

**DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN  
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN VE  
MİMARLIKTA KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Ayla ER**

**Eylül, 2012**

**İZMİR**

**KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN  
PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN VE  
MİMARLIKTA KULLANIM OLANAKLARININ  
ARAŞTIRILMASI**

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı**

**Ayla ER**

**Eylül, 2012**

**İZMİR**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

AYLA ER tarafından, YRD. DOÇ. DR. NESLİHAN GÜZEL yönetiminde hazırlanan “KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN VE MİMARLIKTA KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.




Yrd. Doç. Dr. Neslihan GÜZEL

Yönetici



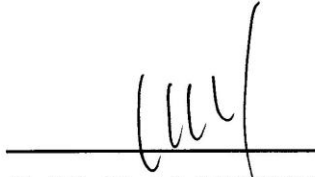
Doç. Dr. Halit Yazıcı

Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Fahriye Hilal  
HALICIOĞLU

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

“Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması” konulu tez çalışmamın ilerlemesinde önerileriyle, katkılarıyla bana yardımcı olan değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Neslihan Güzel’e, tüm eğitim hayatım boyunca beni yönlendiren ve benden desteğini esirgemeyen amcam Vakas ER’e ve sevgili aileme teőekkürlerimi sunarım.

Ayla ER

# KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN VE MİMARLIKTA KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

## ÖZ

Bu çalışmada, Kompozit yapı malzemelerinin performans özellikleri ve mimarlıkta kullanım olanakları irdelenmiştir.

Öncelikle kompozit ve kompozit malzeme kavramları tanımlanmıştır. Mimaride kullanım amaçları göz önünde bulundurularak kompozit malzemeler incelenmiştir.

Bu yapı malzemelerinin bileşen özellikleri, üretim boyutları, yapıdaki kullanım yeri ve montaj şekilleri hakkında bilgi verilmiştir.

Kompozit malzemelerin fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri tablo aracılığıyla birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Ardından çalışma ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Kompozit, kompozit malzeme, kompozit yapı malzemeleri.

# **INVESTIGATION OF PERFORMANCE PROPERTIES OF COMPOSITES BUILDING MATERIALS AND THEIR USAGE POSSIBILITIES IN ARCHITECTURE**

## **ABSTRACT**

In this work, composite building materials and performance features of those materials were examined.

Firstly the concepts related composite and composite materials were defined. The composite materials were examined considering their purposes of usage in architecture.

Information about compound features of these materials, production extents, usage point in the construction and the forms of montage were given.

The physical, chemical, mechanical features of composite building materials were examined and discussed. Results were presented in a table.

**Keywords:** Composite, composite material, composite building materials.

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZ SONUÇ FORMU .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ .....	iv
ABSTRACT .....	v

## **BÖLÜM BİR – GİRİŞ .....** 1

1.1 Çalışmanın Amacı .....	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.3 Çalışmanın Yöntemi.....	3

## **BÖLÜM İKİ – KOMPOZİT MALZEMELER.....** 4

2.1 Genel Tanımlar, Kavramlar .....	4
2.2 Kompozit Malzemelerin Tarihsel Gelişimi .....	7
2.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması .....	12
2.4 Kompozit Malzemelerin Üretimi .....	14
2.4.1 Elle Yatırma Tekniği .....	15
2.4.2 Plazma Püskürtme Tekniği .....	16
2.4.3 Sıkıştırılmalı veya Sıvı Dövme Döküm Tekniği .....	17
2.4.4 Sıvı Metal Emdirmesi (İnfiltrasyon) Tekniği .....	18
2.4.5 Basınçlı ve Basınçsız İnfiltrasyon Tekniği .....	18
2.4.6 Sıvı Metal Karıştırması Tekniği .....	19
2.4.7 Hızlı Katılaştırma Tekniği .....	19
2.4.8 Yarı Katı Karıştırma Tekniği.....	19
2.4.9 Toz Metallurjisi Tekniği .....	20
2.4.10 Difzyon Bağlama ve Vakumda Presleme Tekniği .....	20
2.4.11 Sıcak Presleme ve Sıcak İzostatik Presleme Tekniği .....	21

2.4.12 Elyaf Sarma Tekniği .....	21
2.4.13 Reçine Enjeksiyon Kalıplama Tekniği (RTM).....	22
2.4.14 Otoklav İşleme Tekniği .....	23
2.4.15 Vakum Torba Kalıplama Tekniği .....	24
2.4.16 Prepreg Kalıplama Tekniği .....	25
2.4.17 Torba Kalıplama Tekniği .....	26
2.4.18 Basınçlı Kalıplama Tekniği .....	27
2.4.19 Pultruzyon Tekniği .....	28

## **BÖLÜM ÜÇ – YAPIDA KULLANILAN KOMPOZİT MALZEME TÜRLERİ VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ..... 30**

3.1 Kompozit Malzeme Türleri .....	30
3.1.1 Metal Esaslı Kompozit Malzemeler .....	30
3.1.1.1 Alüminyum Kompozit Panel .....	33
3.1.1.2 Çinko Kompozit Panel .....	36
3.1.1.3 Titanyum Kompozit Panel .....	37
3.1.1.4 Çelik Kompozit Panel .....	38
3.1.1.4.1 Paslanmaz Çelik Kompozit Panel .....	38
3.1.1.4.2 Galvaniz Trapez Saç Kompozit Panel.....	40
3.1.1.5 Magnezyum Kompozit Panel.....	41
3.1.1.6 Bakır Kompozit Panel.....	42
3.1.2 Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler .....	43
3.1.2.1 Elyaf Takviyeli Plastik (FRP- Fiber Reinforced Plastic).....	44
3.1.2.2 Karbon Elyaf Takviyeli Polimer (CFRP- Carbon Fiber Reinforced Polymer).....	46
3.1.2.3 Cam Elyaf Takviyeli Polimer (GFRP-Glass Fiber Reinforced Polymer).....	48
3.1.3 Mineral Esaslı Kompozit Malzemeler .....	51
3.1.3.1 Elyaf Takviyeli Beton (FRC- Fiber Reinforced Concrete).....	53
3.1.3.2 Cam Elyaf Takviyeli Beton (GFRC- Glass Fiber Reinforced Concrete .....	54



3.1.3.3 Cam Elyaf Takviyeli Alçı(GFRG-Glass Fiber Reinforced Gypsum)	57
3.1.3.4 Işık Geçirgen Beton (Litracon- Translucent Concrete) .....	58
3.1.3.5 Yüksek Performanslı Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozit (SIFCON- Slurry Infiltrated Fiber Concrete) .....	60
3.1.3.6 Reaktif Purda Beton (RPC- Reactive Powder Concrete).....	61
3.1.4 Ahşap Esaslı Kompozit Malzemeler .....	62
3.1.4.1 Kaplama Paneller .....	63
3.1.4.1.1 Kontrplak (Plywood).....	63
3.1.4.1.2 Kontrtabla.....	65
3.1.4.1.3 LVL (Laminated Veneer Lumber) .....	66
3.1.4.2 Parçacıklı Plakalar/ Lif Levhalar .....	67
3.1.4.2.1 MDF (Medium Density Fiberboard) .....	67
3.1.4.2.2 HDF (High Density Fiberboard) .....	68
3.1.4.2.3 İzolasyon Lif Levhalar .....	69
3.1.4.2.4 Yonga Levha (PB- Particleboard) .....	70
3.1.4.2.5 Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) .....	71
3.1.4.2.6 Şerit Yonga Levha (Flakeboard) .....	73
3.1.4.2.7 Etiket Yonga Levha (Waferboard).....	74
3.1.4.2.8 Çimento Yonga Levha .....	75
3.1.4.3 Ahşap Plastik Kompozit .....	76
3.1.4.4 Yapısal Kompozitler .....	78
3.1.4.4.1 PSL (Parallel Strand Lumber) .....	78
3.1.4.4.2 Tutkallı Tabakalı Ahşap(Glued Laminated Timber).....	79
3.1.4.4.1 LSL (Laminated Strand Lumber).....	80

## **BÖLÜM DÖRT – KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN İRDELENMESİ**82

4.1 Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin İncelenmesi .....	82
4.1.1 Bölüm Sonucu ve Değerlendirme.....	86

## **BÖLÜM BEŞ – SONUÇ** .....

## **KAYNAKLAR** .....

## BÖLÜM BİR

### GİRİŞ

Sürekli bir gelişim gösteren kompozit malzeme hem yeni hem de insanlık tarihi kadar eski bir malzemedir. Ok yayını yapmak için ahşap tabakaları üst üste koyarak daha sağlam bir malzeme yapmak isteyen insanoğlu kompozitin sağladığı avantajı ilk çağlarda keşfetmiştir. Kompozit malzeme, farklı en az iki malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşan malzemedir. Aynı zamanda, her zaman daha fazla seçenek sağlayan ve devamlı gelişim göstermeye hazır malzeme de denebilir. Ahşap, metal, taş gibi doğal malzemelerin değişik kombinasyonlarını oluşturmak bugün olduğu gibi gelecekte de mümkün olacaktır. Kompozit malzeme üretilerek elde edilen avantajlara yenilerinin eklenmesi de bu bağlamda mümkündür. Kompozit malzemeler hafiftirler ve yüksek mukavemetlidirler. Kolay şekillendirilebilirler ve montaj kolaylığı sağlarlar. Üretimi sırasında malzemeye kazandırılan özellikler sayesinde onarım malzemesi olarak kullanılabilirler. Böylece hasar görmüş yapılar kompozit malzeme ile onarılabilir veya güçlendirilebilir.

Bir matris (kuvvetleri liflere ileten ve takviye malzemesini birarada tutan malzeme) ve takviye malzemesinden oluşan kompozit malzemelere katkı maddeleri de eklenebilir. Kompozit malzemenin otomotiv, havacılık, denizcilik, inşaat gibi birçok sektörde insan hayatını kolaylaştırıcı etkisi vardır. İnşaat sektöründe kullanılan kompozit malzemeler değişik şekillerde üretilebilmektedir. Tabakaların üst üste getirilmesiyle oluşturulan paneller, matris ve takviyenin diğer katkı maddeleriyle hamur/harç haline getirilmesiyle farklı ebat ve şekillerde üretilen kompozit malzemeler mevcuttur.

Yapı/ inşaat sanayiinde kullanılan kompozit malzemelerde birkaç özellik aranmaktadır. Öncelikle doğal olmaması, insan yapısı olması gerekir. Kompozit malzemeyi oluşturan bileşenlerin gözle görülebilir olması yani kimyasal bir değişim geçirmemiş olması, aynı zamanda ortaya çıkan bu yeni malzemenin bileşenlerinden hiçbirinin tek başına sahip olmadığı özellikleri, amaca uygun olarak, barındırması gerekmektedir.

Kompozit malzemenin her zaman geliştirilmeye açık olan yapısı onu çekici bir malzeme kılmaktadır. Örneğin kompozit malzeme olarak sayılabilecek beton bileşimi çimento, su, agrega, ve kum malzemelerinden oluşmuştur ve günümüzde hala etkisini yitirmeden kullanılmaya devam etmektedir. Buna ek olarak 21. yy.'da Macar mimar Aron Losonczi betonun içine cam elyaflar karıştırarak yeni bir kompozit malzeme üretmiş ve ışık geçirgen betonu malzeme bilimine kazandırmıştır.

Çok çeşitli olan kompozit malzemeler değişik amaçlara hizmet etmek için kullanılır. Örneğin bir kompozit malzeme ağırlıklı olarak estetik görünüme katkı sağlaması için kullanılırken bir diğeri yapının mukavemetini arttırmak veya maliyetini azaltmak için kullanılabilir.

Yapıda kullanılan kompozit malzemelerin özgül ağırlıkları düşük olduğu için hafif konstrüksiyonlarda montaj kolaylığı sağlar. Darbe dayanımı ve mukavemeti yüksektir, bu yüzden uzun ömürlüdürler. Birçok kompozit yapı malzemesi kolay şekil verilebilir olduğu için tek parça halinde üretilebilir ve bu da iş gücünden tasarruf sağlar. Bu sebeplerden ötürü kompozit malzeme diğer malzemelerden daha üstün sayılabilir.

Bunun yanında bazı kompozit malzemelerin hammaddesi pahalıdır. Malzemenin kalitesi ise üretim yöntemine ve/veya uygulama şekline bağlıdır. Yanlış uygulanan kompozit malzeme işlevselliğini yitirebilir.

Kompozit malzemeler devamlı gelişim göstermektedir. Elyaf ve takviyeden oluşan kompozitlere katkı maddeleri de eklenebilmektedir. Kompozit malzemeler birçok süreçten geçirilerek üretilmektedir. Kompozit malzemelerin farklı seçeneklerle üretilebilmeleri, üretim aşamasında değişiklikler yapılabilmesi, üretim teknolojisinin ve kullanılan malzemelerin geliştirilmesi gibi nedenler, kompozit malzemelerin de sürekli geliştirilmesine olanak sağlamaktadırlar.

## **1.1 Çalışmanın Amacı**

Birkaç farklı özellikte yapı malzemesinin birleştirilmesiyle oluşturulan kompozit yapı malzemelerinin performans özellikleri ve bu kompozit yapı malzemelerinin ve/veya bileşenlerinin mimarlıkta kullanım amaçları incelenmektedir.

Ayrıca bu çalışma ile kompozit yapı malzemelerinin performans özelliklerinin karşılaştırıldığı bir tablo oluşturulmuştur. Böylelikle, bir yapının tasarım aşamasından onarımına kadar, kompozit yapı malzemelerinin kullanımı ve performans özelliklerinin incelenmesi ile tasarımcıya yararlanabilecekleri bir kaynak oluşturması amaçlanmaktadır.

## **1.2 Çalışmanın Kapsamı**

Birbirinden farklı en az iki malzemenin bir araya getirilmesiyle oluşturulan malzeme kompozit malzeme olarak tanımlanmaktadır. Ortaya çıkan bu yeni malzeme kendini oluşturan malzemelerin hiçbirinde tek başına bulunmayan özelliklere sahip olmaktadır. Bu çalışmada yalnızca mimarlıkta ya da yapı üretiminde kullanılan kompozit malzemeler; metal, polimer, mineral ve ahşap esaslı kompozit malzemeler olarak dört ana grupta incelenmektedir. Levha ve blok gibi çeşitli biçimlerde üretilen kompozit malzemelerin bileşimleri, yapıdaki kullanım yerleri, kullanım amaçları açıklanarak, bu malzemelerin performans özellikleri birbirleriyle karşılaştırılmaktadır.

## **1.3 Çalışmanın Yöntemi**

Araştırma yapılırken her türlü dökümandan yararlanılmaktadır. Literatür araştırmalarından elde edilen bilgiler, internet kaynakları, konuya ilişkin firmaların dökümanları ve malzemelere ait standartlar yer almaktadır. (TS EN, TS EN ISO, ASTM).

## BÖLÜM İKİ

### KOMPOZİT MALZEMELER

#### 2.1 Genel Tanımlar, Kavramlar

Farklı kaynaklardan elde edilen tanımlara göre;

##### **Kompozit:**

- Karma. 2. *mim.* Değişik tarzları bir arada taşıyan (Türk dil kurumu[TDK], 2012).
- Farklı bölümler veya malzemelerin bir araya getirilmiş hali. (Oxford, 2002, s230).

Kompozit, birbirinden farklı olan fakat aynı amaca hizmet eden öğelerin bir araya gelerek oluşturduğu bütündür.

##### **Kompozit malzeme:**

- Genel heterojen malzemelerden farklı olarak ortaya çıkan malzeme türüdür (Gay, Hoa,Tsai, 2002, s3).
- Aynı veya farklı gruptaki en az iki malzemenin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla birleştirilmesinden oluşan malzemelere “Kompozit Malzeme” denir (Şahin, 2000,s1).

Kompozit malzeme, birden fazla farklı malzemenin birleştirilmesiyle oluşan ve barındırdığı malzemelerin hiçbirinde tek başına bulunmayan yeni özellikleri elde etmek amacıyla oluşturulan malzemedir.

##### **Bileşen:**

- Bir bileşke oluşturan kuvvetlerin her biri ( tdk.gov.tr).
- Daha büyük bir bütünün parçasını oluşturan (oxforddictionaries.com).

Bileşen, bir bütünün parçalarından her birine verilen addır.

### **Kompozit eleman/ bileşen:**

Belirli bir amaca yönelik olarak, en az iki farklı malzemenin birleştirilmesiyle meydana gelen malzemelerdir. Bileşenler üç boyutta birleştirilerek malzemelerin hiçbirinde tek başına mevcut olmayan bir özellik kazandırılması amaçlanmaktadır ( Ersoy, 2001).

Kompozit elemanlar, farklı özelliklere sahip yapı malzemelerinin birleştirilmesiyle oluşturulan yapı bileşenleridir.

*“Kompozitler çok fazlı malzeme sayılırlar. Yapılarında sürekli bir ana faz ile onun içinde dağılmış pekiştirici donatı fazı bulunur. Bazı malzemelerde bu tür yapı üretim sırasında oluşabilir ve fazlarının karışımı mikroskopik düzeydedir. Örneğin perlitik çelikte yumuşak ve düşük mukavemetli ferrit ile sert ve gevrek sementit yan yana ince tabakalar halinde dizilir. Tek başlarına mekanik özellikleri elverişli olmayan ferrit ve sementitin mikroskopik düzeyde homojen karışımından oluşan perlit yüksek mukavemete ve yüksek tokluğa sahiptir. Ancak uygulamada kompozit malzeme olarak anılan sistemlerde bileşenler makroskopik düzeydedir. Bunlar sonradan bir araya getirilerek üstün özellikli bir kütleye dönüştürülmüştür”*(Onaran, 1997).

Matris ve takviye elemanı kompozit malzemenin iki ana maddesidir. Üçüncü bir bileşen olarak ise katkı maddeleri kullanılabilir. (Yalçın, 2010).

Kompozit malzemelerde takviye mukavemet arttırıcı özellik taşımaktadır. Matris malzemeler ise sünek bir yapıya sahiptirler. Bu sebeple birden fazla iyi özellik bir malzemedeki bulunabilmektedir. Bununla beraber, matris malzemelerin avantajlı korozyon ve kimyasal direnci, ses yalıtımı, ısı izolasyonu, şeffaflık, elektrik yalıtımı gibi özellikleri de malzeme türüne göre değişmektedir (Karadeniz, 1989).

### **Matris:**

Matris, takviye malzemesini bir arada tutan polimerik, metal veya seramik malzemelerdir.

Matrisin başlıca görevleri;

- Yükü liflere iletmek
- Lifleri, korozyon ve oksidasyon gibi, ortamın etkisi ve darbelerden korumak
- Maliyeti düşürmektir (Yalçın, 2010).

#### **Takviye elemanı:**

Kompozit malzemelerde lifler ve farklı geometrik parçacıklar takviye amacı ile kullanılmaktadır. Takviye elemanları, kompozitin mekanik dayanımından sorumludur ve dayanıklılığı arttırıcı etkisi çoğu kez kompozit içerisindeki hacmi % 10'u geçtiğinde gözlenmeye başlar. Kompozitlerin % 90'ı polimerik liflerle takviye edilerek kullanılmaktadır.

Kompozit malzemelerde kullanılan başlıca elyaf türleri;

- Cam elyafı
- Karbon (Graphite) elyafı (PAN-polyacrylonitrile- ve zift kökenli)
- Aramid (Aromatic Polyamid) elyafı (Ticari ismi; Kevlar DuPont)
- Bor elyafı
- Oksit elyafı
- Yüksek yoğunluklu polietilen elyafı
- Poliamid elyafı
- Polyester elyafı
- Doğal organik elyaflar gibidir ( Yalçın, 2010).

#### **Diğer katkı maddeleri:**

- Dolgu maddeleri
- Yumuşatıcılar
- Stabilizatörler
- Aleve karşı katkıları
- Katalizör sistemler
- Renklendiriciler ( Yalçın, 2010).

Bir malzemenin kompozit malzeme olarak kabul edilmesi için bazı koşullar aranmaktadır;

- Kimyasal bileşimleri birbirinden farklı ve belirli ara yüzlerle ayrılmış en az iki malzemenin bir araya getirilmiş olması,
- Farklı malzemelerin üç boyutlu olarak bir araya getirilmiş olması,
- Bileşenlerinin hiçbirinin tek başına sahip olmadığı özellikleri taşıması, dolayısıyla bu amaçla üretilmiş olması (Ersoy, 2001).

Ersoy'un belirttiği koşulların yanı sıra kompozit malzemeyi oluşturan malzemelerin birbirleri içinde çözünmemesi beklenmektedir.

## 2.2 Kompozit Malzemelerin Tarihsel Gelişimi

Kompozit malzemelerin varlığı çok eski çağlara dayanmaktadır. 'Kompozit malzeme' kavramı 1940'lı yıllarda bir mühendislik konusu olarak ele alınmaya başlamıştır.

Bununla birlikte ilk çağlardan beri insanlar kırılğan malzemelerin içine bitkisel veya hayvansal kaynaklı lifler koyarak bu kırılğanlığını azaltmaya çalışmışlardır. Kerpiç malzemesi buna bir örnektir. Kerpiç üretilirken, killi çamur içine saman ve bitki kökleri konularak malzemenin mukavemeti artırılmak amaçlanmıştır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Kerpiç malzemesi (Yeniansiklopedi, 2012 )



Diğer yandan, günümüzde kompozit malzemenin üretiminde kullanılan ve büyük payı olan liflerle ilgili uygulamalar da çok yeni değildir. Örneğin bulgulara göre cam liflerinin üretimi, Eski Mısır'a dayanmaktadır. M.Ö. 1600 yıllarında Mısır'da ince cam liflerinin yapıldığı çeşitli kaynaklarda bulunmaktadır. 18. hanedan devrinden kalan, değişik kalınlık ve renklerdeki cam lifleri bunun göstergesidir. Çok eski çağlardan bu yana, geleneksel bir malzeme olan kerpiçte, kil hamuruyla birlikte bitkisel liflerin, samanın; alçı sıva ve kartonpiyer uygulamalarında keten ve kenevir liflerinin, kıtık ve atkuyruğu, keçi kılı gibi hayvansal liflerin kullanıldığı bilinmektedir. Günlük uygulamalarda kullanımı en yaygın olan liflerle donatılı kompozit malzemelerden ikisi, asbest lifleriyle donatılı çimento ve cam lifleriyle donatılı polyeester kompozitleridir.

Mezopotamya'da, Babil ( M.Ö. 16-12. yy) ve Asur (M.Ö. 12-7. yy) devletleri döneminde çok farklı harçlar kullanılmıştır. Özellikle ilk uygarlıkların kurulduğu Güney Mezopotamya'da M.Ö. 3. binyıldan sonra her türlü yapı işinde kerpiç ve tuğlanın kullanıldığı görülmektedir. Bunun ana nedeni, bölgede yeterli taş malzemenin bulunmayışıdır. Önceleri, çok özel bir kompozit malzeme olarak kabul edilebilecek, güneşte kurutulmuş bitümlü bir kerpiç türü kullanılmıştır. Bu malzemeye ayrıca 'kuru tuğla' da denilmektedir. Ancak bu tuğlanın yağmur, kar gibi atmosfer şartlarına karşı yeterli dayanımı olmadığından, malzeme daha sonra pişirilmeye başlanmıştır (Şekil 1.2).

Yine aynı devirde, pişmiş tuğla duvarlar örülürken bitümlü harçlar kullanılmıştır. Daha sonra kireç, harç yapımında bağlayıcı olarak asfalt ve bitüm yerini kullanılmıştır.



Şekil 1.2 Tuğla malzemesi (Wikipedia, 2012 )

Anadolu’da ilk çağlarda, M.Ö. 3. binyıldan itibaren kil esaslı harçların kullanıldığı araştırmaların sonuçlarından anlaşılmaktadır. Yapılan arkeolojik kazılarda, içinde iri kum ve bitkisel maddeler içeren kerpiç malzemeye rastlanmıştır.

Anadolu’da yapılan arkeolojik çalışmalardan, ‘balçık’ malzemenin o dönemde önemli bir yapı malzemesi olduğu anlaşılmaktadır. Balçık, saman ve ot ile karıştırılarak el büyüklüğünde parçalar yapılarak üretilmiştir. Bu malzeme üst üste konularak örgü oluşturulmuştur.

Günümüzde, taneli kompozit malzeme üzerindeki çalışmalar, esas olarak, ana bir yapı malzemesi olan beton üzerinde yoğunlaşmaktadır. Betonun, iki veya çok fazlı bir kompozit malzeme olarak, bileşen özellikleri ve niceliğine bağlı olarak ifade edebilme olanaklarının araştırılması, değişik niteliklere sahip, farklı gereksinimleri karşılamak üzere özel beton türlerinin geliştirilmesi çalışmaları, günümüzün temel konularını oluşturmaktadır (Ersoy, 2001).

İnşaat malzemesi olarak kum, agrega, çimento ve su karışımı olan beton kompozit malzemesi 19. yüzyılın başlarında çimento sanayinin gelişmesi ile uygulanmaya başlanmıştır (Şekil 1.3). Yol kaplama malzemesi olarak kullanılan asfalt kompoziti ilk olarak 1938’de Paris’te uygulanmaya başlanmıştır. Daha sonra Londra ve Berlin sokaklarında kullanılmış ve giderek yaygınlaşmıştır.



Şekil 1.3 Beton malzemesi (Batıbeton kataloğu,2010)

Elyaf takviyeli kompozitlerde ise takviye malzemesi olan cam elyafın 19. yüzyılın sonlarında fabrikasyon olarak imalatı başlamıştır. Elyaf takviyeli kompozitlerin sanayide kullanımı 1930'lu yıllardan sonra başlamıştır. Son 50 yıldır mukavemet/ağırlık oranının önemli olduğu uygulamalarda tercih edilmektedir (Karadeniz, 1989).

Kompozit malzemeler insanlık tarihi boyunca çeşitli şekillerde biliniyor olmasına rağmen, Owens Corning Fiberglass şirketi ABD'nin dört bir yanına cam elyaf satmaya başladığında, modern kompozitlerin tarihi başlamıştır. Cam elyaf 1930 yılında neredeyse kaza eseri bir mühendisin cam süt şişesi yazılarını uygularken şekillendirmesiyle ortaya çıkmıştır. Owens Corning Fiberglass şirketi, Owens-Illinois and Corning Glas Works bu yeni lifli malzemedan yararlanmak için 1935 yılında kurulmuştur.

Aynı zamanda bir Japon şirketi, Nitto Boseki de cam elyaf üretiyor ve Japonya ve Amerika'da elyafları pazara sunuyordu. Bu erimiş cam önceleri izolasyon malzemesi olarak kullanılsa da daha sonra yapısal ürünlerin üretiminde kullanılmıştır.

Cam elyaf üreticileri uçak sanayiinin bu yeni malzemenin müşterisi olduğunu fark etti. Çünkü birçok küçük ve güçlü uçak şirketi hemen her gün yeni malzemeler gerektiren yeni uçak tasarımı yapıyordu ve imalat alanında yenilikçi kavramlar yaratmak gerekiyordu.

Douglas Aircraft şirketi metal kalıplarda metal paneller üretme (hidroress şekillendirme) konusunda bir darboğaz yaşadıkları için ilk cam elyaf rulosunu satın aldılar. Böylelikle mühendisler, cam elyafın dayanımı sayesinde kalıplardaki üretim hatasını çözeceğine inanıyorlardı. Her yeni uçak tasarımı yeni kalıplara ihtiyaç duyuyordu. Metal kalıplar pahalıydı ve teslim süreleri uzun sürüyordu. Douglas mühendisleri dökme plastik kalıpları denediler fakat kalıplar dövme işlemine dayanamadı. Plastik kalıpları en azından birkaç parça üretebilecek kadar dayanıklı yapma düşüncesi ile cam elyaf takviyeli kalıp üretimine yöneldiler. Böylece verdikleri kararda haklı oldukları yeni tasarımları aracılığıyla hızlıca doğrulanmış oldu (Strong, 2002).

Owens Corning Fiberglass ile işbirliği yapılarak kalıplar yeni cam elyaf malzeme ve o zaman kullanılan tek reçine olan fenolik reçine kullanılarak yapılmıştır. Takviyeli plastik kalıplar prototip parçalar için standart haline gelmiştir.

Çok geçmeden doymamış polyester reçine kullanılabilir olmuştur. 1936 yılında patenti alınmıştır ve sonunda fenoliğe göre kür kolaylığı açısından tercih edilen reçine olmuştur. Peroksit kür sistemleri 1927 yılında patenti alınan benzoil peroksit ve 1937 yılında patenti alınan laroil peroksit ile zaten kullanılıyordu ve daha birçok peroksit uzun sürmeden bunları takip etmiştir. 1938 yılında epoksinin icadıyla daha yüksek performanslı reçine sistemleri kullanılabilir hale gelmiştir. Kompozit malzeme üretim sektörünün kalkınması, zaten hızlı iken, 2. Dünya Savaşı boyunca hız kazanmıştır. Elyaf sarma ve püskürtme kalıplama tekniği gibi üretim yöntemleri dahil olmak üzere, pek çok gelişme de 2. Dünya Savaşı sırasında meydana gelmiştir. Gözenekli çekirdek kullanılan sandviç yapılar, yangına dayanıklı kompozitler ve emprenye edilmiş malzemeler de bu dönemde gelişme fırsatı bulmuştur. Savaş döneminde yapılan bazı ürünler artık kompozit malzemeler için önemli pazarlar ortaya çıkarmıştır. Bunlar küvet, duş aksesuarları, korozif olmayan borular, konteynerlar ve mobilyalardır. Diğer kompozit ürünler de iyi tanınmamasına rağmen başarılı olmuştur. Örneğin eğlence sektörü için yapılan setler ve sahne ürünleri, özellikle buz pateni pistlerinde kompozit malzemeler kullanılmıştır.

