



DEÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü 2024 – 2025 Bahar Dönemi Bitirme Projesi

HAVACILIK UYGULAMALARI İÇİN ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ÖZELLİKLİ MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ



Yaren DAĞDEVİREN Firdevs AYHAN Gülsu GÜNDOĞDU Aysun AYKUT

Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Mustafa EROL Proje Danışmanları: Doç. Dr. Ramazan DALMIŞ Dr. Öğr. Üyesi Murat ALKAN

PROJENİN AMACI, KONUSU ve KAPSAMI

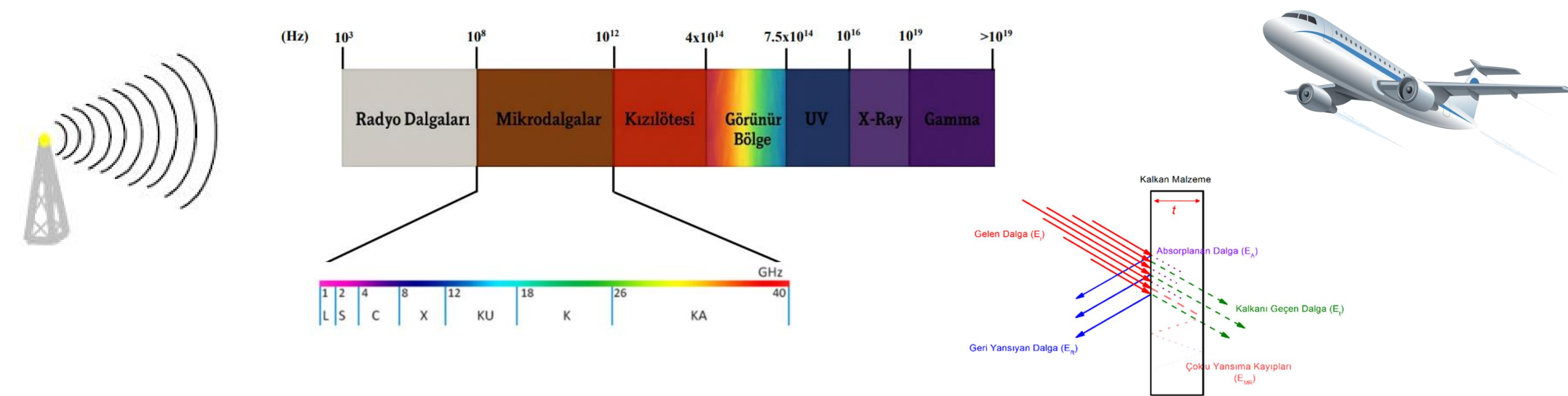
Bu projede, havacılık sektöründe kritik öneme sahip elektromanyetik girişim (EMI) kalkanlamasına yönelik yenilikçi kompozit malzemeler geliştirilmiştir. Epoksi matris içinde kırmızı çamur ve biyokömür takviyelerinin birlikte kullanımıyla 8–12 GHz (X bandı) frekans aralığında etkili ve sürdürülebilir EMI kalkanlama performansı hedeflenmiştir

ÖZET

Havacılık uygulamalarında elektromanyetik girişim (EMI), sistem güvenliği açısından önemli bir problemdir. Bu proje kapsamında, epoksi matrisli kompozitlerin EMI kalkanlama performansını artırmak amacıyla, piroliz yöntemiyle farklı sıcaklıklarda (400-600-800-1000°C) elde edilen biyokömür ve manyetik özellikli kırmızı çamur kullanılmıştır. Yüksek sıcaklıklarda iyi yansıtma özelliği gösteren biyokömür ile manyetik alan bileşenini soğurabilen kırmızı çamur atığı, epoksi polimer matris içinde birleştirilerek X-bandı (8–12 GHz) frekans aralığında kalkanlama etkinliğinin (SE) 10 dB üzerinde olması hedeflenmiştir. Üretilen numuneler SEM, EDS, XRD, FTIR, Raman, VNA ve VSM karakterizasyon teknikleriyle analiz edilmiştir. En iyi kalkanlama performansı gösteren 1000 °C piroliz sonucu elde edilen biyokömür ve farklı oranlarda (%0-%25-%50-%75) kırmızı çamur epoksi reçine içine katkılanarak cam fiber mat üzerinde kompozit elle yuturma yöntemi ile hazırlanmış ve havacılığa uygun, sürdürülebilir, hafif bir EMI kalkanlayıcı malzeme geliştirilmiştir.

