T.C. CUMHURBAŞKANLIĞI
SAVUNMA SANAYİİ BAŞKANLIĞI

KOMPOZİT TEKNOLOJİLERİ YOL HARİTASI SONUÇ RAPORU

2019

www.ssb.gov.tr

SSB
1985

HAZIRLAYANLAR

İSİM	KURUM/KURULUŞ
Ayça KARAİL	ASELSAN
Ayşe TEMİZ	TUSAŞ
Deniz DEMİRCİ	SSB
Deniz ÖZEL	TUSAŞ
Elif Eda YENİ	SSB
İnci YILDIZ KAHYA	SSB
Dr. Mehmet Erdem ÇORAPÇIOĞLU	TUSAŞ
Dr. Murat BÜYÜK	SABANCI ÜNİVERSİTESİ
Mustafa AKBOSTANCI	ASELSAN
Nedim KUMRAL	TUSAŞ
Dr. Oğuz MENEKŞE	ROKETSAN
Doç. Dr. Özgür BİRER	ASELSAN
Recep ÜNALAN	SSB
Doç. Dr. Tuba ERDOĞAN BEDRİ	TÜBİTAK MAM
Tufan CAN	SSB

**Hazırlayanlar alfabetik olarak listelenmiştir.*

İÇİNDEKİLER

1 AMAÇ 6
2 KAPSAM 7
3 TANIMLAR VE KISALTMALAR 8
4 YÖNETİCİ ÖZETİ 10
5 YÖNTEM 11
5.1 ÇALIŞMA METODOLOJİSİ 11
5.2 ÖNCELİKLENDİRME KRİTERLERİ 12
5.3 ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ 13
5.3.1 Tanım 13
5.3.2 Proses Adımları 13
5.4 TEKNOLOJİ GELİŞTİRME RİSKLERİ 15
5.5 GÜNCELLEME YÖNTEMİ 16
6 GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYETLER 16
6.1 YÖNLENDİRME KOMİTESİ 17
6.2 ODAK ÇALIŞMA GRUPLARI 17
6.3 TOPLANTILAR 18
6.3.1 Lansman Toplantısı 18
6.3.2 1. Odak Çalışma Grubu Toplantıları 18
6.3.3 2. Odak Çalışma Grubu Toplantıları 26
6.3.4 3. Odak Çalışma Grubu Toplantıları 27
7 TÜRKİYE VE DÜNYADA MEVCUT DURUM VE EĞİLİMLER 33
7.1 TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUM 33
7.1.1 GZFT Analizi Genel Değerlendirme 33
7.1.2 Mevcut Kompozit Teknolojileri Altyapısı 34
7.1.3 Kullanıcı Kuruluşlar 42
7.2 DÜNYADA MEVCUT DURUM VE TEKNOLOJİK EĞİLİMLER 43
7.2.1 Malzeme Teknolojileri 43
7.2.2 Tasarım ve Analiz 49
7.2.3 İmalat Kompozit Teknolojileri 52
7.2.4 Test ve Tahribatsız Muayene Teknolojileri 54

İÇİNDEKİLER

8 KOMPOZİT TEKNOLOJİLERİ ÖNCELİKLENDİRME ANALİZİ 57
8.1 MALZEME 58
8.2 TASARIM VE ANALİZ 60
8.3 İMALAT 62
8.4 TEST VE TAHRİBATSIZ MUAYENE 63
9 KAZANIM PLANI ÇALIŞMALARI 64
9.1 SSB AR-GE PROJELENDİRME YÖNTEMİ 64
9.2 DİĞER FON SAĞLAYICILARIN PROJELENDİRME YÖNTEMİ VE YAKLAŞIMLARI 65
10 DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER 66
10.1 DEĞERLENDİRMELER 66
10.1.1 Dünya'da Kompozit İmalatı 66
10.1.2 Türkiye'de Kompozit İmalatı 69
10.1.3 Avrupa'da ve Türkiye'de Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri 74
10.2 ÖNERİLER 83
10.2.1 Kısa, Orta ve Uzun Vadede Türkiye'de Gerçekleştirilecek Kazanım Planları 86
11 SONUÇ 88
12 KAYNAKLAR 90
13 EKLER 91

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1 - Çalışma Metodolojisi....11
Tablo 5.2 - Sınıflandırma Aralıkları....15
Tablo 5.3 - Teknoloji Geliştirme ile İlgili Tanımlanmış Risk Sınıfları Listesi....15
Tablo 6.1 - Yönlendirme Komitesi Üyeleri....17
Tablo 6.2 - Odak Çalışma Grupları....17
Tablo 6.3 - Malzeme Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları....20
Tablo 6.4 - Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları....21
Tablo 6.5 - İmalat Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları....23
Tablo 6.6 - Test ve Tahribatsız Muayene Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları....24
Tablo 7.1 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler....35
Tablo 7.2 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler....37
Tablo 7.3 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler....39
Tablo 7.4 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler....41
Tablo 7.5 - Yaygın Olarak Kullanılan İmalat Yöntemleri ve Özelliklerinin Kıyaslanması....53
Tablo 8.1 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken 1. Öncelikli Malzeme Teknoloji Konuları....59
Tablo 8.2 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken 1. Öncelikli Tasarım ve Analiz Teknoloji Konuları....61
Tablo 8.3 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken 1. Öncelikli İmalat Teknoloji Konuları....62
Tablo 8.4 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken Test ve Tahribatsız Muayene Teknoloji Konuları....63
Tablo 9.1 - Kurumlar Tarafından Sağlanan Destekler....65
Tablo 10.1 - Dünya Kompozit Pazarı Dağılımı....66
Tablo 10.2 - Hacim Cinsinden 2010-2023 Yılları Arasında Kompozit Sektöründeki Büyüme Oranları *(CAGR: ing. Compound Annual Grow Rate) [22]....68
Tablo 10.3 - Türkiye'de Kompozit Sektöründe Faaliyet Gösteren Başlıca Firmalar....70
Tablo 10.4 - Avrupa'da Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Yapan Firma ve Kurumlar....75

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 4.1 - Kompozit Teknolojileri Yol Haritası Aşamaları....10
Şekil 5.1 - KTYH Teknoloji Konuları AHP Analizi Histogramı....14
Şekil 6.1 - Çalışma Takvimi....16
Şekil 6.2 - Lansman Toplantısı Katılımcı Dağılımı....18
Şekil 6.3 - Konu Öneri Formu....19
Şekil 6.4 - 1. OÇG Toplantıları Katılımcı, Konu ve Alt Konu Sayıları....19
Şekil 6.5 - 2. OÇG Toplantıları Katılımcı Sayıları....26
Şekil 6.6 - 3. OÇG Toplantıları Katılımcı ve Teknoloji Konu Sayıları....27
Şekil 7.1 - Kullanıcı Yetenek İhtiyaç Listesi Alt Teknoloji Dağılımı....42
Şekil 7.2 - Yaygın Olarak Kullanılan Kompozit Malzeme Bileşenleri....44
Şekil 7.3 - Ülkelere Göre Karbon Elyaf Üretim Kapasiteleri, 2018 (Kilo Ton) [3]....45
Şekil 7.4 - Matris Çeşidine Göre Kompozit Malzeme Talepleri (Milyar $) [3]....46
Şekil 7.5 - Kullanım Alanlarına Göre Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit Malzeme Kullanım Hacimleri, Kasım 2018 (Milyar $) [3]....46
Şekil 7.6 - Kullanım Alanlarına Göre Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit Malzeme Talepleri, Kasım 2018 (Kilo Ton) [3]....47
Şekil 7.7 - Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Sektörlere Göre Öngörülen Artış Eğrileri (Kilo Ton) [4]....47
Şekil 7.8 - Kompozit İmalat Yöntemlerinin Kütle Başına Enerji Maliyeti....54
Şekil 7.9 - Küresel Kompozit Test Pazarının 2016-2026 Yılları Arasındaki Pazar Büyüklüğünün Bölgelere Göre Tahminleri....55
Şekil 7.10 - Yapısal sağlık izleme alanı ile ilgili patent başvurularının yıllara göre dağılımı....56
Şekil 8.1 - KTYH Teknoloji Konularının Kazanım Yılı Bazında Dağılımı....57
Şekil 8.2 - KTYH Teknoloji Konuları Sınıflandırma Dağılımı....58
Şekil 9.1 - SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetini Daire Başkanlığı Proje Tanımlanma Esasları....64
Şekil 10.1 - Dünya Kompozit Pazarı Dağılımı [22]....66
Şekil 10.2 - Termoset ve termoplastik reçinelerin kompozitlerde kullanım oranları [22]....67
Şekil 10.3 - Kompozit Kullanımının Endüstrilere Göre Hacim ve Değer Dağılımı....68
Şekil 10.4 - Türkiye'de Kompozit Sektöründe Faaliyet Gösteren Başlıca Firmalar ve Bölgelere Göre Dağılımı....70
Şekil 10.5 - Avrupa'da kompozit teknolojileri alanında araştırma ve geliştirme yapan firma ve kurumlar....75
Şekil 10.6 - Kullanılan Kompozit Üretim Metotları....77
Şekil 10.7 - Kullanılan Reçine Tipleri....78
Şekil 10.8 - Kullanılan Elyaf Tipleri....78
Şekil 10.9 - Kullanılan Serim Metotları....79
Şekil 10.10 - AZL Çalışma Modeli....79
Şekil 10.11 - SU TÜMER/Kordsa KTMM kabiliyetleri....82
Şekil 10.12 - Ankara Uzay ve Havacılık İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Yerleşimi....84
Şekil 10.13 - Mükemmeliyet Merkezleri Dağılımı....86
Şekil 10.14 - Kısa, Orta ve Uzun Vadede Öne Çıkan Teknoloji Konuları....87

1) AMAÇ

Dünyada gelişen malzeme teknolojisi ve Savunma Sanayii Başkanlığı'nın son yıllarda yapmış olduğu projeler incelendiğinde kompozit teknolojilerine ilişkin çözümlerin büyük önem kazandığı ve uygulama alanlarının hızla arttığı gözlemlenmektedir.

Yüksek teknolojiye sahip savunma, havacılık ve uzay sistemlerinin milli olarak geliştirilmesi dışa bağımlılığı en aza indirecek ve böylelikle uluslararası arenada sürdürülebilir rekabet üstünlüğü sağlayacaktır.

Ülkemizin, yukarıda ifade edilen sistemlere yönelik artan ihtiyaçlarının milli imkânlarla karşılanmasına katkı sağlamak amacıyla, kompozit teknolojilerinde gelinen noktanın belirlenmesi, gelecekte çalışılacak konuların planlanması ve birbirini bütünleyen çalışmaların kurgulanması için Savunma Sanayii Başkanlığı öncülüğünde çalışma grubu toplantıları ile yol haritası çalıştayı gerçekleştirilmiştir. Söz konusu çalışmaların çıktısı olarak da "Kompozit Teknolojileri Yol Haritası (KTYH) Sonuç Raporu" hazırlanmıştır.

2) KAPSAM

Kompozit teknolojileri alanında deneyim sahibi olan 30 kurum/kuruluş ve 16 üniversiteden 180 temsilcinin katılımıyla bir dizi toplantı gerçekleştirilmiş, kompozit teknolojilerindeki mevcut durum belirlenerek, hâlihazırda çalışılan ve gelecekte çalışılması planlanan konular değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda hazırlanan KTYH Sonuç Raporu'nun "Yöntem" bölümünde çalışma sürecinde izlenen metotlar ve aşamalar özetlenmektedir.

"Gerçekleştirilen Faaliyetler" bölümünde çalışma takvimi, katılımcıların görev dağılımları ve gerçekleştirilen toplantılara ilişkin bilgiler verilmektedir.

Türkiye'nin kompozit teknolojileri alanındaki durumuna yönelik olarak her bir odak çalışma grubu tarafından yapılan Güçlü ve Zayıf Yönler ile Fırsatlar ve Tehditler analizleri "Türkiye ve Dünyada Mevcut Durum ve Eğilimler" bölümünde değerlendirilmektedir. Çalışmaya katılım sağlayan kurum, kuruluş ve üniversitelerin tasarım, üretim, test kabiliyetleri, yürüttükleri ve tamamladıkları projeleri ve insan kaynağı durumları irdelenmektedir. Ayrıca kullanıcı kuruluşların yetenek ihtiyaç listesi teknoloji konularıyla ilişkilendirilmektedir.

Kompozit teknoloji konuları önceliklendirme analizinde; kritiklik, yapılabilirlik, uygulanabilirlik ve risk konuları ele alınmış ve analiz sonucunda öne çıkan teknolojiler "KTYH Çalışmaları" bölümünde değerlendirilmektedir.

"Teknoloji Kazanım Planı Çalışmaları" bölümünde, öncelikli Teknoloji Konularının kazanımına yönelik yaklaşımlar ve fon sağlayıcıların projelendirme yöntemleri yer almaktadır. "Değerlendirmeler ve Öneriler" bölümünde, Avrupa'da ve Türkiye'de kompozit teknolojileri alanında araştırma ve geliştirme faaliyetleri detaylı incelenerek, kompozit teknolojileri alanında ülkemizde hedeflenen yetkinliğe ulaşılması için Avrupa'da başarılı bir şekilde faaliyet gösteren merkezlere benzer bir teknoloji ve araştırma merkezinin model önerisi yer almaktadır.

"Sonuç" bölümünde Türkiye'de yapılacak kompozit geliştirme projelerinin planlanmasına ve sektörün aydınlatılmasına yönelik yapılan tespitler verilmektedir.

3) TANIMLAR VE KISALTMALAR

3D-RTM	: 3 Boyutlu Reçine Geçişli Kalıplama (ing. 3D Resin Transfer Molding)
AFP	: Otomatik Elyaf Yerleştirme (ing. Automated Fiber Placement)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
Alt Konu Başlığı	: Teknoloji Konularının Gruplandığı Konu Başlıkları
AMRC	: İleri İmalat Araştırma Merkezi-İngiltere (ing. Advanced Manufacturing Research Center)
ATL	: Otomatik Şerit Serme (ing. Automated Tape-Laying)
AZL	: Hafif Üretim Mükemmeliyet Merkezi-Almanya (alm. Aachener Zentrum für integrativen Leichtbau)
BMI	: ing. Bismaleimide
BMC	: ing. Bulk Molding Compound
CAGR	: ing. Compound Annual Grow Rate
CCM	: Sürekli Basınçlı Kalıplama (ing. Continuous Compression Molding)
CTP	: Cam Takviyeli Plastik
CVD	: Kimyasal Buhar Biriktirme (ing. Chemical Vapor Deposition)
CVI	: Kimyasal Buhar Sızdırma (ing. Chemical Vapor Infiltration)
DLR	: Almanya Havacılık Merkezi (ing. German Aerospace Center)
DMA	: Dinamik Mekanik Analiz (ing. Dynamic-Mechanical Analysis)
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (İng. Differential Scanning Calorimetry)
EMEA	: Avrupa, Orta Doğu ve Afrika (ing. Europe, Middle East, Asia)
ECM	: Basınçlı Kalıplama ile Ekstrüzyon (ing.Extrusion Compression Molding)
EKTAM	: Eklemeli İmalat Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi
EMC	: Elektromanyetik Uyumluluk (ing. Electromagnetic Compatibility)
EMI	: Elektromanyetik Girişim (ing. Electromagnetic interference)
EYP	: El Yapımı Patlayıcı
FBG	: Fiber Bragg Izgara
FEA	: Sonlu Eleman Analiz Yazılımları (ing. Finite Element Analysis)
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometre (ing. Fourier Transform Infrared Spectrometer)
GZFT	: Güçlü ve Zayıf Yönler ile Fırsatlar ve Tehditler (ing. SWOT)
İKAMM	: İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi
KBRN	: Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer
KTMM	: Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi
KTYH	: Kompozit Teknolojileri Yol Haritası
LAFP	: Lazer Yardımlı Otomatik Elyaf Yerleştirme Yöntemi (ing. Laser-Assisted Automated Fiber Placement)
LRTM	: Hafif Reçine Geçişli Kalıplama (ing. Light Resin Transfer Molding)
MoS2	: ing. Molibden Disülfit

Mt	: Milyon ton
NLR	: Hollanda Havacılık Merkezi (ing. Netherlands Aerospace Center)
OÇG	: Odak Çalışma Grubu
OEM	: Orjinal Malzeme Üreticisi (ing. Original Equipment Manufaturer)
OÇG Lideri	: Her Bir Odak Çalışma Grubu İçin Öncü Kurum Ve Kuruluşlar İle Araştırmacılar Arasından Belirlenen Uzman Kişi
PA	: Poliamid
PAEK	: Poli (aril eterketon)
PC	: Polikarbonat
PEEK	: Poli (eter eterketon)
PEI	: Poli (eter imid)
PEKK	: Poli (eter ketonketon)
PP	: Polipropilen
PPS	: Polifenilen Sülfit
RF	: Radyo Frekansı
RFI	: Reçine Film İnfüzyonu (ing. Resin Film Infusion)
RI	: Reçine İnfüzyonu (ing. Resin Infusion)
RSM	: Radar Soğurucu Malzeme
RTM	: Reçine Geçişli Kalıplama (ing. Resin Transfer Molding)
SAM	: Seramik Araştırma Merkezi
SMC	: Sıcak Pres Kalıplama (ing. Sheet Molding Compound)
SMK	: Seramik matrisli kompozitler
SCRIMP	: ing. Seeman Composite Resin Infusion Molding Process
SKTMM	: Seramik Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi
SMK	: Seramik Matrisli Kompozit
SQRTM	: ing. Same Qualified Resin Transfer Molding
SSB	: Savunma Sanayii Başkanlığı
Teknoloji Konusu	: İlgili Kompozit Teknolojisinin Adı
THS	: Teknoloji Hazırlık Seviyesi
TFP	: Yönlendirilmiş Elyaf Yerleştirme (ing.Tailored Fiber Placement)
TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri
UHMWPE	: Ultra Yüksek Molekül Ağırlıklı Polietilen (ing. Ultra High Molecular Weight Polietilen)
VAP	: Vakum Destekli Proses (ing. Vacuum-Assisted Process)
VARI	: Vakum Destekli Reçine İnfüzyonu (ing. Vacuum-Assisted Resin Infusion)
VARTM	: Vakum Destekli Reçine Geçişli Kalıplama (ing. Vacuum-Assisted Resin Transfer Molding)

4) YÖNETİCİ ÖZETİ

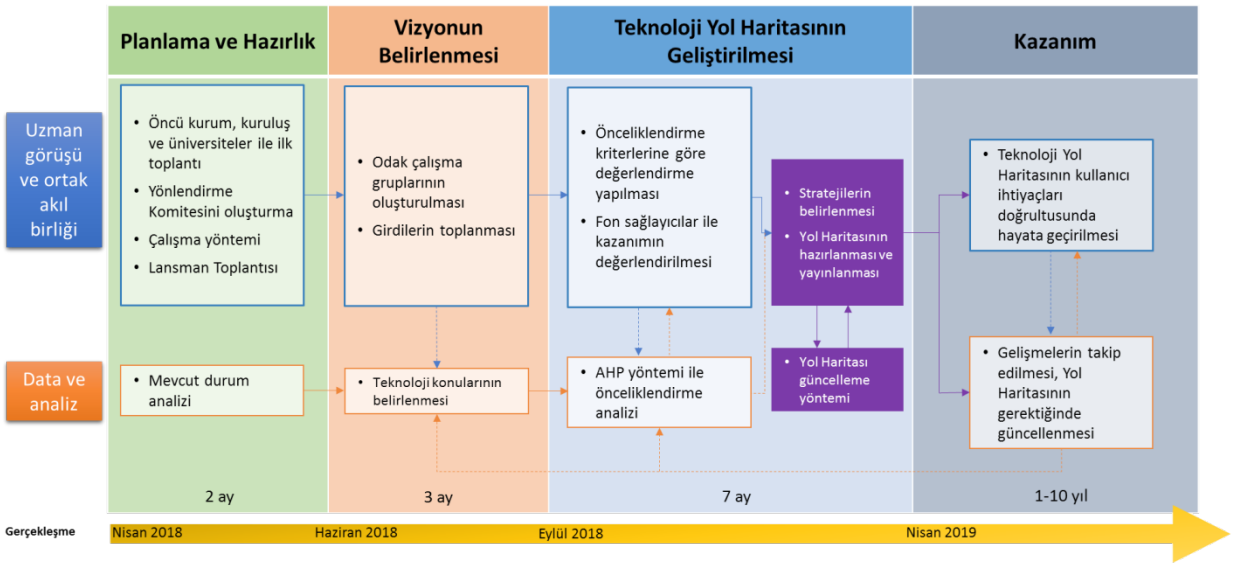
Gelişen teknoloji ve sanayileşmenin etkisiyle tüm dünyada kompozit malzeme kullanım alanları ve ihtiyacı önemli ölçüde artmıştır. SSB'nin son yıllarda yapmış olduğu projelerde de önemli bir yer alan kompozit teknolojilerinde rekabet gücünün arttırılması ve odak birliğinin sağlanması amaçlanmıştır. SSB öncülüğünde başlatılan Kompozit Teknolojileri Yol Haritası çalışması, Cumhurbaşkanlığı 100 Günlük Eylem Planı "Kritik Malzeme Teknolojilerinde Savunma Sanayiinin Tam Bağımsızlığı İçin Stratejik Yol Haritalarının Belirlenmesi" kapsamında da takip edilmiştir.

Savunma, havacılık ve uzay alanlarında ülkemizin ihtiyaç duyduğu Teknoloji Konuları, bu alanlardaki mevcut durumun belirlenmesi ve stratejik öneme sahip, ulusal güvenliğimize doğrudan etki eden kompozit teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik Kompozit Teknoloji Yol Haritası faaliyetleri "Malzeme", "Tasarım ve Analiz", "İmalat" ile "Test ve Tahribatsız Muayene" Odak Çalışma Grupları altında ele alınmıştır.

Alanlarında uzman Odak Grup Üyeleri savunma, havacılık ve uzay sanayi için stratejik öneme sahip Teknoloji Konularını ortak akıl ile saptamışlardır. Ayrıca, kazanılması hedeflenen teknolojiler, kullanıcı makamların yetenek ihtiyaçları ile ilişkilendirilmiştir.

23 Mayıs 2018 tarihinde lansmanı yapılan "Kompozit Teknolojileri Yol Haritası" çalışmaları ilgili kurum, kuruluş ve üniversitelerden konularında uzman yaklaşık 250 üyenin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. 26 Ekim 2018 tarihinde "Kompozit Teknolojileri Yol Haritası Çalıştayı" gerçekleştirilmiş olup çalışmalar kapsamında izlenen yöntem Şekil 4.1'de özetlenmiştir.

Kompozit Teknolojileri Yol Haritası'nda öne çıkan Teknoloji Konuları için kazanım planı oluşturulmuş, ülkemizde hedeflenen yetkinliğe ulaşılması amacıyla kurgulanan model önerisi sunulmuştur.



Şekil 4.1 - Kompozit Teknolojileri Yol Haritası Aşamaları

5) YÖNTEM

5.1 ÇALIŞMA METODOLOJİSİ

KTYH oluşturması için "ön hazırlık", "lansman", "önerilerin / problemlerin toplanması", "Odak Çalışma Grubu (OÇG) toplantıları" ve "önceliklendirme" olmak üzere beş adımlı "Ortak Akıl" yöntemi kullanılmıştır. Bu adımlara ait tanımlar aşağıda belirtilmiştir:

Tablo 5.1 - Çalışma Metodolojisi

Yöntem Adımları	Kapsam
Ön Hazırlık	• Lider Kuruluşun Belirlenmesi • Öncü Kuruluşların Tespiti • Alan Uzmanları ve Paydaşların Tespiti • İlgili Teknoloji Alanında Odak Çalışma Gruplarının Tanımlanması • Lansman Hazırlıkları • Roller ve Sorumluluklar İle Çalışma Usullerinin Tanımlanması • Ortak Veri Paylaşımı Alanının Oluşturulması
Lansman	Yol haritası çalışmaları kapsamında alan uzmanlarının ve ilgili paydaşların bilgilendirildiği bir etkinlik düzenlenerek aşağıdaki girdilerin talep edilmesi: • Konu Önerileri • Teknoloji Envanteri • Yetenek İhtiyaçları • Katılım sağlanacak OÇG bilgileri
Önerilerin/ Problemlerin Toplanması	Yol haritası kapsamında iletilen konu önerilerinin derlenmesi
Odak Çalışma Grubu Toplantıları	OÇG toplantıları ile teknoloji yol haritası taslağının oluşturması, • Konu Önerilerinin Değerlendirilmesi ve Gruplandırılması • Teknoloji Konularının Tespit Edilmesi • GZFT Analizinin Yapılması • Önceliklendirme Kriterlerinin Değerlendirilmesi • Risklerin Değerlendirilmesi • Teknoloji Yol Haritası Taslağının Oluşturulması
Önceliklendirme	AHP yöntemi kullanılarak konu özniteliklerinin ağırlıklandırılması ve önceliklendirme faaliyetleri

Bu yöntem, konu hakkında deneyim sahibi olan üniversite, enstitü, kamu kurumu ve sanayi temsilcilerinin ilgili tematik alanda birlikte çalışarak teknoloji yol haritası ve kazanım planı hazırlamasını esas almaktadır. "SSB Teknoloji Taksonomisi", "THS Kılavuzu" ve "Teknoloji Envanteri" gibi daha önce hazırlanan teknoloji yönetimi araç ve metotlarının çalışmada kullanılması ve uygulanması sağlanmıştır.

5.2 ÖNCELİKLENDİRME KRİTERLERİ

OÇG toplantılarında her bir teknoloji konusu için 6 ana öznitelik altında yer alan 23 kriter üzerinden önceliklendirme değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirmeye esas olan öznitelikler ve alt kriterleri aşağıda listelenmiştir.

A. Kritiklik
1. Ulusal güvenliğimize doğrudan etkisi bulunan, milli olarak kazanılması zorunlu bir teknolojidir.
2. Kısıtlayıcı düzenlemelere tabi olan teknolojidir.
3. Kritik bir teknolojidir, kazanılmasının teknolojik yetkinliğe önemli katkısı olacaktır.
4. Üreticisi tek kaynak olan teknolojidir.
5. Temin süresi uzun olan teknolojidir.
6. Kritik bir teknoloji değildir.

B. Dünyadaki Durum
1. Ömür devrinin başında olan, gelişmiş ülkelerin üzerinde çalıştığı, mevcut ticari ürünlerin olduğu teknolojidir.
2. Ömür devrinin başında olan, gelişmiş ülkelerin üzerinde çalıştığı, mevcut ticari ürünlerin olmadığı teknolojidir.
3. Ömür devrinin ortalarında olan, gelişmiş ülkelerin üzerinde çalıştığı teknolojiler arasındadır.
4. Ömür devrinin sonlarında, gelişime açık olmayan bir teknolojidir.

C. İnsan Kaynağı
1. Yetişmiş insan gücü bulunmaktadır.
2. Yetişmiş insan gücü yetersizdir.
3. Yetişmiş insan gücü yoktur.

D. Altyapı
1. Değerlendirilen teknoloji kapsamındaki alt teknolojiler ve laboratuvar, araştırma merkezi gibi altyapılar mevcuttur.
2. Benzer veya tamamlayıcı teknolojilere ilişkin çalışmalar mevcuttur.
3. Laboratuvar, araştırma merkezi gibi altyapılar mevcuttur.
4. Ulusal herhangi bir altyapı mevcut değildir.

E. Çift Kullanım
1. Teknoloji çift amaçlı olarak kullanılmaktadır.
2. Teknolojinin çift amaçlı olarak kullanım imkânı vardır.
3. Teknolojinin çift amaçlı olarak kullanımı yoktur.

F. Tedarik Projelerine Uygulama
1. Tedarik projelerinde kullanılacaktır.
2. Tedarik projelerinde kullanım imkânı vardır.
3. Tedarik projelerinde kullanım imkânı yoktur.

Her bir öznitelik için hem öznitelikler arası hem de onlara bağlı olan kriterlerin değerleri arası önceliklendirme hesaplaması AHP yöntemi ile yapılmıştır.

5.3 ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ

5.3.1 Tanım
AHP, çok sayıda öznitelik ve / veya alt kritere sahip değerlendirilmesi zorlu problemlerde sıralama yapılmasını ve bu sıralamanın kullanılmasıyla kararın etkin bir şekilde verilmesini kolaylaştırmayı amaçlayan bir yöntemdir.

Karar verilecek konu hiyerarşinin en üst seviyesinde yer alır. Bu amaca bağlı olarak öznitelik ve alt kriterler tanımlanır. Hiyerarşinin en alt seviyesinde karar alternatifleri bulunmaktadır.

5.3.2 Proses Adımları
AHP'de bir problemin çözümlenebilmesi için aşağıdaki adımlar takip edilmektedir.

5.3.2.1 Problemin Tanımlanması
Karar verilecek problemin hiyerarşi düzeninin kurulduğu bölümdür. Öncelikle çalışmanın amacı sonrasında, amaca uygun gerekli öznitelikler ve alt kriterler belirlenir.

5.3.2.2 Çift Karşılaştırma
İki kriterin birbirleriyle karşılaştırılması işlemidir ve karar veren kişinin yargısına dayanır. Çift karşılaştırma matrisi, karar kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanması amacıyla kullanılır [1].

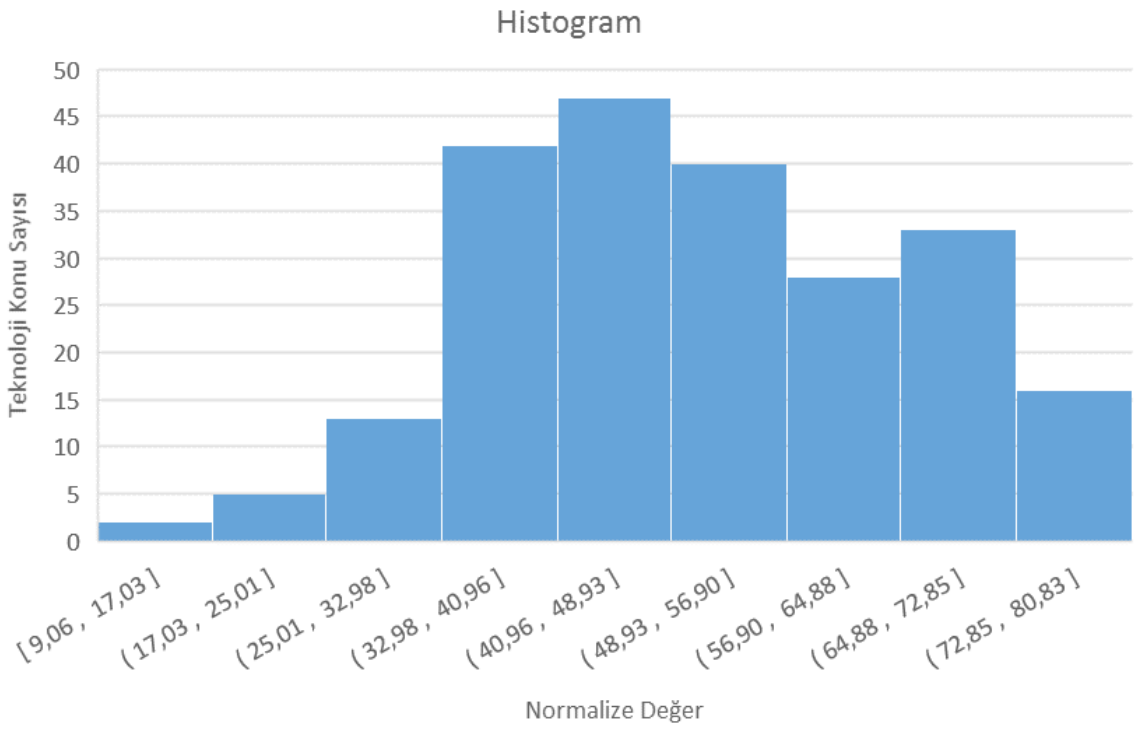
5.3.2.3 Sentez
Matris içerisinde karşılaştırılan her öznitelik/kriterin önceliğinin hesaplandığı aşamadır. Sentez işlemi her alt kriter için yapılarak, alt kriterlerin önceliği elde edilene kadar devam edilerek karar alternatifleri ortaya çıkarılır.

5.3.2.4 Sınıflandırma
AHP analizi sonucu elde edilen değerler kullanılarak KTYH içerisinde yer alan teknoloji konularının sınıflandırılması yapılmıştır. 1. 2. ve 3. öncelikli teknoloji konuları şeklinde 3 öncelik grubu belirlenmiştir.

Belirtilen öncelik gruplarında yer alacak konuların belirlenebilmesi için öncelikle AHP analizinde elde edilen değerlerin histogram ile gösterimi yapılmıştır. Histogram, gruplandırılmış bir veri dağılımının sütun grafiği ile gösterimidir.

Aşağıdaki adımlar izlenerek Şekil 5.1'de yer alan histogram oluşturulmuştur:

1.Verilerin küçükten büyüğe sıralanması,
2.Veri grubunun açıklığının (aralığı) belirlenmesi, (Açıklık en büyük veriden en küçük verinin çıkartılması ile elde edilir)
3.Verilerin ayrılacağı grup sayısının belirlenmesi,
4.Grup genişliğinin bulunması, (Açıklık değerinin grup sayısına bölünmesiyle elde edilen sayıdan büyük en küçük sayı, grup genişliği olarak alınır)
5.Verilerin en küçük veriden başlayarak grup genişliğine göre gruplara ayrılması,
6.Oluşturulan gruplar ve gruplardaki verilerin tablo halinde düzenlenmesi,
7.Tablo temel alınarak histogram oluşturulması



Şekil 5.1 - KTYH Teknoloji Konuları AHP Analizi Histogramı

Sınıflandırma grupları ve ağırlık aralıkları Tablo 5.2 içerisinde sunulmuştur. Tablo 5.2 - Sınıflandırma Aralıkları

Sınıflandırma	**Aralık**
1. Öncelikli Konular	AHP Değeri >= 56,90
2. Öncelikli Konular	32,98 <= AHP Değeri < 56,90
3. Öncelikli Konular	AHP Değeri < 32,98

5.4 TEKNOLOJİ GELİŞTİRME RİSKLERİ

OÇG toplantılarında her bir teknoloji konusu için 8 teknoloji geliştirme riski değerlendirmesi yapılmıştır. Değerlendirmeye esas olan teknoloji geliştirme riskleri ve tanımları Tablo 5.3'te listelenmiştir.

Tablo 5.3 - Teknoloji Geliştirme ile İlgili Tanımlanmış Risk Sınıfları Listesi

Teknoloji Geliştirme Risk Sınıfları	**Tanım**
Altyapı Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için yeterli altyapı bulunmaması / oluşturulamaması riski
Bilgi Kaynağı Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için sahip olunan / olunması gereken bilgi kaynakları ile ilgili risk
Entegrasyon Başarısızlık Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin hedef platform uygulanması sürecinde entegrasyon seviyesinde başarısız olunması ile ilgili risk
İnsan Kaynağı Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için sahip olunması gereken insan kaynağı ve/veya mevcut insan kaynağının yetkinliği, yetersizliği vb. kaynaklı risk
İşbirliği Sağlanamaması Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için işbirliği yapılan / yapılması gereken kurum / kuruluş ile ilgili risk
Mali Kaynak Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için gerekli mali kaynağın temin edilememe riski
Takvim Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi için tanımlanan takvim ve planın öngörülen şekilde gerçekleşmemesi riski
Yüksek Maliyet Riski	Belirtilen sistem/malzeme/ürünlerin geliştirilmesi sürecinde, geliştirme maliyetinin beklenenden çok yüksek olması riski

5.5 GÜNCELLEME YÖNTEMİ

Teknoloji yol haritasının güncelliğini koruyabilmesi için 5.1'de belirtilen çalışma yöntemine uygun olarak belirlenen periyotlar ile güncelleme yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Buna ek olarak teknolojik gelişmeler, konjonktürel değişiklikler gibi hususlar nedeniyle de güncelleme ihtiyacı olacağı ve yol haritasının yaşayan bir doküman olduğu değerlendirilmektedir. Güncelleme için izlenecek yöntem adımları aşağıda listelenmiştir:

- Geri bildirim ve konu önerilerinin toplanması için bir platform oluşturulması,
- Düzenli olarak konu önerilerinin ya da geri bildirimlerin toplanması,
- Önerilerin belirli periyotlar ile alan uzmanları tarafından değerlendirilmesi ve teknoloji yol haritasının güncellemesi.

6) GERÇEKLEŞTİRİLEN FAALİYETLER

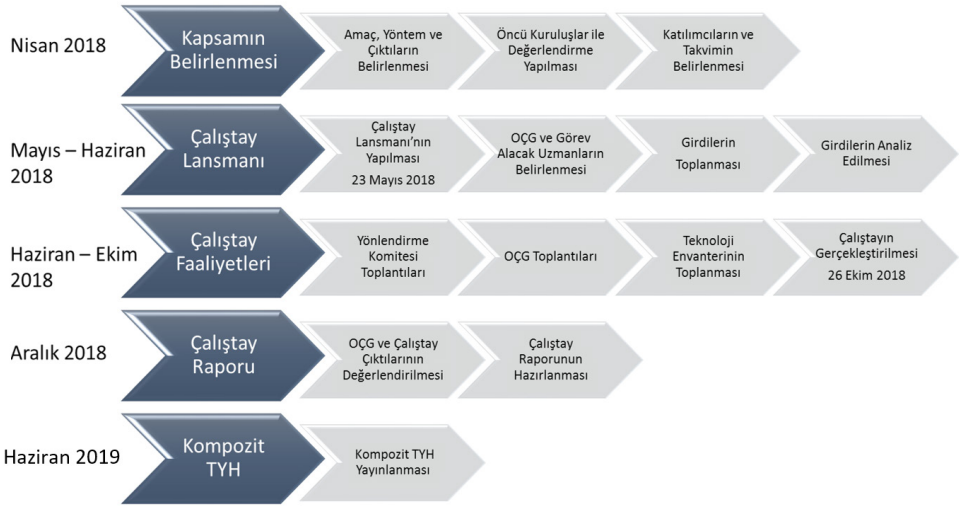
SSB önderliğinde Kompozit Teknolojileri Yol Haritası'nı oluşturmak üzere Nisan 2018'de çalışmalara başlanmıştır. Bu çalışmada TUSAŞ lider kuruluş olarak belirlenmiştir. Kompozit Teknolojileri alanında öncü kurum ve kuruluş temsilcileri ile ilk toplantı 25 Nisan 2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

23 Mayıs 2018 tarihinde lansman toplantısı gerçekleştirilmiş olup, alan uzmanlarının ve ilgili paydaşlar bilgilendirilmiş ve çalışma kapsamında beklenen girdiler talep edilmiştir. Lansman toplantısında kompozit malzeme kullanıcıları, üreticileri, bu konuda araştırma ve geliştirme yapan üniversite ve kurum temsilcileri ve ihtiyaç makamı temsilcileri katılım sağlamıştır.

Daha sonraki aşamada Odak Çalışma Grupları belirlenmiş; bu gruplar ile Kompozit Teknolojileri Teknoloji Yol Haritası taslağının oluşturulması için üç çalışma toplantısı icra edilmiştir.