Pultruzyon tekniği, vakum torba tekniği gibi birçok yeni üretim metodu da 1940'ların sonu ve 1950'lerin başında geliştirilmiştir. Yeni elyaflar boron filamentler ile 1965 yılında tanıtılarak kullanılabilir hale gelmiştir. Ve 1971 yılında aramid elyaflar (Kevlar®) DuPont tarafından ticari olarak piyasaya sunulmuştur. Ultra yüksek moleküler ağırlığı olan polietilen elyafları 1970'lerin başında yapılmıştır. Cam elyaf ve karbon elyafları ile birlikte bu gelişmiş performans lifleri havacılıkta, zırh yapımında, spor malzemeleri yapımında, tıbbi cihazlar ve diğer birçok yüksek performanslı uygulamalarda büyük gelişmelere yol açmıştır. Yeni ve geliştirilmiş reçineler özellikle yüksek korozyon direnci gerektiren uygulamalarda ve yüksek sıcaklık uygulamalarında kompozit pazarının genişlemesine katkıda bulunmuştur. SPI Composites Institute'un raporuna göre en büyük Pazar payı hala ulaşımda %31, inşaat sektöründe %19,7, denizcilikte %12,4, elektrik-elektronikte %9,9'dir ve iş ekipmanları da büyük kompozit pazarlarıdır. Kompozitin başlangıcına ışık tutan havacılık/uçak pazarı şaşırtıcı bir şekilde %0,8 oranında pazar payına sahiptir (Strong, 2002).

### 2.3 Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozitlere takviyeli veya pekiştirilmiş malzemeler denilmektedir. Pekiştiricinin türüne ve düzenleme biçimine göre üç gruba ayrılabilirler;

- a) Taneli kompozitler
- b) Lifli kompozitler
- c) Tabakalı kompozitler

#### a) Taneli Kompozitler:

*“Bir takviye, eğer her doğrultudaki boyutları hemen hemen aynı ise, 'parçacık' olarak adlandırılmaktadır. Küre, pul, çubuk gibi eşit akslara sahip pek çok diğer şekillerde takviyeleri içermektedir. Parçacık takviyeli kompozitler ortogonal gereklilikleri karşılayabilmeleri nedeniyle, iki boyutlu gerilme hallerinde ideal malzeme olarak görülmektedirler. Polimerler gibi, bünyesinde takviye amacı*

*dışında parçacık bulunduran malzemeler de mevcuttur. Bunlar genellikle 'doldurulmuş' sistemler olarak bilinirler. Çünkü parçacıklar takviye amaçlı değil, maliyeti düşürmek için kullanılmaktadırlar. Yine de bazı durumlarda doldurucu, bağlayıcı maddeyi az da olsa güçlendirebilmektedir. Örneğin betonun içinde yer alan çakıl ve kum, takviyeden çok dolgu görevi görmektedir. Burada asıl mukavemeti sağlayan çimento harcının kendisidir. Aynı durum yangın yalıtımı, ısı iletkenliği artırıcılık gibi, mekanik özellikleri iyileştirici amaçların dışında eklenen parçacıklar için de geçerlidir” (Turhan, 2007).*

### **b) Lifli Kompozitler:**

Lifli kompozitler uygulamada önem arz ederler. Özellikle cam elyaf ile takviye edilmiş plastiklerden oluşan kompozitler yaygın olarak kullanılırlar. Aslında birçok malzeme elyaf halinde çok daha yüksek mukavemetli olurlar. Özellikle kıl (whisker) halinde çizgisel kusur içermeyen cisimlerin mukavemeti normal boyuttakilere oranla yaklaşık bin katı kadar daha fazladır.

Elyafların çapları mikron ölçeğindedir, dolayısıyla tek başlarına kullanılamazlar. Ancak sünek bir matris ile birbirlerine bağlanınca çok yüksek mukavemetli ve hafif bir malzemeye dönüştürülebilirler.

Matris ile elyaflar arasında kimyasal bağdan çok zayıf fiziksel bağlar vardır. Ancak boyları çaplarına oranla daha uzun olan elyafların oranları büyüktür. Birbirlerine dolanarak kilitlenirler ve böylece oldukça büyük yükleri aktarabilirler. Sünek bir matris içinde bulunan yüksek mukavemetli elyaflar çatlasa veya kırılrsa bile kusur mikroskopik düzeyde kalır ve yayılması sünek ve tok matris tarafından önlenir (Karadeniz, 1989).

### **c) Tabakalı Kompozitler:**

İki ya da daha fazla tabakadan oluşan farklı mukavemetteki levhasal elemanlarla teşkil edilmektedir. Hem sürekli hem de süreksiz olabilen tabakaların kompozit davranışını etkileyen en önemli unsur, katmanların hiçbirinin üç yönde de sürekli olmamasıdır. Tabakalar arası kayma gerilmelerinin karşıladığı kısım bağlayıcıdır. Bu

tür kompozitler membran gerilmelerini karşılayacak biçimde, kendi düzlemi içinde iki boyutlu gerilme halinde yük aktarma kapasitelerine sahip malzemelerdir. Ayrıca tabakaların basınç ve çekme kapasitelerine göre tek boyutlu gerilmelerinde düzlem dışı eğilme için ideal içyapıları oluşturmaktadırlar (Turhan, 2007).

## 2.4 Kompozit Malzemelerin Üretimi

Kompozit malzemelerin geleneksel malzemeler karşısında üstün mekanik özellikler sergilemesi son yıllarda bu malzemelerin üretim teknikleri üzerinde daha yoğun çalışmalar yapılmasına yol açmıştır. Üretim tekniği; elyafa, matrise, parça şekli ve boyutu ve istenilen mekanik ve fiziksel özelliklere göre belirlenir (Şahin, 2000).

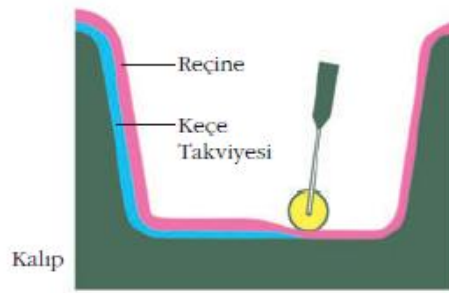
Kompozit Malzemelerin üretim teknikleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

- Elle yatırma tekniği
- Plazma Püskürtme Tekniği
- Sıkıştırılmalı veya Sıvı Dövme Döküm Tekniği
- Sıvı Metal Emdirmesi (İnfiltrasyon) Tekniği
- Basınçlı ve Basıncsız İnfiltrasyon Tekniği
- Sıvı Metal Karıştırması Tekniği
- Hızlı Katılaştırma Tekniği
- Yarı Katı Karıştırma Tekniği
- Toz Metallurjisi Tekniği
- Difizyon Bağlama ve Vakumda Presleme Tekniği
- Sıcak Presleme ve Sıcak İzostatik Presleme Tekniği
- Elyaf Sarma Tekniği
- Reçine Enjeksiyon Kalıplama Tekniği (RTM)
- Otoklav İşleme Tekniği
- Vakum Torba Tekniği
- Prepreg Kalıplama Tekniği (Kalıplama Öncesi reçine emdirilmiş takviye ürünleri)
- Torba Kalıplama Tekniği

- Basınçlı Kalıplama Tekniği
- Pultruzyon Tekniği

#### 2.4.1 Elle Yatırma Tekniği

Elle yatırma tekniği, aynı zamanda ıslak yatırma da denir, en basit ve en çok kullanılan üretim tekniğidir. Temel olarak kalıp içindeki kuru takviyelerin el ile yerleşimlerini ve reçinenin bir sonraki uygulamalarını içermektedir. Ardından ıslak kompozit el silindiri kullanılarak reçinenin homojen bir şekilde dağılmasına olanak sağlamak ve hava kabarcıklarını gidermek için haddelenir. Bu aşama istenilen kalınlık elde edilinceye kadar tekrarlanır. Daha sonra tabakalı yapı sertleşir. Stiren gibi uçucuların emisyonu diğer açık kalıplama metodları kadar yüksektir (Şekil 2.1).



Şekil.2.1 Elle yatırma tekniği (Kompozit, 2012 )

Elle yatırma tekniği; kalıplama, jel kaplama, yatırma ve sertleştirme olarak dört ana basamakta incelenebilir. Kalıplama yatırma tekniğinin en kritik basamağıdır. Kalıp parçalarının sayısına, sertleşme ısısına, basınca vb. değişkenlere bağlı olarak ahşaptan, alçıdan, plastikten, metalden veya, birkaç malzemenin birleşimi olan, kompozit malzemedен yapılmış olabilir. Sürekli kullanılan kalıplar metalden yapılır. Kompozit kalıplar ise düşük yoğunluklu ürünlerin üretiminde kullanılır. İşlemi biten kısımların kaldırılmasını kolaylaştırmak için kalıba ayırıcı bir tabaka uygulanır. Ayırıcı kısımda bal mumu, polivinil alkol, silikon ayırıcı kağıt kullanılır. Jel kaplama, kalıp hazırlandıktan sonra kalıplanmış parçanın iyi bir görüntüye sahip olması için uygulanmaktadır.

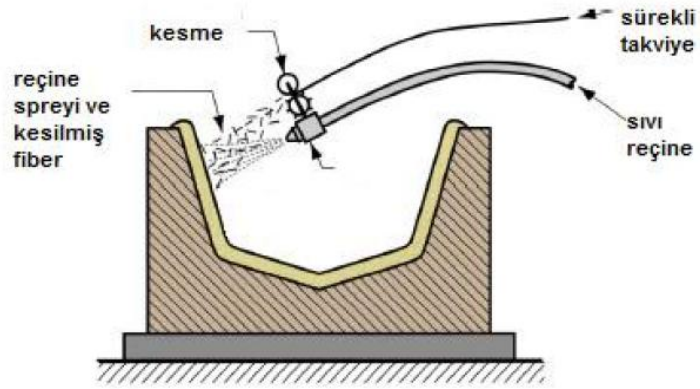
Kaplama polyester, mineral dolgu, pigmente ve takviye olmayan tabakadır. Bu



reçine tabaka kalıba takviyeden önce uygulanır. Böylece jel yüzey kalıplama sona erdiğinde tabakalanmış malzemenin dış yüzeyi haline gelir. Son basamak malzeme hazırlığı, lif yerleştirme ve kurumayı içerir. Elyaf, kıyılmış lif düğümü, bez, dokuma fitil formunda uygulanır. Ölçülmüş reçine ve katalizör karıştırılır. Ardından reçine karışımı elyafa uygulanır. Tırtıklı el silindiri malzemenin hava kabarcıklarının tamamen giderilmesi için kalıba uygulanır. Kuruma genelde oda sıcaklığında sağlanır ve son olarak kalıplanmış parça kalıptan çıkarılır (Barbero, 1998).

#### 2.4.2 Plazma Püskürtme Tekniği

Silisyum karbür parçacıklı kompozitleri üretmek için bu teknik ilk defa ALCAN Şirketi tarafından kullanılmıştır (Şekil 2.2) (Şahin, 2000).



Şekil 2.2 Plazma püskürtme tekniği (Çelebi, 2010)

Uygulamada, püskürtülecek alaşım, indüksiyon fırınında ergitilir ve potaya basınç uygulanır. Ergimiş alaşım püskürtülürken aynı zamanda parçacıklı elyaflar atomize edilmiş sıvı içerisine enjekte edilir. Önceden ısıtılmış alt katman üzerine çökertilir ve toplayıcı üzerinde katı bir çökelti oluşur. Soğuduktan sonra kaplanmış çökeltmiş çubuk haddelenmek üzere göbekten çıkartılır.

Bu metot alüminyum gibi ergime noktası nispeten düşük olan metallerin uygulanmasına uygundur. Son parçanın şekli ise atomize etme şartına, toplayıcı hareketine ve parçanın şekline bağlıdır. Bu metodun faydası;

a) Ergimiş metal zerrecikleri ile elyaf arasında temas zamanı çok kısa olduğundan reaksiyon en aza indirgenmekte veya hiç oluşmamaktadır.

b) Katılma işlemi oldukça hızlı gerçekleştiğinden düzgün mikroyapı elde edilebilmektedir. Ayrıca parçacıklar arası mesafenin kontrol edilebilmesi ve parçacıkların daha kolay yönlendirilmeleri de faydaları arasında sayılabilir (Şahin, 2000).

### **2.4.3 Sıkıştırılmalı veya Sıvı Dövme Döküm Tekniği**

Bu yöntemde önce takviyeden oluşturulmuş ham malzeme veya yatağa sıvı alaşım hidrolik basınç altında emdirilmektedir. Sıvının soğumasını engellemek için kalıp, ham malzeme ve zımba ön ısıtmaya tabi tutulmaktadır. Takviye ham malzeme veya yatağı içerisindeki hava boşlukları veya kalıp ile takviye arasındaki boşluklara zamansız sıvı nüfuzu tehlikesini engellemek için kalıp boşluğu içerisine sızdırmaz şekilde yerleştirilir. Her bir kompozit sistemi için parçacıklar alaşımın sıvı sıcaklığını aşmayacak kritik sıcaklığa kadar ısıtılmaktadır. Şayet ön ısıtma sıcaklığı metalin sıvı sıcaklığını aşacak olursa sıvı nüfuzu tamamlanmamış olacaktır. Ama yüksek basınç altındaki sıvı, kalıp ile zımba arasındaki boşluklardan sızarak dağılma gösterebilecektir.

Silisyum karbür, grafit, alüminyum oksit ve paslanmaz çelik gibi takviye elemanları, ergimiş metal içerisinde gerektiği gibi ıslanamaz. Bu yüzden, sıvı metal emdirilmesi tekniği ile kompozit üretimi daha zordur. Ama sıkıştırılmalı döküm tekniğinde ergimiş metalin elyaf demeti içerisine ham malzeme basınçla emdirme esasına dayandığından mikro boşluklar önlenilmekte ve dolayısı ile ham malzeme içerisinde atıl gazlar dışarı atılarak daha sağlam, gözeneksiz bir yapı elde edilebilmektedir. Sıvı dövme döküm ile üretilen bir kompozitte yüksek ısı transferiyle birleşen hızlı soğutma neticesinde ince taneli düzgün bir yapı elde edilebilmektedir. Ayrıca yüksek basınç seramik malzemenin ısınabilirliğini de arttırabilmektedir. Bu işlem yapıldığında yüksek verim, iyi ara yüzey bağı ve düşük maliyette parça üretimi gerçekleştirilebilir.

Bu tekniğin en büyük dezavantajı ise parça boyutu olup büyük boyutlu parçalarda daha yüksek basınç gerektirmesidir (Şahin, 2000).

#### **2.4.4 Sıvı Metal Emdirmesi (İnfiltrasyon) Tekniği**

Sıvı metal emdirmesi metodu, hem kısa elyaf, kılcal kristalli hem de sürekli elyafıa takviyeli metal matrisli kompozitlerin (MMK) üretilmesinde yaygın olarak kullanılan bir metottur. Bu metotta önce ihtiyaç duyulan şekilde uygun bağlayıcı kullanılarak master ham malzeme hazırlanır. Hazırlığı tamamlanan bu ham malzeme kalıp içerisine yerleştirilir. Daha sonra ergimiş metal enjekte edilerek bu masterın ıslatılması sıvı metal emdirerek sağlanır, bu sırada organik bağlar yanar ve master katılaşmaya başlar (Şahin, 2000).

#### **2.4.5 Basınçlı ve Basınçsız İnfiltrasyon Tekniği**

Basınçlı infiltrasyon tekniğinin sıkıştırma dökümden farkı, sıvının önşekil veya yatak içerisine bir zımba ile değil de basınçlı soygaz ile itilmesidir. Bu sistemde bir ucu basınç ünitesi içerisine yerleştirilmiş pota içerisindeki sıvı metale daldırılmıştır. Diğer uçta ise normal atmosfer veya vakuma bağlanmış ve içerisinde takviye malzeme bulunan bir silindir bulunur. Takviye geçişi engelleyecek şekilde silindir içerisine konulur. Silindir içerisindeki bu parçacıklar sıvı metale daldırılır ya da başka bir yerde ön ısıtmaya tabi tutulur.

Basınçsız infiltrasyon tekniğinde; sıvı metalin takviye parçacık içerisine kendi kendine infiltrasyonunu sağlar. Paketlenmiş seramik toz yatağa azot atmosferinde basınç uygulanmaksızın Al-Mg alaşımının infiltrasyonu sağlanabilir. Alaşım-seramik sistemi 800-1000 °C'e civarında bir sıcaklığa kadar ısıtılmalıdır. İnfiltrasyon sıcaklığına erişmek için ısıtma aşamasında magnezyum buharlaşır. Takviye malzemenin yüzeyini kaplayan magnezyum, nitrit ( $Mg_3N_2$ ) oluşturmak üzere azot atmosferi ile reaksiyona girer. Magnezyum nitrit basınç veya vakum uygulanmaksızın alaşımın takviye faza infiltrasyonuna imkan sağlar (Şahin, 2000).

#### **2.4.6 Sıvı Metal Karıştırma Tekniği**

Bu üretim yönteminin oldukça farklı tipte uygulamaları var olmakla beraber takviye malzemenin tamamıyla sıvı haldeki matris içerisine girmesini sağlamak için bazı yaklaşımlar vardır (Şahin, 2000):

- a) Bir enjeksiyon tabancası kullanılarak sıvı içerisine taşıyıcı soygaz ile tozların enjeksiyonu sağlanır,
- b) Kalıp dolarken sıvı içerisine seramik parçacıklar ilave edilir,
- c) Mekanik hareket ile oluşturulan vorteks içerisinden parçacıklar sıvı metale ilave edilir,
- d) Sıvı içerisine, matris alaşımı ve takviye toz karışımından meydana gelen, küçük briketler ilave edilir ve ardından karıştırılır,
- e) Karşılıklı hareket eden çubuklar kullanılarak parçacıklar sıvı içerisine itilir,
- f) Merkezkaç etki ile ince parçacıklar sıvı içerisine dağıtılır, veya sıvı sürekli hareket halinde iken parçacıkların sıvı içerisine enjeksiyonu sağlanır,
- g) Sıfır yer çekimi süreci son aşamadır, uzun bir zaman dilimi için çok yüksek vakum ve sıcaklıkların birlikte etkisi kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

#### **2.4.7 Hızlı Katılaştırma Tekniği**

Yüksek vakum ya da asal gaz atmosferi altında hızlı katılaştırılarak nanokristal yapıda şeritler üretilir. Numune uygun bir potada indüksiyonla eritilir ve eriyik dönmekte olan bir bakır disk üzerine dökülür. Eğer disk çok hızlı dönecek olursa sıvı, toz üretmek için yeterli uzun süre diske temas etmeyecektir. Çok yavaş döner ise, ikincil işlem için kabul edilebilir olmayan kalın lameller elde edilecektir (Şahin, 2000).

#### **2.4.8 Yarı Katı Karıştırma Tekniği**

Bu yöntemde alaşımın sıcaklığı sıvı sıcaklığının 30-50 °C üzerine çıkarılıp şiddetle karıştırılarak yarı-katı aralığına kadar soğuması sağlanır. Devam eden bu hareketlilik, katılaştıran dendritleri kırarak ince küresel parçacıklara dönüştürür ve

böylece yarı akışkan kıvamının yükselmesini engeller. Karıştırma sonlandırılmadan takviye ilave edilir (Şahin, 2000).

#### **2.4.9 Toz Metallurjisi Tekniği**

Bu teknikte, toz halindeki metal ve seramik malzemelerin birleştirilmesi sağlanır. Genellikle, takviye elemanı olarak silisyum karbür, grafit, nikel, titanyum ve molibden ile matris malzemesi olarak da metalik bakır, nikel, alüminyum, kobalt ve titanyum esaslı alaşımlar ve çelikler kullanılmaktadır. Bu yöntemde, tozlar istenilen şekli oluşturmak için tasarlanan hacim oranlarında karıştırılıp kalıp içerisine konularak karışıma pres uygulanır. Presleme işlemi soğuk ya da sıcak olarak yapılabilmekte ama ara yüzey bağı iyileştirmek ve parçacık kırılmasını azaltmak için sıcak preslemeden daha iyi netice elde edilebilmektedir (Şahin, 2000).

#### **2.4.10 Difzyon Bağlama ve Vakumda Presleme Tekniği**

Bu metotla birleştirme, yüksek basınç ve sıcaklık altında yapılır. Boron, silisyum karbür, alüminyum oksit, karbon gibi tek filamentli elyaf ya da elyaf demetleri ile alüminyum ve titanyum gibi matris malzemeleri tabakalar halinde kullanılarak takviyeli kompozit malzemeler üretilir. İlk olarak, levha şeklinde metal veya metal alaşımları ile elyaf şeklinde takviye elemanları etkili yayılma sağlamak için kimyasal yüzey muamelesine tabi tutulmaktadır. Sonra elyaflar önceden belirlenen yönlerde, açılarda ve ihtiyaç duyulan aralıklarda metal tabakalar üzerine düzenlenir. Levha halinde hazırlanan bu malzemeler metal bir kaba yerleştirilerek sızdırmazlık sağlanır ve vakum uygulanır. Daha sonra ergime sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta ısıtılarak difzyon ile birleştirmenin gerçekleşmesi için preslenir ve haddelenir. Fakat bu işlemde metal levhalar ile elyaf yüzeylerinin çok temiz ve oksitsiz olması gerekir aksi halde ara yüzeyde arzulanan bir difzyon bağı oluşturulamaz çünkü kompozitin dayanımı bu oluşacak difzyon bağına bağlıdır. Silindirik parçalar için termal iletkenliği ile iyi olan metal tambur seçilerek üzerine değişik elyaflar da sarılabilir. Matris veya elyaf üzerine plazma püskürtme veya diğer kaplama yöntemleri uygulanır. Daha sonra sıcak izostatik veya soğuk izostatik preslemeyle uygun

sıcaklık veya basınçta birleştirme sağlanabilir. Bu birleştirmeden sonra kesme işlemi uygulanır. Fakat, vakum altında birleştirmede daha düşük sıcaklık gerektirdiğinden diğer metotlardan daha etkili olmaktadır. Ancak bu teknikte uygulanan sıcaklık, basınç ve kalma süresi kompozit sisteme göre değişmekle beraber etkili bir yayılma için optimize edilmesi gerekir. Bu teknik pahalı olmaktadır (Şahin, 2000).

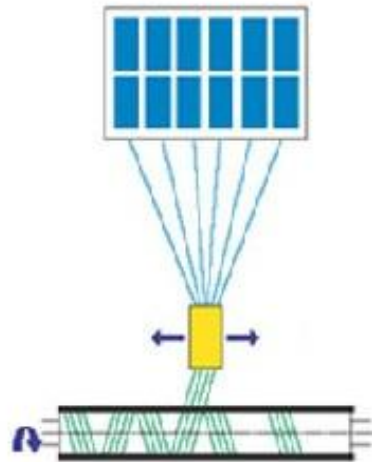
#### ***2.4.11 Sıcak Presleme ve Sıcak İzostatik Presleme Tekniği***

Bu işlem, Al, Mg ve Ti gibi metal matrisli kompozit panelleri üretmek için kullanılır. İnce teller metal matristen oluşan ince folyo tabakalar arasına yerleştirilir ve kompoziti yerinde tutmak için bir bağlayıcı ile spreyci uygulanır ve daha sonra bağlayıcı yakılarak ayrılır. Daha sonra önceden şekillendirilmiş kompozit tamburdan çıkarılır, ihtiyaç duyulan ölçüde kesilir ve sıcak pres kalıp içine istiflenir. İstif üzerine hafif basınç uygulanır ve bağlama sıcaklığına ulaşıldığında gerekli zaman için tam bağ basıncı uygulanır. Daha sonra basınç kaldırılır ve termal uzamalarda uyumsuzluklardan ileri gelen kalıcı gerilmeleri en aza indirmek için tüm parça yavaş şekilde soğumaya bırakılır. Sıcak presleme ile üretilen kompozitleri;

- 1) Yüksek dayanım,
- 2) Dayanım/yoğunluk oranı geleneksel malzemelerden 2-4 kat daha yüksek olması,
- 3) Yüksek sıcaklıklarda dayanımı muhafaza etmesinin mükemmel olması,
- 4) Yorulma dayanımının iyi olması,
- 5) Karışımlar kuralına tam uyum göstermesi gibi avantajlara sahip olur (Şahin, 2000).

#### ***2.4.12 Elyaf Sarma Tekniği***

Bu teknik özel şekillerde üretilmesi gereken ürünler için uygundur. Elyaf sarma yönteminde reçine ile ıslatılan sürekli elyaflar bir makara yardımıyla çekilerek dönen bir parça üzerine sarılır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Elyaf sarma tekniği (Poliber, 2012)

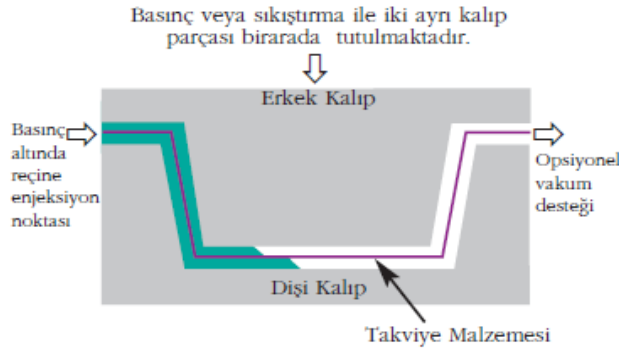
Sürekli liflerin parçaya sarılırken oluşturduğu açılı malzemenin mekanik özelliklerini etkileyebilir. Yeterli sayıda elyaf katının sarılmasından sonra ürün sertleştirilir. Ardından dönen parça ayrılır. Bu teknikle yapılan ürünler genellikle silindirik borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır (Arıcasoy, 2006).

#### **2.4.13 Reçine Enjeksiyon Kalıplama Tekniği (RTM)**

Bu üretim yöntemi elyaf sarma yöntemine göre daha kısa sürer ve elde edilen malzeme daha uzun ömürlü olur. Bunun yanında bu yöntemde iki parçalı kalıp kullanılır. Bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni kompozit kalıp maliyetinin çelik kalıp maliyetine kıyasla daha düşük olmasıdır. RTM yöntemi çoğunlukla jelkotlu veya jelkotsuz her iki yüzeyinde düzgün olması gereken parçalarda kullanılır (Şekil 2.4).

Takviye malzemesi kuru olarak keçe, kumaş veya ikisinin birleşimi kullanılır. Önce takviye malzemesi kalıba yerleştirilir ve kalıp kapatılır. Elyaf matris içinde geç çözünen reçinelerle kaplanır ve kalıp içerisindeki hareketleri önlenir. Reçine basınç altında kalıba doğru pompalanır. Bu uzun süren bir işlemdir. Matris enjeksiyonu en fazla 80°C'ye kadar ısıtılmış kaplarda uygulanabilir. Bu yöntemde

içerideki havanın dışarı çıkarılması ve reçinenin elyaf içine iyi işlemlerini sağlamak vakum tekniği kullanılabilir.



Şekil 2.4 RTM kalıplama yöntemi (Kompozit, 2012)

Elyafın kalıba yerleştirilmesi gerektiği için üretim aşaması uzun sürmekte ve işçilik maliyeti artmaktadır. Çevreye yayabileceği zararlı gaz salım miktarı azaltmak için kalıp kapatılır ve gözeneksiz bir ürün elde edilebilir. Bu yöntemle karmaşık parçaların üretimi sağlanabilir. Concorde uçaklarında, F1 arabalarında bazı parçalar bu teknikle hazırlanmaktadır (Erbaş, 2009).

#### 2.4.14 Otoklav İşleme Tekniği

Otoklav kompozitin üretimi boyunca sıkıştırılmış gaz içeren basınç aletidir. Karmaşık parçaların yüksek kalitede üretilmesi için kullanılır. Bu yöntem büyük parçaların üretimi ve üretim miktarlarını hafifletmek için kullanılır. Otoklav işlemi vakum torba tekniğine göre daha yüksek basınç sağlar ve daha iyi bir sıkıştırma sağlanır. Kompozit parça bir vakum torbasına konular ve kapatılır. Tam veya bölgesel vakum torbaya uygulanır ve torbanın dışından uygulanan basınç daha büyüktür. Basınç polimerin bir miktar kurumasını sağlar. Yüksek ısı polimerin viskozitesini azaltır, kompozitin güçlenmesine yardımcı olur. Güçlendirilmemiş kompozite uygulanan basınç uçucuların vakum portunda hareketini dolayısıyla nemin artmasını ve reçinenin akışını sağlar. Belli sıcaklıkta uygulanan vakum basıncı sıkıştırılmış havanın ve serbest uçucuların orantılı olarak azaltılmasını sağlar. Bu nedenle gözenekli yapı ve boşluklar en aza indirilir. Yüksek basınç aynı zamanda



uçucu malzemelerin erimiş polimerden vakum portuna transferinde etkilidir.

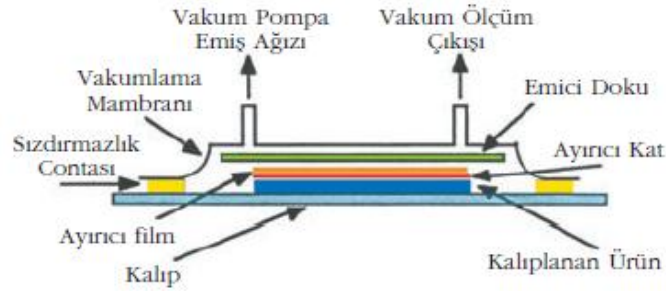
Çoğunlukla kompozit malzeme üretimi için otoklavlar silindirik basınç aleti olarak kullanılır. Kubbeli bitiş, giriş veya kapı gibi kullanılır. Otoklavlar genelde, iç kısma erişimin kolay olması için zemine yatay kurulurlar. Ölçünün belirleyicisi makinenin çapıdır. Büyük çaplı otoklav son derece ince duvarlar gerektirir ve gayet pahalıdır. Üretim otoklavları 1 ila 8 m çapı arasında değişirken araştırma ve geliştirme için kullanılan otoklav çoğunlukla 1 m çapı civarındadır.

Otoklavda alet kuruma süresince ihtiyaç duyulan sıcaklığa ve ürünün kalitesine göre seçilir. Alçı ve ahşap parçalar prototip parçaları üretiminde kullanılabilir çünkü kuruma süresince düşük sıcaklık gerektirir. Dört üretim parçası, polyester, epoksi, alüminyum ve çelik kullanılır. Büyük epoksi parçalar kalıba boyutsal mukavemet vermesi gerektiği için güçlendirilmiş olmalıdır.

