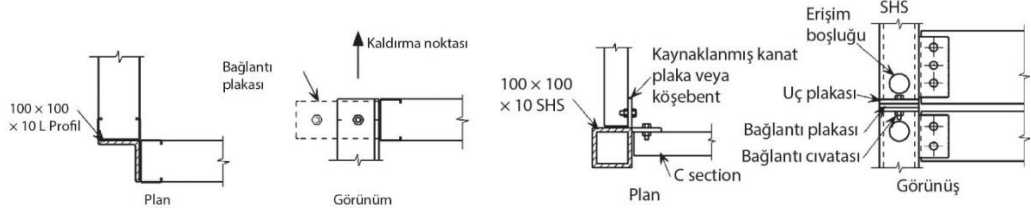


Şekil 3.32 Açık kenarlı bir çelik hücre kesiti uzun kenar (solda) ve kısa kenar (sağda)

Çelik hücrelerde, hücreler ile oluşturulabilecek kat yüksekliği, hücrelerin yük aktarma biçimlerindeki farklılıklara göre değişiklik göstermektedir. Hücrelerin strüktürel biçimleri ile yapının planına göre, betonarme çekirdek veya çelik çaprazlara (steel bracing) ihtiyaç duyulmadan 4 ile 7 kat arasındaki yüksekliklerde hücreler üst üste getirilerek yapı oluşturulabilir. Yapının formuna ve hücrelerde kullanılan strüktürel yapıya göre, betonarme çekirdek veya çelik çaprazlar kullanılan yapılarda 25 kata kadar yükselen yapılar inşa edilebilir.

Çelik hücreleri birleştirmek için L profil veya SHS'ler kullanılabilir. L profil kullanılarak birleştirilen hücreler, tavanda ve tabanda olacak şekilde cıvatalar ve bağlantı plakaları kullanılarak birleştirilebilirler.

Bu profiller içerisinde SHSler en yüksek basınç direncini göstereceği için açık hücrelerde kullanılabilir. Şekil 3.33'de sağda gösterilen bağlantı detaylarında, kenar kirişlerinin civatalandığı SHSye kaynaklanmış bir kanat plaka veya köşebent görülmektedir. SHSdeki minimum 50 mm çapındaki erişim delikleri, hücreler arasında dikey ve yatay bağlantılar sağlamak için cıvataların uç plakalardan geçmesine izin verir.



Şekil 3.33 L profil kullanarak (solda) veya SHS kullanarak (sağda) yapılan hücre birleşimleri (Lawson vd., 2014)

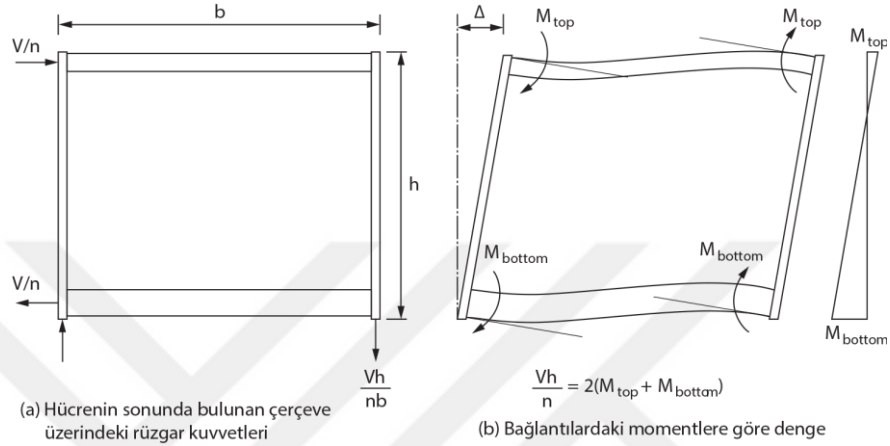
Hücreler ile inşa edilen yapıların genel olarak dayanıklılığını artırabilmek ve yanal yüklere karşı dayanımlarını sağlamak için çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bu yöntemler içerisinde; Duvar veya döşeme kuruluşunda X veya K biçimli çelik çaprazlamalar, çelik sac veya endüstriyel ahşap levhalar (OSB, Kontrplak vb.) veya duvar sisteminde duvarın köşe dikmeleri ile kenar kirişlerinin bağlantısında momente dirençli bağlantılar kullanmak söz konusudur. Bunların yanında birden fazla katlı yapılarda imkanı var ise hücreler, bir betonarme çekirdek, yapısal çelik veya ahşap malzemeli strüktürlerle bağlantıları yapılarak, yanal yüklere karşı desteklenebilir.

X çaprazlamalar; yassı sac elemanlardan, inşaat demirinden, kablolardan yanal yüklere karşı dayanacak şekilde tasarlanabilir. En kolay uygulanan ve bu nedenle yaygın kullanılan yassı sac levhalardır. Alanın sınırlı olduğu yerlerde pencere ve kapılara bitişik alternatif bir K çaprazlama desteği kullanılabilir. Bu destek elemanları duvarın bir parçası olacak şekilde üretilirler ve gerilime dayanacak şekilde tasarlanan C profil elemanlardan oluşurlar.

20kN mertebesindeki yatay kesme kuvvetlerine X çaprazlamalar ile hücrelerin direnmesi sağlanabilir. Bu nedenle orta yükseklikli binalarda, 6 veya 8 katlı, kullanılabilirler. K çaprazları 5kN mertebesindeki çok daha küçük kesme kuvvetlerine direnç gösterebilir. Hücrenin sonunda bulunan bir pencere açıklığının her iki tarafına yerleştirilen K çaprazları 10kNluk bir yatay kesme kuvvetine dayanabilecektir.

Diyafram hareketi, hafif çelik çerçeveye sabitlenen kaplama levhalarının, beton parçacıklı panel (CPB – Cement Particle Board), neme dayanıklı kontrplak, OSB paneller gibi uygun kaplama levhalarının yatay kesme direncini ifade eder (Lawson

vd., 2014). Bu destek sisteminin etkili olabilmesi için levhaların her tarafında 300mm'den fazla olmayacak şekilde çivi veya vida ile sabitlenmelidir. 2,4m²'lik bir duvar paneli üzerinde belirtilen tip paneller kullanılarak yapılan testler CPB'nin metrede 4kN'luk bir kuvvete OSB'nin ise metrede 3kNluk bir kuvvete direnç gösterebilmiştir.



Şekil 3.34 Köşe direkleri ve kenar kirişleri arasındaki moment dirençli bağlantılar ile az katlı binanın kararlılığı (Lawson vd., 2014)

Moment dirençli bağlantılar, SHSler ve kenar kirişleri PFC (Parallel Flange Channel) profiller arasında, uç plaka veya derin kanatlı bağlantılar Şekil 3.32'de gösterildiği gibi olabilir. Açık kenarlı olarak tasarlanan hücreler esas olarak başka bir stabilizasyon sistemi sağlanmadıkça 3 kata kadar olan binalar için kullanılır (Lawson vd., 2014). Kanat plakası, nispeten düşük momentleri kirişler aracılığıyla köşe direklerine aktarabilir.

Moment dirençli bağlantılara sahip hücrelerin uzun kenar rijitliği çaprazlamalar veya ara direklerin kullanılmasıyla iyileştirilebilir. Yatay yüklere maruz kalan açık kenarlı bir hücrenin uç çerçevesinin yapısal hareketi Şekil 3.34'te gösterilmiştir. Bağlantılardaki momentler, yatay yüke direnen hücre sayısına (n) ve hücrelerin yüksekliğine (h) bağlıdır.

13,5 m derinliğindeki 4, 6 veya 8 katlı bir binada kullanılan ve 1,5 m genişliğindeki bir koridorun her iki yanına yerleştirilmiş kavramsal olarak 6 m uzunluğunda ve 3,6 m genişliğinde hücrelerden oluşan bir grup dört taraflı hücrelerin kararlılığı göz önünde bulundurulduğunda; hücre grubunun, binanın konumu ve yüksekliğine bağlı olarak 0,8 ile 1,4 kN/m² aralığında rüzgar basıncına maruz kalacağı söylenebilir. 30° eğimli bir çatının binanın önünden arkasına uzandığı varsayılırsa, rüzgar yüklemesi önce alınlığın uç kısmına ardından binanın ön ve arka yüzeylerine etki eder.

Gruptaki en az yan yana hücre sayısı, alt katlarda kullanılan tuğla duvar kaplamaları için normal sehim sınırına dayalı olarak, dört taraftaki duvarların 4 kN/m uzunluğundaki izin verilen kesme yükünden hesaplanır. Rüzgar yükü ve kat sayısı hesaba katıldığında gerekli olan hücre sayısı Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Rüzgar kuvvetlerine direnmek için yatay yerleştirilmesi gereken en az hücre sayısı (Lawson vd., 2014)

Kat sayısı	Tipik rüzgar kuvveti (kN/m ²)			
	0,8	1,0	1,2	1,4
4	6	7	8	9
6	8	9	10	12
8	10	12	14	16

Bu tablo hücrelerin eşit yüklere dayandığı varsayılarak 6 katlı bir binaya etkiyen rüzgar yükünü paylaşmak için 8 ile 12 arasında hücrenin yan yana yerleştirilmesi gerektiğini göstermektedir. Hafif kaplama malzemeleri için yatay sehim sınırını gevşetmek ve dolayısıyla Tablo 3.1’de verilen kat yüksekliğini tipik olarak her durum için 1 kat artırmak mümkündür.

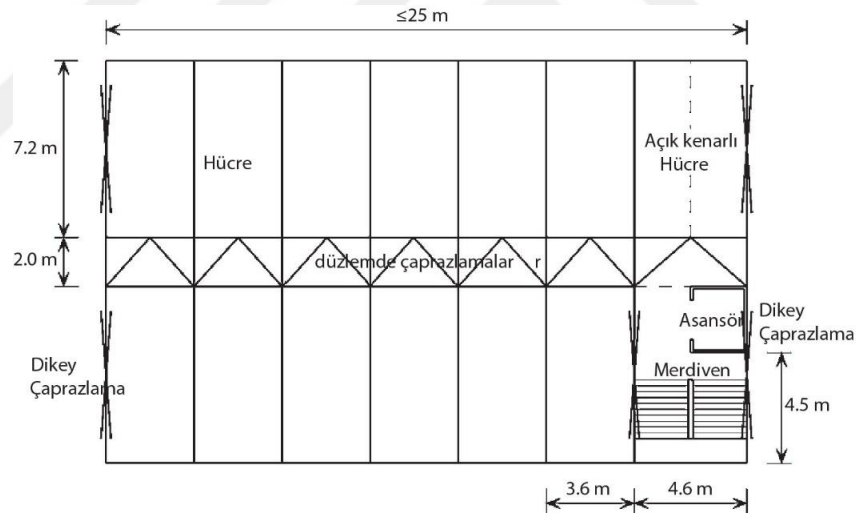
Binanın ön ve arka cephesine etki eden rüzgar yükü dikkate alındığında 6m uzunluğundaki bir hücrenin kaplanmış uzun kenarı yaklaşık 24 kN’luk bir kesme kuvvetine direnç gösterebilir. Bu izin verilen kesme kuvvetine bağlı olarak, derinliği bir veya iki hücreden oluşan bir binanın kat – hücre sayısı ilişkisi Tablo 3.2’de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde maksimum bina yüksekliğinin 6 veya 8 kat olduğu görülmektedir. X ile tanımlanan durumlarda binanın genel stabilitesini sağlamak için rüzgar yükleri, çekirdeklere veya çaprazlamalara yatay biçimde aktarılmalıdır. Bu

basit analiz koridor düzenine sahip 6 katlı bir binanın 1 kN/m^2 'ye kadar rüzgar yükleri için kat ve kanat başına en az 2×9 hücreden oluşan bir hücre grubu içermesi gerektiğini göstermektedir.

Tablo 3.2 Binanın rüzgar kuvvetine direnç gösterebilmesi için bina derinliğinde gerekli olan en az hücre sayısı (Lawson vd., 2014)

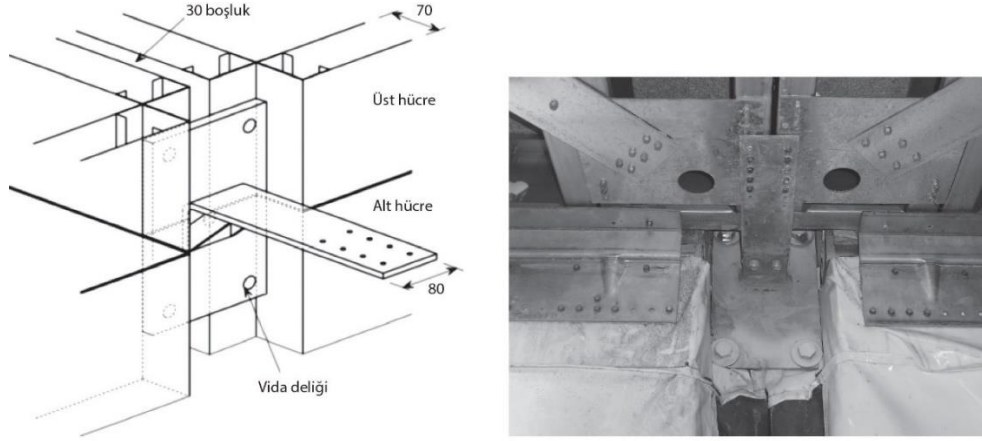
Kat sayısı	Tipik rüzgar kuvveti (kN/m^2)			
	0,8	1,0	1,2	1,4
4	1	1	2	2
6	2	2	X	X
8	2	X	X	X

Yatayda destek çaprazlamaları, merdivenler ve asansörler etrafında ek desteğin gerekli olduğu durumlarda uygulanabilmektedir. Bu çaprazlamalar Şekil 3.35'de gösterilmiştir.



Şekil 3.35 Hücrelerle inşa edilmiş bir yapıda dikey ve yatay düzlemlerde bulunan çaprazlamaların yerleri (Lawson vd., 2014)

Koridor bağlantıları, yanal yüklerin bir koridor aracılığıyla taşıyıcı çekirdeğe aktarılacağı durumlarda kullanılmaktadır. Bu yöntemi Şekil 3.36'daki gibi detaylandırabilmek mümkündür. Uzatılmış plaka, koridor elemanlarının alt tarafına ve dört hücrenin kenarlarına vidalanır ve aynı zamanda bağlantı plakası görevini de üstlenmiş olur. Bu detay düşeydeki yüklere destek sağlamak amacıyla kullanılmaz.



Şekil 3.36 Koridor ile hücrelerin birleşimi çizimi (solda), gerçek detayı (sağda) (Lawson vd., 2014)

Çelik çerçeveli yapıların sınırlarına ilişkin bilgiler BS EN 1090-2: Execution of Steel Structures and Aluminum Structures, standartında verilmiştir. Çelik yapılar için teknik gereksinimler de İngiliz Yapısal Çelik Birliği (BCSA, British Constructional Steelwork Association, 2017) tarafından verilmiştir. Ülkemizde çelik yapılar ile ilgili standartlar 2016 yılında yayınlanan “Çelik Yapıların Tasarım, Hesap ve Yapım Esasları” yönetmeliğinde verilmiştir. Hücre yapıda yük taşıyan duvarların ve köşe direklerinin tasarımında eksenel yüklemedeki eksantrikliklerin dikkate alınması gereken hücre yapı için herhangi bir kılavuz verilmemiştir. Aşağıdaki argüman, daha sonra tek tek elemanların tasarımında kullanılacak olan bu etkilerin potansiyel büyüklüğü için sunulmuştur.

Herhangi bir hücre çiftinin izin verilen geometrik sapması, bir modülün tepesinden alttakinin üstüne ölçüldüğünde 12 mm'dir. Sonraki hücre için toplam dikey-dışılık 17 mm'dir ve dolayısıyla sonraki hücre çifti için artış toleransı sadece 5 mm'dir. Bu, kurulumdaki hataların bina yüksekliği üzerinden düzeltildiği anlamına gelir. 11. katın üzerinde, kümülatif dikey dışılıkta 40 mm'lik üst sınır uygulanacaktır, bu da daha yüksek hücre binalar için kurulum ve imalatta çok daha fazla kontrol gerektiği anlamına gelir.

Potansiyel olarak dikey olmamalarından dolayı bir hücre grubunun kararlılığı, BS 5950-1 madde 2.4.2.3'de verilen çelik çerçeveli yapılar için kavramsal yatay kuvvet yaklaşımını kullanmaktır. Çelik çerçeveler için, her kat seviyesinde, kat başına etki

eden faktörlü düşey yükün %0,5'ine veya faktörlü sabit yükün %1'ine karşılık gelen yatay bir kuvvet uygulanır ve uygulanan rüzgar kuvvetine bir alt sınır alternatifi olarak kullanılır. Hücre sistemlerde olduğu gibi, zeminin kendi ağırlığının uygulanan yükü aştığı durumlarda %1 limiti kontrol edilir.

BS EN 1993-1-1: Eurocode 3, madde 5.3.2, tek bir yükseklik/200 sütununun dikey dışına çıkmasına izin verir, ancak BS EN 1090-2'de bu, birkaç kat üzerindeki ortalama dikey dışılık dikkate alınarak (yani, ortalama $\delta H \leq \text{yükseklik}/300$) üçte iki oranında azaltılır.

Hücre için, kavramsal yanal kuvvetin her bir modüle etki eden faktörlü düşey yükün en az %1'i olarak alınması tavsiye edilir ve bu yapının genel stabilitesinin değerlendirilmesinde minimum yanal yük olarak kullanılır.

8 kN/m²'lik faktörlü bir yüklemeyi destekleyen 25 m² taban alanına sahip bir hücre için, hücrenin her iki yönünde de etkiyen kavramsal yatay kuvvet 2 kN'dir. Dikey bir gruptaki 10 hücre için taban kesmesi bu nedenle hücre başına 20 kN'dir. Bu kuvvet, kuvvet yönünde hücrenin iki duvarı arasında paylaşılabilir. Bir yatay grupta yediden fazla hücre olduğunda, kavramsal yanal kuvvetlerin birleşik etkisi, uç üçgen üzerindeki rüzgar kuvvetini aşabilir. Hücreler, genel stabilize için gerekli olan bu yatay kuvvete karşı koyamıyorsa, o zaman kavramsal yanal kuvvetler, her seviyede plan üzerinde bir dizi modül için birleştirilmeli ve stabilizasyon sistemine aktarılmalıdır. Bu, genellikle köşe direklerinin ve bağlantılarının bükülmesi yoluyla bu kesme kuvvetine karşı koyamayan açık kenarlı hücreler için geçerlidir.

Bir taşıyıcı hücrenin yapısal performansı düşey yüklerin yan duvarlardan mı yoksa köşe direklerinden mi aktarıldığına bağlı olan altı temel bileşeni vardır. Bu bileşenler:

- Yük taşıyan yan duvarlar
- Yük taşımayan uç duvarlar (veya kenar kirişleri kullanılıyorsa yan duvarlar)
- Döşemeler
- Tavan

- Kenar kirişleri
- Köşe direkleri, genellikle açılar veya SHSler

Soğuk şekillendirilmiş çelik bileşenlerin tasarımı BS 5950-5 veya BS EN 1993-1-3'e göre gerçekleştirilir. Sıcak haddelenmiş çelik bileşenlerin, genellikle köşe direklerinin ve bazı durumlarda kenar kirişlerinin tasarımı BS 5950-1 veya BS EN 1993-1-1'e göre gerçekleştirilir.

Hücrelerin tasarımı, aşağıdakiler gibi diğer yapısal performans konularını içermelidir;

- Rüzgar hareketleri ve kavramsal yanal kuvvetler nedeniyle düzlem içi kuvvetlerin aktarımı için diyafram hareketi
- Genellikle bağlantılarda geliştirilen bağlama kuvvetlerinin direndiği, tesadüfi eylemlere karşı yapısal bütünlük veya sağlamlık
- Yapısal elemanların yangından korunmasını ve yangının bir hücreden diğerine yayılmamasını gerektiren yangına dayanıklılık

Bir hücrenin bileşenlerinin yapısal tasarımı aşağıdaki gibi sunulmaktadır.

Dört taraflı hücrelerdeki taşıyıcı duvarlar, 70 ila 100 mm derinliğinde ve S350 ila S450 çelik mukavemetlerinde (350 ila 450 N/mm² akma dayanımı) 1.5 ila 2.0 mm çelik kalınlıklarında imal edilen dudaklı C profillerden oluşur. Dikey C kesitleri duvar boyunca 400 veya 600 mm merkezlerde veya ağır yüklü duvarlar için 600 mm merkezlerde çiftler halinde yerleştirilir. Düz C kesitli “raylar” prefabrik duvar panellerinin üstünü ve altını oluşturur ve dikey yükü modüllerin üst ve alt duvarları arasında aktarır.

C profilleri, zemin ve tavan arasındaki efektif uzunluklarına (l_{eff}) bağlı olarak sıkıştırmaya dayanacak şekilde tasarlanmıştır. C profillerin iç alçıpan ve dış mantolama levhalarına sabitlenmesi ile duvar düzlemindeki burkulma esasen önlenir.

Bu nedenle, duvarın her iki tarafına levhaların yapıştırıldığı C bölümlerinin etkin narinliği, γ_{yy} 'nin C bölümünün ana dönme eksenini yarıçapı olduğu (Eurokodlarda tanımlanan eksenler kullanılarak)

$$\lambda = \ell_{\text{eff}} / \gamma_{yy} \quad (3.1)$$

denklemleriyle verilir.

Dış mantolama levhası olmayan, ancak C profilin bir tarafına iki kat alçı levha yapıştırılmış duvarlarda küçük eksen burkulmaları için efektif uzunluk, ℓ_{eff} , duvarların X çaprazlı olması koşuluyla duvar yüksekliğinin yarısı olarak alınabilir. Bu, kaplama levhalarının duvarın dışına sabitlendiği duruma göre daha düşük bir sıkıştırma direncine yol açar.

C profilinin basınç dayanımı, yüksekliği üzerindeki ilk kusuruna bağlıdır ve Perry-Robertson gergi burkulma formülünden elde edilir. Bu, boyutsuz narinlik oranı λ cinsinden ifade edilen BS EN 1993-1-1'de açıklanmaktadır. Maksimum sıkıştırma yükü P_{max} , C profilinin burkulma direncinin yaklaşık %60'ı olduğunda bu denklemin genellikle karşılandığı bulunur.

Hücre yapıda hafif çelik duvarların yük taşıma kapasitesini belirlemek için kullanılabilecek 100 mm derinliğinde ve 50 mm genişliğinde C profillerin özellikleri Tablo 3.3'te sunulmuştur. Örneğin, 100 mm derinliğinde ve 1,6 mm kalınlığında bir C kesitinin sıkıştırma direnci, 2,7 m duvar yüksekliği için 36 kN'dur. Bu nedenle 600 mm merkezlere yerleştirilen C profil çiftleri duvarın 120 kN/m uzunluğuna kadar dayanabilmektedir. Bu sıkıştırma direnci, 12 katlı bir binanın tabanındaki duvar yüklerine eşdeğerdir.

Tablo 3.3 Duvarın her iki tarafında da levha bulunan C profillerin tipik burkulma ve basınç dirençleri (Lawson vd., 2014)

C profil (S350)	Burkulma ve basınç direnci		
	M_{et} kNm	P_C kN	P_{max} kN
70x50x1,6 mm C	2,3	36	25
100x50x1,4 mm C	3,2	38	27
100x50x1,6 mm C	3,8	51	36
100x50x1,8 mm C	4,6	69	48
100x50x 2 mm C	5,4	89	62

Hücrelerin zeminleri, üzerlerine uygulanan ve ölü yükleri taşırlar. Prefabrike zeminler genellikle 400mm aralıklarla; 1,2 ila 1,5 mm kalınlığında ve 150 ila 200 mm derinliğinde çelik C profiller ile oluşturulurlar. Kullanılan C profiller zemini oluşturmak için kullanılan zemin levhalarına uyumlu bir şekilde yerleştirilirler. Döşeme tahtaları hücrenin kenarlarına bağlanarak burkulmayı engellerler. Hücre zeminlerinde kullanılan C profillerin tasarımı, genellikle eğilme dirençlerinden ziyade sapmalar veya algılanabilir titreşimlerle kontrol edilir.

Hafif çelik hücreler için tasarım limitleri SCI P301 (Grubb, Gorgolewski, ve Lawson, 2001) alınmıştır:

$$\text{Uygulanan yük sapması} \leq \text{Açıklık}/450$$

$$\text{Toplam yük sapması} \leq \text{Açıklık}/350 \text{ ancak } \leq 15 \text{ mm}$$

$$\text{Doğal frekans, odalar için } f \geq 8 \text{ Hz}$$

$$\geq 10 \text{ Hz koridorlar ve ortak kullanım alanları için}$$

Hafif zeminlerin sağlam hissetmesini sağlamak için bu sınırlar çelik kirişlerden daha katıdır. Hızlı yürümenin etkilerinin algılanabilir titreşimlere yol açmaması için doğal frekans sınırı kullanılır. Bu, hafif zeminler için zeminin doğal frekansı maksimum yürüme hızının en az üç katı olacak şekilde tasarlanarak sağlanır.

Hücrenin tavan elemanları, tavanın kendi ağırlığını ve tavana uygulanan yükleri kurulum sırasında destekleyecek şekilde tasarlanmıştır. Bu geçici inşaat yükünün minimum 1 kN/m^2 olarak alınması önerilmektedir. Bu, tavan kirişlerinin 3,3 m'ye kadar olan açıklıklar için genellikle minimum 100 mm derinlikte olması gerektiği anlamına gelir. Genellikle zemin kirişleriyle aynı boyutta (yani 150 veya 200 mm) seçilirler. Böylece her ikisi için de aynı üretim sistemi kullanılmış olur. Bu, üst hücre tavanının çatıyı desteklediği ve kar yükünü ve çatının kendi ağırlığını desteklemek için tasarlandığı durumlarda bir avantaj sağlar.

Kenar kirişleri, köşe direkleri arasında veya bazı durumlarda köşe direkleri ile bir ara direk arasında uzanır. Kenar kirişleri normalde zemin ve tavan seviyesinde bulunurlar ve bu kirişler, zemin veya tavan genişliğinin yarısından (yani 1,6 ila 2,1 m) aktarılan yükü destekler.

Kenar kirişleri için tasarım ilkeleri (yükleme ve açıklık) daha yüksek olmasına rağmen, zeminler için ana hatlarıyla belirtilen sınırları takip eder. Doğal frekans kriterleri kenar kirişlerini de kontrol eder ve bu nedenle, desteklenen zeminin kendi ağırlığı altında kenar kirişinin orta açıklık sapması 5 mm'den az olmalıdır. Kenar kirişlerinin kabul edilebilir servis edilebilirlik performansı için, açıklık-kesit derinliği oranı 18 ila 24 aralığında olmalıdır. Tipik olarak, 300 mm derinliğinde bir paralel yanal kanal (PFC), hücre genişliğine bağlı olarak 7,2 m'ye kadar uzanabilir. Daha uzun açıklıklar için 430 mm derinliğe kadar soğuk şekillendirilmiş profiller ve PFC'ler kullanılabilir.