26 Ekim 2018 tarihinde gerçekleştirilen çalıştayda teknoloji yol haritası taslak çalışmaları hakkında bilgi aktarılarak, yurt içindeki diğer fon sağlayıcı kurum ve kuruluşların katılımıyla kazanım planları değerlendirilmiştir.

Şekil 6.1'de çalışma takvimi yer almaktadır.



Şekil 6.1 - Çalışma Takvimi

6.1 YÖNLENDİRME KOMİTESİ

Yönlendirme Komitesi, KTYH hazırlama sürecinde SSB temsilcileri, OÇG Liderleri ve öncü firma temsilcilerinin katılımı ile tüm OÇG faaliyetlerini planlayan, yöneten, izleyen ve raporlayan bir komite olarak faaliyet göstermiştir.

Yönlendirme komitesi üyelerinin adları ile temsilcisi oldukları kurum ve kuruluş bilgisi Tablo 6.1'de yer almaktadır.

Tablo 6.1 - Yönlendirme Komitesi Üyeleri

SSB	Deniz DEMİRCİ İnci YILDIZ KAHYA Recep ÜNALAN Tufan CAN Elif Eda YENİ
TÜRKHAVACILIK UZAYSANAYİİ	Ayşe TEMİZ Nedim KUMRAL Deniz ÖZEL Dr. Mehmet Erdem ÇORAPÇIOĞLU
aselsan	Doç. Dr. Özgür BİRER Mustafa AKBOSTANCI Ayça KARAİL
TÜBİTAK MAM	Doç. Dr. Tuba ERDOĞAN BEDRİ
Sabancı Üniversitesi	Dr. Murat BÜYÜK
roketsan	Dr. Oğuz MENEKŞE

6.2 ODAK ÇALIŞMA GRUPLARI

Kompozit Teknolojileri Yol Haritası çalışmalarının "Malzeme", "Tasarım ve Analiz", "İmalat", "Test ve Tahribatsız Muayene" olmak üzere dört OÇG ile yürütülmesi kararlaştırılmıştır. OÇG Liderleri Tablo 6.2 içerisinde belirtilmiştir.

Tablo 6.2 - Odak Çalışma Grupları

Odak Çalışma Grubu	**Lider Firma/Kurum/Üniversite**	**Odak Çalışma Grubu Lideri**
Malzeme	TÜBİTAK-MAM	Doç. Dr. Tuba ERDOĞAN BEDRİ
Tasarım ve Analiz	TUSAŞ	Nedim KUMRAL
İmalat	ASELSAN	Doç. Dr. Özgür BİRER
Test ve Tahribatsız Muayene	Sabancı Üniversitesi	Dr. Murat BÜYÜK

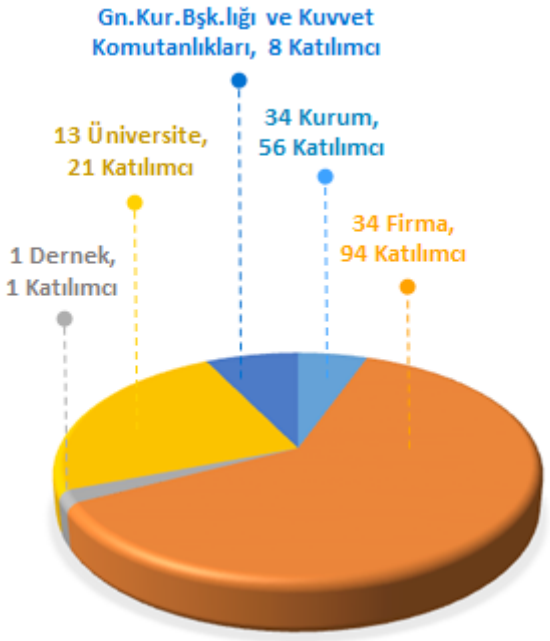
Odak çalışma grupları üçer toplantı yaparak teknoloji yol haritası taslağının oluşturulmasını sağlamıştır. Bu çalışmalara katılım sağlayan alanında deneyim sahibi Firma, Üniversite ve Kurum/Kuruluşlara ait liste Ek-1'de yer almaktadır.

6.3 TOPLANTILAR

6.3.1 Lansman Toplantısı

Lansman toplantısı 23 Mayıs 2018 tarihinde firma, kurum ve üniversiteler ile Genel Kurmay Başkanlığı ve Kuvvet Komutanlıklarından toplam 180 temsilcinin katılımı ile SSB Nuri Demirağ Salonu'nda icra edilmiştir. Katılımcı dağılımı Şekil 6.2'de gösterilmiştir.

Bu toplantıda, kompozit teknolojileri alanında ülkemizdeki mevcut durum ve gelecekte kazanılması gereken teknolojilerin tespitine yönelik, ortak akıl platformu ile gerçekleştirilecek çalışma yöntemi aktarılmış ve Odak Çalışma Grupları tanıtılmıştır. Katılımcılardan çalışmaya girdi sağlayacak "Konu Önerileri" ve "Teknoloji Envanteri" formlarını doldurarak iletmeleri talep edilmiştir.



Şekil 6.2 - Lansman Toplantısı Katılımcı Dağılımı

6.3.2 1. Odak Çalışma Grubu Toplantıları

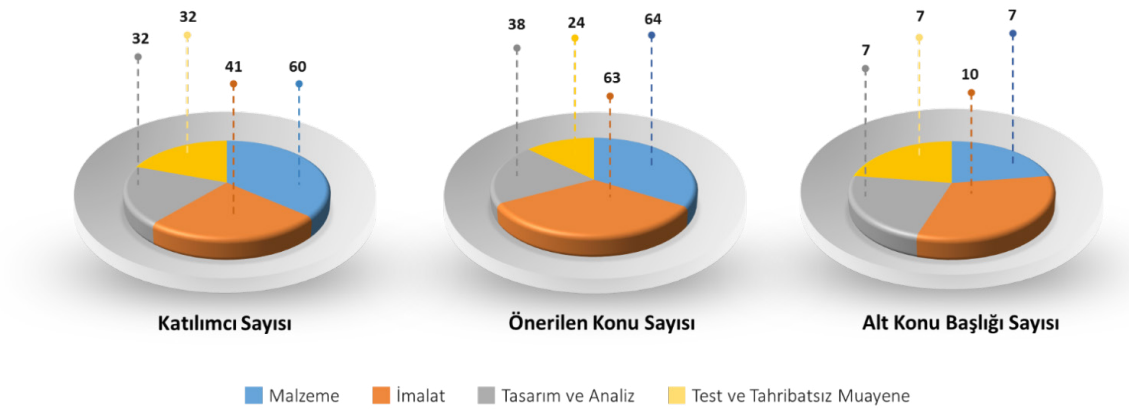
Odak Çalışma Gruplarının ilk toplantıları 4-5 Temmuz 2018 tarihlerinde SSB Nuri Demirağ Salonu'nda gerçekleştirilmiştir. Bu toplantılarda, lansman sonrası Şekil 6.3'te yer alan formatta uzmanlar tarafından iletilen konu önerileri değerlendirilmiştir. Bu sayede konu önerilerinin doğru OÇG altında ele alınması sağlanmıştır. Bu toplantıların tamamlanmasının ardından Yönlendirme Komitesi Alt Konu Başlıklarını belirlemiştir.

Kullanıcı kurumlardan yetenek ihtiyaçları talep edilmiş, bu ihtiyaçların Teknoloji Konuları ile ilişkisi kurularak yol haritası hazırlıkları çalışmalarında göz önünde bulundurulmuştur.

KONU ÖNERİ FORMU	
Dolduran Bilgileri	
Adı ve Soyadı	
Kurum / Kuruluş	
Mevcut Durum Analizi	
İlgili SSM Teknoloji Taksonomisi Kırılımı (SSTT içerisinde yer alan teknoloji kırılımları kullanılmalıdır)	
Tespit Edilen Problem(ler) / Fark Yaratacak Konular	
Hedeflenen Yetkinlikler	
Ele Alınması Planlanan Teknoloji Konuları (Tespit edilen probleme yönelik birden fazla konu belirtilebilir)	
İlgili Teknoloji Konusu 1	**Açıklama**
İlgili Odak Çalışma Grubu (Listeden uygun olan seçilir)	
Teknoloji Konusu Kapsamı	
Hedeflenen Proje/Platform	
Yöntem	
İlişkili Diğer Çalışma Konusu	
Kritiklik (Listeden uygun olan seçilir)	
Dünyadaki Durum (Listeden uygun olan seçilir)	
Mevcut Teknolojik Yetkinlik Düzeyi (Listeden uygun olan seçilir)	
Altyapı (Listeden uygun olan seçilir)	
Çift Kullanım (Listeden uygun olan seçilir)	

Şekil 6.3 - Konu Öneri Formu

Malzeme, İmalat, Tasarım ve Analiz ile Test ve Tahribatsız Muayene OÇG'lerine katılım, önerilen konu ve alt konu başlığı sayıları Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4 - 1. OÇG Toplantıları Katılımcı, Konu ve Alt Konu Sayıları

6.3.2.1 Malzeme Odak Çalışma Grubu

4 Temmuz 2018 tarihinde gerçekleştirilen Malzeme OÇG ilk toplantısına 60 kişi katılım sağlamıştır. Malzeme OÇG'ye 57 adet konu önerisi sunulmuştur. Katılımcılar ile birlikte yapılan değerlendirme sonucunda diğer gruplardan aktarılan ve sonradan iletilen konular ile birlikte konu sayısı 64'e yükselmiştir. Önerilen konuların Tablo 6.3'te listelenen yedi alt konu başlığı altında gruplandırılabileceği değerlendirilmiştir.

Tablo 6.3 - Malzeme Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
1. Elyaf Tasarımı ve Üretimi	8	A01.02, A01.03	Karbon (orta ve yüksek modül), cam, aramid, bor, Ultra Yüksek Moleküler Ağırlıklı Polietilen (UHMWPE) ve bunun gibi elyaf malzemelerinin imalatı ile teknik özelliklerinin belirlenmesi, ilgili malzeme kalifikasyonuna yönelik araştırma ve çalışmaları içerir.
2. Termoplastik Malzemelerin Geliştirilmesi	9	A01.03	Yapısal amaçlı organik malzemelerin, polimer ve polimer matris kompozitlerin, termoplastiklerin, elastomerlerin, katı parçacık ve laminat takviye malzemelerinin geliştirilmesi ile fiziksel, kimyasal, termal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve malzeme kalifikasyonuna yönelik araştırma ve çalışmaları içerir.
3. Termoset Malzemelerin Geliştirilmesi	13	A01.03	Yapısal amaçlı organik malzemelerin, polimer ve polimer matris kompozitlerin, termosetlerin, elastomerlerin, katı parçacık ve laminat takviye malzemelerinin geliştirilmesi ile fiziksel, kimyasal, termal ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve malzeme kalifikasyonuna yönelik araştırma ve çalışmaları içerir.
4. Balistik Koruma Amaçlı Kompozitlerin Geliştirilmesi	5	A01.02, B01.07	Balistik tolerans özelliğine sahip, maliyet etkin, kompozit zırh malzemelerinin geliştirilmesine ve üretimine yönelik çalışmaları içerir. Ayrıca, çeşitli zırh tiplerinin koruma mekanikleri, yüksek gerinim hızlarında malzeme özellikleri, mayın ve el yapımı patlayıcı (EYP) koruması için malzeme geliştirme çalışmalarını da kapsar.
5. Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozitlerin Geliştirilmesi	18	A01.03, A01.12, A01.11	Savunma ve havacılık uygulamalarında kullanılan malzemelerin fonksiyonel özelliklerini (mukavemet, hafiflik, elektriksel ve ısıl iletkenlik, yalıtkanlık, optik, radar soğurma ve kızılötesi yansıtma vb.) artırmak veya yeni nesil malzemelerin geliştirilmesi için entegrasyonu yapılan nano ölçekli malzemelerin (karbon nanotüp, grafen vb) geliştirilmesi konularını içerir. Optik elyafları, iletken telleri, elektro-aktif polimer filmleri, elektro-aktif seramikleri, algılama elemanları veya "akıllı/fonsiyonel" yapısal malzemelerde eyleyici olarak kullanılan şekil hafızalı alaşımları anlamak için yapılan araştırmaları içerir.
6. Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri	2	A01.01, A01.02	Metal alaşımlarının (intermetalikler dahil bütün tipler), metal matris kompozitlerin ve metal matris kompozitlerde kullanılan elyaf ve katı parçacık takviyelerinin özelliklerinin ve karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik araştırma yapılmasını kapsar. Seramik matrisli kompozitler (SMK), cam seramikler, elyaf ve katı parçacık takviyeleri ve mikroyapı analizleri dahil olmak üzere yapısal seramik malzemelerin özelliklerinin ve karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik araştırmaları içerir.

7. İz Düşürücü Kompozit Malzemeler	9	A02,02, A02.03, A02.04	Düşük radar kesit alanına sahip yapılarda elektromanyetik olarak aktif bileşenlere hizmet veren malzemeleri anlamak için yapılan araştırmaları içerir. Ayrıca iz azaltma uygulamalarında kullanılan malzemeler, frekans seçici ya da duyarlı radar soğurucu malzemeler, anahtarlanabilen iletkenler ve özel yalıtkanları içeren Radar Soğurucu Malzeme (RSM) ler gibi malzemeleri içerir. Bu teknoloji değiştirilmiş elyafla güçlendirilmiş polimer kompozitler ve ilişkili iletken ve soğurucu macunların radar soğurucu karakteristiklerini araştırmayı içerir. Önemli koşullarda yayılmacı olmayan kayıplı katmanlar ve frekans seçici ya da duyarlı yüzeyler de çalışma sahası içindedir. Kızılötesi ışımayı soğuran ve askeri ekipmanların kızılötesi izini azaltmak için kullanılan malzemelerin karakteristiklerini ve özelliklerini belirlemek için yapılan araştırmaları içerir. Ayrıca, yansıtıcılık ve yayım (bütün tipleri) gibi özellikleri uyarlama kabiliyetlerini de kapsar. Gelişmiş kızılötesi soğurucu malzemelerin kara aracı uygulamalarında çevresel ve çok bantlı spektrum gereksinimlerinin desteklenmesine yönelik çalışmaları da içerir. Görünmezlik kaplamalarında uygulanmak için özellik (ör: kızılötesi yansıtıcılık) değiştiren malzemeleri de içerir. Ayrıca ilgili frekans seçici ya da duyarlı malzemeleri içerir.
TOPLAM:	64		

6.3.2.2 Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu

4 Temmuz 2018 tarihinde gerçekleştirilen Tasarım ve Analiz OÇG ilk toplantısına 32 kişi katılım sağlamıştır. Tasarım ve Analiz OÇG'ye 35 adet konu önerisi sunulmuştur. Katılımcılar ile birlikte yapılan değerlendirme sonucunda diğer gruplardan aktarılan ve sonradan iletilen konular ile birlikte konu sayısı 38'e yükselmiştir. Önerilen konuların Tablo 6.4'te listelenen yedi alt konu başlığı altında gruplandırılabileceği değerlendirilmiştir. 6 numaralı "İz Düşürücü Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi" başlığı için konu önerisi bulunmamasına rağmen, Malzeme ve İmalat OÇG'de bu başlığın yer alması nedeniyle Tasarım ve Analiz grubunda da yer verilmiştir.

Tablo 6.4 - Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
1. Tabakalı Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi	23	B03, A01.08	Termoset ve termoplastik esaslı tabakalı kompozitlerin (lamina ve sandviç) tasarım ve analiz metotları ile ilgili çalışmaları kapsar. Platformlar ve silah sistemleri için dinamik ve statik yapısal analiz yöntem/teknikleri gibi birleşik mekanik çevre etkilerine karşı yapıların tepkilerini anlamak için simülasyon teknikleri kullanılarak yapılar ve bileşenler üzerindeki titreşim ve yorulma etkilerini belirlemeye yönelik çalışmaları da içerir. Uçuşa elverişlilik ve diğer emniyet konuları kapsamında uygulanan kırılma mekaniği ve kırılma dayanımı çözümleme ve değerlendirmelerini de kapsar. Ayrıca ömür uzatma teknolojisinde kullanılan çalışmalar da bu başlık altında ele alınır.

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
2. Birleştirmeli Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi	6	B03, A01.04	Kompozit malzemeler ve birleştirme tekniklerinin (bağlayıcı, yapıştırma, dikiş, kaynak vb.) araştırılması ve yapısal tasarıma uygulanması çalışmalarını kapsar. Metalik, seramik veya polimer tabanlı malzemelerin ve bunların farklı kombinasyonları arasındaki bağlantı yerlerinin özelliklerinin ve karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik araştırmaları içerir. Bu tür bağlantıların yapıştırma, difüzyon kaynağı, birleştirme öncesi veya sonrasında yapılacak katmanlar arası uygulamaları ve benzerlerini içerecek şekilde birleştirme/yapıştırma yöntemlerinin iyileştirilmesine yönelik tasarım ve analiz çalışmalarını da kapsar. Aynı zamanda, otoklav dışı teknikler (reçine geçişli kalıplama, vakum infüzyon, vb.) ile yekpare yapıların geliştirilmesini de içerir.
3. Kompozit Tekstil Yapıların Tasarım ve Analizi	1	B03 B13.08	Kompozit eklemeli imalat yöntemi ile karmaşık şekilli yapıların maliyet etkin ve tekrarlanabilir yüksek kalite ile kısa zamanda üretilmesine yönelik tasarım ve analiz metot çalışmalarını kapsar.
5. Polimer Matris Dışı Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi	4	B03, A01.01 A01.02	Polimer matris dışı kompozitlerin tasarım ve analiz metot çalışmalarını kapsar. Seramik matrisli kompozitler, cam seramikler ile metal matrisli kompozitlerin tasarım ve analiz metot çalışmalarını kapsar.
6. İz Düşürücü Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi	0	B03.05	Platform uygulamalarında iz düşürücü tasarım ve analiz çalışmalarını içerir. Bütün platformlar ve silah uygulamalarındaki, izi azaltılmış görünmezlik tasarımlarındaki gelişmelere ön ayak olan tehdit görünmezlik tasarımı ve analizlerini içerir. Ayrıca, bağlantılı tahmini modelleme ve görünmezlik tasarım çözümlerini doğrulamak için özel test tesislerinde yürütülen çalışmaları da içerir.
7. Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi	1	B03.05 B03.06	Balistik koruma amaçlı kompozit yapıların tasarım ve analiz çalışmalarını içerir. Balistik tasarım ve ilgili tasarım çözümlerinin platform ve silah sistemlerine entegrasyonu ile ilgili araştırmaları içerir. Ayrıca, silah ve fırlatıcı sistem tasarımlarının dâhili ve harici balistik özelliklerini inceleyen analiz çalışmalarını da kapsar. Hafif silah sistemlerine yönelik dahili ve harici balistik özellikler kapsamındaki analiz/hesaplamaları da içerir.
TOPLAM:	38		

6.3.2.3 İmalat Odak Çalışma Grubu

5 Temmuz 2018 tarihinde gerçekleştirilen İmalat OÇG ilk toplantısına 41 kişi katılım sağlamıştır. İmalat OÇG'ye 54 adet konu önerisi sunulmuştur. Katılımcılar ile birlikte yapılan değerlendirme sonucunda diğer gruplardan aktarılan ve sonradan iletilen konular ile birlikte konu sayısı 63'e yükselmiştir. Önerilen konuların Tablo 6.5'te listelenen on alt konu başlığı altında gruplandırılabileceği değerlendirilmiştir.

Tablo 6.5 - İmalat Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
1. Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri	4	A01.03	Kompozit eklemeli imalat teknolojileri için gereken altyapının oluşturulması ve yapısal da dâhil olmak üzere tüm ürünlerin imal edilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
2. Kompozit Tekstil Teknolojileri	8	A01.03	Tekstil teknolojilerinde kullanılan 3 boyutlu kumaş dokuma, dikiş, elyaf yerleştirme gibi tekniklerin kompozit teknolojilerine uygulanması için gereken altyapının kurulması ve adapte edilen teknoloji kullanılarak yapısal da dâhil olmak üzere tüm ürünlerin imal edilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
3. Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	5	A01.03	Otoklav dışı tekniklerle kompozit imalatına yönelik altyapının kurulması, parça, ürün ve entegre yapıların imal edilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
4. Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	8	A01.03	Termoplastik malzemelerin kullanılması için gereken üretim altyapısının kurulması ve parça, ürün imal edilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
5. Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri	5	A01.01, A01.02	Metal, seramik ve çimento tabanlı kompozit parçaların üretimine yönelik altyapı kazanımı ve ilgili süreçlerin geliştirilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
6. Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparatın İmalat Teknolojileri	6	B12.05	Kompozit yapıların ileri imalat yöntemleri ile üretilmesine yönelik her türlü takım, fikstür, kesici vb. yardımcı aparatın geliştirilmesi ve imal edilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
7. Robotik / Otomasyon Destekli Kompozit İmalat Teknolojileri	13	B12.05	Kompozit yapıların imal ve monte edilmesinde robotların ve otomatik sistemlerin kullanılması ve tezgâh üretimi gibi gerekli teknolojik altyapıların geliştirilmesi konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
8. Yüzey İşleme ve Birleştirme Teknolojileri	6	A01.04	Yapısal kompozit parçaların birleştirilmesi için yeni yüzey hazırlama, yapıştırma ve kaynak teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması konuları ile her türlü kompozit yüzey uygulamalarını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
9. Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri	4	B01.07	Balistik koruma amaçlı kompozitlerin üretim teknolojilerini ve gerekli altyapı kazanımı konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi de kapsam dâhilindedir.
10. İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri	4	A02	İz düşürücü özellikte kompozit yapıların imalatına yönelik altyapıların kazanılması, radar soğurucu ve diğer uygulamalar için imalat konularını içerir. İlgili süreçlerin modellenmesi ve ürünlerin fonksiyon testleri de kapsam dâhilindedir.
TOPLAM:	63		

6.3.2.4 Test ve Tahribatsız Muayene Odak Çalışma Grubu

5 Temmuz 2018 tarihinde gerçekleştirilen Test ve Tahribatsız Muayene OÇG ilk toplantısına 32 kişi katılım sağlamıştır. Test ve Tahribatsız Muayene OÇG'ye 21 adet konu önerisi sunulmuştur. Katılımcılar ile birlikte yapılan değerlendirme sonucunda diğer gruplardan aktarılan ve sonradan iletilen konular ile birlikte konu sayısı 24'e yükselmiştir. Önerilen konuların Tablo 6.6'da listelenen yedi alt konu başlığı altında gruplandırılabileceği değerlendirilmiştir.

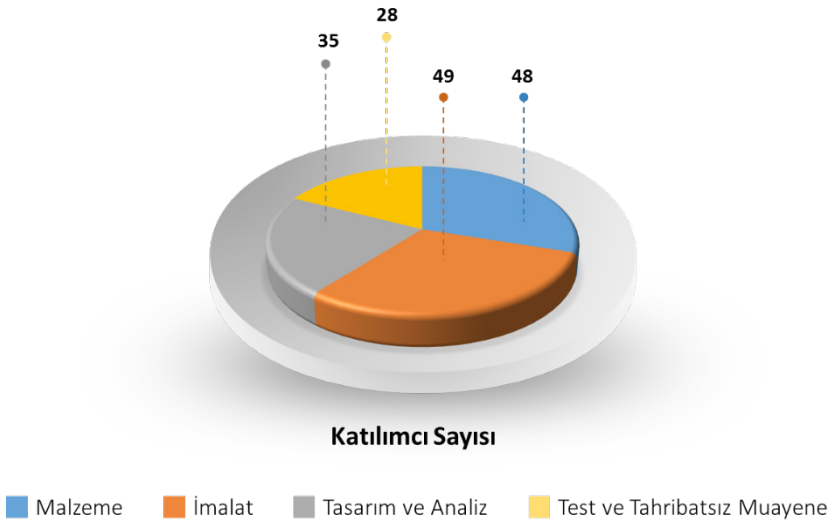
Tablo 6.6 - Test ve Tahribatsız Muayene Odak Çalışma Grubu Alt Konu Başlıkları

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
1. Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	5	A01.08, B03.06	Aeroelastisite, hidroelastisite, yapısal dinamik ve yapısal akustik test alanındaki araştırmaları kapsar. Yapısal bütünlük çalışmalarına yardım eden destekleyici test çalışmalarını da içerir. Dayanım, doğal frekans hesaplama, yorulma, sürünme, ömür tayini konularında yapılan test çalışmaları da kapsam dâhilindedir. Ayrıca, fırlatıcı sistem tasarımlarının dâhili ve harici balistik özelliklerini inceleyen çalışmaları kapsar. Yüksek deformasyon hızlarında malzemelerin davranışlarının ölçülmesine yönelik çalışmaları kapsar. Yabancı cisim çarpması etkilerine karşı korunmasına yönelik gelişmiş testleri kapsayan çalışmaları da içerir.

Alt Konu Başlığı	Konu Sayısı	SSB Taksonomisi	Açıklama
2. Tahribatsız Muayene Yöntemleri	7	A01.06	Her türlü kusur ve çatlakların tespiti için tahribatsız muayene (örn. Bilgisayarlı Tomografi, X-ışını, Ses Ötesi, Termografi, THz) testleri ve teknikleri kullanılarak yapısal malzemelerdeki hataların özellikleri ve karakteristiklerinin belirlenmesine yönelik araştırmaları kapsar. Ayrıca, servis uygulamaları boyunca kullanılan muayene prosedürlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları da içerir. Ultrasonik, radyografi, akustik salım, termografi, shearography, optik ve girdap akımı prosedürleri gibi tekniklerin kısıtlarının anlaşılması üzerine yapılan çalışmaları da kapsar.
3. Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemleri	2	C04.04	Her türlü kompozit testlerinin yapılmasına yönelik elektromekanik test cihazları, bunlara uygun aksesuar ve fikstürlerin, yüksek doğruluk ve hassasiyette veri toplama ve kayıt sistemlerinin geliştirilmesi çalışmalarını kapsamaktadır. Kara, deniz, hava ve uzay platformlarında kullanılan kompozitlerin test edilmesi ve değerlendirilmesi için bağımsız veya iş birliğine dayalı çalışabilen entegre tesislerin ve yeteneklerin kombinasyonudur. Test ve Değerlendirme tesisleri, sentetik çevre/savaş alanları ve sağlam zemin testi desteği sağlayan, entegre varlıklar, dağıtık kabiliyetler gibi araçlar kullanılarak sistemlerin Test ve Değerlendirme faaliyetlerinin icra edilmesi için gerekli altyapılardır. Araştırma amaçlı test tesisleri de kapsam dâhilindedir.
4. Sertifikasyon, Kalibrasyon, Akreditasyon, Test Standartları ve Metot Geliştirilmesi	4	-	Kompozit testlerinin sertifikasyonu, doğrulanması ve akreditasyonu konularındaki araştırmaları içerir. Bağımsız laboratuvarların geliştirdikleri metotlar ile ulusal standardizasyona yönelik çalışmalar kapsam dâhilindedir. Uluslararası normlara uygun test yeteneklerinin tanınırlığını sağlayacak akreditasyon çalışmalarını içerir.
5. Çevresel Testler	1	A01.08, B03.11	Kompozitler için ortaya çıkabilecek özel çevresel test ve ilgili altyapı çalışmalarını içerir: - İklimsel çevre (sıcaklık, basınç, nem) - Mekanik çevre (titreşim, ivmelendirme, şok, çarpma) - Dâhili EMI/EMC (güç kaynağı, RF ekipmanlar ile etkileşim) - Elektromanyetik tehditler (Yıldırımın dolaylı etkileri, elektrostatik boşalma) - Harici bileşenlere yıldırımın doğrudan etkileri, vb.
6. Yapısal Sağlık İzleme Yöntemleri	4	B09.06	Kompozit yapıların sağlığının izlenmesine yönelik ölçüm teknikleri (ör. FBG, şekil bellekli alaşımlar, kablosuz sistemler) ile bu tekniklerin değerlendirme ve analizine yönelik çalışmaları kapsar. "Durum bağımlı" bakım ve onarım sistemi yaklaşımı bağlamında, sistemlerin hazır olma durumunu, emniyetini, performansını artıracak ve bakım maliyetini azaltacak arıza tespit, arıza teşhis, sağlık izleme gibi teknolojilerin test edilmesine yönelik araştırma konularını içerir.
7. Çok Ölçekli Mekanik Testler	1	A01.08	Kompozitlere özgü her türlü ölçekte yapılan mekanik testler (ör. çekme, basma, kopma, eğme, vb.) kapsam dahilindedir. Boyut ve zaman ölçeğinde yapılacak tüm çalışmaları içerir.
TOPLAM:	24		

6.3.3 2. Odak Çalışma Grubu Toplantıları

31 Temmuz-1 Ağustos 2018 tarihlerinde gerçekleştirilen toplantılar sırasında, Bölüm 6.3.2'de verilen alt konu başlıkları bazında, teknoloji kazanımında etkili olabilecek iç ve dış unsurların tespit edildiği Güçlü ve Zayıf Yönler ile Fırsatlar ve Tehditler (GZFT = SWOT) Analizi gerçekleştirilmiştir.

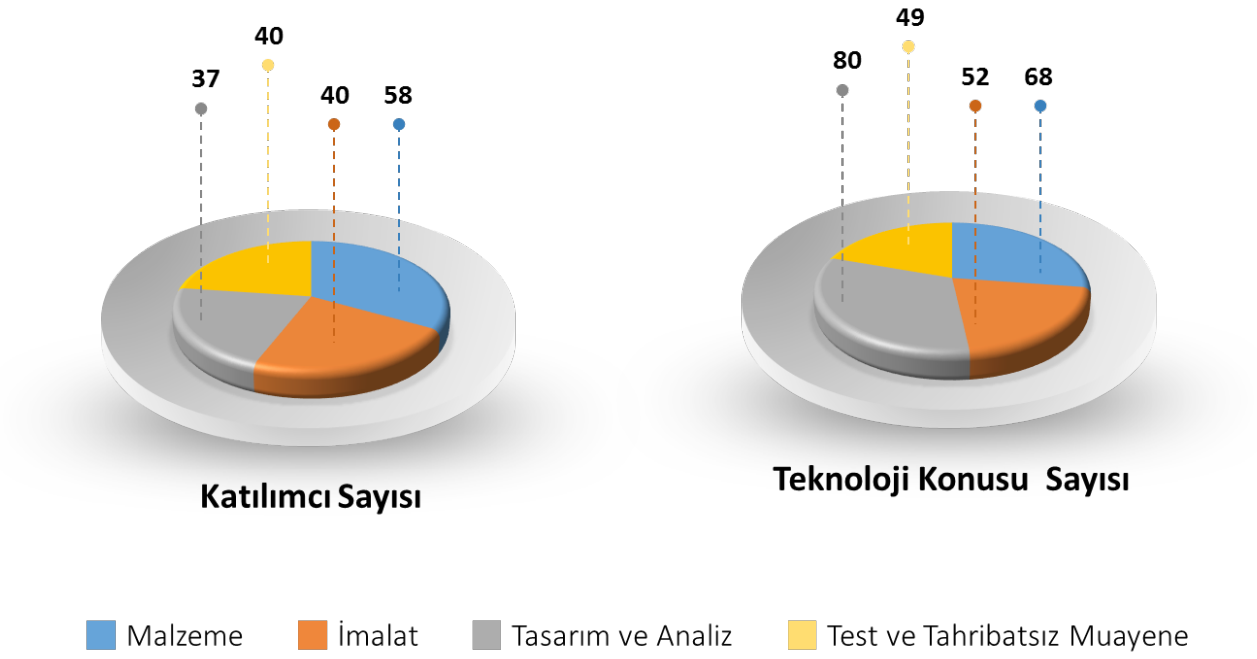


Şekil 6.5 - 2. OÇG Toplantıları Katılımcı Sayıları

Toplantılara katılan uzman sayıları Şekil 6.5'te gösterilmiştir. Odak Grupların ortak GZFT Analizi değerlendirmeleri Bölüm 7.1.1'de yer almaktadır.

6.3.4 3. Odak Çalışma Grubu Toplantıları

2. OÇG toplantılarının ardından, OÇG Liderleri tarafından teknoloji konuları belirlenmiş, Yönlendirme Komitesi ile birlikte değerlendirilerek son haline getirilmiştir.
18-21 Eylül 2018 tarihlerinde düzenlenen toplantılarda mevcut durum analizine yönelik Teknoloji Envanteri formu hakkında katılımcılara bilgi verilmiş ve formların doldurulması talep edilmiştir. Kompozit Teknolojileri Yol Haritasında yerini alan teknoloji konu başlıkları için değerlendirmeler Bölüm 5.2'de detayları verilen önceliklendirme kriterleri ve risklere ilişkin katılımcı görüşleri doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara Yönlendirme Komitesi tarafından son şekli verildikten sonra Bölüm 5.3'te açıklanan AHP analizi ile ağırlıklandırma çalışması yapılarak öncelikli konular tespit edilmiştir.
3. OÇG toplantılarına katılım durumu ve teknoloji konu sayıları Şekil 6.6'da verilmiştir.



Şekil 6.6 - 3. OÇG Toplantıları Katılımcı ve Teknoloji Konu Sayıları

6.3.4.1 Malzeme Odak Çalışma Grubu

20 Eylül 2018 tarihinde TÜBİTAK MAM'da düzenlenen Malzeme OÇG 3. toplantısına 58 kişi katılım sağlamış; aşağıda listelenen 68 adet Teknoloji Konusu için önceliklendirme değerlendirmesi ile risk analizi gerçekleştirilmiştir.

1. Elyaf Tasarımı ve Üretimi

- Otoklav Dışı İmalat için Kuru Elyaf ve Dokuma Kumaş
- Bor Elyaf ve Kumaş
- Aramid Elyaf ve Kumaş
- Katran (ing. PITCH) Esaslı Karbon Elyaf ve Kumaş
- Yüksek Modül/Mukavemet Cam Elyaf
- UHMWPE Elyaf ve Tek Yönlü Kumaş
- Orta Modül Karbon Elyaf
- Yüksek Modül Karbon Elyaf
- Hibrit Dokuma Kumaş
- Kuartz Elyaf
- Yüksek Silika Elyaf

2. Termoplastik Malzemelerin Geliştirilmesi

- PPS Reçine
- PEEK Reçine
- PEI Reçine
- PEKK Reçine
- PAEK Reçine
- PPS Prepreg
- PEEK Prepreg
- PEI Prepreg
- PEKK Prepreg
- PAEK Prepreg
- Termoplastik Dar Şerit (slit tape)
- PEEK/PPS Towpreg
- Termoplastik Atıkların Yeniden Kullanımı
- Reçine Hammaddeleri

3. Termoset Malzemelerin Geliştirilmesi

- Epoksi Reçine (120 °C kür)
- Epoksi Reçine (180 °C kür)
- Yüksek Sıcaklık Dayanımlı (Tg >230 °C) Reçine (BMI vb.)
- Siyanat Ester Reçine
- Epoksi-Fenolik Reçine
- Yüksek Sıcaklık Dayanımlı Benzoxazine Reçine
- Epoksi Reçineli Prepreg (120 °C kür)
- Epoksi Reçineli Prepreg (180 °C kür)
- Yüksek Sıcaklık Dayanımlı (Tg>230 °C) (BMI vb.) Prepreg
- Siyanat Ester Reçineli Prepreg
- Otoklav Dışı Üretim Teknikleri için Reçine (180°C Kür)
- Yüksek Sıcaklık Dayanımlı Kalıp Malzemeleri
- Bal Peteği Aramid
- Bal Peteği Alüminyum
- ATL/AFP Teknolojisi için Yüksek Performanslı Dar Şerit ve Towpreg
- Kriyojenik Reçine ve Towpreg
- Termoset Yapıştırıcı
- Reçine Hammaddeleri

4. Balistik Koruma Amaçlı Kompozitlerin Geliştirilmesi

- Giyilebilir Tekstil Yapıları
- UHMWPE Esaslı Malzemeler
- Sürekli-Elyaf Katkılı Malzemeler
- Seramik Matrisli Malzemeler

5. Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozitlerin geliştirilmesi

- Elektriksel Özelliği İyileştirilmiş Tek Boyutlu Nanomalzemeler (Nanotüp, nanowire)
- Elektriksel Özelliği İyileştirilmiş İki Boyutlu Nanomalzemeler (Grafen, grafen oksit, MoS2 v.b.)
- Optik Özelliği İyileştirilmiş Nanomalzemeler
- Termoplastik Nanokompozitler
- Buzlanma Önleyici/Giderici Kaplamalar
- Korozyon Önleyici Kaplamalar
- Yenilikçi Arayüzey Teknolojileri
- Akustik Sönümleme Özellikli Gözenekli Yapılar
- Termal İletkenliği İyileştirilmiş Kompozit Yapılar
- Kendini Onarabilen Kompozit Malzemeler
- Kriyojenik Nanoyapıştırıcılar
- Şekil Hafızalı Malzeme İçeren Kompozit Yapılar
- Algılayıcı İçeren Kompozit Malzemeler

6. Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri

- Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler
- Metal Matrisli Kompozit Malzemeler
- Silikon Esaslı İnorganik Reçine

7. İz Düşürücü Kompozit Malzemeler

- Radar Soğurucu Kompozit Yapılar
- Geniş Bant Radar Soğurucu Kompozit Yapılar
- Radar Soğurucu Kaplamalar
- Kızılötesi Düşük Görünür Malzemeler
- Kızılötesi Bantta Düşük Yayılımlı (Selective-Emitter) Kompozit Malzemeler ve Kaplamalar

6.3.4.2 Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu

18 Eylül 2018 tarihinde TUSAŞ'ta düzenlenen Tasarım ve Analiz OÇG 3. toplantısına 37 kişi katılım sağlamıştır. Aşağıda kırılımı verilen 10 adet Alt Konu Başlığı'nın her biri için 8 adet Teknoloji Konusu değerlendirilerek toplam 80 adet Teknoloji Konusu için önceliklendirme çalışması ile risk analizi gerçekleştirilmiştir.

Tasarım ve analiz alt konu başlıkları:

1. Termoset Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
2. Termoplastik Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
3. Bağlayıcılı, Yapıştırma, Dikiş, vb. Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
4. Otoklav Dışı Yekpare Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
5. Tekstil Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
6. Eklemeli İmalat Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
7. Metal Matrisli Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
8. Seramik Matrisli Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
9. İz Düşürücü Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi
10. Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Teknoloji konuları:

1. Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
2. Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
3. Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
4. Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
5. Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
6. Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
7. Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
8. Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları

6.3.4.3 İmalat Odak Çalışma Grubu

19 Eylül 2018 tarihinde SSB Nuri Demirağ Toplantı Salonunda düzenlenen İmalat OÇG 3. toplantısına 40 kişi katılım sağlamıştır. Aşağıda listelenen 52 adet Teknoloji Konusu için önceliklendirme değerlendirmesi ile risk analizi gerçekleştirilmiştir.

1. Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri

   - Kısa-Elyaf Kompozit İmalatı
   - Sürekli-Elyaf Kompozit İmalatı
   - Tanecikli / Katkılı Kompozit İmalatı
   - Büyük Ölçekli (kalıp vb.) Kompozit İmalatı

2. Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri

   - 3 Boyutlu Kumaş Örme Teknolojisi
   - 3 Boyutlu Dokuma Teknolojisi
   - Dikişleme (Stitching) Teknolojisi
   - TFP

3. Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri

   - VARI
   - VAP
   - VARTM
   - SCRIMP
   - RFI
   - LRTM
   - 3D-RTM
   - SQRTM

4. Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri

   - İng. Thermofolding
   - İng. Thermoforming (pres-forming)
   - CCM
   - Otoklav
   - Kalıplama Sonrası Enjeksiyon (ing. Injection Over Molding)
   - LAFP

5. Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri

- Metal Matrisli Kompozit İmalat Teknolojileri
- Seramik Matrisli Kompozit İmalat Teknolojileri
- Hibrit Kompozit İmalat Teknolojileri

6. Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri

- Eklemeli İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Otoklav Dışı (3D RTM) İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Termoplastik Malzemeler İle İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Birleştirme Teknolojilerine Yönelik-Termoset
- Birleştirme Teknolojilerine Yönelik-Termoplastik
- Montaja yönelik
- Kompozit Şekillendirme/İşlemeye Yönelik

7. Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit İmalat Teknolojileri

- Kompozit tekstil (3 boyutlu kumaş örme, dikişleme, TFP) tezgâh tasarımı ve üretimine yönelik
- Termoplastik Malzemeler ile İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Eklemeli İmalat Teknolojilerine Yönelik
- Kompozit Şekillendirme/İşlemeye Yönelik
- Otomatik Perçinleme Tezgâhı Tasarımı ve Üretimine Yönelik
- AFP Tezgâhı Tasarımı ve Üretimine Yönelik

8. İşleme ve Birleştirme Teknolojileri

- Talaşlı İmalat Teknolojileri
- Fiziksel Yüzey Hazırlama Teknolojileri
- Kimyasal Yüzey Hazırlama Teknolojileri
- Enerjik Yüzey Hazırlama (Lazer, plazma vb.) Teknolojileri
- Termoplastik (Ultrasonik, Direnç, İndüksiyon vb.) Birleştirme Teknolojileri
- Termoset Birleştirme Teknolojileri
- Montaj Teknolojileri

9. Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri

- Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı
- Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Şekillendirme/İşleme
- Patlamaya Karşı Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı

10. İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri

- Tanecikli / Katkılı Kompozit İmalatı
- Desenli Kompozit İmalatı
- Çok katmanlı Kompozit İmalatı

6.3.4.4 Test ve Tahribatsız Muayene Odak Çalışma Grubu

21 Eylül 2018 tarihinde Sabancı Üniversitesi Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi'nde düzenlenen Test ve Tahribatsız Muayene OÇG 3. toplantısına 40 kişi katılım sağlamıştır. Aşağıda listelenen 49 adet teknoloji konusu için önceliklendirme değerlendirmesi ile risk analizi gerçekleştirilmiştir.

1. Çok Ölçekli Testler

   • Katılık, Seğim, Titreşim, Çırpıntı
   • Mukavemet, Stabilite, Emniyet Faktörü
   • Boyut ve Zaman Ölçeğinde Yapılacak Tüm Testler (Nano, Mikro Ölçüm Kabiliyetleri)
   • Elektromekanik
   • Hidrolik ve Pnömatik
   • Yapısal
   • Fizikokimyasal
   • Optik (SEM, TEM vb)

2. Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri

   • Yabancı Cisim Çarpması Testleri
   • Yüksek Deformasyon Hızlarında Malzemelerin Davranış Testleri
   • Yorulma / Sürünme / Dayanıklılık / Hasar Tolerans Testleri
   • Dâhili ve Harici Balistik Testleri
   • Aeroelastisite, Hidroelastisite Testleri
   • Yapısal Dinamik ve Doğal Frekans Hesaplama Testleri
   • Yapısal Akustik Testleri
   • Kaza – Kırım / Güvenilirlik Testleri

3. Tahribatsız Muayene Yöntemleri

   • Lazer Ultrasonik
   • Faz Dizilimli Ultrasonik (ing. Phased Array Ultrasonic)
   • Ultrasonik
   • Akustik Emisyon
   • Termografi
   • THz
   • Bilgisayarlı Tomografi
   • Radyografi
   • Optik ve Görüntü İşleme
   • Girdap Akımı
   • İng. Shearography

4. Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi

   • Elektromekanik Test Cihazları
   • Hidrolik ve Pnömatik Test Cihazları
   • Test Fikstürleri ve Aksesuarı
   • Yüksek Doğruluk ve Hassasiyette Veri Toplama ve Kayıt Sistemleri
   • Test ve Değerlendirme Tesisleri, Sentetik Çevre, Doğrulama Alanları, Uçuş Testleri
   • Test Sensörleri
   • Tahribatsız Muayene Cihazları
   • Çevresel Test Cihazları
   • Fizikokimyasal/Termomekanik Malzeme Karakterizasyon Test Cihazları (DMA, DSC, FTIR, TMA vs.)

5. Sertifikasyon, Kalibrasyon, Akreditasyon, Test Standartları ve Metot Geliştirilmesi

   • Sertifikasyon (ISO 17025, Nadcap) ve Kalite sistemi (EN 9100:2009/ ISO 9001:2008/ ISO 14001:2004)
   • Kalibrasyon
   • Akreditasyon Kabiliyeti
   • Test Standartları ve Metotları
   • Kalifikasyon
   • Laboratuvarlar Arası Doğrulama

6. Çevresel Testler

   • Dahili EMI/EMC (Güç Kaynağı, RF Ekipmanlar İle Etkileşim)
   • MIL STD 810 Testleri / DO 160 G
   • Elektromanyetik Tehditler (Yıldırımın Dolaylı Etkileri, Elektrostatik Boşalma, Harici Bileşenlere Yıldırımın Doğrudan Etkileri)
   • Yanma Testleri

7. Yapısal Sağlık İzleme Yöntemleri

   • Fiber Sensörler
   • Şekil Bellekli Sensörler
   • Kablosuz, Temassız Sistemler

7) TÜRKİYE VE DÜNYADA MEVCUT DURUM VE EĞİLİMLER

7.1 TÜRKİYE'DE MEVCUT DURUM

7.1.1 GZFT Analizi Genel Değerlendirme

Belirlenen yöntem doğrultusunda 2. OÇG toplantıları sırasında uzmanların ortak görüşleri ile kompozit teknolojileri alanında iç ve dış unsurların tespit edildiği GZFT analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizin sonucunda her bir OÇG için GZFT Raporları hazırlanmıştır.
Tüm odak grupları için genel bir GZFT değerlendirmesi aşağıda özetlenmiştir:

Güçlü Yönler;

• Kompozit teknolojileri alanında temel bilgi birikiminin ve altyapının mevcut olması
• Stratejik teknolojilerin yerli imkânlar ile geliştirilmesi konusunda irade ve farkındalık olması
• Üniversite-sanayi işbirliklerinin ve konuya ilgi duyan kurum, kuruluşların ve sanayi kümelerinin bulunuyor olması

Zayıf Yönler;

• Kompozit teknolojilerinin kazanılması için gereken özellikle hammadde, araç/gereç, donanım, test cihazı, yazılım konularında yurt dışı bağımlılığının bulunması
• Altyapı ve yetişmiş insan gücünün yetersiz olması
• Standartlaşmış ve olgun tasarım, analiz ve test metotlarının olmaması
• Kompozit Teknolojileri kazanım maliyetlerinin yüksek olması
• Savunma, havacılık ve uzay alanında yurtiçi pazar talebinin yatırım maliyetlerini karşılayamaması
• Ulusal sertifikasyon otoritemizin uluslararası geçerliliğinin bulunmaması

Tehditler;

- Kompozit teknolojilerinin geliştirilmesi konusunda tüm sektörler arasında ortak akıl/sinerji oluşturulamaması
- Yabancı yatırımcıların yerli firmalara ortak olması sonucu milli kabiliyetin kaybedilmesi, kısıtlı hale gelmesi
- Yurt dışına beyin göçünün artması
- Mevcut yurt dışı ihracat kısıtlarının artması
- Tüm dünyada bu alanda hızla gelişen teknolojinin zamanında kazanılamaması

7.1.2 Mevcut Kompozit Teknolojileri Altyapısı

Ülkemizde kompozit teknolojileri alanında mevcut durumun belirlenmesi ve kazanılması gereken teknolojilerin tespit edilmesi amacıyla KTYH kapsamında oluşturulan odak gruplarında yer alan firma, kurum ve kuruluşlar tarafından sunulan Teknoloji Envanterleri formları incelenerek mevcut durum analizi gerçekleştirilmiştir.
Talep edilen teknoloji envanter formlarında her bir teknoloji için aşağıdaki konularda kompozit teknolojileri alanında faaliyet gösteren 66 kurum/kuruluş ve 71 üniversiteye kabiliyetleri sorulmuş olup, bu doğrultuda gelen bilgiler derlenerek Türkiye'de mevcut durum incelenmiştir:

- Teknoloji Hazırlık Seviyesi (THS),
- İlgili Ürün/Sistem/Alt Sistem,
- Tasarım, Üretim, Test ve Entegrasyon Alanlarında Teknolojik Yetkinlik
- Teknisyen ve Mühendis Bazında İnsan Kaynağı

Bu kapsamda;

- Malzeme Teknolojileri alanında 9 üniversite ve 20 kurum/kuruluş
- Tasarım ve Analiz Teknolojileri alanında 6 üniversite ve 7 kurum/kuruluş
- İmalat Teknolojileri alanında 7 üniversite ve 23 kurum/kuruluş
- Test ve Tahribatsız Muayene Teknolojileri analında 7 üniversite ve 8 kurum/kuruluş tarafından sunulan Teknoloji envanterlerine ilişkin detaylar bu bölümde yer almaktadır.

Teknoloji envanterlerinde kurum, kuruluş ve üniversiteler tarafından beyan edilen THS değerleri alan uzmanları tarafından değerlendirilmiş ve tutarlılık analizine tabi tutulmuştur. THS ve/veya kanıt bilgisi eksik olan envanter verileri için tutarlılık analizi yapılamadığından bahse konu teknolojiler için THS değeri verilememiştir. Bu bilgiler, sağlanması durumunda ilgili veriler güncellenecektir.

Üniversitelerde genellikle yüksek lisans/doktora tezi ya da bilimsel yayına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler çoğunlukla laboratuvar seviyesi kupon testlerini kapsamaktadır. Bu nedenlerle üniversitelerde yapılan çalışmaların teknoloji hazırlık seviyesi maksimum 3 olarak değerlendirilmiştir.

7.1.2.1 Malzeme Teknolojileri

Malzeme Odak Çalışma Grubu'nda 7 alt konu başlığı altında ele alınan 68 teknoloji konusu için teknoloji envanteri çalışmasına girdi sağlayan kurum, kuruluş ve üniversiteler Tablo 7.1 içerisinde listelenmiştir.

Tablo 7.1 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler

Kurum / Kuruluş	**Üniversite**
Aksa Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. Aksa Akrilik Kimya Sanayi A.Ş. ASELSAN BAYKAR MAKİNA CET A.Ş DowAksa FNSS GAMA Kahveci Otomotiv KORDSA KU-AKKİM Bor Tabanlı Malzemeler ve İleri Teknoloji Kimyasallar Uygulama ve Araştırma Merkezi (KABAM) MİR Araştırma ve Geliştirme A.Ş. Nurol Teknoloji ROKETSAN Sun Tekstil San. ve Tic. A.Ş. TDU Savunma Sis. Tek. San. ve Tic. A.Ş. TEI TUSAŞ TÜBİTAK MAM Türkiye Şişe ve Cam Sanayi A.Ş. Uniquetech Mühendislik	Bilkent UNAM İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) N. Erbakan Üniversitesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Özyeğin Üniversitesi Sabancı Üniversitesi Yaşar Üniversitesi

7.1.2.1.1 Elyaf Tasarımı ve Üretimi

Standart modül karbon elyaf geliştirilmesi ve dokuması konusunda ülkemizde kabiliyet bulunmaktadır. Orta ve yüksek modül karbon elyaf geliştirilmesi hususunda çalışmalar yürütülmektedir. Yüksek modül cam elyaf için fizibilite ve araştırma çalışmaları yapılmaktadır. Teknoloji konuları arasında yer alan aramid, bor, UHMWPE vb elyaf türleri için ise olgunluk seviyesi THS 1 olarak görülmektedir.

7.1.2.1.2 Termoplastik Malzemelerin Geliştirilmesi

SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından yürütülmekte olan KOZA Projesi kapsamında havacılık standartlarına uygun termoplastik (PEEK) reçineli prepreg geliştirme faaliyetleri devam etmektedir. Otomotiv sektörüne yönelik termoplastik malzemelerin geliştirildiği bilinmektedir. PPS, PEI, vb. reçineli diğer termoplastik malzeme geliştirme çalışmalarının THS 1 seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

7.1.2.1.3 Termoset Malzemelerin Geliştirilmesi

SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından desteklenen İPEK Projesi kapsamında havacılık standartlarına uygun termoset (180°C kür epoksi) reçineli prepreg geliştirme faaliyetleri tamamlanmıştır. 120°C kür epoksi reçineli cam elyaf takviyeli prepreg geliştirilmesine yönelik faaliyetler KARTAL Projesi kapsamında SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından yürütülmektedir.
Diğer sektörlere yönelik termoset reçineli malzemeler geliştirilmiş olup çeşitli firmalar tarafından seri olarak üretilmektedir. BMI, benzoxazine, siyanat ester, fenolik vb reçinelerin geliştirilmesine yönelik düşük teknoloji hazırlık seviyelerinde çalışmalar sürmektedir.

7.1.2.1.4 Balistik Koruma Amaçlı Kompozitlerin Geliştirilmesi

ALTAY Projesi kapsamında kurulan Balistik Koruma Merkezi bünyesinde balistik koruma amaçlı seramik matrisli kompozitlerin geliştirilmesine yönelik faaliyetler yürütülmektedir. Bu konuda çeşitli kurum ve kuruluşlar tarafından da malzeme geliştirme çalışmaları devam etmektedir.
Aramid Esaslı Malzemeler, Hibrit Balistik Malzemeler ve Kişisel Koruyucu Hibrit Yapıların Geliştirilmesi konularında THS 3 seviyesinde yetkinlik bildirilmiştir.

7.1.2.1.5 Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozitlerin Geliştirilmesi

Korozyon Önleyici Kaplamalar ve Termal İletkenliği İyileştirilmiş Kompozit Yapılar konularında ticari ürünlerin bulunduğu teknoloji envanteri formlarında belirtilmiştir.
SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından yürütülmekte olan ATLAS Projesi kapsamında mekanik özelliği iyileştirilmiş nano katkılı kompozitlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yürütülecektir.
Elektriksel ve Optik Özelliği İyileştirilmiş Nanomalzemeler, Buzlanma Önleyici/Giderici Kaplamalar, Yenilikçi Arayüzey Teknolojileri, Akustik Sönümleme Özellikli Gözenekli Yapılar, Kendini Onarabilen Kompozit Malzemeler ve Optik Fiberler konularında Teknoloji Hazırlık Seviyesinin 2-3 olduğu tespit edilmiştir.

7.1.2.1.6 Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri
Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri konularında çeşitli kurum, kuruluş ve üniversiteler tarafından THS 3 seviyesinde çalışmalar yürütülmektedir.

7.1.2.1.7 İz Düşürücü Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi

Radar Soğurucu Kompozit Yapılar ve Radar Soğurucu Kaplamalar konularında kara, deniz, denizaltı ve silah platformlarına yönelik ticarileşmiş ürünler bulunmakla beraber; hava platformlarına yönelik Radar Soğurucu Kompozit Yapılar konusundaki çalışmalar test aşamasındadır.
İz Düşürücü Kompozit Malzemeler grubunda bir diğer önemli konu olan Kızılötesi Düşük Görünür Malzemeler kapsamında ise çalışmaların literatür araştırması seviyesinde olduğu göze çarpmaktadır.

7.1.2.2 Tasarım ve Analiz Teknolojileri

Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu'nda 10 alt konu başlığı altında ele alınan 80 teknoloji konusu için teknoloji envanteri çalışmasına girdi sağlayan kurum, kuruluş ve üniversiteler Tablo 7.2 içerisinde listelenmiştir.

Tablo 7.2 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler

Kurum / Kuruluş	Üniversite
ASELSAN BAYKAR MAKİNA COŞKUNÖZ FNSS INORES ROKETSAN TUSAŞ	Çanakkale 18 Mart Üniversitesi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Namık Kemal Üniversitesi (NKÜ) Sabancı Üniversitesi Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi (TOBB ETU)

Girdi sağlayan kurum, kuruluş ve üniversitelerin ilgili konuda ticari ürünleri mevcut ise tasarım ve analiz için THS değerini de 9 olarak değerlendirdikleri görülmektedir. Hâlbuki ürün/sistem kendisini kanıtlamış olmasına rağmen tasarımında kullanılan metot ve analiz araçları standartlaşmamış veya tekrarlayan hesaplamalar için otomatik hale getirilememiş olabilir. Güvenilir olmayan ve hataya açık bir tasarım metodu ile uzun sürede tasarım yapılmış olabilir. Bu nedenlerle kompozit teknolojilerinin tasarım ve analiz sürecinde kullanılan metot ve araçların olgunluk seviyelerinin olması gerekenden yüksek değerlendirildiği gözlemlenmiştir.

7.1.2.2.1 Tabakalı Kompozitlerde Tasarım ve Analiz (Termosetler)

Ülkemizin Savunma Sanayiinde gerçekleştirdiği özgün ve dünyanın önde gelen şirketleri ile birlikte yürüttüğü hava, kara ve deniz platformları projelerinden elde ettiği tecrübe, teknolojik yetkinlik ve yetiştirdiği insan kaynağı ile tabakalı termoset kompozit tasarım ve analiz teknolojilerinde diğer teknoloji konularına göre en olgun seviyeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu konuda üniversitelerde de THS 1-3 seviyesinde bilimsel çalışmalar ve projeler yürütüldüğü görülmektedir.

7.1.2.2.2 Tabakalı Kompozitlerde Tasarım ve Analiz (Termoplastikler)

Tabakalı termoplastik kompozit yapıların tasarım ve analiz konularında savunma sanayi firmalarının literatür seviyesinde araştırmalar yaptığı ve dünyanın gerisinde olduğu tespit edilmiştir. Çeşitli üniversitelerde ise THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezleri yürütüldüğü göze çarpmaktadır.

7.1.2.2.3 Bağlayıcılı, Yapıştırma, Dikiş, vb. Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Ülkemizde savunma ve havacılık sanayi firmalarının yürüttükleri hava ve kara platformları projeleri sayesinde bağlayıcılı kompozit yapıların tasarım ve analizi konularında THS 9 seviyesine ulaştıkları tespit edilmiştir. Ayrıca üniversitelerde bu konuda THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın çalışmaları yürütüldüğü görülmektedir.

7.1.2.2.4 Otoklav Dışı Yekpare Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Ülkemizde savunma ve havacılık sanayi firmalarının, otoklav dışı yekpare kompozit yapı tekniklerinden olan RTM imalat tekniği ile çeşitli parçaları ticarileştirmiş olduğu ve platformlarında kullandığı görülmektedir. Üniversitelerimizde ise bu üretim yöntemi ile ilgili analiz ve simülasyon çalışmalarının THS 1-3 seviyesinde yürütüldüğü tespit edilmiştir.

7.1.2.2.5 Tekstil Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Dikiş, 3 boyutlu örme, kumaş dokuma, vb. tekstil kompozit yapıların tasarım ve analiz konularında ülkemizde çeşitli üniversitelerde THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezlerinin yanında, katılık ve mukavemet metot ve araçlarına yönelik TÜBİTAK projeleri yürütüldüğü görülmektedir. Savunma sanayi firmalarında ise bu konuda literatür seviyesinde araştırmalar yapıldığı belirlenmiştir.

7.1.2.2.6 Eklemeli İmalat Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi konularında savunma sanayi firmalarımızın ticari yazılımlar kullanarak bazı ikincil yapı detay parçaları tasarlayıp, üretip, uçak üzerine montajı tamamlayarak uçuş testlerini gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca özgün projelerde polimer bazlı çeşitli kalıp ve takımların üretilip kullanıldığı beyan edilmiştir. Üniversitelerde ise bu konuda THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tez çalışmaları yürütüldüğü görülmektedir.

7.1.2.2.7 Metal Matrisli Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Metal matrisli kompozit yapıların tasarım ve analizi konularında ülkemizde çeşitli üniversitelerde ticari yazılımlar kullanılarak THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezleri yürütüldüğü görülmesine rağmen savunma sanayi firmalarında sadece literatür seviyesinde araştırmalar yapıldığı belirlenmiştir.

7.1.2.2.8 Seramik Matrisli Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Savunma sanayiinde kara araçları için yürütülen projelerde seramik matrisli kompozit yapıların tasarım ve analizi alt başlığı altında operasyonel ve özel koşullara dayanım isterlerini kontrol eden metot ve araçlar teknoloji konusunda THS 9'a ulaşıldığı beyan edilmiştir. Diğer teknoloji konularında ise firmalarımızın henüz THS 1 seviyesinde olduğu belirlenmiştir. Çeşitli üniversitelerde ise THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezleri yürütüldüğü görülmektedir.

7.1.2.2.9 İz Düşürücü Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Savunma sanayinde kara, deniz, denizaltı ve silah platformları için yürütülen projelerde radar iz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi alt başlığı altında katılık, mukavemet, çevresel koşullar ile operasyonel ve özel koşullara dayanım isterlerini kontrol eden metot ve araçları konularında THS 9 seviyesine ulaşıldığı tespit edilmiştir. Firmalarımızın, akustik ve kızılötesi iz düşürücü yapılarda ise henüz yüksek THS seviyelerine ulaşmadığı belirlenmiştir. Üniversitelerde ise THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezlerinin yanında radar soğurucu kompozitlerin geliştirilmesi konusunda projeler yürütüldüğü görülmektedir.

7.1.2.2.10 Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Yapıların Tasarım ve Analizi

Savunma sanayiinde kara araçları zırh sistemleri için yürütülen projelerde, balistik koruma amaçlı kompozit yapıların tasarım ve analizi alt başlığı altında, operasyonel ve özel koşullara dayanım isterlerini kontrol eden metot ve araçlar konusunda THS 9 seviyesine ulaşıldığı beyan edilmiştir. Diğer teknoloji konularında ise firmaların henüz THS 1 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çeşitli üniversitelerde THS 1-3 seviyesinde bilimsel yayın, yüksek lisans ve doktora tezlerinin yanında zırh malzemeleri, patlamaya karşı zırh sistemleri, personel koruyucu hafif zırh sistemleri geliştirilmesi konularında çeşitli projeler yürütüldüğü tespit edilmiştir.

7.1.2.3 İmalat

Bu bölümde kompozit teknolojileri imalat envanterinin oluşturulması kapsamında 10 alt konu başlığı altında ele alınan 52 teknoloji konusu için katılım sağlayan kurum, kuruluş ve üniversiteler Tablo 7.3 içerisinde listelenmiştir.

Tablo 7.3 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler

Kurum / Kuruluş	**Üniversite**
3D Wovens Kompozit Ltd Şti. ASELSAN Aydın Mensucat BAYKAR MAKİNA Bursa Teknoloji Koordinasyon ve Ar-Ge Merkezi (BUTEKOM) COŞKUNÖZ DowAksa EPSİLON FNSS GAMA Metalurji INORES Kahveci Otomotiv KİPAŞ HOLDİNG KORD Endüstriyel İp ve İplik San. ve Tic AŞ KUPFER İleri Malzeme MİR Araştırma ve Geliştirme A.Ş. ROKETSAN SOSKEY Araştırma Geliştirme San. ve Tic. Ltd. Şti. SUN Tekstil San. ve Tic. A.Ş. TEKNOMA Teknolojik Malzemeler San. ve Ltd. Şti TUSAŞ TÜBİTAK MAM Uniquetech Mühendislik	18 Mart Üniversitesi Erciyes Üniversitesi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Namık Kemal Üniversitesi (NKÜ) Özyeğin Üniversitesi Sabancı Üniversitesi

7.1.2.3.1 Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri

Ülkemizde kısa elyaf kompozit eklemeli imalat konusunda THS 6 seviyesinde çalışmalar olmakla birlikte sürekli elyaf kompozit eklemeli imalatı konusunda herhangi bir çalışma yürütülmemektedir.
Tanecikli / Katkılı Kompozit Eklemeli İmalatı ile Büyük Ölçekli (kalıp vb.) Kompozit İmalatı konularında temel araştırma seviyesinde çalışmaların yürütüldüğü tespit edilmiştir.

7.1.2.3.2 Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri

Kumaş Dokuma Teknolojisi alanında THS 6 seviyesinde çalışmalar bulunmaktadır. Diğer konularda ise temel araştırma seviyesinde çalışmalar yürütülmektedir.

7.1.2.3.3 Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri

Resin Geçişli Kalıplama (RTM) imalat yöntemi ile hava platformları için yapısal parçalar üretilmekte olup, Vakum Destekli Reçine İnfüzyonu (VARI), Vakum Destekli Proses (VAP), Hafif Reçine Geçişli Kalıplama (LRTM) ve Vakum Destekli Reçine Geçişli Kalıplama (VARTM) konularında yürütülen faaliyetlerin ise THS 3-4 seviyesinde olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca Sıcak Pres Kalıplama ve Pultrüzyon konularında THS 8-9 seviyelerinde imalat kabiliyetlerinin olduğu belirlenmiştir.

7.1.2.3.4 Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri

Termoplastik malzemelerle imalat teknolojileri konusunda otomotiv sanayinde çeşitli uygulamalar olmasına rağmen savunma sanayiine yönelik çalışmalar temel araştıma seviyesindedir.

7.1.2.3.5 Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri

Seramik Matrisli Kompozit İmalat Teknolojilerinde THS 9 seviyelerinde imalat kabiliyetlerinin olduğu beyan edilmiştir. Diğer Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri alanında kurum/kuruluş ve üniversitelerde THS 1-3 seviyesinde çalışmalar yürütülmektedir.

7.1.2.3.6 Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri

Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri başlığı altındaki konularda ülkemizdeki yetkinlik seviyesinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

7.1.2.3.7 Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit İmalat Teknolojileri

Ülkemizde gerçekleştirilen Kompozit üretimi için kullanılan tezgâhlar yurtdışından tedarik edilmekte olup, Robotik-Otomasyon Destekli tezgâhların yurt içinde geliştirilmesine yönelik çalışmaların teknojik hazırlık seviyesi 1-3 arasındadır.

7.1.2.3.8 İşleme ve Birleştirme Teknolojileri

Talaşlı İmalat, Yüzey Hazırlama, Termoset Birleştirme ve Montaj teknolojileri konularında ülkemizdeki yetkinlik seviyesinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Enerjik Yüzey Hazırlama (Lazer, plazma vb.) ve Termoplastik (ultrasonik, direnç, indüksiyon vb.) Birleştirme teknolojileri konularında ise çalışmalar başlangıç seviyesindedir.

7.1.2.3.9 Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri

Kara platformlarına yönelik çeşitli kurum/kuruluşlar tarafından balistik koruma amaçlı kompozit imalat konularına yönelik teknolojik yetkinliğin yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir.
Ayrıca, zırh seramiği, kompozit zırh üretim/ kaplama ve hibrid zırh üretim teknolojilerinde yetkinlik olduğu beyan edilmiştir.

7.1.2.3.10 İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri

Tanecikli/katkılı ve desenli iz düşürücü kompozit imalatı konularında THS 5-6 seviyesinde yetkinlik bulunmakta olup, kara, deniz, denizaltı ve silah platformuna yönelik çok katmanlı Kompozit İmalatı konusunda ticari ürünler bulunmaktadır. İz Düşürücü Kompozit kaplamalar konusunda da kupon seviyesi çalışlamalar yürütülmektedir. İz düşürücü kompozit imalat teknolojileri, disiplinlerarası kurgusu ve gizlilik hassasiyetleri nedeniyle, malzeme, kupon, ürün ve platform seviyesinde fonksiyonel testleri de barındırmaktadır.

7.1.2.4 Test ve Tahribatsız Muayene

Bu bölümde test ve tahribatsız muayene envanterinin oluşturulması kapsamında 7 alt konu başlığı altında ele alınan 49 teknoloji konusu için katılımcı üniversite, kurum ve firmalardan sahip oldukları yetkinlikleri teknoloji alanı kırılımında kanıtları ile birlikte aktarılmıştır. Kompozit teknolojileri malzeme envanteri çalışmasına girdi sağlayan kurum, kuruluş ve üniversiteler Tablo 7.4 içerisinde listelenmiştir.

Tablo 7.4 - Yetkinlik Bildiren Kurum / Kuruluş / Üniversiteler

Kurum / Kuruluş	Üniversite
ASELSAN BAYKAR MAKİNA Bursa Teknoloji Koordinasyon ve Ar-Ge Merkezi (BUTEKOM) COŞKUNÖZ FNSS ROKETSAN TUSAŞ TÜBİTAK MAM	Erciyes Üniversitesi İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İYTE) Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) Özyeğin Üniversitesi Sabancı Üniversitesi Yaşar Üniversitesi Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ)

Ülkemizde kompozit malzeme ve yapıların testlerine yönelik çeşitli kurum/kuruluş ve üniversitelerde altyapı bulunduğu tespit edilmiştir. Gerek fizikokimyasal, gerek mekanik, gerekse tahribatsız testler konusunda birçok test merkezi bulunmaktadır.

Kompozit malzemelerin testleri numune hazırlama sürecinden başlayarak, testlerin icrası ve yorumlanması sürecinde kalifiye insan gücü ve uzmanlık gerektirmektedir. Bu testlerin birçok merkezde yapılıyor olmasına karşın, elde edilen sonuçlar çoğu zaman istatiksel olarak benzer ve güvenilir olmamaktadır. Kompozit teknolojileri alanında faaliyet gösteren test merkezlerinin benzer sonuçlar üretecek şekilde doğrulanması büyük önem taşımaktadır. Bu konuda insan gücünün yetiştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması; test cihazlarının düzenli kalibrasyonlarının ve bakımlarının yapılması ile hem ulusal hem de uluslararası sertifikaların alınması mümkün hale gelecektir.

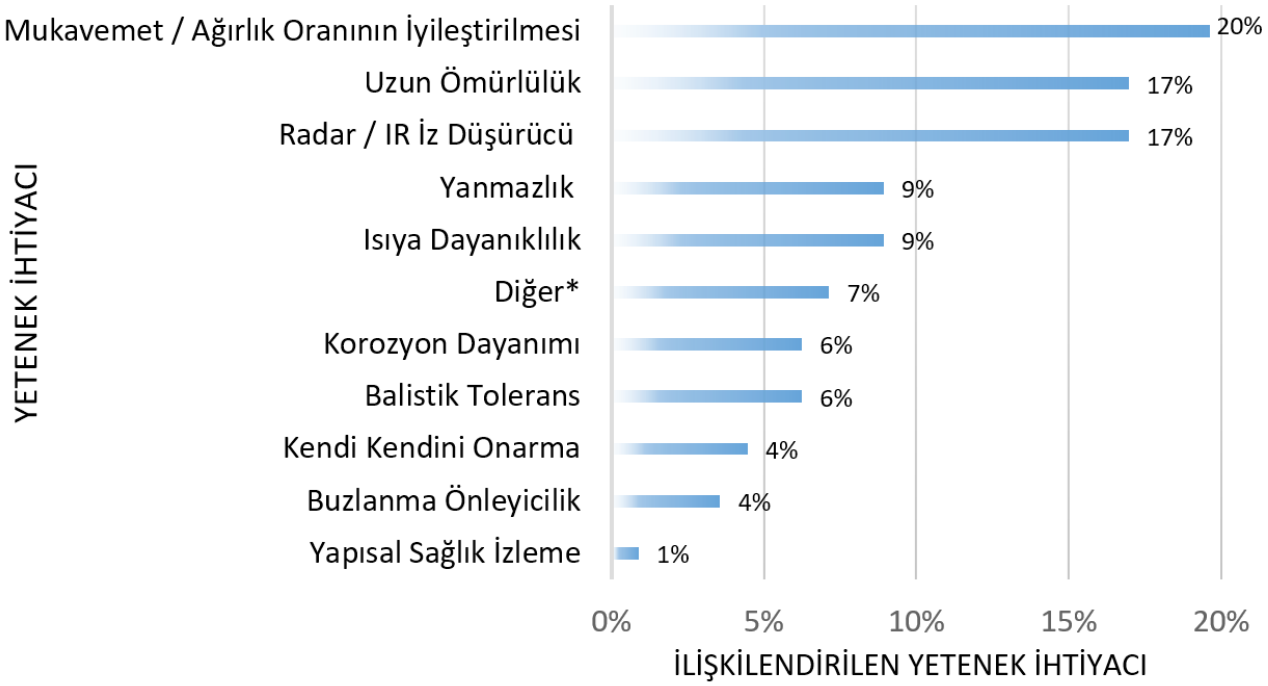
Kompozit malzeme ve yapıların testleri konusunda yaşanan bir diğer sorun, ulusal test standartlarının yetersiz olmasıdır. Kompozit numunelerin testleri birçok ayrıntıyı barındırmakta ve uluslararası test standartlarında bu detaylar verilmemektedir. Laboratuvarlar arası verifikasyon yapılırken, tüm laboratuvarların aynı detaylar ile testleri gerçekleştiriyor olması gerekmektedir.

Testler sırasında gereken fikstürlerin yapılması konusunda ülkemizde kabiliyet olduğu görülmektedir. Ancak test cihazlarının geliştirilmesi konusunda birkaç firma bulunmasına rağmen halen yurt dışına bağımlılık söz konusudur. Kısa vadede olmasa da, özellikle tahribatsız muayene cihazlarının yerli imkânlar ile geliştirilmesine yönelik atılacak adımlar yurt dışı bağımlılığının ortadan kaldırılması açısından gerekli görünmektedir.

Kuş çarpması, yıldırım çarpması, yanmazlık vb. testlerin uluslararası sertifikasyon otoriteleri tarafından kabul edilir şekilde yapılması konusunda eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Bu testlerin ülkemizde yapılması zaman ve maliyet açısından özellikle havacılık endüstrisine avantaj sağlayacak, diğer OEM firmalarına da bu hizmetin sağlanması ile bu alanda ülkemizin rekabetçi gücünün arttırılması mümkün olabilecektir.

7.1.3 Kullanıcı Kuruluşlar

Türk Silahlı Kuvvetleri ihtiyaçlarının teknolojik açıdan rekabet edebilir olması ve özgün ürünler ile ihtiyaçların karşılanması esastır. Bu bağlamda kullanıcı kuruluşlar ile hazırlanan Yetenek İhtiyaç Matrisi incelendiğinde öncelikli olarak gereksinim duyulan ihtiyaçların mukavemet/ağırlık oranının iyileştirilmesi ve uzun ömürlülük olduğu görülmektedir. Düşük görünürlük, Kimyasal, Biyolojik, Radyolojik ve Nükleer (KBRN) dayanımı, askeri teçhizatın hafifletilmesi ve ikmal kabiliyeti ile balistik özellikli personel koruyucu sistemleri, kompozit zırhlar, akıllı tekstil ürünleri (hafif, termal, görünmez, vb.), insansız araçlar ve robotlar da diğer ihtiyaçlar arasında yer almaktadır. Yetenek ihtiyacına göre belirlenen konu dağılımı Şekil 7.1'de verilmiştir.



* Diğer: KBRN Tespit Özelliği, Elektromanyetik Yayılımın azaltılması vb.

Şekil 7.1 - Kullanıcı Yetenek İhtiyaç Listesi Alt Teknoloji Dağılımı

Şekil 7.1'de verilen ihtiyaçlar KTYH çalışmaları kapsamında belirlenen teknolojiler ile ilişkilendirilmiştir.

Anti-personel mayınlara ve EYP'lere karşı daha dayanıklı, hafif olarak üretilecek personel teçhizatı ve zırh koruması sağlayan, KBRN etkilerine dayanıklı araçların üretilmesi önem arz etmektedir. Özellikle üs bölgelerine ve çatışma bölgelerinde kullanılacak araçlar ve görevli personelin kullanacağı teçhizatlar için kompozit zırhın geliştirilmesi ile balistik tolerans artırılacaktır. Bu sistemlerin ülkemizde yerli olarak geliştirilecek sistem/alt sistemlerde bu ihtiyacın karşılanması amacıyla malzeme teknolojilerinde yer alan "Balistik Koruma Amaçlı Kompozitlerin Geliştirilmesi" ile imalat teknolojilerinde yer alan "Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı"nın önem arz ettiği değerlendirilmiştir.

Muharebe sahasında silah, araçlar ve kritik tesislere kadar geniş bir kullanım alanında kızılötesi, termal ve radar gözetlemesini etkisiz hale getirecek ve görünmezlik sağlayacak istihbarat, keşif ve gözetleme yeteneğinin özellikle insansız hava araçlarında daha etkili ve uzun süre sağlanabilmesi amacıyla sistemlerin kendi kendini onarma özelliği de olacak şekilde geliştirilmesi elzemdir. Bununla beraber, kompozit kaplama teknolojisine sahip, görünmezlik sağlayan malzeme ve yapıların tek-er teçhizatında kullanılarak personelin muharebe sahasına adaptasyonunun risk ve çevresel

faktör algılamasının, bekasının ve performansının artırtılması amacıyla da ihtiyaç olan radar ve kızılötesi (IR) görünmezlik öncelikli ihtiyaçlardandır. Bu ihtiyaç KTYH'da "İz Düşürücü Kompozit Malzeme ve İmalat Teknolojilerinin Geliştirilmesi" ile "Tabakalı Kompozit Yapılarının Tasarım/Analizi Teknolojileri" olarak incelenmiştir.

Personelin savaş ortamında kolay taşıyabileceği, rahat kullanabileceği akıllı tekstiller geliştirilmesi üniforma, çanta, şapka, yağmurluk, çadır, gizleme ağı, bomba kalkanı, mayın ve EYP'lerle mücadelede kullanılan koruyucu elbise vb. malzemelerin nanoteknoloji ile geliştirilmesi Alt Konu Başlığında, Nano teknolojik kıyafet/teçhizat üretilmesi ise "Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit" ve "Termoplastik Malzemelerin Geliştirilmesi" Alt Konu Başlığında değerlendirilmiştir. Ayrıca bu yapıların "Test ve Tahribatsız Muayenesi için Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri" ve "Yapısal Sağlık İzleme Teknolojisi"nin geliştirilmesi gerektiği değerlendirilmiştir.

Dağlık bölgelerde, derin kar ve şiddetli soğuklarda muharebe yeteneği geliştirilmesi ve personelin, araç ve teçhizatın korunması yeteneği ile muharebe destek birliklerinin manevra unsuruna meskûn mahal ortamında etkin destek sağlamasına yönelik, mühimmat, teçhizat, araç ve sistemlerin buzlanmayı önleyici ve ısıya dayanıklı olması önem arz etmektedir. Bu bağlamda "Elyaf Tasarımı/Üretimi", "Termoset Malzemelerin Geliştirilmesi" ve "Akıllı Malzeme/Fonksiyonel Kompozitlerin Geliştirilmesi" teknolojileri bu ihtiyaçları gidermek için de değerlendirilmiştir.