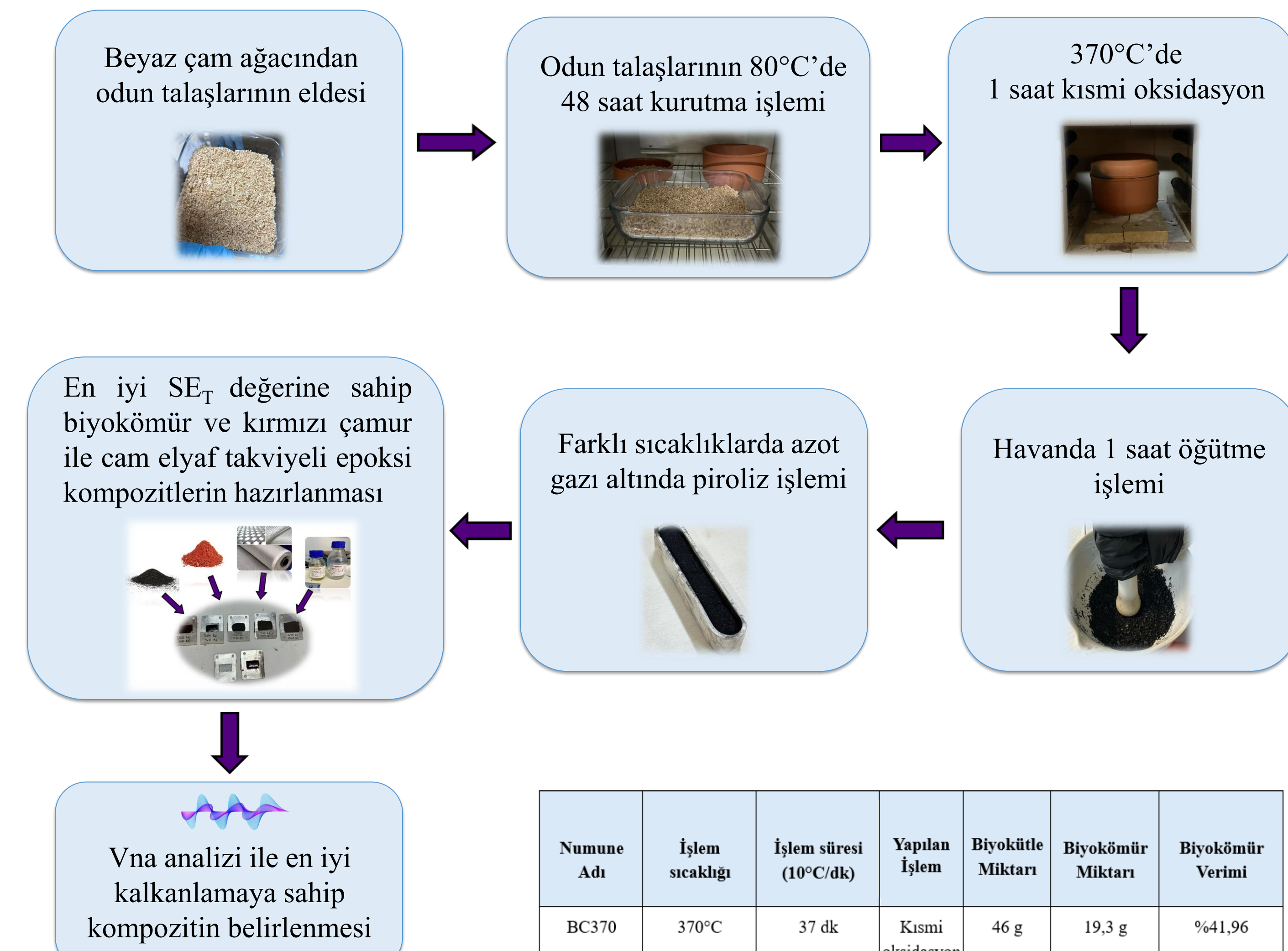
GİRİŞ

Havacılık sektöründe elektromanyetik girişim (EMI) kalkanlaması, uçuş sistemlerinin güvenilirliği ve yolcu güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. EMI; iletişim kesintileri, veri kayıpları ve sistem arızaları gibi ciddi sorunlara yol açabilir. Polimer bazlı malzemeler, düşük yoğunluk ve maliyet gibi avantajlarıyla EMI kalkanlamada öne çıkmaktadır. Geleneksel olarak kullanılan metal bazlı EMI kalkanlama malzemeleri, yüksek yoğunluk, korozyon ve zor işlenebilirlik gibi dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, son yıllarda karbon türevleri (grafen, karbon nanotüpler, karbon siyahı) ve özellikle biyokütle bazlı malzemeler, çevre dostu ve sürdürülebilir alternatifler olarak öne çıkmıştır. Manyetik özellikli metal oksitler ile iletken karbon türevlerinin birlikte kullanımı, EMI'ye karşı etkili bir çözüm olarak araştırılmaktadır. Bu bağlamda, Bayer prosesi ile alümina üretim sürecinde atık olarak ortaya çıkan kırmızı çamur ve biyokömür takviyeli epoksi kompozitlerin, 8–12 GHz (X bandı) frekans aralığında EMI kalkanlama performansı henüz incelenmemiştir. Bu çalışma, yenilikçi ve sürdürülebilir bir çözüm sunmayı amaçlamaktadır.