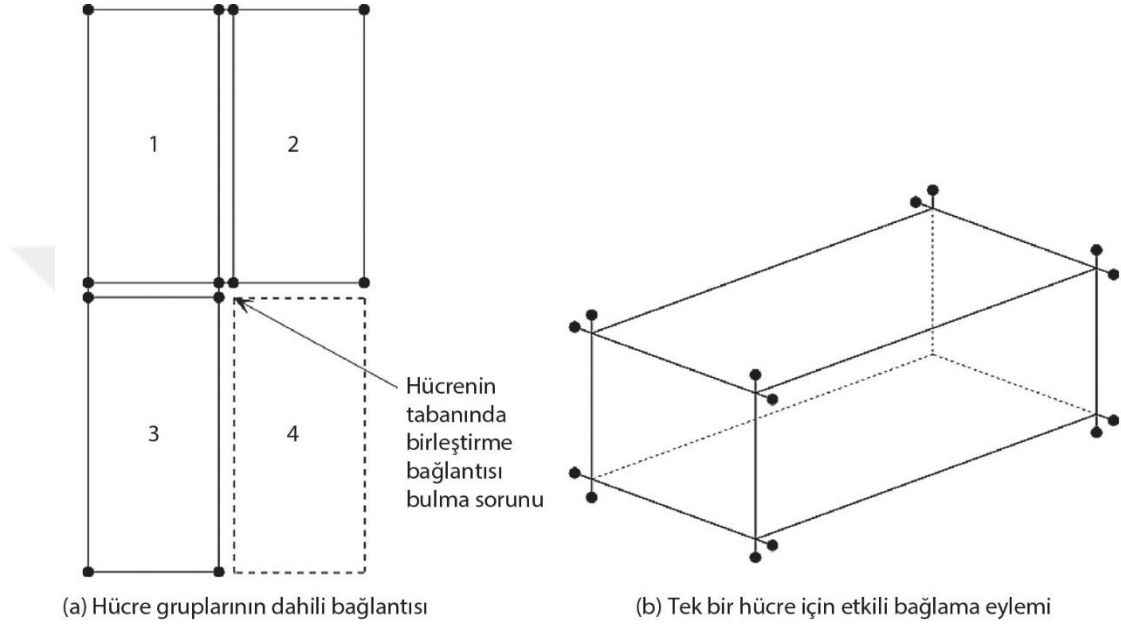
Ayrıca, kenar kirişleri ve köşe direkleri arasındaki bağlantılar, kısmen veya tamamen açık kenarlı hücreler için bir miktar yanal sertlik sağlamak amacıyla genellikle eğilme momentlerine direnecek şekilde tasarlanırlar. Bu genellikle köşe direğine kaynaklanmış ve kenar kirişinin ağına cıvatalanmış kanatlı bağlantılar ile elde edilir. Bununla birlikte, bu tür bir bağlantı nadiren kenar kirişinin kendisinin eğilme kapasitesinin %20'sinden fazlasını sağlar.

Köşe direkleri genellikle 100 veya 150 mm genişliğinde kare içi boş profiller (SHS'ler) şeklindedir. Köşe direklerinin tasarımı şunlardan etkilenir:

-
- Diagram illustrating the structural analysis of a rectangular frame (likely a cell wall or foundation) under various loads. The frame has height h and width b .
- Key parameters and loads shown:
- Top horizontal member (Tavan) is subjected to a uniformly distributed load $P_{\max} \frac{(n-1)}{n}$ on both sides.
 - Side walls (Hücrenin duvarı) are subjected to horizontal loads e and d .
 - Bottom horizontal member (Zemin) is subjected to a uniformly distributed load w and a moment $M_{\text{zemin}} = 0.25 wbd$.
 - Vertical loads $P_{\max}$ are applied at the corners.
 - The rotation angle $\varphi = 0.002$ is indicated at the bottom left corner.
 - The top horizontal member is also labeled "Zemin".
 - A dimension $\leq h/500$ is indicated for the top horizontal member.

Köşe direklerinin tasarımında, dikkate alınan momentin yukarıdaki hücrelerden aktarılan sıkıştırma yükü ile birlikte hareket etmesi tavsiye edilir. Bu, Şekil 3.37’de gösterildiği gibi, izin verilen kurulum ve üretim toleransları nedeniyle 12 mm’lik minimum eksantriklik artı her katta ekli kenar kirişinden aktarılan yükten kaynaklanan momentten hesaplanır.

Hücre yapıda, hücre grubunun stabilitesini değerlendirmenin yolu, bir hücrenin köşesine bir desteğin kavramsal olarak kaldırıldığını düşünmek ve bunun hücredeki etkisinin yerel olmasını sağlamaktır. Bu hesaplamalar için, 0.33'lük azaltılmış bir yük faktörü ve 1.05'lik bir ölü yük faktörü düşünülebilir. Bu aşırı tasarım durumu için rüzgar yükü göz ardı edilebilir.

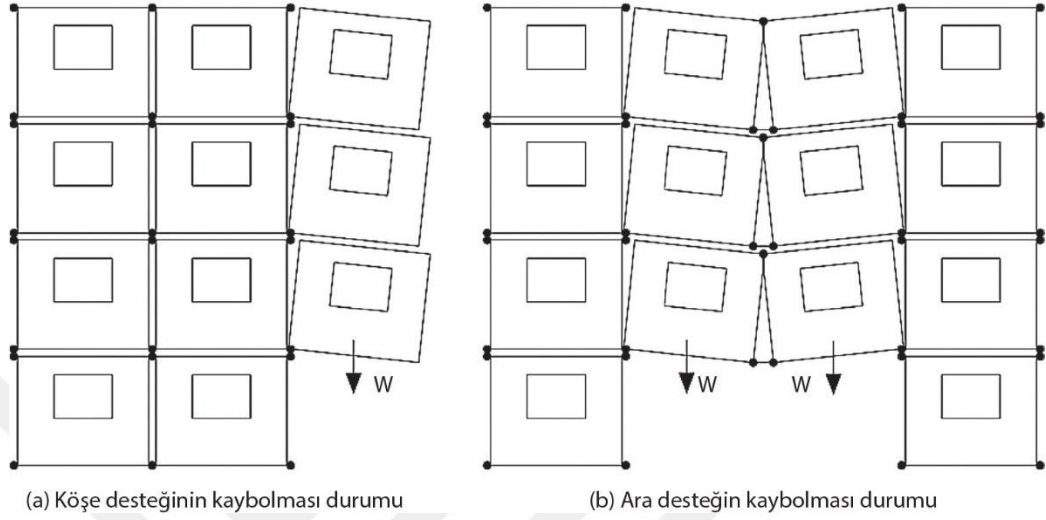


Şekil 3.38 Hücreler arasındaki bağlama eylemi (Lawson vd., 2014)

Hücreler, Şekil 3.38'de gösterildiği gibi, genellikle dört köşede yatay ve dikey olarak bağlanır. Bu bağlantılar, her hücre yerleştirildikçe sırayla takılan plakalar ve tek cıvatalar aracılığıyla yapılır. Bu şekilde gösterildiği gibi, bir grup hücrenin dahili bir bağlantısına bağlanmak sorunlu olabilir. Yerleştirilecek dördüncü hücre, bağlantıya erişim, servis yükselticisi veya başka bir açıklıktan olmadıkça, tabanına kolayca bağlanamaz.

Hücre yapı için, zemin veya ara kattaki destek kaybına karşılık gelen hasarın lokalizasyonu amacıyla çeşitli senaryolar göz önünde bulundurularak sağlam yapısal eylemler oluşturulabilir. Şekil 3.39, zemin kat hücresinin bir parçasının varsayımsal olarak çıkarılması nedeniyle bir köşe desteğinin veya bir ara desteğin kaybının iki aşırı durumunu göstermektedir. Bu, bir köşe desteğinin kaybolmasına veya alternatif olarak

sürekli desteklenen hücreler için, hücrenin bir uzun kenarının bir ucunun ve yarısının destek kaybına karşılık gelir.



Şekil 3.39 Hücre yapıda sağlamlık senaryoları (Lawson vd., 2014)

Bu desteğin kaybindan kaynaklanan kuvvetler, hücreler arasındaki bağlama kuvvetleri ile karşılanır. Her bir hücreye olan bağların, o hücreye uygulanan yüklere direndiği varsayılabilir. Hücrelerin kendileri, imalatları açısından doğal olarak sağlamdır ve bir desteğin kaldırılması nedeniyle geliştirilen kuvvetler, çeşitli tipte levhalarla desteklenen veya kaplanmış duvarlardaki düzlem içi kuvvetler tarafından karşılanabilir.

3.2.6.2 Betonarme Hücreler

Prekast beton, günümüzde köklü ve verimli çalışan, içi boş beton panellerden kolon ve kirişlere kadar yapısal elemanları üreten bir imalat endüstrisi durumundadır. Beton hücreler; duvar, zemin ve tavan panelleri kullanılarak veya tabanları genellikle açık şekilde dökülen hücreler biçiminde olmak üzere iki farklı şekilde üretilebilirler. Beton hücreler hasara karşı son derece dirençli oldukları için yüksek güvenlik gerektiren uygulamalarda da kullanılmaktadırlar.

Betonarme hücre yapılarda, betonarme duvarlar düşey ve yanal yükleri yapı üzerinden temellere aktarırlar. Hücre malzemesi olarak beton kullanılması aşağıdaki ek gereksinimlerin karşılanmasında yardımcı olacaktır:

- Yangın dayanımı
- Akustik yalıtımı
- Elektrik ve su tesisatlarının dağıtımının sağlanması
- Duvarların iç ve dış kaplamaları
- Dahili sıcaklıkların kontrol edilmesine yardımcı olacak termal kütleye sahip olması

Buna ek olarak betonarme hücre yapılarda aşağıdaki yapısal özelliklere sahiptir:

- Bir hücrenin tavanı üzerindeki hücrenin zeminini (zemin açıklığına bağlı olarak 150 ila 200 mm) oluşturacaktır.
- İnce duvarların kullanılması (125 ila 150mm) ancak bitişik hücreler kullanıldığında çift duvar oluşacaktır.
- Bir hücre içerisinde bir çift oda bulunabilir.
- Duvarların yük kapasitesi yüksektir, bu da yüksek katlı binaların oluşturulmasını mümkün kılmaktadır.
- Yanal yüklere karşı dayanım hücrelerin duvarları ile sağlanabilmektedir.

Prefabrik betonarme hücrelerin yapısal tasarımı yerinde betonarme inşaat ile aynıdır (Lawson vd., 2014). Hücre boyutları mümkün olan her yerde standartlaştırılarak prekast imalatçısının fabrika üretimindeki mevcut kalıpları tam verimle kullanmasına fırsat tanınmalıdır. Hücreler; hücrenin dökümünü, kalıptan çıkarılmasını, hücreyi kaldırmayı ve hücrenin montajını mümkün olduğunda en basit hale getirecek şekilde tasarlanmalı ve yapılandırılmalıdır.

Hücrelerin üretiminde kullanılan beton karışımının tasarımı, genellikle hücrelerin kalıptan çıkarılması sırasındaki dayanımı ile belirlenmektedir. Hücreler genellikle dökümden 12 ila 24 saat sonra kalıptan çıkarılmalı ve sonraki hücre ünitesinin

dökülebilmesi için hareket ettirilmelidir. İmalat sürecindeki bu hızlı değişim nedeniyle, betonun erken dayanımını hızlandırmak için kalıbın içerisinde veya dışarısında; hızlı sertleşen çimento kullanımı, kimyasal hızlandırıcılar, buhar kürü ve elektrikli ısıtma gibi harici çeşitli yöntemler kullanılır. Kalıptan çıkarmada ve 28'inci günde betonun dayanımı Tablo 3.4'te verilmiştir. Betonarme hücrelerde genellikle C35/45 sınıfı çimento kullanılmaktadır (Lawson vd., 2014).

Tablo 3.4 Prekast betonun tipik güç dayanımlarının tablosu (Lawson vd., 2014)

Eleman	Beton Sınıfı	28'inci günde hücrenin dayanımı (N/mm ²)	Kalıptan çıkarılan hücrenin dayanımı (N/mm ²)	Tasarım kuvveti (N/mm ²)	28'inci günde elastik hücrelerin dayanımı (kN/mm ²)
Kiriş, perde duvar, zemin	C30/40	40	20-25	18,0	28
Kolon, yük taşıyıcı duvarlar	C40/50	50	25-30	22,5	30

Prefabrik beton üreticileri yerel tedariklere ve agregaların derecelendirilmesine bağlı olarak betonarme karışım tasarımlarını değiştirmektedir. Döküm kalıplarının verimli ve ekonomik kullanımının sağlanabilmesi için üreticiler genellikle yerinde döküm betona kıyasla daha yüksek dayanımlı beton kullanmayı tercih etmektedirler. Kendi gücü altında dayanım alan SCC (self-compacting concrete) beton kullanımı vibratör kullanımını dolayısıyla betonun dayanım kazanması için gereken iş gücünü azaltması ve geleneksel betona kıyasla daha iyi dayanım ve yüzey kalitesi sunduğu alternatif olarak tercih edilebilmektedir (Lawson vd., 2014).

Beton elemanların minimum boyutları, esas olarak yangın dayanımına bağlıdır. Kirişlerin, kolonların ve döşemelerin minimum genişlik ve derinlik değerleri Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 Yangın dayanımı için beton elemanların minimum boyutları (mm) (Lawson vd., 2014)

Eleman	Yangın dayanımı (min)			
	R30	R60	R90	R120
Kolon – tamamen açık	200	250	300	450
Kolon – kısmen açık	155	155	155	175
Duvar – tamamen açık	120	140	170	220
Duvar – bir tarafı açık	120	130	140	160
Kiriş – genişlik	80	150	200	200
Döşeme – derinlik	150	180	200	200
Donatıların eksen uzaklığı – döşeme	20 ^a	20 ^a	30	40

İmalat açısından bakıldığında beton duvarların kalınlıkları genellikle 140mm ila 170mm arasındadır. Bu her iki taraftan da yangına maruz kalan duvarlar için 60 veya 90 dakikalık yangın direncine paraleldir. Bölücü duvarlar akustik nedenlerden ötürü minimum 180mm kalınlığındadır. Duvarlar genellikle iki kat çelik ağ donatısı içerirler. Duvar elemanları büyük boşluklar içeriyorsa veya bu boşluklar hücrenin kaldırma noktalarına yakınsa tasarımında daha özenli olmak gerekmektedir. Hücre ve hücrenin kaldırma noktaları hem kalıptan çıkarıldığında hem de montaj sırasında oluşacak olan kuvvetler dikkate alınarak tasarlanmalıdır.

Bir tavan veya döşeme levhasına monolitik olarak dökülen hücre içerisindeki bir duvarın efektif yüksekliği gerçek duvar yüksekliğinin 0,9 katı olarak alınabilir. Duvarın kenarlarına etki eden momentler de eksenel yük ile birlikte dikkate alınmalıdır. Şema tasarımı için duvar yüksekliği genişliğinin 20 katından daha az olmalıdır. Bu sayede ince bir duvar için burkulmanın etkileri saf sıkıştırma direncine göre yük taşıma kapasitesini %50'den fazla azaltmamış olacaktır.

Tablo 3.6 Betonarme döşeme ve kirişlerin maksimum açıklık derinlik oranları (Lawson vd., 2014)

Eleman	Açıklık-derinlik oranı
Basitçe desteklenmiş kiriş	14
Sürekli kiriş	18
Basitçe desteklenmiş döşeme	20
Sürekli döşeme	24
Konsol	6-8

Döşemelerin ve kirişlerin maksimum açıklık-derinlik oranı, uç sabitliklerine bağlıdır. Tipik durumlar Tablo 3.6’de verilmiştir. 170mm derinliğindeki bir betonarme döşeme, duvarlarla monolitik olarak dökülürse tipik olarak 4,2m’ye kadar uzanabilir. Katı beton plakaların boyutlandırılması Tablo 3.7’deki veriler kullanılarak elde edilebilir. Geçilen açıklık ve taşınacak yük arttıkça doğal olarak, daha fazla donatıya sahip daha kalın döşeme gerekli olacaktır. Bu değerler C35/45 beton sınıfı ve 20mm kapaklı S500 donatı kullanımına dayalıdır ve 60 dakikalık yangın dayanımını için geçerlidir (Brooker ve Hennessy, 2008).

Duvarlar ve döşemelerin donatıları genellikle uygulama kolaylığından dolayı ağ şeklinde ve iki kat olarak eklenmektedir. Brüt betonun bitiş olarak kullanılacağı durumlarda, çatlak kontrolüne özen gösterilmesi gerekmektedir. Bu durumlarda erken dönemlerdeki termal ve büzülme etkileri dikkate alınması gereklidir. Duvardaki minimum düşey donatı alanı, duvarın iki yüzü arasında eşit bir şekilde dağıtılmış olmalı ve duvarın net kesit alanının en az %0,2’si kadar olmalıdır. Betonun etkin yerleşimi için duvardaki düşey donatı alanının, duvarın net kesit alanına oranı %4’ten az olmalıdır. Yatay donatı, duvar yüzeylerine paralel olarak sağlanmalı ve minimum alanı düşey donatının %25’i veya net kesit alanının %0,1’ine, hangisi daha büyükse, eşit olmalıdır. Bu çubuklar arasındaki boşluk, hangisi daha azsa, duvar kalınlığının üç katını veya 400mm’yi geçmemelidir.

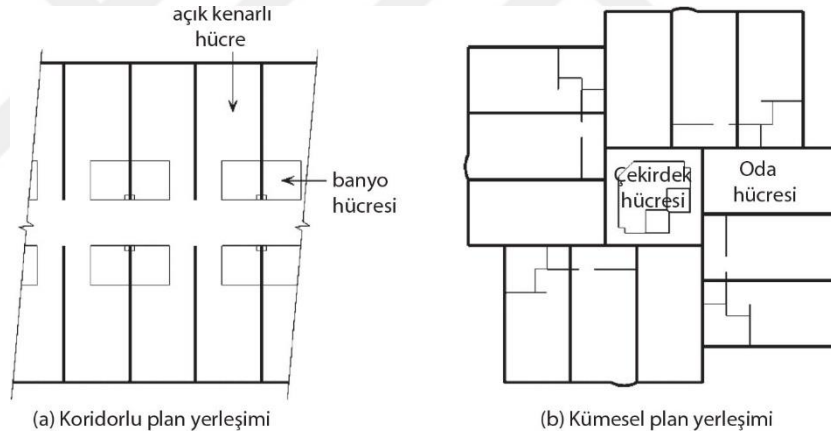
Tablo 3.7 Donatı boyutlarının döşeme kalınlıklarına göre değerleri (Brooker ve Hennessy, 2008)

Tek seferde geçilen açıklık (m)	2,5	3	3,5	4	4,5	5
Taşınan yük (kN/m²)	Döşeme derinliği (mm)					
1,5	115	115	115	120	135	150
2,5	115	115	115	130	145	160
5,0	115	115	125	140	160	175
7,5	115	120	135	155	170	190
Taşınan yük (kN/m²)	Donatılar (kg/m²)					
1,5	3	3	4	4	6	7
2,5	3	4	5	6	7	8
5,0	3	5	6	7	8	11
7,5	4	5	6	7	8	12

Döşeme plakaları için, minimum ana donatı alanı, taşınan yük ve döşemenin kendi ağırlığı nedeniyle üzerine etki eden eğilme momentinin bir fonksiyonu olarak

hesaplanmaktadır (Tablo 3.7). Donatı alanındaki sınır, duvarlarla aynıdır. Ana donatı aralığı genellikle hangisi daha büyükse, döşeme derinliğinin üç katını veya 400mm'yi geçmemeli ve yoğun yük alanlarındaki boşluk derinliğinin iki katına düşürülmelidir. İkincil donatı alanı, ana donatının %20'sinden az olmamalı ve bu elemanların aralıklı döşeme derinliğinin 3,5 katını geçmemelidir.

Hücre sistem kullanılarak tasarlanan bir yapıdan verimli sonuç alabilmek için ana taşıyıcı duvarların katlar arasında dikey olarak hizalanmış olması gerekmektedir. Bu duvarların konumları Şekil 3.40'de gösterildiği gibi genellikle daireler arasında yan duvarlara duyulan ihtiyaç tarafından yönetilir. Dikey olarak hizalanmayan duvarlar, hücrenin zeminleri ve tavanı tarafından desteklenecek şekilde tasarlanmıştır. Bu yük taşımayan duvarlar yine aynı prekast modüler yapı tekniği kullanılarak üretilebilir veya hafif dolgu duvarlar olabilirler.



Şekil 3.40 Betonarme hücrelerin yerleşim biçimleri (Brooker ve Hennessy, 2008)

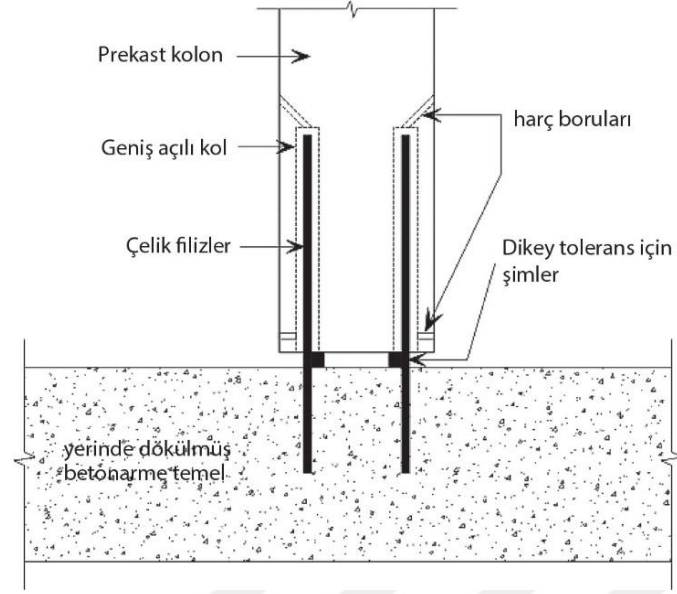
Hücrelerin ve hücre detaylarının imalatının tekrarı, önemli ölçüde zamandan ve malzeme maliyetinden tasarruf sağlayabilmektedir. Çeşitli kombinasyonlarda üç veya dört temel hücre tasarımının dikkatli kullanımıyla bir dizi düzen elde edilebilir. Daha karmaşık ve daha az tekrar eden bina yerleşimleri, artan kalıp ve işçilik maliyetleri, malzeme israfı ve daha uzun kurulum sürecine sebep olabilmektedir.

Prekast beton hücreler, örneğin geleneksel eğimli ve kiremitli bir çatı yapısının gerekli olması durumunda, prekast döşeme veya duvar panelleri gibi diğer sistemlerle

veya elik çerçevelerle gerektiği gibi birleştirilebilir. Prekast beton hücrelerin kullanıldığı bina yükseklikleri tek kattan, 5 veya 6 kata kadar değişebilir. Hücrelerin şekli ve yerleşimi üzerinde anlaşmaya varıldıktan sonra detaylı tasarım aşamasına geçilebilir. Detaylı tasarımda dikkate alınması gereken çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bu faktörler; içerisinde hücrelerin sağlamlığı ve kararlılığı, bağlantı noktaları, toleranslar ve balkonlar bulunmaktadır.

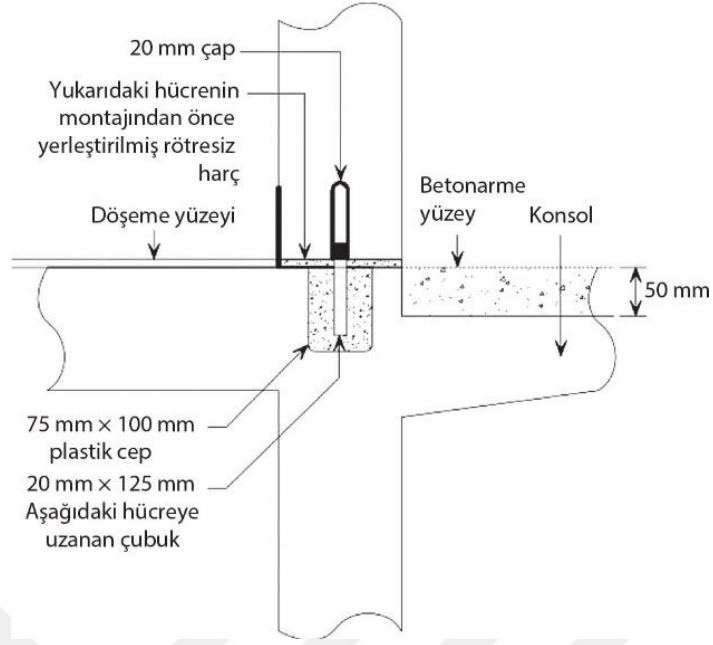
Betonarme hücre yapılar çok sayıda taşıyıcı duvar sayesinde yanal yüklere karşı oldukça dayanıklıdırlar. Açık kenarlı hücrelerin kullanıldığı tasarımlarda, yanal yüklerin duvarlara dik hareket ettiği durumlarda kararlılık problemleri oluşabilir. Açık kenarlı hücreler için inşaat sırasında da geçici kararlılıkları göz önünde bulundurulmalıdır. Kesintisiz betonarme duvarlar ve döşemeler doğaları gereği sağlamdır ve uygun donatı detaylarıyla yapısal bütünlük gereksinimleri kolayca karşılanabilmektedir. Çaprazlama duvarların inşası sırasında, tek tek paneller ve döşemeler arasındaki derzlerin bağlama işlemi için yeterince güçlendirilmiş olması gerekmektedir. Yapım sırasında hücrelerin geçici kararlılığını gösteren yöntem ifadeleri de hazırlanmalıdır.

Betonarme hücreleri diğer elemanlara bağlamak için bir dizi farklı yöntem kullanılabilir. Bu bağlantılar, yapısal elemanlar arasındaki kuvvetleri üç farklı yönde iletebilecek şekilde oluşturulmalıdır. Hücreler içerisindeki bağlantılar ve bitişik hücreler ile oluşturulan bağlantılar da yapısal bütünlük sağlayabilecek şekilde olmalıdır.