Mayın/EYP ve ateşli silah yaralanmalarında şarapnel veya merminin bedene girişini önleyen veya merminin dokulara verdiği hasarı en aza indirecek yetenek kazandırılması, tank ve zırhlı araçlarda kullanılacak kompozit zırhın geliştirilmesi, EYP saldırısı sonucu ortaya çıkan sıcaklık ve basıncın araç yüzeyine etkisinin azaltılması temel ihtiyaç kalemleri olarak listelenebilir. Bu ihtiyaçlar incelendiğinde ileri kompozit malzeme teknolojisi kullanılarak üretilecek zırhların mukavemet/ağırlık oranının iyileştirilmesi ve uzun ömürlülük korozyon dayanımı gereksinimlerinin sağlanabileceği değerlendirilmiştir.

Savunma sistemlerinin yurt içi tasarım ve üretim yolu ile TSK envanterine kazandırılması süreçlerinde kompozit teknolojilerinin rolü yadsınamaz. Nitekim kullanıcı kuruluşlar tarafından doldurulan yetenek ihtiyaç matrisinde de bu açıkça görülmektedir. Yukarıda açıklanan hususları bir bütün olarak ele aldığımızda, Elyaf Tasarımı/Üretimi, Termoplastik, Balistik Koruma Amaçlı, İz Düşürücü, Akıllı Malzeme/Fonksiyonel Kompozit Malzemeler ile Tabakalı Kompozit Yapıların Tasarım/Analizi ve Yapısal Sağlık İzleme Metotlarının Geliştirilmesi konularının Kullanıcının yetenek ihtiyaçları bazında öne çıkan ve geliştirilmesi gereken teknolojiler olduğu değerlendirilmiştir.

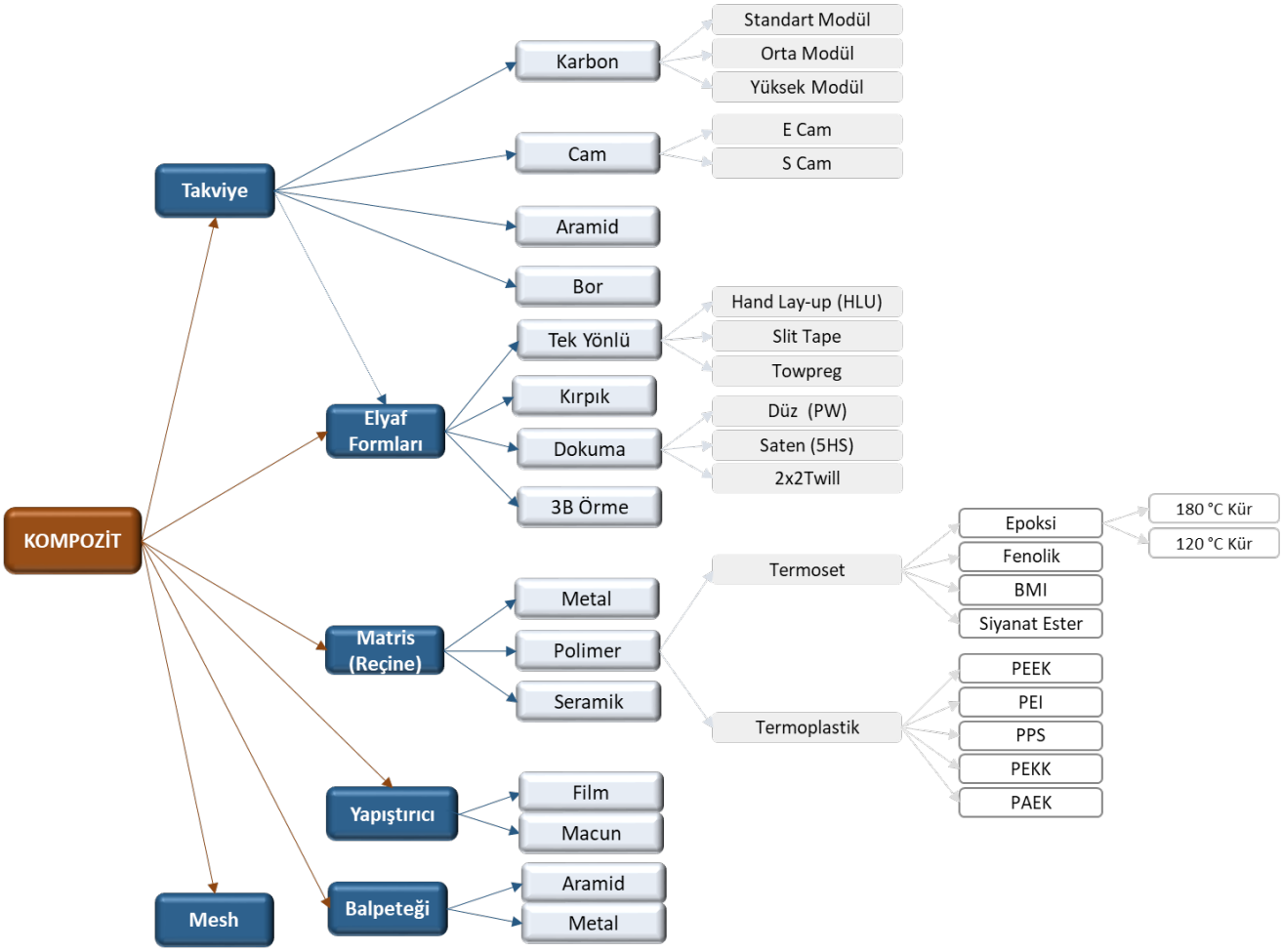
7.2 DÜNYADA MEVCUT DURUM VE TEKNOLOJİK EĞİLİMLER

7.2.1 Malzeme Teknolojileri

Malzeme biliminde sağlanan ilerlemeler günümüz teknolojisinin hızlı gelişimine temel oluşturmaktadır. Geleneksel malzeme ve süreçlerdeki iyileştirmeler teknolojik gelişim hızını etkileyen en önemli faktörler arasındadır. Kompozit teknolojisi uzay, havacılık, otomotiv, inşaat gibi farklı sektörlere malzeme ve süreç sunan çok disiplinli teknolojileri içinde barındırmaktadır.

Kompozit malzeme iki veya daha fazla malzemenin (takviye ve matris) makro düzeyde biraraya getirilmesiyle oluşturulan ve kompoziti oluşturan her bir bileşen malzemeye göre daha üstün ve/veya yeni özellikler sergileyen malzemeler olarak tanımlanmaktadır.

Yaygın olarak kullanılan kompozit malzeme bileşenleri Şekil 7.2'de özetlenmiştir.



Şekil 7.2 - Yaygın Olarak Kullanılan Kompozit Malzeme Bileşenleri

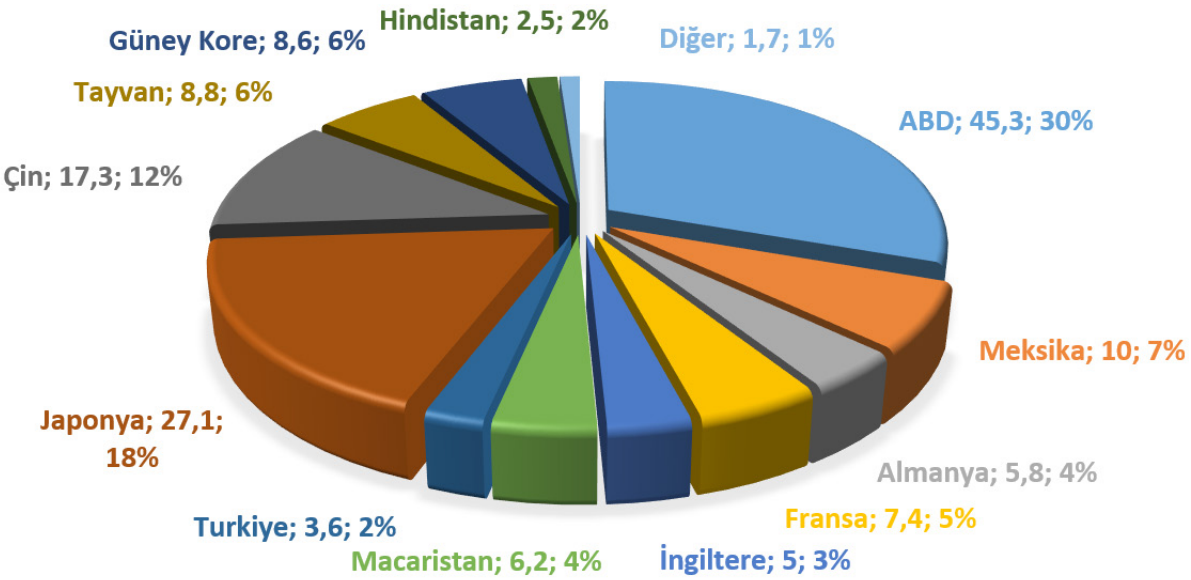
Kompozit malzeme bileşenleri üzerine yapılan pazar araştırmaları ve ilgili ulusal/uluslararası yayın ve derlemeler incelenerek malzeme teknolojisi özelindeki eğilimler özetlenmiştir.

Kompozit malzeme kullanımı üstün fiziksel, kimyasal, mekanik özellikleri ve mukavemet/ağırlık oranları nedeni ile dünya genelinde kayda değer oranda artmaktadır. Otomotiv, deniz ve enerji sektörleri öngörülen artışın büyük kısmını teşkil etmektedir. Havacılık sektöründe de benzer bir eğilim gözlenmektedir; daha hafif ve fonksiyonel hava araçlarına olan talebin artması ile yeni nesil B787 Dreamliner ve A350 XWB yolcu uçaklarında kullanılan kompozit malzeme oranı %50 mertebesini aşmıştır.

Bu hızlı büyüme, OEM şirketlerinin mevcut tedarik zinciri stratejilerini ve işletim modellerini yeniden gözden geçirmesine neden olmaktadır. Örneğin kompozit malzeme temininde yaşanan gecikmeler A380 ve B787 yolcu uçaklarının ilk teslimatları ertelenmiş ve söz konusu gecikmelerin açıklanması Wall Street'te ciddi mali sıkıntılara neden olmuştur. Bu durum malzeme girdilerinin ve tedarikçi çeşitliğinin öneminin anlaşılmasını sağlamıştır [2].

Karbon elyaf havacılık başta olmak üzere tüm sektörlerde en yaygın kullanılan takviye malzemesidir. Küresel karbon elyaf talebi ve üretim hacimleri ele alınacak olduğunda, tüm sektörler tarafından talep edilen karbon elyaf miktarının 2010-2022 yılları arasında 33 bin tondan 120 bin tona çıkarak %263 artması beklenmektedir.

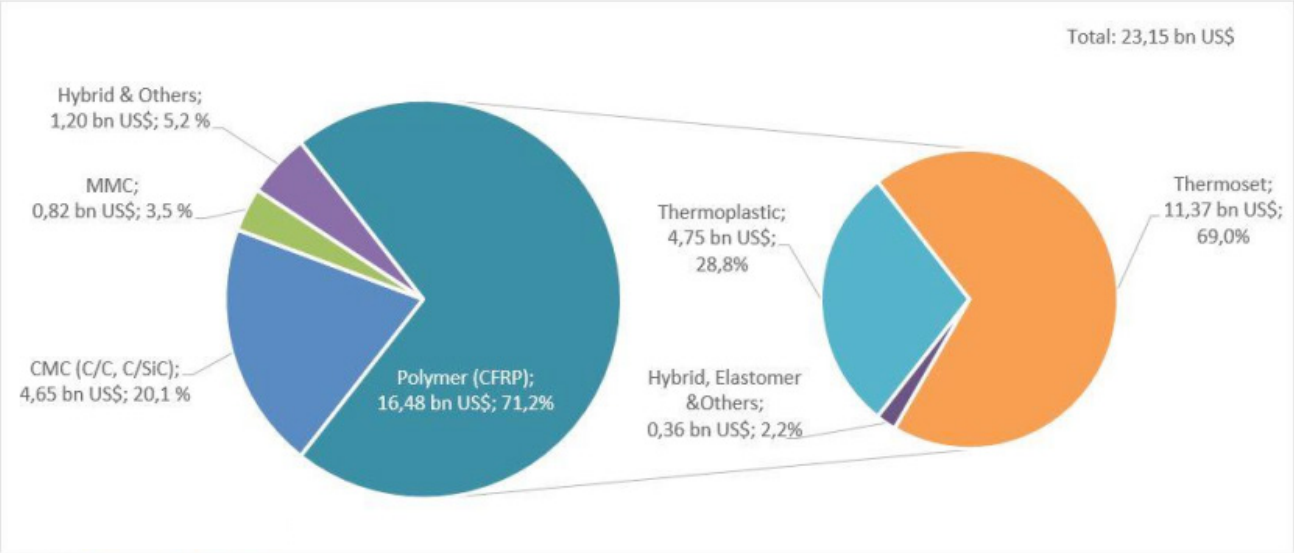
2018 yılı karbon elyaf üretim kapasitelerinin ülkelere göre dağılımı Şekil 7.3 içerisinde gösterilmiştir. Buna göre %30'luk üretim hacmi ile ABD ilk sırayı alırken, karbon elyaf üretiminin %42'si Asya ülkelerinde (Japonya, Çin, Tayvan, Güney Kore), %16'sı Avrupa ülkelerinde (Macaristan, Almanya, Fransa, İngiltere), %12'si ise Türkiye dâhil dünyanın geri kalan bölgelerinde gerçekleşmektedir.



Şekil 7.3 - Ülkelere Göre Karbon Elyaf Üretim Kapasiteleri, 2018 (Kilo Ton) [3]

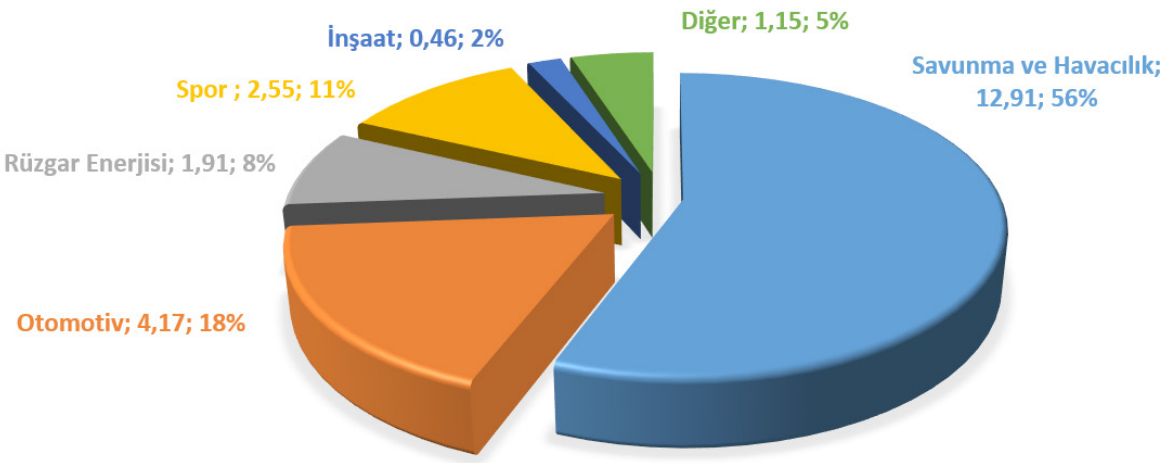
Karbon elyaf takviyeli kompozit malzeme talepleri ele alınacak olduğunda, matris çeşidine göre talep miktarları, milyar dolar cinsinden Şekil 7.4 içerisinde gösterilmiştir. Buna göre taleplerin %71'lik büyük kısmını polimer matrisli kompozitler oluşturmakta, bu oranı %20'lik talep ile seramik matrisli kompozitler (CMC) takip etmektedir. Metal matrisli kompozitlere (MMC) olan talep miktarı nispeten düşük görünmektedir (%3,5). Polimer matrisli kompozitlerin ise %69'luk kısmını termosetler, %28,8'lik dilimini termoplastikler teşkil etmektedir [3].

Karbon elyaf takviyeli kompozit malzeme talepleri ele alınacak olduğunda, matris çeşidine göre talep miktarları, milyar dolar cinsinden Şekil 7.4 içerisinde gösterilmiştir. Buna göre taleplerin %71'lik büyük kısmını polimer matrisli kompozitler oluşturmakta, bu oranı %20'lik talep ile karbon matrisli kompozitler takip etmektedir. Polimer matrisli kompozitlerin ise %69'luk kısmını termosetler, %29'luk dilimini termoplastikler teşkil etmektedir.

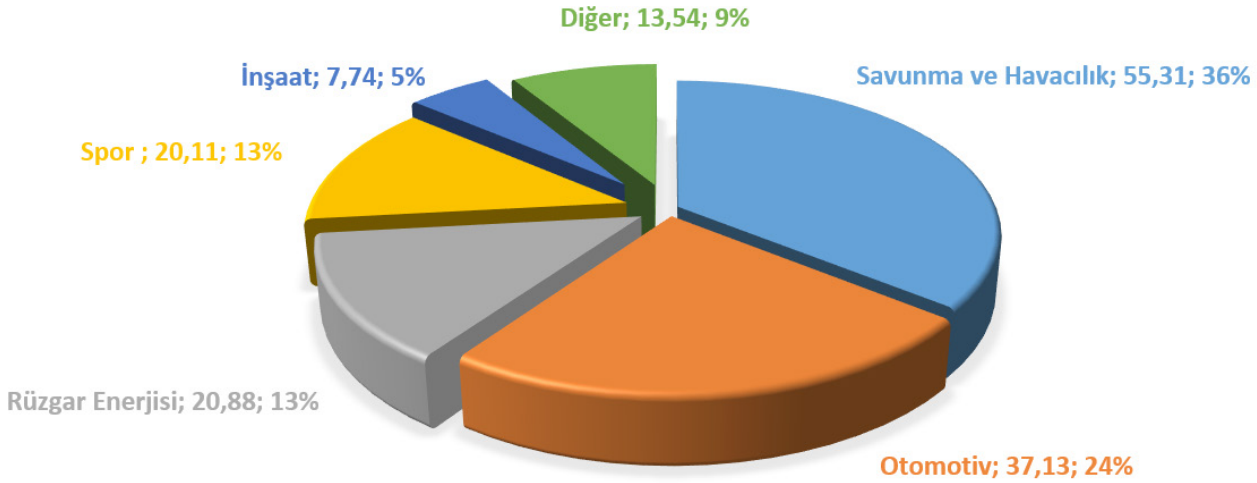


Şekil 7.4 - Matris Çeşidine Göre Kompozit Malzeme Talepleri (Milyar $) [3]

2018 yılında dünya genelinde karbon elyaf takviyeli kompozit malzemelerin sektörler arasında kullanım hacimleri milyar dolar cinsinden Şekil 7.5'te, kilo ton cinsinden Şekil 7.6'da verilmiştir. Havacılık ve savunma segmentinin 12,91 milyar dolarlık kullanım hacmi ile %56'lık dilimi oluşturan dominant sektör olduğu dikkat çekmektedir. Diğer taraftan kilo ton cinsinden taleplere bakıldığında yalnızca %36'lık dilimin havacılık ve savunma sektöründe kullanıldığı görülmektedir. Bu durumun başlıca sebebi; havacılık ve savunma sektörüne yönelik malzemelerin kalifikasyon ve sertifikasyon maliyetlerinden dolayı birim fiyatlarının yüksek olmasıdır. Yeni nesil Boeing 787 ile Airbus A350XWB yolcu uçaklarının yanı sıra, Boeing 777 ve Çin yapımı COMAC C919 uçaklarında kullanılan kompozit malzeme miktarlarındaki artış bu sektörde etkili olmaktadır. Savunma segmentinde ise F-35, Boeing KC-46, Airbus A400M ve Embraer KC-390 hava araçlarının yanı sıra V-22 Osprey, Black Hawk, Sikorsky CH-53K ve Airbus H160 heliopter programları kompozit malzeme talep artışında rol oynamaktadır.

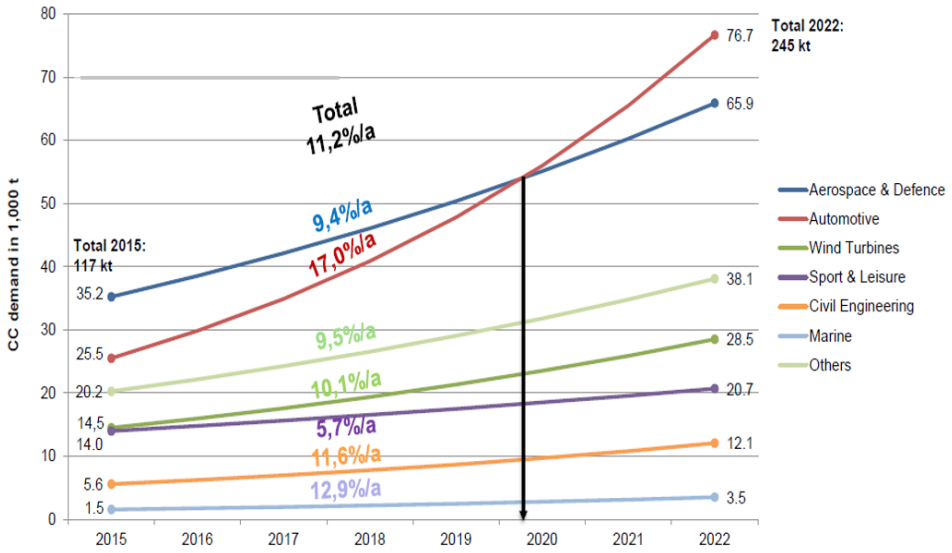


Şekil 7.5 - Kullanım Alanlarına Göre Karbon Elyaf Takviyeli
Kompozit Malzeme Kullanım Hacimleri, Kasım 2018 (Milyar $) [3]



Şekil 7.6 - Kullanım Alanlarına Göre Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit Malzeme Talepleri, Kasım 2018 (Kilo Ton) [3]

Karbon elyaf takviyeli kompozit malzemelerin sektörlere göre talep miktarlarının 2022 yılına kadar öngörülen artış eğrileri Şekil 7.7'de gösterilmiştir. Buna göre 2015 yılında yaklaşık 117 bin ton'luk talebin, %109 artış ile 2022 yılında 245 bin ton olması beklenmektedir. 7 yıllık süreçte en büyük talep artışı otomotiv sektöründe beklenirken, ikinci büyük artışın havacılık ve savunma endüstrisinde gerçekleşmesi öngörülmektedir [4].



Şekil 7.7 - Karbon Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Sektörlere Göre Öngörülen Artış Eğrileri (Kilo Ton) [4]

Özet olarak, %9-12'lik yıllık istikrarlı büyüme oranları ile küresel karbon elyaf ve karbon elyaf takviyeli kompozit malzeme piyasası ümit vaat etmektedir. Yukarıda belirtildiği gibi karbon-kompozit malzemelerin büyük çoğunluğu Amerika ve Avrupa'da üretilmekte, işçilik maliyetleri malzeme fiyatlarına yansımaktadır. Türkiye'nin bu pazarda daha düşük maliyetli malzeme üreticisi olarak rekabetçi olmasının mümkün olacağı değerlendirilmektedir.

Kompozit endüstrisi tedarik zincirinin her aşamasında birçok önemli yenilik barındırır. Bu, elyaftan ve matristen, üretim süreçlerine ve ilgili endüstrilere kadar uzanır. Matris ve takviye bileşeninden oluşan kompozit malzeme dayanımını yüksek mukavemet/sert ve nispeten gevrek olan takviye bileşeninden alırken matris bileşeni takviye elamanının yapısal bütünlüğünü oluşturması için birbirine bağlanmasını sağlayarak aynı zamanda yapıya tokluk ve süneklik kazandırır.

Polimer matris kompozitlerde reçine sistemleriyle ilgili araştırmalar kürlenme sürelerinin azaltılması (1-2 dakika) üzerine odaklanmıştır. Yüksek pazar hacmine sahip Momentive ve Huntsman firmaları, Yüksek Basınçlı Reçine Geçişli Kalıplama (HP-RTM) ve Basınçlı Kalıplama için kısa çevrim sürelerine sahip epoksi reçine sistemleri geliştirmiştir [5]. Rüzgar türbini kanatları için optimum jel süreleriyle reçinelerin geliştirilmesine yönelik artan bir eğilim söz konusudur. Öte yandan düşük maliyetli ve yüksek mukavemetli nano-reçinelerin gelecekte daha yaygın kullanılacağı öngörülmektedir. Biyolojik reçine sistemlerinin kullanımı ise artan çevresel kaygılar nedeniyle farklı uygulamalar için sürekli bir yükseliş göstermektedir [5].

Havacılık alanındaki yenilik eğilimleri arasında kompozitlerin kullanımının artması ve daha fazla nanokompozit malzeme kullanımı gibi eğilimler öne çıkmaktadır. Örneğin, çok uluslu bir ileri teknoloji havacılık şirketi olan Lockheed Martin, F-35'in uçak gövdesi boyunca kullanılan yaklaşık 100 kompozit veya metal bileşenin karbon nanotakviye ile güçlendirilmiş polimerle yer değiştirilmesini hedeflemektedir [5], [6].

Termoplastik matrisli kompozit malzemelerin dünya genelinde hızla artan oranlar ile kullanılmaya başlandığı dikkat çekmektedir. Birçok sektörde kullanım alanı bulan termoplastikler havacılık endüstrisine 1980'li yılların başında giriş yapmıştır. Bu malzemeler, ısı ile şekil verilebilme özellikleri sayesinde tamamen yeni, hızlı ve otomize süreçlere olanak sağlayarak havacılık dünyası için zaman içinde geleceğin malzemeleri konumuna gelmiştir. OEM firmaları, polyether-ether-ketone (PEEK), polyether-ketone-ketone (PEKK), polyphenylene sulphide (PPS) ve polyetherimide (PEI) gibi üstün özellikli termoplastik kompozitlerin kullanımına öncülük etmektedir.

Termoplastik reçineler dünyada Victrex, Solvay, Evonik, Celanese, Sabic gibi firmalar tarafından üretilirken ülkemizde bu reçineleri üreten firma bulunmamaktadır. Tencate, Solvay (Cytec) ve Celanese firmaları termoplastik matrisli prepreg üreticileri olarak öne çıkmaktadır.

Öte yandan, endüstriler üretim kapasitesini arttırmak ve işçilikten kaynaklanan hataları en aza indirmek için daha çok ATL ve AFP işlemlerine doğru ilerlemektedir [5]. Dolayısı ile bu tezgâhlara uygun yüksek performanslı malzemelerin geliştirilmesi bir hayli önem kazanmıştır.

Geleneksel malzemelerde malzemenin yapısal özellikleri önemli olurken, yeni nesil malzemelerde ise malzemenin yapısal özelliğinin yanı sıra farklı işlevselliklere da sahip olması beklentisi bulunmaktadır. Kompozit malzeme teknolojisinde bu durum çok fonksiyonlu kompozit yapılar olarak kendini göstermiştir [7], [8], [9]. Çok fonksiyonlu kompozitler, yapısal kısmın, tipik olarak, ağırlık ve yer tasarrufu sağlayan bir mekanizma olarak işlev gören ek fonksiyonlar sağlayabileceği malzemelerdir. Enerji depolama, gömülü sensörler ve yapısal sağlık izleme ve termal/elektriksel iletkenlik gibi özellikler çok fonksiyonlu kompozit yapıların tasarımında öne çıkmaktadır. Örneğin, yarıiletken endüstrisindeki gelişmeler bileşenlerin küçülmesine ve artan güç yoğunluklarına yol açarak termal yönetim sorunlarını ortaya çıkarmıştır. Teknolojideki bu eğilim, termal yönetim amaçlı çok yüksek termal iletkenliğe, yüksek elektriksel dirence ve düşük yoğunluğa sahip çok fonksiyonlu malzemelerin geliştirilmesini önemli hale getirmiştir. Özellikle; istenen termal ve elektriksel özellikte bileşen tasarımına

elverişli malzeme grubu olarak polimer matrisli nanokompozitler, elektronik/mikroelektronik teknolojisi bileşenleri için yeni nesil malzeme olarak kabul edilmektedir. Polimer matris kompozitlerin elektronik/ mikro elektronikteki uygulamaları genel olarak; baskı devre kartları, devre altlıkları, elektronik ambalaj, elektronik kapsül, ısı havuzu, elektrik kontak ve termal ara yüzey malzemelerini içermektedir.

Pazar araştırmaları kompozit parçalarda kullanılan tüm sentetik elyaf pazarının 2027 yılına kadar 9 milyar doları aşacağını tahmin etmektedir. Gelecek 10 yıllık dönemde en hızlı büyüme oranının sürekli seramik elyaflardan geleceği tahmin edilmektedir. Öte yandan ileri üretim teknikleri ile üretilen bor elyaf gibi malzemelerin pazarının da önemli bir büyüme kaydedeceği öngörülmektedir [5], [10].

Malzeme teknolojileri alanında göze çarpan iki diğer gelişen teknoloji balistik dayanımlı ve iz düşürücü malzemeler üzerindedir. Tüm dünyada bu konuda yoğun çalışmalar yürütülmekle beraber, bu çalışmalar gizlilik kapsamında olduğundan hiçbir şekilde paylaşılmamakta; bu tür malzemelerin yurt dışından temin edilmesi de mümkün olmamaktadır.

Kompozit malzemelerin savunma, havacılık, otomotiv, rüzgar enerjisi vb. farklı endüstrilerdeki kullanımının yaygınlaşması için genel olarak aşağıda özetlenen teknolojik gelişmelerin önemli olacağı değerlendirilmektedir:

- Endüstriyel parçaların hafifletilmesi
- Elyaf ve reçine sistemlerinin mekanik, kimyasal ve iletken özelliklerinin geliştirilmesi
- Nano teknolojinin yeni nesil kompozitlere dahil edilmesi
- Çevre dostu reçine ve elyaf sistemlerinin geliştirilmesi
- Hızla artan taleplere karşılık verecek hızlı ve otomize üretim teknolojilerine olanak sağlayan termoplastik vb. malzemelerin yaygın olarak kullanılması

Savunma, havacılık, ulaştırma ve inşaat gibi sektörlerin geneli değerlendirildiğinde 2020 yılına kadar yıllık bileşik büyüme oranının % 5,8 mertebesine ulaşarak kompozit sanayi ortalamasından daha yüksek bir oranda artması beklenmektedir [5].

7.2.2 Tasarım ve Analiz

Kompozit lamine yapılar metallerden daha fazla hata oluşumuna meyillidir ve üretimindeki birçok faktör kompozit yapının performansına olumsuz etki etmektedir. Kompozit yapıların tasarım optimizasyonu gerçekleştirilirken tabaka şekilleri, lif yönelimleri, tabaka sayısı, dizilim sırası vb. tasarım esnekliklerinden faydalanılabilir. Ancak bu esneklik yapısal analizleri karmaşıklaştırır ve test yapmayı da zorunlu hale getirir [11]. Örneğin karbon elyaf kompozit yapılar çevresel koşullardan metallere göre daha fazla etkilenir. Bu malzemeden yapılmış bir kanat ve gövde sertifikasyonu için kupon testlerinden tam boy platform testlerine kadar metal yapılara oranla çok daha fazla sayıda test gerekir. Fiziksel testler çok pahalı olduğundan ve testlerin icrası geliştirme sürecini uzatacağından maliyeti artırmaktadır.

Kompozit malzemelerin kullanımının artmasının getirdiği tasarımın karmaşıklığının basitleştirilmesi, parça performansının optimize edilmesi, mühendislik ve üretim çevrim sürelerinin azaltılması ihtiyaçları gibi çözülmesi gereken problemler ile karşı karşıya kalınmaktadır. Ayrıca çalışma ortamı, sıcaklık, basınç ve diğer koşullar göz önünde bulundurulduğunda

yapının davranışını ve yapısal hata oluşumunu uçuş ve operasyon sırasında karşılaşılabilecek binlerce yük koşulu için doğru bir şekilde tahmin etmek ürünün yapısal bütünlüğü açısından önemlidir [12].

Tasarım ve analiz işlerini hızlandıran özgün analiz araçları ve yazılımları dünyada önde gelen havacılık ve savunma şirketleri tarafından geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu özgün yazılımların yanında kompozit yapıların optimizasyonu için Nastran, Abaqus, ANSYS, LMS Samcef, LS-Dyna, vb. [13] gibi ticari sonlu eleman analiz yazılımları (FEA) da kullanılmaktadır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemiyle hesaplanan harici aerodinamik yükler ile atalet yüklerinin yapılarda oluşturduğu iç yükleri modellemek için bu ticari sonlu elemanlar analiz araçları tercih edilmektedir. Yapısal tasarımdaki herhangi bir zayıflığı ortaya çıkarmak için hata tipine göre yapıya gelen yükler kullanılarak ilgili analiz modülü koşturulur. Bu işlem yapının tüm hata modları için yapılmaktadır ve sonuçlar tasarımı, dolayısıyla sonlu eleman modelini güncellemek için kullanılır. Güncellenen tasarım ve modeller tekrar analiz edilir. Bu işlem gereksinimleri karşılayan en hafif yapıyı elde edene kadar sürer. Bu yüzden havacılık platformları tasarımı sırasında çok sayıda analiz döngüsü gerekmektedir [14].

Analiz araçları, kritik yapısal hataların hesaplanması, ağırlığın azaltılması ve üretim sırasında oluşacak öngörülmeyen tasarım sorunlarının giderilmesi için laminelerin uygun sayı ve yönde dizilimini yapmak ve tasarım olgunlaştıkça yapıyı hafifletmek gibi amaçlarla tasarım süreci boyunca ve sertifikasyonu kapsayacak şekilde kullanılmaktadır. Bu analiz araçlarının kullanımı ile hava platformlarında %20-40 oranında ağırlık azalması sağlanmıştır.

Analiz araçları aşağıda listelenen tasarım ve analiz işlemlerinin otomatik hale getirilmesini sağlayarak tasarımı hızlandırmakta ve standartlaştırmaktadır.

- **Ön tasarım optimizasyonu:** Hata mekanizmaları ön tasarım aşamasında analiz araçları ile tespit edilebilmektedir. Yapının tamamı kavram olarak panel ve kiriş olarak modellenmektedir. Bu yaklaşım özellikle hava araçlarının gövde, kanat ve kuyruk yapılarında kendini kanıtlamıştır.

- **Nihai emniyet faktör analizleri:** Mukavemet, katılık vb. yapısal analizleri sonlu eleman modelindeki her bir elementi için çok sayıdaki yük durumuna göre tüm yapının detay emniyet faktör hesaplamaları otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Havacılık uygulamalarında tüm emniyet katsayılarının 1.0 ve üstü olması gerekir. Buradaki diğer bir önemli nokta ise ampirik metotların tamamının teorinin yanında önemli ölçüde test verisine dayalı olarak çıkarılmış ve doğrulanmış olmasıdır.

- **Stres rapor dokümanları:** Bu analiz araçları ile hava aracı yapılarında sertifikasyon için gerekli tüm hata modları analiz hesaplamaları raporu hızlı bir şekilde hazırlanmaktadır. Bu raporda optimum tasarım boyutları, yük setleri, hata modları ve emniyet faktörleri özet tablolar halinde hazırlanmaktadır. Detaylı analiz verileri için tablolar oluşturulmaktadır. Ayrıca bu analiz araçları ile sonuçlar grafiksel olarak da raporlanmaktadır.

- **Test verilerinin doğrulanması:** Test numunelerinin yapısal müsaade edilebilir dayanım yüklerinin tespiti ve analiz çalışmaları hata oluşumu sonuçlarının uyumuna bakılarak doğrulanmaktadır. Ayrıca bu test verilerindeki hata tiplerine ait müsaade edilebilir dayanım yükleri, analitik sonuçlar ile eşleştirilip kayıt altına alınarak bir veri bankası oluşturulmakta sonraki projelerde hızlı bir şekilde tasarım öngörü doğrulaması yapılmakta ve test sayısı azaltılarak süreç kısaltılmaktadır.

Tasarımda kullanılan metotların geliştirilmesi, standartlaştırılması, güvenilirlik ve sertifikasyon açısından önemlidir. Bu konuda önde gelen firmalar kullandıkları metotları ticari kritik olması nedeniyle paylaşmamaktadırlar. Yüksek seviyede teorik bilgi içeren metotlar konusunda özellikle üniversitelerin desteği çok önemlidir. Metotların doğrulanması için mutlaka test verilerine ihtiyaç duyulması metot geliştirme maliyetlerini arttırmaktadır. Bu maliyetlerin ülke içinde paylaşılması için ortak bir metot grubu oluşturulması faydalı olabilir. Bu konudaki yurtdışı örnekleri olarak HSB (Hanbuch Strukture Brechnung) ve ESDU (Engineering Sciences Data Unit) verilebilir. Analiz araçlarının geliştirilmesi için doğrulanmış analiz metotlarının var olması gerekmektedir.

Termoplastik parçaların tasarımında ve en yüksek stres alanlarını belirlemekte çeşitli ticari yazılım modülleri kullanılmaktadır. Ayrıca üretimde karmaşık malzeme özelliklerini ve kalıplama davranışlarını modellemek, büzülme ve çarpılmayı öngörmek üzere de modüller mevcuttur.

Kompozit parçaların üretiminde AFP tezgâhlarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu tezgâhlarda üretilecek kompozit parçaların tasarımında kullanılan bilgisayar destekli mühendislik yazılımları sayesinde üretim sürecinde elyafların sarımında ve boşlukların oluşumundaki kısıtların önceden tespit edilerek oluşacak buruşukluk ve kırışıklara karşı tasarım eniyilemesi hızlıca yapılabilmektedir. ATP ve reçine infüzyonu gibi yenilikçi üretim tekniklerinde de parçanın üretimi ve performansını etkileyebilecek üretim spesifikasyonları ve kısıtlamaları için kullanılan tasarım, analiz ve simülasyon araçları bulunmaktadır. Ayrıca üretim sürecinde oluşan kusurların kaydı tutularak tasarım araçlarının iyileştirilmesi sağlanmaktadır [15].

Geleneksel yöntemler kullanılarak üretilmesi zor olan karmaşık geometriye sahip ve maliyeti yüksek olan parçalar ve bu parçalar için kullanılan kalıp ve fikstürlerin üretiminde eklemeli imalat yönteminin geliştirilmesi için yoğun çaba harcanmaktadır. Bu yöntem mevcut durumda kritik olmayan ikincil yapılarda kullanım imkânı bulsa da yakın gelecekte eklemeli imalat için uygun malzeme tiplerinin geliştirilmesi ve doğadan esinlenmiş karmaşık tasarım uygulamaları ile geniş kullanım alanına sahip olacağı öngörülmektedir. Yaygın kullanılan ticari tasarım ve analiz yazılımları ile eklemeli imalat tasarım ve analiz modülleri oluşturulmakta ve iyileştirme çalışmalarına devam edilmektedir. Ayrıca eklemeli imalat süreçlerinin (termal, mekanik, kalıntı gerilimlerinin tahmin edilmesi, vb) simülasyon araçları da kullanıma sunulmaktadır. Bunların yanında eklemeli imalat cihazı üreten şirketler de uygulamalara göre tasarım araçları geliştirmektedir.