DENEYSEL ÇALIŞMALAR

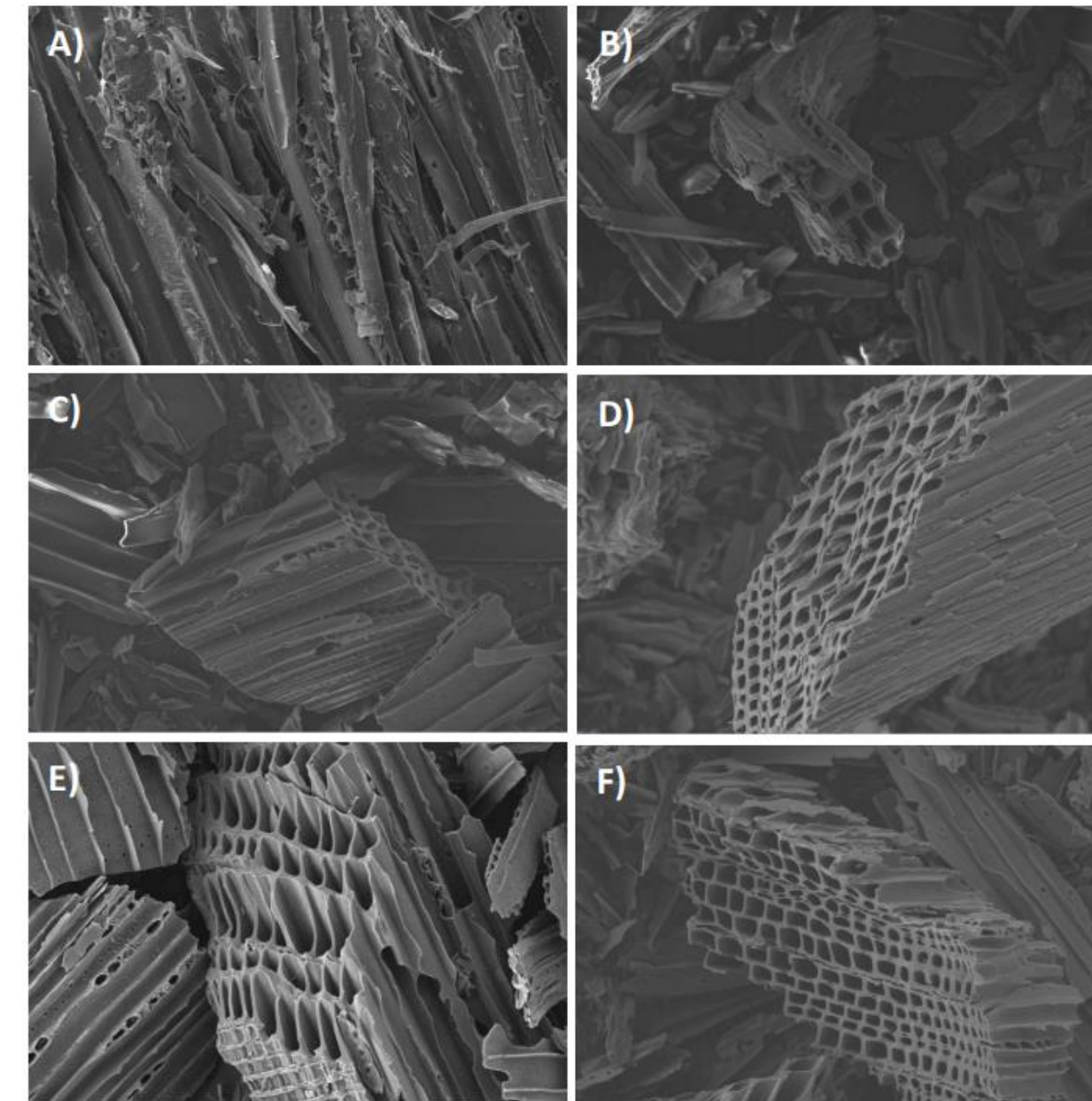
DeneySEL çalışmalar için; odun talaşı, kırmızı çamur, epoksi ve cam elyaf kullanılmıştır. Projede kullanılan yöntem ve aşamalar aşağıdaki şekilde yer almaktadır.