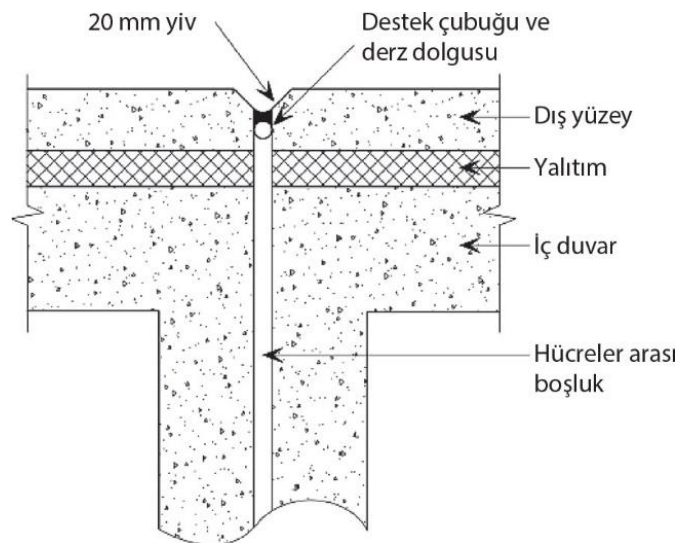
Şekil 3.41 Betonarme hücrelerin temel ile birleşim detayı (Precast Concrete in Buildings, 2007)

Betonarme hücreleri ve diğer prekast elemanları yerinde dökülmüş betonarme temellere bağlamak için Şekil 3.41’de gösterildiği gibi çelik filizler genellikle temele dökülür. Sonrasında, betonarme hücreler vinç yardımı ile kaldırılıp çelik filizler ünitelerdeki deliklere yerleşecek şekilde oturtulur. Hücre, doğru çizgi ve seviyeyi elde etmek için hizalanır ve çelik şimler üzerine yerleştirilir. Hücrenin doğru pozisyonda bulunduğundan emin olunduktan sonra derzler harç boruları yardımıyla doldurulur. Zemin üzerinde son yüzey oluşturmak için hücrelerin üzerine yerinde beton dökümü de uygulanabilir. Bu kaplamanın minimum derinliği genelde 60mm’dir.



Şekil 3.42 Betonarme hücrelerin iç birleşim detayı (balkonlu) (Lawson vd., 2014)

Şekil 3.42’de bir betonarme hücrenin bir diğeri üzerine yerleştirilmek ve bağlanmasının detayı gösterilmektedir. Çelik çubuklar ve bobin birbirlerine sabitlenmek için hazırlanırlar. Hücrelerin dış yüzeylerine yalıtımın dahil edildiği iki hücrenin birleşim detayının plan görünümü Şekil 3.43’da gösterilmektedir. İki hücre yapısal olarak birbirine bağlı değildir ve boşluk destek çubuğu ve kalafat yardımı ile kapatılmıştır.



Şekil 3.43 Betonarme hücrelerin dış birleşim detayı (Lawson vd., 2014)

Prekast betonarme balkonlar genellikle konutlarda veya otellerde kullanılmak üzere üretilirler. Balkonlar hücrenin bir parçası olarak dökülebilecekleri gibi daha sonraki bir tarihte hücreye ekleme şeklinde de uygulanabilirler. Balkon üniteleri betonarme hücredeki donatıya bağlanabilen arkadan çıkıntılı donatılar ile dökülmüştür. Bu donatılar, önceden hazırlanmış yuvalara veya deliklere yerleştirilmiş dişli çubuklar şeklinde olabilirler. Daha sonrasında çubukların yerleri derz dolguları ile kapatılmaktadır. Balkon üniteleri, harç veya şap yeterli dayanıma ulaşana kadar desteklenir. Bu üniteler, tipik olarak entegre drenaj detaylarını ve kapı ara yüzlerinde uygun hava koşullarına karşı korumayı kolaylaştırmak için bir dikmeyi içermektedirler. Döşemeli veya bitmiş üst yüzler dökme bağlantılarıyla beraber üniteye dahil edilmiş şekilde de teslim edilebilmektedir. Balkonlar veya yürüme yolları Şekil 3.44’de gösterildiği gibi hücrelerin tavanının bir parçası olacak şekilde de dökülebilmektedirler.

Betonarme hücreleri desteklemek için geniş kirişli temeller veya kazık temelli kirişler kullanılabilir. Şerit temeller yalnızca az katlı betonarme hücre yapılarında kullanılmalıdır. Kazıklı temellerde betonarme kirişler yükleri kazıklara aktarır. Hücrelerin yerleşimi ve ağırlıkları ile zeminin durumu kazık tasarımının son halini etkiler. Kolon yükleri desteklenen hücrelerin sayısına ve boyutuna bağlı olarak yüzlerce tona ulaşabilmektedir.



Şekil 3.44 Balkon ile birlikte dökülmüş betonarme hücreler (Lawson vd., 2014)

Betonarme hücreler açık plan alanlarının üzerindeki transfer yapıları ile de desteklenebilmektedir. Desteklenen yükler nedeniyle bu transfer yapısı genellikle,

altında kalan boşluğun kullanımına bağımlı olarak yerleştirilmiş kolonların desteklediği güçlendirilmiş bir döşeme şeklindedir. Bu kolonlar, hücrelerin yükleri ile kendi ağırlıklarını genellikle duvarların veya kolonların altında bulunan kazık grupları veya kazık başlıkları ile temellere aktarır.

Hücrelerin kurulumu, hücre sistemlerin inşa aşamasının önemli bir yönüdür. Kurulum için tasarım konusu hem fabrika içerisindeki hem de inşaat alanında bulunan vinçlerin kapasitesini, hücrelerin nakliyesini ve inşaat alanına ulaşımı içermektedir. Betonarme hücre yapımında şantiye alanında hücrelerin teslimi, boşaltılması ve depolanması için yeterli alanın bulunması gerekmektedir. Fabrikalarda mobil vinçler veya bazen gezer köprülü vinçler kullanılmaktadır. Şekil 3.45’de yerleştirilmiş olan hücrenin yerleştirilmekte olan hücreye sağladığı geçici destek görülebilmektedir.



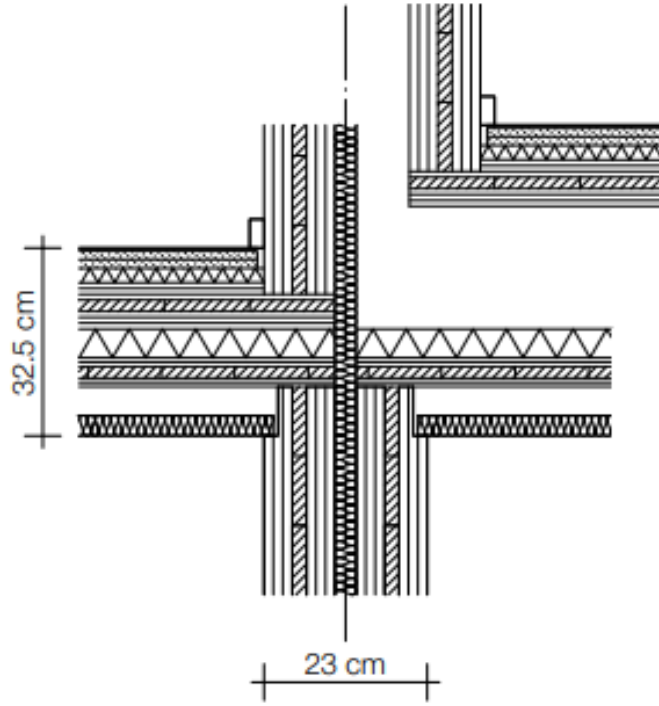
Şekil 3.45 Bir betonarme hücrenin kurulum aşaması (Lawson vd., 2014)

3.2.6.3 Ahşap Hücreler

Ahşabın kullanım esnekliği, ahşap elemanların birleştirilmesi için kullanılan teknikler ve ahşap malzemelerin hafif olması onu prefabrikasyona en uygun maddelerden biri haline getirmektedir. Tarihteki en eski ön üretimli yapının ahşap malzemeden oluşturulmuş olması kesinlikle bir tesadüf değildir.

Ahşabı günümüzde yeniden inşaat malzemelerinin merkezi haline getiren en önemli gelişme çapraz tutkallı ahşap (cross laminated timber – CLT) ile lamine kaplama ahşap (laminated veneer lumber – LVL) malzemelerinin geliştirilmesi olmuştur. Bu malzemeler ahşabın doğal olarak homojen olmayan dokusundan ve anizotropisinden kaynaklanan eksikliklerinin etkisini en aza indirmektedir. Bu sayede ahşap malzeme kullanılarak düzlemsel elemanlar oluşturulabilmektedir. (Kaufmann vd., 2018)

Çağdaş ahşap hücreler farklı ürünlerden yararlanılarak oluşturulabilmektedir. En yaygın olarak bu hücrelerin üretiminde doğrusal elemanlar veya düzlemsel elemanlardan (paneller) yararlanılabilmektedir. Bununla birlikte hücre yapılar teorik olarak daha pahalıya mal olmaktadır. Yer yer çift duvarlar, çift zeminler ve tavanlar nedeniyle daha fazla yer kaplamaktadır. Ancak yakın tarihli örnekleri incelediğimizde daha ince duvar, döşemelere sahip ahşap sistemlerin de hücre sistem prensipleri ile inşa edilebilmektedir. Bu tezde “Frankfurt’ta bir Avrupa okulu” bölümünde incelenen okul örneğinde, ses yalıtımı sağlamak için ince kuru bir zemin şapı kullanılmıştır. Burada ana girişler arasındaki kısa açıklıklar ince CLT panellerin kullanımını mümkün kılmıştır (Şekil 3.46) (Kaufmann vd., 2018).



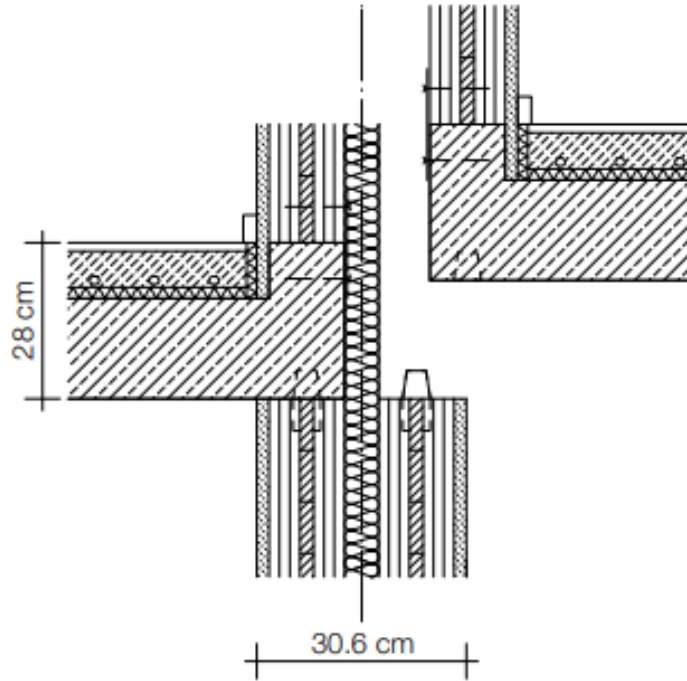
Şekil 3.46 Frankfurt, Almanya’da 2015 yılında NKBAK mimarlık tarafından tasarlanan okul yapısında kullanılan ahşap hücrelerin birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018)

Yapı elemanlarının, bu durumda hücrelerin, üretiminin atölye içerisine taşınmasının ahşap yapı inşasına özel katkısı, neme hassas olan ahşap elemanların inşaat alanındaki birleştirme sürecinin hücre yapılarda, diğer metotlara göre daha kısa olmasıdır. Buna ilaveten hücrelerin nakliyat aşamasında sahip olduğu geçici kaplama örtüleri montaj sırasında bu korumayı sürdürmektedir. Bu sayede yapı hem nemin sebep olabileceği hasarlardan hem de yapıyı hava koşullarından korumak için gerekli olacak önlemlerin masrafından kurtarılmış olacaktır. Hangi malzeme olursa olsun inşaat ve inşaat alanındaki montaj süresinin kısa olacak olması daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi hasar ve maliyet açısından prefabrikasyonun tercih edilme sebeplerinden biridir.

Hücre sistemlerin sağladığı, kısa inşaat süresi kullanımda olan yapılardaki yenileme veya genişletme projelerinde bir avantaj olarak görülmektedir. Okul binaları özelinde, tatil dönemlerinde yenileme veya genişletme çalışmalarının tamamlanmasına olanak

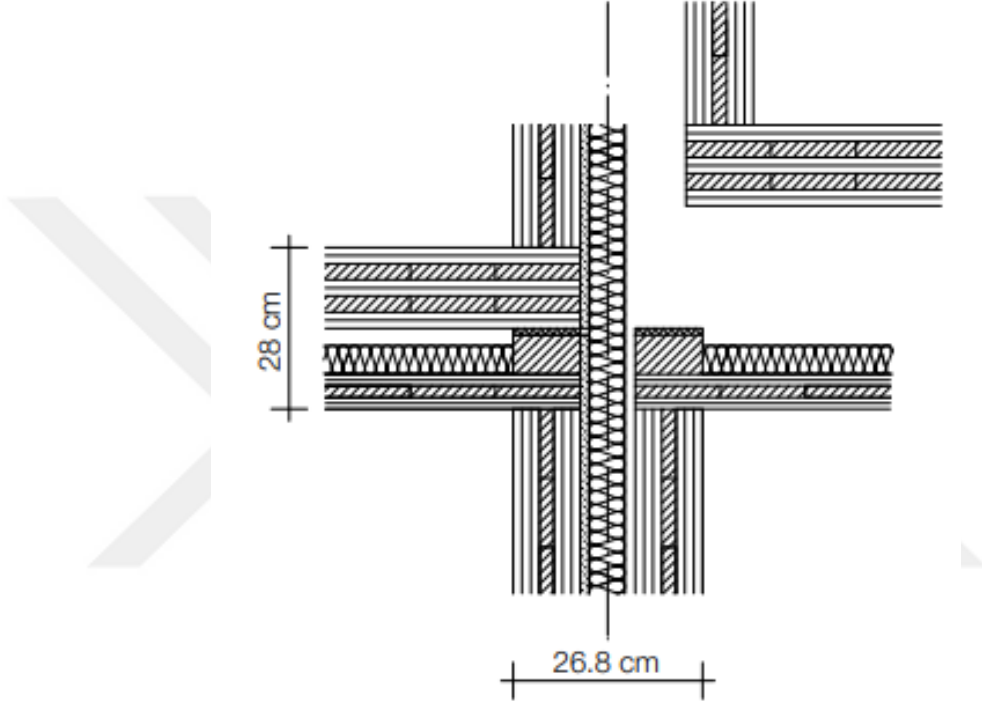
vermektedir. Bununla birlikte, ahşap prefabrikasyonun planlama süresi kısa olmamaktadır. Planlama süresinin karmaşıklığı nedeniyle, ahşap hücre sistemin kullanılacağı inşaat projelerinin uzun süreler boyunca dijital ortamda bulunmaları gerekebilmektedir. Maliyet hesaplaması proje tasarımının geç aşamalarında ortaya çıkmaktadır ve finansman bu kısa dönemde gerekmektedir.

Hücre sistemler çift duvarları, tavan ve döşemeleri nedeniyle alan kaybının çok olduğu yapılar olarak görülmektedirler. Bu sistem kullanılarak yapılan yeni yapılar sayesinde duvar ve tavanlarda oluşan çiftliğin olmadığı binaların yapıldığı görülmektedir. Almanya’da yapılan 5 katlı bir öğrenci yurdunda, odalar tavanları olmayan hücreler ile oluşturulmuş ve tavanları oluşturmak için betonarme kullanılmıştır (Şekil 3.47). Hücreler inşaat alanına yakın bir bölgede birleştirilmiş ve böylece nakliyat için gereklilikler en az düzeyde kalmıştır.



Şekil 3.47 Heidelberg, Almanya’da 2013 yılında yapılmış olan 5 katlı öğrenci yurdunda kullanılan hücrelerin, betonarme tavan/döşeme ile hücre duvarlarının hibrid birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018).

Reutte, Avusturya yakınlarında bulunan 2019 yılında inşa edilen Ammerwald otelinin mimarları hücre birleşimlerinde alışılmamış bir yöntem kullanmışlardır. Burada ağırlık taşıyan CLT döşemelerde herhangi bir ek strüktür veya ses yalıtımı kullanılmamıştır. Bunun yerine ses yalıtımı hücrelerin içinde strüktürün kendisi kullanılarak elde edilmiştir (Şekil 3.48).



Şekil 3.48 Reutte, Avusturya yakınlarında bulunan Ammerwald otelinin hücreleri arasındaki birleşim detayı (Kaufmann vd., 2018)

Ahşap hücre sistemlerin yapımında, ahşap malzeme çeşitleri içerisinde en dirençli olanı olduğu için çoğunlukla çapraz lamine ahşap (CLT) kullanılmaktadır. Bununla birlikte, her türlü ahşap inşa sistemi hücrelerin inşası için kullanılabilir.

Günümüz ahşap endüstrisinde bilgisayar kontrollü kesim makineleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu makinelerin kullanımı ve ahşap yapı malzemesi üretiminin atölye ve fabrika içine taşınması yeni tekniklerin ahşap hücre sistemlerde kullanımını kolaylaştırmaktadır (Kaufmann vd., 2018).

BÖLÜM DÖRT

HÜCRE SİSTEMLE YAPILMIŞ İLKOKUL YAPILARI

Türkiye İstatistik Kurumu’nun 2019 yılı verilerine göre ülkemizdeki çocuk nüfus oranı %27,5’tir. Yüksek genç nüfusa sahip olan ülkemizde, köy okullarının durumu ne yazık ki istenilen seviyede değildir. İklim şartlarına uygun olmayan dersliklerde öğretmenler üşüyerek eğitim vermeye, öğrenciler ise öğrenmeye çalışmaktadır. Prefabrike ve modüler inşaat ile iklim şartlarından bağımsız, kısa zamanda ve az maliyetli yeni okullar ile çocuklarımıza daha iyi bir eğitim mekânı sunabiliriz.

Ülke nüfusunun, büyük şehirlerde kümelenmeye devam etmesinin sürdürülebilir bir plan olamayacağı açıktır. Batıya kümelenmiş olan nüfusun, ülkemizin doğusunun da kalkınması ile birlikte, ülkemizde yakın gelecekte mahalle/köy yerleşimlerinin nüfusunun artması beklenebilir. Bu yüzden var olan okulların iyileştirilmesi ve ihtiyaç olan alanlarda yeni okulların inşasının hızlı ve kaliteli bir şekilde tamamlanabilmesi açısından da prefabrikasyon, yapım sistemi seçenekleri arasında en avantajlı olanıdır.



Şekil 4.1 Afet okulları (Vedat Tokyay, kişisel iletişim, 2021)

Mevcut okulların iyileştirilmesi dışında, afet durumlarında acil okul ihtiyaçlarını karşılamak için de prefabrike yapım tekniği en etkili yapım seçeneğidir. Bu konuda ülkemizde 1999 depremini takiben Sayın Vedat Tokyay ve Sayın Köksal Anadol tarafından “Taşınabilir Deprem Okulları” projesi üretilmiştir. 2000 yılında Ulusal Mimarlık Ödül’ü kazanan bu proje “tam prefabrikasyon” amacı ile tasarlanmıştır (Şekil 4.1). 700 m2 büyüklüğündeki proje, betonarme prefabrik temel ve hatılların

üzerine lamine ahşap kolonlar, kirişler ve aşıklar ile alüminyum sandviç panel çatıdan oluşmaktaydı. Yapıda kullanılan bütün lamine ahşap kirişler, İtalyan Holzbau Rubner fabrikasında toplam 30 iş gününde üretilip teslim edildi. MEB tipolojisine uygun olarak hazırlanan okullar, Adapazarı, İzmit Merkez, Gölcük, Değirmendere, Sapanca ve Yalova bölgelerinde toplam 60 günde inşa edildi. Günümüzden 20 yıl önce 6 adet okul 90 iş günü içerisinde kullanılabilir hale getirilmiş oldu (Vedat Tokyay, kişisel iletişim, 2021).

Günümüzde ülkemizde yaygın kullanımını görmüyor olsak da dünyada prefabrikasyon ve modüler tasarım hızlı bir yükselişte. Okul özelinde kullanımına örnek olarak Avustralya'nın Viktorya eyaletinin finanse ettiği “Kalıcı Modüler Okul Yapıları Programı (Permanent Modular School Buildings Program)” verilebilir. Bu program ile 2020 yılı sonunda 101 adet modüler okul inşası tamamlanmıştır (Victorian Government, Australia, b.t.).

4.1 Duffy İlkokulu, Avustralya, 2013

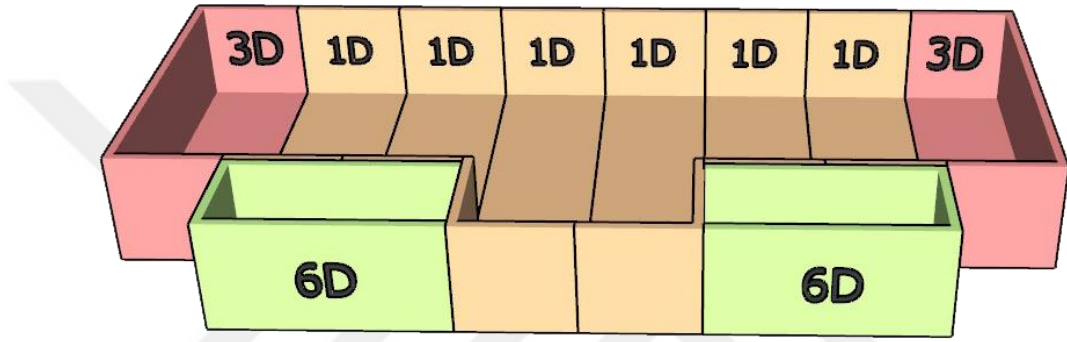
İSİM	Duffy İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	2013/Avustralya
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	NBRS+Partners/Hickory
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Çelik İskelet/4mx13m/10
İNŞAAT SÜRESİ	16 Hafta
KAYNAK	(Modular Design: Innovative Learning Environments, 2017; Learning Environments, 2014; Hickory, b.t.)
PLAN	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

Şekil 4.2 Duffy İlkokulu künyesi

Duffy ilkokulu, NBRS + Partners tarafından tasarlanmış ve 2013 yılında Avustralya’da tamamlanmıştır. Yapı, 6 adet 4mx13m, 2 adet 4x9m ıslak hacim hücrelerinden ve 2 adet 4x17 boyutlarında çelik prefabrike hücrelerden oluşturulmuştur. Bu hücrelerin üretimi Hickory firması tarafından yapılmıştır. Yapının künyesi Şekil 4.2’de verilmiştir.

Hücrelerin üretimine Ağustos 2013'te başlanmış ve yapının montajı Kasım 2013'de, 4 aylık bir süre içerisinde tamamlanmıştır (Learning Environments, 2014). Hücrelerin, dış cephesi alüminyum kompozit paneller ile kaplanmıştır.

Giriş alanı döşemesi ahşap ve ihtiyaca göre açık veya kapalı şekilde kullanılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Okul yapısı esnek bir plana sahiptir ve gerektiğinde duvar panelleri ile bölünebilmektedir (Hickory, b.t.).

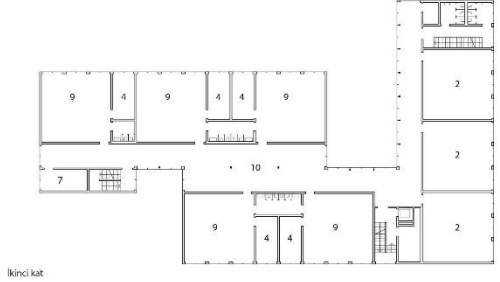
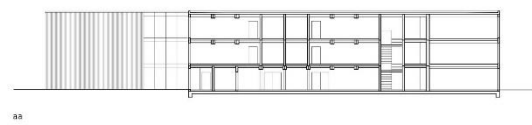


Şekil 4.3 Duffy ilkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.3'de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30'a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler, iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 3D ile gösterilen kırmızı hücreler iki kısa kenar plağı, 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 6D ile gösterilen yeşil hücreler ise 1 kısa kenar, 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur.

Yapıda kullanılan esnek/değişken sınıf planı ile sınıfların ayrımı hücrelerin duvarları ile oluşturulmamıştır. Esnek planı sağlayabilmek için sınıf olarak kullanılan mekan kenarlarda 3D biçimli hücreler ve bunların arasında 1D biçimli hücreler kullanılarak oluşturulmuştur. Islak hacim bölümleri 6D biçimli hücreler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu hücrelerin bir uzun ve bir kısa kenar duvarları, diğer hücreler tarafından oluşturulduğu için bu yöne bakan hücre kenarlarında duvar bulunmamaktadır.

4.2 Frankfurt'da Avrupa Okulu, Almanya, 2015

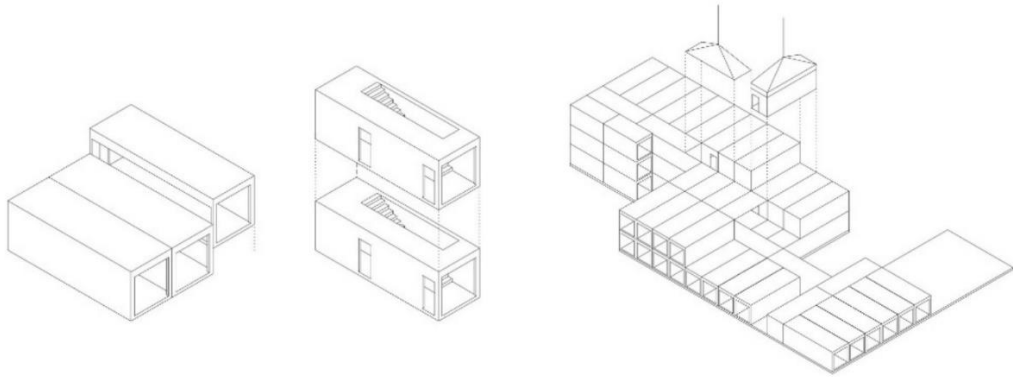
İSİM	Frankfurt'da Bir Avrupa İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	2015/Almanya
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	NKBAK/Kaufmann Bausysteme
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Ahşap Panel/3mx9m/99
İNŞAAT SÜRESİ	3,5 Hafta
KAYNAK	(Detail, 2016; NKBAK, 2015; Kaufmann vd., 2018)
PLAN	
KESİT GÖRÜNÜŞ	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

Şekil 4.4 Frankfurt okulu künyesi

NKBAK Mimarlık tarafından tasarlanan bu okul, 3 katlı olacak şekilde 99 adet 3m x 9m'lik ahşap hücreden oluşturulmuştur (Şekil 4.5). Bu hücreler Kaufmann Bausysteme firması tarafından yapılmış ve Avusturya'dan Frankfurt'a nakliye edilmiştir (Detail, 2016). Okulun künyesi Şekil 4.4'de verilmiştir.

Yapıda taşıyıcı görevi üstlenmiş olan hücre duvarları CLT paneller ile oluşturulmuşken tavan panelleri hücreler arasında veya tutkallı lamine ahşap çerçeve üzerine yerleştirilmiştir. Her bir derslik 3 adet hücreden oluşmaktadır ve 550x220mm kesitli lamine ahşap (LVL) taşıyıcı kirişler kullanılmıştır. CLT panellerden oluşturulmuş olan tavanlar ve döşemeler enine 3 metrelik bir açıklığı geçmektedirler (Kaufmann vd., 2018).