Otoklav işlemi büyük oranda enerji, malzeme, endüstriyel gazlar tüketir. Aynı zamanda yoğun işgücü ve zaman tüketir. Otoklavda kuruma ve sağlamlaştırma devri uzun ve hassastır. Çok ince parçalar olduğunda kuruma işlemi birden fazla tekrarlanabilir. Otoklav işlemi genelde en ekonomik üretim şeklidir (Barbero, 1998).

#### ***2.4.15 Vakum Torba Kalıplama Tekniği***

Vakum torba kalıplama işlemi elle yatırma tekniğinden daha gelişmiş bir tekniktir. Karmaşık şekiller, çift kontur içerir ve nispeten büyük parçalar kolayca elde edilir. Bu işlem prensip olarak yüksek basınç kalıplamanın mümkün olmadığı durumlarda uygulanır. Boşlukları elemesi ve sıkışmış havanın ve fazla reçinenin giderilmesi için vakum kullanılır. Selofan (şeffaf kağıt) gibi uygun bir film, polivinil alkol veya naylon yığınının üzerinde yer alır ve kenarlardan özel bir mühürleyici ile mühürlenir (Şekil 2.5). Daha sonra bir vakum film boyunca torbanın üzerine gerilir ve tabaka kurutulur.



Şekil 2.5 Vakum torba kalıplama tekniği (Kompozit, 2012)

Bu işlemden zorunlu aşamalar stoklama, boşaltma sistemine hazırlık ve torbalamadır. Stoklama için gereken kat sayısı her seferinde bir kat olacak şekilde belirli ölçüde kesilir ve kalıba yerleştirilir. Her katın bir önceki kat ile homojen bir şekilde birleşimini sağlamak için ayrı ayrı çalışır ve sıkışmış havayı ve kırımları uzaklaştırır. Stoklamanın sonunda malzeme stoğa kolay salınım ve vakum girişi sağlayan gözenekli, yapışmayan film ile kaplanır. Kontrol kapasiteli bir boşaltma sisteminin bölgesel laminasyonda belirli bir elyaf hacim oranını sürdürürken fazla reçineyi emmesi ve uçuların dışarı atılmasına izin vermesi gerekir. Boşaltım kenarlar boyunca, tepe yüzeyinden veya her ikisinden gerçekleştirilebilir. Bir kenar boşaltımı stoğun çevresinde dar bir boşaltım bezi üzerine kurulur.

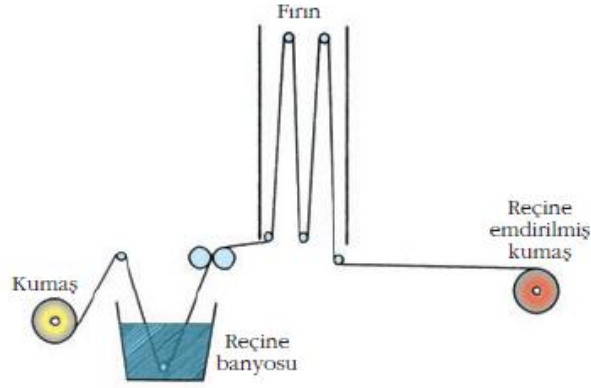
Aynı malzemenin dikey boşaltım katları delikli film üzerine istiflenmiştir. Kenar boşaltımları genelde reçine fazlalığı olan kenarlardan yapılacak şekilde düzenlenmelidir. Parçalar düzenlenmediğinde kenar boşaltımını azaltmak için esnek haznelerin dikey boşaltıcılarla birleşimi sağlanır. Stok kabuk katmanları içerebilir. Bir sonraki yapıştırma işlemi önceden şekillendirildiğinde kabuk katman serbest filmin altında stokla direkt temasla yerleştirilir. Bu işlemde en basit ve ekonomik kalıp ve ekipman kullanılır (Schwartz, 1984).

#### **2.4.16 Prepreg Kalıplama Tekniği (Kalıplama Öncesi reçine emdirilmiş takviye ürünleri)**

Emprenye reçinenin kısmen kurutulduğu veya kalınlaştırıldığı elyaf takviyeli malzemenin emdirilmesidir. Elyaf tek yönlü şeritler halinde düzenlenir, dokuma kumaş veya rastgele doğranmış elyaf tabakalarıdır. Prepreg kalıplama tekniği ile

geleneksel elle yatırma tekniği arasındaki fark şudur, prepreg kalıplama tekniğinde elyafların emdirilmesi kalıplamadan önce yapılır.

Bu teknik genelde yüksek performanslı hava taşıtı parçalarının karışık geometrilerini üretmek için kullanılır. Emprenye işlemi çoğunlukla epoksi reçine sistemlerinde yapılır ve güçlendirme genellikle cam, karbon ve aramid elyafları içerir. Emprenye sistemlerinin çoğunda son aşamada reçine içeriği istenilen miktardan da yüksektir. Bu fazla reçine, sıkıştırılmış hava ve uçuların giderilmesinde yardımcı olur, eğer giderilmezse son aşamada boşluklara sebep olur. Düşük reçine içeriği aynı zamanda mukavemeti etkilemeksizin ağırlığı ve fiyatı düşürür. Emprenye edilmiş malzeme genelde uygun kalınlıkta ve rulolar halinde tedarik edilir (30-60 cm). Normalde kalıba sığacak şekilde kesilir ve ihtiyaç duyulan kalınlık elde edilinceye kadar tabaka tabaka yerleştirilir. Raf ömrü sınırlı olan emprenye edilmiş malzeme reçine kısmen kuruyana kadar dondurucuda bekletilir (Şekil 2.6) (Barbero, 1998).



Şekil 2.6 Prepreg kalıplama tekniği (Kompozit, 2012)

#### 2.4.17 Torba Kalıplama Tekniği

Matristen fazla reçine, hava ve uçuları arındırmak ve kurumadan önce elyafın sağlamlığını arttırmak için tabakalanmış malzemeye homojen basınç uygulanır. Basınç esnek bir torba yardımıyla uygulanır. Tabakalar bir kalıba konulur ve reçine püskürtülür. Ayırıcı film tabakanın iki yanına malzemenin kalıba yapışmasını engellemek için sarılır. Bazen yüzeye bir damga veya şablon yapmak, yapıştırıcının etkisini arttırmak için soyma kumaşı kullanılır. Hava boşaltıcı uçular ve fazla

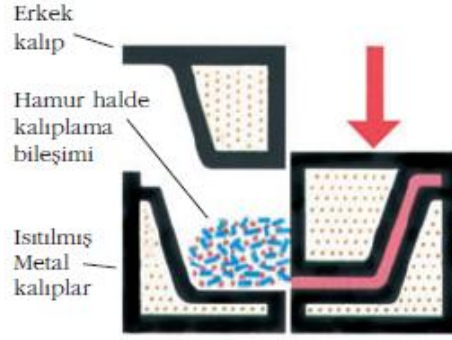
reçinenin vakum portundan uzaklaştırılmasına yardımcı olur. Malzeme daha sonra esnek bir torbayla sıkıca sarılır. Ardından vakumlanır ve parça ısı ve basınç ile kurutulur. Torbanın altından vakumlanırken, atmosferik basınç homojen olarak malzemenin üzerinde etkili olur. Bu dönüşümden sonra istenilen biçime getirilir. Tabakaya basınç uygulamak için üç ana metod vardır; basınç torbası, vakum torbası ve otoklav işlemi (Barbero, 1998).

#### **2.4.18 Basınçlı Kalıplama Tekniği**

Basınçlı kalıplama işlemi eşleşmiş dişi ve erkek metal kalıpların kalıbın şeklini almasını sağlar. Belli miktarda bileşik (elyaf artı reçine) yükü kalıbın içine doldurulur. Hidrolik basınç, ısı ve nispeten yüksek basınç kullanılarak elyaf ve reçinenin kurummasını sağlar. Malzeme kurduktan sonra basınç kaldırılır ve parça kalıptan çıkarılır. Basınçlı kalıp işlemi basit ve pekiştirici bir işlemdir. Parça kurulumu masrafını en aza indirir, malzeme atığını giderir, ikinci bitirme işlemi ihtiyacını ve iş gücü gereksinimini azaltır.

Yüksek hacim ürünlerin her parçasının eş biçimli olması için işlem kolayca otomatikleştirilebilir. Küçük parçalar dakikada 15 parça hızla üretilebilirken büyük parçalar saatte 24 parça olarak üretilebilir.

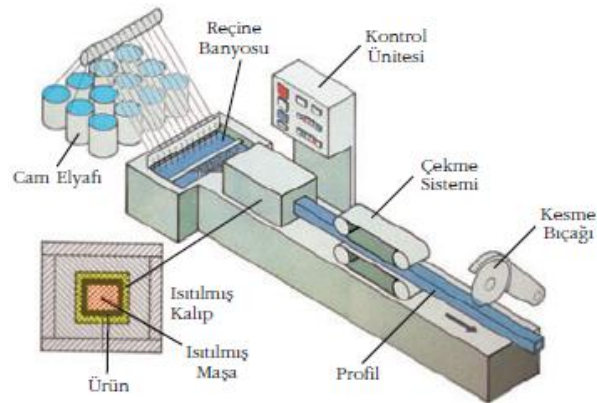
Basınçlı kalıplama tekniğinde pres ekipmanının en önemli ve pahalı parçasıdır. Basınçlı kalıp presler genelde hareketli erkek ve dişi kalıplar ile dikey hareket eder. Kalıbın yüzeyi yüzey sertliğini sağlamak için boyanır veya krom kaplanır. 1 kg ile 75 kg arasındaki parçaları üretmek için kullanılan kalıp basınç ebatları 100 ila 4000 ton arasında değişir. Değişken ekipmanlar son aşamada hızlı kalıplama devrini ve sıkışmış havanın azaltılmasını sağlayan ön ısıtıcı ve ön şekillendiriciler içerir (Şekil 2.7) (Barbero, 1998).



Şekil 2.7 Basınçlı kalıplama tekniği  
(Kompozit, 2012)

#### 2.4.19 Pultruzyon Tekniği

“Pultruzyon yöntemi, malzemenin kalıp boyunca çekilerek üretilmesi yöntemidir. Pultruzyon hattının çalışma prensibi; makineden ayrı bir bölümde bulunan elyaflar bobinlerden çekilir ve ilk olarak matris malzemesi olan reçine içinden geçerek ön kalıp olarak adlandırılan bölümden geçerken içlerindeki hava ve fazla reçineden arınır. Ön kalıptan çıkan malzemenin kullanım yerinde atmosfer ve diğer dış etmenlerden korunması için esas kalıba girmeden önce yüzeyi kaplanır. Kalıptan çıkan profiller paletler tarafından çekilmesi suretiyle sistemin sürekliliği sağlanır ve son işlem olarak istenen uzunluğa gelen malzemenin bıçaklar vasıtası ile kesilmesi sonucu işlem tamamlanmış olur.” (Şekil 2.8) (Özmeral, 2006).



Şekil 2.8 Pultruzyon tekniği (Kompozit, 2012)

Bunların yanında yüzey tülü, yüzey düzgünlüğünü sağlamak ve dış ortam etkilerini azaltmak için termoplastik en çok kullanılan takviye malzemesidir. Bu teknikte kullanılan reçineye çeşitli dolgu malzemeleri katılarak farklı özellikler elde edilebilmektedir. Maliyeti düşürmek için 3-6 mikron boyutundaki kalsiyum karbonat, alev dayanımı istendiğinde alüminyum hidroksit, korozyon dayanımı istendiğinde kil, elektriksel izolasyon istendiğinde alüminyum trihidrat gibi dolgu maddeleri kullanılabilir (Özmeral, 2006).

## BÖLÜM ÜÇ

### YAPIDA KULLANILAN KOMPOZİT YAPI ELEMANLARININ TÜRLERİ VE PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

#### 3.1 Kompozit Malzeme Türleri

Kompozit malzemeler birden fazla malzemedan meydana gelmektedir. Bunun yanında malzeme kökenine göre sınıflandırılır. Bu çalışmada kompozit malzemeler metal esaslı, polimer esaslı, mineral esaslı ve ahşap esaslı olmak üzere dört ana gruba ayrılarak incelenmiştir.

Bu çalışmada ele alınan malzemeler üretim tesislerinde hazırlanır, uygulanacak mekana bu şekilde taşınır ve montajlanır. Metal esaslı kompozit malzemeler tabakalı olarak nitelendirilen önyapım levhalardan oluşmaktadır. Polimer esaslı olanlar ise onarım ve güçlendirme amaçlı kullanılan, yüksek mukavemetli malzemelerdir. Mineral esaslı olan kompozit malzemeler harç hazırlanarak kalıplanan ve uygulamaya hazır hale getirilen malzemelerdir. Son olarak ahşap esaslı kompozit malzemeler bölümünde tabakalı, lifli veya parçacıklı olmak üzere geniş bir yelpazedeki malzemeler ele alınmıştır. Daha sonra malzemeler tablo haline getirilerek birbirleriyle kıyaslanmıştır.

##### *3.1.1 Metal Esaslı Kompozit Malzemeler (MMCs- Metal Matrix Composites)*

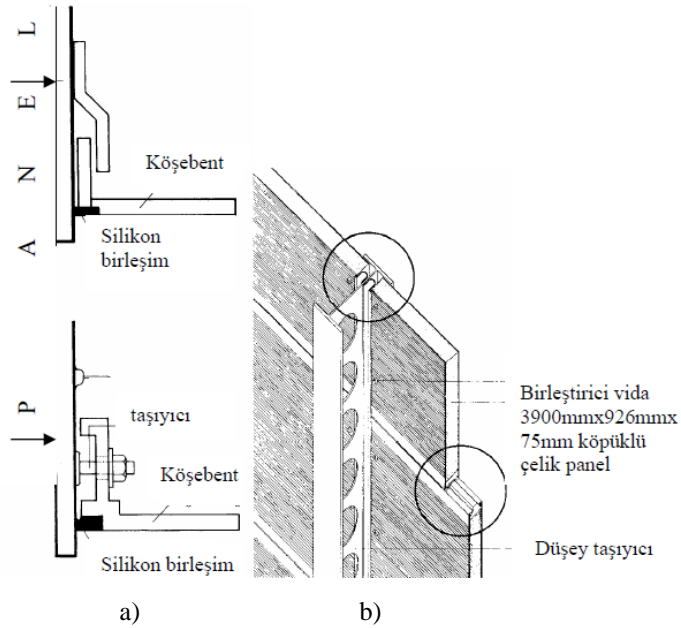
Metal esaslı kompozit malzemeler genelde ileri malzemeler olarak kabul edilirler. Çünkü bu malzemeler yüksek sertlik, yüksek dayanım- yoğunluk oranı, korozyon direnci ve bazı özel durumlarda elektrik ve termal özellikleri birleştirirler. Bu özelliklerin bir araya gelmesi uçak sanayiinde kullanılmasına olanak sağlar. Bu malzemelerde otomotiv endüstrisinde matris malzeme olarak alüminyum veya magnezyum ve takviye elemanı olarak silikon karbür ve bor nitrür gibi seramik elyaflar kullanılır (Cardarelli, 2008, s1020).

Kompozit malzemelerde metalik matrislerin kullanılmasının sağladığı avantajlar şunlardır; yüksek mukavemet ve yüksek elastik modül, yüksek tokluk ve darbe özellikleri, sıcaklık değişimleri veya ısıl şoklara karşı düşük duyarlılık, yüksek yüzey dayanımı ve yüzey hatalarına karşı düşük duyarlılık, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, değişik yöntemlerle şekillendirilebilme ve işlenebilme özellikleri (Özkarakoç, 2002).

Metal matrisli kompozitler boron, karbon veya seramik elyaflarla güçlendirilmiş metal veya alüminyum, magnezyum, titanyum, bakır gibi metal alaşımlarını içerir. Maksimum kullanım sıcaklığı metal matrisin yumuşama ve erime sıcaklığı ile ilgilidir (Erbil, 2008).

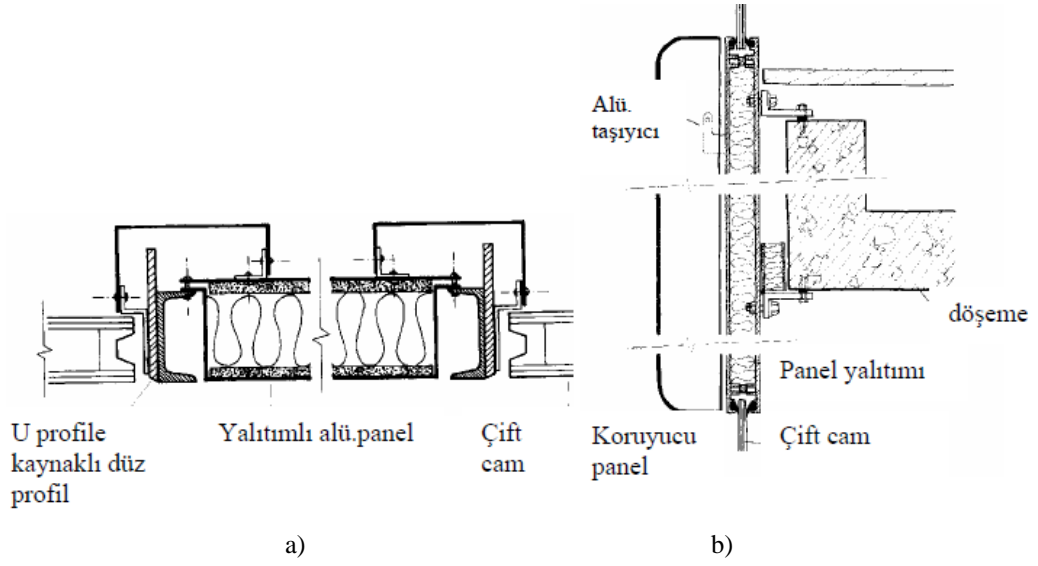
Profil kompozit levhaların üstünlükleri sürekli seri üretilerek ekonomik olmasıdır. 10 m uzunluğa kadar üretilen levhalar, strüktüre sabitlenmiş taşıyıcı ızgaraya yerleştirilecek şekilde tasarlanır. Kompozit paneller;

- Taşıyıcı çerçeveye oturan bükülmüş düz levha (Şekil 3.1.a)
- Köpük dolgulu panel (Şekil 3.1.b)
- Lamine paneller (Şekil 3.2.a)
- Koruyucu panel, olarak sınıflandırılabilir. (Şekil 3.2.b)



Şekil 3.1.a) Taşıyıcı çerçeveye asılan/vidalanan düz levha; b) Köpük dolgulu panel (Eşsiz ve ark., 2004)





Şekil 3.2 a) Lamine paneller; b) Koruyucu/kesici panel (Eşsiz ve ark., 2004)

Yalıtım malzemesi levhanın arkasına serbest olarak yerleştirilmiş ya da arka yüzeyine yapıştırılmış olabilir. Kompozit metal panellerin düzenlenmesinde iki ana durum söz konusudur. Birincisi; profillendirilmiş metal levha ile ona yapıştırılmış kaplamadan oluşan levhalar, ikincisi; bağlantıları olmadan sonradan dik konuma getirildiğinde de levha karakterini koruyan levhalardır. levhaların dolgusu yapıştırıldığı iki yüzey levhasına dayanıklılık kazandırır ve aynı zamanda ısı yalıtımı sağlar.

Sandviç panellerin en önemli özelliği yük taşıyıcı olmalarıdır. Ayrıca bu malzemeler çok az bakım gerektirir (Eşsiz ve ark., 2004).

*“Petek çekirdekli paneller, çelik ve alüminyum levhaların arasına alüminyum veya kraft kağıdı yerleştirilmesiyle üretilmektedir. Tek katmanlı ve kompozit levhalar: bir alüminyum ya da çelik şerit levhanın soğuk şekillendirme yolu ile oluklu veya trapezoidal biçim verilmesi ile yapılır. Cepheye, çatıya gelen yükleri taşıyan bu plakların mukavemeti, levhaların derinliğine bağlıdır. Yağmurdan korunmak için bu levhalar, levhaların ucundaki ve profilin kenarlarındaki binilerden monte edilir. Profilli levhalar büyük çatı, penceresiz duvar yüzeyleri olan tek katlı yapılarda çatı ve duvar kaplaması şeklinde kullanılır. Kompozit veya*

*çok katmanlı elemanlar genellikle iki yüzeyindeki hafif metal levhayla plastik çekirdekten oluşur. Levhaların birbirine tespiti bulon, vida, perçin ve klipslerle yapılabilir. Çok katmanlı levhaların oldukça pahalı olmasına karşın, büyük stabilitesi, hafif olması yapım işlemlerine kolaylık getirir, taşıyıcı sistem maliyetini azaltır bu şekilde ekonomik cepheler elde edilir” (Eşsiz ve ark., 2004).*

*Taşıyıcı Çerçeveye Asılan/Vidalanan Düz Levha:* Bu tip paneller 3-6 mm kalınlığındaki metal panellerin taşıyıcı ızgaraya sürülerek veya vidalanarak sabitlenir. Bu levhaların sağlamlığı levhanın kalınlığına ve sabitleyici sayısına bağlıdır.

*Köpük Dolgulu Panel:* Poliüretan ve poliizosiyanürat köpükler üretim sırasında çekirdek olarak doldurulur.

*Lamine Paneller:* Lamine paneller genellikle pencere kapı ve jaluilerde kullanılır. Çok sayıda büyük lamine paneller, üst üste konularak ısı altında preslenir. Polistiren mineral yün ve petek kağıt çekirdeğe yerleştirilerek lamine paneller üretilir. Bal peteği çekirdek boşluklarına yapıştırırmada avantajlıdır ve panel yüzeyleri için iyi yapıştırıcıdır.

*Koruyucu/Kesici Panel:* Bu taşıyıcı çerçeveye asılı veya vidalı olan levhalar ile lamine panelin birleştirilmesidir. 4mm- 6mm kalınlığındaki alüminyum levha lamine panelin önüne sabitlenerek iki levha arasındaki havalandırılmalı boşluk dış hava şartlarından korunur (Eşsiz ve ark., 2004).

### 3.1.1.1 Alüminyum Kompozit Panel

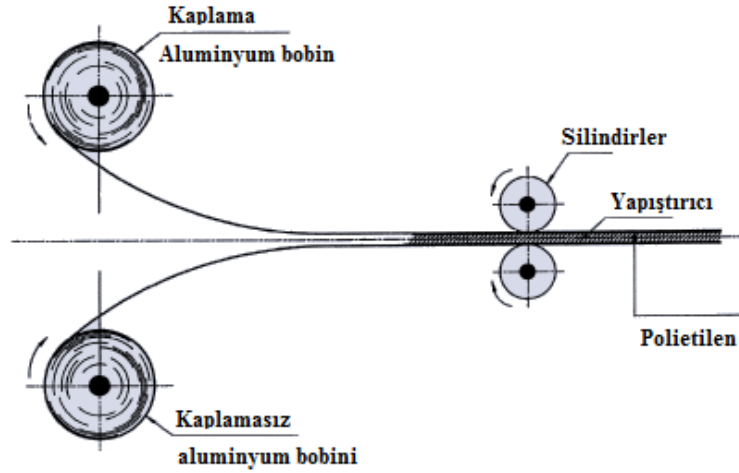
Alüminyum kompozit panel iki ince alüminyum yaprağı arasında bulunan toksik olmayan polietilen çekirdekten oluşmaktadır. 2, 3 ve 5 mm olmak üzere farklı kalınlıklarda üretilmektedir. Alüminyum kalınlığı 0.50 mm veya 0.30 mm 1000, 1250, 1500 ve 2000 mm genişlik ve 1000 ila 5000 mm arasında uzunluklarda üretilmektedir. Çekirdek ve alüminyum levhalar yüksek sıcaklıklarda eş zamanlı

kimyasal ve mekanik uygulamalarla birleştirilirler. Sonuçta toplam kalınlığı 3, 4 ve 6 mm olan güçlü ve son derece rijit, düz kompozit paneller elde edilir.

Alüminyum kompozit panelleri üretmek için; bobinler şeklinde 0.50 veya 0.30 mm kalınlığında alüminyum levhalar, polietilen ve özel bir yapışkan madde kullanılır. Alt ve üst rulolar presleme ünitesinde hareket ettirilerek açılır. Erimiş plastik, özel yapıştırıcı ile karıştırılır ve iki alüminyum levha arasına sızdırılır.

İki alüminyum levha ve polietilen ile karıştırılan yapıştırıcıdan oluşan bu üç parça, rijit ve yüksek mukavemetli bir malzeme olana kadar yüksek basınç altında preslenmektedir (Etabond kataloğu, 2010, www.etem.gr).

Standart ve normları; : DIN 54001 – ISO 4586/II'dır (Esen, Y. ve Yılmaz, B., 2007). Üretim yöntemi Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



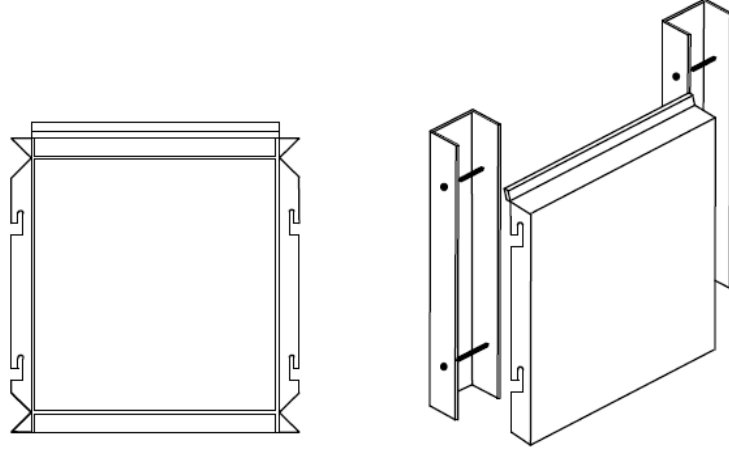
Şekil 3.3 Alüminyum kompozit malzeme üretimi (Etabond kataloğu, 2012)

Kompozit panel alırken dikkat edilmesi gereken 3 önemli unsur vardır:

- 1- Levhanın kalınlığı,
- 2- Levhanın alüminyum kısmının kalınlığı (cidarı),
- 3- Boya kalitesi PVDF veya POLYESTER (atlasaluminum.com, 2012).

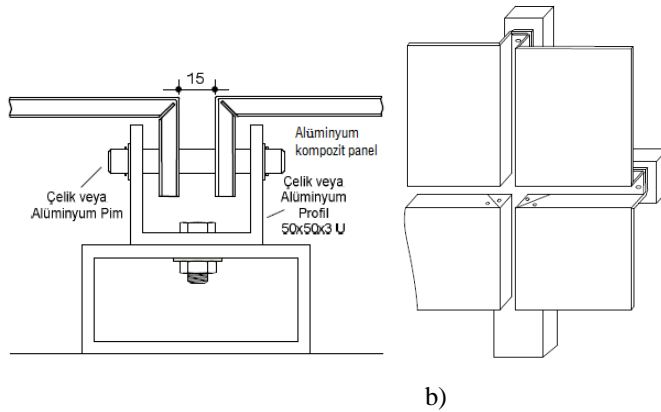
Alüminyum kompozit panel yapıların iç ve dış cephe uygulamalarında, restorasyon uygulamalarında, dekorasyon ve kolon-kiriş kaplamalarında, saçak ve tavan kaplamalarında kullanılmaktadır (Zahitbond, 2010).

Kompozit Paneller şekil 3.4’de görüldüğü gibi kaset haline getirilip montajı yapılabilir.



Şekil 3.4 Alüminyum kompozit paneller (Albond, 2008)

Kaset sisteminin bağlı bulunduğu profil alüminyum ya da çelik malzemeden olabilir. Bu sadece kasetin bağlı olacağı tırnağın geçeceği kısımda olabileceği gibi tek bir parça halinde de olabilir. Kompozit panelde aralık 15 mm olacak şekilde diğer kaset konstrüksiyon üzerinde bulunan tırnaklara geçirilir (Şekil 3.5). Bu şekilde montaj yapımı imalat süresini kısaltır, hızlı biçimde montaj yapımına olanak verir (Albond, 2008).

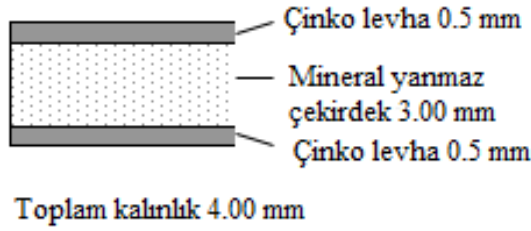


Şekil 3.5 a) Alüminyum kompozit panel detayı; b) Kaset görünüşü (Albond,

### 3.1.1.2 Çinko Kompozit Panel

Çinko kompozit malzeme, üst kısmında çinko tabaka, orta kısmında yanmayan mineral çekirdek ve en altta çinko veya alüminyum tabakadan oluşur. Çinko kompozit malzeme özellikle pervaz, tente, korkuluk, dış cephe ve çatı kaplamaları gibi dış mekanlarda uygulanmaktadır (Şekil 3.6).

Çinko kompozit; 0,4 mm kalınlığında iki çinko tabakası arasında 3,2 mm yanmaz mineral çekirdek veya 0,4 mm çinko tabakası 3,1 mm mineral çekirdek ve 0,5 mm alüminyum tabakadan oluşmaktadır. Çinko yüzeyin üstü geri dönüştürülmüş kimyasal katmanla kaplanmaktadır (www.alpolic.com).