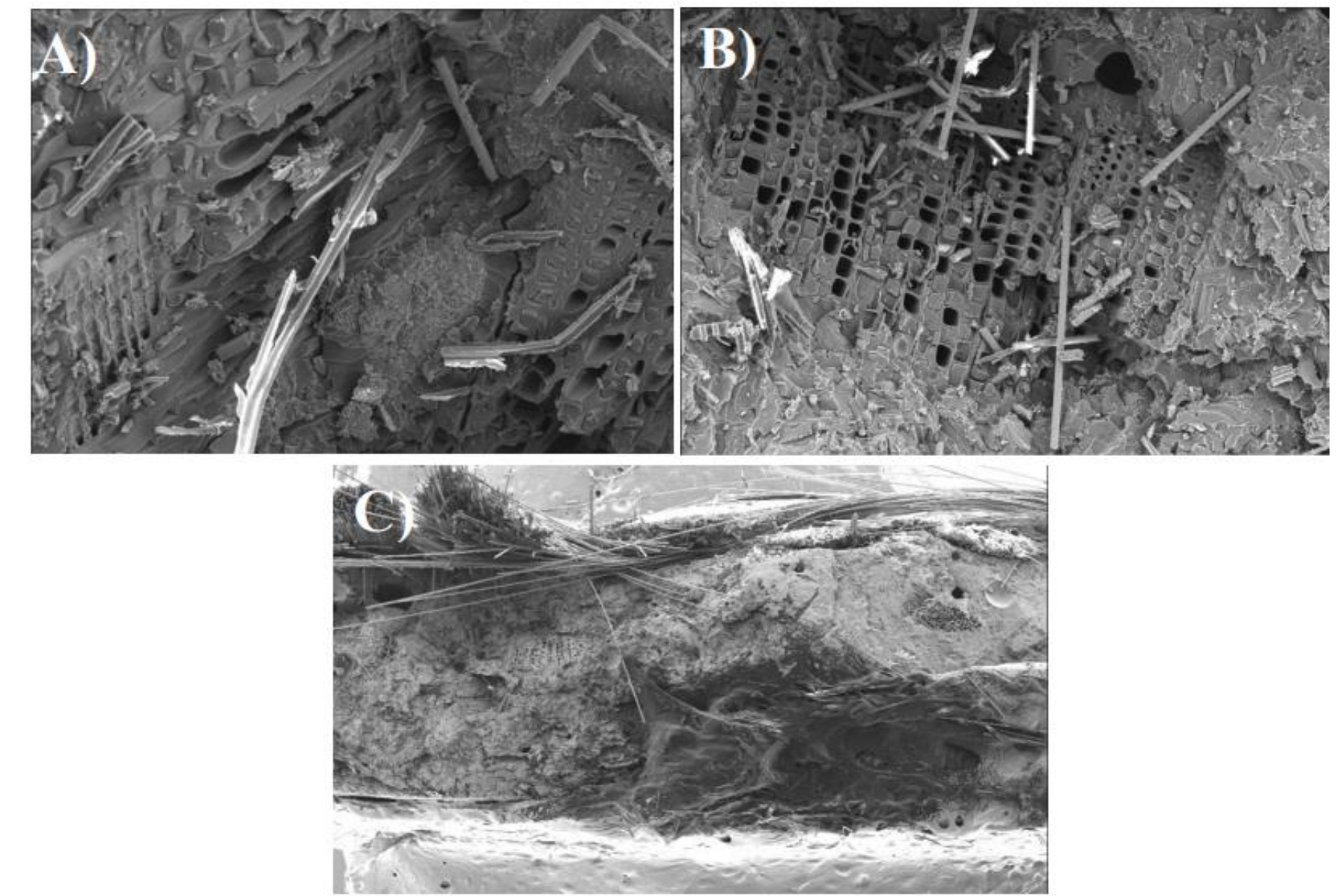
Numune Kod	BC (%)	KÇ (%)
BC100	100	0
KÇ100	0	100
BC75KÇ25	75	25
BC50KÇ50	50	50
BC25KÇ75	25	75
EP/CF	0	0

Numune Adı	İşlem sıcaklığı	İşlem süresi (10°C/dk)	Yapılan İşlem	Biyokütle Miktarı	Biyokömür Miktarı	Biyokömür Verimi
BC370	370°C	37 dk	Kısmi oksidasyon	46 g	19,3 g	%41,96
BC400	400°C	40 dk	Piroliz	6,2 g	5,4 g	%87,09
BC600	600°C	60 dk	Piroliz	3 g	2,116 g	%70,53
BC800	800°C	80 dk	Piroliz	3 g	1,8245 g	%60,82
BC1000	1000°C	100 dk	Piroliz	6 g	3,5494 g	%59,16