Günde 10 adet hücre inşaat alanına getirilmiş ve 3,5 hafta içerisinde hücrelerin tamamı yerleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra hücrelerin birbirlerine monte işlemi ile alüminyum cephe kaplaması işlemlerine başlanmıştır (Detail, 2016). Hücrelerin hepsi iç yüzeyleri, pencereleri ve tesisat elemanları inşa edilmiş şekilde inşa alanına nakliye edilmiştir. İnşaat alanında sadece temelin ve alüminyum kaplama cephenin inşası tamamlanmıştır. Böylece hücrelerin nakliye sırasında ihtiyaçları olacak koruyucu kaplamalar minimuma indirilmiş ve istenmeyen birleşme noktalarının oluşması engellenmiştir. Temelin inşası tamamlandıktan sonra yapının inşaatı 3 ay içerisinde tamamlanmıştır (Kaufmann vd., 2018).

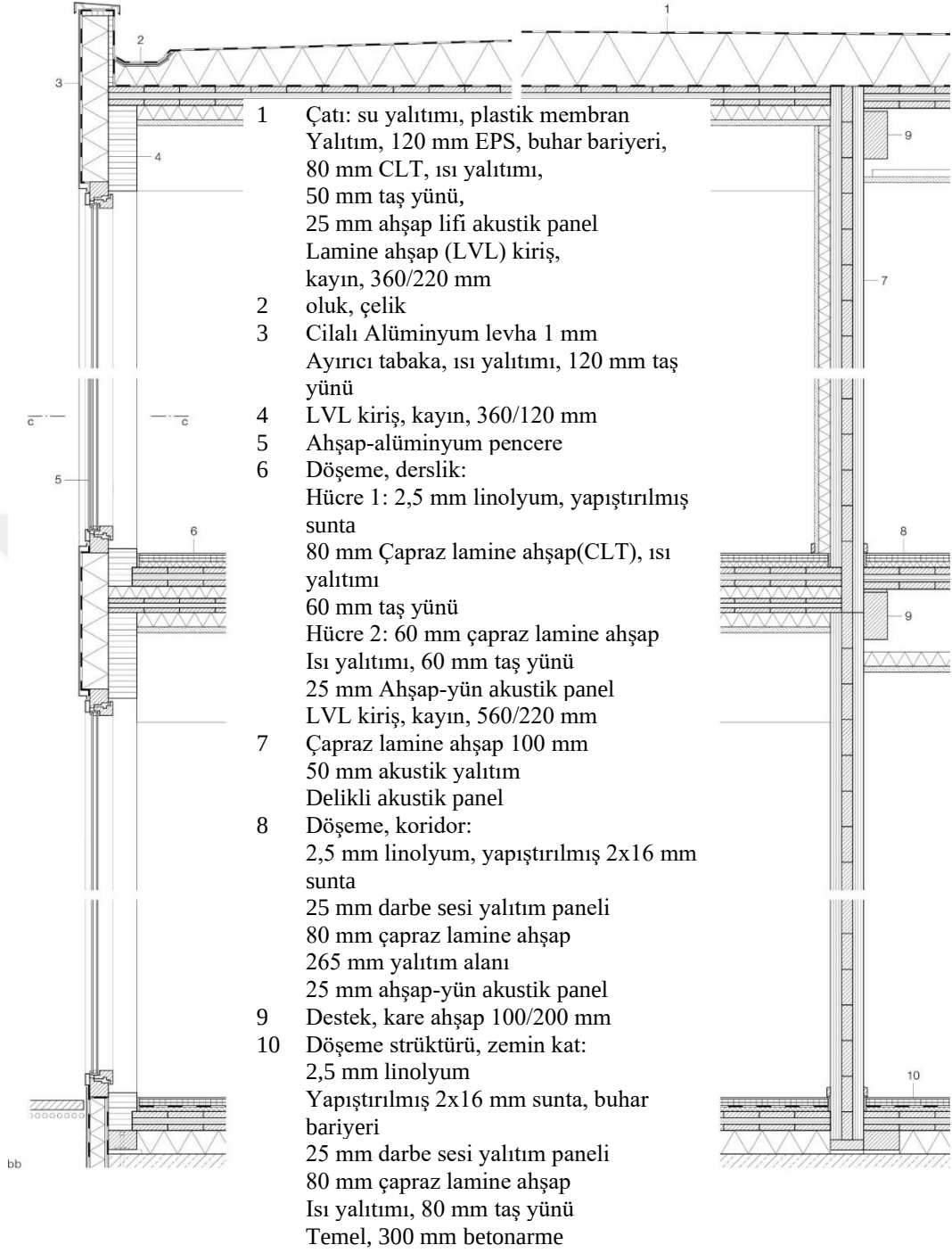


Şekil 4.5 Hücrelerin yerleşimi (Kaufmann vd., 2018)

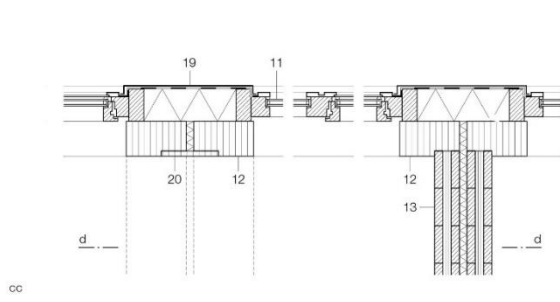
3 katlı olan yapıda 30 dakikalık bir yangın dayanımı bulunmaktadır. Yapının tasarımı her bir dersliğin 2 ayrı yangın merdivenine kolay ulaşımını sağlamaktadır. Bu sayede, duvarlar kaplama yapılmadan kullanılabilmiştir. Sadece yangın merdivenlerini bulunduran hücrelerin duvarları yangına dayanımlı kaplamalar ile kaplanmıştır. Yapıda orta dereceli ısı yalıtımı gereklilikleri karşılanmıştır ve 3 katlı pencereler kullanılmıştır. Havalandırma pencereler ile sağlanmaktadır ve çok fazla güneş alan cephelerde güneşe karşı ek önlemler alınmıştır. (Kaufmann vd., 2018)

Okula ait yapım detayları Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.





Şekil 4.6 bb detayı (Kaufmann vd., 2018)

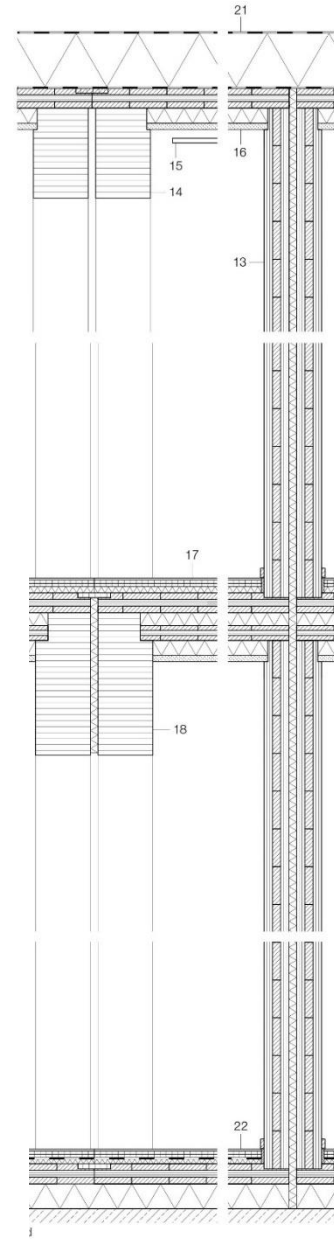


Prefabrike hücre:

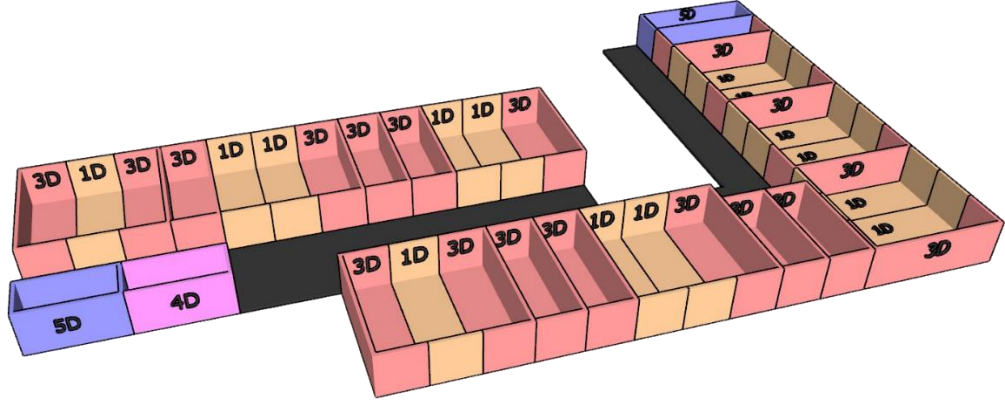
- 11 korkuluk ile birlikte gelen ahşap alüminyum pencere
- 12 destek dikme, ahşap kiriş (LVL), kayın, 120/360 mm
- 13 beyaz kaplı 80 mm çapraz lamine ahşap (CLT)
- 14 LVL kiriş, kayın, 360/220 mm
- 15 tavan ısıtıcısı (radyatör)
- 16 25 mm ahşap lifi akustik levha
Isı yalıtımı, 50 mm taş yünü
80 mm CLT, buhar bariyeri
- 17 Yapıştırılmış 2x16 mm sunta, 25 mm darbe sesi önleyici yalıtım paneli, 80 mm CLT
Isı yalıtımı, 60 mm taş yünü
- 18 LVL kiriş, kayın, 560/220

İnşaat alanında:

- 19 1 mm cilalı alüminyum panel, yalıtım kağıdı
Isı yalıtımı, 120 mm taş yünü
- 20 Kaplama, lamine cilalı ahşap, kayın
- 21 Su yalıtımı, plastik membran
Gradyan yalıtım, EPS min. 120 mm
- 22 2,5 mm linolyum



Şekil 4.7 Hücre detayı (Kaufmann vd., 2018)



Şekil 4.8 Binanın strüktürel düzenleme olanakları, ikinci kat (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.8’de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30’a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler; iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 3D ile gösterilen kırmızı hücreler; iki kısa kenar plağı, 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 4D ile gösterilen pembe hücreler; 1 kısa kenar plağı, 2 uzun kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 5D ile gösterilen mavi hücreler; 2 kısa kenar plağı, 2 uzun kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur.

3 katlı bir okul yapısı olan bu örnekte, çiftliği önlemek amacıyla uygun görülen yerlerde tavan plağı olmayan hücreler de kullanılmıştır. Hücrelerin uzun kenarları uygun yerlerde duvar olarak kullanılmıştır. Katlara göre hücrelerin yerleştirilmesinde ufak farklılıklar bulunmaktadır. Bu yapıda, 5D biçimli hücreler ile ıslak hacimler ve yapının köşesinde bulunan odalar oluşturulmuştur. 4D biçimli hücreler ile merdivenler oluşturulmuştur. Geriye kalan mekanlar 1D ve 3D biçimli hücreler ve bu hücrelerin arasında kalan mekanlar ile oluşturulmuştur.

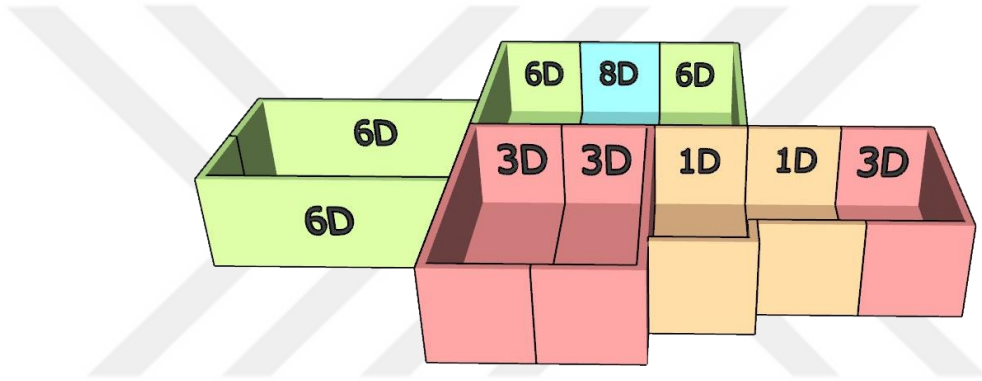
4.3 Redhil İlkokulu, Avustralya, 2019

İSİM	Redhill İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	2019/Avustralya
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	Angelucci Architects/QuipSmart
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Çelik İskelet/3,45x12 m/10
İNŞAAT SÜRESİ	22 Hafta
KAYNAK	(Angelucci Architects, kişisel iletişim, 2020; Quipsmart, 2019)
PLAN	
KESİT GÖRÜNÜŞ	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

Şekil 4.9 Redhill ilkokulu künyesi

Okul binası, Avustralya, Victoria eyaletinin, asbestos bulunan eski okulların yenilenmesi amacıyla oluşturduğu proje kapsamında, “Permanent Modular School Buildings Program” Victoria eyaleti tarafından finanse edilmiş bir projedir Angelucci Architects tarafından tasarlanıp QuipSmart tarafından inşası gerçekleştirilmiştir (Quipsmart, 2019). Okulun künyesi Şekil 4.9’da verilmiştir.

Okul, hücre boyutları 3.45m x 12m ile başlayıp değişen 10 adet hafif çelik hücre ile inşa edilmiştir. Hücrelerin fabrika inşa süresi 12 hafta, inşaat alanında birleştirilme süresi 10 hafta olacak şekilde inşası toplamda 22 hafta içerisinde tamamlanmıştır (Angelucci Architects, kişisel iletişim, 2020).

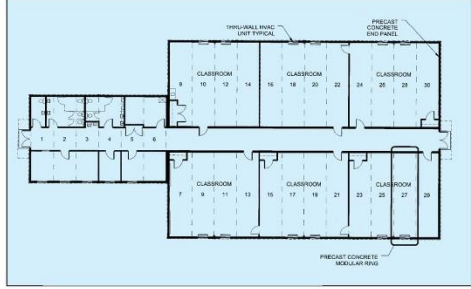
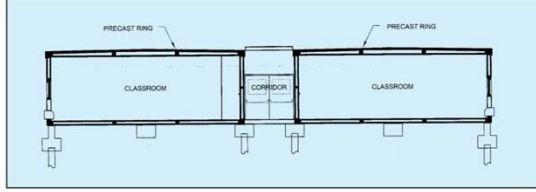


Şekil 4.10 Redhill İlkokulu'nun strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.10’de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30’a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler; iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 3D ile gösterilen kırmızı hücreler; iki kısa kenar plağı; 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 6D ile gösterilen yeşil hücreler; ise 1 kısa kenar, 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 8D ile gösterilen açık mavi hücrede; 1 kısa kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılmıştır.

Redhill okulu 2 sınıfa ek olarak, sirkülasyon alanı olarak tasarlanan ve ihtiyaç durumunda sınıf olarak kullanılabilecek bir tasarıma sahiptir. Sirkülasyon alanının bu şekilde kullanımı diğer örneklerde görülmeyen 8D hücre biçiminin kullanılmasına imkân sağlamıştır.

4.4 Josiah Quincey İlkokulu, ABD, 1999

İSİM	Josiah Quincey İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	1999/ABD
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	EQUUS Design Group/-
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Betonarme/3,10x9,14 m/30
İNŞAAT SÜRESİ	15,5 Hafta
KAYNAK	(Smith, Schreffler, ve Messenger, 2000)
PLAN	
KESİT GÖRÜNÜŞ	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

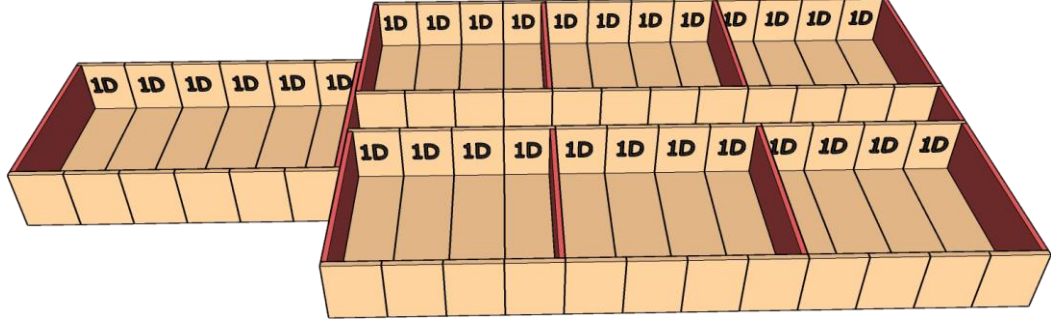
Şekil 4.11 Josiah Quincey İlkokulu künyesi

Amerika Birleşik Devletleri'nin Boston kentinde, EQUUS Architects tarafından 30 adet betonarme hücre kullanılarak inşa edilmiş bir okuldur. İlk katı betonarme hücreler kullanılarak 1999 yılında inşa edilmiştir. İkinci katı 2000 yılında betonarme duvar panelleri ile çatı panelleri kullanılarak inşa edilmiştir. Binada; 6 sınıf, 2 oda, kız, erkek öğrenci ve çalışan tuvaletleri ve temizlik odası bulunmaktadır. Yapının künyesi Şekil 4.11'de verilmiştir.

Tasarımın ağırlığı duvar için 2,87 kPa, döşeme için ise 7,18 kPa şeklindedir (Smith, Schreffler, ve Messenger, 2000). Döşeme ve tavanın strüktürel olarak benzer olması, ikinci bir katın hemen inşa edilebilmesine olanak sağlamıştır.

Hücrelerin duvarları, pencere ve klimalar için boşlukları açık bırakılmış bir şekilde üretilmiştir. Hücreler yerleştirildikten sonra, hücrelerin ince işlerine başlanmıştır. Hücreler fabrika içerisinde üretildikleri için sadece iç ve dış duvarlara boyama işlemi yapılması gerekmiştir. Hücrelerin ağırlıkları, betonu boşluklu tasarlayarak azaltılmıştır. Her bir hücrenin kütlesi yaklaşık olarak 41 ton civarındadır.

Okul 25cm duvar kalınlığına sahip ve 33cm döşeme kalınlığına sahip, 3,10mx9,14m boyutlarındaki betonarme hücrelerden oluşmaktadır (Smith vd., 2000). Hücreler bir halka şeklinde uzun kenarları açık olacak biçimde tasarlanmış ve bu hücrelerin yan yana getirilmesi ile sınıflar inşa edilmiştir. Bu sınıfların arasında oluşan boşluk ile de bir koridor oluşturulmuştur. Okulun inşası 108 gün içerisinde tamamlanmıştır.

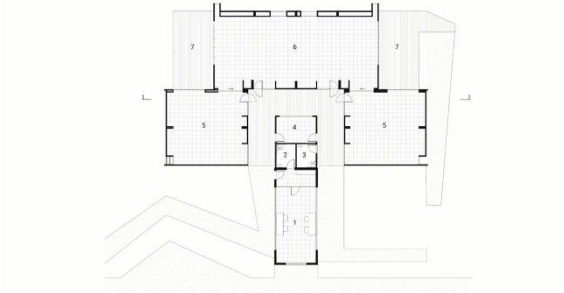
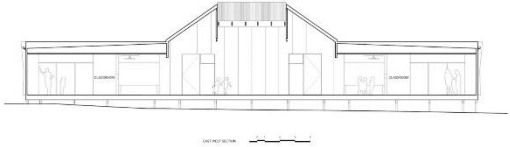


Şekil 4.12 Quincey İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.12’de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30’a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler; iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu okul yapısı tamamen 1D biçimli hücreler kullanılarak oluşturulmuştur. hücrelerin kısa kenarları derslikler arasında kalan sirkülasyon alanlarının oluşturmuştur. Uzun kenar alınlığı bulunmayan 1D biçimli bu hücrelerde, gerekli görülen alanlarda bu duvarlar betonarme paneller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu paneller şekilde kırmızı renk ile belirtilmiştir.

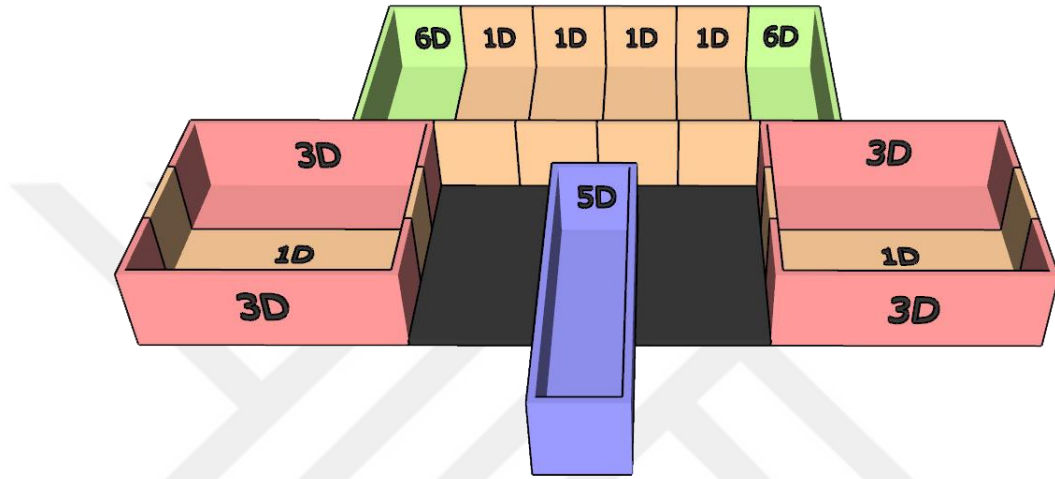
4.5 Beaumaris North İlkokulu, Avustralya, 2018

İSİM	Beaumaris North İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	2018/Avustralya
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	ARKit/-
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Ahşap İskelet/3mx6,5 m/13
İNŞAAT SÜRESİ	-
KAYNAK	(Miletic, 2019)
PLAN	
KESİT GÖRÜNÜŞ	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

Şekil 4.13 Beaumaris North İlkokulu künyesi

Okul Avustralya’da 2018 yılında inşa edilmiştir. Bu tasarımları ile okulun mimarları ARKit, 2019 Avustralya Sürdürülebilirlik (Sustainability) Ödüllerinin

Eğitim kategorisinde ödül almıştır. Projede; 12 adet 6,5m x 3m ile 1 adet 3,40m x 12m, ahşap iskelet strüktür ile inşa edilmiş hücreler kullanılmıştır. Yapının döşeme ve çatı strüktüründe lamine kereste (LVL) kullanılmıştır. Sınıfların hepsinde duvarlar OSB paneller ile oluşturulmuş ve yalıtım için polyester keçe kullanılmıştır (Miletic, 2019). Yapının künyesi Şekil 4.13’de verilmiştir.

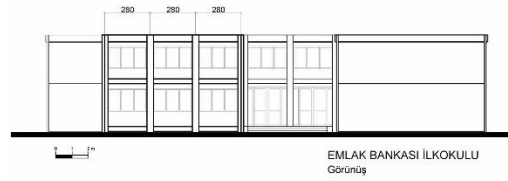


Şekil 4.14 Beaumaris İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.14’de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30’a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler; iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 3D ile gösterilen kırmızı hücreler iki kısa kenar plağı; 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 5D ile gösterilen mavi hücreler; 2 kısa kenar plağı, 2 uzun kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 6D ile gösterilen yeşil hücreler ise 1 kısa kenar; 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu okulda sınıflar; ıslak hacim ve öğretmen odasının etrafına yerleştirilmiştir. Islak hacim ve öğretmen odası, 5D hücre biçimi ile oluşturulmuştur. Sağ ve sol kenarlarda bulunan sınıflar 1D ve 3D biçimli hücreler kullanılarak oluşturulmuştur. Bu sınıflar ile ortak duvar bulunduran iki sınıfın kenarları 6D içeren hücreler ile 1D biçimli hücreler kullanılarak oluşturulmuştur.

4.6 Emlak Bankası İlkokulu, İzmir/Türkiye, 1982

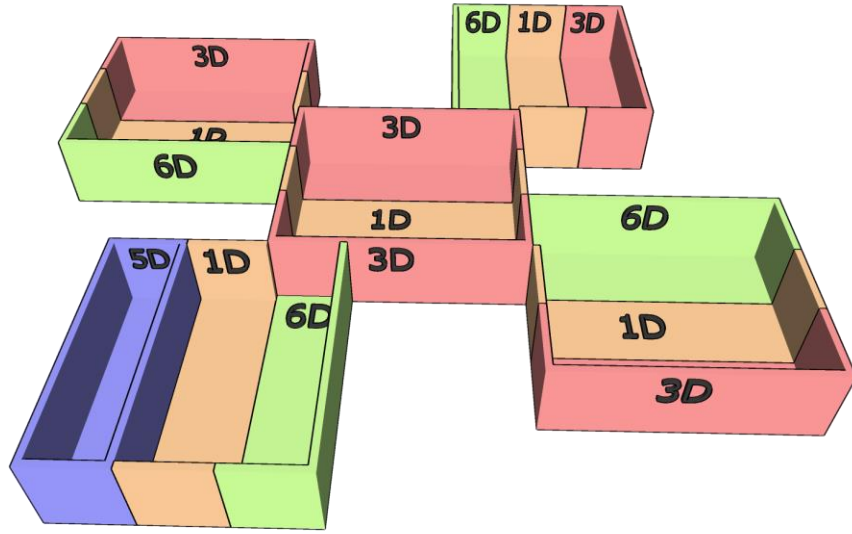
İSİM	Emlak Bankası İlkokulu
YAPIM YILI/YERİ	1982/İzmir, Türkiye
MİMAR/HÜCRE ÜRETİCİSİ	Yübetaş/Yübetaş
HÜCRE ÇEŞİDİ/BOYUTU/ADEDİ	Betonarme/2,8m x 9,3m/32
İNŞAAT SÜRESİ	12 Hafta
KAYNAK	(Yübetaş, 1984)
PLAN	
KESİT GÖRÜNÜŞ	
HÜCRE FOTOĞRAFI	
FOTOĞRAFLAR	

Şekil 4.15 Emlak Bankası İlkokulu künyesi

Bu okul Bostanlı’da bulunan bir ilkokula ek bina olacak şekilde inşa edilmiştir. Türkiye Emlak Kredi Bankası tarafından finanse edilmiştir. Toplamda 30 adet hücre

Technical drawing of a reinforced concrete slab and beam cross-section. The drawing shows a cross-section of a slab with a width of 29.5 cm and a height of 35 cm. The slab is supported by a beam with a width of 16 cm and a height of 28 cm. The slab is reinforced with 2 bars of diameter 5.5 mm and 2 bars of diameter 7 mm. The beam is reinforced with 2 bars of diameter 5.5 mm and 2 bars of diameter 7 mm. The drawing also shows the reinforcement layout for the slab and beam, including the placement of the bars and the spacing between them. The drawing is labeled with dimensions and reinforcement details.

Bağlantı noktaları kaynak ile yapıldığından dolayı (Şekil 4.16) 2020 yılında yapılan deprem etütleri sonrasında binanın riskli olduğu sonucu ortaya çıktığından dolayı yıkım kararı alınmıştır. Aynı yılın Eylül ayında yıkımı tamamlanmış ve 40 yıl boyunca kullanıldıktan sonra ömrünü tamamlamıştır.