Şekil 3.6 Çinko kompozit panel kesiti (Alpolic, 2012)

Çinko yüzeyinde biriken kimyasal maddeler siyah veya beyaz lekeler yol açabilir. Bu lekeler genellikle seramik fayanslarda asit temizleyiciler, kaplıcalardaki kimyasal bileşenler ve kıyısız alanlardaki tuzlu bileşenler ile ortaya çıkabilir. Bu durumda, birikmeyi engellemek için kimyasal maddeleri su ile yıkamak gerekir. Benzer olmayan metaller arasındaki temas nemli şartlar altında elektrokimyasal bir reaksiyona yol açar. Çinko, bakır ve demirden daha düşük bir korozyon potansiyeline sahip olduğu için, galvanik korozyon bu gibi metallerle temasa geçer ve çinko alayım korozyonunu hızlandırır. Çinko kompozit panellerini birleştirmek için paslanmaz çelik veya alüminyumdan yapılmış perçin ya da civatalar kullanılmalıdır. Çinko yüzey yıllar süren bir ayrışma sonucunda doğal sabit bir tabakaya ulaşır. Doğal tabakanın temel bileşeni çinko karbondur ama diğer çinko bileşenlerinden de küçük miktarlar bulundurulabilir ve böylece renk çevre şartlarına bağlı olarak değişik tonlar

alabilir. Bu geçiş çok yavaş oluşur ve renk değişimi neredeyse görünmez. Çinkonun korozyona uğrama ihtimali diğer metallere daha düşüktür. Korozyona uğrama ihtimalleri daha yüksek olan elik ve bakırla temasa geçtiğinde nemli şartlar altında hızlandırılmış bir çinko korozyonuna sebep olabilir. Paslanmaz elik yüzeyde inaktif tabakalar oluşturur ve bu tür bir hızlı çinko korozyonuna sebep olmaz. Biriken su çinko alaşımda ciddi bir korozyona sebep olabilir. Bu nedenle, birikmeyi önlemek için tasarım yapılırken uygun bir nem kurutma işlemine izin vermesi gerekir (şekil 3.7) (Duran, 2008).



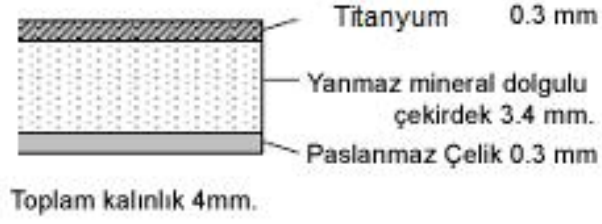
şekil 3.7 çinko kompozit panel uygulaması (Huayuanfu, 2012)

### 3.1.1.3 *Titanyum Kompozit Panel*

Titanyum kompozit panel en üstte 0,3 mm kalınlığında titanyum tabaka, ortada yanmaz mineral çekirdek ve en altta 0,3 mm kalınlığında paslanmaz elik tabakadan oluşmaktadır. Titanyum metali oda sıcaklığında sağlam oksit film gibi çabuk şekil almaktadır ve korozyon direnci yüksektir. Titanyum kompozit panel dış cephe kaplaması ve yüksek koroziif ortamlarda bulunan binaların çatı kaplamaları için uygundur. Yüksek rijitliğe sahiptir ve hafif bir malzemedir (şekil 3.8) ([www.alpolic.com](http://www.alpolic.com)).

Japonya'da titanyum kompozit levhalar, yanma testlerinden baz alınarak yapılan ısı verme testi ve gaz toksisite testinin sonuçlarına göre i ve dış yüzeylerde yanmaz bir malzeme olarak kabul edilmiştir. DIN 4102 göre B1 sınıfı (tutuşmaz) malzemedir (Duran, 2008).

### Malzeme Kompozisyonu



Şekil 3.8 Titanyum kompozit panel kesiti (Alpolic, 2012)

Şayet birleştirme için farklı metaller kullanılırsa, farklı metalleri galvanik korozyondan korumak için panel detaylarının ona göre dizayn edilmesi gerekmektedir. Titanyum ve paslanmaz çelik korozyon potansiyeli açısından asil bir metaldir ve nemli şartlarda asil metal daha az korozyona uğrar. Birleştirme için paslanmaz çelikten yapılmış perçin veya cıvata kullanılır. Aksesuarlar için eğer gerekirse paslanmaz çelikten kenar kullanılır. Alüminyum ekstrüzyonları aksesuarlar için kullanıldığında, alüminyum yüzeyi anotlama ya da boya kaplamayla elektriksel olarak yalıtılmalıdır (Şekil 3.9) (Duran, 2008).



Şekil 3.9 Titanyum kompozit panel (Yapı, 2012)

#### 3.1.1.4 Çelik Kompozit Panel

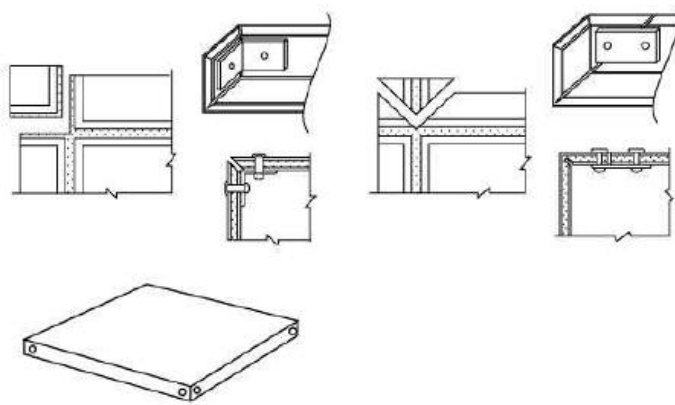
**3.1.1.4.1 Paslanmaz Çelik Kompozit Panel.** Paslanmaz çelik kompozit panel yanmaz mineral çekirdek ve alt ve üstte 0,3 mm kalınlığında paslanmaz çelik iki

levhadan oluşur. Dış cephe kaplaması ve çatı örtüsü olarak uygulanmaya uygundur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Paslanmaz çelik kompozit malzeme üretimi(Alpolic, 2012)

Paslanmaz çeliğin işlenebilirliği düşüktür ve kesme ve kanal açma işlemleri için özel ekipmanlar gereklidir. Öncelikle arka yüzey kesilir ve çekirdek matkapla çıkarılır. V şeklinde kanal açılır. Kanal açılan paneller katlanır. Düz bir panel üretmek için kenarlardan 25 mm oluk açılır. Dört köşe çıkartılır ve dört taraf katlanır. Montajdan sonra gerekirse su penetrasyonunu engellemek için arkadan contalanır. Montaj için farklı metaller kullanılacaksa panel galvanik korozyonu engellemek üzere tasarlanmalıdır. Paslanmaz çelik korozyon potansiyeli yüksek olan bir soy metaldir. Birleşim için paslanmaz çelikten cıvata/somun kullanılır (Şekil 3.11) (Mitsubishi, 2008, <http://www.alpolic.com>).



Şekil 3.11 Paslanmaz çelik kompozit panel kesit örnekleri (Alpolic, 2012)



Çinko, titanyum ve paslanmaz çelik kompozit paneller aynı yöntemle birleştirilir ve montajlanırlar. Bu kompozit panelleri birleştirirken, alüminyum kompozit malzemeler için kullandığımız alüminyum profilleri ve detaylar kullanılır. Alüminyum profilleri normal şartlarda yüzey düzlemesi gerektirmez. Ancak çinko, titanyum ve paslanmaz çelik kompozit panelleri nemli ve korozyif ortamlarda bulunduğu, galvanik korozyonu önlemek için cephe paneli ve alüminyum arasında elektrik yalıtımını sağlamak için alüminyum profili boya ile kaplanır. Kompozit cephe paneli ve alüminyum profiller arasındaki bağlantıyı kurmak için perçin ve cıvata kullanılır. Perçinleme işlemi tek doğrultudan yapılır. Galvanik korozyonu önlemek için alüminyum ya da paslanmaz çelikten yapılmış cıvata ve kılavuz cıvata kullanılır (Duran, 2008). Japonya’da paslanmaz çelik kompozit panel, yanma testlerinden baz alınarak yapılan ısı verme testi ve gaz toksisite testine göre iç ve dış yüzeylerde yanmaz bir malzemedir. DIN 4102 göre B1 sınıfı tutuşmaz malzemedir (Duran,2008).

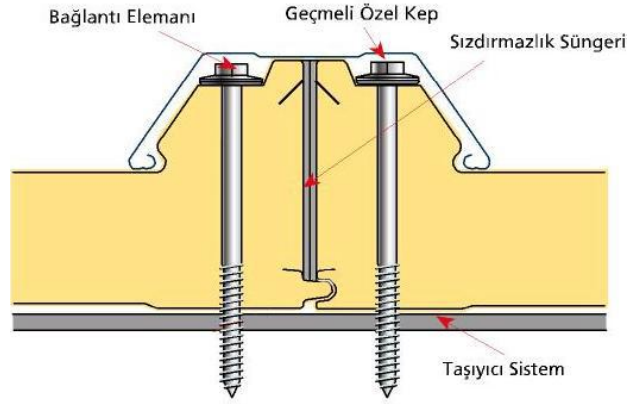
Paslanmaz çelik korozyon potansiyeli açısından asil bir metaldir ve nemli şartlarda asil metalin daha az korozyona uğrar. Birleştirme için paslanmaz çelikten yapılmış perçin veya cıvata kullanılır. Aksesuarlar için şayet gerekirse paslanmaz çelikten yapılmış kenar kullanılır. Alüminyum ekstrüzyonları aksesuarlar için kullanılacaksa alüminyum yüzeyi anotlama ya da boya kaplamayla elektriksel olarak yalıtılır (Şekil 3.12) (Duran,2008).



Şekil 3.12 Paslanmaz çelik kompozit panel kesiti (Alpolic, 2012)

**3.1.1.4.2 Galvaniz Trapez Saç Kompozit Panel.** Trapez saçtan oluşan kompozit elemanlara, trapez şekli verilmiş iki yüzeyi galvanize edilerek korozyon dayanımı sağlanmıştır. Galvaniz trapez saç kompozit paneller vida ile birbirlerine ve alttaki

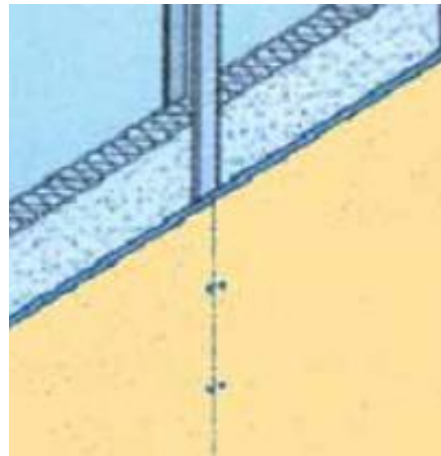
metal cephe konstrüksiyonuna sabitlenirler. Gizli vidalı cephe uygulaması ile paneli taşıyıcı konstrüksiyona bağlayan bağlantı elemanlarının görünmesi engellenir. Diğer bir uygulama kepli sistemdir. Bu sistemde vida ile montaj yapıldıktan sonra sistem birbirine geçmeli bir kep ile kapatılır (Şekil 3.13) (Duran,2008).



Şekil 3.13 Galvaniz trapez saç kompozit panel detayı  
(Assan panel, 2010)

### 3.1.1.5 Magnezyum Kompozit Panel

Magnezyum kompozit panel lamba-zıvana kenarlı olarak uygulanacak ise, 14 mm ve üzeri kalınlıkta levhalar kullanılmaktadır. Levhalar 10 mm kalınlığa kadar bir mastar yardımıyla, nitelikli bir maket bıçağı ile rahatlıkla kesilebilir veya birden fazla plaka üst üste konularak seygar motorlu el testeresi ile kesilir. Levhalar ile yapılan duvar ve tavanların derzleri derz bandı ve iç - dış macunu uygulamak sureti ile bitirilir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Magnezyum kompozit malzeme birleşimi (Dragonboard, 2011)

Levhaların montajında, galvanize edilmiş havşa başlı matkap uçlu vidalar ile havşa başlı sivri uçlu vidalar kullanılır. Vidalar, panel kenarından 1,5 ila 2 cm mesafe ile monte edilir. Vida boyları 2,5 cm ile 3,5 cm'dir. Bölme duvarlarda 10 mm, 12 mm, 14 mm levhalar kullanılır. Çatılarda, ahşap esaslı plakaların yerine, 12 mm, 14 mm veya 16 mm, levha kullanılır. Levhalar, yükseltilmiş döşeme olarak kullanılacak ise; 14 mm ve üzeri kalınlıklarda plakalar tercih edilmelidir. Yükseltilmiş döşeme demir profiller ile veya sabit ayaklı ve kuşaklı hazır yükseltilmiş döşeme sistemleri ile kullanılır. Zemine yapıştırılmak suretiyle kullanılacak levhalar ise, istenilen boyutta kesilerek, zemine uygun yapıştırıcılar kullanılarak sabitlenir. Bu yapıştırıcılar; seramik yapıştırma harcı, flexmortel, poliüretan köpük, akrilik mastik olabilir. Levhalar dış cephe duvar yapımında, saçak altlarında, binaların dış cephelerinin kaplanmasında kullanılır (Dragonboard, 2011).

### 3.1.1.6 Bakır Kompozit Panel

Bakır kompozit panel ahşap gibi kolay işlenebilir bir malzemedir. Bakır kompozitin galvanik korozyonunu engellemek için farklı metallerle teması engellenmelidir. Montaj yapılırken paslanmaz çelik bağlantı elemanları ve yalıtım kaplaması ve dolgusu kullanılmalıdır. Aynı zamanda, montaj öncesi, koruyucu filminden çıkarıldıktan sonra parmak izi bırakmamaya özen gösterilmelidir. Bakır doğal bir metaldir ve bobinden bobine görünüş olarak varyasyonları olacaktır. Bir bina için tüm paneller aynı şekilde üretilmelidir. Çevre koşulları nedeniyle doğal bakır yüzeyi okside olur ve görünüşte bazı değişiklikler olabilir (Şekil 3.15) (Alpolic, 2011).



Şekil 3.15 Bakır kompozit panel  
(Leohuang98, 2012)

Bakır kompozit panel yapıştırıcı kullanılmadan üstte bakır levha, ortada yanmaz polietilen mineral çekirdek ve en altta alüminyum levha ile yüksek ısı ve basınç altında sürekli bir proseste üretilir. Çatı, cephe ve duvar kaplamaları gibi iç ve dış mekanlarda uygulanabilir (Unibond, 2009). Çekirdek boşluk ve/veya hava ve köpük izolasyonu içermez. Çekirdek ve yüzey arasında kimyasal bir bağ oluşturulur. Ürünler malzemeler arasında yapıştırıcı kullanılmadan levha levha üretilmektedir (Şekil 3.16) (Alcoa, 2012).



Şekil 3.16 Bakır kompozit panel  
(Bizimevindekoru, 2012)

### ***3.1.2 Polimer Esaslı Kompozit Malzemeler (PMCs- Polymer Matrix Composites)***

En yaygın kompozitlerdir ve aynı zamandan elyaf takviyeli polimerler olarak bilinirler. (FRPs) veya eskiden reçine bazlı kompozitler olarak bilinirlerdi (RBCs). Bu kompozitlerde matris olarak polimer bazlı reçine ve e-cam, karbon monofilamentler ve poliaramid gibi çeşitli elyafları takviye olarak kullanılır (Cardarelli, 2008).

Polimer matrisli kompozitler, camla güçlendirilmiş termoset (epoksi, poliamid, polyester) veya termoplastik (poli-eter-eter-keton, polysülfon) reçineleri, karbon (grafit), aramid (kevlar) veya boron elyafları içermektedir. Nispeten düşük sıcaklıklarda kullanılmalıdır (Erbil, 2008).

### 3.1.2.1 Elyaf Takviyeli Plastik (FRP- Fiber Reinforced Plastic)

Son 60 yıldır, 2. dünya savaşından bu yana, elyaf takviyeli polimerin (FRP) karmaşık uygulamalarda ihtiyacı karşılayabilmesinin yanı sıra, mükemmel direnci ve ağırlığından dolayı birçok yapısal uygulamalarda kullanılmıştır. Elyaf takviyeli polimerin mühendisleri bu malzemeleri birçok strüktürel formlarda kullanmaya teşvik eden birçok yararı vardır.

Bu yararlar; ağırlık oranına göre yüksek dayanım, eski yapılara güçlendirici veya onarıcı olarak sonradan eklenebilmesi, düşük bakım gerektirmesi, çevresel etkilere karşı dayanıklılık ve karmaşık bir yapıda kullanılabilmesi olarak özetlenebilir.

Son yıllarda elyaf takviyeli polimerin inşaat mühendisleri tarafından yapılarda kullanımı artmaktadır. Fiber kompozit elemanlar birçok ülkede yaya ve araç köprüleri gibi büyük ölçekli yapılarda kullanılmaktadır (Şekil 3.17) (Awad, Z.K. ve ark., 2010).



Şekil 3.17 FRP'nin betonarme bir kolonda gösterilmesi (Yonteminsaat, 2008)

Bu malzemeler, başta ABD olmak üzere birçok gelişmiş ülkede test edilerek onaylanmıştır (Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi- Değerlendirme Raporu. 05.10.1999) United Airlines, Mitsubishi, ITT Sheraton gibi firmalar depremden zarar gören binalarının onarımında FRP kompozit malzemeler kullanmışlardır.

Özellikle köprüler, beton su boruları, ve korozyon dolayısıyla yapısal zayıflamanın görüldüğü yapılarda hızlı, ekonomik ve uzun ömürlü çözümler kompozit malzemeler ile sağlanmaktadır. Su yapılarının tamir ve güçlendirilmesinde, şu an için, tek çözüm olarak görülmektedir (Şekil 3.18) (Çetinkaya, 2002).



Şekil 3.18 FRP uygulaması (Özcan, 2005)

Uçak ve otomobil sanayinde kullanılan fiber takviyeli polimerler (FRP) günümüzde yapı sektöründe, yapı elemanlarının güçlendirilmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. FRP 'ler, depreme karşı yapıların güçlendirilmesinde hazır karbon fiber takviyeli polimer örtüler halinde kullanılır. Kumaşa benzer elyaflar genellikle 0,30-0,60 metre eninde rulolar halinde piyasada bulunur. Yapı elemanları üzerine reçine sistemi ile uygulanan FRP çok yüksek çekme dayanımına sahiptir. Ancak bu dayanım, malzemenin uygulanış şekli ve işçilik kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Sonuçta ortaya çıkan kompozit malzemenin özellikleri kullanılan elyaf miktarı ile yakından ilgilidir (<http://www.yonteminsaat.com.tr>).

*“...Örneğin, bol reçineli bir uygulama, karbon elyafın elastisite modülü ve dayanımı ne denli yüksek olursa olsun, ortaya çıkan kompozit malzemenin elastisite modülünü ve dayanımını büyük ölçüde düşürür. Öte yandan, kullanılması öngörülen özel çelik rulolar ile reçine fazlası alınan uygulamalarda elastisite modülü ve çekme dayanımı önemli ölçülerde artar. Bu değişimlerden dolayı, her uygulama için çekme deneyi yapmak ve malzeme özelliklerini deneysel olarak belirlemek gerekebilir...”* (<http://www.yonteminsaat.com.tr>).

Uygulamada ilk olarak onarıma hazır hale getirilmiş beton yüzeyine aderansı arttırmak üzere epoksi esaslı bir astar tabakası fırça ile sürülür. Bu tabakanın üzerine yüzeyi tesviye etmek ve küçük boşlukları doldurmak için yine epoksi esaslı macun mala ile uygulanır. Yüzeyin tesviyesinden sonra epoksi esaslı bir yapıştırıcı yüzeye fırça ile uygulanır ve tabaka yapıştırılır. Aynı yapıştırıcı tabakaların üzerine de fırça ile sürülerek, UV dayanıklı bir boya ile yüzeyin boyanmasıyla işlem tamamlanır. (Şekil 3.19) (<http://www.yonteminsaat.com.tr>).



Şekil 3.19 FRP uygulanmış giriş (Yonteminsaat, 2008)

Kompozit sistem aşağıdaki malzemelerden meydana gelir:

- Yüzey düzeltme macunu
- Epoksi yapıştırıcı
- Kompozit ürünler (Karbon, aramid, cam)
- Koruyucu kaplama (Sıva, boya)

(<http://www.osom.com.tr>).

### 3.1.2.2 Karbon Elyaf Takviyeli Polimer (CFRP - Carbon-fiber-reinforced polymer)

Karbon elyaf takviyeli polimer matrisli kompozitler (KFK), yüksek yük taşıma kapasitesine ve alçak yoğunluğa sahiptirler bu nedenle hafif yapıların tasarımı ve imalatında kullanılmaya uygundurlar (Erden ve ark., 2009).

*“Yüksek performanslı kompozitlerde termosetlerin yaygın olarak kullanımının yanı sıra, termoplastikler de düşük su absorpsiyonu, yüksek sıcaklıklarda*

*kimyasal direnç, yüksek darbe dayanımı, şekillendirilebilirlik, boyutsal kararlılık, geri dönüşüm, toksik ve korozyif olmama gibi çeşitli özellikleri nedeniyle talep görmeye başlamıştır. Diğer yandan, düşük çözünürlük, yüksek erime viskozitesi, reaktif grupların azlığı gibi nedenlerden dolayı, termoplastiklerde fiber/matris ara yüzeyinde gerekli bağı sağlamak termosetlere göre daha zordur. Bu yüzden, fiber yüzey işlemleri ya da matris modifikasyonu gibi değişik yöntemlerle fiber/matris ara yüzey özelliklerinin iyileştirilmesi gerekir” (Şekil 3.20) (Erden ve ark., 2009).*



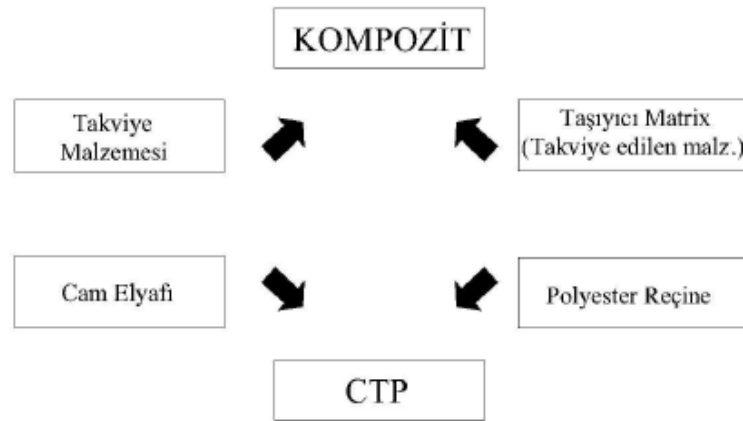
Şekil 3.20 CFRP uygulaması (Carbonfiber, 2010)

Güçlendirme yapmak için malzemenin uygulanacağı yüzey temizlenmeli, seviyelendirilmelidir. Yüzeydeki pürüzlülük en fazla 0,5 mm olmalıdır. Yüzeyin düzgün olup olmadığı düz ve ince bir metal plaka ile kontrol edilmelidir. Maksimum tolerans 2 m uzunlukta 10 mm ve 0,3 m uzunlukta 4 mm olmalıdır. Beton, yığma veya doğal taş uygulama zeminin oluşturabilir. Güçlendirmenin uygulanacağı yüzeyin dayanımı önceden tespit edilmelidir. Hazır hale getirilmiş beton yüzey, en az  $1,5 \text{ N/mm}^2$  çekme dayanımına sahip olmalıdır. Ortalama olarak  $2 \text{ N/mm}^2$  çekme dayanımına sahip olması yeterlidir. Beton yaşı 28 günlükten fazla olmalıdır. Yüzeyler sağlam, kuru, temiz ve çimento şerbeti, buz, göllenmiş su, gres, yağlar, eski yüzey kaplamaları, kür malzemeleri ve tüm gevşek maddelerden arındırılmış olmalıdır. Beton temizlenmeli ve çimento şerbeti olmayan, yüzey kirliliklerinden arındırılmış ve gözenekleri temiz olmalıdır (Sika broşürü, 2009).



### 3.1.2.3 Cam Elyaf Takviyeli Plastik Levha (CTP) (GFRP- Glass Fiber Reinforced Polymer)

“Cam elyaf takviyeli polimerin standart matris malzemesi polyester reçine ise de diğer fenolitik içeren termoset malzemeler epoksi ve poliüretan da kullanılabilir. Sürekli fitil veya kıyılmış tel cam elyaflar çok amaçlı kullanılır. Ancak en dayanıklı ürünleri dokuma işi ve tek yönlü hizalanmış lifler ile elde edilir. Cam elyaf aralıkları ihtiyaç duyulan mukavemete göre genelde % 20-80 ağırlığındadır. Genel olarak havacılık endüstrisinde kullanılan geliştirilmiş performans, daha pahalı olan S-sınıfı yüksek mukavemet ve modüllü cam elyaf kullanılarak elde edilir (Lyons, 2006). Cam elyaf takviyeli plastik, cam elyafı ve taşıyıcı bir matris reçinenin birleştirilmesi sonucu oluşan kompozit bir malzemedir.” (Şekil 3.21) (Özmeral, 2006).

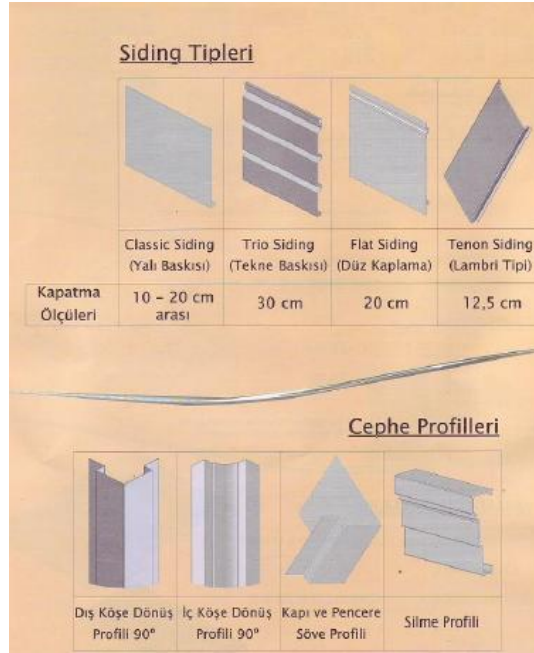


Şekil 3.21 CTP üretim şeması (Özmeral, 2006)

CTP’ nin takviye malzemesi olan cam elyafı, kum, alumina, kireç taşı, kolemanit, kaolen gibi alışılmış hammaddeler kullanılarak üretilmektedir. Önce CTP karışımı çok ince öğütülür ve homojen şekilde karıştırılır. Daha sonra yaklaşık olarak 1600 °C sıcaklıktaki ergitme fırınında ergitilir. Burada yavaş yavaş sıvı hale dönüşen cam eriyiği, platin / rodyum alaşımlı kovanlardan, bir sarma sistemi ile yüksek hızda çekilerek sarılır ve 10-25 mikron çapında elyaf olarak bobin haline getirilmektedir (Turhan, 2007).

CTP, cam elyafı ve reçinenin birlikte kalıplanması ile üretilmektedir. Bu işlem, çok farklı metotlarla yapılabilir bununla birlikte cam elyafının, taşıyıcı reçine ile

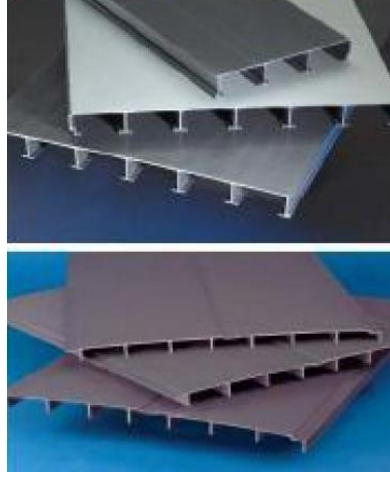
uygun bir şekilde ıslatılması gerekir. Polyester reçineler, kimyasal reaksiyona girerek polimerlerine ayrılır. Bunun sonucu olarak sert, çözülmeyen, ergimeyen bir madde elde edilmiş olur. CTP malzemenin niteliği, cam elyafı/reçine arasındaki bağın kuvveti ile ilgilidir. Fiziksel performans, takviye malzemesi olan cam elyafın, CTP içindeki oranına, dağılımına ve malzeme içindeki yönüne bağlıdır (Şekil 3.22) (Özmeral, 2006).



Şekil 3.22 CTP profil detayları (Özmeral, 2006)

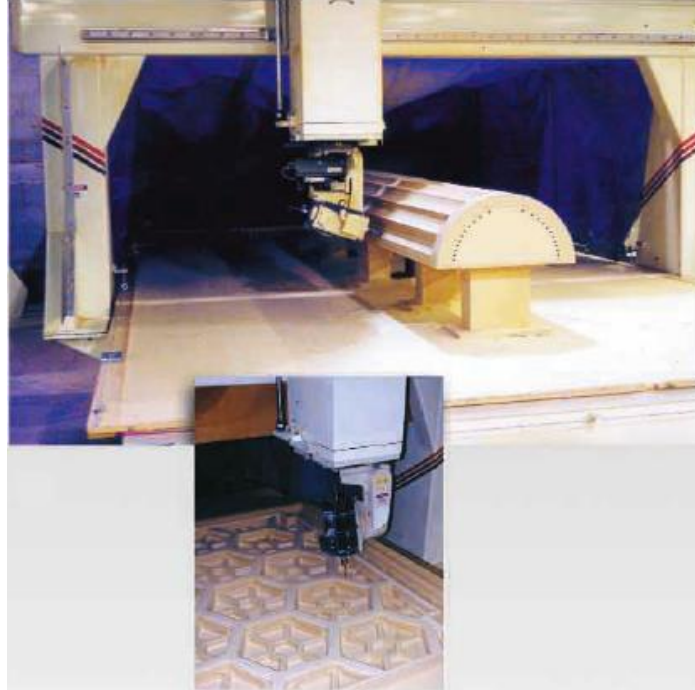
CTP, cephe kaplama panellerinden, depolama tanklarına, prefabrike konutlardan köprülere, beton kalıplardan, şehir mobilyalarına kadar, inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. İnşaat sektöründe % 20'lik bir payla, yüksek bir oran gibi görünse de, genelde dekoratif ya da yapısal olmayan elemanlar olarak kullanılırlar (Turhan, 2007). CTP malzemenin en çok kullanıldığı alanların başında cephe kaplama panelleri gelmektedir. Cephe kaplama panelleri, tek cidarlı yapılabileceği gibi, çift cidarlı ve arasında ısı izolasyonu sağlayan poliüretan köpük veya cam elyafı şilte gibi malzemeler kullanılarak, izolasyonlu panel olarak da imal edilebilmektedir. Kolay temizlenebilme avantajı sayesinde, CTP paneller, ameliyathane ve laboratuvar gibi steril mekanlarda hijyenik bir duvar kaplaması olarak da kullanım alanı bulmaktadır. CTP cephe kaplama panellerinin bir diğer önemli uygulaması, binalar arasında yaya geçişini sağlayan geçitleri uygulamalarıdır. Şeffaf CTP levhalar çatı aydınlıklarında camın yerini almış ve kırılmaya karşı dayanıklılıklarıyla güvenli bir

kullanım sağlamıştır. CTP paneller yalnızca estetik amaçlı kullanılmaz. Başta köprüler olmak üzere korozyona açık yapılarda, betonu korozyondan koruma amacı ile de kullanılabilirler (Turhan, 2007). CTP inşaat sektöründe kaset döşeme beton kalıpları, çatı kaplamaları ve bina alınlıklarında kullanılmaktadır. (Şekil 3.23).