SONUÇLAR ve TARTIŞMA

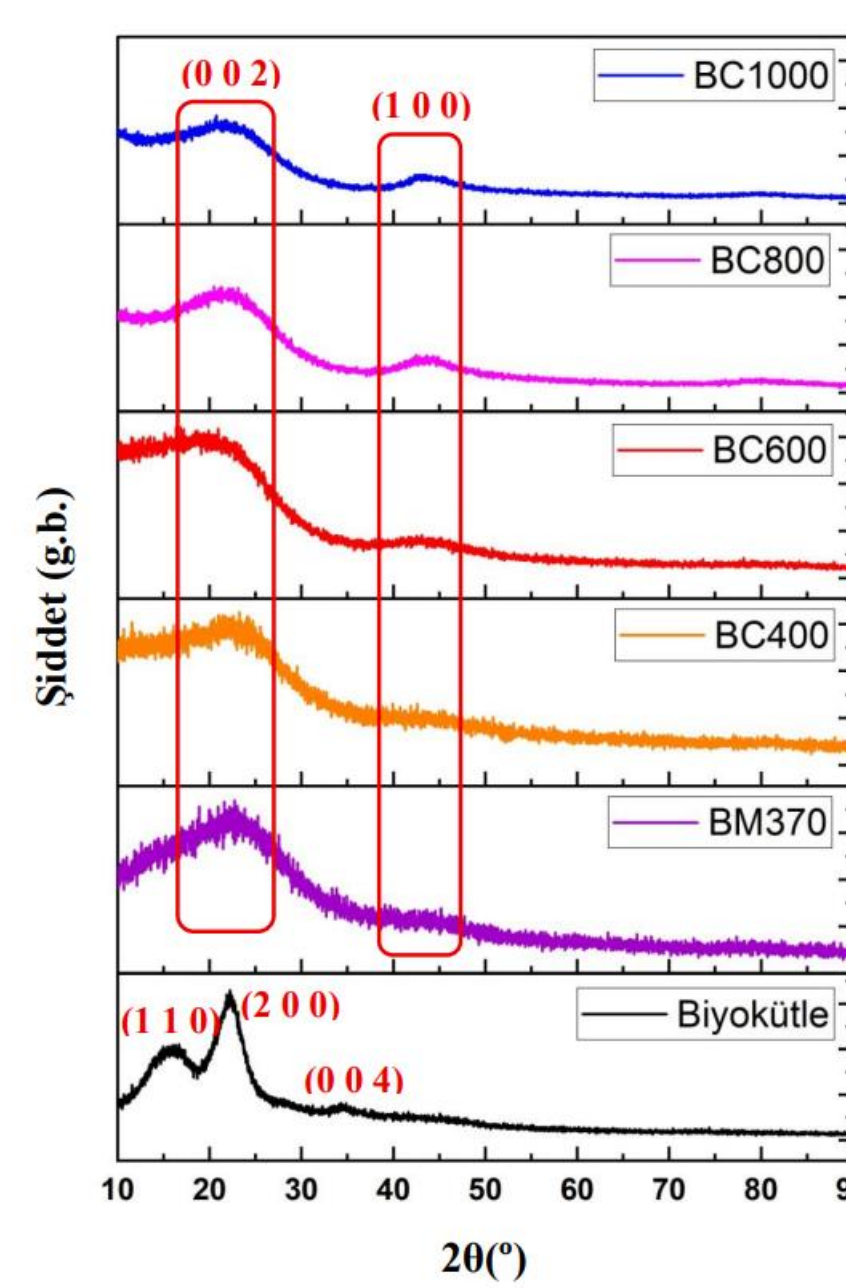


A) Biyokütle B) BM370 C) BC400 D) BC600 E) BC800 F) BC1000'in 250X büyütmede SEM görüntüleri

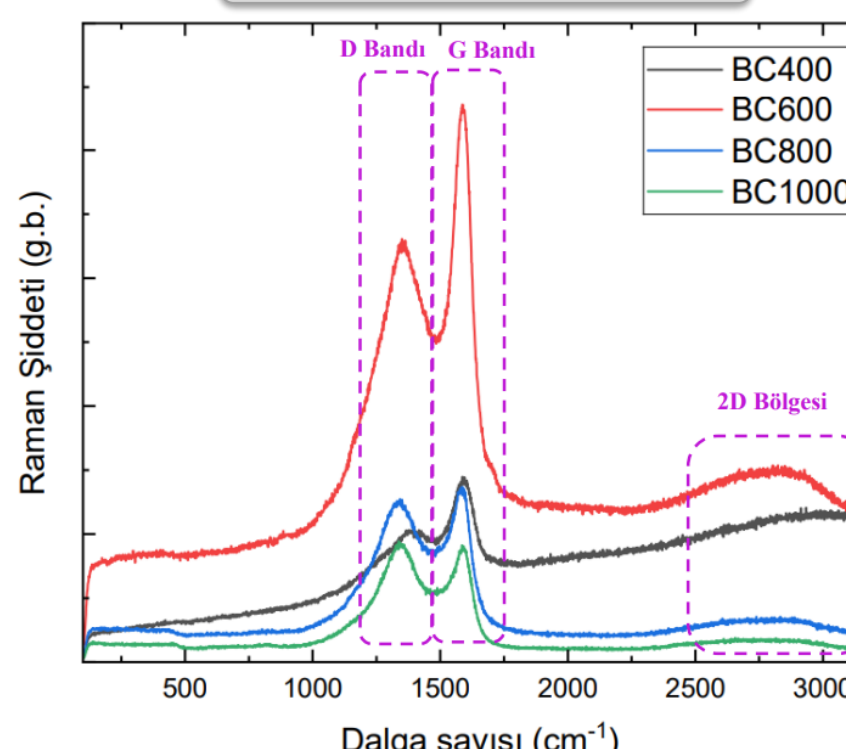


Cam elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin SEM görüntüleri: A) %75 KÇ - %25 BÇ (250X), B) %25 KÇ - %75 BÇ (110X), C) %50 KÇ - %50 BÇ (12X).