Şekil 4.17 Emlak Bankası İlkokulu strüktürel düzenleme olanakları (Bu model, proje bilgileri doğrultusunda yazar tarafından üretilmiştir)

Şekil 4.17’de yapının strüktürel olanakları Şekil 3.30’a göre incelenmiştir. Bu bağlamda 1D ile gösterilen turuncu hücreler; iki kısa kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 3D ile gösterilen kırmızı hücreler; iki kısa kenar plağı 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 5D ile gösterilen mavi hücreler; 2 kısa kenar plağı, 2 uzun kenar plağı ile döşeme ve tavan plakları kullanılarak oluşturulmuştur. 6D ile gösterilen yeşil hücreler; ise 1 kısa kenar; 1 uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu okulda her bir sınıf ıslak hacim ve arşiv alanı ile birlikte düzenlenmiştir. Daha sonrasında bu modüller saat yönünde döndürülerek ortak alanın etrafına yerleştirilmiştir. Okulun bu planlaması 6D biçimli hücrelerin kullanımına olanak sağlamıştır. Aynı şekilde sınıf modüllerinden bir tanesi idari kısım olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu modülde toplantı ve öğretmenler odası olarak kullanılan alan 5D biçimli hücre ile oluşturulmuştur. Diğer örneklerde sıkça kullanıldığını gördüğümüz 1D biçimli hücre ile 3D biçimli hücreler de tasarımda uygun yerlerde kullanılmıştır.

4.7 Sonuç

Bu bölümde 1982 ile 2019 yılları arasında inşa edilmiş olan altı adet okul yapısı incelenmiştir. Bu okulların her biri hücre sistem kullanılarak inşa edilmiştir. Betonarme, çelik ve ahşap malzemeler kullanılarak inşa edilen okullardan ikişer adet örnek bulunmaktadır.

Şekilde bu bölümde incelenen okullar; büyüklük, hücre yapım malzemesi, yapım yılı ve yeri ile hücrelerin boyutları verilmiştir. İncelenen okulların farklı büyüklüklere sahip olduğu görülmektedir. Okullar, bu çalışmada da incelenen malzemeler kullanılarak inşa edilmiştir. Farklı ülkelerde inşa edilen bu okullar, inşa edildikleri bölgenin ihtiyaçlarına uygun olarak tasarlanmıştır. Bu ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak hücre sayısı ve hücre büyüklükleri belirlenmiştir.

Hücre boyutları incelendiğinde; hücre enlerinin 2,8m ile 4m arasında değiştiği görülmektedir. Bu sınırın, 3.2.4 numaralı bölümde de bahsedilen, hücrelerin nakliyatı sebebiyle ortaya çıktığı söylenebilir. Hücrelerin uzunlukları ise 6,5m ile 13m arasında değişiklik göstermektedir. Hücre uzunlukları, boyutsal kısıtlamalar göz önüne alındığında hücre enlerine göre daha fazla esneklik göstermektedir. Burada, incelenen okullardaki hücrelerin nasıl kullanıldığına bağlı olarak değişmektedir.

En kısa hücre uzunluğuna sahip olan, 4.5 numaralı bölümde incelenen Beaumaris okulunun planı incelendiğinde hücrelerin sirkülasyon alanlarının hücrelerin yerleştirilmesi sonucunda kalan boşluklar ile oluşturulduğu gözlemlenmektedir. En uzun hücre uzunluğuna sahip olan 4.1 numaralı bölümde incelenen Duffy ilkokulda ise sirkülasyon alanlarının hücreler ile oluşturulmuştur. Bu karşılaştırmalardan yola çıkarak, hücre uzunluklarının hücrelerin nasıl birleştirileceği ve sirkülasyon alanlarının nasıl oluşturulacağı ile ortaya çıkacağı söylenebilir.

Hücre sayısına rağmen bu okulda dahi sadece dört farklı biçimde hücre kullanılmıştır. Bu sayede hücre tekrarı artırılmış ve farklı hücre üretimi azaltılmıştır.

Daha eski örneklerde daha az hücre biçimi değişikliği görülmektedir. Bu örnekler, aynı zamanda incelenen betonarme hücre ile inşa edilmiş olan okullardır. Bu iki örnekteki hücre biçimlerinin az olmasını yapıldıkları dönemlerdeki teknik ve mali kısıtlamalara atfedilebilir. Bu iki örneğe kıyasla, son 10 yıl içerisinde inşa edilmiş olan örneklerde, tasarım çeşitliliği ile birlikte farklı malzeme ve hücrelerin yapım sisteminde farklılıklar görülmektedir. İncelenen okulların hücre analizleri Şekil 4.18’de verilmiştir.



Okul Adı	Yapım Yeri	Yapım Yılı	Hücre Malzemesi	Hücre Adedi	Hücre Boyutu (m)	1D	3D	4D	5D	6D	8D	Hücre Analizi
Duffy ilkokulu	Avustralya	2013	Çelik iskelet	10	4x13	6	2	-	-	2	-	
Redhill ilkokulu	Avustralya	2019	Çelik iskelet	10	3,45x12	2	3	-	-	4	1	
Josiah Quincey ilkokulu	ABD	1999	Betonarme	30	3,10x9,14	30	-	-	-	-	-	
Emlak Bankası ilkokulu	Türkiye	1982	Betonarme	32	2,8x9,3	10	10	-	2	8	-	
Beaumaris North ilkokulu	Avustralya	2018	Ahşap iskelet	13	3x6,5	6	4	-	1	2	-	
Frankfurt Arupa ilkokulu	Almanya	2015	Ahşap Panel	99	3x9	42	51	3	6	-	-	

Şekil 4.18 İncelenen örneklerin analizi

Hücreler oluşturulurken kullanılan malzemelerin ve tekniklerin değişmesi ve ilerlemesi ile, tasarım çeşitliliğine sahip okul binaları ortaya çıkmıştır.

İncelenen bu örnekler ve onların yapım sistemleri bir sonraki bölümde açıklanan okul modelindeki kararların alınmasında önemli rol oynamışlardır. Hücre biçimlerinin ve tiplerinin mümkün olan en az seviyede tutulması bu kararlardan bir tanesidir. Bununla birlikte, sirkülasyon alanının hücreler arasında kalan alan ile oluşturulacak olması, bu bölümde incelenen örneklerin uzunlukları ve gerekli yönetmelikler incelenerek belirlenmiştir.

İncelenen örnekler farklı iklim koşullarında ve farklı yerlerde inşa edilmiştir. Bu okulların farklı tasarımlara ve yerleşim planlarına sahip olmasına ve hücrelerin farklı biçimlerde birleştirilmesine neden olmuştur. Bir sonraki bölümde, aynı hücrelerin farklı birleşim alternatifleri de incelenmiştir.

BÖLÜM BEŞ

TÜRKİYE İÇİN BİR İLKOKUL ÖNERİSİ

Bu bölümde, daha önceki bölümlerde ortaya konan, hızlı üretilen, gerekli konfor ve dayanıklılık şartlarını sağlayabilen ve ihtiyaç programı değişikliklerine uyum gösterebilecek nitelikte, farklı iklim koşullarında üretimi olanaklı olacak bir yapı modelinin Türkiye koşullarına uygun olarak tasarlanması hedeflenmiştir.

Hücre sistem, tasarımda sağladığı esneklik, ön üretime olanak vermesi ve kalite standardının sağlanabilmesi gibi Bölüm 3'te açıklanan özellikleri nedeni ile yapım yöntemi olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, ihtiyaç durumunda okuldaki sınıf sayısının artmasına olanak verecek biçimde, 2 derslik ve bir anasınıfı dersliğinden oluşan “çekirdek proje” oluşturulmuş, 8 derslik ve bir anasınıfı dersliği içerecek boyuta kadar büyüyebilme olanakları kurgulanmıştır.

5.1 Türkiye için Tasarım Önerisi Kriterleri

Tasarımı oluşturan kriterler, öncelikle yapıların inşa edilecekleri yere göre belirlenmekle birlikte, bu çalışma kapsamında, köy okullarında belirli bir standardın sağlanması amacıyla, her yere/ koşula uygulanabilen bir yapım sistemi seçilmesi ilke kararı olarak belirlenmiştir. Ülkenin her yerine ulaşabilmekle kalmayıp aynı zamanda aynı kalitedeki konfora sahip bir okul tasarımının taşıyıcı sisteminin, fabrika içerisinde üretime sahip hücre sistemler uygun görülmüştür.

Son üründe bulunan, konfor ve kalitenin yanı sıra geleneksel inşaat yöntemlerine göre çok daha kısa olan inşaat alanında montaj süresi, hücre sistemleri bir okul gibi kısıtlı inşa takvimleri bulunan yapıların üretiminde en uygun sistem yapmaktadır.

Hücre sistemlerde, en yaygın kullanılan malzemeler betonarme, ahşap ve çelik olmakla beraber; ülkemizde ulaşılması kolay olan ve hafifliği nedeniyle çelik malzeme bu okul projesinin ana taşıyıcı malzemesi olarak belirlenmiştir. Betonarme hücreler 41 ton gibi ağırlıklara sahip olmaları ve taşınması ile yerleştirilmesi sırasında çıkabilecek

problemlerden dolayı tercih edilmemiştir. Bununla birlikte, betonarme hücrelerin oluşturulabilmesi için onlara özel kalıpların üretilmesi gerekmektedir ve bu üretimi yapabilecek bir üretici ülkemizde, bu tezin yazıldığı tarih itibari ile bulunmamaktadır. Ahşap hücreler hafif olmakla birlikte, hücrelerde kullanılacak ahşap malzemeler ülkemizde üretilmemektedir. Ülkemizde endüstriyel ahşap ormanları bulunmamaktadır. Modern ahşap üreticileri de ya hammaddeyi ithal etmekte ya da malzemenin kendisini ithal etmektedir. Bu nedenle ülkemiz içerisinde sürdürülebilirliği açısından ahşap, yine bu tezin yazım tarihi itibari ile, uygun bir malzeme olmamaktadır.

5.1.1 Yönetmelikler

Bu tezde önerilen okul modelinin planlama aşaması kararları Milli Eğitim Bakanlığı İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı tarafından 2015 yılında yayınlanan “*Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*” ile yürürlükteki ısı ve ses yalıtım yönetmelikleri -TS825 ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği-göz önünde bulundurularak verilmiştir.

Mimari tasarım; okul yapısının tasarım aşamasına 2 derslik içeren bir plan ile başlanmıştır. Tek derslikli okullar bulunmaktadır ancak 2 derslikli okulların, yapılan ankete göre, daha büyük bir çoğunlukla bulunuyor olması nedeniyle tasarımda en küçük birimin 2 derslik ve bir anasınıfından oluşacak şekilde olması gerektiğine karar verilmiştir. Aynı şekilde anasınıfı dersliğinin de tasarımın içerisinde bulunma kararı anket sonuçları dikkate alınarak verilmiştir.

En küçük birimin derslik sayısı kararı verildikten sonra “<http://tipproje.meb.gov.tr>” adresi ile ulaşılabilen Milli Eğitim Bakanlığı tarafından belirlenmiş olan ihtiyaç programları ile “*Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*”na planlama aşamasında başvurulmuştur.

Yapı fiziki konfor koşullarının sağlanması amacıyla; “Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu” ile yürürlükteki ısı ve ses yalıtım yönetmeliklerinde -

TS825 ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği- verilen değerlerin yapı içerisinde sağlanması hedeflenecek şekilde malzeme ve planlama kararları verilmiştir.

5.1.2 Taşıyıcı Sistem ve Malzeme Seçimi

Taşıyıcı Sistem Tasarımı; hücre sistem kullanımının bir gereği olan modüler tasarım prensipleri kullanılarak tasarlanmıştır. Yapının en temel elemanı olan bir hücreden, bu hücreler ile dersliklerin oluşturulmasından, temel birimin oluşturulmasına ve o aşamadan sonra belirlenen üreme şemalarının her birinde tasarım modülleri kullanılmıştır. Hücre sistemlerin bir gereği olan tekrarlanabilirlik üretimi kolaylaştırırken; bu modüllerin farklı şekillerde birleşimleri sağlanarak planlamada esnekliğe sahip olması sağlanmıştır.

Planlamada küçük değişikliklerle bu tezde bahsedilen malzemelerin herhangi biri ile gerçekleştirilebilmektedir ancak bu proje özellikle çelik malzeme kullanılacak şekilde tasarlanmıştır.

Ahşap malzemenin birçok farklı türü ve avantajı olmasına rağmen Türkiye’de üretimi bulunmadığından dolayı bu projenin malzemesi olarak seçilmemiştir. Türkiye’de bulunan sayılı modern ahşap üreticileri ya işlenmiş ürünün kendisini ithal etmektedirler ya da hammaddelerini yurt dışından almaktadırlar. Bununla birlikte bu projede kullanılması gerekebilecek malzemelerin birçoğunun sadece yurt dışında bulunan üreticilerde bulunabilecek olması da ahşap malzemenin seçilmeme nedenlerinden bir diğeridir.

Betonarme, ülkemizde kullanılan bir malzemedir ancak betonarme hücre yapımı özel kalıplar gerektirmektedir. Geçmişte betonarme hücreler kullanılarak üretilen yapılar olmakla birlikte bu malzemeyi üreten ve bu tezde de ismi geçen Yübetaş firması kapanmıştır. Betonarme hücre üreticisi firmalara ulaşmanın günümüzde Türkiye’de zor olmasının yanında betonarme diğer iki malzemeye kıyasla daha ağırdır. Hücrelerin nakliyesi, bu hücreleri kaldıracak olan vinçlerin inşaat alanına ulaşmasının

gereği gibi sebeplerle hafif malzemeler tercih edilmiştir. Bu nedenlerle betonarme malzeme hücre malzemesi olarak belirlenmemiştir.

Çelik, Türkiye’de en kolay ulaşılabilen malzemeler arasında yer almaktadır. Türkiye’de birçok çelik üreticisinin olmasının yanı sıra hafifliği ve hücre sisteme kolay uygulanabilirliği nedeniyle çelik malzemenin bu tezde üretilen okul projesinin ana taşıyıcı ve bölücü malzemesi olarak seçilmiştir.

5.1.3 Esneklik/ Büyüyebilirlik

Hücre sistemler kullanılarak üretilen planlamalarda en küçük birim bir hücre ile başlamaktadır. Planın tamamı bu hücre boyutu etrafında üreyerek oluşturulmuştur. Üç hücre birleşerek bir sınıfı oluşturmuş ve bu sınıflar da ek mekanlarla birlikte en küçük okul birimini oluşturmaktadır.

Bu projede Temel Birimin oluşturulması ise sadece bir başlangıç olarak görülmüştür. Okullar, artan nüfusun gereği ile birlikte sık sık genişletilmeye veya ek binaların inşasına ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, Temel Birim üzerine eklenebilecek şekilde ve aynı hücreler kullanılarak derslik sayısının artırılabilirdiği bir tasarıma öncelik verilmiştir. Bu sayede 2 derslik ile başlayan bir okul ihtiyaç duyulduğu takdirde 5 dersliğe sahip bir okul haline getirilebilecektir.

Bununla birlikte, bu tezde önerilen proje, büyüyeabilen bir okul yapısının hücre sistem ile uygulanmasına bir örnek olması için üretilmiştir. Her bir yapının inşa edildiği alana uygun tasarıma ihtiyacı doğacaktır ancak temel hücre birimini ve bunun sağlayacağı tasarım çeşitliliğinin, yüksek konfor ile okullar arasında denk kalite düzeyinin ve – yüksek sayılarda üretim, kısa montaj süresi, inşanın hava koşullarından minimum düzeyde olumsuz etkilenecek olması ile – düşük maliyeti bir arada sadece prefabrike hücre sistemler kullanılarak yakalanabilmektedir.

5.1.4 Isı Yalıtımı

Isı yalıtımında yürürlükteki ısı yalıtımı standardı “TS825” dikkate alınmaktadır. Ancak bu model Türkiye’nin herhangi bir bölgesinde yapılabilecek şekilde tasarlandığı için bu etken ortalama olacak şekilde göze alınmıştır. Modelin, projeye dönüştürülmesi durumunda detaylı ısı yalıtım hesaplamaları gerekmektedir.

5.1.5 Akustik Tasarım – Ses Yalıtımı ve Hacim Akustiği

Ses yalıtımında “Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği”nde bulunan değerler göze alınarak malzeme ve duvar kalınlığı seçimi yapılmıştır.

Tablo 5.1’de Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği’nde eğitim yapıları ile ilgili belirtilmiş gürültü hassasiyet/gürültülülük dereceleri verilmiştir.

Tablo 5.1 Bu projede kullanılan mekanların gürültüye hassasiyet/gürültülülük dereceleri

BİNA ÖLÇEĞİNDE			MEKAN ÖLÇEĞİNDE		
Bina İşlevi	Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu	Mekan	Kaynak Olması Durumu	Alıcı Olması Durumu
	Gürültülülük Derecesi	Hassasiyet Derecesi		Gürültülülük Derecesi	Hassasiyet Derecesi
Eğitim	OG	II	Derslikler	OG	I
			İdari odalar	OG	II
			Sirkülasyon alanları	OG	III

Okullarda ve sınıflarda kaynaklanan gürültünün birincil kaynağı yine okulun içinden gelmektedir. Bu gürültüye, öğretmenlerin sınıflarındaki konuşma sesleri ile masa ve sandalyelerin sesleri örnek olarak verilebilir (Güremen, 2012). Dışarıdan gelecek olan gürültü, okulun inşa edildiği alana göre değişmekle birlikte, sınıflar arası ve sınıf koridor arası ses geçişine de önlem alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada yapılan ankette verilmiş olan ses geçişi sorusunda, ankete katılanların %75'i ses geçişinin orta ve yüksek derecede olduğu cevabını vermiştir.

5.1.6 Aydınlatma

Okullarda, *Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*'nda belirtildiği üzere derslik pencerelerinin taban alanına oranı en az %25 ve sınıf içerisinde aydınlık düzeyi en az 100 lx olmalıdır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) ise derslikler için aydınlık düzeyini 300 lx olarak belirlemiştir.

Dersliklerde pencereler yanal veya çatı açıklıkları olacak şekilde tasarlanabilmektedir (Yener, Güvenkaya, ve Şener, 2009). Bu çalışmada sunulan örnekte ikinci bir katın inşa edilmesi olasılığı göz önünde bulundurulduğu için dersliklerde yanal pencereler tercih edilmiştir.

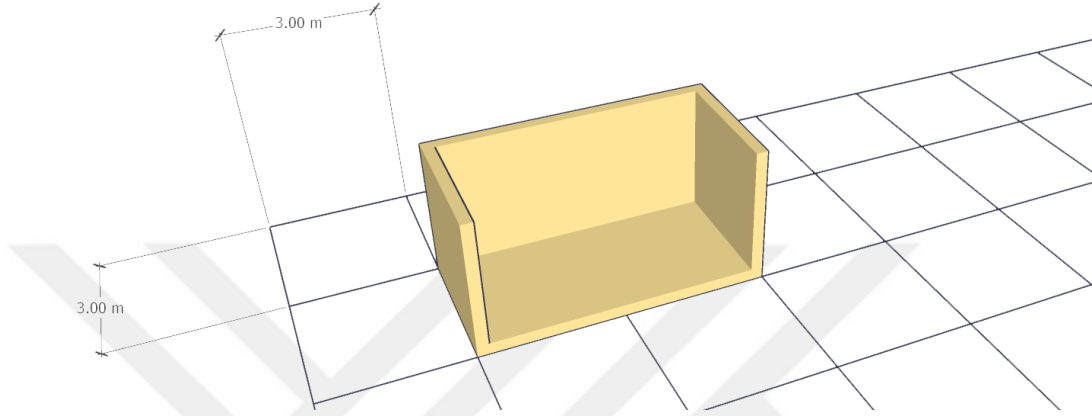
Bununla birlikte; tavan, döşeme ve duvar gibi yüzeylerin belirli ışık yansıtma katsayılarına sahip olmaları gerekmektedir. İstanbul'da bulunan okullarda 2009'da Yener, Güvenkaya ve Şener tarafından yapılan çalışmada yanal pencerelerden gelen doğal ışığın pencerelerden uzaklaştıkça yetersiz kalacağı ve buna uygun, verimli bir aydınlatma tasarımının sağlanması gerektiği belirtilmiştir (Yener vd., 2009). Bu çalışmada yapılan ankette kullanıcıların %16'sı dersliklerdeki doğal aydınlatmayı; %17,9'u ise yapay aydınlatmayı yetersiz bulmuştur.

5.2 İlkokul Projesi

Bu proje, bu tez kapsamında yapılan araştırmalar göze alınarak geliştirilmiştir. Hücre sistem tasarımı modüler tasarım ilkeleri ile oluşturulmuştur. Okulun planlama kararlarında *Eğitim Yapıları Asgari Tasarım Standartları Kılavuzu*'ndan yararlanılmıştır. Bunun yanında ısı ve ses yalıtımı ile ilgili kararlar yürürlükteki ısı ve ses yalıtım yönetmelikleri -TS825 ile Binaların Gürültüye Karşı Korunması Yönetmeliği- göz önünde bulundurularak belirlenmiştir.

5.2.1 Temel Hücre

Bu proje, hücre sistemlerin tasarım prensipleri düşünülerek oluşturulmuştur. Hücre sistemlerde Bölüm 3’de belirtildiği gibi, tek bir modülün tekrarı ile yapılar oluşturulmaktadır. Bu temel hücre Şekil 5.1’de gösterilmektedir.

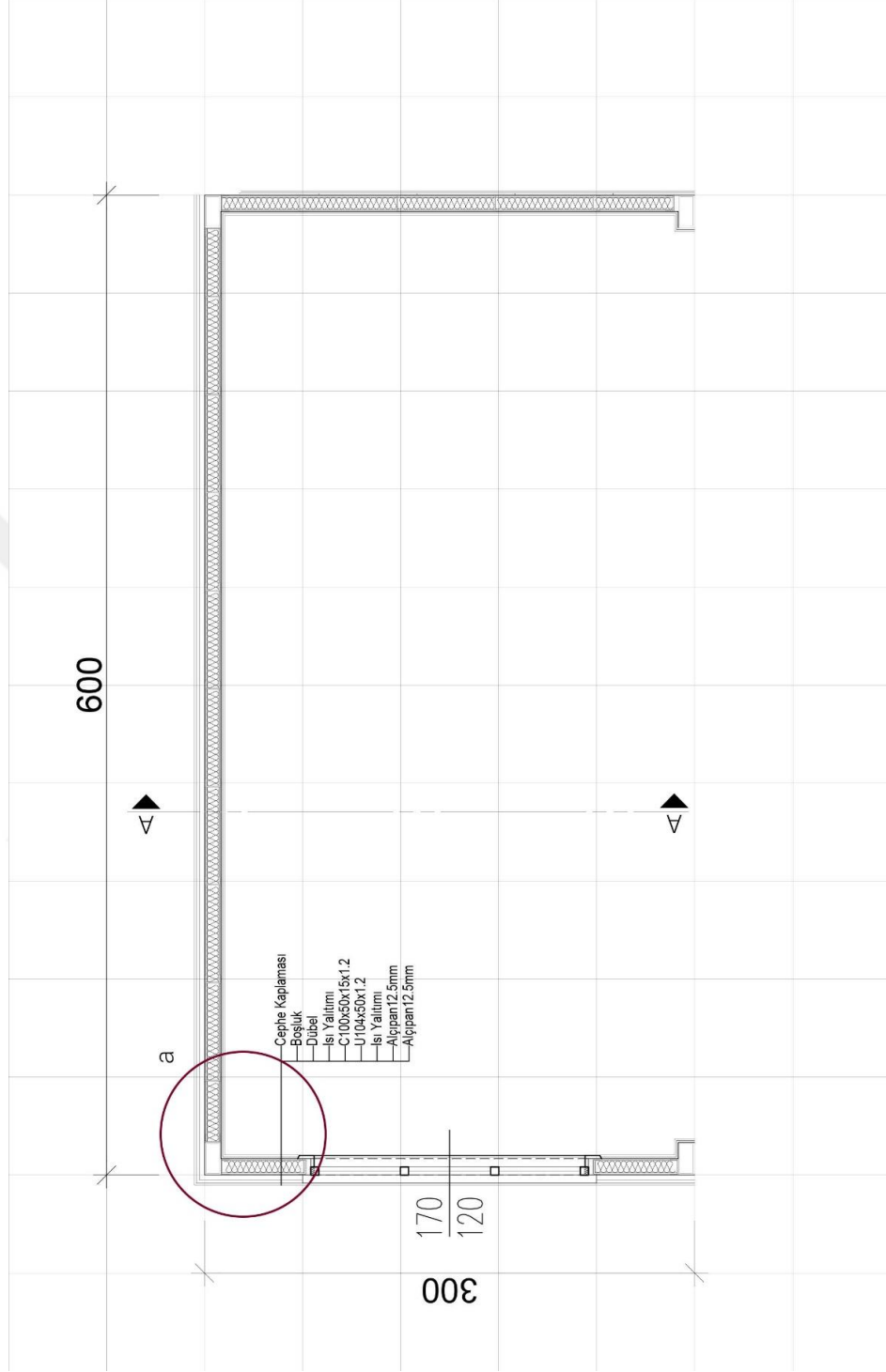


Şekil 5.1 Projede kullanılan temel hücrenin 3x3 metre aralıklı grid üzerindeki görünümü

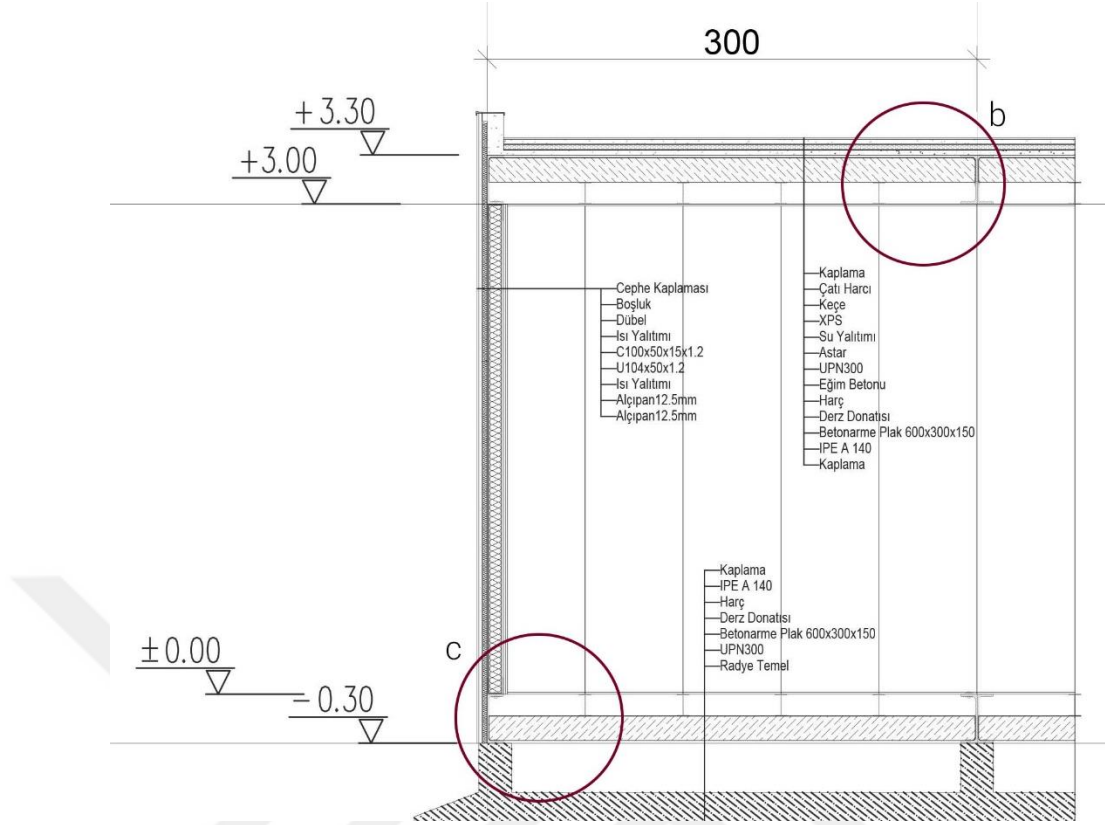
Temel hücrenin boyutunu belirlerken ilk dikkat edilen kısıtlama hücrelerin nakliyat sınırlamaları olmuştur. Bu hücrelerin gerekli durumlarda uzun mesafelerde taşınabilme ihtimalleri göz önünde bulundurularak ekstrem boyutların kullanılmasından kaçınılmıştır.