Şekil 3.24 CTP cephe kaplamaları  
(Turhan, 2007)

Cephe kaplama panelleri ile, bina cephelerinin korunmasının yanı sıra, betonu korumak amacı ile köprüler de CTP panellerle kaplanmakta, metro istasyonlarının iç duvarları da dekore edilebilmektedir (Şekil 3.25) (Erbaş,2009).



Şekil 3.25 CTP üretim şekli (Formglas, 2012)

### 3.1.3 Mineral Esaslı Kompozit Malzemeler

**Beton:** Çimento, beton agregası, su ve uygun katkı maddelerinin belirli oranlarda homojen olarak karıştırılması ile elde edilen, başlangıçta plastik kıvamında olup zamanla çimentonun hidratasyonu sebebiyle katılaşır, istenilen şekli alarak sertleşen kompozit bir yapı malzemesidir.

Betonun ilk bulunuş tarihi kesin olarak bilinmemekle beraber beton teknolojisinin tarihi yaklaşık 1845 yılına kadar uzanmaktadır. İlk betonarme yapının 1852 yılında yapıldığı bilinmektedir. Çimentonun patenti ise 1824 yılında Joseph Aspdin adında bir duvarcı ustası tarafından alınmıştır. Türkiye’de ilk betonarme yapının inşası 1920 yılını bulmaktadır (Şimşek, 2007).

Betonlar genellikle yoğunluklarına, basınç dayanımlarına ve üretim yerlerine göre sınıflandırılırlar. Sertleşmiş betonun yoğunluğu, betonun kuru kütlesi havada tartılarak bulunan ağırlığının görünür hacmine oranıdır. Betonlar yoğunluklarına göre;

- Hafif beton
- Normal beton
- Ağır beton

olmak üzere üçe ayrılır (Şimşek, 2007).

Bir betonun istenen minimum mukavemeti sağlaması ve çevre koşullarından kaynaklanan çeşitli dış etkilere dayanıklı olması için hangi özellikleri taşıması gerektiği tartışılan bir konudur. Bu durum beton yapının işlevi ve içinde bulunduğu ortama göre değişir. Örneğin su sızdırmazlık bir hidrolik yapı için başlıca koşul iken, mukavemet ve sağlamlık bir konut yapımında birinci derecede önem arz etmektedir (Yalçın, 2000).

Genel olarak betonun üretimi iki şekilde sağlanır. Taze beton kullanıcısı betonu beton santralinden hazır olarak aldığı gibi inşaatın hacmine bağlı olarak şantiyede kendi de üretebilir.

### *Hazır Beton*

Beton kullanıcısı tarafından inşaata ait teknik bilgi ve özellikleri aynı zamanda kullanım yeri belirtilerek sipariş edilen ve beton üreticisi tarafından inşaatın özelliklerine göre beton santralinde üretilerek inşaata nakledilen taze betona hazır beton denir (Şekil 3.26) ( Şimşek, 2007).



Şekil 3.26 Hazır beton dökümü ( Şimşek, 2007)

### *Şantiyede Üretilen Beton*

Hava şartlarının durumuna göre beton üretimi yapılır. Normal hava şartları, +5°C ile 30°C arasında hava sıcaklığına sahip olan, rüzgarsız, yağışsız ortam olarak kabul edilir. (Şekil 3.27) ( Şimşek, 2007).



Şekil 3.27 Şantiyede üretilen beton ( Şimşek, 2007)

Beton konusu kapsamlı bir konu olduğu için bu çalışmada kısaca değinilmiştir. Bunun yanında beton türevleri sayılan mineral esaslı kompozit malzemeler anlatılacaktır.

### 3.1.3.1 Elyaf Takviyeli Beton (FRC- Fiber Reinforced Concrete)

FRC genel olarak lif (elyaf) takviyeli çimentodan mamul ürünlerini tanımlayan ve hemen hemen tüm dünya ülkeleri tarafından ortak olarak kullanılan bir terimdir. Bu levhaların ortak özelliği yapılarında takviye olarak organik veya inorganik (ya da ikisi birden) bir lif bulundurması, bağlayıcı malzeme olarak da mutlaka çimento kullanılmasıdır. Bunun dışında muhtelif mineral dolgu malzemeleri de yapıyı oluşturan diğer elemanlar olarak kullanılabilir. Unlar yaygın olarak kuvars veya yüksek oranda silis ihtiva eden minerallerdir. Levhaların kullanım amacına göre formülasyona muhtelif katkı maddeleri eklenerek ısı izolasyonu, elektrik direnci, hafiflik ve yangına dayanım gibi özelliklerinde iyileştirme sağlanabilir. FRC levha üretimi hava ile kürlenme veya otoklavlı olmak üzere iki farklı metotla gerçekleştirilebilir. Kullanılan elyaf veya üretim yöntemi ne olursa olsun lif takviyeli çimento levha kapsamına giren tüm ürünler TS EN 12467 nolu standart kapsamında değerlendirilir.

FRC levha üretiminde ilk aşama hammaddelerin belirli oranlarda karıştırılarak imalatın esasını oluşturan çamurun elde edilmesidir. Portland çimentosu, mikronize olarak öğütülmüş kuvars ve saf selüloz elyafı su ile harmanlanarak üretimin hammaddesini oluşturan karışım elde edilir. Makinada ham levha olarak üretilen ürün, ebatlama işlemini takiben özel saç kalıplarda istiflenir ve kürlenme odalarında çimentonun sertleşmesi için bekletilir. Bu aşamadan sonra buharla oluşturulan yüksek basınç ve sıcaklık altında otoklavlanan levhalar, her türlü iklim şartına dayanıklı bir yapı kazanarak sevkiyata hazır hale gelir.

1250 mm standart enine sahip olan levhalar 2500 mm ve 3000 mm olmak üzere iki farklı boyda üretilmektedir. Standart ölçülerin haricinde ara ölçülerde üretim yapmak mümkündür. Levhalar kullanım yerine ve yüzey görünümüne göre farklı çeşitlere ayrılmaktadır.

Kullanım yerine göre iç ve dış olarak ikiye ayrılan levhalar düz, ahşap desenli, doğal taş desenli, örme taş görünümlü ve şaşırtmalı tuğla görünümlü olmak üzere

farklı yüzey görünümünde üretilmektedir. Dış levhalar atmosfer şartlarına doğrudan maruz kalacak şekilde uygulanacak levhaları ifade etmektedir. Genel formülasyonları aynı olmakla birlikte bu levhaların ısı uzama değerlerinin asgari seviyede kalması için bazı katkı maddeleri eklenmektedir. Bu kategoride üretilmekte olan levhalar TS EN 12467 standardında A kategori levhalar olarak adlandırılmaktadır. İç levhalar atmosfer şartlarına doğrudan maruz kalması beklenmeyen levhalar olarak tanımlanmaktadır. İlgili standartta C kategori levhalar olarak tanımlanan bu ürünler genel olarak yapıların iç cephe kaplamalarında, çatı kaplama malzemesi altında destek malzemesi olarak, ıslak hacimlerde seramik altı malzemesi olarak veya tavan kaplama levhaları olarak kullanılabilir (Hekim yapı, 2004).

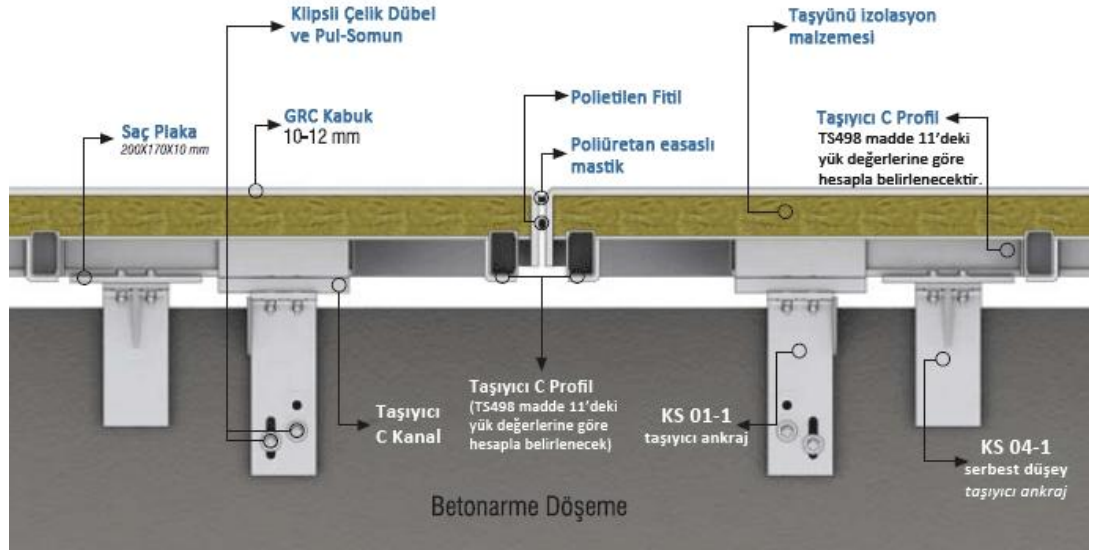
Lif takviyeli betonlar için birçok lif tipi ticari ve deneysel kullanıma hazır bulunmaktadır. Bu tür betonlarda kullanılan lif türleri aşağıdaki gibi gruplandırılabilir (<http://www.3-co.com>):

- a) Çelik lifler (SFRC)
- b) Sentetik lifler (SNFRC)
- c) Doğal lifler (NFRC)
- d) Cam lifleri (GFRC)

### 3.1.3.2 Cam Elyaf Takviyeli Beton (GFRC- Glass Fiber Reinforced Concrete)

Cam elyaf takviyeli çimento 1970'lerde İngiltere kuruluşu olan Building Research Establishment tarafından bulunmuştur. Standart malzeme alkali-dayanıklı cam elyaf, portland çimentosu, kum agrega ve suyun karıştırılmasından oluşur. Puzolan, süper plastikleştiriciler ve polimerler gibi katkıları ihtiyaç duyulan imalat ve döküm özelliklerinin elde edilebilmesi için karışıma dahil edilmiştir. Malzemenin gelişiminde alkali-dayanıklı cam fiberler standart e-cam fiberler gibi üretilmiştir ve GFRP ve GFRG'de kullanılmıştır. GFRP ve GFRG'de kullanılmakta olan standart e-cam fiberler hidrate çimentonun yüksek alkali seviyesindeki ortamında hızla aşınmakta olduğu için; malzemenin geliştirilmesi sürecindeki asıl büyük atılım,

alkali-dayanıklı cam fiberlerin üretimi olmuştur. Alkali- dayanıklı camda sodyum dışında standart e-camın silikon ve kalsiyum oksit bileşenleri zirkonyum oksit içerir. Alkali- dayanıklı cam fiberler cem- fil adı altında üretilmektedir. GFRC betonlar, % 0,32-0,36 oranında su/çimento oranına sahiptirler. Bu özellikten dolayı malzemenin gözenekliliği düşer ve dolayısıyla su geçirgenliği azalır. GFRC bu yüzden diğer birçok geleneksel tipte üretilmiş prefabrik elemanlara göre daha üstün bir üründür. (Şekil 3.28) ( Lyons, 2006).



Şekil 3.28 GFRC montaj detayı (Betofiber, 2010)

GFRC levha elemanları 1–1,2 cm kalınlıklarında, dekoratif amaçlı kullanılanlar ise 1,4 – 1,5 cm kalınlıklarda üretilmektedir, dolayısıyla GFRC elemanlar geleneksel prefabrik elemanlara göre çok daha hafif olmaktadır (Şekil 3.29). Ortalama olarak 1,2 cm kalınlığındaki 1 m<sup>2</sup> GFRC'nin ağırlığı yaklaşık olarak 22 kg'dır . GFRC elemanların uygulanmaları durumunda bina üzerine aşırı yük yüklenmez. Bu bakımdan tercih edilen bir malzeme türüdür. Aynı zamanda nakliye ve montaj kolaylığı da sağlamaktadır.





Şekil 3.29 GFRC panel uygulaması  
(Formglas,2011)

GFRC elemanlar, yanıcı değildir ve yüksek sıcaklıktaki ortamlarda dahi beton yapısı bozulmadan kalabilmektedir. DIN 4102 normuna göre, GFRC elemanlar A-1 sınıfı malzemelerdir. Beyaz çimentonun doğal renginden dolayı üretilen GFRC elemanları UV ışınlarına maruz kalsa bile bozulma olmaz. Açık renkle renklendirilmiş beton elemanların renkleri kaybolmaz. GFRC elemanların asit dayanımı geleneksel betonlardan çok daha yüksektir. GFRC'ler kum ve beyaz çimento harmanına alkaliye dayanıklı cam elyafı ve polimerler karıştırılması ve püskürtülmesi ile uygulanır. GFRC uzun ömürlü ve dayanıklı bir malzemedir. Yüksek kompasite ve düşük gözenekliliği olduğundan su geçirmezdir ve cephelerde kullanılmaya uygundur. Çelik donatı yerine cam elyafı kullanılması kesitler incelmeye sebep olmaktadır böylece binaya minimum yük binmektedir. Malzeme hafiftir bu yüzden montajı kolaydır. Doğal renk seçeneği yanında bu malzemeler boyanabilmektedir. Tasarımı kolay olan bir malzeme olmasından dolayı çeşitli şekil ve boyutlarda, profillerle veya dekoratif malzeme olarak üretilmektedir. Düz kaplamaların yanı sıra kabartmalı, motifli kaplamalar üretilir. Aynı zamanda ısı yalıtımlı cephe paneli olarak kullanılabilir. İç mekanda pencere ve kapı söveleri, başlıklarda, bahçe ve peyzaj düzenlemesinde kilit taşları, kat ve saçak silmeleri, denizlikler, alın kaplamaları, kolon kaplamaları, kolon başlıkları, kolon kaideleri, pergolalar ve küpeşteler, güneş kırıcılar, payanda, subasman kaplamaları, harpuştalar olarak üretilir (<http://www.koreryapi.com>).

### 3.1.3.3 Cam Elyaf Takviyeli Alçı (GFRG- Glass Fiber Reinforced Gypsum)

İnşaat sektöründe rapidwall olarak bilinen GFRG duvarlar 1990'ların başında Avusturalya'da geliştirilmiştir. Bina inşaatında standart GFRG paneller fabrikada cam ve kapı açıklıkları için kesilebilir. Bu bileşenler daha sonra şantiyeye prefabrik beton panellere benzer şekilde nakledilirler ve kurulurlar (Şekil 3.30) (Wu, 2009).



Şekil 3.30 GFRG (Chinagfrc, 2012)

Cam elyaf takviyeli alçı duvar alçı sıvadan yapılmış ve cam elyaflarla güçlendirilmiştir. 300-350 mm uzunluğundaki cam elyaflar üretim sürecinde panel içine rastgele dağıtılarak yerleştirilirler. Elyaf içeriği  $0,8 \text{ kg/m}^2$ 'dir. 120 mm kalınlığındaki panellerin içi boştur ve mukavemeti arttırmak için betonarme ile doldurulabilir (Janardhana ve ark., 2006).

Yüksek mukavemetli alçının cam elyaf takviyeler ile birleşmesinden oluşan bu ürün fabrikada istenilen şekil ve ebatlarda kalıplanarak üretilir. Yanmaz bir malzemedir ve en büyük parçalar  $10-15 \text{ kg/m}^2$ 'dir (Şekil 3.31) (Formglas, 2012).



Şekil 3.31. GFRG panel (Wu, 2009)

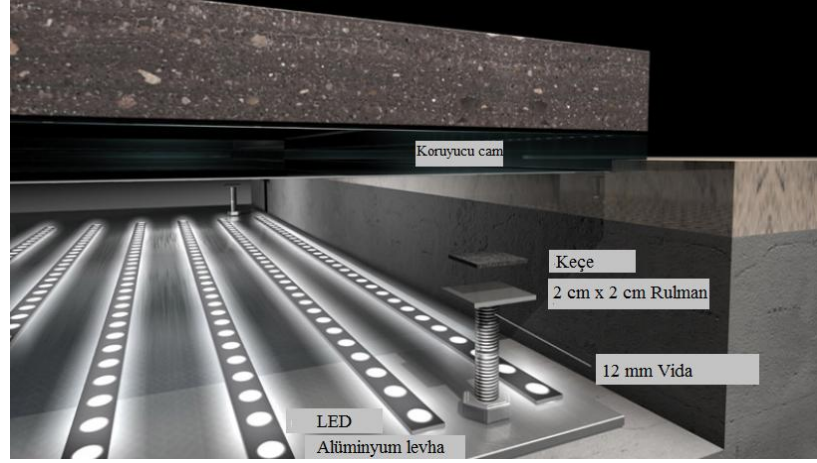
#### 3.1.3.4 Işık Geçirgen Beton (LiTraCon- Translucent Concrete)

Macar mimar Aran Losonczy tarafından keşfedilen yarısaydam beton-Litracon (Light Transmitting Concrete) betonun içine optik cam liflerinin aynen bir agrega gibi yerleştirilmesiyle oluşmaktadır. Çeşitli ebatlarda bloklar şeklinde üretilebilen ve ısı yalıtımı da uygulanabilen duvarlar 20 metreye kadar ışığın oranında hiçbir azalmaya neden olmadan ışığı geçirebilmekte, basınç dayanımı betona eşdeğer olduğundan taşıyıcı olarak da kullanılabilir (Altun, 2007). %96 beton ve %4 optik fiber içermektedir (Şekil 3.32) ([www.litracon.hu](http://www.litracon.hu)).



Şekil 3.32 Litracon malzemesi (Litracon,2012 )

Işık geçirgen beton merdiven, duvar, döşeme ve kolonlar gibi yatay ve düşey uygulamalarda kullanılabilir (Şekil 3.33) (<http://www.impactlightinginc.com>).



Şekil 3.33 Işık geçirgen beton uygulama detayı (Galaksi Concrete, 2010)

Işık geçirgen beton prefabrik bloklar gibi üretilir. Betona binlerce optik cam elyaf gömülür. Bu elyaflar bir matris oluşturur ve bloğun iki yüzeyi arasında paralel şekilde yerleşir. Elyaflar toplam hacmin yaklaşık %4 gibi küçük bir kısmını kaplar. Malzemenin yüzeyi homojen bir görüntü oluşturur. Üretimde uzun kalıplar kullanılır. Önce kalıba ince bir beton tabakası dökülür ve daha sonra optik elyaflar ve daha fazla beton eklenir. Kalıplardan ürün çıkartılır ve kesilir. Işık geçirgen betonun performansı geleneksel betonunkiyle aynıdır. Zeminde, duvarlarda, panellerde ve taşıyıcı duvarlarda kullanılabilir. Malzeme takviye içerir. Optik cam elyaflar esnektir ve takviyeyi sarar.

Elyaf çapları 2 mikrondan 2 mm'ye kadar değişir. Farklı çaplarda elyaf kullanmak farklı ışık etkileri elde etmeyi sağlar. Blok ebatları ışığın etkisini değiştirmez bu yüzden 20 m'ye kadar üretilebilir (Şekil 3.34) (Roe ve ark., 2008).



Şekil 3.34 Işık geçirgen beton üretimi (Stylepark, 2012)

### 3.1.3.5 Yüksek Performanslı Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozit (SIFCON-Slurry Infiltrated Fiber Concrete)

SIFCON portland çimentosu bazlı bir matrisle %5 ila %20 çelik fiberlerin kullanılmasıyla üretilen özel bir malzemedir (Guerrini, 2000). SIFCON ilk olarak 1979 yılında Lankard Materials Laboratory’de büyük oranda çelik liflerin çimento esaslı kompozit malzemeye karıştırılmasıyla geliştirilmiştir. Ayrık fiber matrisi ve kompozit matrise özel bir ön gerilme özelliği vermesiyle FRC’ye benzer. Geleneksel FRC’nin fiber hacim fraksiyonu,  $V_f$  (fiberlerin hacimsel yüzdesi), taze betona karıştırılan fiberlerin etkisini belirler. Bu limitler kullanılan fiberlerin tipine göre %1 ve %2’dir. Diğer yandan SIFCON’da bu yüzde %5 ve %30 arasında değişir. Lif hacmi lif tipi, yani uzunluğu ve çapı ve kalıbı doldurmak için kullanılan titreşim ve çapa bağlıdır. Küçük ve kısa lifler uzun liflere göre daha yoğundur ve daha uzun süre titreşim uygulamak daha yüksek lif hacmi sağlar. Üretim aşamasında ilk olarak, beton ve çelik lifler bir kalıba yerleştirilir. Şekil 3.35’te çelik liflerin elle yerleştirilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.35 SIFCON üretimi (Gilani,2007)

Eklenebilir liflerin miktarı lif boyutlarına bağlıdır. Özellikle boy oranı, lif geometrisi ve yerleşim tekniğine bağlıdır. Fiber ekleme işlemi boyunca titreşim uygulanır. Titreşim ne kadar güçlü olursa başarı o kadar yüksek olur. İmalatın önemli noktalarından biri lif yönüdür. Liflerin yönelimi iki boyutludur, yer çekimi ivmesine diktir. SIFCON’u oluşturan temel malzemeler çimento bazlı harç ve çelik liflerdir.

Matris;

- a) Yalnızca çimento,
- b) Çimento ve kum,
- c) Çimento ve diğer ilaveler içerebilir.

SIFCON özellikle yüksek mukavemet ve yüksek süneklik gerektiren yerlerde kullanılır. Depreme dayanıklı yapılarda, ordu binalarında, patlama riski olan yapılarda kullanılır. Ayrıca havaalanı temelleri ve köprülerde kullanılır.

Malzeme prekast döşeme, küçük tonozlar ve dökme borular şeklinde üretilebilir. Örneğin prekast döşemeler 25 ila 50 mm kalınlığında üretilebilir (Gilani, 2007). 2,4m x 3m x 5 cm şeklinde üretilebilir (Şekil 3.36) (Gilani, 2007).



Şekil 3.36 Harcın kalıba dökülmesi (Gilani,2007)

### 3.1.3.6 Reaktif Pudra Beton (RPC- Reactive Powder Concrete)

Bu malzemeler, ilk kez 1990'lı yılların başlarında Paris'te geliştirilmiştir. RPC'ler küp basınç dayanımları 200 ve 800 MPa arasında, çekme dayanımları 25 ve 150 MPa arasında ve kırılma enerjileri yaklaşık 30000 J/m<sup>2</sup> ve birim ağırlıkları 2500-3000 kg/m<sup>3</sup> aralığında değişen yeni nesil betonlardır.

Reaktif pudra betonu liflerle güçlendirilmiş, çok düşük su/çimento oranında çimento ve silis dumanı karışımının süperakışkanlaştırıcı kullanılarak ince öğütülmüş

kuvars tozuyla karıştırılması sonucu elde edilen yüksek dayanımlı kompozit bir malzemedir (Şekil 3.37).



Şekil 3.37 RPC Kanalizasyon Kapağı Uygulaması  
(Yapikatalogu, 2012)

Karışımında çok ince agrega kullanılması sayesinde yapıdaki mikro boşluklar azaltılarak eğilme ve basınç dayanımında artış sağlanabilmektedir. Normal çimento kompozitler ile karşılaştırıldığında RPC'nin en önemli özelliği homojen yapısı, düşük boşluk oranı ve güçlendirilmiş çimento matrisidir (Topçu ve Karakurt, 2005).

#### **3.1.4 Ahşap Esaslı Kompozit Malzemeler**

Ahşap esaslı kompozit ürünleri kaplama, ahşap parçacıkları ve liflerin üre-formaldehit reçine, fenol-formaldehit reçine, melamin-formaldehit reçine veya poliüretan reçineler gibi yapıştırıcılarla birleştirilmesiyle üretilirler. Hammadde ve yapıştırıcıların kalitesi ürünlerin mekanik özellikleri, suya dayanıklılık, boyutsal stabilite, yüzey kalitesi ve işlenebilirliği gibi özelliklerini belirlemektedir. Ahşap esaslı kompozit ürünler son yıllarda gelişme göstermiştir ve uygulama geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Bucur ve ark., 2011).

Ahşap Esaslı Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması;

1.Kaplama paneller (vener)

a. Kontrplak (Plywood)

- b. Kontrtabla
- c. LVL
- 2. Parçacıklı plakalar/ Lif levhalar (Fibreboard)
  - a. MDF
  - b. HDF
  - c. İzolasyon Lif Levhalar (Insulating Board -Non-Compressed Fiberboard)
  - d. Yonga levha (PB)
  - e. OSB
  - f. Şerit Yonga Levha (Flakeboard)
  - g. Etiket yonga levha (Waferboard)
  - h. Çimento yonga levha
- 3. Ahşap plastik kompozitler
- 4. Yapısal Kompozitler
  - a. PSL
  - b. GLULAM
  - c. LSL

#### 3.1.4.1 Kaplama paneller

3.1.4.1.1 *Kontrplak (Plywood)*. Uygun özelliklere sahip tomrukların özel makinelerde soyulması ile elde edilen ince soyma levhaların tutkallanmasıyla elde edilir. Lifleri birbirine dik gelecek şekilde en az 3 tabaka veya tek sayı katları (5,7) halinde üst üste konularak preslenmesiyle elde edilen büyük boyutlu bir malzemelerdir. Kalınlıkları 3-70 mm arasındadır. Genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. Üretim kalınlıkları 3-30 mm arasında değişmektedir (Güller, 2001).

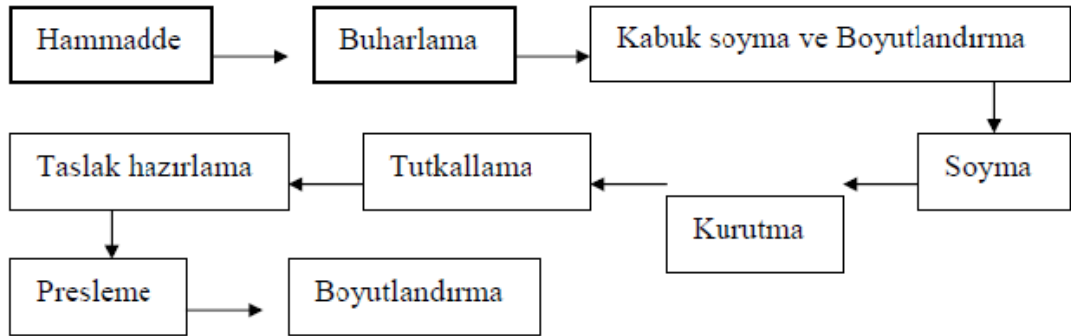
Kontrplak levhalar ince ahşap levhaların birleştirilmesiyle oluşturulmaktadır. Paneller her zaman 3-5-7 gibi tek sayıların oluşturduğu tabakalardan meydana gelir. Her bir tabaka da kendi içerisinde tek veya tutkallı iki kattan oluşur. Tabakaların lif yönleri bir üsttekine göre diktir (Şekil 3.38).





Şekil 3.38 Kontrplak döşeme ve duvar kaplaması  
(Seçkin, 2006)

Panellerin ön ve arka yüzeyleri stabilitenin sağlanması, eşit şekilde mukavemet dağılması ve minimum boyut değişimi için lif yönleri paralel olacak şekilde yapılır. Ayrıca ön ve arka yüzeylerin dış etkilere karşı korumak ve doku oluşturmak amacıyla kaplama malzemesi ile kaplanması gerekir (Şekil 3.39) (Öztank, 2003).



Şekil 3.39 Kontrplak üretimi şeması (Erbaş, 2009)

Avrupa standartlarında (EN 313-2) kontrplak; birbiri üzerine çoğunlukla lif yönü dik olacak şekilde yapıştırılmış tabakalardan oluşan ahşap esaslı panel olarak tanımlanmaktadır. Amerikan standartlarına göre (ASTM-D-907) ise; ince levhaların üst üste ve lif yönleri birbiriyle 90° açı yapacak şekilde yapıştırılmış ahşap levhalar olarak belirtilmektedir (Seçkin, 2006).

Kontrplak malzeme konut, konut dışı yapılar ve sanayi yapılarında kullanılmaktadır. Bu malzeme konut yapılarında yapı elemanı olarak çok çeşitli yerlerde kullanılır; zemin kat döşeme, tek tabakalı döşeme, duvar ve çatı kaplaması,

I-kirişler gövdeleri ve yalıtımlı paneller kaplaması bunlara örnek verilebilir (Öztank, 2003).

*3.1.4.1.2 Kontrtabla.* Üretim teknolojisi oldukça eski olan bu malzemelere daha sonra bazı değişiklikler yapılmıştır. Geleneksel kontrtabla levhalarında orta bölümde kereste parçaları yüzeylerde ise kaplama levhaları ya da sert levha kullanılmakta idi. Yapılan değişikliklerle birlikte orta bölümde yan yana tutkalla yapıştırılmış kereste parçaları ve yüzeyde kaplamadan çok ince keresteler kullanılmaktadır. Bunlar mobilya üretiminde ve beton kalıbı yapımında kullanılmaktadır (Güller, 2001). Üç tabakalı kontrtablada, hazırlanan orta tabakanın yüzeyine liflere dik yönde gelecek şekilde birer tane kaplama levha yapıştırılır. Beş tabakalılarda ise, lif yönleri birbirine dik gelecek şekilde orta tabakanın her bir yüzüne ikişer tane kaplama levha yapıştırılır. Dış tabaka kalınlığı orta tabakanın %10'u kadardır (Şekil 3.40).