XRD Analizi



RAMAN Analizi

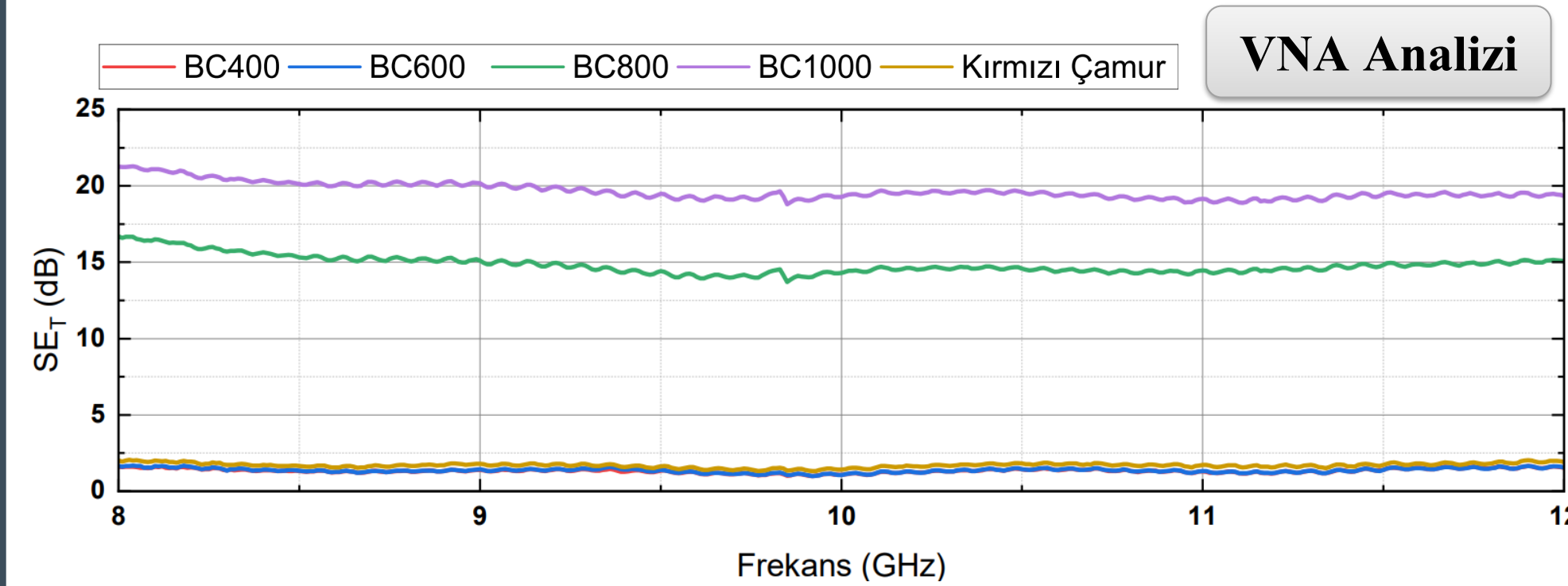
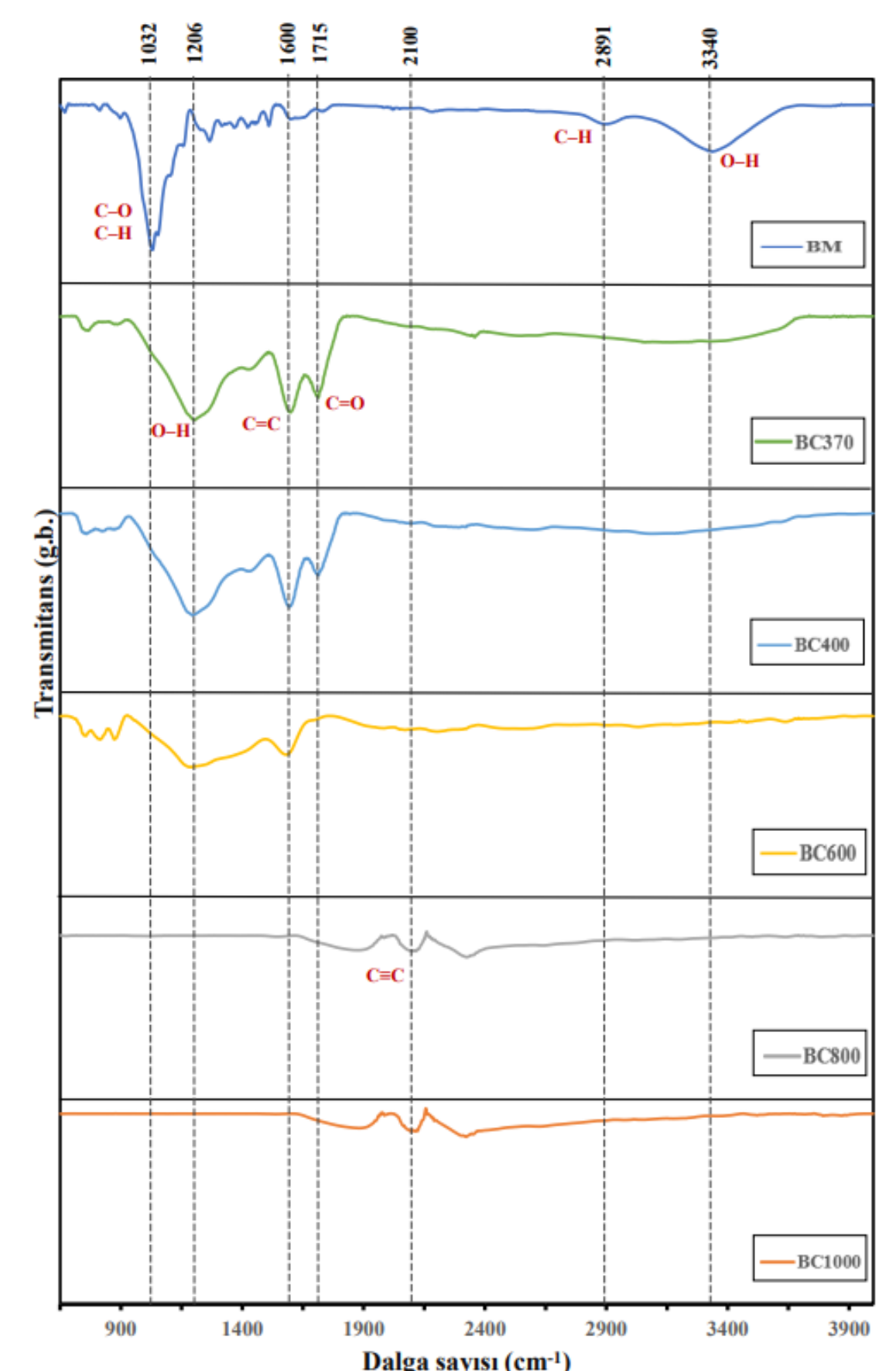