Temel hücrede seçilmiş genişlik ve uzunluk, hücre içerisinde kullanılacak kaplama elemanları, donatılar ve strüktür bileşenlerinin (betonarme döşeme panelleri, çelik kirişler) standart üretim boyutlarına denk düşecek veya tam olarak bölünebilecek olan 3 metreye 6 metre olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.1’de ve üreme şemaları ile projeyi açıklayan diğer şekillerde kullanılan tasarım modül ölçüsü de temel hücrenin ölçülerinden yola çıkılarak 3m x 3m olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.2 3D biçimli bir hücrenin plan görünümü



Şekil 5.3 3D biçimli hücrenin kesiti

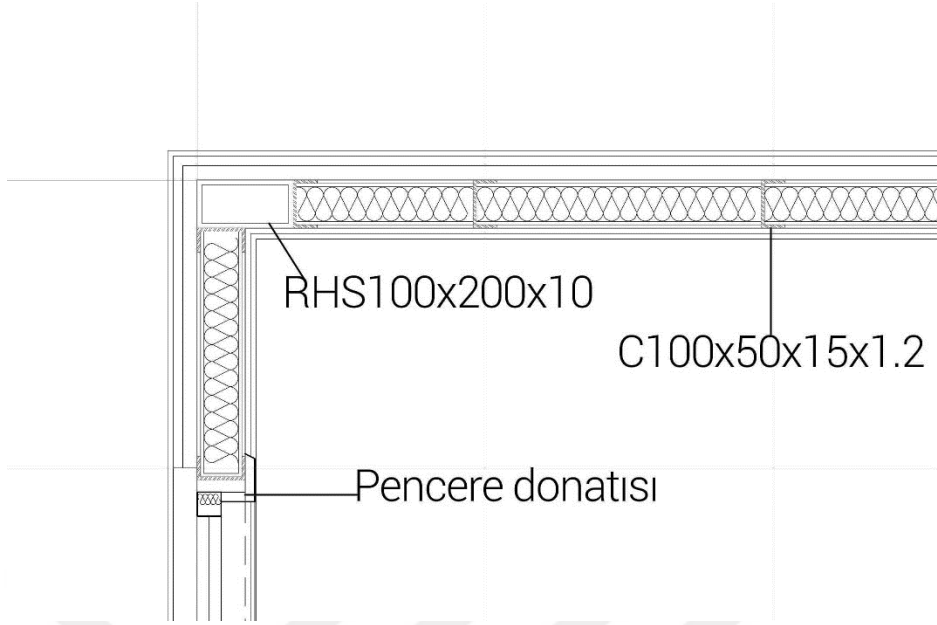
Planda bulunan bir 3D biçimli hücrenin plan görünümü Şekil 5.2’de verilmiştir. Aynı hücrenin kesiti Şekil 5.3’de verilmiştir. Bir hücrenin strüktüründe kullanılan elemanlar (kolon, kiriş, döşeme) hücre tipine bağlı olmadan her hücre için aynıdır. Hücre tipleri arasındaki farklılık, kenar plaklarının varlığı ve pencere, kapı gibi donatıların yerleri ile ortaya çıkmaktadır.



Şekil 5.4 Şekil 5.2 ile Şekil 5.3’de plan ve kesiti verilen hücrenin üç boyutlu görünümü

Bir 3D biçimli (iki kısa kenar plağı ve bir uzun kenar plağı ile tavan ve döşeme plakları içeren hücre biçimi) hücrenin üç boyutlu görünümü Şekil 5.4’de verilmiştir.

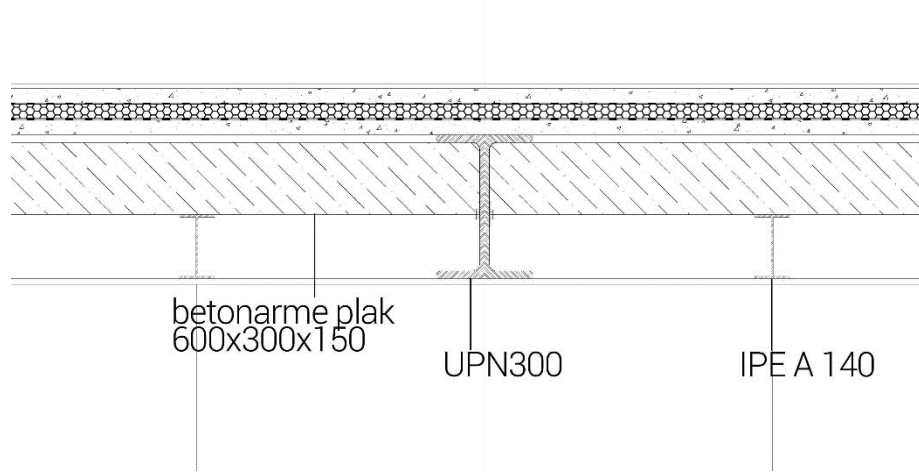
200 mm x 100 mm boyutlarında, 10 mm kalınlığa sahip içi boş dikdörtgen çelik profiller (RHS) hücrenin kolonlarını oluşturmuştur. Her bir hücrenin dört köşesinde bir adet olmak üzere bu kolonlar kullanılmıştır. İçi boş kare veya dikdörtgen profillerin çelik hücreler oluşturulurken kullanıldığını üçüncü bölüm içerisinde bahsedilmiştir. Dikdörtgen biçim ile ihtiyaç duyulan dayanım elde edilmekle birlikte hücrelerin birleştirilme aşamasında kolaylık sağlamaktadır. Şekil 5.4’de mavi renk ile temsil edilmişlerdir. Şekil 5.5’de kesitte belirtilen a detayı görülmektedir. Bu detayda kolonun yerleşimi belirtilmiştir.



Şekil 5.5 a detayı

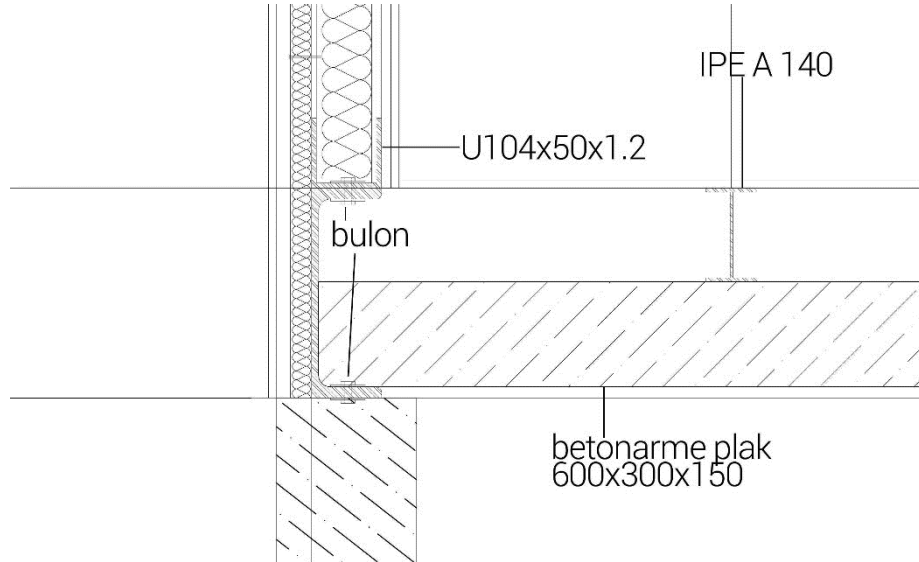
Kolonları birbirlerine bağlamak için 300 mm yüksekliğinde U profil çelik kullanılmıştır. UPN300 olarak da bilinen bu profil, 100 mm genişliğe ve 10 mm kalınlığa sahiptir. Bu kirişlerin uzunlukları kısa ve uzun kenarda kullanılma durumlarına göre 300 ila 600 cm arasında değişmektedir. U profil kullanımı hücreler birleştirildiğinde hücrelerin bağlanmasına olanak veren bir profildir. Bununla birlikte hücreler yan yana geldiğinde, bu kirişler I profil biçimini oluşturmaktadır. Bu biçim Şekil 5.6'da görülmektedir. U profil kullanımı aynı zamanda döşeme ve tavan panellerinin yerleştirilmesi için, hücre bağlamında en uygun biçime sahiptir. Bu kirişler Şekil 5.4'de sarı renk ile temsil edilmişlerdir.

Hücrelerin döşemesi 60 cm genişliğe ve 300 cm uzunluğa sahip betonarme paneller ile oluşturulmuştur. Döşemelerde ve tavanlarda betonarme paneller kullanılarak, ikinci bir katın eklenmesi durumunda üzerinde yürünebilecek dayanıma sahip yüzeylerin oluşturulmasıdır. Bu paneller 15 cm yüksekliğe sahiptirler ve derz donatısı ve harç kullanılarak birleştirilmektedirler. Bu paneller Şekil 5.6'da ve Şekil 5.7'de görülmektedir. Bu paneller Şekil 5.4'de gri renk ile görülebilmektedir.



Şekil 5.6 b detayı

Duvar panelleri çelik profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Duvar iskeletlerinin başlıkları 104 mm x 50 mm boyutlarında ve 1.2 kalınlıkta U profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu başlıklar her bir duvarın alt ve üst bölümlerine yerleştirilerek duvar strüktürünü oluşturacak olan C profillerin yerleşmesini sağlamaktadır. Şekil 5.4’de yeşil renk ile temsil edilmişlerdir. Aynı zamanda Şekil 5.7’de bu profiller görülmektedir.



Şekil 5.7 c detayı

Duvarlar 100 mm x 50 mm boyutlarında 1,2 mm kalınlığında C profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu profiller 60 cm aralıklarla, alçı panellerin üretim boyutları ile denk biçimde yerleştirilmiştir. Bu profiller Şekil 5.4’de yavru ağı rengi ile belirtilmişlerdir.

Bu malzemelerin dışında, döşemeler ve tavalar için betonarme panellerin üzerinde IPE A 140 profiller kullanılmıştır. Bu profillerin kullanımı Şekil 5.6’da ve Şekil 5.7’de verilmiştir.

Bununla birlikte bir hücre ve bu hücreyi kullanarak oluşturulacak olan yapı, yalıtım kaplama ve alçı panel katmanları da içermektedir. Bu projede sınıflar içerisinde iki adet 12,5 cm kalınlığında alçı paneller kullanılmıştır. Projede kullanılan yalıtım katmanları standartları minimum olarak karşılamaktadır. Bununla birlikte ekstrem iklim bölgelerinde veya gürültü yüzdesi yüksek olabilecek yerlerde gerekli değişiklikler yapılabilmektedir.

Bu değişiklikler yapının strüktürel düzenine, kırş, kolon ve döşeme panellerine etki etmeyecektir. Böylece aynı strüktür sistemi kullanılarak üretilen hücrelerin duvar panel katmanlarındaki ufak değişiklikler ile farklı bölgelerde kolaylıkla kullanılabilir.

5.2.2 Üreme Şemaları

Temel hücre boyutunun belirlenmesinden sonra sırada üreme şeması üzerinde karar verilmesi gerekmektedir. Üreme şemasına karar verilmeden önce birçok alternatif üzerinde çalışma yapıldı. Bu alternatifler, Şekil 5.8’de görülmektedir.

Alternatiflerin her birinde 5.2.1 bölümünde belirtilen temel hücre kullanılmıştır. Her bir alternatif; üç hücre kullanarak oluşturulan iki derslik, dört hücre ile oluşturulan anasınıfı ve birer hücre kullanılarak oluşturulan tuvalet ve oda ile başlamıştır. Bu tezde önerilen proje de üreme şemasının ilk aşaması üzerinden oluşturulmuştur.

Derslik Sayısı Alternatif	2 Derslik 1 Anasınıfı	3 Derslik 1 Anasınıfı	4 Derslik 1 Anasınıfı	5 Derslik 1 Anasınıfı
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				

■ Derslik ■ Oda ■ Anasınıfı ■ Islak Hacim

Şekil 5.8 Üreme şeması alternatifleri.

Bu alternatifler içerisinde belirlenen kriterler içerisinde en uygun planı sağlayan ve Şekil 5.9’da verilen üreme şeması seçilmiştir. Bu şemanın tercih edilmiş olmasının belirli nedenleri bulunmaktadır.

Bu nedenlerin en başında, hücre tipleri hesaplanıldığı zaman, Şekil 5.8’de birinci alternatif olarak belirtilen ve bu tezde belirlenen üreme şemasına en yakın alternatif olan üreme şemasındaki dikey sınıf yöneliminin yeni hücre tipleri oluşturacak olmasıdır. Hücre tiplerinin mümkün olan en az çeşitliliğe sahip olması hücre sistemlerin üretiminde istenen kriterlerden bir tanesidir. Hücre çeşitliliği ne kadar az olursa üretim o derece seri olacaktır. Bu projede kullanılan hücre tipleri 5.2.3 numaralı bölümde listelenmiştir. Üçüncü veya dördüncü dersliklerin eklenme ihtiyacının

doğduğu durumlarda, belirlenen hücre tiplerine ek hücelere ihtiyaç olmadan bu derslikler okula eklenebilmektedir.

Diğer üreme şeması alternatifleri incelendiğinde, alternatif 1 ile benzer durumların ortaya çıktığı görülebilmektedir. Birçoğunda bu tezde seçilen üreme şemasına kıyasla daha fazla olmaktadır. Bu tezde seçilen üreme şeması ikinci bir katın eklenmesi durumu göze alınarak oluşturulmuştur. Şekil 5.8’de belirtilen alternatif 2 ve 4’te ikinci bir kata çıkış verme imkanı kalmamaktadır. Alternatif 3 ve 5’te ıslak hacim alanı yeterli olmamaktadır. Alternatif 6’da alan kaybı ile dikey ve yatay yerleştirilen sınıfların yeni hücre tiplerinin oluşturulmasına neden olacağı tartışılabilir. Alternatif 7’de ise ikinci bir katın eklenmesi durumunda hücreleri ve ıslak hacimleri üst üste denk getirmek de zorluk yaşanmaktadır.

Derslik Sayısı	2 Derslik 1 Anasınıfı	3 Derslik 1 Anasınıfı	4 Derslik 1 Anasınıfı
Alternatif			
1			
			

Şekil 5.9 Tezde karar verilen üreme şemasının ilk katı

Bu tezde anlatılan şemanın seçilmesinin bir diğer nedeni de sonradan eklenen derslik 3 ve 4’te ışığın derslik 1 ve 2 gibi, öğrencilerin yerleşimine paralel olarak gelecek olmasıdır. Bu yönelim ile ışık hem daha geniş bir alandan alınabilmektedir hem de ışığın öğrencilerin arkasından gelmesi engellenmiş olacaktır.

Önerilen okul modeli iki derslik ve bir anasınıfı dersliği içermektedir. Şekil 5.9’da bu planın aynı hücreler kullanılarak nasıl üretilebileceği ve daha çok sınıf içerecek şekilde planlanabileceği gösterilmektedir. Sarı renk ile belirtilen bölümler anasınıfı dersliğini, kırmızı derslikleri, yeşil oda alanlarını, mavilerde ıslak hacimleri temsil etmektedir. Sirkülasyon alanları ise gri renk ile görülmektedir.

Derslik 3 ve 4'ün koridora paralel eklenmesi ayrıca çok amaçlı salon olarak alternatif kullanımı olan sirkülasyon alanının, ikinci katın da eklenmesi durumunda kaybedeceği ışık girişini sağlamasıdır.

Bunlara ilaveten, Türkiye’de ilkokul eğitimi 4 yıl sürmektedir. Her yıl içerisinde farklı eğitimler verildiğinden dolayı bu sınıflardaki öğrencilerin eğitiminin farklı sınıflarda olması tercih edilmektedir. Ancak köy okulları çoğu zaman her bir yıla farklı derslik açacak veya öğretmen atayacak kapasitede öğrenci sayısına sahip değildir. Bu durumda birleşik sınıflar oluşturulmaktadır. Bu durum anket soruları ile de belirlenmiştir.

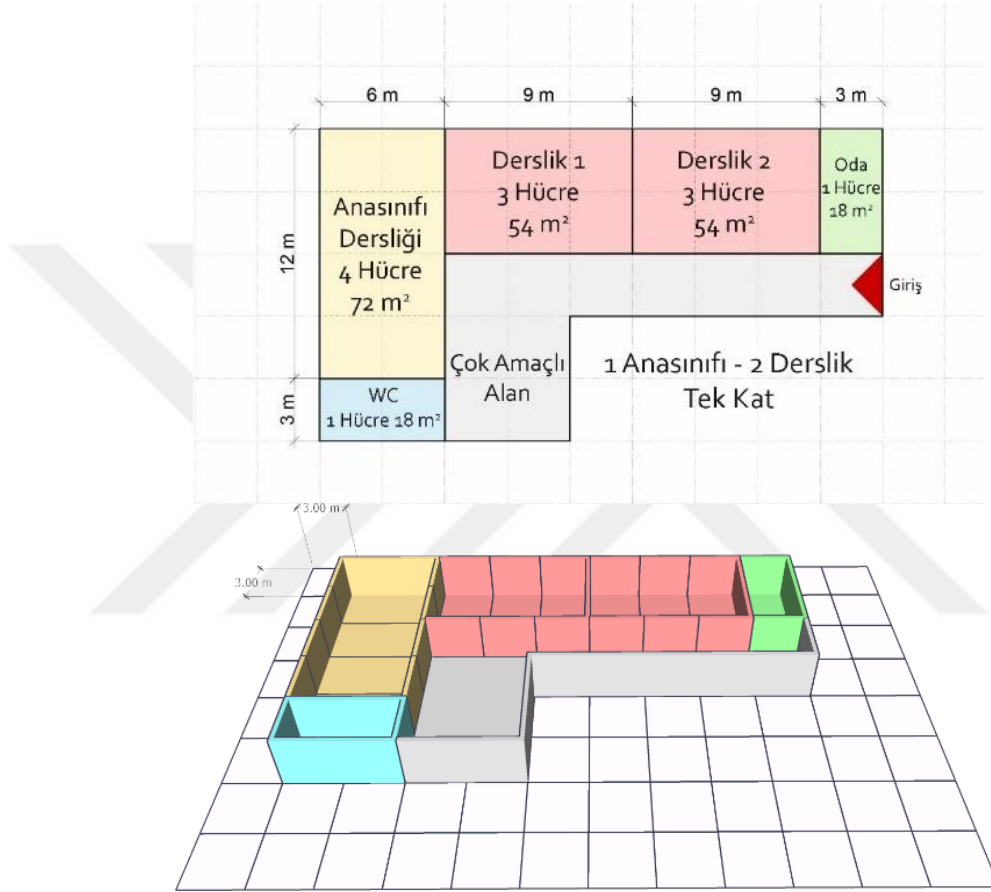
Tasarımda en az malzeme ile en verimli üreme şemasını oluşturacak olan L biçimi başlangıç olarak seçilmiştir. Sirkülasyon alanlarının hücre duvarlarının arasında kalan hacimler ile oluşturulması hedeflenmiştir. Derslik sayısı arttıkça sirkülasyon alanlarının biçimi tamamen hücrelerin duvarları tarafından oluşturulmuştur. Hücrelerin arasında kalan bu hacimler, Bölüm 3’te incelediğimiz Redhill İlkokulunda olduğu gibi, sirkülasyon alanları ile birlikte çok amaçlı salonlar şeklinde de kullanılabilmesi düşünülerek tasarlanmıştır.

Tasarım standartlarında belirlenen minimum alan gereksinimlerini en ekonomik biçimde karşılayabilmek için her bir tasarımda kullanılan hücre boyutları 3mx6m olarak belirlenmiştir. Bu hücre boyutları ile 3 adet hücre kullanılarak bir derslik ve 4 hücre kullanılarak bir anasınıfı dersliği kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Bu sayılar aynı zamanda 30 cm ve 60 cm gibi çeşitli malzemelerin (alçı paneller, betonarme döşeme plakları vb.) ortak katı olmaktadır. Bu da malzemelerin kullanımı açısından malzeme kaybının en aza indirilmesine yardımcı olacaktır.

5.2.2.1 Temel Birim – İki Derslik ve Bir Anasınıfı

Uygulamada, 1 derslikli okullar mevcut olmakla birlikte, yapılan anket çalışması sonuçlarına dayanarak, temel birimin 2 derslik ve 1 anasınıfı içerecek biçimde kurgulanmasına karar verilmiştir. Yine anket çalışması sonuçları dikkate alınarak

anasınıfı dersliğinin de eklenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Anasınıfı yaş grubunun, ilkokullardan daha sonra zorunlu hale getirilmiş olması nedeniyle birçok köy ve mahallede anasınıfları sonradan inşa edildiği için ana binadan ayrı kalmaktadırlar. Bu nedenle temel birim tasarımında anaokulunun bulunması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 5.10 İki derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli

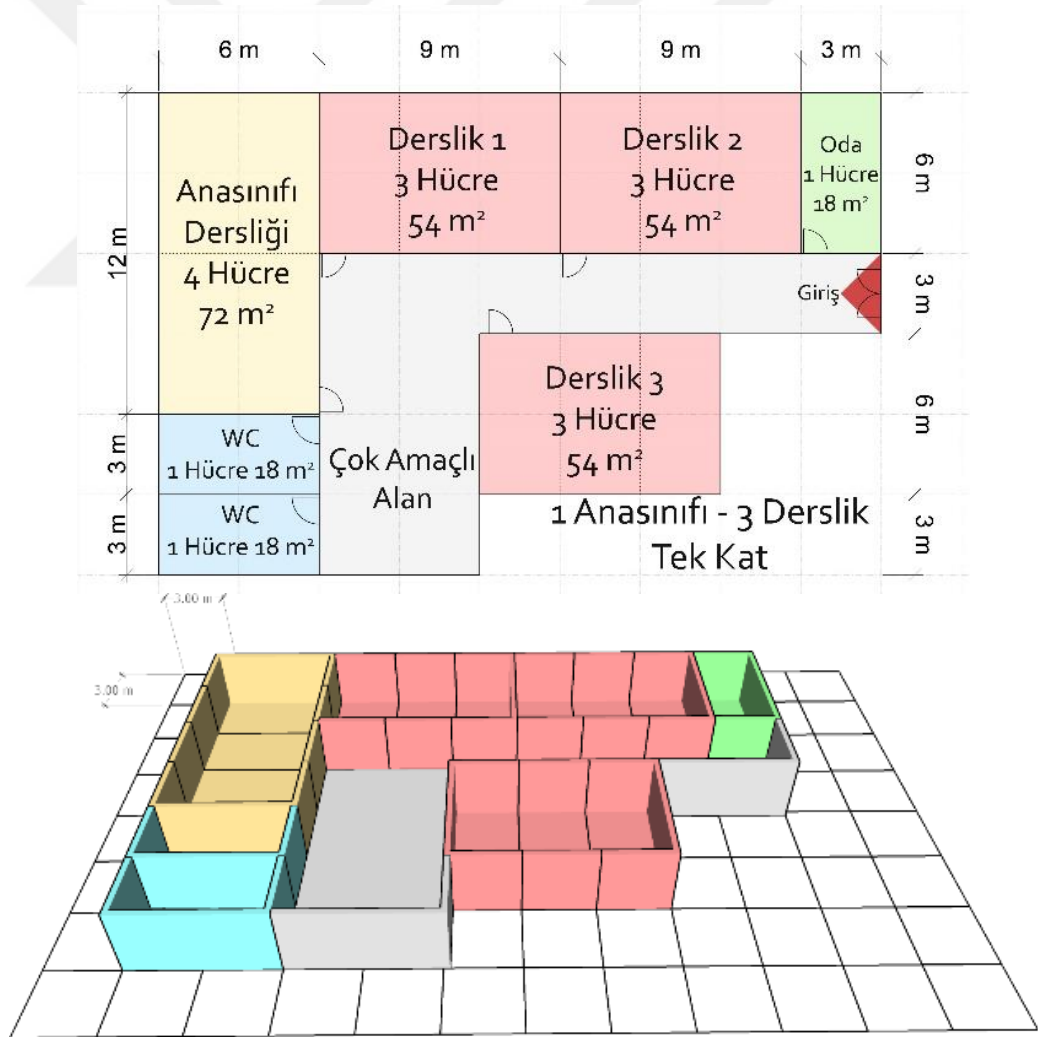
Her bir odanın, belirlenen hücre boyutuyla oluşturulmuş tasarımı Şekil 5.10'da gösterilmektedir. Tek katlı olan bu tasarımda 2 derslik ve bir anasınıfı dersliği ile birlikte; 1 öğretmenler odası ve ıslak hacim hücresi bulunmaktadır. 2 derslikli okullarda sadece bir adet müdür/öğretmen odasının yeterli olduğu “<http://tipproje.meb.gov.tr>” adresinden ulaşılabilen ihtiyaç programında belirtilmiştir.

Temel birim tasarımının L biçimli planı, birden fazla temel birim alternatifi çalışılarak ortaya çıkartılmıştır. Tasarımın gelecekte üremesi gerekeceği veya aynı

temel birim tasarımı ile farklı derslik sayısına ihtiyaç duyacak okulların kolayca üretilebilmesi için en uygun üreme olanağına L biçimli temel birim tasarımı ile ulaşılmıştır.