Şekil 3.40 Kontrtabla malzemesi (Kahramanlar, 2012 )

Kontrtabla çeşitleri aşağıdaki gibidir:

- Geniş çıta göbekli kontrtabla: Orta tabakası en fazla 24 mm yükseklikte ve en az 30 mm genişlikte çitalardan oluşmuştur.
- Dar çıta göbekli kontrtabla: Orta tabakası 7 mm'den geniş ve 30 mm'den dar çitalardan oluşmuştur.
- Şerit göbekli kontrtabla: Orta tabakası 8 mm veya daha dar çitalardan veya yan yana yapıştırılmış kaplama plaka şeritlerinden oluşmuştur.
- Petek göbekli kontrtabla: Orta tabakası petek yapısında olan ve göbeğin her iki tarafında en az iki ters doğrultulu tabaka bulunmaktadır.

Yapıda kullanılan kontrtablaların dış tabakalarında meşe, kayın, çam, ladin ve göknar; genel amaçlar için üretilen kontrtablaların dış tabakalarında ise kayın, kızılğaç, kavak, çam, ladin, göknar, ceviz ve dişbudak hammadde olarak kullanılmaktadır (Seçkin, 2006).

*3.1.4.1.3 Kaplama Tabakalı Kereste (LVL- Laminated Veneer Lumber).* LVL, soyulmuş tabakaların tutkallanması ile üretilmektedir. Katların lif yönü birbirine paralel ya da dik gelmelidir. Yaygın olarak lifler birbirlerine paralel şekilde düzenlenmektedir. Ayrıca eğer eğrisel bir forma sahip bir eleman üretilecekse, tabakaların lif yönünün birbirlerine paralel düzenlenmesi gerekmektedir. Katmanların bir araya gelişinde farklı ağaç türü, değişken tabaka sayısı, farklı boyut, şekil ve kat kalınlıkları uygulanabilmektedir. LVL üretiminde genellikle fenolik esaslı tutkallar kullanılmaktadır. Bunun yanında izosiyanat, üretan vb. tutkallarda kullanılabilir. Maksimum 3,2 mm kalınlıktaki kaplamaların kullanıldığı laminasyonlar mobilyacılıkta, yer döşemesi olarak, I kirişlerin kenarlarında kullanılmaktadır (Şekil 3.41). Laminasyonda daha büyük boyutlu ahşap elemanlar kullanıldığında bunlar GLULAM olarak adlandırılır (Güller, 2001).



Şekil 3.41 LVL uygulaması (Redbuilt, 2012)

LVL, soyma kaplama hammaddeden üretilmektedir. LVL üretim aşamalarını kabuk soyma ve kaplama yapma, kurutma, kötü bölümlerden arındırma, tutkallama, presleme ve son işlemler şeklinde sıralamak mümkündür. LVL üretiminin ilk

aşamaları kontrplakta olduğu gibi kaplamaların meydana getirilmesiyle başlamaktadır ve üretim akışları birbirine çok benzemektedir. LVL ile kontrplağı birbirinden ayıran karakteristik özellik, kaplamaların panel içerisindeki yönlendirilme şekilleridir. Kontrplaklarda kaplamalar lif yönleri birbirine dik gelecek şekilde birleştirilirler. LVL’de ise kaplamalar, lifleri birbirine paralel olacak şekilde, aynı yönde dizilmişlerdir ve bu sayede kiriş veya kalas olarak yük altında kaldığında daha fazla mukavemet göstererek taşıyıcı bir eleman olarak çalışabilmektedir. Bu çeşit malzemeler paralel tabaklandırılmış malzemeler olarak bilinirler ve kontrplağa göre daha homojendirler ve mukavemetleri yüksektir.

LVL’nin yanma özellikleri masif ahşap malzeme gibidir, tutkalla yapıştırılmış olması yanmaya karşı koymasını engellemez. Yanmaya karşı korunmuş olarak sınıflandırılan LVL panellerin taban veya tavan döşeme elemanı olarak performansı, aynı maddelerle emprenye edilmiş masif ahşap veya tutkallı lamine ahşap malzeme ile aynı olmaktadır (Seçkin, 2006).

#### 3.1.4.2 Parçacıklı plakalar/ Lif levhalar

3.1.4.2.1 Orta Yoğunluklu Lif Levha (MDF- Medium Density Fiberboard). MDF kuru yöntemle üretilmektedir. Yoğunluğu  $0.35-0.65 \text{ gr/cm}^3$  arasında olan ağaç türleri MDF üretimi için uygundur.

*“MDF üretiminde lif-yonga odunu (TS 1351), aralama kesimlerinden elde edilen odunlar, kereste endüstrisi artıkları, soyma kaplama artık silindiri, kesme kaplama artık tahtası, soyma ve kesme artık kaplamaları, testere ve planya talaşı, çeşitli odun işleyen fabrika artıkları ve levha üretimi için gerekli lif uzunluğuna sahip bitkisel artıklar kullanılabilir.”* (Güller, 2001).

MDF üretiminde kullanılan tomrukların çapları 6 cm ila 40 cm arasında değişir, boylarının ise 2 m’den daha kısa olması arzu edilir. Hammadde yetersiz ise şeker kamışı, keten sapsarı, tahıl sapsarı, ayçiçeği sapsarı gibi yıllık bitkiler de hammadde olarak kullanılmaktadır. MDF levhaların yoğunluğu  $0.50-0.80 \text{ gr/cm}^3$  arasında

değişmektedir. MDF düzgün yüzeylidir. Dilenirse üzeri kaplanabilir, baskı yapılabilir veya boyanabilir aynı zamanda ağaç işleyen makinelerle masif odun gibi işlenebilen bir malzemedir. MDF'nin her noktasında liflerin eşit dağılması ve çok yoğun bulunuşu sebebiyle levhanın her iki yüzü ve kenarları makineyle herhangi bir kırılma olmaksızın, malzeme bütünlüğü bozulmadan işlenmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.42) (Güller, 2001).



Şekil 3.42 Kaplama uygulanmış MDF  
(Stark ve ark., 2010)

Yapı sektöründe MDF lif levhalar, zemin döşemesi olarak, üzeri kaplı olarak tavanlarda, bina iç bölmeleri, kapı kasaları, kapılar, tirabzanlar ve küpeştelere, gömme dolap, kapak, gövde ve arkalıkları, süpürgelikler, mutfak ve banyo dolapları olarak kullanılmaktadır. Ayrıca MDF, inşaat sektöründe prefabrik yapılarda, parke yapımında, beton işlerinde kalıp malzemesi olarak kullanılmaktadır (Güller, 2001).

*3.1.4.2.2 Yüksek Yoğunluklu Lif Levha (HDF- High Density Fiberboard).* Yaş ve kuru yöntemle üretilebilmektedirler. Yoğunluğu  $0,80 \text{ gr/cm}^3$  ila  $1 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. Yaş yöntemle üretim süreci, kuru yöntemle levha üretimin şekline göre bazı mühim farklılıklar göstermektedir. Yaş yöntemde fazla miktarda su kullanılır ve levha taslağının oluşturulması sulu ortamda gerçekleşir. Bunun yanı sıra yaş yöntemde bazen levha üretiminde tutkal yerine lignin yapıştırıcı olarak kullanılır ve sıcaklık ve daha sonra basınç altında sertleşir (Altuntaş, 2008).

Yaş sistemde liflendirme yapılarak lif levhaların mukavemeti artırılabilir. Su kolaylıkla uzaklaştırılabilir. Taslak kağıt yapımında olduğu gibi uzun elek üzerinde ya da tüp şekillendiriciler üzerinde oluşturulur. Daha sonra taslaktan su

uzaklaştırılır. Taslak preslenerek form verilir. 6-15 dakika kadar preslenir. En fazla  $5N/mm^2$  basınç ve  $210\text{ }^\circ\text{C}$  kadar sıcaklığa maruz bırakılır. Kuru yöntemde ise sistemde su yoktur. Lifler kuru ortamda serilir. Liflerin sıcaklıkla sertleşen tutkallar ile yapıştırılır. Bu yöntemle üretilen levhaların eğilme direnci yaş yöntemle üretilenlere nazaran daha düşüktür. Kuru yöntemle üretilen levhaların her iki yüzeyi düzgündür ve bu bir avantaj sağlar. Bu levhaların rutubete karşı dayanıklılığı yoktur ve gerekli işlemlerden geçirilmedikçe dış mekanlarda kullanılmazlar. Dış mekanlarda kullanılmak üzere özel işlem gören levhalar “tempered hardboard-ekstra sert lif levhalar” olarak adlandırılmaktadır. HDF lif levhaları yapısal sektöründe, mobilya yapımında ve otomotiv sektöründe kullanılır (Güller, 2001).

*3.1.4.2.3 İzolasyon Lif Levhaları (Insulating Board -Non-Compressed Fiberboard).* İzolasyon levhaları, 1914’de Minnesota’da geliştirilmiştir. Günümüzde kullanımları pek yaygın değildir. Bunlar yaş sistemle üretilmektedirler. Kağıt hamuru üretim sürecine benzer bir üretim sürecine sahiptir. Bu süreçte çok fazla su kullanılmaktadır. Bu nedenle atık suların temizlenmesi en önemli üretim problemlerinden biridir. Bitmiş levhaların su itici özellik kazanması ve boyutsal stabilize sağlanması için %1 civarında reçine, parafin, asfalt emülsiyonu vb. maddeler ilave edilmektedir. Bu levhalar düşük yoğunluğa sahiptir ( $0.16-0.50\text{ gr/cm}^3$ ). Binalarda yalıtım amaçlı ve yer döşeme kaplaması olarak kullanılırlar. Köpüklü plastik panellerin kullanımının artması, yalıtım levhalarının üretimini azalmasının nedenlerinden biridir. Panel üretiminde yanmaya dayanıklı bir ürün elde etmek için, mineral lif odun life tercih edilmektedir (Güller, 2001).

*“ABD’de “Homosite” adlı izolasyon levhası hala büyük ilgi görmektedir. Bu ürün kullanılmış gazete kağıdı ve mekanik kağıt hamurundan üretilmiş yayınlardan üretilmektedir. Homosite geri dönüştürülmüş odun liflerinden üretilen yapısal bir üründür. Katı üretilen köpükleri, folyolar, fiberglass ve diğer materyallerle kombine edilen levhalar duvar ve çatı elemanları olarak üretilmektedir”* (Güller, 2001).

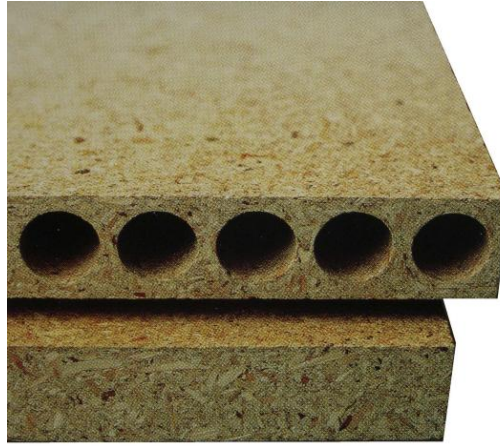
*3.1.4.2.4 Yonga Levha (PB).* II. Dünya Savaşı yıllarında hammadde sıkıntısı

nedeniyle ilk kez Avrupa'da üretilmiştir. Küçük boyutlu ve nispeten düşük değerli tomruklardan geniş yüzeye sahip levhalar elde edilmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılmıştır.(Güller, 2001).

TS 180 (1978) ve TS 1617 (1974)'ye göre yonga levha; odun veya odunlaşmış diğer ligno selülozik hammaddelerden elde edilen kurutulmuş yongaların sentetik reçine tutkalları ile sıcaklık ve basınç altında yapıştırılması ve biçimlendirilmesi ile elde edilen levhalardır. EN 309 (1992)'ye göre yonga levha; odun (odun yongası, testere talaşı vb.) ve/veya diğer ligno selülozik lifli malzemenin(keten, kenevir, şeker kamışı vb.) uygun bir yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç etkisi altında şekillendirilmesi ile oluşan levhalardır (Altuntaş, 2008).

Kalınlıkları 3-70 mm arasında olup, genellikle 130 x 220 cm ya da 170 x 220 cm boyutlarında üretilmektedir. En çok üretilen kalınlıklar 3-30 mm arasındadır. Yonga levha diğer bir deyişle sunta, üretiminde temel olarak üç üretim teknolojisinden söz edilebilir. Bunlar; yatık yongalı levha üretimi, dik yongalı levha üretimi ve kalıplanmış yonga levha üretimidir. Bütün üretim metotlarında aynı temel işlemler uygulanır. Farklılık, presleme tekniği, serme işlemi ya da kullanılan bağlayıcıdan kaynaklanmaktadır. Presleme tekniğine göre, levhalar yatık veya dik yongalı levha olarak adlandırılırken, presleme metodu hepsinde yatık olarak uygulandığı halde serme işleminin farklılığından dolayı tek katlı ve çok katlı levhalar ile yönlendirilmiş levhalar elde edilebilmektedir.

Kalıplanmış yonga levhalarda ise elde edilecek ürünün son şekline göre özel kalıplar kullanılarak pres uygulanmaktadır. Kullanılan bağlayıcılar çimento ve alçı olunca üretilen levhalarda çimentolu ya da alçılı yonga levha olarak adlandırılmaktadır. Bunların dışında yonga levha üretim safhaları hemen hemen aynıdır. Standart yonga boyutları şöyledir; kalınlık, 0.25-0.40 mm genişlik, 2-6mm ve uzunluk 10-25 mm. (Şekil 3.43) (Yıldız ve ark., 2009)



Şekil 3.43 Yonga levha (Eriç, 2009)

Türkiye’de farklı malzemelerden Yonga levha üretimi laboratuvar koşullarında veya fabrika koşullarında denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Fakat üretim anlamında henüz bir şey yapılmamıştır. Yonga levha üretiminde yapıştırıcı olarak sentetik reçineler kullanıldığı gibi bazen kağıt fabrikalarından elde edilen sülfite atık suyu, bitkisel kökenli yapıştırıcılar ve çimento, alçı gibi inorganik bağlayıcılardan da yararlanılmaktadır (Güller, 2001).

*3.1.4.2.5 Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB).* Yönlendirilmiş yonga levhalar 1940’ların sonu ve 1950’lerin başlarında Amerika’da ortaya çıkmıştır. Dünya’da kontrplak yapımında kullanılan kalın çaplı soymalık ağaç kapasitesinin azalması, fiyatlarının artması ve bu tip ağaçların büyük bölümünün tropik ormanlardan elde edilmesi, kontrplağa alternatif olabilecek bir levha arayışını getirmiştir. OSB, kontrplak yapımında kullanılamayacak kadar düşük kalitede, ince çaplı tomruklardan üretilmiştir. Birçok alanda kullanılmaya başlanmış ve kontrplağa rakip olmuştur. OSB yongaların yönlendirilmesiyle üretilen bir yonga levha çeşididir.

Üretiminde Yonga levha hammaddesi kullanılabilir. Çapı en az 5 cm olan ağaçlar kullanılabilir. OSB üretiminde ağaç kabuğu kullanılmaz, hızlı büyüyen ve yoğunluğu düşük olan ağaç türleri kullanılabilir. Örneğin; kavak ve çam ağaçları. OSB mobilya, beton kalıbı, çatı kaplaması, yer döşemesi, döşeme altlığı, reklam panoları, tarımsal yapılar, prefabrik yapı elemanları, duvar paneli, dekorasyon levhaları gibi çeşitli alanlarda ihtiyacı karşılayabilmektedir.



OSB üretilirken öncelikle tomrukların kabukları soyulur. Kabukları soyulmuş olan tomruklar genellikle su havuzlarında ıslatılır veya direkt olarak yongalanmaya alınır. Flaker denilen özel yongalama makinelerinde bir kalemin ucunun açılmasına benzeyen bir şekilde kesme ile soyma arası bir hareketle yongalar elde edilir (Şekil 3.44).



Şekil 3.44. OSB levha (Wikipedia, 2012)

Yongalar, uzunluğu 40-70 mm, genişliği 5-30 mm, kalınlığı 0.3-0.6 mm olacak biçimde üretilmektedir. Yongaların uzunluğunun kalınlığına oranı en az 3 olmalıdır. SBA (Structural Board Association) üyelerinin kullandığı yonga boyutları 150 mm uzunluk, 25 mm genişliktedir. Haupe OSB yonga boyutlarını 0.5-0.7 mm kalınlık, 19-38 mm genişlik ve 76 mm uzunluk olarak belirtmektedir. Başka bir çalışmada yonga boyutları 19-40 mm genişlik, 90-100 mm uzunluk olarak belirtilmektedir. Kurutucular uzun yongaları korumak için yavaş dönerler. Yongalar %4.5-6 rutubete erişene kadar kurutulurlar. Kurutulan yongalar orta ve üst tabakalar için ayrı ayrı tutkallama makinelerine giderler. Yongaların tutkallanmasında fenolformaldehit ve izosiyanat tutkalları ya da bunların karışımı veya üre, fenol ve melamin formaldehit tutkalların değişik kombinasyonları kullanılmaktadır. Suya dayanıklılığı arttırmak için katkı maddesi olarak waks kullanılmaktadır.

Tutkallı yongalar dozaj silolarına alınır. Serme OSB üretiminin en önemli aşamalarından birisidir. Yongalara yön verilmesi elektrostatik ve mekanik yöntemlerle olur. Mekanik serme daha yaygın olarak kullanılmaktadır. OSB'nin iki

ana formu vardır. Birincisinde tüm yongalar aynı yönde yönlendirilir. Diğerinde ise levhanın alt ve üst yüzeyindeki yongalar boyuna orta kısımdakiler enine yönlendirilir. Bu tip yönlendirme “crossbonding” olarak adlandırılır. Yongaların bu şekilde yönlendirilmesi yüksek bir eğilme direnci sağlar ve gerilmeye karşı dayanımı da artırır. Sermeden sonra eğer taslak sürekli olmayan prese girecekse taslak boyutlandırılır ve bu şekilde prese girer (Şekil 3.45).



Şekil 3.45 OSB levha (Osbguide, 2011)

Sürekli sistemde ise, sonsuz serilen taslak sürekli preslenir ve presten çıktıktan sonra ebatlanır. Pres sıcaklığı kullanılan tutkallara da bağlı olarak 177-204 °C, süresi 3-5 dakikadır. Ebatlanan levhalar depolanır. Üretilen levhaların yoğunluğu 640-660 kg/m<sup>3</sup> tür. Üretilen levhaların kalınlıkları 6-25 mm arasında değişir. En çok 6, 8, 10, 12, 15, 18, 22 mm kalınlıklarda üretim yapılmaktadır. Levha boyutları 2440 x 1220 mm ya da 2440-1200 mm’ dir. Kuzey Amerika da ki levha ölçüleri 244 cm x732 cm veya 244 x 488 cm, Avrupa’da 250 x 500 veya 250 x 750 cm, Japonya’da 183 x 732 veya 183 x 366 cm’ dir (Güller, 2001).

**3.1.4.2.6 Şerit Yongalı Levha (Flakeboard).** Bu levhaların genişlikleri 9-10 mm’dir, kalınlık ve uzunlukları, üretim süreci ve kullanım alanları bakımından Waferboard’lar ile aynıdır. Flakeboard ve waferboard’lar kontrplağa alternatif olarak üretilmiştir ve genellikle yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu levhaların özellikleri geliştirilerek OSB üretilmiştir (Güller, 2001).

3.1.4.2.7 *Etiket Yonga Levha (Waferboard)*. İlk waferboard tesisi 1950'li yıllarda ABD'de kurulmuştur. Wizewood Ltd. ilk büyük waferboard tesisini 1962'de Hudson'da kurmuştur. O sıralar üretilen ürünler "Aspenit" olarak adlandırılmıştır. Waferboard, kavak ağacından elde edilen büyük boyutlu yongaların tutkallanıp preslenmesiyle elde edilen levha ürünüdür. İnce çaplı tomruklar da üretimde kullanılabilir. Bu levhalarda yonga boyutları kalınlığı 0.5-0.7 mm, genişliği 25-40 mm ve uzunluğu 35-75 mm olacak şekilde üretilmektedir.

Üretimi normal yonga levhalara benzer. Sıcaklıkla sertleşen tutkalların yanı sıra sülfat atık suyundan da yapıştırıcı olarak yararlanılmaktadır. Waferboard'lar ile kontrplağın kullanım alanları hemen hemen aynıdır. Kullanılan tutkal cinsine göre çatı kaplamaları, iç ve dış duvar kaplaması, döşeme kaplaması olarak kullanılmaktadır. Çatı malzemesi olarak kullanılacaksa sürtünme katsayısını arttırmak için levhaların bir yüzeyine pürüzlülük verilir. Kaplama yapılacak olan ve döşemelik olarak kullanılacak olan levhalar dışındakilere herhangi bir yüzey işlemi uygulaması gerekli değildir.

Levhaların yüzeyi estetik bir görünümün gerekli olduğu durumlarda boyanabilmekte veya verniklenebilmektedir. Etiketli yonga levhalar 3 kalınlık sınıfında üretilmektedir, 6-8 mm, 9-11 mm ve 15 mm. İnce olanlar duvar kaplaması, kalın olanlar ise döşeme ve çatı malzemesi olarak kullanılabilir. OSB'nin yerini aldığı malzemelerden biridir (Şekil 3.46) (Güller, 2001).



Şekil 3.46 Soldan sağa, Yonga levha (PB), Waferboard, OSB (Britannica, 2012)

3.1.4.2.8 *Çimento Yonga Levha*. Çimento ve ahşap, tarih boyunca inşaatlarda kullanılan iki ana malzemedir. 1920'lerin başlarında o zamana kadar iki ayrı inşaat malzemesi olan çimento ve ahşap, bir karışım halinde kullanılmaya ve araştırılmaya başlanmış ve araştırmaların büyük bölümünü, bu iki elemanın fiziko-kimyasal ilişkilerinin saptanması oluşturmuştur.

1920'lerin sonlarına gelindiğinde ise, şantiyelerde çimentoya, kum yerine ahşap yongalar karıştırmak yaygınlaşmaya başlamıştır. 1940'lı yılların başlarında araştırmalar artık çimento ve yonganın levha halini alabilmesi için gereken bilgi birikimini sağlamıştır. Böylece, 1940 yılında çimentoya katılan çok uzun elyaflar preslenerek, ilk ahşap elyaflı levhalar elde edilmiştir. Daha sonra, çimentoya daha kısa ahşap yonga karıştırılarak, bugünkü çimento yonga levhanın geliştirilmemiş hali olan levhalar üretilmiştir.

Günümüzde kullanılan çimento yonga paneli ilk 1967'de İsviçre'de kurulmuş olan bir fabrika üretmiştir. Çok yönlü ve kullanışlı olan aynı zamanda tamamen ekolojik hammaddelerden üretilen bu levhaların yapılarda uygulanmasına başlanmıştır. 1970'lerden itibaren de, dünyanın dört bir yanında çimentolu yonga levha yaygınlaşmaya başlamıştır. Bünyesinde bulundurduğu ahşap ve çimentonun iyi özelliklerini bir araya getirerek oluşan çimentolu yonga levha yüksek kaliteli bir inşaat levhasıdır (Şekil 3.47) (betopan kataloğu, 2011).



Şekil 3.47 Çimento yonga levha (betopan kataloğu, 2009)

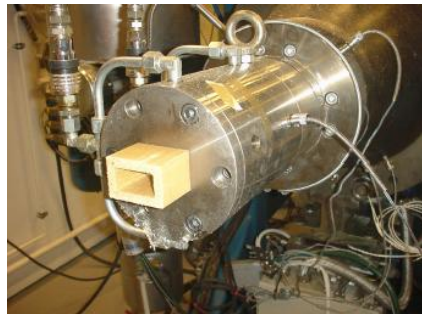
Çimento yonga kompozit malzeme bina uygulamalarında çok çeşitli ahşap bazlı kompozit malzemelerle geniş alanda ürün sağlamaktadır. Son 20 yıldır çimento yonga kompozit malzeme uygulamaları moment kazanmıştır ve ahşap bazlı malzemeler yapı malzemelerinin özelliklerini arttırmak için kullanılmıştır.

Çimento yonga kompozit malzeme tel, parçacıklı veya elyaf ahşap ile portland çimentosu ve çok küçük oranda katkı maddeleri kullanılarak panel, tuğla, kiremit ve inşaat sektöründe kullanılan diğer formlarda üretilmektedir.

Ahşap agrega ve takviye elemanı, çimento bağlayıcı, su tepkimeye sokan ve katkı maddeleri katalizör görevi görmektedir. Malzeme üretilirken çok çeşitli ahşap türü kullanılırken sadece birkaç tanesinin kullanımı kısıtlanmıştır (Ashori ve ark., 2011).

#### 3.1.4.3 Ahşap Plastik Kompozit (WPC- Wood Plastic Composite)

Ahşap plastik kompozit (WPC) özellikle ahşap fiber ve termoplastik polimer içeren dolgulu termoplastikler olarak bilinirler. Polietilen (PE), polivinil klorür (PVC) ve polipropilen (PP) gibi termoplastikler otomobil kaplaması, pencere çerçeveleri ve çatı örtüsü gibi çeşitli ticari ürünlerde kullanılırlar. Ahşaba göre daha az bakım gerektirir ve yüksek dayanım gösterir. Neme maruz kaldığında ahşap plastik kompozit ahşaba göre nemi daha az ve daha yavaş emer, üstün mantar direnci ve boyutsal stabilite gösterir. Ahşap plastik kompozit malzeme aynı zamanda çürüme, termitler ve deniz canlıları gibi organizmalara karşı dayanıklıdır (Şekil 3.48) (Slaughter, 2004).



Şekil 3.48 Ahşap presleyici (Raukola, Makinen, 2004)

Ahşap plastik kompozitler ahşap ve plastiğin özelliklerini içerir. Genel olarak termoplastik matrise ahşap eklemek, katı termoplastiklerle karşılaştırıldığında, mekanik özellikleri ve termal dayanıklılığı yükseltir (Wolcott ve ark., 2012).

Dış cephe kaplaması pazarı 2002'de 960 milyon metrekare olarak tahmin edilmiştir ve %37 vinil, %17 sıva, %17 ahşap, %11 tuğla ve %18 diğer malzemeleri içermektedir. Ahşap plastik kompozit dış cephe kaplaması (siding) olarak kullanılmaya başlanmıştır. Vinil, alüminyum veya ahşap kaplama malzemelerinden daha üstün özellikleri olan bu ürünü 2003 yılının haziran ayında büyük bir Amerikan ahşap ürünleri üreticisi üretmeye başlamıştır.

Üretimde kullanılan hammaddeler, geri dönüştürülmüş ahşap atık ve alışveriş torbalarından geri dönüştürülen LDPE'dir. LDPE (Low Density Polyethylene- Düşük Yoğunluklu Polietilen)'dir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49 Ahşap Plastik kompozit Uygulaması (Raf, 2012)

Ahşap unu ahşap plastik kompozitlerde en çok kullanılan dolgu maddesidir. Yeni dönem tüketim kaynakları ahşap paletleri, inşaat atıkları ve eski gazeteleri içerir. Birçok ticari ahşap plastik kompozit ürünün üretiminde geri dönüştürülmüş ahşap fiber kullanılır (Winandy ve ark., 2004).

Ahşap plastik kompozitleri genellikle iki aşamalı olarak üretilmektedir. Kompozit malzemeyi oluşturacak hammaddeler homojen olarak karıştırılırlar. Birleştirilen maddeler ikinci bir işlemde daha geçer. Bu aşamada ise enjeksiyon, ekstrüzyon veya basınç kalıplama yöntemleri ile malzemeye son şekli verilmektedir. Diğer bir

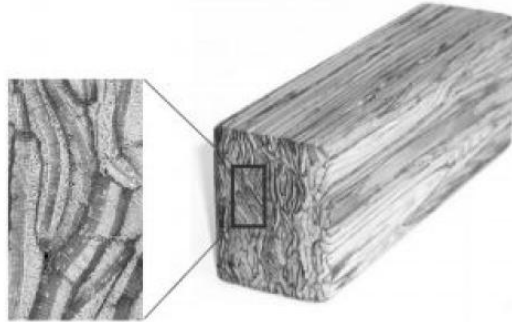
yöntem ise şudur; ilk işlemten sonra elde edilen karışım daha sonra ısı ve pres altında eritilir ve şekillendirilerek üretim yapılabilir (Şekil 3.50) (Tufan, 2008).



Şekil 3.50 Plastik kompozitler (Tankut, 2011)

#### 3.1.4.4 Yapısal Kompozitler

**3.1.4.4.1 Paralel Şerit Kereste (PSL- Parallel Strand Lumber).** Bu ürünün üretiminde öncelikle yuvarlak soyma yönetimi ile kaplamalar elde edilmektedir. Artık kaplamalar üretimde kullanılabilir. Daha sonra bu kaplamalardan 180 mm genişlik ve 20.32 cm uzunlukta parçalar elde edilmektedir. Devamında suya dayanıklı bir tutkal uygulanıp sürekli preste preslenmektedir. Ardından Tutkal mikrodalga fırınlarda kurutulularak sertleştirilmektedir. Son olarak ürün boyutlandırılır (Şekil 3.51) (Altuntaş, 2008).



Şekil 3.51 Paralel Şerit Kereste (PSL) (Kurt, 2010, s 1774)

LVL üretiminde olduğu gibi, 3 mm kalınlıkta üretilen soyma kaplamalar şeritler halinde kesilir ve yaklaşık 20 mm genişlikte ve en az 60 cm uzunlukta olacak şekilde yonga haline getirilmektedir. Genellikle dış ortam şartlarına ve suya dayanıklı fenol formaldehit tutkalı gibi yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Taslak, preslenir ve tutkal sertleşir. Preslerde şerit yongalar düzgün bir şekilde yönlendirilmekte ve

yayılmaktadır. Son işlem boyutlandırmadır. Üretilen malzemenin maksimum boyutları enine, 280 mm x 485 mm, boyuna ise 20 m ye kadar olmaktadır. PSL üretiminde pek çok tür kullanılabilir ama genelde Douglas göknarı, Güney çamları, Batı tsugası ve lale ağacı kullanılmaktadır (Eriç, 2009).