FTIR analizinde, artan piroliz sıcaklığıyla birlikte uçucu bileşenlerin uzaklaşmasıyla, alifatik yapılar parçalanır. -OH, C-H gruplarına ait bantlar zayıflar, yoğun aromatik halkalar ve karbon zengin iskeletler gelişir.

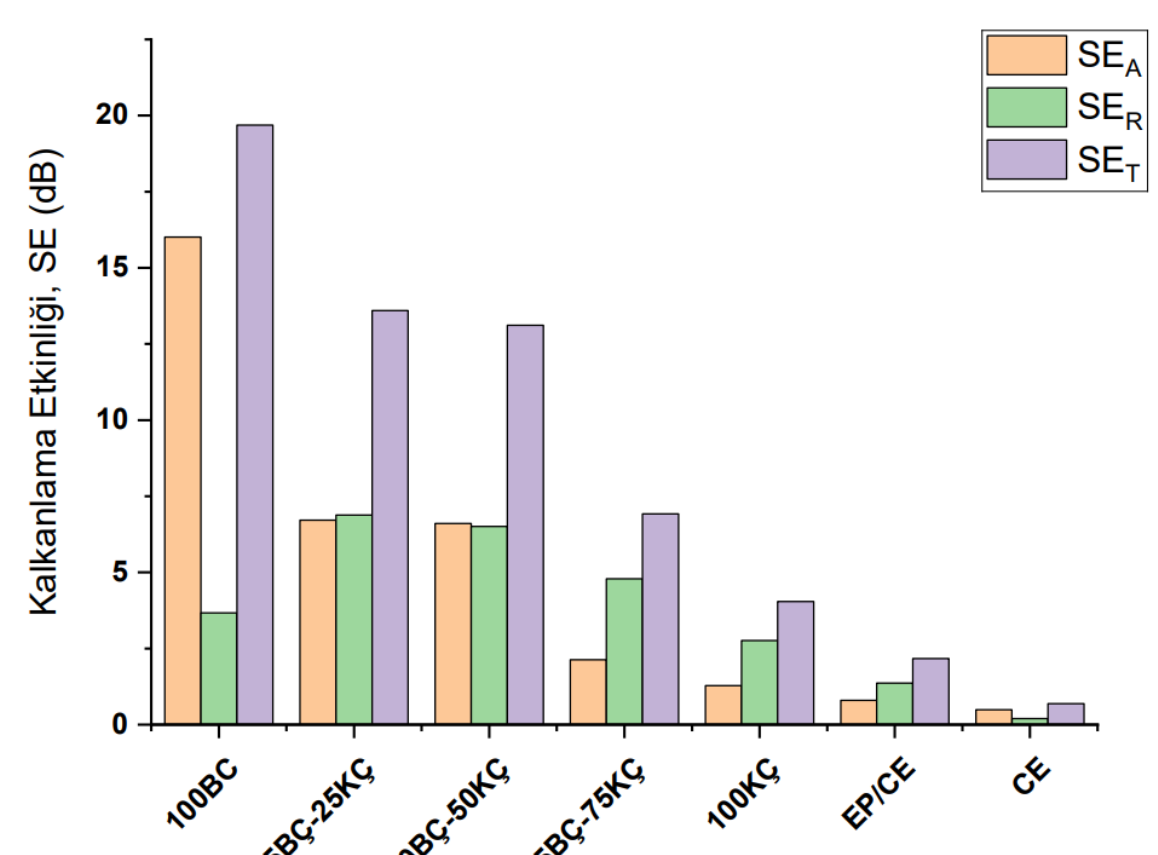
C=C gerilme bantlarının kaybolması, alifatik yan zincirlerin yok olduğunu ve yapının grafitik faza geçiş sürecinde olduğunu gösterir.