5.2.2.2 Üç Derslik ve Bir Anasınıfı

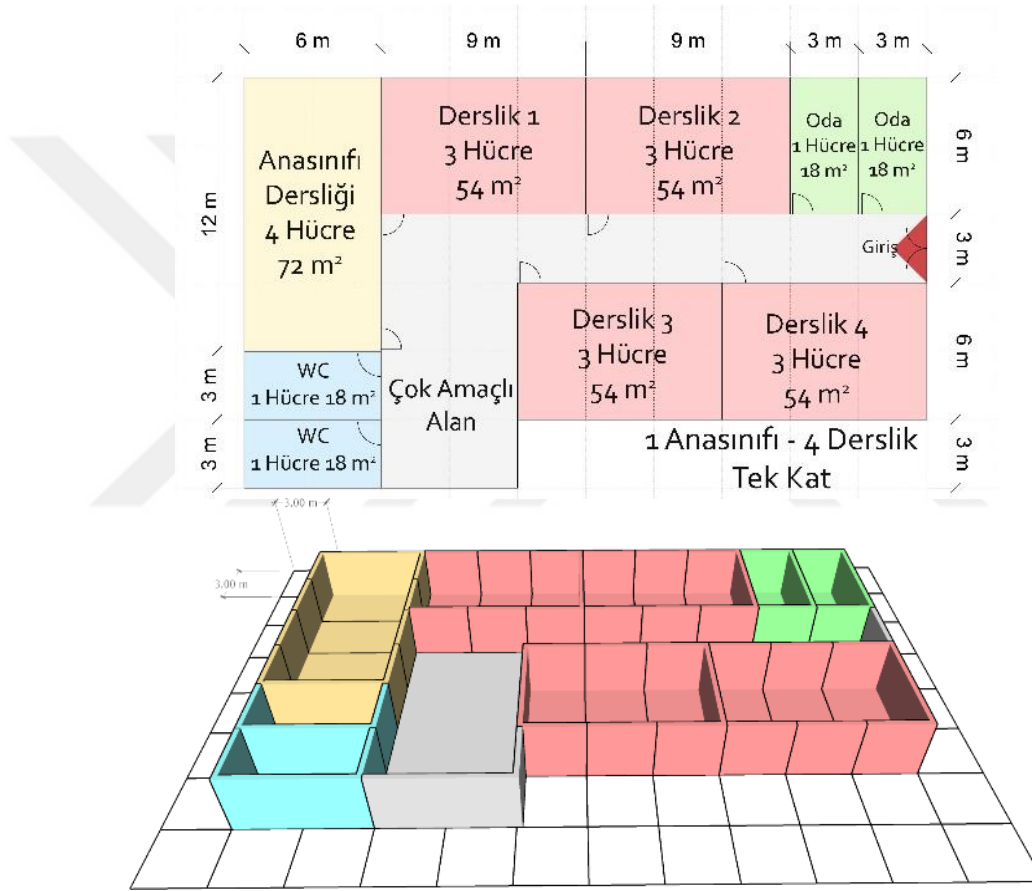
Üç derslik ve bir anasınıfı içeren ikinci safha tasarımını Şekil 5.11’de görülmektedir. Bu tasarımda bir önceki, temel birime ilaveten bir adet sınıf ile 1 adet ıslak hacim bulunmaktadır. Hücrelerin oluşturduğu duvarlar ile sirkülasyon alanı doğal bir biçimde oluşmaktadır. Üçüncü derslik ile ıslak hacimler arasında oluşturan alan ise çok amaçlı kullanım sağlayacak bir şekilde değerlendirilebilmektedir.



Şekil 5.11 Üç derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli

5.2.2.3 Dört Derslik ve Bir Anasınıfı

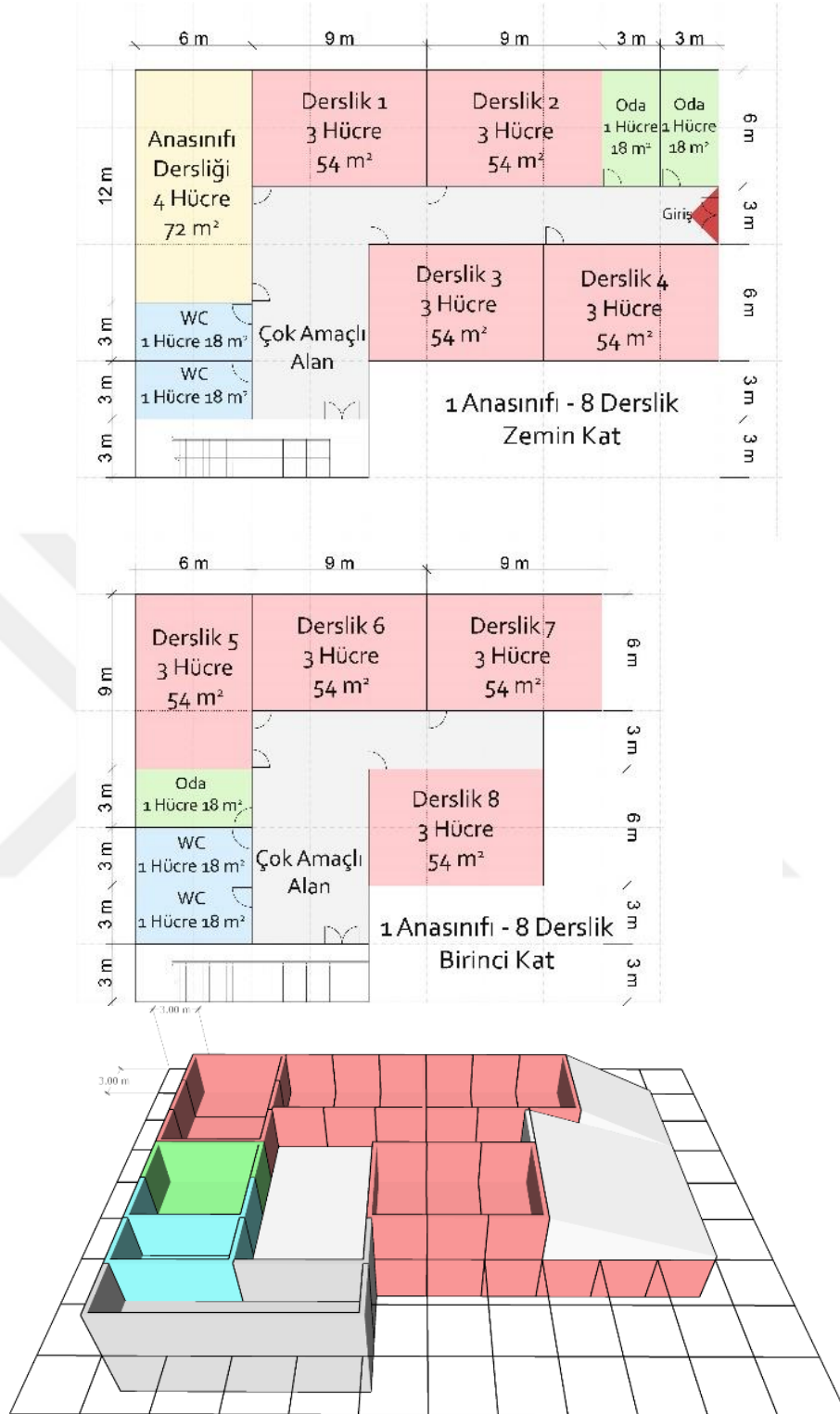
Temel birime ilaveten 2 derslik, 1 oda ve 1 ıslak hacim alanı içeren bu planlama tasarımı Şekil 5.12’de görülmektedir. İkinci safha üzerine ilaveten ise bir derslik ile 1 oda bulunmaktadır. Gerekli görüldüğü takdirde bir önceki iki tasarım üzerinden bu biçime ulaşmak mümkündür. Bir önceki safhada olduğu gibi sirkülasyon alanında çok amaçlı kullanıma olanak verecek bir alan burada da bulunmaktadır.



Şekil 5. 12 Dört derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli

5.2.2.4 Sekiz Derslik ve Bir Anasınıfı

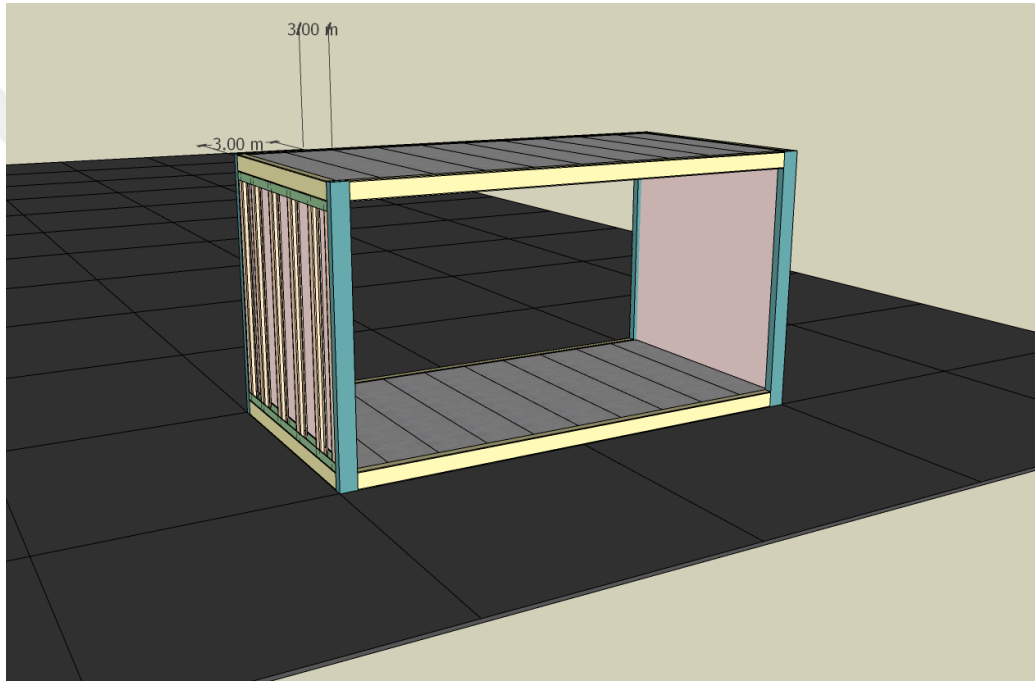
Üreme şemasının sonuncu alternatifi ise içerisinde sekiz derslik, 3 oda ve 4 ıslak hacim alanı bulunduran bu tasarım Şekil 5.13’de gösterilmektedir. Bu safha, dördüncü safhadaki tasarım planının üzerine beş derslik, 1 oda, 2 ıslak hacim ve merdiven hücresinin eklenmesi ile oluşturulmaktadır.



Şekil 5.13 On derslik ve bir anasınıfı dersliği içeren tasarım planı ve 3D hücre modeli

5.2.3 Temel Birim

Projede, kullanılan her bir hücrenin boyutları aynı olmakla beraber en verimli tasarıma ulaşmak için farklı hücre biçimleri kullanılmıştır. Hücre sistemlerin kullanıldığı yapılarda kullanılabilecek olan hücrelerin strüktürel olanakları Bölüm 2, Şekil 3.30’da gösterilmiştir. Temel birim projesinde, 1D ve 3D biçimindeki hücreler kullanılmıştır. 1D biçiminde tavan ve döşeme plakları ile iki adet alın plağı bulunmaktadır. Bu hücre biçimi Şekil 5.14’te gösterilmektedir.



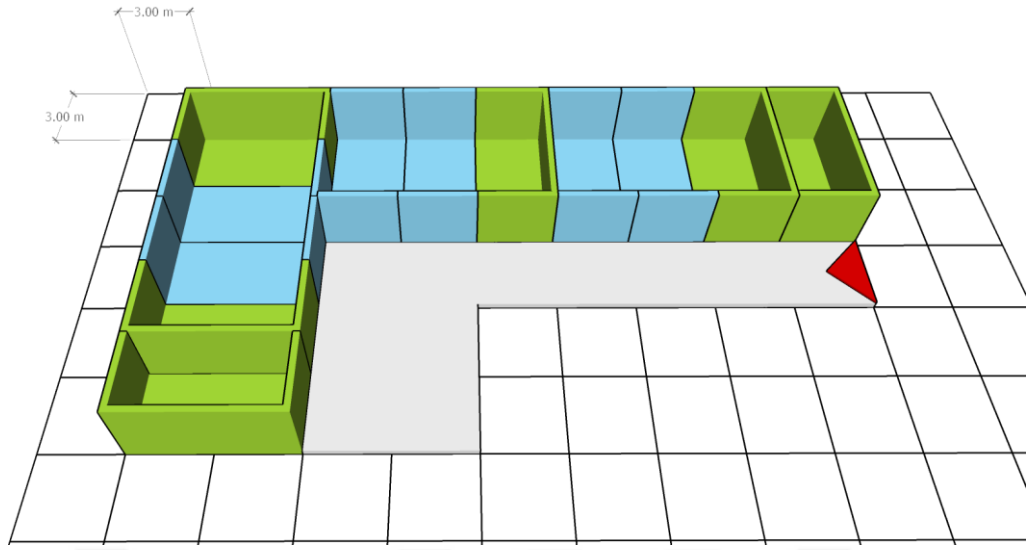
Şekil 5.14 1D biçimine sahip hücre

3D biçimine sahip hücrelerde tavan ve döşeme plakları ile iki adet alın plağı ve 1 adet uzun kenar plağı bulunmaktadır. Bu hücre biçimi Şekil 5.15’de gösterilmektedir.



Şekil 5.15 3D strüktür biçimine sahip hücre

Temel birimde 1 anasınıfı, 2 derslik, 1 oda ve 1 ıslak hacim alanı bulunmaktadır. Anasınıfı dersliği 4 adet hücreden oluşturulmuş olup 72 m² alana sahiptir. Derslikler 3 adet hücreden oluşmaktadır ve 54 m² alana sahiptir. Oda 1 adet hücreden oluşmaktadır ve 18 m² alana sahiptir. Islak hacim 1 adet hücreden oluşmaktadır ve oda hücresi gibi 18 m²'dir. Temel birimde 1D biçimli hücrelerden 6 adet kullanılmıştır. 3D biçimindeki hücrelerden de 6 adet kullanılmıştır. 2 derslik ve 1 anaokulu dersliğine sahip temel birim toplamda 12 adet hücre ile oluşturulmuştur. Temel birimde kullanılan hücre biçimleri Şekil 5.16'da gösterilmektedir. Yeşil renkli hücreler 3D biçimini, mavi renkli hücreler ise 1D biçimini belirtmektedir. Sirkülasyon alanının bir tarafını hücreler oluştururken, diğer tarafı gereksiz tekrarı önlemek amacıyla paneller ile oluşturulmuştur.



Şekil 5.16 Temel birimde hücre biçimlerinin gösterimi Mavi hücreler (1D) biçimini, yeşil hücreler (3D) biçimini belirtmektedir.

Bununla birlikte, proje içerisinde kullanılan hücreler, duvar panelleri ve iç hacimleri üretim açısından düşünüldüğünde, 5 tip ortaya çıkmaktadır. Bu hücrelerdeki farklılıklar donatılardan kaynaklanmaktadır ve strüktürel veya boyutsal bir değişim bulunmamaktadır.

Şekil 5.17’de bu hücre tiplerinin dağılımı plan üzerinde verilmiştir.

Bu hücrelerin açıklaması aşağıda verilmiştir:

Hücre tipi 1 – 3D strüktür biçimine sahip ve buna ilaveten kısa kenarında 1 adet pencere bulunmaktadır.

Hücre tipi 2 – 1D strüktür biçimine sahip ve buna ilaveten bir kenarında 1 adet pencere bulunmaktadır.

Hücre tipi 3 – 3D strüktür biçimine sahip ve birinci tip hücreye ek olarak diğer kısa kenarında 1 adet kapı bulunmaktadır.

Hücre tipi 4 – 1D strüktür biçimine sahip ve ikinci tip hücreye ek olarak diğer kısa kenarında bir adet kapı bulunmaktadır.

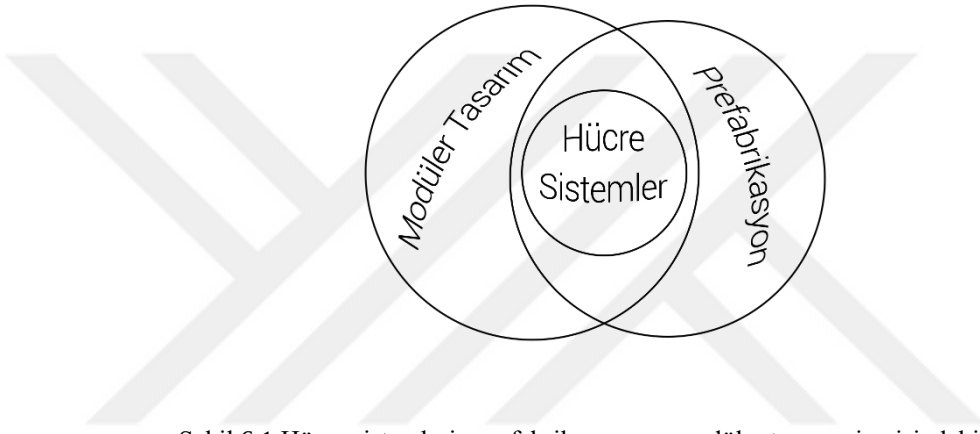
Hücre tipi 5 – 3D strüktür biçimine sahiptir ve ıslak hacim hücresidir.

Temel birim içerisinde kullanılan malzemeler ile hücre tiplerinin üreme şemasında kullanım dağılımı tabloları EK 4’de verilmiştir.

BÖLÜM ALTI

SONUÇ

Prefabrikasyon uzun ve inişli çıkışlı tarihe sahip bir yapım sistemidir. Prefabrikasyon içerisinde, modüler tasarım ve hücre sistemler bulunmaktadır. Bu kavramlar içerisinde modüler tasarım ile hücre sistemler birbirleri ile sıkça karıştırılan terimlerdir. Şekil 6.1’de gösterildiği gibi; hücre sistemler modüler tasarım ve prefabrikasyonun kesiştiği bölgede bulunmaktadır.



Şekil 6.1 Hücre sistemlerin prefabrikasyon ve modüler tasarım içerisindeki yeri

Hücre sistemler günümüzde 40 katlı yapıların üretiminde tercih edilebilecek bir yapım sistemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu yapım sisteminin tercih edilmesinin başlıca nedenleri arasında inşaat hızı ve fabrika içerisinde üretim gelmektedir. Her ne kadar nakliyat sınırlamaları, şu an için hücre sistemleri sınırlayan en önemli nedenler arasında bulunsu da hücrelerin bir ülkede üretilip bir diğerine nakliye edilmesi tez içerisinde çok kez karşımıza çıkan bir durumdur.

Hücre sistemlerin inşaat hızı, bu yapım sistemini okul yapılarının inşası için en uygun konuma eklemektedir. Ülkemizde okullar eylül ayından haziran ayına kadar çalışır durumda bulunmaktadır. Bu durum bize, yeni okulların veya var olan okullara ek derslik inşasının yapılabilmesi için yıl içerisinde 3 aylık bir dönem bırakmaktadır. Planlama süreci geleneksel yöntemlere kıyasla daha uzun sürse de hücre sistemlerde hücrelerin montaj süresi haftalar içerisinde tamamlanabilmektedir.

Hücre sistemlerin bir başka özelliği ise, fabrika/atölye içerisinde, çoğu zaman bilgisayar destekli ekipman kullanılarak üretiliyor olmasıdır. Bu sayede, hücre sistemlerde ürün bitiş kalitesinin denetlenmesi kolaylaşmaktadır. Okulların birinci kullanıcıları olan öğretmenlerimizden aldığımız geri bildirimlerde, okulların konfor koşulları arasında farklılıklar bulunduğu tespit edilmiştir. Okul yapıları gibi standartlar ile belirlenmiş yapıların hücreler kullanılarak oluşturulması ile; Milli Eğitim Bakanlığı tarafından belirlenmiş olan konfor koşullarının ülkemizin her bölgesinde inşa edilecek olan okullarda denk bir seviyede olması sağlanabilecektir.

2, 3 ve 4. Bölümde sırasıyla; ilkokulların gereksinimleri, hücre sistemlerin özellikleri ve Türkiye’den ve Dünya’dan hücre sistemler kullanılarak üretilen ilkokul yapılarının incelenmesi ve değerlendirilmesi ile 5. Bölüm’de bir ilkokul hücresi, derslikleri ve üreme şemaları oluşturulmuştur.

Bu projede öncelikle hücrelerin malzemesine karar verilmiştir. Hücre sistemler Dünya’da en çok ahşap, betonarme ve çelik malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Bu malzemeler içerisinde, betonarme ek yalıtım ve yüzey düzeltmelere en az ihtiyaç duyanıdır. Aynı zamanda en ağır hücreler de betonarme hücrelerdir. Bununla birlikte, betonarme hücrelerin özel üretim kalıplarına ve bu işte uzmanlaşmış tesislere ihtiyacı bulunmaktadır. Bu tezin yazıldığı tarih itibari ile ülkemizde betonarme hücre üreticisi bulunmamaktadır.

Hücrenin ağırlığı, bir hücrenin sahip olduğu en önemli değerlerden biridir. Hücreler, taşıyıcı araçlara (tır, gemi, tren vb.) ve inşa edilecekleri alanlara vinç yardımı ile yerleştirilmektedir. Ülkemizin ulaşılması zor olan bölgelerinde de okul inşası olasılığı göze alınarak betonarme hücreler tercih edilmemiştir.

Ahşap hücreler, çapraz lamine ahşap panellerin icadı ile gelişmiştir. Avrupa ve Kuzey Amerika’da geniş üretim tesislerine sahip olan ahşap paneller ve ahşap hücreler; bu tezin yazıldığı tarih itibari ile ülkemizde üretilmemektedir. Bu durumda, ahşap kullanılarak üretilen hücreler de hammadde ya da ürünün kendisinin ithal edilmesi gerekmektedir. Bu da malzemenin kendisine ek olarak yurtdışından ülke

içerisine nakliyatı ile de ek masraf oluşturmaktadır. Maliyetin mümkün olacak en az seviyede tutulması hedefi nedeniyle ahşap hücreler tercih edilmemiştir.

Çelik ahşap gibi hafif bir malzemedir. Bununla birlikte aynı zamanda yüksek dayanıma sahiptir. Çelik hücreler paneller veya iskelet yapım sistemi kullanılarak oluşturulabilmektedir. Ülkemizde hali hazırda geniş bir prefabrikasyon endüstrisi bulunan çelik bu hücrelerin oluşturulması için en uygun malzemedir. Bu nedenle hücrelerin oluşturulması için çelik tercih edilmiştir.

Tasarım standartlarında belirlenen minimum alan gereksinimlerini en ekonomik biçimde karşılayabilmek için her bir tasarımda kullanılan hücre boyutları 3mx6m olarak belirlenmiştir. Bu hücre boyutları ile 3 adet hücre kullanılarak bir derslik ve 4 hücre kullanılarak bir anasınıfı dersliği kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Bu sayılar aynı zamanda 30 cm ve 60 cm gibi çeşitli malzemelerin (alçı paneller, betonarme döşeme plakları vb.) ortak katı olmaktadır. Bu da malzemelerin kullanımı açısından malzeme kaybının en aza indirilmesine yardımcı olacaktır.

3 metre genişlik, karayolları nakliyatında özel izine ihtiyaç duymakla beraber; standartlarda belirtilen derslik ve anasınıfı mekanlarının alan ihtiyacını optimum olarak karşılamaktadır. 6 metre olarak belirtilen uzunluk ise, 3 metrenin katı olması ve böylece modüler tasarım olanağı sunması ile birlikte bir tır üzerinde iki adet hücrenin taşınmasına da olanak sağlamaktadır.

Bir hücrenin strüktüründe kullanılan elemanlar (kolon, kiriş, döşeme) hücre tipine bağlı olmadan her hücre için aynıdır. Hücre tipleri arasındaki farklılık, kenar plaklarının varlığı ve pencere, kapı gibi donatıların yerleri ile ortaya çıkmaktadır.

200 mm x 100 mm boyutlarında, 10 mm kalınlığa sahip içi boş dikdörtgen çelik profiller (RHS) hücrenin kolonlarını oluşturmuştur. Her bir hücrenin dört köşesinde bir adet olmak üzere bu kolonlar kullanılmıştır. Dikdörtgen biçim ile ihtiyaç duyulan dayanım elde edilmekle birlikte hücrelerin birleştirilme aşamasında kolaylık sağlamaktadır.

Kolonları birbirlerine bağlamak için 300 mm yüksekliğinde U profil çelik kullanılmıştır. UPN300 olarak da bilinen bu profil, 100 mm genişliğe ve 10 mm kalınlığa sahiptir. Bu kirişlerin uzunlukları kısa ve uzun kenarda kullanılma durumlarına göre 300 ila 600 cm arasında değişmektedir. U profil kullanımı hücreler birleştirildiğinde hücrelerin bağlanmasına olanak veren bir profildir. Bununla birlikte hücreler yan yana geldiğinde, bu kirişler I profil biçimini oluşturmaktadır. U profil kullanımı aynı zamanda döşeme ve tavan panellerinin yerleştirilmesi için, hücre bağlamında en uygun biçime sahiptir.

Hücrelerin döşemesi 60 cm genişliğe ve 300 cm uzunluğa sahip betonarme paneller ile oluşturulmuştur. Döşemelerde ve tavanlarda betonarme paneller kullanılarak, ikinci bir katın eklenmesi durumunda üzerinde yürünebilecek dayanıma sahip yüzeylerin oluşturulmasıdır. Bu paneller 15 cm yüksekliğe sahiptirler ve derz donatısı ve harç kullanılarak birleştirilmektedirler.

Duvar panelleri çelik profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Duvar iskeletlerinin başlıkları 104 mm x 50 mm boyutlarında ve 1.2 kalınlıkta U profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu başlıklar her bir duvarın alt ve üst bölümlerine yerleştirilerek duvar strüktürünü oluşturacak olan C profillerin yerleşmesini sağlamaktadır.

Duvarlar 100 mm x 50 mm boyutlarında 1,2 mm kalınlığında C profiller kullanılarak oluşturulmuştur. Bu profiller 60 cm aralıklarla, alçı panellerin üretim boyutları ile denk biçimde yerleştirilmiştir.

Bir hücre ve bu hücreyi kullanarak oluşturulacak olan yapı, yalıtım kaplama ve alçı panel katmanları da içermektedir. Bu projede sınıflar içerisinde iki adet 12,5 cm kalınlığında alçı paneller kullanılmıştır. Projede kullanılan yalıtım katmanları standartları minimum olarak karşılamaktadır. Bununla birlikte ekstrem iklim bölgelerinde veya gürültü yüzdesi yüksek olabilecek yerlerde gerekli değişiklikler yapılabilmektedir.

Bu değişiklikler yapının strüktürel düzenine, kırş, kolon ve döşeme panellerine etki etmeyecektir. Böylece aynı strüktür sistemi kullanılarak üretilen hücrelerin duvar panel katmanlarındaki ufak değişiklikler ile farklı bölgelerde kolaylıkla kullanılabilir.