H2020 ve Clean Sky çağrıları incelendiğinde ise havacılık platformlarının maliyetini düşürmek, karbon ayak izini ve gürültüyü azaltmak amacı ile entegre uçak yapılarının ve üretim kalıplarının tasarım ve imalatına yönelik yenilikçi metot ve araçların oluşturulmasının ön plana çıktığı görülmektedir. Ayrıca bu karmaşık yapıların üretilmesinde meydana gelen üretim hatalarının (çarpılma, tabakalar arası ayrışma, kırışıklık, gözeneklilik, reçine dağılımındaki bölgesel uyumsuzluklar, boşluklu yapıların tahmin edilmesi, vb.) önceden tahminine yönelik simülasyon yazılımlarının oluşturulmasına yönelik çağrıların yayınlandığı tespit edilmiştir [15]. Bunların yanında termoplastik platform gövdesi için malzeme modellemesi geliştirerek ileriki dönemlerde projelerin sertifikasyonu sırasında sayısal analizlerin fiziksel testlerin yerini almasına veya sayısını azaltıcı, hasar ve hata modlarını tahmin edici sanal test (Predictive Virtual Testing) yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik yeni trendlerin de olduğu görülmektedir Ayrıca kompozit malzemelerin sağlık izleme teknolojileriyle takip edilmesi ve elde edilen büyük verinin analizi ile "kestirimci bakım" (ing. predictive maintenance) yaklaşımlarının geliştirilmesinin yakın gelecekte önem kazanacağı değerlendirilmektedir. [16].

7.2.3 İmalat Kompozit Teknolojileri

Yaklaşık son 10 yılda, dünyada kompozit teknolojileri yol haritasını belirlemek için çeşitli çalışmalar yapılmış, tavsiyeler ve öngörüler yayınlanmıştır. Bu çalışmaların bir kısmında farklı kompozit sektörleri arasındaki ilişki güçlendirilmeye çalışılmış, bazılarında ise sektör ister ve amaçlarına uygun imalat yöntemlerinin kıyaslamaları yapılmıştır.
National Composites Network tarafından 2006 yılında yayınlanan raporda kompozit mükemmeliyet kümelerinin/merkezlerinin kurulması teşvik edilmiştir. Kompozit alanında daha fazla mühendisin yetiştirilmesi ve teknik kulvarda kalmalarını sağlayacak kariyer ilerleme imkanlarının sunulması ve kompozit ürünlere farkındalığın artması için gündem yaratacak uygulamaların hayata geçirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Kompozit imalat maliyetlerinin azaltılması ve mamül ömrünün artırılması, otoklav dışı imalat yöntemlerine yönelik yeni malzemelerin geliştirilmesi, kompozit malzemelerin darbe toleransı ve bozulma mekanizmalarının detaylı anlaşılması, teknolojinin ilerletilmesi için stratejik ortaklıkların kurulması ve akademi tarafından az ilgi gören imalat ve süreç konularında ArGe çalışmalarının teşvik edilmesi tavsiyeleri yapılmıştır [17].

Aradan geçen zaman içinde eklemeli imalat gibi yeni teknolojilerin oluşmasına ek olarak, kompozit artıklarının değerlendirilmesi de gündemdeki yerini almaya başlamıştır. Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation tarafından 2016 yılında yürütülen çalışma geri dönüştürülmüş karbon elyafların kıymetli ara ürün ve kompozit üretiminde kullanılması, eklemeli imalat ve hızlı prototipleme uygulamalarında değerlendirilmesi konusuna vurgu yapmış ve ileri kompozit simülasyon tekniklerinin tüm tedarik zincirinin kullanımına açılması, geri dönüşümlü termoplastik basınçlı gaz kaplarının yüksek hızlı imalat teknikleriyle üretilmesi, otomobil kompozitleri için yenilikçi tasarımların ve ölçeklenebilir yüksek hızlı imalat tekniklerinin geliştirilmesi ve rüzgar türbinlerinde ileri termoplastik reçinelerin kullanılması ve pultrüzyon tekniklerinin geliştirilmesi hedefleri belirlenmiştir [18].

Aynı yıl, UK Composites Leadership Forum tarafından yürütülen çalışmada imalat teknolojileri düşük hacim-yüksek performans (askeri hava araçları, İHAlar), yüksek hacim-yüksek performans (motor parçaları, pervaneler, silah sistemleri), yüksek hacim-düşük maliyet (iç aksam) gibi sınıflara bölünmüştür. Sektörler arası teknoloji ve bilgi alışverişine imkan vermesi için imalat kümelenmelerinin kurulması tavsiye edilmektedir. Çalışmada yetişmiş insan gücünün yetersizliği vurgulanmış ve sektörün gelişimi için kimya, havacılık/uzay, otomotiv ve enerji sektörleriyle ortaklıklar kurulması gerektiği belirtilmiştir. Kompozit uygulamalarının diğer sektörlerde yaygın kullanıma erişememesinin en önemli nedeni olarak mevcut yönetmeliklerde açıkça belirtilen malzemeler arasında kompozit uygulamalarının isimlerinin geçmemesi olduğu vurgulanmış ve durumu düzeltici adımların atılması gerekliliği raporlanmıştır [19].

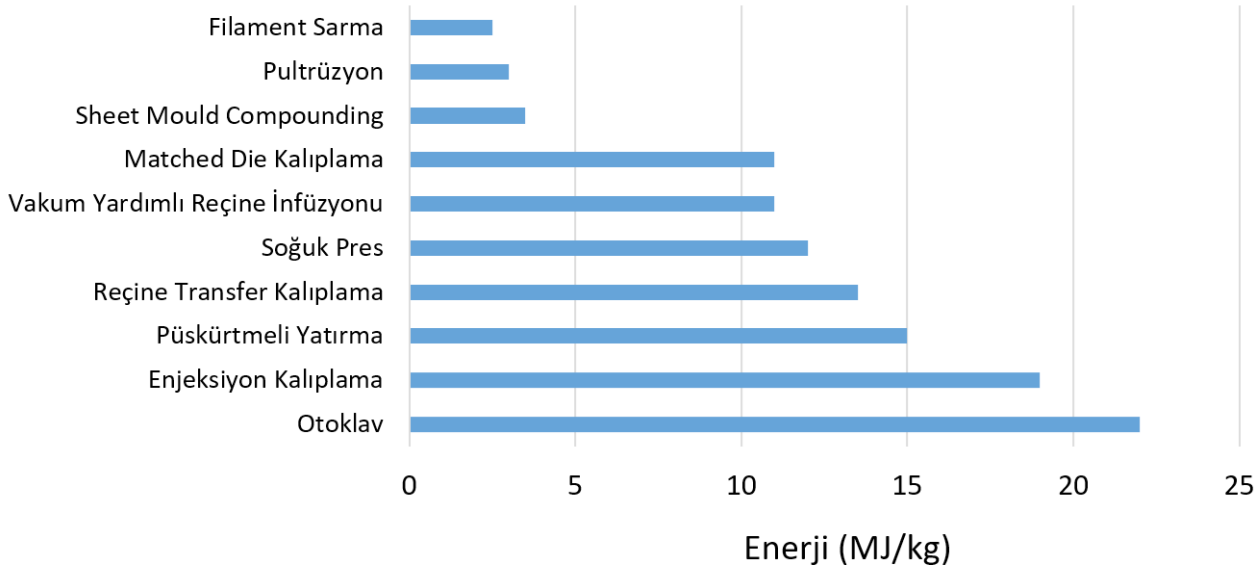
ABD Enerji Bakanlığı tarafından yapılan çalışmada askeri ve ticari uçaklarda kullanılan karbon elyaf ile güçlendirilmiş polimer kompozitlerin teknolojik olarak ilerlemesiyle beraber, RTM ve robot/otomasyon destekli imalat yöntemleri, tahribatsız muayene yöntemleri ve sertifikasyon süreçlerinin ön plana çıktığı belirtilmiştir. Elyaf ile güçlendirilmiş polimer kompozitlerin potansiyel temiz enerji uygulamaları arasında elektrikli araçlar, hafif askeri araçlar, rüzgar türbinleri, basınçlı gaz kapları belirtilmiştir. En önemli 5 Ar-Ge konusu olarak yüksek hızlı, düşük maliyetli ve enerji etkin imalat yöntemlerinin, geri dönüşüm teknolojisinin ve yenilikçi tasarım kavramlarının geliştirilmesi öngörülmüştür. Çalışmada kompozit imalat teknolojileri, yarı-işlenmiş imalat, açık ve kapalı şekillendirme olarak 3 grupta incelenmiştir. Bu teknolojiler, termosetler için yoğun olarak kullanılmakta ve termoplastikler için henüz çoğunlukla deneysel aşamadadır [20].

Tablo 7.5 içerisinde kompozit imalat süreçlerinde yaygın olarak kullanılan imalat teknolojileri ve kıyaslaması sunulmuştur. Her uygulamanın sahip olduğu avantaj ve dezavantajlar nedeniyle, imalat yöntemine karar verirken parçanın büyüklüğü, karmaşıklığı, mekanik dayanımı, üretim adetleri ve katma değeri gibi konuların değerlendirilmesi ve sektör ihtiyaçlarının iyi analiz edilmesi önem taşımaktadır.

Tablo 7.5 - Yaygın Olarak Kullanılan İmalat Yöntemleri ve Özelliklerinin Kıyaslanması

İmalat Yöntemi	**Avantajları**	**Dezavantajları**
Pre-preg (Otoklav)	Reçine / elyaf oran kontrolü iyi bir yöntemdir.	Büyük ve karmaşık parçalar için işçilik maliyeti fazladır.
Preforming (Ön kalıplama)	Karmaşık şekiller iyi kalıplanabilir ve tıraşlama gerektirmez.	Sadece büyük ve karmaşık şekiller için maliyet etkin olabilir; elyaf hasır (fiber mat) kullanıldığında fazla miktarda artık oluşur.
RTM	Kalınlık kontrolü, iç ve dış yüzeylerde düşük pürüzlülük sağlanır. Vakum destekli süreçte daha karmaşık parçalar üretilebilir.	Düşük viskoziteli reçine gerekir, vakum desteği olmadan boşluklar oluşabilir. Düşük üretim hacimleri için kurulum maliyeti yüksektir.
Sıvı Basınçlı Kalıplama (ing. Liquid Compression Molding)	Elyaf oranı yüksek kompozitler için tercih edilen seri imalat yöntemidir.	Düşük üretim hacimleri için kurulum maliyeti yüksektir.
SMC	Ancak, yıllık 10-80 binlik üretim seviyesi için maliyet etkindir.	Ürünler olabilecek en düşük ağırlığın üzerinde bir ağırlığa sahiptir.
RIM	Düşük kalıp maliyetine sahiptir.	Kontrolü zor bir prosestir.
BMC	Düşük maliyetli temel malzemelerle yapılabilir.	Düşük miktarda ve rastgele yönelmiş elyaf içeriğine, düşük yapısal kaliteye, kötü yüzey kalitesine sahiptir.
ECM	Tamamıyla otomatik süreçte elyaf miktarı ağırlıkça %60'a kadar farklı polimer ve elyaflar kullanılabilir.	Boya veya benzeri uygulama olmadan son yüzey hazırlanamaz.
SRIM (ing.Structural Reaction Injection Molding)	Düşük takım maliyeti ve güzel yüzey pürüzlülüğüne sahiptir.	Özellikle düşük vizkoziteli reçineler ve uzun kürlenme süreleri olduğunda kontrol edilmesi zor bir süreç olabilir.
Termoplastik	Kolayca geri dönüşümü yapılabilen ve hızlı birleştirilebilen parçalara sahiptir.	Yüksek vizkozite nedeniyle yüksek sıcaklığa sahip (200–400 °C) ekipman kullanmayı gerektirir.

Yöntem değerlendirmesi yapılırken dikkate alınması gereken en önemli etkenlerin başında enerji harcaması gelmektedir. Şekil 7.8'de sunulan enerji maliyeti kıyaslamasında en pahalı yöntemler otoklav, enjeksiyon kalıplama, püskürtmeli yatırma ve reçine Geçişli kalıplama olarak sıralanmıştır. Otoklav dışı yöntemlere yapılan Ar-Ge yatırımlarındaki motivasyon kısmen maliyetin düşürülmesine bağlanmaktadır.



Şekil 7.8 - Kompozit İmalat Yöntemlerinin Kütle Başına Enerji Maliyeti

Günümüzde, kompozit imalat teknolojilerine yön veren iki önemli unsur bulunmaktadır. Bunlardan birincisi malzeme teknolojilerindeki gelişmeler olup, son yıllarda termoplastik malzeme ve bunların otoklav dışı kürlenme süreçlerine yapılan yatırımların artarak devam etmesinin başlıca nedenidir. İkinci unsur ise farklı sektörlerden transfer edilen 3 boyutlu dokuma teknolojileri, yeni gelişen 3 boyutlu imalat teknolojileri veya imalat süreçlerini kolaylaştıran ve maliyeti düşüren yenilikçi birleştirme teknolojileri gibi süreç geliştirme faaliyetlerinden beslenmektedir. Bu nedenlerle, kompozit teknolojileri konusunda atılacak adımlar malzeme geliştirme ve dışa bağımlılığı azaltma ile sınırlı kalmayıp, güçlü olduğumuz sektörlerdeki tecrübenin ve yetişmiş insan gücünün kompozit sektörüne aktarılması ve yeni teknolojilere uyarlanması konusunda yaratıcı çözümler sunması da gerekmektedir.

Hafifleyen platformların balistik ve iz düşürücü özelliklerini halen taşıyabilmesi için, yapısal eleman olarak kullanılan kompozitlerin aynı zamanda fonksiyonel olarak tasarlanması ve imal edilmesi zorunlu bir hal almıştır.

7.2.4 Test ve Tahribatsız Muayene Teknolojileri

Havacılık, savunma, kara taşımacılığı ve çevresel açıdan sürdürülebilir enerji sistemleri için kompozit yapılara olan talep arttıkça, kompozit malzemeler, bileşenler ve yapılar için test gereklilikleri de ortaya çıkmaktadır.

Yapısal uygulamalarda kullanılan anizotropik ve homojen olmayan kompozit malzemelerin özelliklerinin karakterizasyonu için çeşitli testlerin icrası gerekmektedir.

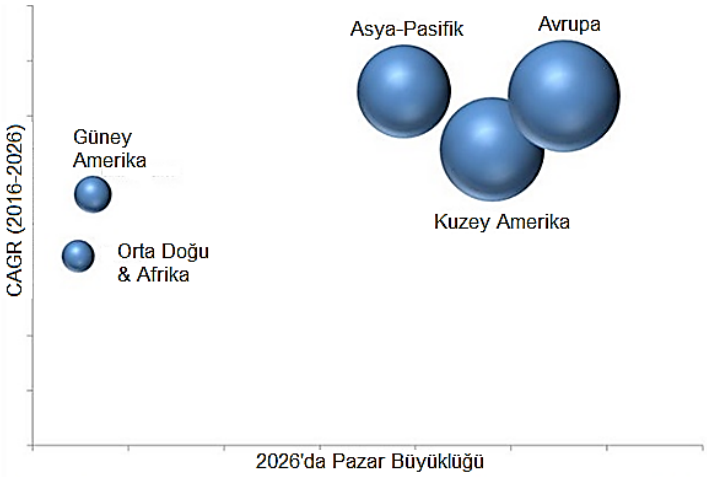
Kompozit test standartları belli başlı uluslararası ASTM, ISO, CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi) tarafından sağlanan standartlardır. Airbus ve Boeing gibi önde gelen havacılık şirketleri BSS ve AITM kodları ile kendi hazırladıkları test standartlarını kullanmaktadır. Bu standartların yanı sıra SACMA (İleri Kompozit Malzeme Birliği Tedarikçileri), CRAG (Kompozit Araştırmaları Danışma Grubu) ve AECMA (Avrupa Malzeme Üreticileri Birliği) tarafından yayınlananlar da dahil olmak üzere, halen kullanılmakta olan standartlar vardır.

Kompozit malzemenin ömrü boyunca maruz kalacağı sıcaklık, nem ve sıvılar tespit edilerek malzeme kalifikasyonu sırasında bu koşullarda test edilmeleri sağlanır ve analizler sırasında en kötü koşullar altında hesaplanmış malzeme müsaade edilir değerleri kullanılır. Test öncesinde kuponlar standartlara uygun şekilde iklimlendirme kabinlerinde belli bir doygunluğa ulaşıncaya kadar bekletilerek veya aşındırıcı sıvılara (yakıt, hidrolik sıvılar, vb.) maruz bırakılarak tespit edilmiş ortam sıcaklığında test edilir. Bu nedenle malzeme kalifikasyonları oldukça uzun zaman almaktadır.

Kompozit test pazarı 2015 yılında 1,47 Milyar ABD Doları olarak değerlenmiş olup 2026'da % 6,95'lik bir ortalama yıllık artış ile bu pazarın 3,06 Milyar ABD Dolarına ulaşması öngörülmektedir. Kompozit malzemeler, güvenlik ve dayanıklılığı sağlamak için sıkı test standartlarına ve üreticilerin özel test standartlarına uymak zorundadır. Bu unsurlar, küresel kompozit test pazarının büyümesinden sorumlu kilit faktörlerdir.

Küresel kompozit test pazarı, tahribatlı ve tahribatsız test metotları olmak üzere iki başlığa ayrılmıştır. Önümüzdeki yıllarda tahribatlı test pazarının, tahribatsız test pazarına göre daha hızlı bir şekilde büyüyeceği tahmin edilmektedir. Tahribatsız test pazarının, tahribatlı test pazarına göre belirtilen dönem içerisinde daha fazla pazar payına sahip olacağı öngörülmektedir. Kompozit malzeme testlerinin sonuçları hava araçlarının güvenilirliğini ve performansını doğrudan etkilediğinden, testlerin belirli standartlar doğrultusunda ve kalitede yapılması çok büyük önem arz etmektedir.

Avrupa'nın, belirtilen süre zarfında küresel kompozit test pazarında en büyük paya sahip olması beklenmektedir (Şekil 7.9). Düşük faiz oranları, sivil hava araçlarında talep artışı, yerleşik oyuncuların varlığı bu duruma neden olan faktörler arasındadır. Ayrıca yakıt tasarrufunun sağlanması ve CO2/NOx emsiyonlarının azaltılmasını teşvik eden UNEP (Birleşmiş Milletler Çevre Programı) gibi politikalar hafif malzemelerin kullanımına neden olmakta bu da piyasanın büyümesine neden olmaktadır.



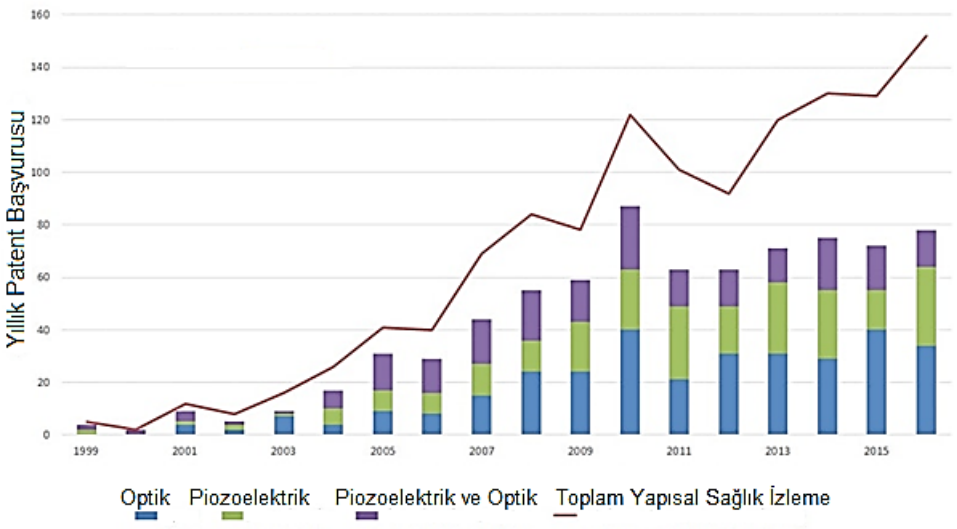
Şekil 7.9 - Küresel Kompozit Test Pazarının 2016-2026 Yılları Arasındaki Pazar Büyüklüğünün Bölgelere Göre Tahminleri

Kuzey Amerika kompozit test pazarındaki en büyük paya sahip olup büyük ve küçük ölçekli OEM firmaları, kademeli oyuncular ve test servis sağlayıcılarının varlığı ile havacılık ve savunma endüstrisinin merkezi konumundadır. Kuzey Amerika'da, rüzgâr enerjisi, ulaştırma, inşaat ve denizcilik gibi diğer endüstrilerin de test talepleri artmaktadır.

Asya-Pasifik'in öngörülen dönemde Çin ve Hindistan'ın yönlendirmesi ile küresel kompozit test pazarı alanında en yüksek büyümelerden birine tanık olacağı tahmin edilmektedir. COMAC C919, ARJ21 ve Mitsubishi MRJ gibi yerli ticari, bölgesel ve askeri hava taşıtlarının geliştirilmesi, Çin'de A320 gibi büyük ticari uçakların montaj tesislerinin kurulması, en yüksek rüzgâr türbini altyapısının oluşturulması ve kompozitlerin nüfuzunun ulaştırma sektöründe artması, bölgenin en önemli büyüme itici güçlerinden bazılarıdır.

Exova Group (İngiltere), Intertek Group (İngiltere), Mistras Group (ABD), Element Malzeme Teknolojisi (ABD), Westmoreland Mekanik Test ve Araştırma (ABD), Matrix Composite (İngiltere), Instron (İngiltere), ETIM Kompozit Test Laboratuvarı (Fransa), Henkel AG & CO (Almanya), gibi şirketler küresel kompozit test pazarında lider pazar oyuncularıdır. Küresel pazardaki paylarını artırmak için anlaşmalar ve ortaklıklar, yatırımlar ve genişlemeler ve satın almalar gibi çeşitli büyüme stratejileri benimsemektedirler.

Delaminasyon, çatlak veya diğer mekanik yorgunluk belirtilerinin kompozit parçalarda tespit edilmesi için kullanılan gömülü sensörler parçada gerçek zamanlı yapısal sağlık izleme sağlayabilir. Yapısal sağlık izleme alanında, çeşitli fiber optik sensörler (FOS), piezoelektrik sensörler ve daha fazlasını içeren çok sayıda rekabetçi teknoloji bulunmaktadır. Şekil 7.10' da kompozitlerin yapısal sağlıklarını izlemek için kullanılan çeşitli metotlar ve sensörler yer almaktadır. Ayrıca bu alanda başvurusu yapılmış olan patent sayısı önemli bir artış göstermektedir.



Şekil 7.10 - Yapısal sağlık izleme alanı ile ilgili
patent başvurularının yıllara göre dağılımı

Fiber optikler, malzemenin içine gömülerek işleme ve servis sırasında çeşitli parametreleri algılamak için kullanılmaktadır. Yapılan ölçümlerden daha sonra kompozitin kalitesini değerlendirmek ve kalan faydalı ömrü tahmin etmek için faydalanılmaktadır. Yüzeye bağlı piezoelektrik transdüserlerin ağları, gerçek zamanlı olarak kusurları tespit etmek ve bulmak için kullanılmakta olup düzenli olarak planlanan inceleme ihtiyacını azaltmaktadır. Kompozit malzemelerin tahribatsız muayene yöntemlerinin ülkemizdeki uygulamalarda verimli bir şekilde kullanılması ve bu tarzdaki test metodlarının yaygınlaşması için piezoelektrik sensör ve fiber optik sensörler hakkındaki akademik ve endüstriyel bilgi birikimi büyük önem arz etmektedir.

8) KOMPOZİT TEKNOLOJİLERİ ÖNCELİKLENDİRME ANALİZİ

Bölüm 5.3'te detayları verilen AHP uygulanarak çoklu uzman görüşü ile yapılan değerlendirme sonucunda belirlenen aşağıdaki kriterler, teknoloji konularının öne çıkmasında etkili olmuştur:

A. Kritiklik:
- Ulusal güvenliğimize doğrudan etkisi bulunan, milli olarak kazanılması zorunlu bir teknolojidir.
- Kısıtlayıcı düzenlemelere tabi olan teknolojidir.

B. Dünyadaki Durum
- Ömür devrinin başında olan, gelişmiş ülkelerin üzerinde çalıştığı, mevcut ticari ürünlerin olduğu teknolojidir.

C. İnsan Kaynağı
- Yetişmiş insan gücü yetersizdir.

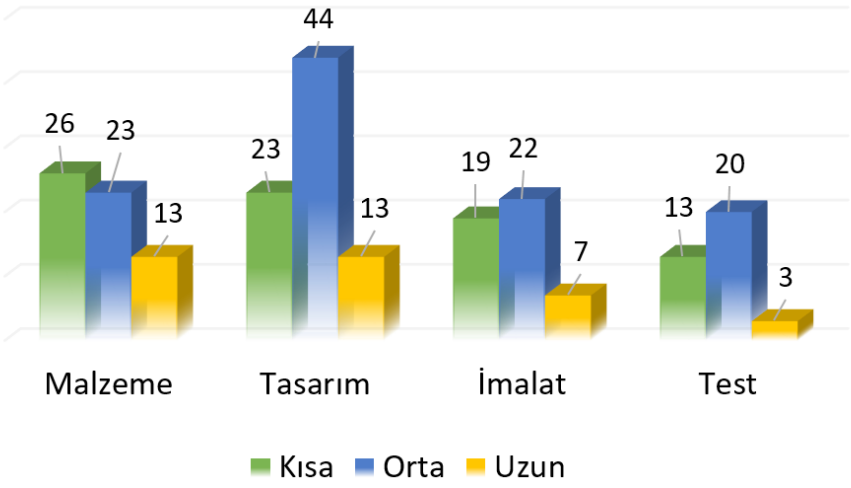
D. Altyapı
- Değerlendirilen teknoloji kapsamındaki alt teknolojiler ve laboratuvar, araştırma merkezi gibi altyapılar mevcuttur.

E. Çift Kullanım
- Teknolojinin çift amaçlı olarak kullanım imkânı vardır.

F. Tedarik Projelerine Uygulama
- Tedarik projelerinde kullanılacaktır.

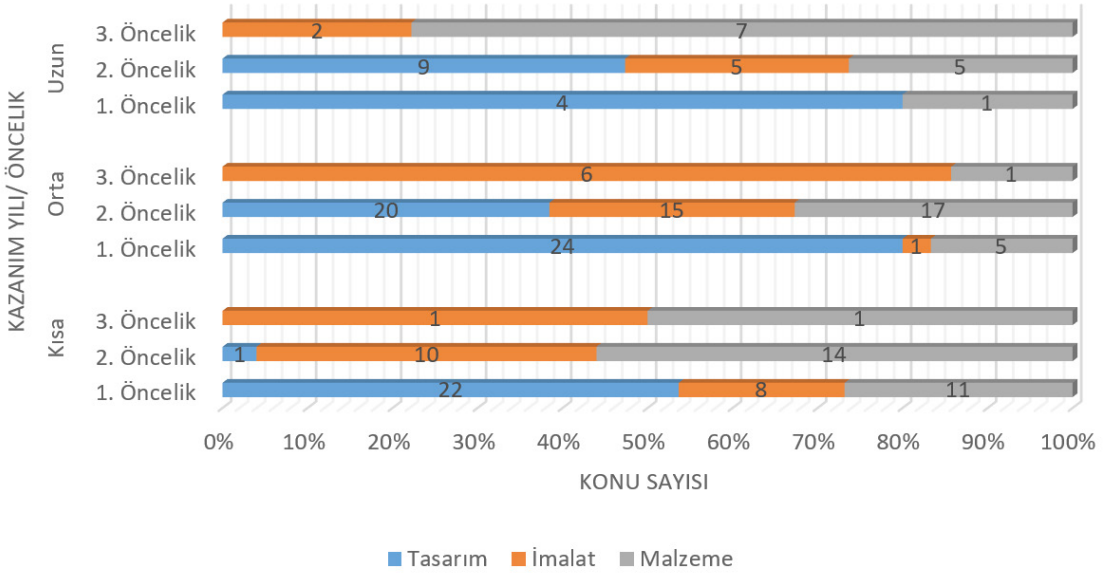
Yapılan önceliklendirme çalışmaları sonucunda kazanım yılı bazında elde edilen genel dağılım Şekil 8.1'de verilmiştir. Teknoloji konularının kazanım yılı hedefleri üç kategoride ele alınmış olup bunlar aşağıda listelenmiştir;

- Kısa: 1-5 Yıl
- Orta: 5-10 Yıl
- Uzun: 10+ Yıl



Şekil 8.1 - KTYH Teknoloji Konularının Kazanım Yılı Bazında Dağılımı

Önceliklendirme faaliyetlerinin ardından bölüm 5.3.2.4 içerisinde detayları verilen metodoloji ile yapılan sınıflandırma çalışmaları sonucunda elde edilen genel dağılım Şekil 8.2 içerisinde verilmiştir. Test ve Tahribatsız Muayene konularında "Tedarik Projelerine Uygulama" kriteri uygulanabilir olmadığı için bu teknoloji alanı için sınıflandırma yapılmamıştır.



Şekil 8.2 - KTYH Teknoloji Konuları Sınıflandırma Dağılımı

Kısa vadede kazanılması hedeflenen 1. öncelikli teknoloji konularına bu bölümde yer verilmiş olup, teknoloji konularının detaylı önceliklendirme listesi Ek-2 içerisinde sunulmuştur.

8.1 MALZEME

Değerlendirme sonucunda kısa vadede kazanılması gereken 1. Öncelikli Malzeme teknoloji konuları Tablo 8.1 içerisinde verilmiştir.
"Ulusal güvenliğimize doğrudan etkisi bulunan, milli olarak kazanılması zorunlu bir teknolojidir" olarak değerlendirilen "İz Düşürücü Kompozit Malzeme Teknolojileri" alt başlığı altındaki teknolojiler bu değerlendirmeye göre öncelikli kazanılması gereken konular olarak tespit edilmiştir.

AHP analizinde "Kısıtlayıcı düzenlemelere tabi olan teknolojidir" kriterinin önceliklendirmedeki etkisi nedeniyle, aşağıdaki alt konu başlığında bulunan teknolojiler 1. Öncelikli konular arasında yer almıştır:

- Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi
- Termoset Malzeme Teknolojileri

"İnsan Gücü Yetersizdir" değerlendirmesi, "ATL/AFP Teknolojisi için Yüksek Performanslı Dar Şerit ve Towpreg", "Otaklav Dışı Üretim Teknikleri için Reçine" gibi teknoloji konularının 1. Öncelikli konular arasında yer almasına neden olmuştur.
Tablo 8.1 içerisinde bulunan İz Düşürücü Kompozit Malzeme ve Elyaf Tasarım ve Üretim (orta modül) Teknolojileri başta Milli Muharip Uçak olmak üzere savunma sanayii projeleri için kritik teknolojiler arasında yer almaktadır. Yurtdışından tedarik edilmesi mümkün olmayan bu teknolojilerin kazanılması elzem görünmektedir.

"120 °C kür epoksi reçine" ve "120 °C kür epoksi reçineli prepreg" geliştirilmesi konuları bu malzemelerin Özgün Helikopter (GÖKBEY) gibi savunma sanayii platformlarında kullanılacak olmaları bakımından önem arz etmektedir. "Yüksek Modül/Mukavemet Cam Elyaf" geliştirilmesi konusu benzer şekilde kritik olup, bu teknolojinin orta vadede (5-10 yıl) kazanılmasının önemli olduğu değerlendirilmiştir.

Termoplastik malzeme teknolojileri, tüm dünyada başta otomotiv ve havacılık sektörü olmak üzere tüm sektörlerde hızla yükselen bir trende sahiptir. Havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılan PEEK ve PPS matrisli malzemelerin yerli imkânlar ile geliştirilmesi ve seri olarak üretilmesi ülkemizin rekabetçi gücünü arttıracaktır.

Tablo 8.1 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl)
Kazanılması Gereken 1. Öncelikli Malzeme Teknoloji Konuları

Alt Konu Başlığı	**Teknoloji Konusu**
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Teknolojileri	Seramik Matrisli Malzemeler
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Yüksek Modül Karbon Elyaf
	Orta Modül Karbon Elyaf
İz Düşürücü Kompozit Malzeme Teknolojileri	Radar Soğurucu Kompozit Yapılar
	Kızılötesi Düşük Görünür Malzemeler
	Radar Soğurucu Kaplamalar
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	PEEK Prepreg
Termoset Malzeme Teknolojileri	ATL/AFP Teknolojisi için Yüksek Performanslı Dar Şerit ve Towpreg
	Epoksi Reçine (120 °C kür)
	Epoksi Reçineli Prepreg (120 °C kür)
	Otaklav Dışı Üretim Teknikleri için Reçine (180 °C Kür)

Malzeme teknolojileri konusunda genel bir değerlendirme yapılacak olursa; ülkemiz savunma sanayiinde kompozit malzemelerin kullanım hacminin sınırlı olduğu görülmektedir. Geliştirilecek malzemelerin savunma, havacılık ve uzay standartlarına uygun olarak kalifiye edilmesi halinde bu malzemelerin yurt dışı pazarında da satışı mümkün olacak; böylece geliştirilen teknolojiler maliyet etkin hale gelecektir. Bu bakımdan, altyapının buna göre kurulması; gerekli tüm kalifikasyonların sağlanarak, sağlam temeller ile ilerlenmesi büyük önem arz etmektedir.

8.2 TASARIM VE ANALİZ

Değerlendirme sonucunda kısa vadede kazanılması gereken 1. Öncelikli Tasarım ve Analiz konuları Tablo 8.2'de verilmiştir.

"Ulusal güvenliğimize doğrudan etkisi bulunan, milli olarak kazanılması zorunlu bir teknolojidir." olarak değerlendirilen;

- Balistik koruma amaçlı kompozit yapıların tasarım ve analizi ile
- İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi

bu değerlendirmeye göre öncelikli kazanılması gereken konular olarak öne çıkmıştır.
"İnsan Gücü Yetersizdir" değerlendirmesi, "Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)" Alt Konu Başlığında bulunan Teknoloji Konularının 1. Öncelikli konular arasında yer almasına neden olmuştur.
Teknoloji Konuları bakımından değerlendirildiğinde ise kısa vadede 1. Öncelikli kazanılması gereken teknolojiler aşağıda listelenmiştir:

- Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
- Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
- Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
- Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
- Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları

Tabakalı termoset kompozitlerde tasarım ve analiz konuları ile birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi; ülkemizde THS göz önünde bulundurulduğunda, gerek malzeme açısından, gerekse tasarım ve analiz ile test ve tahribatsız muayene açısından, diğer teknoloji konularına göre daha olgun bir seviyede olduğundan, bu teknoloji konularının kısa sürede istenilen seviyeye ulaştırılabileceği değerlendirilmektedir. Bu konulara öncelik verilmesi durumunda kazanılacak kabiliyetler diğer teknoloji konularının kazanılmasına da katkı sağlayacaktır.

Eklemeli imalat konusu, tüm dünyanın üzerinde yoğun olarak çalıştığı bir diğer önemli konudur. Yurtdışında yürütülen faaliyetler incelendiğinde bu konuya büyük yatırımlar yapılmakla beraber çalışmaların başlangıç seviyesinde olduğu gözlemlenmekte ve bu açıdan Türkiye için önemli bir fırsat penceresi olabileceği değerlendirilmektedir. OÇG'de yapılan çalışmalar sonucunda bu teknolojiler orta vadede kazanılması gereken 1. Öncelikli konular arasında yer almıştır.

Tabakalı termoplastik kompozitlerde tasarım ve analiz konuları, başta havacılık olmak üzere diğer tüm sektörlerde yine öne çıkan konular arasındadır. Özellikle havacılık penceresinden bakıldığında, ülkemizde termoplastik tasarım ve analiz metot ve araçları ile imalat teknolojilerinin dünyanın gerisinde olduğu görülmektedir. Hızla gelişen teknolojilerin kısa sürede yakalanması hatta bir adım öne geçilmesi ülkemizin rekabet gücünü önemli ölçüde arttıracaktır.

Tablo 8.2 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken 1. Öncelikli Tasarım ve Analiz Teknoloji Konuları

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları
	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) / Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar
	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları

8.3 İMALAT

Değerlendirme sonucunda kısa vadede kazanılması gereken 1. Öncelikli İmalat teknoloji konuları Tablo 8.3 içerisinde verilmiştir.

Ulusal güvenliğimize doğrudan etkisi bulunan, milli olarak kazanılması zorunlu bir teknoloji olarak değerlendirilen;

- İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri
- Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri

Alt Konu Başlığı altındaki teknolojiler bu değerlendirmeye göre Malzeme ile Tasarım ve Analiz gruplarında olduğu gibi öncelikli kazanılması gereken konular olarak tespit edilmiştir.

Ayrıca, dünyada hızla yükselen trende sahip olan termoplastik malzemeler için "Thermoforming (pres-forming)" teknolojisi ve bu imalat teknolojisine yönelik "Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri"nin geliştirilmesi ön plana çıkmıştır.

OÇG çalışmalarında, "Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri" konusu 2. Öncelikli konular arasında yer almış olup bu teknolojilerin kısa vadede kazanılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Tablo 8.3 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken 1. Öncelikli İmalat Teknoloji Konuları

Alt Konu Başlığı	**Teknoloji Konusu**
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri	Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı
	Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Şekillendirme/İşleme
	Patlamaya karşı Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Desenli Kompozit İmalatı
	Çok katmanlı Kompozit İmalatı
	Tanecikli / Katkılı Kompozit İmalatı
Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Termoplastik malzemeler ile imalat teknolojilerine yönelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Thermoforming (pres-forming)

8.4 TEST VE TAHRİBATSIZ MUAYENE

Değerlendirme sonucunda kısa vadede kazanılması gereken Test ve Tahribatsız Muayene teknoloji konuları Tablo 8.4 içerisinde verilmiştir.

Tablo 8.4 - AHP Analizine göre Kısa Vadede (1-5 Yıl) Kazanılması Gereken Test ve Tahribatsız Muayene Teknoloji Konuları

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu
Çevresel Testler	Elektromanyetik Tehditler (Yıldırımın Dolaylı Etkileri, Elektrostatik Boşalma, Harici Bileşenlere Yıldırımın Doğrudan Etkileri)
	Yanma Testleri
	MIL STD 810 Testleri / DO 160 G
Çok Ölçekli Testler	Boyut ve Zaman Ölçeğinde Yapılacak Tüm Testler (Nano, Mikro Ölçüm Kabiliyetleri)
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Dâhili ve Harici Balistik Testleri
	Kaza – Kırım / Güvenilirlik Testleri
	Yabancı Cisim Çarpması Testleri
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Bilgisayarlı Tomografi
	Optik ve Görüntü İşleme
	THz
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Test Fikstürleri ve Aksesuarı
	Yüksek Doğruluk ve Hassasiyette Veri Toplama ve Kayıt Sistemleri
Yapısal Sağlık İzleme Yöntemleri	Fiber Sensörler

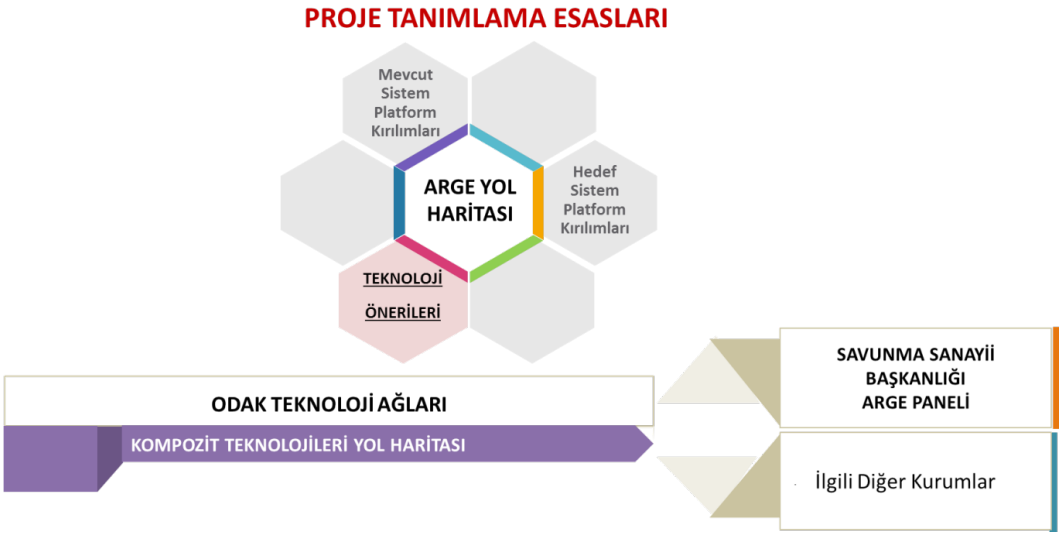
9) KAZANIM PLANI ÇALIŞMALARI

9.1 SSB AR-GE PROJELENDİRME YÖNTEMİ

Temel ve ileri teknolojilerin milli imkânlarla kazanılmasının sağlanması amacıyla mevcut/planlı sistem ve/veya platform projelerinin ihtiyaç duyduğu teknolojik altyapının Ar-Ge Projeleri Yol Haritası kapsamında gerçekleştirilmesi ve Ar-Ge projelerinin tanımlanarak başlatılması SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı tarafından yürütülmektedir.