C=O gruplarının ayrışması, yapıda C≡C bağlarının oluşumunu tetikler.

FTIR Analizi



VNA Analizi



GENEL SONUÇLAR

- XRD analizine göre artan piroliz sıcaklığıyla biyokütledeki kristalin selüloz yapısı bozulmuş, 400 °C sonrasında amorf karbon yapısına geçmiştir. 600 °C'de yarı kristalin özellikler gösteren geçiş yapısı oluşurken, 800 °C ve üzerindeki sıcaklıklarda grafit benzeri turbostratik karbon katmanları gelişmiştir. 1000 °C'de ise bu yapılar daha belirgin hâle gelmiş, ancak (002) pikinin genişliği, tam kristal grafit oluşumunun henüz tamamlanmadığını göstermektedir.
- Raman analizine göre, artan piroliz sıcaklığıyla ID/IG oranı artmıştır. Bu durum aromatik yapıların yoğunlaştığını ancak turbostratik düzensizliğin korunduğunu göstermektedir.
- FTIR analizleri aromatik yapıların yoğunlaştığını; XRD, amorf yapıdan turbostratik karbon katmanlarına geçişi; Raman ise ID/IG oranıyla kusurlu aromatik halkaların baskınlaştığını göstermiştir.
- VNA ölçümleri, 1000 °C'de piroliz ile üretilen biyokömürle hazırlanan kompozitin, **≈ 20 dB toplam SE değerleriyle** tüm numuneler arasında en yüksek elektromanyetik kalkanlama performansını gösterdiğini ortaya koymuştur. Buna karşın, kırmızı çamur katkısı içeren kompozitlerde, iletken ağ yapısıyla yeterli etkileşim kuramayan ve yapıda düzensizlik yaratan bu katkı, kalkanlama etkinliğini düşürmüştür.

GERÇEKÇİ KISITLAR

Kırmızı çamur, alkali içeriği ve büyük hacmi nedeniyle çevre sağlığı açısından risk oluştururken, odun talaşı daha düşük zararlı gaz salınımı sayesinde çevresel etkileri sınırlı bir alternatiftir. Bu projede atık malzemelerin değerlendirilmesiyle doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanması ve sürdürülebilirlik hedeflenmiştir. Ayrıca, elektromanyetik kalkanlama uygulamaları savunma ve havacılık gibi alanlarda güvenlik açısından önem taşıyarak, geri dönüşüm temelli yaklaşım çevre bilincini de desteklemektedir. Proje mühendislik etik ilkelerine uygun şekilde geliştirilmiş ve kullanılan malzemelerin kolay temin edilebilir olması, sürecin üretilebilirliğini mümkün kılmıştır.

TEŞEKKÜR veya DESTEK VERENLER

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında, bizden desteğini, ilgisini ve zamanını esirgemeyen, her koşulda bilgi birikimiyle bizlere yardımcı ve yol gösterici olan, proje koordinatörümüz değerli hocamız **Prof. Dr. Mustafa EROL'a**, gerçekleştirmiş olduğumuz sunumlarda motivasyon desteğini hep hissettiğimiz, proje süresince yapıcı eleştiriler ve hoşgörülü tutumlarıyla bilgilerini paylaştan değerli hocalarımız **Doç. Dr. Ramazan DALMIŞ** ve **Dr. Öğr. Üyesi Murat ALKAN'a**, deneysel çalışmalarımız boyunca tüm yardımları için **Arş. Gör. Dr. Özgür Yasin KESKİN** ve **Arş. Gör. Erdem Tevfik ÖZDEMİR'e** ayrıca değerli EMUM çalışanlarına ve "2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı" 2024 yılı 1. dönem 1919B012419079 numaralı başvuru kapsamında bizleri destekleyen TÜBİTAK'a sonsuz teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