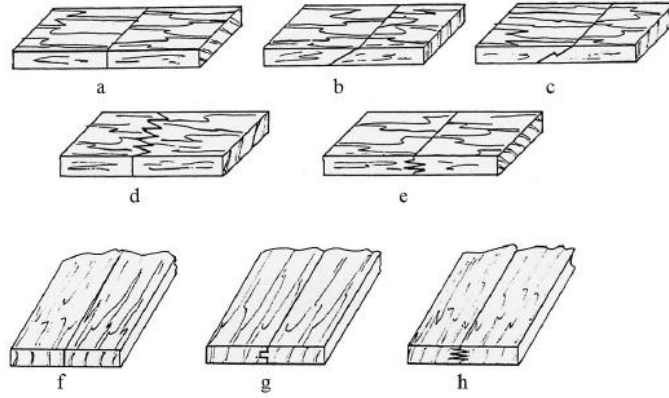
*3.1.4.4.2 Tutkallı Tabakalı Ahşap (GLULAM- Glued Laminated Timber).* Glulam masif kerestelerin uç uca, yan yana ve üst üste eklenmesiyle üretilen, büyük boyutlu bir yapı elemanıdır. Kavisli elemanlar için 2.54 cm kalınlıktaki keresteler, az kavisli ya da düz elemanlar için ise  $\cong 5$  cm kalınlıktaki keresteler kullanılmaktadır. Glulam, üç boyutta diyazn edilerek yük kapasitesi yüksek taşıyıcılar olarak kullanılırlar. Bu malzemeyi oluşturan tabakaların lif yönleri birbirlerine paralel olacak şekilde tasarlanır. Eğimli elemanlarda lif yönünün paralel olarak düzenlenmesi bir zorunluluktur (Şekil 3.52).



Şekil 3.52 Tutkallı Tabakalı Ahşap Malzeme (Lap-laser, 2012)

Bu konuyla ilgili son gelişmelerden biri de liflerin plastikle takviye edilmesidir. Bu yenilikle glulam elemanlarda enine kesitte daha fazla miktarda düşük kalitede ahşap eleman kullanarak yüksek dirençli ve sert bir eleman elde etmek mümkün olmuştur (Şekil 3.53) (Güller, 2001).





Şekil 3.53 En ve boy birleştirmeleri, (a) Düz birleştirme, (b) Pahlı birleştirme, (c) Pahlı kademeli birleştirme, (d) Dikey kama dişli birleştirme, (e) Yatay kama dişli birleştirme (f) Düz birleştirme, (g) Kınışlı birleştirme, (h) Kama dişli birleştirme (Seçkin, 2006)

3.1.4.4.3 *Tabakalı Şerit Kereste (LSL- Laminated Strand Lumber)*. LSL'nin üretimi OSB üretimine benzerdir. OSB gibi büyük boyutlu yongalardan elde edilmektedir. LSL yongalarının boyutları OSB yongalarından daha uzundur. Fakat PSL yongalarından kısadır. Yongaların uzunluğu ve son ürünün boyuna paralel olarak yönlendirilmiş olmaları LSL uzunluk yönünden dirençlidir çünkü yongalar uzunluğuna ve son yonganı boyuna paralel olarak yönlendirilirler. LSL'nin üretiminde kullanılan tomrukların LVL ve PSL tomrukları gibi soyulabilir olmasına ihtiyaç yoktur (Şekil 3.54) (Haygreen ve ark., 1996).



Şekil 3.54 LSL panel (Eriç, 2009)

Üretiminde kullanılan şerit yongaların uzunluğu 300 mm civarındadır. Yongaların kalınlığı ise 0,7-1,2 mm civarındadır. Uzun şerit yongalar bitmiş ürünün uzun yönü boyunca dizilirler. Bu sebeple LSL'nin uzunluk yönündeki direnci yüksektir. Üretiminde genelde hızlı gelişen kavak ve söğüt gibi ağaç tomrukları kullanılır.

LSL üretim tekniğinin belirleyici iki önemli özelliği vardır. Bunlardan birincisi yapıştırıcı olarak polimer- difenilmetandiizosiyanat tutkalı şerit yongaların üzerine püskürtülerek uygulanmasıdır. Bu teknolojiyle 2,5 m genişlikte, 14,5 m uzunlukta üretilen bloklar daha sonra kesilmektedir. LSL'nin birleştirme malzemeleri ile oluşturduğu mekanik birleşme mukavemeti çok üstündür. Bunun yanında boyutsal kararlılığı LVL ve PSL kadar iyi değildir (Sizüçen, 2008).

## **BÖLÜM DÖRT**

### **KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN İRDELENMESİ**

#### **4.1 Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin İncelenmesi**

Bu bölümde, tezin çalışma kapsamına alınan kompozit yapı malzemelerinin fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri ile birlikte yapıda kullanım yerlerinin karşılaştırmalı olarak analizi yapılacaktır.

Bu amaçla; Metal esaslı kompozit yapı malzemeleri olarak; Alüminyum kompozit, Çinko kompozit, Titanyum kompozit, Paslanmaz çelik kompozit, Galvaniz trapez saç kompozit, Magnezyum kompozit ve Bakır kompozit incelenmeye alınmıştır.

Polimer esaslı kompozit yapı malzemeleri olarak; CFRP (Karbon Elyaf Takviyeli Polimer) ve GFRP (Cam Elyaf Takviyeli Polyester Levha) kompozit incelenmeye alınmıştır.

Mineral esaslı kompozit yapı malzemeleri olarak; FRC (Lif Takviyeli Beton), GFRC ( Cam Elyaf Takviyeli Çimento Levha), GFRG (Cam Elyaf Takviyeli Alçı Levha), Litracon (Işık Geçirgen Beton), SIFCON (Yüksek Performanslı Beton) ve RPC ( Reaktif Pudra Beton) kompozit incelenmeye alınmıştır.

Ahşap esaslı kompozit yapı malzemeleri olarak; Kontrplak (Plywood), Kontrtabla, LVL (Laminated Veneer Lumber), MDF (Medium Density Fiberboard), HDF (High Density Fiberboard), İzolasyon Lif Levhalar, Yonga Levha (PB- Particleboard), Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB), Şerit Yonga Levha (Flakeboard), Etiket Yonga Levha (Waferboard), Çimento Yonga Levha, Ahşap Plastik Kompozit, PSL (Parallel Strand Lumber), Tutkallı Tabakalı Ahşap(GLULAM- Glued Laminated Timber) ve LSL (Laminated Strand Lumber) kompozit incelenmeye alınmıştır.

Bu malzemelerin fiziksel performansları başlığı altında; boyutları, boyutsal toleransı, ağırlığı, yoğunluğu, yangın dayanım sınıfları, ses yutuculuk değerleri, ısı iletkenlikleri ve su emme oranları; kimyasal performansları başlığı altında; bileşimleri, aside ve baza dayanımları; mekanik performansları başlığı altında; çekme mukavemeti, basınç dayanımı ve eğilme dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi tablo 4.1 de yer almaktadır. Ayrıca tablo 4.1'e malzemelerle ilgili standartlar kaynak oluşturması için eklenmiştir.

Tablo 4.2 de ise bu seçilen kompozit yapı malzemelerinin mimarlıkta kullanımlarının değerlendirmesi yer almaktadır.

Bu tabloda, sözü edilen kompozit yapı malzemeleri; yapıdaki montaj şekilleri, malzemenin yapısı, malzemenin tipi, malzemenin ağırlığı, malzemenin fonksiyonu ve yapıdaki kullanım yeri bakımından değerlendirilmiştir.

Tablo 4.2. Kompozit yapı malzemelerinin kullanımının irdelemesi

			KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN PERFORMANS TABLOSU																													
			METAL ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ								POLİMER ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ		MİNERAL ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ						AĞAÇ ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ													
			ALÜMİNYUM KOMPOZİT	ÇİNKO KOMPOZİT	TİTANYUM KOMPOZİT	PASLANMAZ ÇELİK	GALVANİZ TRAPEZ SAÇ	MAGNEZYUM KOMPOZİT	BAKIR KOMPOZİT	CFRP (KARBON ELYAF TAKVİYELİ POLİMER)	GFRP (CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER LEVHA)	FRC (FIBER REINFORCED CONCRETE)	GFRG (CAM ELYAF TAKVİYELİ ÇİMENTO LEVHA)	GFRG (CAM ELYAF TAKVİYELİ ALÇI LEVHA)	İŞIK GEÇİRGEN BETON	YÜKSEK PERFORMANSLI BETON (SIFCON)	RPC (REAKTİF PUDRA BETON)	KONTRPLAK (PLYWOOD)	KONTRTABLA	LVL (LAMINATED VENEER LUMBER)	MDF (MEDIUM DENSITY FIBERBOARD)	HDF (HIGH DENSITY FIBERBOARD)	İZOLASYON LİF LEVHALARI	YONGA LEVHA (PB)	OSB (ORIENTED STRAND LUMBER)	ŞERİT YONGA LEVHA (Flakboard)	ETİKET YONGA LEVHA (Waferboard)	ÇİMENTO YONGA LEVHA	AĞAÇ PLASTİK KOMPOZİT	PARALEL ŞERİT KERESTE (PSL)	TUTKALLI TABAKALI AĞAÇ (GLULAM)	TABAKALI ŞERİT KERESTE (LSL)
KULLANIMININ İRDELENMESİ	YAPIDAKİ MONTAJ ŞEKLİ	VİDALANARAK	√	√	√	√	√	√	—	—	√	√	√	√	—	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
		YAPIŞTIRILARAK	—	—	—	—	—	√	—	√	√	—	—	—	—	√	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—
	MALZEMENİN YAPISI	TANELİ	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	—	√	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—
		LİFLİ	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	—	√	—	√	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	√	√	√
		TABAKALI	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	√
		LEVHA ELEMANLAR	√	√	√	√	√	√	√	—	√	√	√	√	—	—	√	√	—	√	√	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	—
	MALZEMENİN TİPİ	BLOK ELEMANLAR	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		RULO ELEMANLAR	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		PROFİL ELEMANLAR	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	√
		KALIPLA ŞEKİLLENDİRİLMİŞ ELEMANLAR	—	—	—	—	—	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—	—	—
	MALZEMENİN AĞIRLIĞI	HAFİF ELEMANLAR	√	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√	√	√	√	√	√	√	√	—	√	√	√	√	√	√	√
		AĞIR ELEMANLAR	—	√	√	√	—	—	—	—	—	—	√	—	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	MALZEMENİN FONKSİYONUNA GÖRE	KORUYUCU AMAÇLI (YALITIM)	√	√	√	√	√	√	√	—	—	—	√	—	—	—	—	—	—	—	—	√	—	√	—	—	√	√	—	—	—	—
		ESTETİK AMAÇLI (KAPLAMA)	√	√	√	√	√	√	√	—	√	√	√	√	—	—	√	√	—	—	—	—	√	—	√	√	√	√	—	—	—	—
		ONARIM VE GÜÇLENDİRME (MUKAVEMET ARTTIRICI)	—	—	—	—	—	—	—	√	√	—	—	—	—	√	√	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
YAPIDAKİ KULLANIM YERİ		İç ve dış cephe kaplaması, dekorasyon ve kolon-kiriş kaplamaları, saçak ve tavan kaplamaları	pervaz, tente, korkuluk, dış cephe ve çatı kaplamaları	dış cephe kaplaması ve çatı örtüsü	dış cephe kaplaması ve çatı örtüsü	çatı	dış cephe duvar kaplaması, saçak altı, bölücü duvar, çatı örtüsü	dış cephe, çatı, duvar kaplamaları	kiriş, kolon, döşeme, duvar	tavan, duvar, zemin	dış cephe kaplaması, öve, denizlik, alınlık, kolon kaplaması, pergola, küpeşte	dış cephe, kolon, kiriş, kemer, kaplama, dekoratif amaçlı	merdiven, duvar, döşeme, kolon	kaldırım, köprü onarımı, kemer, yüksek performanslı malzeme gerektiren yapılarda	rögar kapakları, yağmursuyu ızgaraları, fiberoptik kablo kanalları	döşeme, duvar, çatı kaplaması, I giriş gövdeleri	kapı, mobilya, kalıp	döşeme, I girişlerin kenarları	bölücü duvar, döşeme, kapı kasaları, trabzan, küpeşte, süpürge, mobilya	İç mekan, mobilya	döşeme, duvar, çatı, izolasyon malzemesi	mobilya, dış cephe kaplaması	duvar, çatı, döşeme, beton kalıbı, mobilya, dekorasyon	duvar-çatı kaplaması, döşeme	duvar-çatı kaplaması, döşeme	dış cephe	kapı, pencere, çepe	kolon, kiriş	kolon, kiriş, kemer, çerçeve	kiriş, başlık, çatı makası		

Tablo 4.1. Kompozit yapı malzemelerinin özelliklerinin incelenmesi

		KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİNİN PERFORMANS TABLOSU																																		
		METAL ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ								POLİMER ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ		MİNERAL ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ															AĞŞAP ESASLI KOMPOZİT YAPI MALZEMELERİ									
		ALÜMİNYUM KOMPOZİT	ÇİNKO KOMPOZİT	TİTANYUM KOMPOZİT	PASLANMAZ ÇELİK	GALVANİZ TRAPEZ SAÇ	MAGNEZYUM KOMPOZİT	BAKIR KOMPOZİT	CFRP (KARBON ELYAF TAKVİYELİ POLİMER)	GFRP (CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER LEVHA)	FRC (FIBER REINFORCED CONCRETE)	GFRC (CAM ELYAF TAKVİYELİ ÇİMENTO LEVHA)	GFRG (CAM ELYAF TAKVİYELİ ALÇI LEVHA)	İŞİK GEÇİRGEN BETON	SIFCON (YÜKSEK PERFORMANSLI BETON)	RPC (REAKTİF PUDRA BETON)	KONTRPLAK (PLYWOOD)	KONTRTABLA	LVL (LAMINATED VENEER LUMBER)	MDF (MEDIUM DENSITY FIBERBOARD)	HDF (HIGH DENSITY FIBERBOARD)	İZOLASYON LİF LEVHALARI	YONGA LEVHA (PB)	OSB (ORIENTED STRAND LUMBER)	ŞERİT YONGA LEVHA (Flakeboard)	ETİKET YONGA LEVHA (Waferboard)	ÇİMENTO YONGA LEVHA	AĞŞAP PLASTİK KOMPOZİT	PARALEL ŞERİT KERESTE (PSL)	TUTKALI TABAKALI AĞŞAP (GLULAM)	TABAKALI ŞERİT KERESTE (LSL)					
FİZİKSEL	BOYUTLARI (mm)	3,4,6 x 1000,1250,1500 x 3200	4 x 1000 x 6172	4 x 1000 x 5000	4 x 1000 x 5000	1017x50,80,100 x10000,800,600	4,6,8,10,12,14,16,18,20,25x1220	3,4,6 x 1220 x 2440	0,13x600x5000 (rulo boyutu)	4,5x480 (6,5 m2)	6-20x1250x2500/3000	1/1,2x900x1200	3/5x120x250	25/500x300x600	2400 x 300 x 50		3/70 X 1300/1700 X 220	18x1220x2440	19/45 x 1800 x serbest boy	45/60xserbest boy x serbest boy	8/ 3 x 2650 x 2050	6,8,10,12,13,20 x 170 x 300	3/80 x 1200/2100 x 1800/3660	6/7,5/9,5/11/12/12,5 /15/15,5/18/18,5 x 2500 x 5000	0,5/0,7 x 9/10 x 35/75	0,5/0,7 x 25/40 x 35/75	0,8/10/12/14/16/18/ 20/24/30 x 1250 x 2500/2800/3000	20x150x3000	250 x 485 x 2000	19/38-260/280-4000	38,1/19,05/88,9x355 /457/508/558/609x 406					
	BOYUTSAL TOLERANS(mm)	±0,2 x ± 2x ± 4	±0,2 x ± 2x ± 4	±0,2 x ± 2x ± 4	±0,2 x ± 2x ± 4	±0,2 x ± 2x ± 5	±0,2 x ± 2x ± 6	2,032x4,064x0,30		3	±%10x ±5x ±3,75	±5	±1.5 x ±3 x ±5			± 5			± 0,125	± 3	± 2.0 mm/ ± 5 mm	± 0,2	± 0,3			± 3										
	AĞIRLIĞI (kg/m2)	4,6/5,5/7,4	14,6	9,3	10,2	14,46-17,45-19,45	5,7,8,10,12,14,16,18,22,26	14	0,23	0,43	8,4-11,2-14-16,8-19,6-22,4-25,2-28	22-37	7-10			8,4		703.08	40-45 (her prefabrikte panel için)		3 - ,36	45 kg (her prefabrikte panel için)	10			10,13,15,18,20,23,26,30,38	1,8	4	0,11	1						
	YOĞUNLUĞU (gr/cm3)	1,36	7,2	4,5	2, 5	0,10/0,12	1	1.804	1,5/1,6	1,5/2	1,3	1,9/2,1	1,67	2,1/2,4	2,161 / 3,130		0,68/0,7	0,36/0,4	0,4	0,50/0,80	1	0,16- 0,50	0,62/0,70	0,64/0,66	33,2	0,6-1	1,6	1,2	0,64	0,55/0,75	0,4					
	YANGIN DAYANIMI	B1	B1	B1	B1	A1	A1	B1	C	C	A1	A1	A1	A1/A2	A1	A1				B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B1	B1	A2	B1	A2				
	SES YUTUCULUK (Dba)	23-25	25- 30	25	30	40	>54										0,25-0,50			0,2	0,13-072	21	0,25-0,36	35			29-32									
	ISI YALITIMI (ısı iletkenlik w/mk)	0,29	0,36	0,4	0,4	0,035	0,025	383			0,2	0,62	0,36				0,08/0,12			0,1		0,035	0,004/0,07	0,15			0,212/0,213	3		0,162/0,067						
SU EMME ORANI	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%		0,30%	< %30	% 3-10	<% 5		3,20%		% 3/4			16,00%	6,00%	% 5-8	% 5,5/7	% 5,5-7			1,50%	< % 3	% 9-10	5%	% 3,2/ 6,7						
KİMYASAL	BİLEŞİMLERİ	Alüminyum-Polietilen-Alüminyum	Çinko- Yanmaz mineral çekirdek-Çinko/Alüminyum	Titanyum-Yanmaz mineral çekirdek-Paslanmaz çelik	Paslanmaz çelik Yanmaz mineral çekirdek-Paslanmaz çelik	galvaniz trapez saç- PUR/Taşyünü-galvaniz trapez saç/alüminyum/paslanmaz çelik	Magnezyum-cam elyaf-Magnezyum	Bakır-Polietilen çekirdek-Bakır	epoksi polimer-kevlar, alüminyum veya karbon elyaf	polyester reçine alümina trihidrat-cam elyaf	çimento- kalın agrega- ince agrega- mineral katkıları- kimyasal katkıları- çelik veya polipropilen elyaf diğer katkı maddeleri	portland çimentosu-cam elyaf-kum-su	Alçı- Cam elyaf- Portland çimentosu- Kum- Kristalin Silika	beton(çimento-agrega-su)- optik fiber	çimento bazlı harç- çelik lif	çimento-su-silis dumanı-süperakışkanlaştırıcı	ağşap levha-tutkal	ağşap levha-tutkal	ağşap-tutkal	kereste endüstrisi artıkları-tutkal	kereste endüstrisi artıkları-lignin	gazete kağıdı/ mekanik kağıt hamuru-katı üreten köpükleri- folyolar- fiberglass-reçine	odun yonga-sentetik reçine tutkalı	odun yonga-sentetik reçine tutkalı	kavak yongaları-tutkal	kavak yongaları-tutkal	Ağşap- Çimento-Katkı maddeleri	ağşap atık- LDPE	kereste-tutkal	kereste-tutkal	kereste-tutkal					
	ASİDE DAYANIKLILIK	DAYANIKLI	DAYANIKSIZ	DAYANIKLI	DAYANIKSIZ	DAYANIKSIZ	DAYANIKSIZ	DAYANIKSIZ	DAYANIKLI	DAYANIKLI	DAYANIKLI				DAYANIKLI		DAYANIKLI																			
	BAZA DAYANIKLILIK	DAYANIKSIZ	DAYANIKLI	DAYANIKSIZ	DAYANIKSIZ	DAYANIKSIZ		DAYANIKSIZ	DAYANIKLI	DAYANIKLI	DAYANIKLI																DAYANIKLI									
	ÇEKME MUKAVEMETİ (N/mm2)	47,8	250-300		86,3	0,018	220-250	150	1500-3200	480	2	5 / 10		7	1200		50/100			15-20	1, 48	0,5/1	12,3/11	0,65		0,28	>0,5			85	26,04					
	BASINÇ DAYANIMI (Mpa)						20,71				30	27,6		50	120-140	200-800		6-12	49,87	6-12	6-12	0,2	6-12	6-12	8,3	6-12	>15		43,85	150	41,91					
EĞİLME DAYANIMI (Mpa)	122	>60	90-300	>130	90-300	22,5/11,2/12,1/9,3/7,6	>40	221	221	14	12,8	32	> 5	30-60	50-140	19,6	11/25/29/31	19/21	34,5	> 40 - 55	2 / 4	14/16,5	22	6-12	12	40/170		80.2	140	61,83						
MALZEMELERLE İLGİLİ STANDARTLAR	TS EN 755-1	ASTM E228	ASTMB265--ASTMF67/136	ASTM D792-08		ASTM E 662	TS EN 60249-2-10/A5	ASTM D2310 - 06	ASTM D2310 - 06	ASTM C494 / C494M - 11	ASTM C1229 - 94(2009)	ASTM E-84		ASTM A722 / A722M - 12	TS 1478 EN 124	TS EN 635-2	TS 4645 EN 636	TS EN 14279+A1	TS EN 622-5	TS EN 316	TS EN 316	TS EN 312	TS EN 300	TS EN 323	TS EN 323	TS EN 634-2	ASTM 1037	ASTM D-5456	ASTM D3737 - 09	ASTM D-5456						
Bilgiye ulaşılamamıştır.		* Tablodaki bilgiler birçok kaynaktan yararlanılarak derlenmiştir.																																		

#### **4.1.1 Bölüm Sonucu ve Değerlendirme**

Kompozit malzemeleri kendi alt gruplarında incelediğimizde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. 30 kg ve üzeri ağırlıktaki malzemeler ağır malzemeler olarak sınıflandırılmıştır (Günhan,S, 1995).

##### *Metal esaslı kompozit malzemeler;*

Kompozit malzemelerin genel anlamda ortak özelliği korozyona karşı dayanıklı olmasıdır. Bunun yanında yaptığım araştırmalar neticesinde metal kompozitlerin baza dayanıksız olduğu görülmüştür. Asite karşı mukavemet gösteren metaller ise alüminyum ve titanyumdur.

Standart üretim boyutları açısından yaklaşık ölçülere sahip olan metal kompozitlerin birim ağırlığı en yüksek olanı ise magnezyum kompozit malzemedir. Alüminyum ve titanyum kompozitleri ise daha hafif malzemelerdir. Yoğunluk olarak en yüksek değeri gösteren çinko kompozittir ve galvaniz trapez saç ise en düşük değere sahiptir.

Metal alaşımları yüksek sıcaklıkta bazı özellikleri sağlamaktadırlar aynı zamanda kırılığandırılar. Fakat fiberler ile takviye edilmiş metal matrisli kompozitler her iki fazın uyumlu çalışması ile yüksek sıcaklıkta da yüksek mukavemet sağlamaktadır. Galvaniz trapez saç ve magnezyum kompozitleri A1 yangın sınıfına, diğer metal kompozitler ise B1 dahil edilmektedir. Bu da galvaniz trapez saç ve magnezyum kompozit malzemeleri yangın esnasında soğutucu etki yaratan maddeler ile müdahale edilmek sureti ile söndürülür. Diğer malzemeler ise oksijen ile teması kesilerek söndürülür. Ses yutuculuk değerlerine baktığımızda akustik açıdan magnezyum kompozit diğer metallere daha farklı davranmaktadır ve ses yalıtımının önemli olduğu mekanlarda diğer metal kompozitlere nazaran öncelikli olarak tercih edilebilir.

Bakır ve alüminyum matrisli kompozitler, matrisin özelliklerini iyileştirdiği gibi maliyet açısından da avantaj sağlamaktadır. Bakır kompoziti ısıyı diğer metal

kompozitlere göre daha fazla iletmektedir. Metal kompozitler düşük gözenekliliğe sahip bir malzeme grubu olduğu için su emmez.

Metal kompozitler üretilirken genelde ortaya mineral yanmaz çekirdek malzeme uygulanmaktadır. Alt ve üst katmanlara ise aynı veya birbirinden farklı metaller yerleştirilebilmektedir. Çekmeye karşı en fazla mukavemet gösteren malzemeler magnezyum ve çinko kompozitleridir.

*Polimer esaslı kompozit malzemeler;*

FRPs olarak bilinen polimer esaslı kompozit malzemeler cam, karbon ve aramid fiberler kullanılarak üretilmektedir. Bu çalışmada CFRP- Karbon elyaf takviyeli polimer ve GFRP- Cam elyaf takviyeli polimer malzemelerine yer verilmiştir.

GFRP levha halinde üretilirken CFRP rulo haline getirilebilen kumaş benzeri bir malzeme şeklinde üretilmektedir. FRPs çok hafif malzemelerdir ve yapıların onarımı ve güçlendirilmesi için kullanılmaktadırlar. Yoğunlukları  $1,5-2 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. A1 yangın dayanım sınıfına dahil edilmektedirler. Çekme ve eğilme mukavemeti yüksek malzemelerdir.

*Mineral esaslı kompozit malzemeler;*

Bu çalışma kapsamındaki malzemeler çimento ve alçı mineralleri matris malzemedir. FRC- Elyaf takviyeli çimento levha, GFRC- Cam elyaf takviyeli çimento levha, GFRG- Cam elyaf takviyeli alçı levha, Işık geçirgen beton ve SIFCON-Yüksek performanslı beton malzemelerine yer verilmiştir. FRC çeşitli elyafların takviye edilmesiyle üretilen kompozit malzemedir. Söz konusu elyaflar;

- Çelik elyaflar,
- Cam elyaflar,
- Sentetik elyaflar,
- Doğal elyaflardır.



Cam ve çelik elyaf lar kullanılarak üretilen kompozitlerden bahsedilmiştir. 1940'lı yıllarda bulunan GFRC betonun mukavemetini arttırmak için cam elyaf kullanılması fikrinden doğmuştur. Macar mimar Aron Losonczy tarafından bulunarak LITRACON patent adıyla piyasaya sunulan Işık geçirgen beton ise ancak 2000'li yıllarda geliştirilmiştir. Elyaf takviyesi olarak yine cam kullanılmıştır fakat Losonczy'nin yaptığı betonu hafif hale getirmek ve ışık geçirgen bir hal almasını sağlamaktı.

*Ahşap esaslı kompozit malzemeler;*

Ahşap kompozitleri odunsu materyalin odunsu bir materyal ya da başka bir materyal ile yapıştırıcılar kullanılarak birleştirilmesiyle elde edilen malzemeleri ifade etmektedir. Kompozitler yalnızca levha ürünlerini değil aynı zamanda kalıpla şekillendirilmiş ürünleri de kapsamaktadır. Bu ürünler lif levhadan lamine malzemelere kadar geniş bir dağılım göstermektedir. Ahşap esaslı kompozitler lif, yonga, kaplama levhalar, yapısal kereste ürünleri ve Ahşap plastik kompozit levha olarak incelenmiştir. Bu malzemelerin özellikleri üretim sürecinde müdahale edilerek değiştirilebilmektedir. Hammaddede seçiminde yapılacak değişiklikler, kullanılan tutkal cinsi, levha yoğunluğu ve çevresel etkilere karşı malzemenin dayanımını arttırmak için eklenen maddeler ile malzemeyi geliştirmek mümkün olmaktadır. Ahşap kompozitleri günümüzde mobilya endüstrisi ve yapı sektöründe çokça kullanılmaktadır.

Bu çalışmada levha olarak üretilen ahşap kompozitleri kaplama paneller ve lif levhalar şeklinde iki sınıfa ayrılmıştır. Yonga levhalar ise lif levhalar grubu içinde incelenmiştir. Ahşap ve plastiğin birleştirilmesiyle oluşturulan Ahşap plastik kompoziti ve yapısal kereste ürünlerinin kullanım amacı ve yapıdaki fonksiyonu farklı olduğu için levha ürünleriyle kıyaslanmayacaktır.

Kontrplaklar, dekoratif kontrplaklar ve yapısal kontrplaklar olarak üretilmektedir. Yapısal kontrplaklarda fiziksel ve mekanik özellikler görünümünden daha önemlidir. Dekoratif kontrplaklar yoğunlukla duvar paneli ve mobilya üretiminde kullanılmaktadır ve bu kontrplaklar mekanik özelliklerinden çok görünümleri ile ön plana çıkmaktadırlar. Son yıllarda maliyeti düşük olduğu için OSB kontrplak yerine

tercih edilmektedir. Dekoratif kontrplak yerine ise kaplama yapılmış yonga levhalar ve MDF tercih edilebilmektedir. LVL kullanım alanları nedeniyle bazı sınıflandırmalarda yapısal kompozitler içinde yer almaktadır. Fakat tabakaların üst üste yapıştırılmasıyla elde edilen bir ürün olduğu için bu çalışmada kaplama levhalar ile aynı grupta yer verilmiştir. LVL daha büyük boyutlu elemanlar kullanılarak üretildiğinde GLULAM olarak adlandırılmaktadırlar.

Yonga levhaları, odun hammaddesi ve tutkal ile sıcaklık ve basınç altında üretilmektedir. Yoğunluklarına göre hafif, orta ve ağır olarak gruplandırılabilir. Flakeboard- Şerit yonga levha ve Waferboard- Etiket yonga levha kontrplağa alternatif olarak üretilen ürünlerdir. Üretim süreçleri aynıdır yalnız ebatlarında farklılıklar vardır. Daha sonra bu malzemelerin geliştirilmesiyle OSB ortaya çıkmıştır. Çimento yonga levha ahşap liflerin çimento ile birleştirilmesiyle üretilen bir malzemedir.