Bahse konu projeler Ar-Ge Projeleri Yol Haritası kapsamında planlanmakta ve yürütülmektedir. Ar-Ge Projeleri Yol Haritası; Mevcut sistem/Platform projeleri ile OYTEP'te planlı hedef sistem/platform kırılımları kaspamında veya teknolojik açıdan kritiklik oluşturan ve kazanılması gereken bileşen /teknolojilerin belirlenmesine yönelik çalışmalar ilgili Daire /Grup Başkanlıkları ile koordine edilerek planlanmaktadır.

İhtiyaç halinde, çalışmalar esnasında belirlenen konulara ilişkin, ilgili sanayi, üniversite, TSK ve kamu kuruluşlarının görüşlerini almak üzere ilgili Daire/Grup Başkanlıkları ile birlikte Odak Teknoloji Ağı (OTAĞ) çalışma grupları oluşturulmaktadır. Ar-Ge ve Teknoloji Yönetimi Daire Başkanlığı kapsamında gerçekleştirilen Yol Haritası çalışmaları OTAĞ'lara girdi yapmakta ve SSB Ar-Ge Paneli onayı ile projelendirilmektedir. Bu teknolojilerin kazanımı konusunda ilgili kurumlar ile koordine edilerek kaynak planlanması da yapılabilmektedir.



Şekil 9.1 - SSB Ar-Ge ve Teknoloji Yönetini Daire Başkanlığı
Proje Tanımlanma Esasları

9.2 DİĞER FON SAĞLAYICILARIN PROJELENDİRME YÖNTEMİ VE YAKLAŞIMLARI

Türkiye'de yeni kurulacak işletmelerin ve mevcut firmaların yatırımlarında yararlanabilecekleri, farklı kurumlar tarafından sağlanan pek çok teşvik ve destek programı bulunmaktadır.

Temel destek sağlayan kurumlar arasında Kalkınma Ajansları, Ticaret Bakanlığı, Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı (KOSGEB), Türkiye İş Kurumu (İŞKUR), Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK), Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı (TTGV) ve Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı yer almaktadır.

Teşvikler konusunda ana sorumlu Ticaret Bakanlığı'dır. Hibe ve krediler kapsamında TÜBİTAK, İŞKUR, KOSGEB, Kalkınma Ajansları ile Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tüm sektörlere açıktır. Ayrıca Savunma Sanayii Başkanlığı'nın da kendi sektörüne özel "Nitelikli Ürün Kredisi" ve "Endüstriyel Değerlendirme ve Destekleme Projesi (EYDEP)" gibi destek mekanizmaları bulunmaktadır.

Kurumlar tarafından sağlanan destekler Tablo 9.1 içerisinde gösterilmiştir.

Tablo 9.1 - Kurumlar Tarafından Sağlanan Destekler

TEŞVİK / DESTEK ADI	SSB	Ticaret Bakanlığı	Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı	TÜBİTAK	KOSGEB	TTGV	İŞKUR	Kalkınma Ajansları	BOREN
Yatırım Teşviki/ Desteği		✓	✓	✓					✓
KOBİ Destekleri		✓	✓	✓	✓			✓	✓
Yüksek Teknolojili Ürün Destekleri	✓	✓	✓	✓		✓			✓
Kredi Desteği	✓				✓			✓	
Ar-Ge Desteği	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
Genel Destekler		✓			✓			✓	
İstihdam Teşviki/Desteği		✓			✓		✓		
Bina/İnşaat/ Emlak ile İlgili Destekler			✓						
Laboratuvar Hizmetleri Destekleri				✓	✓				
İşbirliği Destekleri		✓	✓	✓	✓				
Uluslararası İşbirliklerine Katılım Destekleri				✓					
Patent Desteği				✓					
Sanayi Katılımı/ Offset	✓								

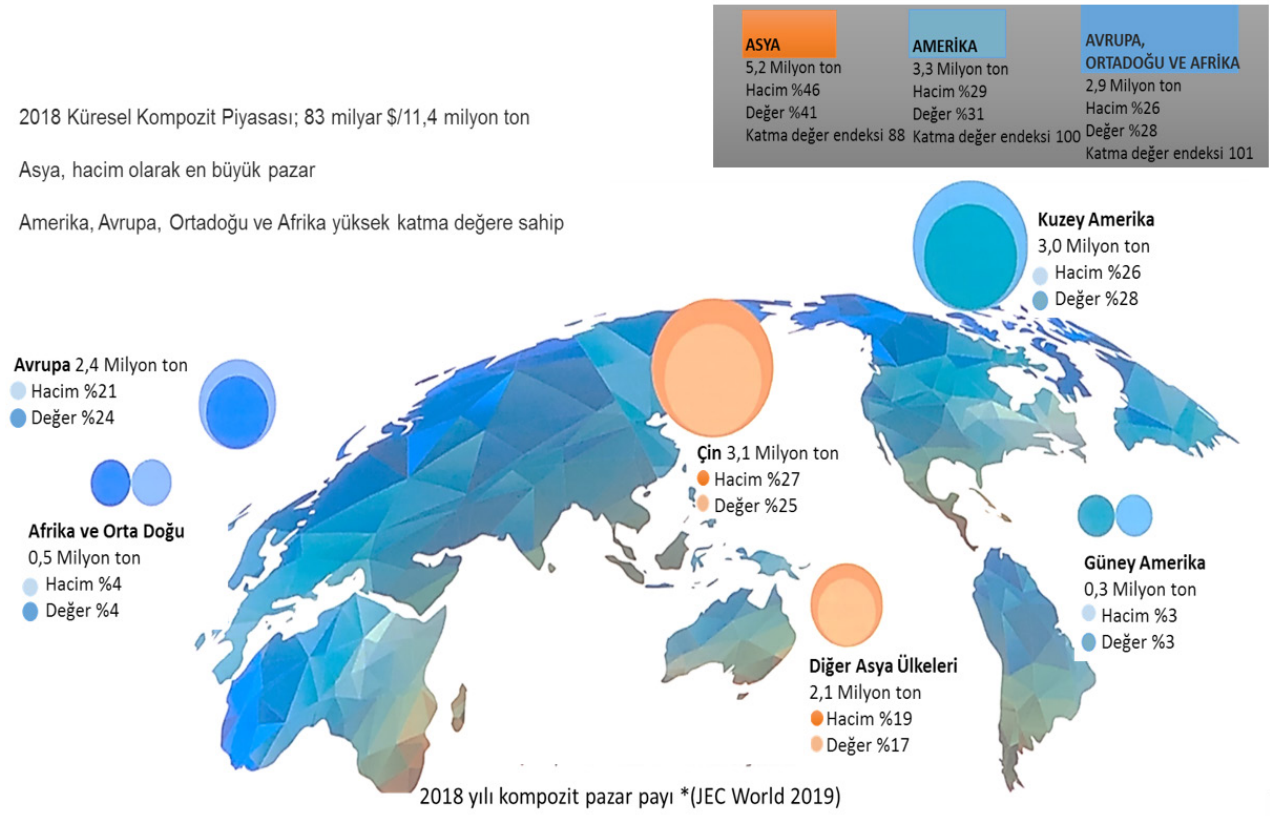
Tablo 9.1'de özetlenen destekler ile ilgili detaylı ve güncel bilgi ilgili kurumların web sitelerinden edinilebilir. [21]

10) DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

10.1 DEĞERLENDİRMELER

10.1.1 Dünya'da Kompozit İmalatı

Dünya'daki kompozit endüstrisinin hacmi 11,4 Milyon Ton (Mt) olup, 83 milyar Dolar değerindedir. Son dönemde Asya, hacimsel olarak en büyük pazara sahip bölge olmuştur. Amerika ve EMEA (Avrupa, Orta Doğu ve Afrika) diğer bölgeler ile karşılaştırdığımızda daha yüksek katma değerli uygulamalara sahip olma konumunu hala korumaktadır (Şekil 10.1, Tablo 10.1)



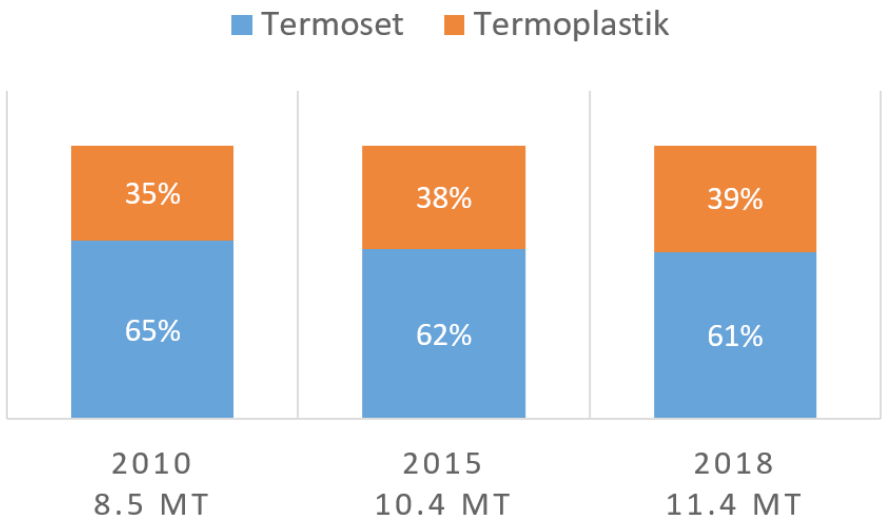
Şekil 10.1 - Dünya Kompozit Pazarı Dağılımı [22]

Tablo 10.1 - Dünya Kompozit Pazarı Dağılımı

Bölge	Toplam Hacim, Milyon Ton (Mt)	%Hacim	%Değer	Katma Değer Endeksi
Asya	5.2	45	41	88
EMEA	2.9	26	28	101
Amerika	3.3	29	31	100

Reçine üretim/tüketim hacim ve değerlerine bakıldığında, 3,5 Mt ile termoset reçineler %61'lik dilimi, 2,5 Mt ile termoplastik reçineler ise %39'luk dilimi oluşturmaktadır.

Termoplastik reçineler 1980'li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlanmış, günümüzde kompozitlerde kullanılan reçinelerin yaklaşık %40'ını teşkil eder duruma gelmiştir. Termoplastikler, moleküllerin konsolidasyon sırasında çapraz bağlanma gerçekleştirmemesi nedeni ile tekrar şekil alabilmekte, hızlı ve esnek imalat teknolojilerine olanak sağlamakta ve kaynaklanabilmektedir. Bu nedenle karmaşık şekilli parçaların üretimine ihtiyaç duyulan otomotiv ve havacılık endüstrilerinde bu reçinelerin kullanımı her geçen gün artmaktadır.



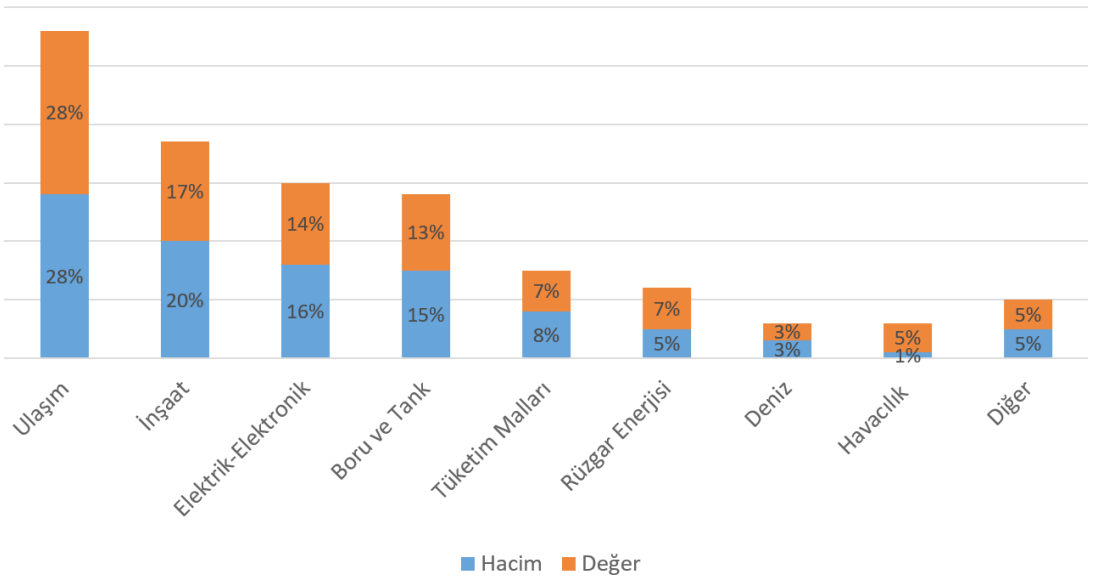
Şekil 10.2 - Termoset ve termoplastik reçinelerin kompozitlerde kullanım oranları [22]

Elyaf üretim/tüketim hacim ve değerleri incelendiğinde, 4,8 Mt ile cam elyaf %87,7'lik dilimi oluştururken; 0,1 Mt ile karbon elyaf %1,2'lik dilimi, 0,6 Mt ile doğal elyaflar %11'lik dilimi, <0,1 Mt ile aramid elyaflar ise %0,1'lik dilimi oluşturmaktadır.

Dünyada uygulanan kompozit imalat yöntemleri incelendiğinde ise sırasıyla aşağıda listelenen imalat yöntemlerinin öne çıktığı görülmektedir.

- Enjeksiyon Kalıplama: %20
- Elle Yatırma: %15
- Püskürtme: %13
- SMC/BMC: %12
- Reçine Emdirilmiş Elyaf Serimi: %11
- Filaman Sargı %10
- Reçine İnfüzyonu: %9
- Profil Çekme: %4
- Termoplastik Kompozit: %3
- Panel: %3

Kompozit kullanımının endüstrilere göre hacim ve değer dağılımı Şekil 10.3'teki gibidir. Havacılık sektöründe %1 kompozit hacmi olmasına rağmen kullanılan malzeme ve proseslerin değerinin yüksek olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 10.3 - Kompozit Kullanımının Endüstrilere Göre Hacim ve Değer Dağılımı

Kompozit sektörünün 2018-2023 yılları arasında yıllık %3 oran ile büyümeye devam edeceği öngörülmektedir. Çin, küresel büyümenin yaklaşık yarısını (%46) teşkil etmesiyle dikkat çekmektedir (Tablo 10.2).

Tablo 10.2 - Hacim Cinsinden 2010-2023 Yılları Arasında Kompozit Sektöründeki Büyüme Oranları *(CAGR: ing. Compound Annual Grow Rate) [22]

	CAGR (10-18)	CAGR (18-23)*	Büyüme Payı (18-23)
Güney Amerika	%7	%4	%3
Afrika ve Orta Doğu	%7	%4	%6
Diğer Asya	%0	%1	%8
Avrupa	%2	%2	%13
Kuzey Amerika	%5	%3	%24
Çin	%8	%5	%46
Toplam	%4	%3	%100

Kompozit piyasasının büyümesini sağlayan başlıca aktörler ulaşım ve inşaat sektörleridir. Rüzgâr enerjisi de öne çıkan sektörlerden biridir. Havacılık sektörü, Avrupa (Fransa, Almanya, İngiltere, İspanya), Amerika ve Çin'deki üretim merkezleri ile dünya çapında büyümeye devam etmektedir. Gerek askeri gerekse sivil hava araçlarında kompozit kullanımı son 30 yılda kayda değer oranda artmıştır.

10.1.2 Türkiye'de Kompozit İmalatı

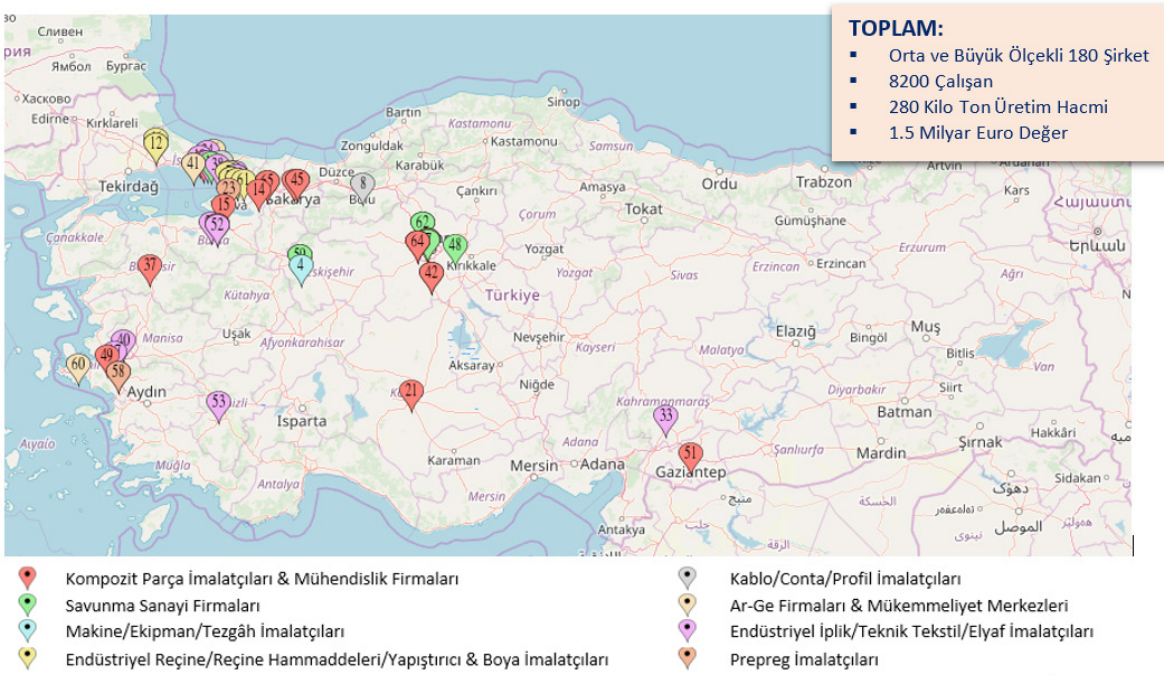
Bugün gelinen noktada Türkiye kompozit malzeme pazarı 1,5 milyar Euro ve 280.000 tonluk bir hacme ulaşmıştır. Türkiye kompozit sektörü orta ve büyük ölçekli 180 şirket, kısmen kompozit işi yapan 700-800 şirket, yaklaşık 8200 çalışanı ile katma değeri yüksek ürünler üreten bir sektör konumundadır. Geçtiğimiz yıllarda dönemin ekonomik durumuna bağlı olarak Türkiye'de 8%-12% arası bir büyüme görülmüştür. 2017 yılında gerçekleşen büyüme ise %6 olmuştur.

Dünya'da bir "Gelişmişlik Kriteri" olarak kabul edilen kişi başına düşen kompozit tüketim miktarlarına bakıldığında, ülkemizin önünde önemli fırsatların ve olanakların olduğu ortaya çıkmaktadır. Dünya'da 4-10 kg arasında bir dağılım izleyen bu miktar ülkemizde 3,5 kg düzeyindedir. Dünyada 6,9 €/kg olan ortalama fiyat seviyesi ise ülkemizde 5,3 €/kg düzeyindedir. Gerek kişi başı tüketim miktarı, gerekse de Türkiye'deki ortalama fiyat ülkemiz için önümüzdeki dönemde avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Hacimsel olarak değerlendirildiğinde, ülkemizde kompozit ürünler en çok boru-tank-altyapı (%35), taşımacılık-otomotiv (%25) ve yapı-inşaat (%20) sektörlerinde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. İleri teknolojili ürünlerin ülkemizde üretilmesinin hızlanması ile birlikte, özellikle rüzgâr enerjisi, uzay ve havacılık ile elektrik ve elektronik sektörlerinde daha fazla miktar ve oranda kompozit malzeme kullanımının gerçekleşmesi beklenmektedir.

Türkiye'de Kompozit sektöründe yer alan başlıca firmalar Şekil 10.4 içerisinde gösterilmiş, ayrıca
Tablo 10.3'te listelenmiştir. Firmaların bölgelere göre dağılımına bakıldığında, Savunma Sanayi firmalarının Ankara'da yoğunlaştığı, kompozit parça imalatçılarının ülke genelinde yaygınlaşmakta olduğu, endüstriyel reçine, reçine hammaddesi, boya, teknik tekstil ve elyaf üreticilerinin ise İstanbul ve çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bursa, İzmir, Denizli ve Kahramanmaraş teknik tekstil ve elyaf üreticilerinin faaliyet gösterdiği şehirler arasında yer almaktadır. Bu firmaların çok büyük bir kısmı otomotiv, denizcilik, rüzgâr enerjisi, inşaat ve diğer sektörlere yönelik malzeme üretimi gerçekleştirmekte olup, savunma, havacılık ve uzay sektörlerine yönelik üretim yok denecek kadar azdır. Diğer taraftan makine, ekipman ve tezgah üreticilerinin de nispeten az sayıda olduğu gözlenmektedir. [23]

Kompozit teknolojileri alanında bir diğer önemli adım TUSAŞ tarafından atılmış olup, sabit ve döner kanatlı hava araçlarının yapısal parçalarının üretileceği, 95 bin metrekare kapalı alanda 181 milyon dolar yatırımla yeni bir tesis hayata geçirilecektir. Bu tesiste, Endüstri 4.0 teknolojik üretimin yanında yeni ürün tasarımları ve geliştirmeleri de yapılacaktır. Kompozit tipine göre, özelleşmiş robotik ekipmanlar ile hassas ve hatasız üretim yapılacak olan tesiste ekipmanlar birbiriyle sürekli iletişim halinde olacaktır. Tesiste üretim süreci ve verimlilik, sensörler ve iletişim sistemleriyle anlık olarak kontrol edilebilecektir. Gelişmiş kesim ve ölçüm sistemleri kullanılacak olan tesiste üretilen parçalar ultrasonik ve x-ray sistemli tahribatsız muayene yöntemleriyle kalite kontrol süreçlerinden geçirilecek ve montajları yapılacaktır. Tüm parçalar yapay zekâyla otonom olarak çalışacak boyahanelerde el değmeden boyanıp sevkiyata hazır hâle getirilecektir.



Şekil 10.4 - Türkiye'de Kompozit Sektöründe Faaliyet Gösteren Başlıca Firmalar ve Bölgelere Göre Dağılımı

Tablo 10.3 - Türkiye'de Kompozit Sektöründe Faaliyet Gösteren Başlıca Firmalar

No	Firma/Kurum	Konum	Faaliyet Alanı
1	Acme Kompozit	Ankara	Kompozit İmalatı & Mühendislik/ Endüstriyel, Mimari, Denizcilik, Yenilenebilir Enerji
2	Ağteks Ltd.	İstanbul	Teknik Tekstil Makine İmalatı/ Genel Amaçlı
3	Aka Kompozit	Ankara	3 Aka Kompozit Ankara Kompozit İmalatı & Mühendislik/ Askeri, Endüstriyel
4	Akar Makine	Eskişehir	Otoklav ve Basınçlı Ekipman İmalatı / Genel Amaçlı
5	Akpa Kimya	İstanbul	Kompozit, Petrokimya ve Boya sektörlerinde kullanılmakta olan Organik Peroksit, Başlatıcı, Hızlandırıcı ve Boya Kurutucular/ Genel Amaçlı
6	Arsan Kauçuk	İstanbul	Köprü Mesnetleri ve Boru Contaları İmalatı/ Yapı, İnşaat
7	Aselsan	Ankara	Savunma Sanayi
8-9	Başoğlu Kablo ve Profil San. Tic. A.Ş.	Bolu, Tekirdağ Wrlaw, Polonya	İnşaat, Beyaz Eşya, Aydınlatma, Demir Çelik ve Cam Sanayi, Otomotiv ve Raylı Taşımacılık Madencilik, Sağlık, Gıda, Gemi İnşası, Makine ve Elektrik Sanayisi

No	Firma/Kurum	Konum	Faaliyet Alanı
10	Baykar	İstanbul	Savunma Sanayi
11-12	Boytek	Tekirdağ İstanbul	Polyester ve Vinil Ester Reçine İmalatı / Genel Amaçlı
13-16	B-Plas	Bursa,Gemlik Gölcük, Adapazarı	Kompozit İmalatı/ Otomotiv, Havacılık
17	B-Preg	İzmir	Doğal Elyaf Bazlı Kompozit İmalatı/ Genel Amaçlı
18	Butekom	Bursa	Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip İmalat ve Uygulama Merkezi/İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi
19	CARBOMID	İstanbul	Karbon ve Aramid Elyaf İmalatı/ Genel Amaçlı
20	CES İleri Kompozit ve Savunma Teknolojileri	Ankara	Kompozit İmalatı & Mühendislik/ Savunma, Havacılık
21	Ceylan Kompozit	Konya	Kompozit İmalatı/ Genel Amaçlı
22	Coats Türkiye	Bursa	Endüstriyel İplik İmalatı/ Genel Amaçlı
23	DowAksa	Yalova	Karbon Elyaf ve Prepreg İmalatı/ Otomotiv, Savunma, Havacılık
24	Duratek	Kocaeli	Epoksi Reçine ve Yapıştırıcı imalatı/ Yapı, İnşaat, Denizcilik, Rüzgar Enerjisi
25	Ece Boya/Erco Resins & Coatings	İstanbul	Endüstriyel Reçine ve Boya İmalatı/ Genel Amaçlı
26	Epsilon Kompozit	Ankara	Kompozit İmalatı ve Mühendislik/ Savunma, Havacılık
27	Erginer Seramik-3D Wovens	İstanbul	Seramik Kılavuzlar, Teknik Seramikler ve Özel Seramikler İmalatı & 3 Boyutlu Dokuma/ Genel Amaçlı
28	Eskim Kimya	Eskişehir	Endüstriyel Astar ve Boya İmalatı/ Genel Amaçlı
29	FNSS	Ankara	Savunma Sanayi
30	Fors Kompozit	Ankara	Kompozit İmalatı (Yakıt Depoları)/ Savunma, İnşaat

No	Firma/Kurum	Konum	Faaliyet Alanı
31-32	İlkalem	İstanbul, Sakarya	Endüstriyel Reçine İmalatı/ Yapı, İnşaat, Otomotiv, Enerji, Savunma
33	KİPAŞ Holding	Kahramanmaraş	Teknik Tekstil İmalatı/ Savunma & Genel Amaçlı
34	KORD Endüstriyel İp ve İplik San. ve Tic. A.Ş.	İstanbul	Endüstriyel İp ve İplik İmalatı/ Genel Amaçlı
35	KORDSA	Kocaeli	Reçine ve Prepreg İmalatı/ Otomotiv, Savunma, Havacılık
36	KU-AKKİM Bor Tabanlı Malzemeler ve İleri Teknoloji Kimyasallar Uygulama ve Araştırma Merkezi (KABAM)	İstanbul	Bor Tabanlı Malzeme ve Ürün Geliştirme
37	Literatür Kimya	Balıkesir	BMC & SMC Malzeme İmalatı, Termoset Enjeksiyon ile Parça İmalatı/Otomotiv, İnşaat, Elektrik ve Ulaşım
38-40	Metyx Composites	İstanbul, Manisa Dombóvári, Macaristan NC, ABD	Multiaxial, Karbon, RTM, Dokuma Örgüler ve Vakum Sarf Malzemeleri İmalatı/Otomotiv, Denizcilik, Rüzgâr Enerjisi, Yapı ve İnşaat
41	Mir Ar-Ge	İstanbul	Termoplastik Malzeme ve Tezgâh Geliştirme
42	Nurol Teknoloji	Ankara	Balistik Zırh Çözümleri Geliştirme/ Savunma, Havacılık
43	Odak Kompozit	Ankara	Kompozit İmalatı & Mühendislik/ Savunma, Havacılık
44	Omnis Kompozit Ltd. Şirketi	İstanbul	Hammadde, Makine, Yardımcı Malzeme Dağıtımı ve Danışmanlık/ Genel Amaçlı
45	Otokar	Sakarya	Tekerlekli Zırhlı ve Paletli Zırhlı Araç İmalatı/Savunma, Ulaşım
46	Poliya	Tekirdağ	Endüstriyel Reçine, Pigment Pastalar, Yüzey Tanecikleri, Yapıştırıcı Sistemler, Kalıp Ayırıcılar, Yüksek Performans Jelkotlar ve Yardımcı Malzemeler İmalatı/Otomotiv, Yapı ve İnşaat, Savunma, Denizcilik, Boru ve Tank

No	Firma/Kurum	Konum	Faaliyet Alanı
47	Polres Polyester	Kocaeli	Polyester Reçine İmalatı/ Genel Amaçlı
48	Roketsan	Ankara	Savunma Sanayi
49	RTM Kompozit	İzmir	Polyester Parça ve Kalıp imalatı/ Genel Amaçlı
50	Sistem Teknik	Kocaeli	Isıl İşlem Makine İmalatı/ Otomotiv, Savunma, Havacılık, Ticari Isıl İşlem Sektörü, Doküm
51	SOSKEY Araştırma Geliştirme San. ve Tic. Ltd. Şti.	Gaziantep	Plastik Aksam ve Ürün İmalatı/ Genel Amaçlı
52	Sönmez ASF	Bursa	İplik Dokuma ve Boya/ Genel Amaçlı
53	Spinteks	Denizli	Teknik Tekstil İmalatı/ Savunma, Havacılık, Otomotiv, Sağlık ve İnşaat Sektörü
54	SPM Kompozit ve İleri Malzeme Teknolojileri	Ankara	Termoset Prepreg İmalatı/ Otomotiv, Spor, Denizcilik, Medikal
55	SU TÜMER/KORDSA KTMM	İstanbul	Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi
56	Sun Tekstil San. ve Tic. A.Ş.	İzmir	Teknik Tekstil (anti-radar kumaşlar, çadır malzemeleri, kompozit ve diğer benzer ürünler) imalatı/ Savunma
57	Şiteks	İstanbul	Keçe İmalatı/ Otomotiv, Yapı ve İnşaat, Beyaz Eşya
59	TEI	Eskişehir	Motor İmalatı/ Havacılık
60	TEKNOMA Teknolojik Malzemeler San. ve Ltd. Şti	Kocaeli	Teknolojik Malzemeler, Kompozit Malzemeler, Savunma Sanayi Malzemeleri, Polimerik Malzemeler, İnce Filmler ve Yüzey Kaplamaları, Vakum Teknolojileri/ Ar-Ge & Danışmanlık
61	Turkuaz Polyester	Kocaeli	Polyester Reçine, Jelkot, Cam Elyaf Takviyeleri, Kalıp Ayırıcılar vb. İmalatı/Altyapı Uygulamaları, İnşaat, Otomotiv, Tekstil, Denizcilik, Havacılık ve Rüzgâr Enerjisi
62	TUSAŞ	Ankara	Savunma Sanayi
63	Türkiye Şişe ve Cam Sanayi A.Ş.	Kocaeli	Cam Elyaf imalatı/Genel Amaçlı
64	Uniquetech Mühendislik	Kocaeli	Lazer Sertleştirme ve Dolgu/ Otomotiv, Ar-Ge
65	Yüksel Kompozit Teknolojileri	Ankara	Kompozit imalatı & Mühendislik/ Savunma, Havacılık

Ülkemizde makinalı ve ileri teknoloji gerektiren kompozit ürünlerin üretiminde alınacak daha pek çok yol bulunmaktadır. Türkiye'deki ve civar ülkelerdeki talebin etkisi ile %35'lere varan cam takviyeli plastik (CTP) boru üretimi, ülkemiz kompozit sektörünün itici gücü olmaya önümüzdeki dönemde de devam edecektir. Pultrüzyon, sıcak pres kalıplama (SMC) ve termoplastik enjeksiyon proseslerinin önümüzdeki dönemde pazar paylarını arttırmaları beklenmektedir.

Kompozit sektörünün büyümesi genellikle küresel ekonomik büyümenin üzerinde seyretmektedir. Önümüzdeki dönemde de bu durumun geçerliliğini koruyacağı beklenmektedir.

Kompozit sektörü nihai kompozit ürünleri açısından da aşağıda bazıları sıralanan sektörlerin faaliyet alanına girmektedir:

- Kimya sektörü (termoset ürünlerinin ana hammaddesi olan polyester, vinilester, epoksi vb. reçineler)
- Plastik sektörü (termoplastik ürünlerinin ana hammaddesi olan poliamid (PA), polipropilen (PP), polikarbonat (PC) vb. termoplastikler)
- Tekstil sektörü (cam elyafı, karbon elyafı ve aramid elyaflarının üretimi, dokumaları ve örülmeleri ile elde edilen teknik tekstiller)

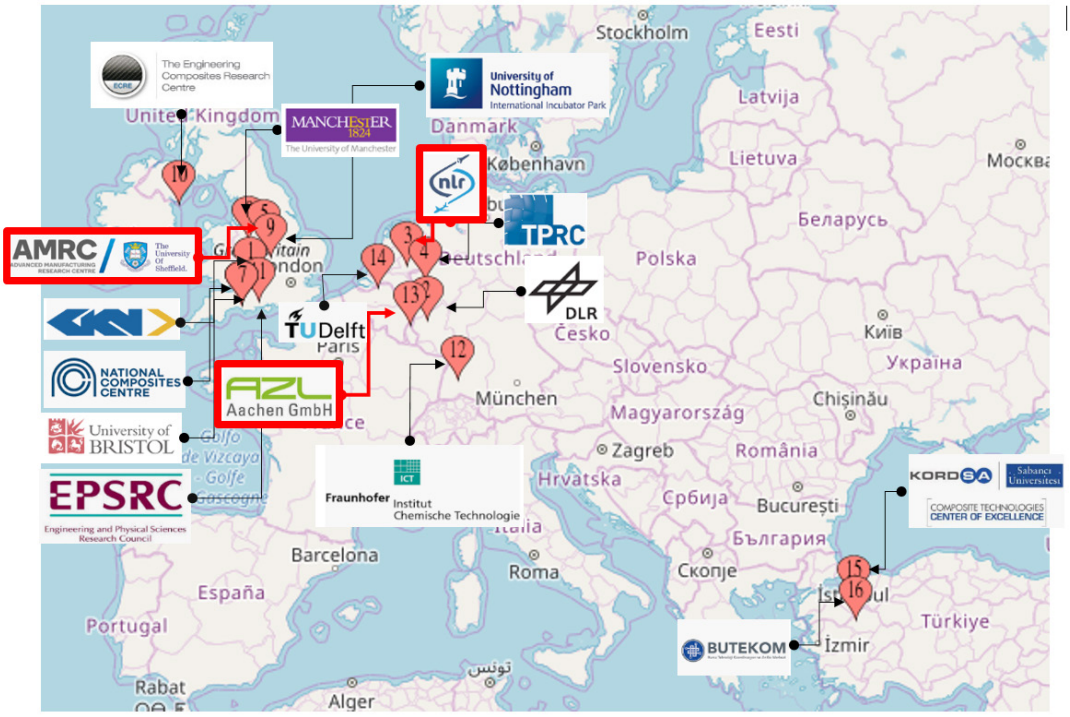
10.1.3 Avrupa'da ve Türkiye'de Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri

10.1.3.1 Avrupa'da Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri

Dünya genelinde savunma, havacılık ve uzay alanında faaliyet gösteren ve kompozit imalatı yapan birçok firma bulunmakla beraber; Avrupa'da kompozit teknolojileri alanında araştırma ve teknoloji geliştirme faaliyetleri gösteren, önde gelen firma ve kurumlar incelenmiştir. Bu firma ve kurumlar Şekil 10.5'te harita üzerinde gösterilmiş, aynı zamanda harita üzerindeki numaralarına göre Tablo 10.4'de listelenmiştir.

Başta İngiltere olmak üzere Almanya ve Hollanda'nın Avrupa'da kompozit alanında araştırma yapan ve teknoloji geliştiren ülkeler olarak öne çıktığı görülmektedir. Ülkemizde, kompozit teknolojileri alanında hızla gelişen teknolojiyi yakalamak, hatta bir adım öne çıkmak için Avrupa'daki iyi örneklerin incelenmesi, benzer çalışma modellerinin ülkemizde de hayata geçirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Bu bakımdan, İngiltere'de bulunan AMRC (Advanced Manufacturing Research Center), Almanya'da faaliyet gösteren AZL Aachen ve son olarak Hollanda'da üniversiteler ve diğer kurumlar ile başarılı işbirliği faaliyetleri ile teknoloji geliştirmekte olan NLR mercek altına alınmıştır. Bu merkezlerin ortak özelliği üniversiteler ile endüstri arasında köprü vazifesi görerek geliştirilen teknolojilerin endüstriye aktarılmasını sağlamaktır.

Kompozit Teknolojileri alanındaki merkezlerin yoğunlaştığı İngiltere'de bulunan diğer firma ve havacılık şirketlerinin çalışma alanları patent analizi yapılarak örnek teşkil etmesi bakımından bu bölümde ayrıca verilmiştir.



Şekil 10.5 - Avrupa'da kompozit teknolojileri alanında araştırma ve geliştirme yapan firma ve kurumlar

Tablo 10.4 - Avrupa'da Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Yapan Firma ve Kurumlar

No	Firma/Kurum	Şehir, Ülke
1	GKN	Worcestershire, UK
2	DLR	Cologne, Germany
3	NLR	Marknesse, Netherlands
4	TPRC/TPAC	Enschede, Netherlands
5	AMRC (Advanced Manufacturing Research Center (University of Sheffield & BOEING)	Sheffield, UK
6	National Composites Center	Bristol, UK
7	Bristol Composites Institute	Bristol, UK
8	Northwest Composites Center	Manchester, UK
9	Nottingham Composites Research Group	Nottingham, UK
10	ECRE Engineering Composites Research Center	Belfast, Ireland
11	EPSRC (The Engineering and Physical Sciences Research Council)	Swindon, UK
12	Fraunhofer Institute for Chemical Technology ICT	Pfinztal, Germany
13	AZL Aachen GmbH	Aachen, Germany
14	TU Delft	Delft, Netherlands
15	SU TÜMER/Kordsa KTMM	Istanbul, Türkiye
16	BUTEKOM	Bursa, Türkiye

10.1.3.1.1 Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC)

AMRC, 2001 yılında Sheffield Üniversitesi ile havacılık devi Boeing arasında Yorkshire Forward ve Avrupa Bölgesel Kalkınma Fonu desteğiyle 15 milyon sterlinlik bir işbirliği olarak kurulmuştur.