Bununla birlikte 5. Bölümde açıklanan öneri ile +her bölgeye uyarlanabilecek bir ilkokul projesi oluşturmak hedeflenmemiştir. 5. Bölümde her bölgeye uyarlanabilecek olan ancak aynı zamanda üretim aşamasında mümkün olan en az strüktürel değişikliğe sahip olan bir temel hücre birimi tanımlanmış ve bu hücre biriminin kullanım olanaklarının incelenmiştir.

Hücre sistemler kullanıldığı takdirde nitelikli iş gücü eksikliği, kötü hava koşulları nedeniyle yaşanan zaman ve maliyet kayıplarının engellenmesi gibi durumlardan etkilenmeyerek; ülkemizdeki ilkokullar arasındaki konfor eşitsizliği, ilkokul yapıları ve inşaat için en uygun dönemlerde haftalar içerisinde inşaat işlemi tamamlanabilecektir.

KAYNAKLAR

Arkitektuel. (6 Ağustos 2017). *Habitat 67*. 20 Nisan 2020 tarihinde

<https://www.arkitektuel.com/habitat-67/> adresinden alındı

Aydoğan, İ. (2012). Okul Binalarının Özellikleri ve Öğrenciler Üzerine Etkileri.

Milli Eğitim Dergisi, s. 29-43.

Bianchini, R. (4 Kasım 2019). *The Bubble House by Jean-Benjamin Maneval - 1963*.

17 Haziran 2021 tarihinde Inexhibit: <https://www.inexhibit.com/case-studies/the-bubble-house-by-jean-benjamin-maneval-1963/> adresinden alındı

Block, I. (2 Temmuz 2019). *World's tallest modular tower is now Clement Canopy in Singapore*. 20 Temmuz 2021 tarihinde Dezeen:

<https://www.dezeen.com/2019/07/02/clement-canopy-worlds-tallest-modular-tower-bouygues/> adresinden alındı

Bouygues Construction. (b.t.). *Clement Canopy*. 20 Temmuz 2021 tarihinde

<https://www.bouygues-construction.com/en/our-achievements/clement-canopy> adresinden alındı

Brooker, O., & Hennessy, R. (2008). *Residential Cellular Concrete Buildings: A Guide for the Design and Specification of Concrete Buildings Using Tunnel Form, Cross-Wall, or Twin-Wall Systems*. London, UK: Concrete Centre.

Detail. (2016, Ocak/Şubat). *European School in Frankfurt*. 58-64.

Grubb, P. J., Gorgolewski, M. T., & Lawson, R. M. (2001). *Building design using cold formed steel sections: light steel framing in residential construction*.

Berkshire: The Steel Construction Institute.

Gültekin, A. B., Aruntaş, H. Y., & Gün, B. (2014). 4306 Sayılı Kanun Kapsamında İlköğretim Binalarının Mekansal Yeterliliklerinin İncelenmesi: Ankara Örneği. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, s. 43-61.

Güremen, L. (2012). İlköğretim Okullarında İç ve Dış Ortam İşitsel Konfor Koşullarının Kullanıcılardaki Etkisinin Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma: Amasya Kenti Örneği. *New World Sciences Academy*, s. 580-604.

Hearn, J. (13 Haziran 2018). *A short history of prefabrication*. 20 Nisan 2020 tarihinde Prefab Museum: <https://www.prefabmuseum.uk/content/history/short-history-prefabrication> adresinden alındı

Hickory. (b.t.). *Duffy Primary School Learning Centre*. 21 Nisan 2020 tarihinde <https://www.hickory.com.au/projects/duffy-primary-learning-centre/> adresinden alındı

Hospital Development Magazine. (10 Kasım 2005). *Lessons from Renkioi*. 20 Nisan 2020 tarihinde <https://web.archive.org/web/20070929000446/http://www.hdmagazine.co.uk/story.asp?storyCode=2032207> adresinden alındı

Kaufmann, H., Krötsch, S., & Winter, S. (2018). *Manual of Multi-Storey Timber Construction*. Munich: Detail Business Information GmbH.

Kubanç, Y. (2014). Okul Öncesi Eğitim Kurumlarının Fiziki Durumunun İncelenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, s. 675-688.

Lawson, M. R., Ogden, R., & Goodier, C. (2014). *Design in Modular Construction*. Boca Raton: CRC Press.

Learning Environments. (3 Nisan 2014). *MODUPOD® Modular Learning Spaces*. 21 Nisan 2020 tarihinde <https://a4le.org.au/awards/2014-awards/2014->

category-2-new-construction-major-facility/modupod®-modular-learning-spaces adresinden alındı

Loudon, J. C. (1846). *An Encyclopaedia of Cottage, Farm and Villa Architecture and Furniture*. Londra: Longman, Brown, Green, and Longmans.

McKnight, J. (18 Kasım 2016). *World's tallest modular high-rise by SHoP Architects opens in Brooklyn*. 20 Nisan 2020 tarihinde Dezeen:
<https://www.dezeen.com/2016/11/18/worlds-tallest-modular-prefabricated-apartment-tower-shop-architects-brooklyn-new-york/> adresinden alındı

Merin, G. (21 Temmuz 2013). *AD Classics: Habitat 67 / Safdie Architects*. 29 Haziran 2020 tarihinde <https://www.archdaily.com/404803/ad-classics-habitat-67-moshe-safdie> adresinden alındı

Miletic, B. (3 Aralık 2019). *Education & Research category winner at the 2019 Sustainability Awards can teach us all a lesson*. 29 Ocak 2021 tarihinde <https://www.architectureanddesign.com.au/projects/education-research/education-research-category-winner-at-2019-sustain> adresinden alındı

Miller, M. (2010). *English Garden Cities*. Swindon: English Heritage.
<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/english-garden-cities-introduction/english-garden-cities/>

Modular Design: Innovative Learning Environments. (27 Ağustos 2017). 21 Nisan 2020 tarihinde NBRS ARCHITECTURE:
<http://nbrsarchitecture.com/2017/08/27/modular-design-innovative-learning-environments/#prettyPhoto> adresinden alındı

National Trust Australia. (2021). *Portable Iron Houses*. 16 Haziran 2021 tarihinde <https://www.nationaltrust.org.au/places/portable-iron-houses/> adresinden alındı

New Civil Engineer. (12 Ekim 2000). *Renkioi Hospital*. 20 Nisan 2020 tarihinde <https://www.newcivilengineer.com/archive/renkioi-hospital-12-10-2000/> adresinden alındı

Nissen Buildings. (8 Eylül 2020). 17 Haziran 2021 tarihinde <http://www.nissenbuildings.com> adresinden alındı

NKBK. (23 Nisan 2015). *European School in Frankfurt*. 21 Nisan 2020 tarihinde ArchDaily: <https://www.archdaily.com/622381/european-school-in-frankfurt-nkbk> adresinden alındı

Parkes, E. A. (1857). *Report on the formation and general management of Renkioi Hospital, on the Dardanelles, Turkey*. Londra: War Department of Great Britain. 29 Haziran 2020 tarihinde https://search.wellcomelibrary.org/iii/encore/record/C__Rb1214881;jsessionid=84A0875132D6E38CB5F7AF706DB716A4?lang=eng adresinden alındı

Parkes, J. (26 Mayıs 2021). *HTA Design builds "world's tallest modular housing scheme" in Croydon*. 10 Ağustos 2021 tarihinde Dezeen: <https://www.dezeen.com/2021/05/26/hta-worlds-tallest-modular-housing-scheme-residential-architecture/> adresinden alındı

Precast Concrete in Buildings. (2007). London, UK: Concrete Centre.

Quipsmart. (30 Haziran 2019). *Red Hill Consolidated School*. 29 Ocak 2021 tarihinde <https://quipsmart.com.au/red-hill-consolidated-school-2/> adresinden alındı

Redshift Video. (19 Şubat 2019). *The History of Prefabrication, From Roman Forts to Modern Modular Housing*. 20 Nisan 2020 tarihinde <https://www.autodesk.com/redshift/history-of-prefabrication/> adresinden alındı

SHoP Architects. (2017). B2. 29 Haziran 2020 tarihinde
<https://www.shoparc.com/projects/b2/> adresinden alındı

Smith , R. E. (2010). *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design And Construction*. Hoboken, New Jersey: John Wiley&Sons.

Smith, M. A., Schreffler, D., & Messenger, H. (2000, Temmuz/Ağustos). Precast Concrete Modules. *PCI Journal*, 36-42.

Staib, G., Dörrhöfer, A., & Rosenthal, M. (2008). *Components and Systems; Modular Construction, Design, Structure, New Technologies*. Basel: Birkhauser&Detail.

Steel Construction Institute. (b.t.). *Modular construction*. 2 Mayıs 2021 tarihinde
https://www.steelconstruction.info/Modular_construction#cite_note-No2-2
adresinden alındı

Sveiven, M. (9 Şubat 2011). *AD Classics: Nakagin Capsule Tower / Kisho Kurokawa*. 29 Hairan 2020 tarihinde <https://www.archdaily.com/110745/ad-classics-nakagin-capsule-tower-kisho-kurokawa/> adresinden alındı

Tösten, R., & Han, B. (2015). Okul Profili Çalışması: Diyarbakır İli Örneği. *Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, s. 81-94.

Türkçü, Ç. (1998). *Endüstrileşmiş yapım: konut sorunu açısından irdelenmesi*. İzmir: DEÜ Mimarlık Mühendislik Fakültesi Yayını.

Victorian Government, Australia. (b.t.). 29 Ocak 2021 tarihinde
<https://www.schoolbuildings.vic.gov.au/Pages/Permanent-Modular-School-Buildings-Program.aspx> adresinden alındı

Wiki Arquitectura. (b.t.). *Quartiers Modernes Fruges*. 17 Haziran 2021 tarihinde <https://en.wikiarquitectura.com/building/quartiers-modernes-fruges/#> adresinden alındı

Wulfen Wiki. (b.t.). *Metastadt*. 20 Temmuz 2021 tarihinde <http://www.wulfen-wiki.de/index.php/Metastadt> adresinden alındı

Yener, A., Güvenkaya, R., & Şener, F. (2009, Mart). İlköğretim Dersliklerinin Görsel Konfor Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *İTÜ Dergisi*, s. 105-116.

Yübetaş. (1984). *Yüksel Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş.* [Broşür].

Zachry Construction. (b.t.). *Hilton Palacio del Rio Renovations*. 17 Haziran 2021 tarihinde <https://www.zachryconstructioncorp.com/Projects/Building-Historical/Hilton-Palacio-del-Rio-Renovations/> adresinden alındı

EKLER

EK 1: ANKET SORULARI

ÖĞRETMENLER İLE ÇALIŞTIKLARI İLKOKUL YAPILARI HAKKINDA YAPILAN ANKET ÇALIŞMASI

BÖLÜM 1: Okul ile İlgili Genel Bilgiler.

Soru 1:

En son ne zaman bir köy okulunda öğretmenlik yaptınız?											
Hala köy öğretmeniyim		Son 5 yıl içerisinde					Son 10 yıl içerisinde				

Soru 2:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunun ismi nedir?											

Soru 3:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulu hangi bölgemizde bulunuyor?											
Marmara			Ege			Karadeniz			Akdeniz		
Doğu Anadolu			Güneydoğu Anadolu			İç Anadolu					

Soru 4:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunda kaç tane öğretmen vardır?											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10'dan fazla	

Soru 5:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulundaki toplam öğrenci sayısı kaçtır?											
1-10		11-20		21-30		31-40		41-50		51-60	60'dan fazla

Soru 6:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda sınıfınızdaki öğrenci sayısı kaçtır?											
10'dan az			10-20			21-30			30'dan fazla		

BÖLÜM 2: Okul Binası ile İlgili Bilgiler.

Soru 7:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulun kaç katlıdır?									
1		2		3		4			

Soru 8:

Okulunuzun çatısı hangi tiptedir?									
Düz		Eğik		Diğer					

Soru 9:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunda kaç derslik bulunmaktadır? (Anasınıfı hariç)																					
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		10'dan fazla	

Soru 10:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzdaki derslik sayısını ne kadar yeterli buluyorsunuz?									
1 - Hiç yeterli değil		2 - Yeterli değil		3 - Kararsız		4 - Yeterli		5- Oldukça yeterli	

Soru 11:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda engelliler için rampa, asansör var mıdır?									
Evet								Hayır	

Soru 12:

Binanızda nem sorunu bulunmakta mıdır?									
Evet								Hayır	

Soru 13:

Binanızın çatısından su alma sorunu var mıdır?									
Evet								Hayır	

BÖLÜM 3: Derslikler ile İlgili Bilgiler.

Soru 14:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzdaki dersliklerin büyüklüklerinden ne kadar memnunsunuz?									
1 - Hiç memnun değilim		2 - Memnun değilim		3 - Kararsız		4 - Memnunum		5 - Çok memnunum	

Soru 15:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda birleştirilmiş sınıflar mevcut mu?			
Evet		Hayır	

Soru 16:

Aşağıdaki birleştirilmiş sınıflardan hangileri çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda mevcut?									
Birleştirilmiş 1. ve 2. sınıflar		Birleştirilmiş 2. ve 3. sınıflar		Birleştirilmiş 3. ve 4. sınıflar		Birleştirilmiş 1., 2., 3. ve 4. sınıflar		Hiçbiri.	
Diğer:									

Soru 17:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda derslikler hangi yöndedir?							
Doğu		Batı		Kuzey		Güney	

Soru 18:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda dersliklerin doğal aydınlatmasını ne kadar yeterli buluyorsunuz?									
1 – Çok kötü		2 - Kötü		3 - Orta		4 - İyi		5 - Çok iyi	

Soru 19:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda dersliklerin yapay aydınlatmasını ne kadar yeterli buluyorsunuz?									
1 – Çok kötü		2 - Kötü		3 - Orta		4 - İyi		5 - Çok iyi	

Soru 20:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda anasınıfı bulunmakta mıdır?			
Evet		Hayır	

Soru 21:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda anasınıfı varsa, bu derslik ayrı bir bina olarak mı inşa edilmiştir?			
Evet		Hayır	

Soru 22:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda anasınıfının dersliğinin konumundan memnun musunuz? (Anasınıfı varsa; ayrı bir binada olması veya ilkökul sınıfları ile aynı binada olması durumu.)			
Evet		Hayır	

Soru 23:

Anasınıfının büyüklüğünden ne derece memnunsunuz?							
1 - Hiç memnun değilim		2 - Memnun değilim		3 - Kararsız		4 - Memnunum	5 - Çok memnunum

Soru 24:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuz hangi yöntemle ısınmaktadır?					
Soba		Kömür		Doğalgaz	Klima

Soru 25:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda dersliklerin sıcaklık derecesinden ne derece memnunsunuz?							
1 - Hiç memnun değilim		2 - Memnun değilim		3 - Kararsız		4 - Memnunum	5 - Çok memnunum

Soru 26:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzdaki derslikler arasında ses geçişi derecesi nedir?							
1 - Hiç ses geçişi yok		2 - Az ses geçişi var		3 - Orta drc. ses geçişi		4 - Yüksek drc. ses geçişi	5 - Çok yüksek drc. ses geçişi

Soru 27:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzdaki dersliklerin doğal havalandırmasından ne derece memnunsunuz?							
1 - Hiç memnun değilim		2 - Memnun değilim		3 - Kararsız		4 - Memnunum	5 - Çok memnunum

BÖLÜM 4: Derslik Dışı Mekanlar ile İlgili Bilgiler.

Soru 28:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda çok amaçlı sınıf, kütüphane vb. amacıyla kullanabileceğiniz bir mekan var mıdır?		
Evet		Hayır

Soru 29:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunda öğretmen ve müdürler için ayrı bir oda bulunmakta mıdır?		
Evet		Hayır

Soru 30:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzdaki öğretmenler odasının büyüklüğünden ne kadar memnunsunuz?									
1 - Hiç memnun değilim		2 - Memnun değilim		3 - Kararsız		4 - Memnunum		5 - Çok memnunum	

Soru 31:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda öğrenci ve öğretmenler için ayrı tuvaletler var mıdır?		
Evet		Hayır

Soru 32:

Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunuzda engelli tuvaleti var mıdır?		
Evet		Hayır

Tablo 1. Katılımcıların ankete cevaplama zamanı, okul isimleri ve okullarının bulunduğu bölgenin tablosu

Cevaplama zamanı	Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulunun ismi nedir?	Çalıştığınız veya çalışmakta olduğunuz köy okulu hangi bölgemizde bulunuyor?
12/01/2022 16:41:54	Varlı	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:44:05	Elmalı İlkokulu	Karadeniz
12/01/2022 16:46:16	Varlı ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:48:23	Yaylacık ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:49:18	Taşlıca İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:57:15	Çerme Şehit Tahsin Yıldırım İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:58:03	Varlı Ortaokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:58:31	Gölbaşı İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 16:58:51	Kırçıçeği ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:06:08	Cerme sehit tahsin yıldırım ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:07:45	Çerme Şehit Tahsin Yıldırım İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:13:22	...	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:26:18	Kemalköy ilkokulu	Marmara
12/01/2022 17:28:08	Kırçıçeği İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:31:11	Porsuklu ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:35:27	Kurum adı sorulmaz gizlilik için sorun oluşturuyor.	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:39:17	Yolboyu ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:50:34	Aksu İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 17:59:29	Çerme şehit tahsin yıldırım ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 18:00:49	Çerme Şehit Tahsin yıldırım ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 18:09:21	Cumhuriyet İlkokulu	Marmara
12/01/2022 18:18:44	Elmalı ortaokulu	Karadeniz
12/01/2022 18:29:03	Bozkoy ilkokulu	Ege
12/01/2022 18:36:42	Çerme Şehit Tahsin Yıldırım İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 18:40:30	Muş Çukurbağ ilkokulu	Doğu Anadolu

Tablo 1 devamı

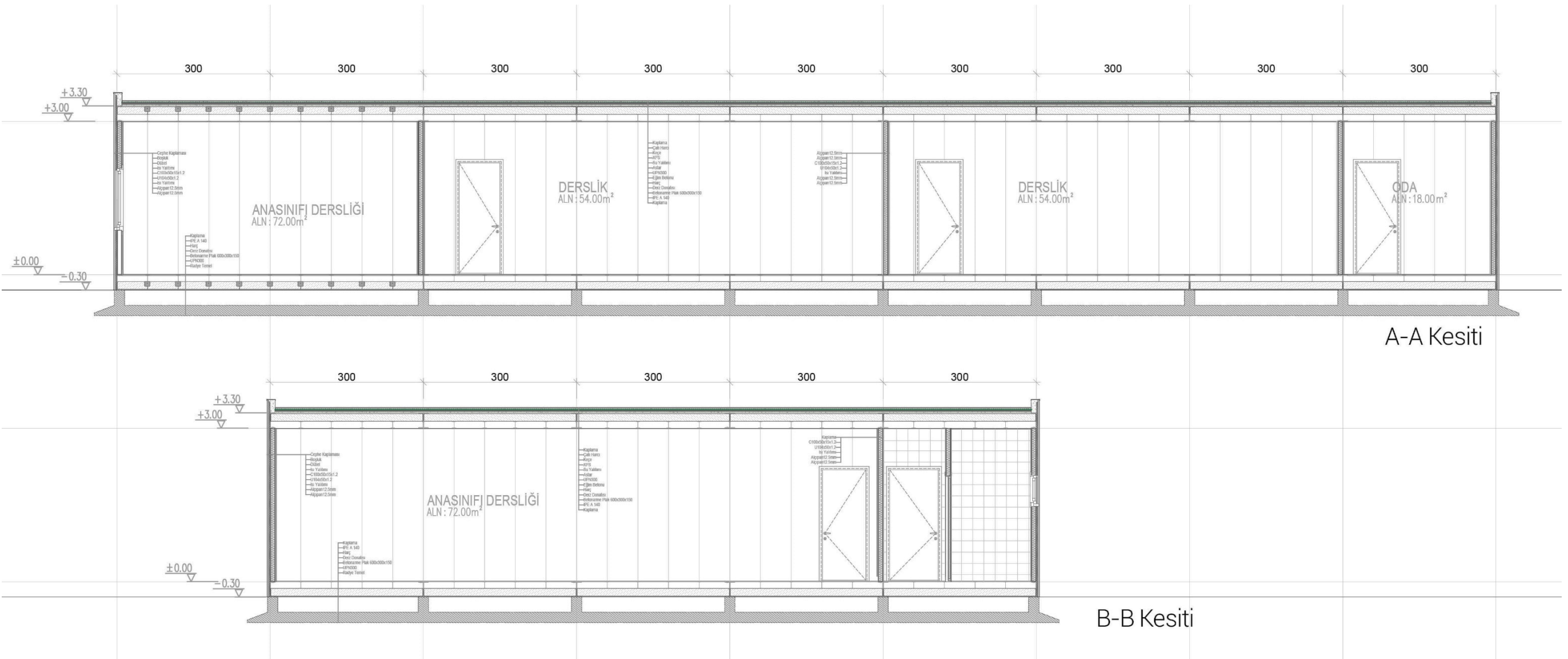
12/01/2022 18:48:50	Yolboyu İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 19:01:08	Digor varli ortaokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 19:03:04	Çerme Şehit Tahsin Yıldırım İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 19:05:30	Küçük çatak ilkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 19:16:57	Neşetiye ilkokulu	Ege
12/01/2022 19:57:05	Hacıkişlak İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 21:05:17	Yeşilbağ cumhuriyet ilk/ortaokulu	Akdeniz
12/01/2022 21:31:57	Küçük Çatak İlkokulu	Doğu Anadolu
12/01/2022 22:07:01	Kuleli ilköğretim okulu	Marmara
13/01/2022 10:32:55	Çallı ilkokulu Aydın Koçarlı	Ege
13/01/2022 11:19:18	Selatin İlkokulu	Ege
13/01/2022 12:45:12	Dilektaş köyü ilkokulu	Doğu Anadolu
13/01/2022 13:56:34	Bingöl /Karlıova / Bağlıisa ulukapı ilkokulu	Doğu Anadolu
13/01/2022 14:57:37	Balkat	Güneydoğu Anadolu
13/01/2022 16:42:02	Rize Elmalı ilk orta okulu	Karadeniz
13/01/2022 16:46:01	Işıklı 60. Yıl ilköğretim okulu	Karadeniz
13/01/2022 20:02:51	Vali Kemal Katıtaş İlköğretim Okulu	İç Anadolu
13/01/2022 20:16:07	Porsuklu ilkokulu	Doğu Anadolu
13/01/2022 20:16:07	Elmalı ilkokulu	Karadeniz
14/01/2022 12:45:05	Tandır köyü ilk okulu	Karadeniz
14/01/2022 13:25:29	Didim Yalıköy İlkokulu	Ege
14/01/2022 13:26:38	Yalıköy ilkokulu (Didim)	Ege
14/01/2022 19:01:01	Sadiye ve Abdullah Tan İlkokulu	Doğu Anadolu
16/01/2022 20:41:20	Çamköy Ortaokulu	Ege
17/01/2022 17:43:58	Çavuşköy ilkokulu Enez Edirne	Marmara
17/01/2022 18:18:00	Çavuşköy ilkokulu	Ege
17/01/2022 18:37:51	Aslıhan İlkokulu	Marmara

Tablo 1 devamı

22/01/2022 20:08:49	Ormanlı İlkokulu	Karadeniz
22/01/2022 20:14:35	Ormanlı	Karadeniz
22/01/2022 20:22:30	Ormanlı Ortaokulu	Karadeniz
22/01/2022 21:12:27	Ormanlı ilkokulu	Karadeniz



EK 2: PROJE KESİTLERİ



EK 4. PROJEDE KULLANILAN HÜCRE TİPLERİNİN MALZEME MİKTARLARI AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Tablo 1. Projede kullanılan hücre tiplerinin malzeme miktarları açısından karşılaştırılması

	Malzemeler	Toplam kütle (kg)
Hücre tip 1 Çelik Profil	<i>1 pencere-2 kısa kenar-1 uzun kenar</i>	
	UPN300-Kirişler-kısa kenar	517.44
	UPN300-Kirişler-uzun kenar	1034.88
	RHS100x200*10-kolonlar	594.72
	IPE A 140-yükseltilmiş döşeme-asma tavan	567
	C100x50x15x1.2-duvar iskeleti	129.78
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-kısa kenar	21.28
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-uzun kenar	21.28
	Ytong-betonarme plak 600x300x150	
Hücre tip 2	<i>1 pencere-2 kısa kenar</i>	
	UPN300-Kirişler-kısa kenar	517.44
	UPN300-Kirişler-uzun kenar	1034.88
	RHS100x200*10-kolonlar	594.72
	IPE A 140-yükseltilmiş döşeme-asma tavan	567
	C100x50x15x1.2-duvar iskeleti	61.8
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-kısa kenar	21.28
	Ytong-betonarme plak 600x300x150	
Hücre tip 3	<i>1 pencere-1 kapı-2 kısa kenar-1 uzun kenar</i>	
	UPN300-Kirişler-kısa kenar	517.44
	UPN300-Kirişler-uzun kenar	1034.88
	RHS100x200*10-kolonlar	594.72
	IPE A 140-yükseltilmiş döşeme-asma tavan	567
	C100x50x15x1.2-duvar iskeleti	129.78
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-kısa kenar	21.28
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-uzun kenar	21.28
	Ytong-betonarme plak 600x300x150	
Hücre tip 4	<i>1 pencere-1 kapı-2 kısa kenar</i>	
	UPN300-Kirişler-kısa kenar	517.44
	UPN300-Kirişler-uzun kenar	1034.88
	RHS100x200*10-kolonlar	594.72
	IPE A 140-yükseltilmiş döşeme-asma tavan	567
	C100x50x15x1.2-duvar iskeleti	61.8
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-kısa kenar	21.28
	Ytong-betonarme plak 600x300x150	

Tablo 1 devamı

Hücre tip 5	Islak Hacim	
	UPN300-Kirişler-kısa kenar	517.44
	UPN300-Kirişler-uzun kenar	1034.88
	RHS100x200*10-kolonlar	594.72
	IPE A 140-yükseltilmiş döşeme-asma tavan	567
	C100x50x15x1.2-duvar iskeleti	309
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-kısa kenar	21.28
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-uzun kenar	42.56
	U104x50x1.2-duvar iskeleti başlıkları-bölme	5.624
	Ytong-betonarme plak 600x300x150	

Tablo 2. Projede kullanılan hücre tiplerinin malzeme miktarları açısından karşılaştırılması

Okul Birimleri	Hücre tip 1	Hücre tip 2	Hücre tip 3	Hücre tip 4	Hücre Tip 5	Toplam hücre sayısı
Temel Birim – İki Derslik ve Bir Anasınıfı	3	4	2	2	1	12
Üç Derslik ve Bir Anasınıfı	4	5	3	2	2	16
Dört Derslik ve Bir Anasınıfı	5	6	4	3	2	20
Sekiz Derslik ve Bir Anasınıfı	9	10	7	5	4	35