Lif levhaları, odun hammaddesi, yapıştırıcı ve katkı maddelerinin kuru veya yaş yöntemle üretilmektedir. Ayırt edici özellikleri yoğunlukları olan HDF ve MDF levhalar bu gruptadır. MDF 0,50-0,80 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir ve kuru yöntemle üretilmektedir. HDF ise yaklaşık 1 gr/cm<sup>3</sup> yoğunluğa sahiptir ve yaş ve kuru yöntemle üretilmektedir. İzolasyon lif levhalar, yoğunluğu düşük malzemelerdir. Binalarda izolasyon amaçlı ve yer döşemesi olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerin kullanımını köpüklü plastik levhalar azaltmıştır.

Yapısal kompozitler, kolon, kiriş gibi yapı elemanı olarak kullanılabilen nispeten büyük boyutlu elemanlardır. PSL ve LSL tomrukların soyulmasıyla elde edilen hammaddeden oluşmaktadır. Tutkallanarak ve kurutularak preslenir ve boyutlandırılırlar. LSL'nin uzunluk yönünden direnci yüksektir. GLULAM olarak bilinen yapısal ürün 1800'lü yıllarda masif kerestenin uç uca, üst üste ve yan yana eklenmesiyle üretilmektedir. Yatay, dikey ve eğimli üretilen bu malzemeler yapılar da taşıyıcı olarak kullanılabilir. Özellikle geniş açıklıklar geçebilmesi, hafif olması ve estetik bir görünüm sağlaması açısından tercih edilen bir malzemedir. Yaklaşık 20 m açıklık bu malzemeyle geçilebilir.

## BÖLÜM BEŞ

### SONUÇ

Mimaride malzeme yapının fonksiyonelliğini etkileyen önemli bir husustur. Tasarım aşamasından başlayarak binayı hem estetik hem de işlevsel anlamda etkiler. Doğru malzeme seçimi binanın ömrünü belirleyebildiği gibi maliyet, estetik, kullanım kolaylığı açısından doğrudan etkilidir. Söz gelimi tarihi bir binanın onarımını yapabilmek için doğru malzemeleri seçmek, dolayısıyla bu konuda yeterli bilgiye sahip olmak gerekir. Bu çalışma ile tasarım aşamasından onarıma kadar bir yapının bulunabileceği her durum için tasarımcıya bir kaynak oluşturulmak amaçlanmıştır.

Birinci bölümde çalışmanın amacı açıklanmış, kapsamı ve yöntemi verilmiştir.

İkinci bölümde kompozit malzemelerden bahsedilmiştir. Konuyla ilgili gerekli tanım ve kavramlar açıklandıktan sonra kompozit malzemenin başlangıçtan günümüze kadar olan gelişimi hakkında bilgi verilmiştir. Genel kabul gören sınıflandırmalar yapılmış ardından kompozit malzemelerin üretim yöntemlerine değinilmiştir. Birçok farklı üretim yönteminden en çok kullanılan yöntemler belirlenerek kısaca açıklanmış, gerekli görülen yerlerde şekillerle anlatım desteklenmiştir. İkinci bölüm tüm disiplinleri içine alacak biçimde hazırlanmıştır.

Üçüncü bölümde ise kompozit malzemenin inşaat sektöründe kullanımından bahsetmek suretiyle konu daraltılmıştır. Yapıda uygulanan kompozit malzeme türleri saptanmıştır. Zaman gözetmeksizin belirlenen bu kompozit malzemelerin çoğunluğu günümüze aittir ve tamamının uygulaması yapılmaktadır.

Çeşitli kaynaklardan elde edilen malzemeler çalışmanın verimli olması açısından esaslarına göre dört ana gruba bölünmüştür. Bunlar; metal, polimer, mineral ve ahşap esaslı kompozit malzemelerdir.

Daha sonra her bir malzeme hakkında ulaşılabilen bilgi verilmiştir. Üretim şekli, boyutları ve nerelerde kullanıldığı gibi konularda açıklama yapılmıştır.

Dördüncü bölümde ise tablo yardımıyla bu malzemeler irdelenmiştir. Bu tablo malzemelerin özelliklerine ve mimarlıkta kullanımına göre düzenlenmiştir. İki bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde kökenlerine göre gruplandırılan malzemeler fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerine göre incelenmiştir. Boyutları, ağırlıkları ve yoğunlukları verilen malzemelerin tasarımcıya ışık tutabileceği düşünölen tüm özellikleri verilmiştir. Yangına direnci hakkında fikir oluşturabilmesi için yangın dayanım sınıfları, akustiğin önemli olduğu mekanlarda malzemenin kullanışlılığı hakkında bilgilendirmek için ses yutuculuk değerleri verilmiştir. Islak mekanlarda veya iç/dış mekanlarda kullanımına karar verilebilmesi için su emme oranları her bir malzeme için yaklaşık değerler olarak saptanmış ve sunulmuştur.

Kökenleri belirtilen malzemelerin ayrıca bileşimleri verilerek kullanıcı/tasarımcının malzemeleri birbirleriyle kıyaslaması kolaylaştırılmaya çalışılmıştır. Asit ve baz dayanımları incelenmiştir. Mekanik özellikleri hakkında bilgilendirici olması için çekme, basınç ve eğilme dayanımları verilmiştir.

Tablonun ikinci bölümünde ise aynı malzemelerin kullanımı irdelenmiştir. İlk bölümde bulunan rakamsal verilerden sonra ikinci bölümde uygulamaya yönelik bir irdeleme yapılmıştır. Kompozit malzemelerin montaj şekli hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın kapsamı dahilinde bulunan önyapım malzemelerin yerinde vidalanarak veya yapıştırılarak uygulanan çeşitleri vardır. Bu anlamda bir ayırım yapılmıştır. Daha sonra malzemeler iç yapılarına göre sınıflandırılmıştır. ilk bölümde anlatıldığı üzere lifli, tabakalı veya parçacıklı olan kompozitler sınıflandırılmıştır. Malzemelerin levha, blok, rulo, profil şeklinde üretilenlerinin yanı sıra kalıp ile şekillendirilmeleri göz önüne alınarak söz konusu malzemenin uygulamaya hazır şeklinde bahsedilmiştir. Malzemenin ağırlığı 30 kg. sınır alınarak hafif veya ağır olarak sınıflandırılmıştır. Böylece taşınabilmesi ve/veya nasıl taşınacağı hakkında fikir edinilebilmesi sağlanmıştır.

Daha sonra bu malzemeler fonksiyonlarına göre irdelenmiştir. Yalnızca onarım için kullanılan kompozit malzemeler olduğu gibi estetik veya izolasyon amaçlı kullanılan veya birden fazla amaca hizmet eden malzemeler de bulunmaktadır. Bu yüzden son bölümde böyle bir sınıflandırmaya ihtiyaç duyulmuştur. Son olarak kullanıcıya yararlı olacağı düşünüldüğü için malzemelerin yapıdaki genel kullanım yerleri verilmiştir. Böylece hangi kompozit malzemenin ihtiyaçları karşılama da daha etkili olabileceği konusunda bir kaynak oluşturulmuştur. Kompozit malzemelerin yapıda kullanımının incelendiği bu çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır;

Bir malzemenin kompozit sayılabilmesi için yapay olması gerekir ve birden fazla farklı malzeme birleşerek tek bir malzeme oluşturmalıdır. Ve meydana gelen bu yeni malzeme bileşenlerinden hiçbirinin tek başına sahip olmadığı özellikleri göstermelidir.

Metal esaslı kompozit yapı malzemeleri,  
Takviyesiz plastikler ve metallere göre daha yüksek mukavemet gösterirler. Son yıllarda dış cephelerde kullanımı yaygınlaşan metal kompozitlerin birçok farklı renkte ve dokuda üretilebilmesi kamu binaları, sanayi binaları, sosyal tesisler gibi büyük ölçekli binalarda uygulanma sebeplerinden biridir. Alt ve üst yüzeyde iki metal levha ve ortada yalıtım çekirdeği bulunur. Böylece su ve ısı yalıtımı sağlanabilmektedir. Bu gruptaki kompozitler genellikle dış cephe ve çatı kaplaması olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda taşıyıcı olarak da kullanılabilir. Montaj kolaylığı ve kolay şekillendirilebilir olması bu malzemenin kullanımının yaygınlaşmasının sebeplerindedir. Doğru şekilde uygulanırsa uzun ömürlüdürler. Bununla birlikte yanlış uygulama detayları bu malzemenin kullanılabilirliğini etkileyen bir faktördür. Özellikle dış cephede yağmur suyu ve diğer doğa olaylarına maruz kalan malzemenin yanlış uygulanması kötü görüntüler ve tesisat sorunları ortaya çıkarabilir.

Polimer esaslı kompozit malzemeler,  
(FRPs) elyaf takviyeli plastiklerdir. Plastik reçine içine dağılmış sürekli ve parçacıklı elyaflar bu malzeme grubunu oluşturmaktadır. Genelde cam, karbon ve aramid elyaflarından oluşturulmaktadır. Takviye malzemelerine göre isimlendirilmektedir.

Bu çalışmada cam ve karbon elyaf takviyeli iki malzeme incelenmiştir. FRP kompozitleri yapıyı güçlendirmek veya onarmak için kullanılmaktadır. Bir örtü/kumaş şeklinde üretilen bu malzemeler boyutlarına göre çok yüksek mukavemet sağlamaktadır. Depremden zarar görmüş binalarda, köprülerde uygulanmaktadır. Malzemeden en iyi şekilde yararlanabilmek için bilinmesi gereken birkaç nokta vardır;

Malzemenin içindeki reçine/elyaf oranı malzemenin mekanik özelliklerini belirlemektedir. Büyük oranda reçine içeren malzemeler esneklik sağlamaktadır fakat elyaf oranı düştükçe malzemenin çekme dayanımı da düşmektedir. Bir diğer husus ise malzemenin uygulanış biçimidir. Öncelikle uygulanacak yüzey (genelde betondur) temizlenmelidir. Daha sonra astar ve macun çekilmek suretiyle malzemeye uygun zemin hazırlanmaktadır. Epoksi esaslı bir yapıştırıcının ardından tabakalar yapıştırılır. Bu noktada kabarcık oluşmaması için fazla havanın dikkatlice uzaklaştırılması gerekir. Ardından tekrar yapıştırıcı sürülüp ve istenilen renkte boyanabilmektedir. Elyaf olarak cam veya karbon kullanılmaktadır. Bu gruptaki kompozitler genelde mukavemet arttırmak için kullanılmaktadır.

Mineral esaslı kompozit malzemeler,  
Günümüzde beton yapı sektöründe en çok kullanılan malzemedir. Bunun sebebi yüksek basınç dayanımı olması, sertlik, şekillendirilebilirliği ve çeşitli çevresel faktörlere karşı dayanıklı olmasıdır. Mineral esaslı kompozit malzemeleri genel anlamda içine alan betona bu çalışmada detaylı yer verilmemiştir. Bunun yerine beton ile oluşturulan diğer kompozit malzemelerden bahsedilmiştir.

Mineral matrise lif takviye edilerek farklı kompozit malzemeler elde edilmektedir. Kullanılan lif çeşidine göre farklı özelliklere sahip kompozitlerin elde edilmesi mümkündür. Bunlar çelik lifler, sentetik lifler, cam ve doğal lifler olarak bilinmektedir. Matris malzemesi olarak ise genelde beton kullanılmakla birlikte alçı gibi diğer mineraller de kullanılabilir. Bu çalışmada bahsedilen malzemelerin bir kısmı hakkında bilgi toplanmıştır.

Ahşap kompozitler, büyük veya küçük boyutlu ahşap parçalarının, liflerin ve uygun yapıştırıcıların birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Bu malzemeler birbirinden farklı ahşap malzemelerden oluşabilir. Lamine edilmiş malzemelerden lif levhalara kadar çeşitlilik gösterirler. Yalnızca levha halinde üretilmezler. Kullanım amacına göre kalıpla şekillendirilebilirler. Dekorasyon amaçlı veya mobilya tasarımında kullanılabilirdiği gibi kiriş veya kolon şeklinde üretilerek taşıyıcı olarak kullanılabilir. Aynı zamanda iç ve dış mekanda kullanılabilir. Genel kanının aksine ahşap yangın geciktirici bir malzemedir bu anlamda avantaj sağlar. Maruz kaldığı işlemlere göre suya dayanıklılığı artırılabilir. Örneğin emrenye edilmiş ahşabın oluşturduğu kompozit malzemenin geçirgenliği azaltılmış olur.

Bu çalışmada literatürden elde edilen verilerden yola çıkılarak bir sınıflandırma yapılmıştır. Kaplama panellerden olan kontrplak birçok alanda kendine yer bulmaktadır. Fakat son yıllarda OSB üretim maliyetinin düşük olması sebebiyle kontrplağa rakip olmuştur. Bu nedenle üretim sürecinde ve malzeme seçiminde yenilikler yapılarak geliştirilmektedir. Lif levhalar grubundaki malzemeler lifli odun kökenli malzemelerin yaş veya kuru yöntemle üretilmesinden meydana gelmektedir. Yoğunluklarına göre orta (MDF) veya yüksek (HDF) yoğunluklu levhalar üretilmektedir. MDF  $0,80 \text{ gr/cm}^3$  kadar yoğunluğa sahip iken HDF genelde  $1 \text{ gr/cm}^3$  civarında yoğunluğa sahiptir.

## KAYNAKLAR

- Akyol Altun, T.D. (2007). Geleceğin mimarlığı: bilimsel-teknolojik değişimlerin mimarlığa etkileri, *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik dergisi*. 9 (1), 77-91.
- Albond (2008). *Alüminyum kompozit paneller*, 12 Kasım 2011, <http://www.albond.com.tr/sayfalar.asp?LanguageID=1&cid=4&id=29&b=2>.
- Alpolic (2012). *Çinko kompozit panel kesiti, Titanyum kompozit panel kesiti, Paslanmaz çelik malzeme özellikleri*, 1 Şubat 2012, <http://www.alpolic.com/alpolic-intl/index.php>.
- Altuntaş, E. (2008). *Borlu polimer-odun kompozitleri*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Müh. Yüksek lisans tezi, 15-17.
- Arıcasoy, O. (2006). *Kompozit sektör raporu*, 1 Aralık 2011, [www.ito.org.tr/](http://www.ito.org.tr/).
- Ashori, A., Tabarsa, T. ve Sepahvand, S.(2011). *Construction and building materials* (1) İran: Elsevier.
- Assanpanel (2009). 20 Kasım 2011, *Galvaniz trapez saç kompozit panel detayı*, <http://www.assanpanel.com.tr/en-us/Products/Pages/Products.aspx>.
- Awad, Z.K., Aravinthan, T. ve Gonzalez, F., (2010). *Advanced robust design optimization of FRP sandwich floor panels*, IOP science, 10(1), <http://iopscience.iop.org/1757-899X/10/1/012182>.
- Barbero, E.J. (1998). *Introduction to composite material design*, (1. Baskı). Philadelphia: CRC Press, 44-50.



- Batibeton (2010). *Beton malzemesi*, 1 Aralık 2011, [http://www.batibeton.com.tr/?page=sizin\\_icin\\_bilgiler&sp=batibeton\\_katalog](http://www.batibeton.com.tr/?page=sizin_icin_bilgiler&sp=batibeton_katalog).
- Betopan (2009). *Çimento yonga levha*, 20 Şubat 2012, [http://www.betopan.com.tr/pdfs/betopan\\_turkce.pdf](http://www.betopan.com.tr/pdfs/betopan_turkce.pdf).
- Betofiber (2010). *GFRC montaj detayı*, 24 Mayıs 2012, <http://www.betofiber.com/SayfaDetay.aspx?id=11>.
- Britannica (2012). *Yonga levha (PB), Waferboard, OSB*, 28 Temmuz 2011, <http://www.britannica.com/search?query=waferboard>.
- Carbonfiber (2010). *CFRP uygulaması*, 22 Mayıs 2012, <http://www.carbonfiber.com.cn/blog/post/71.html>.
- Cardarelli, F., (2008), *Materials handbook. A concise desktop reference*, (2. Baskı). New York: Springer, 1019-1020.
- Chinagfrc (2012). *GFRC*, 20 Haziran 2012, [http://www.chinagfrc.com/data/2009/c/www.chinagfrc.com/db\\_pictures/200912/04/1259907032836848.jpg](http://www.chinagfrc.com/data/2009/c/www.chinagfrc.com/db_pictures/200912/04/1259907032836848.jpg).
- Çetinkaya, N. (2002). *Betonarme yapı elemanlarının frp malzemelerle onarım ve güçlendirilmesi*, Denizli: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 8.
- Dragonboard (2011). *Magnezyum kompozit malzeme birleşimi*, 18 Aralık 2011 <http://www.nevrayapi.com/DragonBoardKatalog.pdf>.
- Duran, E. (2008). *Taşıyıcı olmayan ve dış cephede kullanılan prefabrik pano ve kaplamaların mimari performanslarının incelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mim. Fak. Yüksek lisans tezi, 42-54.

- Erbaş, E. (2009). *Kutu profil ana kirişli kompozit taşıyıcının analizi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Yüksek lisans tezi, 8-28.
- Erbil, E. (2008). *Impact loading in laminated composites*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mak. Müh. Yüksek Lisans Tezi, 8.
- Erden, S., Sarıkanat, M. Ve Yıldız, H. (2009). Karbon Fiber Takviyeli Termoplastik Kompozitlerde ara yüzey dayanımının artırılmasında kullanılan yöntemler, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3 (1), 39-56.
- Eriç M. (2009). *Yapı fiziği ve malzemesi* (2. Baskı), İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Ersoy, H.Y.(2001), *Kompozit Malzeme* (1. Baskı). İstanbul: Literatür Yayıncılık, 3-12.
- Esen, Y. ve Yılmaz, B. (2007). *Giydirme Cephelerde Kullanılan Alüminyum Kompozit ve Kompakt Laminant Panellerin Teknik Özelliklerinin Karşılaştırılması*, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, Cilt:6, Sayı:1- .ss 103-106.
- Eşsiz, Ö. ve İkinci, S., (2004). *Metal cephe kaplamalarının dünden bugüne gelişimi*, 3 Ocak 2012, [http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri\\_017.pdf](http://www.catider.org.tr/pdf/sempozyum/bildiri_017.pdf).
- Etalbond (2010). Ürün kataloğu.
- Formglas (2012). *CTP üretim şekli, GFRC panel uygulaması*, 18 Mart 2011, <http://www.formglas.com/download.php>.
- Gay, D., Hoa, S.V. ve Tsai, S. (2002). *Composite Materials*, (4. Baskı), Philadelphia: CRC Press, 3.

- Gilani, A.M. (2007). *Various durability aspects of slurry infiltrated fiber concrete*, Doktora tezi. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 5-41.
- Guerrini, G.L. (2000). *Applications of High-Performance Fiber-Reinforced Cement-Based Composites*, 23 Nisan 2012, <http://www.springerlink.com>.
- Güller, B. (2001). *Odun kompozitleri*, Isparta: SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:2. 30 Mayıs 2011, <http://edergi.sdu.edu.tr/index.php/sduofd/article/view/354>, 137-151.
- Haygreen, J.G., Ve Bowyer, J.L., (1996). *Forest Products and Wood Science*, (3. Baskı), Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Huayuanfu (2012). *Çinko kompozit panel uygulaması*, 26 Mayıs 2012, <http://www.huayuanfu.com/e/xcp16.htm>.
- Impactlightinginc (2012). *Işık geçirgen beton uygulama detayı*, 3 Ocak 2011, [http://impactlightinginc.com/pdf/fiber\\_concrete\\_transparent\\_wall.pdf](http://impactlightinginc.com/pdf/fiber_concrete_transparent_wall.pdf).
- Janardhana, M., Prasad, A.M. ve Menon, D. (2006) *Studies on the behavior of glass fiber reinforced gypsum wall panels*, 5 Mart 2012, <http://www.frbl.co.in/Studies%20on%20the%20Behavior%20of%20GFRG%20Wall%20Panels.pdf>.
- Kahramanlar (2012). *Kontrtabla malzemesi*, 20 Haziran 2011, <http://www.kahramanlar.com.tr/flash/index.php>.
- Karadeniz, E. (1989). *Elyaf takviyeli plastik kompozitlerin mukavemeti*, yüksek lisans tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 3-18.

- Kompozit (2012). *Elle yatırma tekniği*, 25 Haziran 2012, <http://www.kompozit.org.tr/tr/kompozit-hakkinda/yayinlar>.
- Koreryapı (2008). *Cam Elyaf Takviyeli Beton (GFRC- Glass Fiber Reinforced Concrete)*, 28 Mayıs 2012, <http://www.koreryapi.com/index.php/grcne>.
- Leohuang98 (2012). *Bakır kompozit panel*, 23 Mayıs 2012 [http://leohuang98.en.ec21.com/Copper\\_Composite\\_Panel--4887386\\_4863735.html](http://leohuang98.en.ec21.com/Copper_Composite_Panel--4887386_4863735.html).
- Litracon (2012). *Işık geçirgen Beton (LiTraCon- Transculent Concrete)*, 2 Mayıs 2012, <http://www.litracon.hu/downloads.php>.
- Lyons, A. (2006) *Materials for architects and builders*. (3. Baskı). London: Butterworth-Heinemann, 292-296.
- Najafi, S.K. ve Bucur, V. (2011). *Delamination in Wood, Wood Products and Wood-Based Composites*. (1. Baskı). Australia: Springer, 307-308.
- Onaran, K. (1997). *Malzeme bilimi*. (9. Baskı). İstanbul: Bilim teknik yayınevi, 362.
- Osbguide (2011). *OSB levha*, 27 Mart 2011, <http://osbguide.tecotested.com/>.
- Osom (2012). *Elyaf Takviyeli Plastik (FRP- Fiber Reinforced Plastic)*, 26 Haziran 2012, [http://www.osom.com.tr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=77:gueclendirme&catid=42:hizmetlerimiz&Itemid=95](http://www.osom.com.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=77:gueclendirme&catid=42:hizmetlerimiz&Itemid=95).
- Oxford sözlük (2002). (5. Baskı). USA: Oxford University Press, 230.
- Özcan, Z.(2005). *Betonarme kirişlerin kompozit malzemelerle güçlendirilmesi*, Deprem sempozyumu 2005, 8 Mart 2005, [http://kocaeli2007.kocaeli.edu.tr/kocaeli2005/deprem\\_sempozyumu\\_kocaeli\\_200](http://kocaeli2007.kocaeli.edu.tr/kocaeli2005/deprem_sempozyumu_kocaeli_200)

5/4\_yapi\_ve\_yerlesimler/d\_28\_onarim\_ve\_guclendirilme/betonarme\_kirislerin\_kompozit\_malzemeler\_ile\_guclendirilmesi.pdf, 1017.

Özkarakoç, M. (2002). *Alüminyum bazlı SICp takviyeli kompozitlerin aşınma davranışlarının incelenmesi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Müh. Yüksek Lisans Tezi, 33.

Özmeral, F. (2006). *Dış cephe tasarımında plastik esaslı kompozit malzeme kullanılması*, yüksek lisans tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, 84-94.

Öztank, N. (2006). *Endüstrileşmiş Ahşap Konut Yapım Sistemleri ve Çok Katlı Konut Uygulamaları*, 3.Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi. İstanbul, 23-26.

Poliber (2012). *Elyaf sarma tekniği*, 1 Ağustos 2012, [http://poliber.com.tr/tr/proses\\_Elyaf\\_Sarma.html](http://poliber.com.tr/tr/proses_Elyaf_Sarma.html)

Raf (2012). *Ahşap Plastik kompozit Uygulaması*, 1 Eylül 2012, [http://www.raf.com.tr/images/Image/product/2012/38/84\\_01.jpg](http://www.raf.com.tr/images/Image/product/2012/38/84_01.jpg).

Raukola J. ve Makinen K. (2004), *Wood plastic composites with conical Conex Wood Extruder*, 2 Mayıs 2012, <http://www.conenor.com/Report%20-%20WoodComposites%20-%20Conex%20Wood%20Extruder.pdf>, 2.

Redbuilt (2012). *LVL uygulaması*, 28 Temmuz 2011, <http://www.redbuilt.com/industrial/>.

Roe, A. ve O'callaghan, M. (2008). *L.A. structures + materials*, 12 Ocak 2012, [http://landscape.rmit.edu.au/data/media/03\\_technology/sem\\_06-02/s\\_m/material\\_research/translucentconcrete.pdf](http://landscape.rmit.edu.au/data/media/03_technology/sem_06-02/s_m/material_research/translucentconcrete.pdf).

- Schwartz, M.M. (1984). *Composite materials handbook*, (3. Baskı). New York: McGraw-Hill, 4-6.
- Seçkin, N.P. (2006). *Ekolojik değerlere göre ahşap kompozit malzemenin seçim kriterleri*, yüksek lisans tezi, İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, 3-61.
- Sizüçen, H., (2008). *Titrek kavak yongalarından üretilen (LSL, LVL, PSL) lamine ağaç malzemelerinin direnç özelliklerinin belirlenmesi*, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Teknik Eğitim Bölümü Mobilya ve Dekorasyon Eğitimi Anabilim dalı bilim uzmanlığı tezi, 13.
- Slaughter, A.E. (2004). *Design and fatigue of a structural wood-plastic composite*, yüksek lisans tezi, Washington: Washington State University Civil Engineering, 1.
- Stark, N.M., Cai, Z. ve Carll, C. (2010). *Wood based composite materials*, 23 Mayıs 2012, <http://www.treesearch.fs.fed.us/pubs/37421>, 11-16.
- Strong, A.B. (2002). *History Of Composite Materials Opportunities And Necessities*, 21 Haziran 2012, <http://strong.groups.et.byu.net/pages/articles/articles/history.pdf>, 1-8.
- Stylepark (2012). *Işık geçirgen beton üretimi*, 3 Ocak 2012, <http://www.stylepark.com/en/luccon/translucent-concrete?nr=4>.
- Şahin Y. (2000). *Kompozit malzemelere giriş* (1. Baskı). Ankara: Gazi kitabevi, 1-114.
- Şimşek O. (2007). *Eğik yüzeyli betonlara farklı kür metotlarının etkisi*, İMO Teknik Dergi, 3229(3233), 17-178.

Tankut, A.N., Bardak, T., Ulunam, M. ve Bardak, S., (2011). *İleri mühendislik malzemelerinin orman endüstrisinde kullanımı*, Bartın orman fakültesi dergisi, 13(19), 90-99.

Tdk (2012). 5 Ocak 2012, www.tdk.gov.tr.

Tufan M., (2008). *Lignoselülozik Liflerle Takviye Edilmiş Plastik Kompozitlerin Hazırlanması*, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans tezi.

Turhan, M. (2007). *CTP'lerin mekanik özelliklerine elyaf hacim oranlarının etkisinin araştırılması*, yüksek lisans tezi, Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, 65-66.

Wikipedia (2005). *Tuğla malzemesi*, 20 Haziran 2012, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Stapel\\_bakstenen\\_\\_Pile\\_of\\_bricks\\_2005\\_Fruggo.jpg](http://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Stapel_bakstenen__Pile_of_bricks_2005_Fruggo.jpg).

Wikipedia (2012). *OSB levha*, 1 Temmuz 2012, [http://en.wikipedia.org/wiki/Oriented\\_strand\\_board](http://en.wikipedia.org/wiki/Oriented_strand_board).

Winandy, J.E., Stark, N. M., ve Clemons, C. M. (2004). *Considerations in recycling of wood-plastic composites*, 14 Mart 2011, <http://faculty.ksu.edu.sa/othman/CHE498/Wood%20Recycling/CONSIDERATIONS%20IN%20RECYCLING%20OF%20WOOD-PLASTIC%20COMPOSITES.pdf>, A6-2- A6-3.

Wolcott, M.P., ve Englund, K. (2012). *A technology review of wood-plastic composites*, 1 Nisan 2012, [http://www.wpcinfo.org/techinfo/documents/wpc\\_overview.pdf](http://www.wpcinfo.org/techinfo/documents/wpc_overview.pdf), 105.

Wu, Y.F. (2009). *The structural behavior and design methodology for a new building system consisting of glass fiber reinforced gypsum panels*, *Construction and Building Materials*, 1 Temmuz 2011, (23,8), Elsevier, 2905-2913.

Yalçın F. (2000). *Çimentolu sistemlerde Cr(VI)'nin farklı indirgenler kullanarak indirgenmesinin araştırılması*, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Seramik Mühendisliği Yüksek lisans tezi.

Yalçın,İ. (2010). *Kompozit inşaat tekstili tasarımı ve performansının incelenmesi*, yüksek lisans tezi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, 15-56.

Yapı (2012). *Titanyum kompozit panel*, 3 Eylül 2012, <http://www.yapi.com.tr/Uploads/HaberMedya/100682/eb543b261a5a4db68125ec809d1af45b-3-480x268.jpg>.

Yeniansiklopedi (2012). *Kerpiç malzemesi*, 20 Mart 2012, <http://www.yeniansiklopedi.com/wp-content/uploads/2012/01/kerpic-yapimi.jpg>.

Yıldız, K. Özgan, E. (2009). *Farklı ortamlara maruz kalan bazı ahşap esaslı levhaların mühendislik özelliklerinin incelenmesi*, Selçuk Üniversitesi Teknik bilimler yüksek okulu Teknik online dergi (1-2009) Mart 2012, [www.alaeddin.cc.selcuk.edu.tr](http://www.alaeddin.cc.selcuk.edu.tr).

Yonteminsaat (2008). *FRP'nin betonarme bir kolonda gösterilmesi*, 1 Haziran 2012, <http://www.yonteminsaat.com.tr/bilgiler.html>.

3-Co (2010). *Elyaf Takviyeli Beton (FRC- Fiber Reinforced Concrete)*, 26 Mayıs 2012, <http://www.3-co.com/Pro/Principles/Special%20Concrete/frc.htm#Introduction>.