Boeing'in bir parçası olduğu AMRC, yüksek değerli imalat sektörlerinde kullanılan teknolojiler üzerinde endüstri odaklı araştırma ve geliştirme yapmak üzere odaklanmıştır. Grup, işleme, döküm, kaynak, katkı maddesi üretimi, kompozit, tasarım, test ve eğitim konularında çalışmaktadır. Şirketlerin üretim sorunlarının üstesinden gelmelerine yardımcı olmak için dünya çapındaki üniversiteleri, akademisyenleri ve endüstrileri içeren ortak araştırmalar için bir model haline gelmiştir.

AMRC'nin sahip olduğu kabiliyetler aşağıda listelenmiştir:

- İşleme
- Entegre Üretim
- Kompozitler
- Döküm
- Tasarım ve Prototipleme
- Yapısal Test
- Medikal
- Eklemeli İmalat
- Mikroskop
- Ölçüm (Metrology)
- Sanal Gerçeklik

AMRC araştırma ve geliştirme faaliyetleri, yüksek performanslı metalleri ve kompozitleri tek bir yapıda birleştiren hibrit parçalar dâhil olmak üzere kompozit bileşenlerin üretimi ve işlenmesine odaklanmaktadır. Bu kapsamda merkezde yürütülen çalışmalar aşağıdaki gibidir:

- Otomasyon/otomatik üretim
- İşleme
- Gelişmiş kürleme yöntemleri
- Yeni malzemeler ve prosesler

Merkez üyelik modeli ile faaliyetlerini yürütmekte olup, Boeing, Rolls-Royce, BAE Systems ve Airbus gibi firmaların yanı sıra küçük şirketleri de içeren 100'den fazla endüstriyel ortağı bulunmaktadır. İşletmeler bir kereye mahsus bir projede merkez ile birlikte çalışabilecekleri gibi uzun vadeli işbirliği için üye de olabilmektedirler.

Tam ücret ödeyen üyeler için iki tür üyelik seçeneği bulunmaktadır. Şirketler, büyüklüklerine ve tedarik zincirindeki konumlarına bağlı olarak bu iki seçeneği değerlendirmektedir. Yıllık ücret, genel araştırma projeleri de dâhil olmak üzere ortak kaynaklara katkı sağlamaktadır.

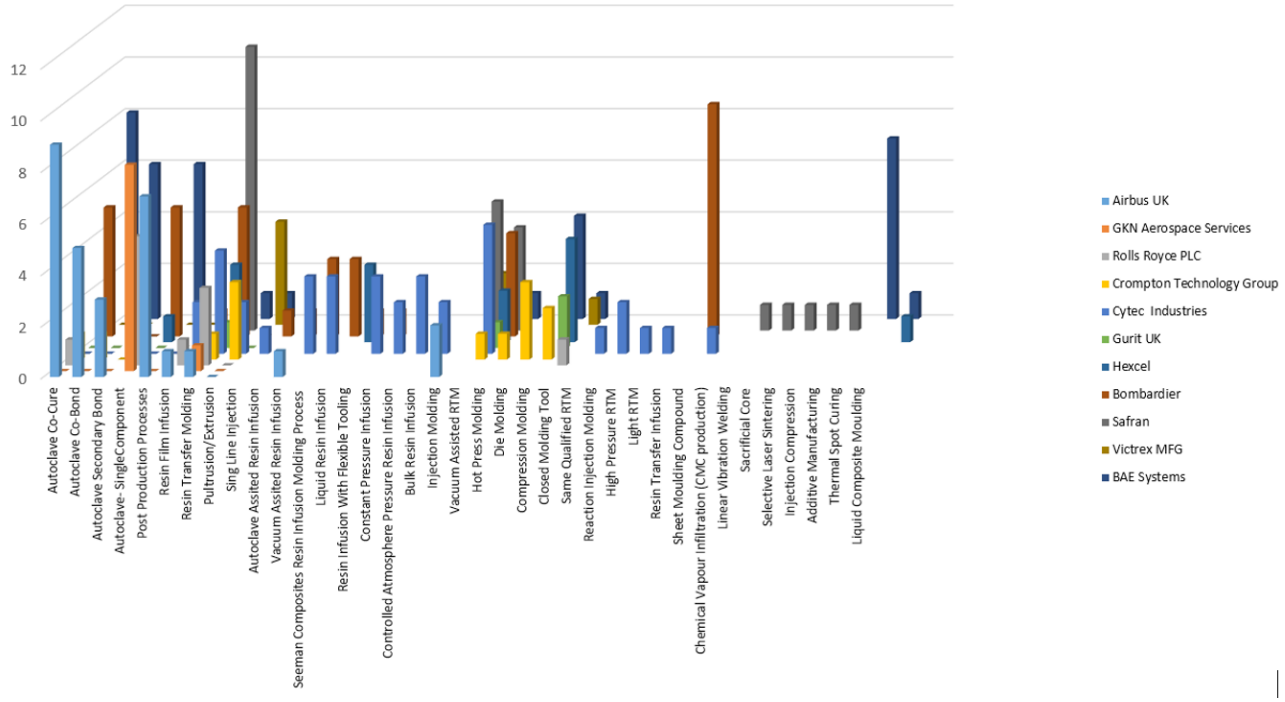
Seviye 1 ortaklar yönetim kurulunda bireysel bir koltuğa ve gelecekteki araştırmaların yönünü etkileme fırsatına sahiptir. Seviye 1 üyeleri tüm genel projelere katılır ve sonuçlarını alır. Seviye 1 üyeleri ayrıca, onay için kurula sunulan özel projeler önerebilir.

Seviye 2 üyeleri tüm genel projelere katılır ve sonuçlarını alır. Dört yönetim kurulu üyesi, Seviye 2 üyelerini temsil etmektedir. [24], [25]

10.1.3.1.1.1 İngiltere'de Faaliyet Gösteren Diğer Firma ve Havacılık Şirketlerinin Çalışma Alanları, Patent Analizi

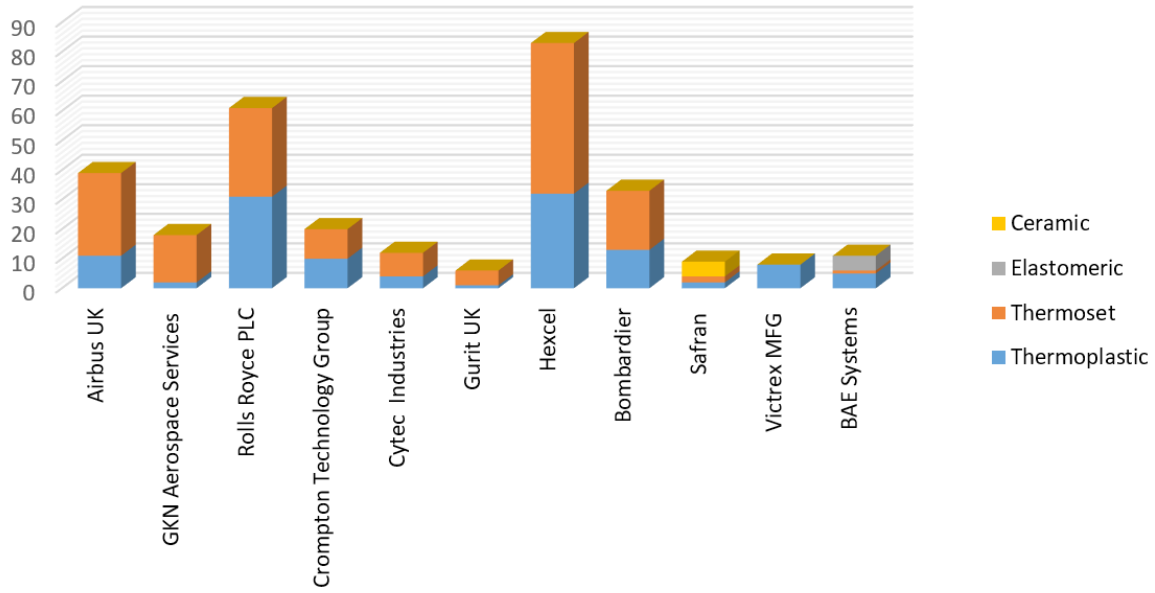
Son 10 yılda İngiltere'de bulunan kompozit üreticilerinin yaptıkları patent başvuruları dikkate alınarak bir araştırma yapılmıştır. İncelenen başvuruların tamamı, havacılık sanayiinden ve kompozit üretim metotlarını içeren başvurulardan seçilmiştir. Araştırma kapsamında, patentleri incelenen firmaların ve ilgili patentlerin tespiti için "Derwent Innovation Tool" kullanılmıştır. Bu tespiti yaparken kullanılan kıstaslar, "havacılık sanayii", "kompozit üretimi" ve "lider üreticiler" olarak belirlenmiştir. Tespit edilen patent başvurularının her biri, detaylı bir şekilde incelenmiştir. [26]

Araştırmada, ek olarak, firmaların hak sahibi olduğu patentlerin içinde bulunduğu uluslararası patent sınıfları (IPC) analiz edilmiştir. Şekil 10.6'da yukarıda bahsi geçen firmalar tarafından kullanıldığı tespit edilen kompozit üretim metotları gösterilmiştir.



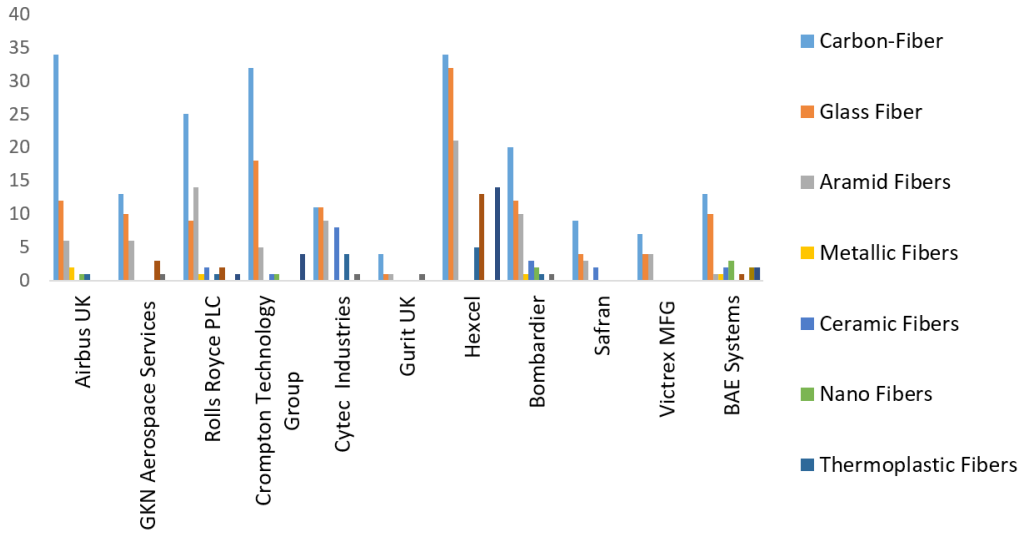
Şekil 10.6 - Kullanılan Kompozit Üretim Metotları

Söz konusu firmaların kompozit üretiminde tercih ettikleri reçine çeşitleri incelenmiş ve Şekil 10.7'de gösterilmiştir. Airbus UK, GKN Aerospace Services LTD, Cytec Industries, Gurit UK LTD, Hexcel LTD ve Bombardier Inc. firmaları daha yoğun olarak termoset reçine kullanırken, Rolls Royce PLC, Victrex MFG LTD ve BAE Systems firmalarında termoplastik reçine tercih edilmektedir. Crompton Technology Group Ltd. firmasında ise, incelenen patentlere göre, termoset ve termoplastik reçine kullanımı eşit sayıdadır. Bu bilgilere ek olarak, BAE Systems firması, termoset reçinenin yanında elastomerik reçine tipini de ciddi oranda kullanmaktadır.



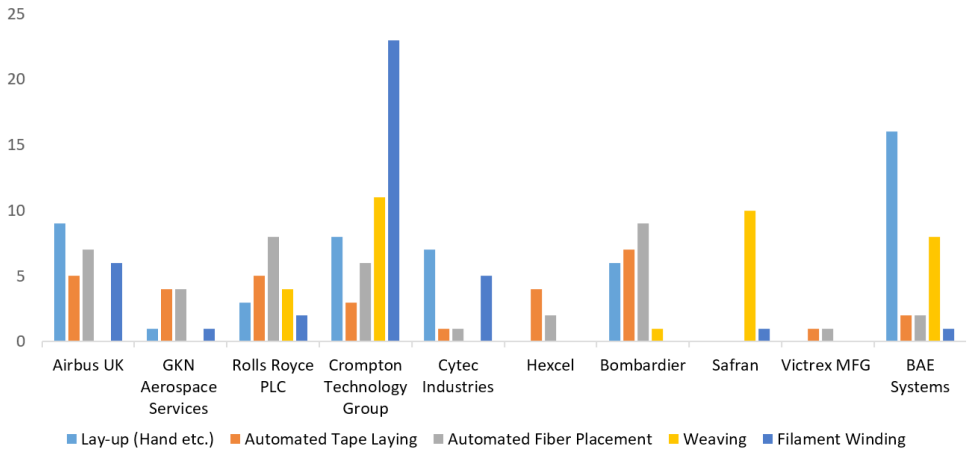
Şekil 10.7 - Kullanılan Reçine Tipleri

Şekil 10.8'de firmaların kullandıkları elyaf tipleri (karbon fiber, cam elyaf, vb.) gösterilmiştir. Yapılan incelemeye göre karbon elyaf, tüm firmalar tarafından en çok tercih edilen takviye elemanıdır. Bununla birlikte, patent başvuruları dikkate alındığında, Hexcel LTD ve Cytec Industries'de cam elyaf ve aramid kullanımının da kayda değer olduğu gözlenmiştir. Bu bilgilere ek olarak, Şekil 10.8'de bahsi geçen hibrit fiber, ferromanyetik metalik polimer fiber içermektedir.



Şekil 10.8 - Kullanılan Elyaf Tipleri

Son olarak, Şekil 10.9'da bu firmaların serim işlemini nasıl yaptıkları gösterilmiştir.



Şekil 10.9 - Kullanılan Serim Metotları

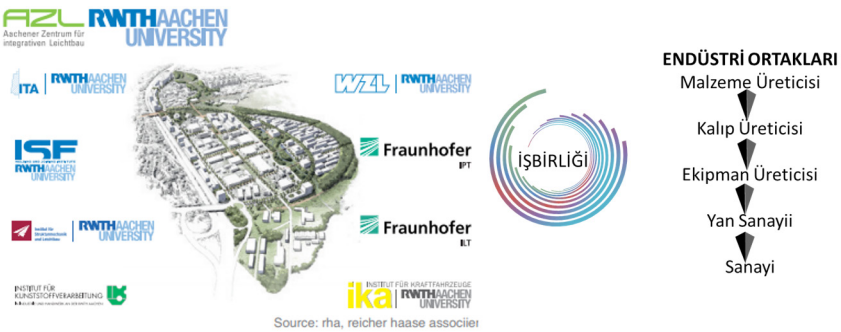
10.1.3.1.2 AZL, Hafif Üretim Mükemmeliyet Merkezi -ALMANYA

AZL (Excellence in Lightweight Production Partnership); RWTH Aachen Üniversitesi'nin teknoloji transferini müşterilerine sunabilmek için, 2012 yılında hafif üretim teknolojisi alanında firmalarla ortaklık yapan bir servis sağlayıcı olarak kurulmuştur. RWTH Aachen Üniversitesi eğitim aktiviteleri vermekte, kompozit bazlı hafif üretim teknolojisi metotlarının geliştirilmesine yönelik kurulmuş altyapı ve otomasyon sistemleri ile araştırma geliştirme faaliyetlerini sürdürmektedir. AZL ise mühendislik, danışmanlık, proje yönetimi, iş geliştirme gibi alanlarda hizmet vermektedir.

AZL, hafif üretim teknolojisi için geliştirme projelerini ve büyük ölçekli üretimi uygun şekilde tanımlamak ve uygulamak amacıyla RWTH Aachen University'nin kompozit ağından 21 ülkeden 80 den fazla (Tencate, Evonik, Gurit, Sabic, Stratasys, Dupont, DSM, 3M, vb.) endüstri ve araştırma merkezleri ile birlikte hizmet vermektedir. Hafif malzemeler alanında son teknolojik durum hakkında sürekli güncellenen strateji ve araştırma alanında yenilikçi çözümler sunmak, ihtiyaç odaklı geliştirme projelerini belirlemek amacıyla yılda bir kez üye toplantısı ve belirli dönemlerde çalıştaylar düzenlenmektedir.

RWTH Aachen'in geleneksel mühendislik disiplinleri ile yenilikçi makine ve ekipmanların yanı sıra, üretim hatları arasında yakın bir bağlantı kurulabilmektedir. İş birliği yapılan firmalar ile sürekli tam ölçekli proses zincirlerinde test edebileceği ve sıfırdan geliştirilip kurulabilecek bileşenler, malzemeler, araçlar, makine ve tesis bileşenleri için gerekli altyapıya doğrudan erişim sağlanabilmektedir.

AZL, şirketler ve araştırma kurumları için Avrupa'nın araştırma alanlarından biri olan RWTH Aachen Kampüsü'nde yer almaktadır. Kampüste, 9 Enstitüden 750 bilim adamı ve 1.200 öğrenci, hafif üretim teknolojileri üzerinde çalışmaktadır. AZL Aachen GmbH, tekstil (ITA), plastik ve kompozit malzemeler (IKV), üretim teknolojisi (WZL, IPT, ILT, ISF), kalite güvencesi ve üretime entegre ölçüm teknolojisi (WZL), tasarım (SLA) ve otomotiv üretimi (IKA) alanlarında çalışmaktadır (Şekil 10.10). [27]



Şekil 10.10 - AZL Çalışma Modeli

AZL Bünyesindeki Enstitüler

- ITA – Tekstil Institute for Textile Technology
- IKV – Institute of Plastics Processing in Industry and the Skilled Crafts
- WZL – Laboratory for Machine Tools and Production
- IPT – Fraunhofer Institute for Production Technology
- ISF – Welding and Joining Institute
- SLA – Institute for Structural Mechanics and Lightweight Design

10.1.3.1.3 NLR (Netherlands Aerospace Center)

Havacılık Araştırmaları Devlet Dairesi (RSL), askeri havacılık için hava güvenliğini arttırmak amacıyla 1919'da kurulmuştur. Ancak sivil havacılığın hızla ortaya çıkması, RSL'nin de o sektöre odaklanmasına neden oldu. 1937'de RSL, ulusal uçak endüstrisi için bilimsel araştırma yapmak üzere daha iyi bir temel oluşturan bir vakfa (NLL ve ardından NLR) dönüştürülmüştür.

Endüstri, sivil havacılık, uzay ve savunma alanlarında faaliyet gösteren NLR, ulusal ve uluslararası işbirlikleri ile proje yürüten, sürdürülebilir, güvenli ve verimli, hava taşımacılığı konusundaki sorunlara çözüm üreten bir merkez haline gelmiştir.

NLR, bilimsel bilgiyi, endüstrinin somut ve rekabetçi ürünler geliştirebileceği akıllı teknolojik fikirlere çevirmekte, böylece üniversiteler ve işletmeler arasında aracı olarak hizmet etmektedir. NLR ayrıca, hava taşımacılığının emniyet ve çevresel yönlerinden sorumlu olan bakanlıklara politika geliştirme materyalleri sunmaktadır. NLR, cirosunun % 75'ini Hollanda ve diğer ülkelerden gelen sözleşmelerden, hükümetlerden, uçak üreticilerinden, sivil ve askeri müşterilerinden elde etmektedir. NLR'nin sanayi faaliyetlerinin yaklaşık yarısı, küçük ve orta ölçekli işletmeler adına gerçekleştirilmektedir.

NLR, yolcu ve mürettebatın güvenliğini artırmak, hava sahası ve hava alanlarının kapasitesini artırmak için tasarlanmış Avrupa havacılık projelerine katılmaktadır. NLR tarafından bu projeler sırasında edinilen bilgilerin, kısmen Hollanda hükümeti ve endüstrisinden gelen soruları cevaplaması amaçlanmıştır. Uçakların ve hava taşımacılığının çevresel performansını artırmak için yenilikçi teknolojiler geliştirmeye odaklanmış Clean Sky Programı buna bir örnektir.

NLR, TNO ve MARIN gibi diğer araştırma enstitüleri ile birlikte, ESA ve Alman DLR ile uluslararası düzeyde birlikte çalışmaktadır. DLR ve NLR, Avrupa ATM Araştırma İttifakında (AT-One) ortaktır.
Merkezin sahip olduğu bazı kabiliyetler aşağıda listelenmiştir:

- Eklemeli İmalat
- Aviyonik Geliştirme ve Kalifikasyon
- Sertifikasyon Desteği
- Elektronik Harp Uçağı Kendini Koruma
- Motor Liner Testi
- Uçuş Fiziği
- Modelleme ve Simülasyon
- Operatör Performansı
- Rotorlu Hava Araçları Performansı ve Kullanımı
- Hava Aracı Sistemleri İçin Simülasyon Çözümleri
- Termal Çözümler
- Hava Aracı Parça Tasarımı

- Büyük Veri (Big Data)
- Kompozit İmalat Teknolojileri
- Emisyon Envanteri ve Azaltılması
- Rotor Teknolojisi

Merkezi Amsterdam ve Marknesse'de bulunan NLR, özellikle termoplastikler konusunda Avrupa ve dünyada önde gelen uygulamalı üniversiteler, firmalar ve kurumlarla işbirliği içinde çalışmalar gerçekleştirmektedir. Yapılan çalışmalar birbirini destekleyici ve bütünleyici niteliktedir. Devlet bu çalışmaları kısmen desteklemekte; kurumlar kendilerini üyeliklerden ve projelerden gelen ciro ile idame ettirmektedirler. [28]

10.1.3.2 Türkiye'de Kompozit Teknolojileri Alanında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetleri

Türkiye'de Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezleri son birkaç yıl içinde faaliyete geçmiş olup, faaliyete geçen ve kurulması planlanan merkezler hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

10.1.3.2.1SU TÜMER/Kordsa KTMM (İstanbul)

Sabancı Üniversitesi (SU), 2016 yılında Sabancı Üniversitesi Tümleştirilmiş Üretim Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi'ni (SU TÜMER) kurmuştur.

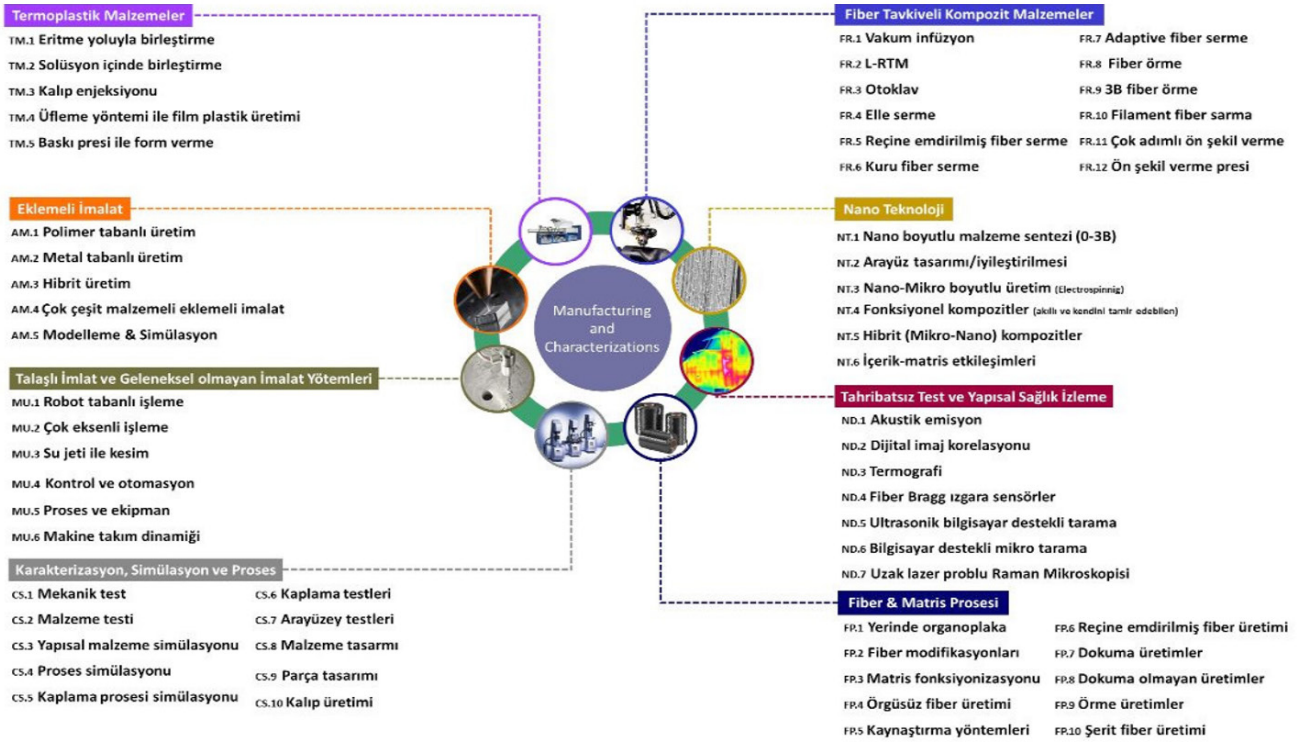
SU TÜMER, laboratuvar test, prototip üretim, tasarım ve simülasyon hizmetleri, araştırma ve geliştirme hizmetleri kapsamında kompozit malzemeler ve üretim alanında tasarım, imalat, montaj ve süreç prototipleme hizmetleri sunan endüstriyel ölçekli araştırma ve teknoloji geliştirme merkezidir. Ayrıca üretim teknolojileri alanında hükümet kuruluşlarına ve sanayi şirketlerine danışmanlık ve eğitim hizmetleri sunmaktadır.

SU TÜMER, temel ve uygulamalı araştırma, ürün geliştirme, lisansüstü ve yaşam boyu eğitim için tesis sağlamak amacıyla 35 milyon dolarlık bir yatırımla inşa edilmiştir. Ayrıca, kompozit üretim teknolojilerinde kuluçka hizmetlerinin yanı sıra ticarileştirme fırsatları için bir merkez olarak hareket etmektedir. SU TÜMER, 15 öğretim üyesi, 90'dan fazla lisans ve lisansüstü öğrencisi ve yaklaşık 40 araştırmacı, mühendis ve idari personel istihdam kapasitesine sahiptir.

SU TÜMER, akademi ile endüstri arasında üniversite ve endüstri işbirliği uygulamalarıyla köprü olmayı hedeflemektedir. SU TÜMER ve Kordsa arasında kompozit teknolojileri alanında ilk üniversite ve sanayi işbirliği kurulmuştur. Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi (KTMM) adıyla, dünyadaki kompozit teknolojileri geliştirme merkezleri arasında Türkiye'nin öncüsü olmuştur.

SU TÜMER, özellikle havacılık, savunma, otomotiv, denizcilik, enerji, tekstil, spor ve medikal ekipmanlar gibi çeşitli alanlardaki sektör oyuncularıyla işbirliklerini kurmayı amaçlamaktadır.

Merkezin Kompozit teknolojileri alanında sahip olduğu kabiliyetler Şekil 10.11 içerisinde gösterilmiştir. [29]



Şekil 10.11 - SU TÜMER/Kordsa KTMM kabiliyetleri

10.1.3.2.2 BUTEKOM

Bursa, Eskişehir, Bilecik kalkınma Ajansı (BEBKA) Doğrudan Faaliyet Desteği Programı kapsamında, ileri kompozit malzeme üreten ve kullanan sektörlerin sürdürülebilirliğine katkı sağlamak ve sektörün eksikliği olan Ar-Ge altyapısını güçlendirmek amacıyla BUTEKOM bünyesinde İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezinin (İKAMM) ve Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip İmalat ve Uygulama Merkezi kurulması kapsamında faaliyetler yürütülmektedir.

10.1.3.2.2.1 Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip İmalat ve Uygulama Merkezi

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından hayata geçirilen, KOBİ'lerin ve girişimcilerin rekabet gücünü arttırarak sosyal ve ekonomik kalkınmaya katkı sağlayan, Rekabetçi Sektörler Programı (IPA 2) desteği ile gerçekleştirilen projenin toplam bütçesi 6.151.512 Avro'dur. Bu proje ile, yeni geliştirilen ürünlerin doğrulanması ve seri üretim için gerekli prototipleme çalışmalarının gerçekleştirileceği "Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip Üretim ve Uygulama Merkezi" KOBİ'lerin gelişimi için eğitim ve uygulama hizmetleri verecektir. Düşük maliyetli ve yüksek performanslı yapısal kompozitlerin ve teknik tekstil ürünlerinin üretilebilmesi için gerekli ortak bir üretim altyapısı sağlamak için kurulacak ve operasyonel hale getirilecektir. Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip İmalat ve Uygulama Merkezi Projesi kapsamında satın alınacak cihazlar kompozit malzemelerle ilgili ileri üretim teknolojilerinin ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanmıştır. Bu ekipmanlar ile KOBİ'ler ileri üretim teknikleri konusunda eğitilerek şirketlerin kendi iş ortamlarında yapamadıkları prototip ürünlerin hayata geçirmeleri sağlanacaktır. Özellikle 3 boyutlu yazıcı teknolojisi, kalıp ihtiyacını ortadan kaldırarak, kısa sürede ticari

büyüklükteki herhangi bir parçanın üretimine izin verecektir. Oluşturulacak altyapı ile kompozit alanına yönelik Test & Analiz, Prototipleme, Tekstil Kompozitleri, Bant Dokuma ve 3 Boyutlu Modelleme & Tasarım hizmetleri verilecektir.

10.1.3.2.2.2 İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi

Merkezin amacı, kompozit üretimi için gerekli bilim ve mühendislik prensiplerini geliştirmek, mevcut ve gelişmekte olan sektörler ve bunların yanı sıra devlet kurumlarını desteklemek için bu ürünlerin üretimi ve kullanımı için test, mühendislik ve danışmanlık hizmetleri sağlamak, yeni geliştirilen ürünlerin ticarileştirilmesi, iş yaratma ve girişimcilik konusunda danışmanlık sağlanması olarak düşünülmektedir. Merkezde geliştirilmesi planlanan ürünler ve yapılacak Ar-Ge sonuçları otomotiv, tekstil, enerji, savunma sanayi, raylı sistemler gibi birçok sektör için yeni ürün ve pazarların oluşmasını sağlayacaktır. İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi'nin kurulumu devam etmekte olup proje 2019 yılı sonuna kadar tamamlanacaktır. Toplam bütçesi 17.039.000,00 TL olan bütçenin 12.366.302,69 TL'si ekipman malzeme araç' tır.

İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi'nde Bulunması Planlanan Laboratuvarlar:
Mekanik Test Laboratuvarı, Darbe Test Laboratuvarı, Analiz ve Tasarım Laboratuvarı, Termoset- Termoplastik Laboratuvarı, Prepreg Üretim Laboratuvarı

Cihazlar: Otoklav Üretim Ekipmanı, Pres Kalıplama Sistemi, Kürleme ve Post Cure Fırını, RTM Sistemi, Tek İplik Emdirme (Prepreg) Makinası, Çift Vidalı Ekstrüder, Termoplastik Kalıplama İçin Küçük Manuel Isıl Pres [30]

10.2 ÖNERİLER

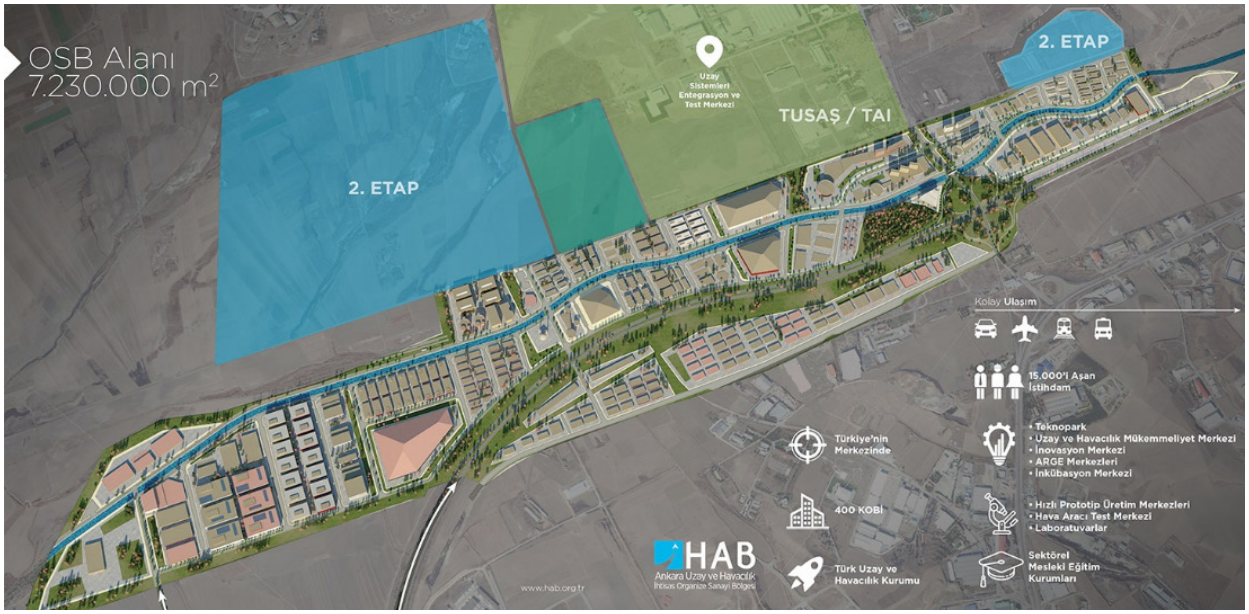
Savunma, havacılık ve uzay sanayinde rekabet gücünü artırmak ve teknolojik üstünlüğü sağlamak için yoğun araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesi gerekmektedir. Bu faaliyetler için savunma, havacılık ve uzay sanayi ekosistemini oluşturan üniversitelerin, araştırma/teknoloji merkezlerinin ve firmaların işbirliği içinde ortak çalışmalar gerçekleştirmesi elzemdir. Ekosistemin önemli paydaşlarından biri olan araştırma/teknoloji merkezleri, üniversiteler ile firmalar arasında köprü vazifesini üstlenerek teknoloji hazırlık seviyesini 3'ten 6'ya yükseltip teknolojinin ürüne dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır. Bu tür merkezler gelişmiş üretim süreçleri, yöntemleri ve yeni teknolojilerin kazanılmasını sağlayarak sanayinin verimliliğini ve rekabet gücünü artırmaktadır.

Ülkemizde Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezleri'nin kurulmasına yönelik hâlihazırda adımlar atılmış olup; Sabancı Üniversitesi-Kordsa endüstriyel işbirliği ile Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi ve BUTEKOM bünyesinde Kompozit Malzeme ve Teknik Tekstil Prototip İmalat ve Uygulama Merkezi faaliyete başlamıştır. Ayrıca yine BUTEKOM bünyesinde İleri Kompozit Malzemeler Araştırma ve Mükemmeliyet Merkezi (İKAMM) kurulum aşamasındadır.

Savunma, havacılık ve uzay sanayimizin yoğunlaştığı Ankara'da, Kahramankazan ilçesinde ve TUSAŞ'ın yanında 730 hektarlık alanda Savunma Sanayii Başkanlığı, Ankara Sanayi Odası ve Savunma ve Havacılık Sanayii İmalatçılar Derneği ile Ankara Valiliği'nin katılımlarıyla, "HAB Ankara Uzay ve Havacılık İhtisas Organize Sanayi Bölgesi" kurulmuştur (Şekil 10.12). [31]

Söz konusu bölgenin kurulmasındaki amaç, uzay ve havacılık alanlarında yerli sanayiyi desteklemek, yerli ve yabancı firmaları bir araya getirerek sinerji sağlamak, yüksek katma değerli ürünler üretip ihracatı arttırmaktır. 730 hektarlık alanın 100 hektarlık bölgesi Teknoloji Geliştirme Merkezi olarak planlanmıştır. Bu alanda, ülkemizin ileri imalat teknolojileri

alanındaki ihtiyacı gözetilerek, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin "toz metalürjisi" ve "eklemeli imalat" alanlarındaki deneyimleri çerçevesinde Savunma Sanayii Başkanlığı'nın yönlendirmesi ile "Eklemeli İmalat Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (EKTAM)" kurulmuş ve faaliyete geçmiştir. [32]



Şekil 10.12 - Ankara Uzay ve Havacılık İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Yerleşimi

Mevcut merkezlerin yanı sıra, kompozit teknolojileri alanında ülkemizde hedeflenen yetkinliğe ulaşılması için Avrupa'da başarılı bir şekilde faaliyet gösteren AMRC, AZL Aachen ve NLR merkezlerine benzer bir teknoloji ve araştırma merkezinin "Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi (KTMM)", Tekno HAB Ankara Uzay ve Havacılık İhtisas Organize Sanayi Bölgesi'nde kurulup işletilmesinin gerekli olduğu değerlendirilmektedir.

Ayrıca, KTYH kapsamında öne çıkan Metal ve Seramik Matrisli Kompozit İmalat ve Test teknolojilerinin çalışılması amacıyla Tekno HAB KTMM'ye benzer şekilde uygun üniversite ve/veya enstitülerde yapılanmalar oluşturulabileceği değerlendirilmektedir. Örnek olarak seramik kompozitlere yönelik Eskişehir Teknik Üniversitesi bünyesinde bulunan Seramik Araştırma Merkezi (SAM) işbirliği ile Eskişehir'de Seramik Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezinin (SKTMM) kurulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Öte yandan metal matris kompozit teknolojileri açısından dünyadaki duruma bakıldığında öne çıkan, belirgin bir merkez görülmemekle beraber birçok üniversite ve araştırma merkezi bünyesinde kapsamlı çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye'de de bu konuların İstanbul Teknik Üniversitesi ve/veya Yıldız Teknik Üniversitesi bünyesinde ele alınabileceği değerlendirilmektedir.

Bu merkezlerin kompozit teknolojileri alanında, savunma, havacılık ve uzay sanayinin gelişimine sağlayacağı katkıların aşağıdaki gibi olacağı değerlendirilmektedir:

- Yerlilik oranının artırılmasını sağlayacak araştırma ve geliştirme çalışmalarına hız verilmesi,
- Ülkemizde kompozit teknolojilerinin üniversite - sanayi işbirliği ile çalışılmasını sağlayacak yenilikçiliğe açık bir sistemin oluşturulması,
- Büyük ölçekli savunma ve havacılık firmaları için güçlü, etkin ve yerli tedarik zincirinin oluşturulması,
- Yenilikçi teknolojilere hâkim, gerekli bilgi ve beceriye sahip mühendis ve teknisyenlerin yetiştirilmesinin sağlanması,
- En iyi uygulamaların paylaşıldığı, entelektüel bilgi birikiminin oluşturulduğu bir ortamın tesis edilmesi,
- Yeni teknoloji ve üretim süreçlerinin başarıyla geliştirilmesi sağlanarak kalite, maliyet ve verimlilik açısından iyileştirmelerin elde edilmesi,

- Küçük ve orta ölçekli kuruluşların yenilikçi ürün ve üretim teknikleri için Ar-Ge çalışmaları yapabilmelerini sağlayacak yapının oluşturulması,
- KOBİ'lere yeni üretim yöntemlerinin kazandırılması ile bu işletmelerin yerli ve uluslararası pazarda rekabet güçlerinin artırılması,
- KOBİ'lerin üretim kabiliyetlerinin ve ürün kalitelerinin artırılmasını sağlayacak araştırmaların yapılması,
- Yeni ve düzenlenebilir üretim hatları kurarak ileri sistem ve ticari uygulamaların tanıtılması ve kullanımının artırılması.

Tekno HAB KTMM ve SKTMM'nin hali hazırda bulunan merkezler ile koordineli çalışması, mükerrer yatırımların önlenmesi amacıyla önerilen teknoloji konularını ilgili merkezlere yönlendirmesi planlanmaktadır. Bu yapıda üniversiteler, araştırma kurumları ve enstitüler, KOBİ'ler, platform/sistem üreticisi firmalar birbirini bütünleyen çalışmalar gerçekleştirebilecektir.

Devlet destekleri ve özel fonlar ile kurulması önerilen bu merkezlerin üyelik modeli ile idame ettirilmesi planlanmaktadır.

Bu merkezlerde aşağıdaki teknolojilerin çalışılmasının ülkemizin kompozit teknolojileri alanındaki rekabetçi gücünü arttıracağı değerlendirilmektedir.

1. Tekno HAB-Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezi (KTMM)
    - İleri kompozit tasarımı ve analizi
    - Otoklav dışı imalat teknolojileri (ileri RTM, SQRTM, VAP, vb.)
    - Otomatik elyaf yerleştirme/ Otomatik şerit serme
    - Kompozit eklemeli imalat teknolojileri
    - Termoplastik imalat teknolojileri (termoforming, LAFP, CCM, vb.)
    - Birleştirme teknolojileri, kompozit kaynak (ing. Fusion Welding)
    - Kompozit imalatına yönelik kalıp teknolojileri (Nikel, İnvar, Kompozit)

2. Seramik Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezinin (SKTMM).
    - Seramik fiber öncül malzeme geliştirme ve üretim teknolojileri (Tungsten flaman, polikarbosilan sentezi vb.)
    - Havacılık kalite seramik fiber üretim teknolojileri (ing. Melt Spinning, Piroliz, Anaerobik şartlarda Piroliz, Hidrojen atmosferinde piroliz, Kürleme, Elektron ışını ile kürleme, CVD Kaplama vb.)
    - Seramik fiber kaplama teknolojileri (CVD/CVI ile BN/Si3N4 kaplama)
    - Seramik fiber örme/serme teknolojileri (ing. Braiding, Weaving, Filament Winding, Preform oluşturma vb.)
    - Seramik matris kompozit parça üretim teknolojileri (ing. Melt Infiltration, Polymer Infiltration Pyrolysis, Slurry Infiltration, Chemical Vapor Infiltration vb.)
    - Tek fiber ve Kompozit test rigi teknolojileri
    - Seramik Matris işleme (ing. Machining) teknolojileri (CNC, ing. Ultrasonic machining, laser ablation, abrasive waterjet and electrical discharge machining)
    - Seramik Matris Kompozit Parça Çevresel Bariyer Kaplama (EBC) Teknolojileri (Baryum-stronsiyum-alüminasilikat, Müllit esaslı kaplamalar)

Mevcut ve kurulması önerilen mükemmeliyet merkezlerinin dağılımı Şekil 10.13'te gösterilmektedir.

Şekil 10.13 - Mükemmeliyet Merkezleri Dağılımı

10.2.1 Kısa, Orta ve Uzun Vadede Türkiye'de Gerçekleştirilecek Kazanım Planları

KTYH kapsamında belirlenmiş olan öncelikli imalat teknolojilerinin geliştirilmesine yönelik faaliyetleri bulunan dünyadaki iyi örnekler incelendiğinde ülkemizde kompozit konusunda çalışacak merkezler tarafından kısa, orta ve uzun vadede kazanılması gereken kabiliyetler aşağıda verilmiştir;

10.2.1.1 Kısa vade

Düşük ve orta katma değerli kompozit üretimi çalışmaları devam etmelidir. Yüksek katma değerli çalışmaların lider firmalar tarafından ilerlemesi, diğer yandan bu konuda uzmanlaşmış KOBİ'lerin de sektördeki payının artmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir. Yabancı ortaklıklar vasıtası ile yapılacak bilgi transferi bu konudaki çalışmaların ivme kazanarak ilerlemesine destek olabilir. Bu kapsamda;

- Termoplastik malzemelere yönelik termoforming ve birleştirme (kaynak) kabiliyetinin Tekno HAB KTMM'ye kazandırılması
- ATL/AFP teknolojilerinin ilk etapta hali hazırda kabiliyeti olan SU-KORDSA KTMM tarafından çalışılması ve Tekno HAB KTMM'ye bu altyapının kazandırılması
- Kompozit İmalat ve Birleştirme Teknolojilerine yönelik Kalıp, Takım, Fikstür ve Yardımcı Aparat tasarım ve üretim kabiliyetinin Tekno HAB KTMM'ye kazandırılması
- 3 Boyutlu Kumaş Örme (ing. 3D Braiding), Dokuma ve Dikişleme (ing. Stitching) teknolojilerinin BUTEKOM'a, Eklemeli İmalat Teknolojileri (sürekli/kısa elyaf takviyeli) SU-KORDSA KTMM'ye kazandırılması önerilmektedir.

10.2.1.2 Orta Vade

Yüksek katma değerli havacılık parçaları üretimi konusunda çalışmalar ve yatırımlar devam etmeli, özellikle termoplastikler, otomotiv ve havacılık alanında daha çok yer almaya başlamalıdır. Bu süreçte;

- Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri (SQRTM, VARI, VAP, LRTM, vb)'nin BUTEKOM'a kazandırılmasının
- Eklemeli İmalat Teknolojileri ve LAFP (Lazer yardımlı otomatik fiber yerleştirme yöntemi (ing. laser-assisted fiber placement) kabiliyetlerinin Tekno HAB kazandırılmasının tamamlayıcı olacağı değerlendirilmektedir.
  Seramik kompozitlere yönelik Eskişehir Teknik Üniversitesi bünyesinde bulunan Seramik Araştırma Merkezi (SAM) işbirliği ile Eskişehir'de Seramik Kompozit Teknolojileri Mükemmeliyet Merkezinin (SKTMM) kurulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

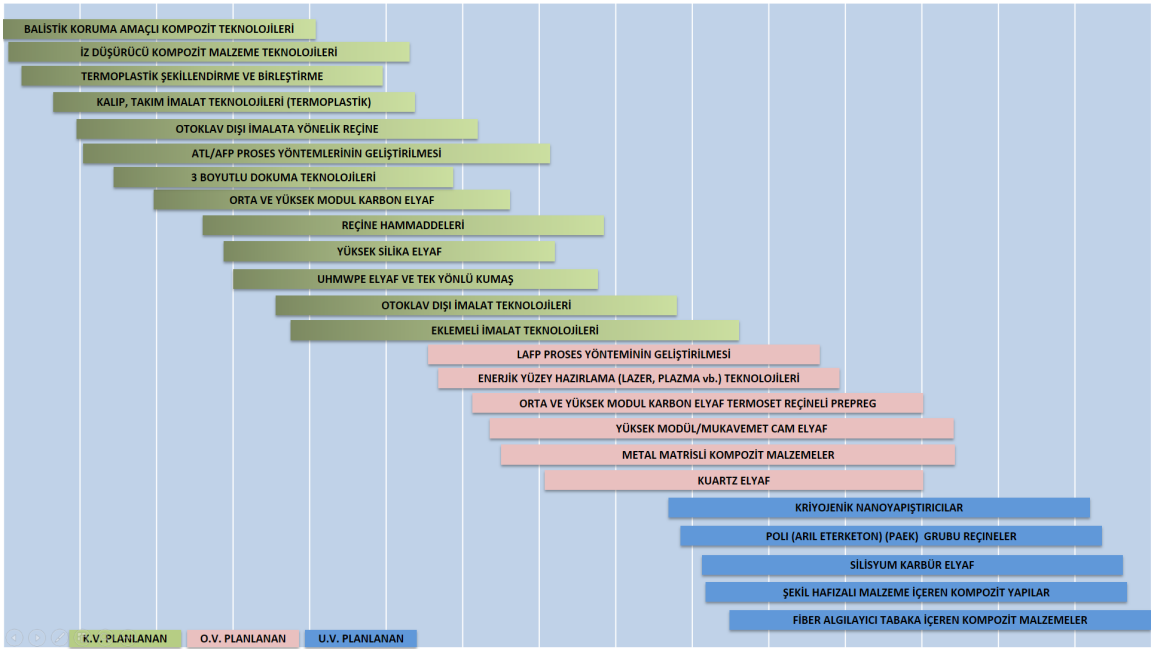
10.2.1.3 Uzun Vade

Yüksek katma değerli, çevreye zarar vermeyen (biokompozitler, vb.), geri dönüşüme uygun kompozitlerin uygulama alanlarının çalışılması ve bu konuda yabancı ortaklı yatırımların da artması uygun olacaktır. Ayrıca Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit İmalat Teknolojileri için tezgâh tasarımı ve imalatına yönelik çalışmaların yapılması uzun vadede elde edilmesi gerekli görülen kazanımdır.

Büyük veriye dayalı, yapay zeka destekli malzeme ve proses tasarımına yönelik yazılım araçları konusunda üniversite ve araştırma merkezlerinde kapsamlı çalışmaların başlatılması önem arz etmektedir.

Öte yandan metal matris kompozitlere yönelik kurulacak merkez yapısının detaylandırılması için uygun paydaşlarla ek bir çalışma yapılması gerekmekle beraber bu konuda öne çıkan teknolojiler olarak sıvı faz üretim teknolojileri (sıvı metal infiltrasyon, sıkıştırmalı döküm, santrifuj döküm, sıvı metal karıştırma vb.) ile katı faz üretim teknolojileri (toz metalurjisi, difüzyon birleştirme vb.) öngörülmektedir.

KTYH kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde önceliklendirme kriterlerine göre değerlendirilen teknolojilerden kısa, orta ve uzun vadede öne çıkan Malzeme ve İmalat Teknoloji Konuları Şekil 10.14'te verilmektedir.



Şekil 10.14 - Kısa, Orta ve Uzun Vadede Öne Çıkan Teknoloji Konuları

11) SONUÇ

Nisan 2018'de başlayan ve Ekim 2018'de sonuçlanan bir dizi çalışma toplantısının ardından, Türkiye'nin savunma, havacılık ve uzay sanayiine yönelik "Malzeme", "Tasarım ve Analiz", "İmalat" ile "Test ve Tahribatsız Muayene" alanlarında uzman görüşleri ile "ortak akıl" yürütülerek Kompozit Teknolojileri Yol Haritası oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında kullanıcı yetenek ihtiyaçları talep edilmiş; TSK ihtiyaçları ile kazanılması gereken Teknoloji Konuları ilişkilendirilmiştir.

Kompozit teknolojileri alanında faaliyet gösteren kurum, kuruluş ve üniversitelerin katılımları ile yapılan değerlendirmeler neticesinde, bu alanda öncelikli olarak kazanılması gereken teknolojiler belirlenirken, ağırlık verilmesi gereken diğer hususlara da değinilmiştir.

GZFT analizleri sırasında, ülkemizde kompozit teknolojileri alanında yetişmiş insan gücünün bulunduğu ancak yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Kompozit malzeme, imalat, tasarım ve test alanlarında çalışan nitelikli insan gücünün arttırılmasına ihtiyaç vardır. Bu konuda üniversitelerde verilen ders sayısının arttırılması hatta bu alanda yeni bölümlerin açılması, "stajyer mühendis" ve benzeri programlar ile mühendislerin mezun olmadan savunma sanayi şirketlerinde çalışarak tecrübe kazanımlarının yaygınlaştırılması elzem görünmektedir. Diğer taraftan özellikle imalat teknolojilerinin gelişmesine katkı sağlayacak ara elemanların yetiştirilmesine yönelik mesleki okulların sayısının da arttırılması gerekmektedir.

Dünya'da bir "Gelişmişlik Kriteri" olarak kabul edilen kişi başına düşen kompozit tüketim miktarlarına bakıldığında, gerek kişi başı tüketim miktarı, gerekse de Türkiye'deki ortalama fiyat ülkemiz için önümüzdeki dönemde avantaj olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye'nin bu büyüyen pazarda düşük işçilik maliyeti ve savunma, havacılık ve uzay standartlarında ürünler ile rekabetçi konuma gelmesi mümkün görünmektedir. Ülkemizin kompozit malzeme ihtiyacının sınırlı seviyede, yatırım maliyetlerinin ise bir hayli yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda; geliştirilecek malzemelerin sadece yurt içi pazarına değil, savunma, havacılık ve uzay standartlarında kalifiye edilerek yurt dışı pazarını da hedefleyecek şekilde üretilmesi elzemdir.

Savunma sanayi açısından bir diğer önemli husus özellikle havacılık platformlarını yakından ilgilendiren sertifikasyon konusudur. Günümüzde bir sivil hava aracının uluslararası hava sahasında uçabilmesi için Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO) kuralları gereği emniyet gereksinimlerini karşılayacak şekilde tip sertifikasına sahip olması gerekmektedir. Bu durum hem hava aracı sertifikasyonunu, hem de bu hava araçlarını tasarlayan ve üreten organizasyonların onaylanması yani tasarım ve üretim yapabilecek kabiliyette olduklarının gösterimi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Askeri hava araçları için de benzer durum geçerlidir. Kompozit teknolojileri geliştirilirken sertifikasyon gereksinimlerinin göz önünde bulundurulması, altyapının buna göre oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Tasarım ve analiz kabiliyetinin arttırılması, kişilerden bağımsız, insan hatalarını önleyici tasarım ve analiz yöntemlerini tarif eden, standartlaştıran metotlar ve hızlandıran araçların/yazılımların oluşturulması özgün ürünlerimizin sağlam temeller üzerinde geliştirilmesi açısından son derece önemlidir. Bu konuda malzeme veri tabanlarının oluşturulması; laboratuvarlar arası verifikasyon ile güvenilir test yapan merkezlerin arttırılması yine önemli ihtiyaçlar arasındadır. Özellikle kritik testlerin yurt içinde yapılabilirliğinin sağlanması ile dış kaynaklı merkezler ile veri paylaşımının önüne geçilebilecektir.

"Teknoloji Envanteri" çalışması sırasında Teknoloji Hazırlık Seviyesi kavramının ülkemizde tam olarak anlaşılmadığı ve özümsenmediği tespit edilmiştir. Bu kavramın, yapılacak doğru değerlendirmeler ile bu alanda faaliyet gösteren kurum, kuruluş ve üniversiteler tarafından anlaşılmasının sağlanması, teknolojilerin sağlıklı bir şekilde geliştirilmesi bakımından

önemlidir. THS 1-4 seviyeleri geliştirilen teknolojiye yönelik bilimsel ve analitik çalışmalar ile kavramın doğrulandığı laboratuvar seviyesi çalışmaları içermektedir. Bu aşamadaki çalışmalar için üniversite ve araştırma kuruluşları ile işbirliği yapılabileceği değerlendirilmektedir. Ürünleştirme çalışmalarının başladığı THS 5 seviyesinde, geliştirilen teknolojiler kullanılarak mühendislik modelleri ve prototipler oluşturularak benzetilmiş çalışma ortamında testleri gerçekleştirilmektedir. THS 6 seviyesinde tam ölçekli prototip, simüle edilen operasyonel ortamda denenir ve başarılı olduğu takdirde teknoloji geliştirme aşaması tamamlanmış olur. THS 4-6 aşamasındaki çalışmalar için de enstitü ve araştırma kurumları ile işbirliği yapılabilir. THS 7-8 aralığı "Ürün Geliştirme Kapsamında Teknoloji Geliştirme" olarak değerlendirilmektedir. Bu seviyelerde çalışmalar sanayide bulunan teknoloji odaklarında gerçekleştirilmektedir. Proje kurguları bu değerlendirmeler ışığında yapılmalıdır.

Kompozit teknolojileri alanında savunma, havacılık ve uzay sanayinin gelişimi için rapor içerisinde önerilen Kompozit Teknoloji Merkezlerinin kurulması ile yerlilik oranının artırılması, Ar-Ge çalışmalarına hız verilmesi, üniversite - sanayi işbirliğinin kurulması ve büyük ölçekli firmalar için güçlü, etkin, yerli tedarik zincirinin oluşturulmasına katkı sağlanacağı öngörülmektedir.

Ülkemizin savunma, havacılık ve uzay sanayiinin gelişmesi için kritik öneme sahip kompozit teknolojilerine ilişkin kazanımları hayata geçirirken yukarıda bahsi geçen hususlarda somut adımların atılmasının ülkemize önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

12) KAYNAKLAR

[1] G. Manap, «Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı ile Turizm Seçimi,» Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, cilt 2, pp. 157-169, 2006.
[2] 8. Managing the composite material supply chain: The Demand Aggregation Imperative. Composites World, 2014.
[3] Sauer, M. ve Kühnel, M., «Composites Market Report 2018,» 2018.
[4] Kühnel, M. ve Kraus, T., The Global CFRP Market 2016. Experience Composites, 2016.
[5] Composites 2017-2027 Innovations, Opportunities, Market Forecasts, IDTechEx.
[6] Overview of trends in advanced composite research and applications in Japan, Adv. Composite Mater., Vol. 15, No. 1, 3–37, 2006.
[7] NASA Technology Roadmaps, TA 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing, 2015.
[8] Forecasting on composites-Markets, Products, and Demands, JTAMT, Vol.9, 2, 2015.
[9] Advanced Composites Materials and their Manufacture Technology Assessment, 2015.
[10] U.S. Composites Manufacturing Industry Technical Roadmap, August, 2017.
[11] National Composites Network (ncn) best practice guide, Design Tools for Fibre Reinforced Polymer Structures.
[12] JEG Group, Simulation Composites Circle 2014, Simulation and analysis of composites-Challenges and opportunities.
[13] Simcenter 3D Laminate Composites, Modeling and Simulating Composite Structures, www.siemens.com/plm/simcenter3D.
[14] Dassault Systemes, Improving Design Capabilities with CATIA Composites Design, DS PLM Composites broochure.
[15] 8th Call for Proposals (CFP08)- List and Full Description of Topics -, April 2018.
[16] 9th Call for Proposals (CFP09) - List and Full Description of Topics, 01 August 2018.
[17] National Composites Network, Technology Roadmap for Composites in the Aerospace Industry, 2006.
[18] Nexight Group, Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation,, December 2016.
[19] UK Composites Strategy, 2016.
[20] U. D. o. Energy, Chapter 6 Innovating Clean Energy Technologies in Advanced Manufacturing Technology Assesment, 2015.
[21] İ. S. Odası, Savunma ve Havacılık Sanayii Yatırımlarında Yararlanabilecek Devlet Destekleri ve Teşvik Programları, 2017.
[22] P. E. Frederic REUX, Overview of the Global Composites Market, JEC World , 2019.
[23] Kompozit Sanayicileri Derneği Raporu, 2018.
[24] https://www.amrc.co.uk/.
[25] İleri İmalat Teknolojileri Araştırma ve Geliştirme Merkezi Proje (İ2TAGM) Önerisi Raporu.
[26] Derwent Innovation Tool.
[27] https://azl-aachen-gmbh.de/.
[28] https://www.nlr.org/.
[29] https://suimc.sabanciuniv.edu/tr/hakk%C4%B1m%C4%B1zda.
[30] http://www.butekom.org/.
[31] http://www.hab.org.tr/.
[32] http://ektam.gazi.edu.tr/.

13) EKLER

EK-1: ODAK ÇALIŞMA GRUPLARI

EK-2: TEKNOLOJİ KONULARI ÖNCELİKLENDİRME LİSTESİ

EK-1 ODAK ÇALIŞMA GRUPLARI

Malzeme Odak Çalışma Grubu

No	FİRMA/KURUM/ÜNİVERSİTE
1	Aksa Akrilik Kimya Sanayii
2	Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş.
3	Aselsan
4	Ases Havacılık
5	C.E.S. İleri Kompozit ve Savunma Tekn. San. ve Tic. A.Ş.
6	CET A.Ş.
7	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
8	Çukurova Kimya Endüstrisi A.Ş.
9	DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti.
10	DowAksa
11	Duratek
12	DURATEK A.Ş.
13	FNSS
14	İstanbul Teknik Üniversitesi
15	İzmir Yüksek Tekn. Enst.
16	Karadeniz Teknik Üniversitesi
17	Kordsa
18	Manisa Celal Bayar Üniversitesi
19	Marmara Üniversitesi
20	METYX-Telateks
21	Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu Dekanlığı
22	MİR Ar-Ge
23	Necmettin Erbakan Üniversitesi
24	Nurol Teknoloji
25	Odak Kompozit Tekn. A.Ş.
26	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
27	Ottonom
28	Roketsan
29	Sabancı Üniversitesi
30	SPM Kompozit İleri Malzeme Teknolojileri Müh. Dan. San. ve Tic. A.Ş.
31	TEI
32	TUSAŞ
33	TÜBİTAK MAM Kimyasal Teknoloji Enstitüsü
34	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
35	TÜRKİYE ŞİŞE ve CAM FABRİKALARI A.Ş.
36	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi
37	Yıldız Teknik Üniversitesi

Tasarım ve Analiz Odak Çalışma Grubu

No	FİRMA/KURUM/ÜNİVERSİTE
1	Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş.
2	Aselsan
3	BMC Otomotiv Sanayi ve Tic. AŞ.
4	C.E.S. İleri Kompozit ve Savunma Tekn. San. ve Tic. A.Ş.
5	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi
6	DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti.
7	INORES
8	İskenderun Teknik Üniversitesi
9	İstanbul Teknik Üniversitesi
10	İzmir Yüksek Tekn. Enst.
11	Kompozit Kimya
12	Kordsa
13	Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu
14	MİR Ar-Ge
15	Namık Kemal Üniversitesi
16	Necmettin Erbakan Üniversitesi
17	Odak Kompozit Tekn. A.Ş.
18	ODTÜ, Makine Müh.
19	Ondokuz Mayıs Üniversitesi
20	Roketsan
21	Sabancı Üniversitesi
22	Selçuk Üniversitesi
23	SPM Kompozit İleri Malzeme Teknolojileri Müh. Dan. San. ve Tic. A.Ş.
24	TEI
25	TUSAŞ
26	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
27	Volo Kompozit
28	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi

İmalat Odak Çalışma Grubu

No	FİRMA/KURUM/ÜNİVERSİTE
1	3Dwovens
2	Altınay
3	Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş.
4	Aselsan
5	BMC Otomotiv Sanayi ve Tic. AŞ.
6	C.E.S. İleri Kompozit ve Savunma Tekn. San. ve Tic. A.Ş.
7	DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti.
8	FNSS
9	INORES
10	İTÜ
11	İzmir Yüksek Tekn. Enst.
12	Karadeniz Teknik Üniversitesi
13	Kipaş Mensucat İşl.A.Ş.
14	Kompozit Kimya
15	Kordsa Teknik Tekstil A.Ş
16	Manisa Celal Bayar Üniversitesi
17	METYX-Telateks
18	MİR Ar-Ge
19	Namık Kemal Üniversitesi
20	Odak Kompozit Tekn. A.Ş.
21	Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü
22	Roketsan
23	Sabancı Üniversitesi
24	Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
25	SPM Kompozit İleri Malzeme Teknolojileri Müh. Dan. San. Ve Tic. A.Ş.
26	Sun Tekstil San ve Tic A.Ş.
27	Şişecam
28	TEI
29	Teknoma Teknololik Malz. San ve Tic. Ltd. Şti.
30	TUSAŞ
31	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
32	Volo Kompozit
33	Yıldız Teknik Üniversitesi

Test ve Tahribatsız Muayene Odak Çalışma Grubu

No	FİRMA/KURUM/ÜNİVERSİTE
1	Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayii ve Ticaret A.Ş.
2	Aselsan
3	C.E.S. İleri Kompozit ve Savunma Tekn. San. ve Tic. A.Ş.
4	DB MARS Bilişim Teknolojileri ve Savunma Sanayi Tic. Ltd. Şti.
5	DowAksa
6	Galen Teknoloji Firması
7	INORES
8	İzmir Yüksek Tekn. Enst.
9	Kordsa
10	Milli Savunma Üniversitesi Kara Harp Okulu
11	MİR Ar-Ge
12	Roketsan
13	Sabancı Üniversitesi
14	TEI
15	TUSAŞ
16	TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü
17	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Metalürji-Malzeme Mühendisliği
18	YTÜ Makine Fakültesi

EK-2 TEKNOLOJİ KONULARI ÖNCELİKLENDİRME LİSTESİ

MALZEME ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Orta Modül Karbon Elyaf	Kısa	1. Öncelik
İz Düşürücü Kompozit Malzeme Teknolojileri	Radar Soğurucu Kompozit Yapılar	Kısa	1. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	ATL/AFP Teknolojisi için Yüksek Performanslı Dar Şerit ve Towpreg	Kısa	1. Öncelik
İz Düşürücü Kompozit Malzeme Teknolojileri	Kızılötesi Düşük Görünür Malzemeler	Kısa	1. Öncelik
İz Düşürücü Kompozit Malzeme Teknolojileri	Radar Soğurucu Kaplamalar	Kısa	1. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Epoksi Reçine (120C kür)	Kısa	1. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Epoksi Reçineli Prepreg (120C kür)	Kısa	1. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Yüksek Modül Karbon Elyaf	Kısa	1. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter eterketon) (PEEK) Prepreg	Kısa	1. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Otaklav Dışı Üretim Teknikleri için Reçine (180 Kür)	Kısa	1. Öncelik
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Teknolojileri	Seramik Matrisli Malzemeler	Kısa	1. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Korozyon Önleyici Kaplamalar	Kısa	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Reçine Hammaddeleri	Kısa	2. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	UHMWPE Elyaf ve Tek Yönlü Kumaş	Kısa	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter eterketon) (PEEK) Reçine	Kısa	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Buzlanma Önleyici/Giderici Kaplamalar	Kısa	2. Öncelik
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit Teknolojileri	Giyilebilir Tekstil Yapıları	Kısa	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Yüksek Sıcaklık Dayanımlı (Tg>230C) Reçine (BMI vb.)	Kısa	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Termal İletkenliği İyileştirilmiş Kompozit Yapılar	Kısa	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Reçine Hammaddeleri TP	Kısa	2. Öncelik

MALZEME ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Termoset Malzeme Teknolojileri	Yüksek Sıcaklık Dayanımlı (Tg>230C) (BMI vb.) Prepreg	Kısa	2. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Otoklav dışı İmalat için Kuru Elyaf ve Dokuma Kumaş	Kısa	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Yüksek Sıcaklık Dayanımlı Benzoxazine Reçine	Kısa	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Epoksi-Fenolik Reçine	Kısa	2. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Yüksek Silika Elyaf	Kısa	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Siyanat Ester Reçineli Prepreg	Kısa	3. Öncelik
Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri	Seramik Matrisli Kompozit Malzemeler	Orta	1. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Yüksek Modül/Mukavemet Cam Elyaf	Orta	1. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Polifenilen Sülfit (PPS) Prepreg	Orta	1. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Kuartz Elyaf	Orta	1. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Termoset Yapıştırıcı	Orta	1. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Aramid Elyaf ve Kumaş	Orta	2. Öncelik
Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri	Metal Matrisli Kompozit Malzemeler	orta	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Bal Peteği Aramid	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Termoplastik Dar Şerit (slit tape)	Orta	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Bal Peteği Aluminyum	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter ketonketon) (PEKK) Prepreg	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter imid) (PEI) Prepreg	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (arilen eterketon) (PAEK) Prepreg	Orta	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Akustik Sönümleme Özellikli Gözenekli Yapılar	Orta	2. Öncelik

MALZEME ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Optik Özelliği İyileştirilmiş Nanomalzemeler	Orta	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Kendini Onarabilen Kompozit Malzemeler	Orta	2. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Katran (ing. PITCH) esaslı Karbon Elyaf ve Kumaş	Orta	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Yenilikçi Arayüzey Teknolojileri	Orta	2. Öncelik
Polimer Matris Dışı Kompozit Malzeme Teknolojileri	Silikon Esaslı İnorganik Reçine	Orta	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Siyanat Ester Reçine	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Polifenilen Sülfit (PPS) Reçine	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter imid) (PEI) Reçine	Orta	2. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Kriyojenik Reçine ve Towpreg	Orta	3. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Kriyojenik Nanoyapıştırıcılar	Uzun	1. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Şekil Hafızalı Malzeme içeren Kompozit Yapılar	Uzun	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Fiber Algılayıcı Tabaka içeren Kompozit Malzemeler	Uzun	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	PEEK/PPS Towpreg	Uzun	2. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (eter ketonketon) (PEKK) Reçine	Uzun	2. Öncelik

MALZEME ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Poli (arilen eterketon) (PAEK) Reçine	Uzun	2. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Elektriksel Özelliği İyileştirilmiş Nanomalzemeler	Uzun	3. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Bor Elyaf ve Kumaş	Uzun	3. Öncelik
Akıllı Malzeme ve Fonksiyonel Kompozit Teknolojileri	Termoplastik Nanokompozitler	Uzun	3. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Silisyum Karbür Elyaf	Uzun	3. Öncelik
Termoset Malzeme Teknolojileri	Yüksek Sıcaklık Dayanımlı Kalıp Malzemeleri	Uzun	3. Öncelik
Elyaf Tasarım ve Üretim Teknolojisi	Hibrit Dokuma Kumaş	Uzun	3. Öncelik
Termoplastik Malzeme Teknolojileri	Termoplastik Atıkların Yeniden Kullanımı	Uzun	3. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Kısa	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Kısa	2. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
İz düşürücü kompozit yapıların tasarım ve analizi	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	1. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termosetler)	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Otoklav dışı bütünleşik kompozit yapıların tasarım ve analizi	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	1. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	1. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Katılık / Deformasyon (Stiffness) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Mukavemet (Strength) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Operasyonel ve Özel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	2. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Çevresel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Operasyonel Koşullara Dayanım İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Orta	2. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Tamir ve Modifikasyon Tasarımı Metot ve Araçları	Orta	2. Öncelik
Balistik koruma amaçlı Kompozit yapıların tasarım ve analizi	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	1. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	1. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	1. Öncelik
Tabakalı kompozitlerde tasarım ve analiz (termoplastikler)	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Birleştirmeli kompozit yapıların tasarım ve analizi (bağlayıcı, yapıştırma ve dikiş vb.)	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik

TASARIM VE ANALİZ ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Hasara Tolerans (Damage Tolerance) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
İki - Üç Boyutlu (3B) Tekstil takviyeli kompozit yapıların tasarım ve analizi	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Eklemeli imalat kompozit yapıların tasarım ve analizi	Bakım (Maintainability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik
Polimer matris dışı kompozit yapıların tasarım ve analizi (metal matrisli kompozitler)	Yorulma (Fatigue)/ Dayanıklılık (Durability) İsterlerini Kontrol Eden Metot ve Araçlar	Uzun	2. Öncelik

İMALAT ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri	Desenli Kompozit İmalatı	Kısa	1. Öncelik
İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri	Çok katmanlı Kompozit İmalatı	Kısa	1. Öncelik
İz Düşürücü Kompozit İmalat Teknolojileri	Tanecikli / Katkılı Kompozit İmalatı - İz	Kısa	1. Öncelik
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri	Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı	Kısa	1. Öncelik
Balistik Koruma Amaçlı Kompozit İmalat Teknolojileri	Patlamaya karşı Koruma Amaçlı Kompozit İmalatı	Kısa	1. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Thermoforming (pres-forming)	Kısa	1. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Termoplastik malzemeler ile imalat teknolojilerine yönelik	Kısa	1. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Birleştirme teknolojilerine yönelik-termoset	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri	Kısa-Elyaf Kompozit İmalatı	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri	Büyük ölçekli (kalıp vb.) Kompozit İmalatı	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri	3 Boyutlu Dokuma Teknolojisi	Kısa	2. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	3D Prefrom Resin Transfer Molding (3D-RTM)	Kısa	2. Öncelik
İşleme ve Birleştirme Teknolojileri	Enerjik Yüzey Hazırlama (Lazer, plazma vb.) Teknolojileri	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri	Sürekli-Elyaf Kompozit İmalatı	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Eklemeli İmalat Teknolojileri	Tanecikli / Katkılı Kompozit İmalatı	Kısa	2. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Eklemeli imalat teknolojilerine yönelik-Kalıp	Kısa	2. Öncelik
Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri	3 Boyutlu Kumaş Örme (3D Braiding) Teknolojisi	Kısa	2. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Injection Over Molding	Kısa	3. Öncelik

İMALAT ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri	Metal Matrisli Kompozit İmalat Teknolojileri	Orta	1. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Eklemeli imalat teknolojilerine yönelik	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Otoklav	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Lazer yardımlı otomatik fiber serme yöntemi (laser-assisted fiber placement – LAFP)	Orta	2. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Otoklav dışı (3D RTM) imalat teknolojilerine yönelik	Orta	2. Öncelik
Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri	Tailored Fiber Placement	Orta	2. Öncelik
İşleme ve Birleştirme Teknolojileri	Termoplastik (ultrasonik, direnç, indüksiyon vb.) Birleştirme Teknolojileri	Orta	2. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Vacuum-assisted Resin Infusion (VARI)	Orta	2. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Vacuum-assisted Process (VAP)	Orta	2. Öncelik
Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri	Seramik Matrisli Kompozit İmalat Teknolojileri	Orta	2. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Polimer dışı kompozit imalat teknolojilerine yönelik	Orta	2. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Montaja yönelik	Orta	2. Öncelik
Polimer Dışı Kompozit İmalat Teknolojileri	Hibrit Kompozit İmalat Teknolojileri	Orta	2. Öncelik
Kompozit Tekstil İmalat Teknolojileri	Dikişleme (Stitching) Teknolojisi	Orta	2. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Light Resin Transfer Molding (LRTM)	Orta	2. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Birleştirme teknolojilerine yönelik-termoplastik	Orta	2. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Sürekli sıkıştırmalı kalıplama (continuous compression molding – CCM)	Orta	3. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Seeman Composite Resin Infusion Molding Process (SCRIMP)	Orta	3. Öncelik

İMALAT ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Same Qualified Resin Transfer Molding (SQRTM)	Orta	3. Öncelik
Kalıp, Takım, Fikstür Ve Yardımcı Aparat İmalat Teknolojileri	Kompozit Şekillendirme/İşlemeye yönelik	Orta	3. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Resin Film Infusion (RFI)	Orta	3. Öncelik
Termoplastik Malzemelerle İmalat Teknolojileri	Thermofolding	Orta	3. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Kompozit tekstil (3 boyutlu kumaş örme, dikişleme, tailored fiber placement) tezgah tasarımı ve üretimine yönelik	Uzun	2. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Otomatik fiber serme tezgahı tasarımı ve üretimine yönelik	Uzun	2. Öncelik
İşleme ve Birleştirme Teknolojileri	Talaşlı İmalat Teknolojileri	Uzun	2. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Termoplastik malzemeler ile imalat teknolojilerine yönelik - Robot	Uzun	2. Öncelik
Otoklav Dışı İmalat Teknolojileri	Vacuum-assisted Resin Transfer Molding (VARTM)	Uzun	2. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Otomatik perçinleme tezgahı tasarımı ve üretimine yönelik	Uzun	3. Öncelik
Robotik-Otomasyon Destekli Kompozit Imalat Teknolojileri	Kompozit Şekillendirme/İşlemeye yönelik	Uzun	3. Öncelik

TEST VE TAHRİBATSIZ MUAYENE ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Dâhili ve harici balistik testleri	Kısa	1. Öncelik
Çevresel Testler	Elektromanyetik tehditler (Yıldırımın dolaylı etkileri, elektrostatik boşalma, harici bileşenlere yıldırımın doğrudan etkileri)	Kısa	2. Öncelik
Çevresel Testler	Yanma testleri	Kısa	2. Öncelik
Çevresel Testler	MIL STD 810 testleri / DO 160 G	Kısa	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Bilgisayarlı tomografi	Kısa	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Test fikstürleri ve aksesuarı	Kısa	2. Öncelik
Yapısal Sağlık İzleme Yöntemleri	Fiber Sensörler	Kısa	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Kaza – kırım / güvenilirlik testleri	Kısa	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Boyut ve zaman ölçeğinde yapılacak tüm testler (nano, mikro ölçüm kabiliyetleri)	Kısa	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Yabancı cisim çarpması testleri	Kısa	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Yüksek doğruluk ve hassasiyette veri toplama ve kayıt sistemleri	Kısa	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Optik ve görüntü işleme	Kısa	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	THz	Kısa	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Termografi	Orta	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Aeroelastisite, hidroelastisite testleri	Orta	2. Öncelik
Çevresel Testler	Dahili EMI/EMC (güç kaynağı, RF ekipmanlar ile etkileşim)	Orta	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Yorulma / sürünme / dayanıklılık / hasar tolerans testleri	Orta	2. Öncelik

TEST VE TAHRİBATSIZ MUAYENE ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Elektromekanik test cihazları	Orta	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Hidrolik ve pnömatik test cihazları	Orta	2. Öncelik
Yapısal Sağlık İzleme Yöntemleri	Kablosuz, temassız sistemler	Orta	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Yapısal dinamik ve doğal frekans hesaplama testleri	Orta	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Yapısal akustik testleri	Orta	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Test sensörleri	Orta	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Tahribatsız muayene cihazları	Orta	2. Öncelik
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Çevresel Test Cihazları	Orta	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	PA Ultrasonik	Orta	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Girdap akımı	Orta	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Katılık, seğim, titreşim, çırpıntı	Orta	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Mukavemet, stabilite, emniyet faktörü	Orta	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Elektromekanik	Orta	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Hidrolik ve pnömatik	Orta	2. Öncelik
Çok Ölçekli Testler	Yapısal	Orta	2. Öncelik
Darbe, Yüksek Hız Deformasyon ve Yorulma Testleri	Yüksek deformasyon hızlarında malzemelerin davranış testleri	Orta	2. Öncelik

TEST VE TAHRİBATSIZ MUAYENE ODAK GRUBU TEKNOLOJİ KONULARI

Alt Konu Başlığı	Teknoloji Konusu	Kazanım Yılı	Önceliklendirme
Test Cihazları, Fikstürler, Ölçüm-Veri Toplama ve Kayıt Sistemlerinin Geliştirilmesi	Fizikokimyasal/Termomekanik Malzeme Karakterizasyon Test Cihazları (DMA, DSC, FTIR, TMA vs.)	Uzun	2. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Shearography	Uzun	3. Öncelik
Tahribatsız Muayene Yöntemleri	Lazer ultrasonik	Uzun	3. Öncelik

T.C. CUMHURBAŞKANLIĞI
SAVUNMA SANAYİİ BAŞKANLIĞI

www.ssb.gov.tr