MÜHENDİSLİK ALANINDA TEORİ VE ARAŞTIRMALAR

THEORY AND RESEARCH IN ENGINEERING

MART / MARCH 2022

EDİTÖR / EDITOR
DOÇ. DR. / ASSOC. PROF. DR. SELAHATTİN BARDAK

SERÜVEN YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi
Birinci Basım / First Edition • © Mart 2022
ISBN • 9978-625-7721-73-8

© copyright
Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.
Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.
The right to publish this book belongs to Serüven Publishing.
Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing
Türkiye Adres / Turkey Address: Yalı Mahallesi İstikbal Caddesi No:6
Güzelbahçe / İZMİR
Telefon / Phone: 05437675765
web: www.seruvenyayinevi.com
e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume
Sertifika / Certificate No: 47083

Mühendislik Alanında Teori ve Araştırmalar

Theory and Research in Engineering

Mart / March 2022

Editör

Assoc. Prof. Dr. / Doç. Dr. Selahattin BARDAK

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Bölüm / Chapter 1

Nİ-CO KOMPOZİT ATIĞININ BORLU SIRLARDA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Hale YILDIZAY 1

Eda TAŞÇI 1

Bölüm / Chapter 2

CCB (BAKIR-KROM-BOR) NANO PARTİKÜLLERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ AHŞAP YAPI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Tahir AKGÜL 19

Bölüm 3

GIDA KAYNAKLI ÖNEMLİ BİR PATOJEN OLAN "SALMONELLA"YA GENEL BİR BAKIŞ: GIDALARDAN SALMONELLA SPP. İZOLASYONU VE TANI YÖNTEMLERİ

Arzu KAVAZ YÜKSEL 43

Mehmet YÜKSEL 43

Bölüm / Chapter 4

ÖRNEK BİR OKUL YERLEŞKESİNİN ENERJİ SİSTEMLERİ İNCELENEREK ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN SUNULMASI

Can COSKUN 71

Zuhal OKTAY 71

M. Ziya SÖĞÜT 71

Bölüm / Chapter 5

DEVELOPMENT OF METAL REINFORCED HYBRID LAYER COMPOSITES

Hamid ZAMANLOU 85

Filiz KARABUDAK 85

Bölüm / Chapter 1

Nİ-CO KOMPOZİT ATIĞININ BORLU SIRLARDA ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Hale YILDIZAY [1]

Eda TAŞÇI[2]

1 Dr.Öğr. Üyesi. Hale YILDIZAY,Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya Güzel Sanatlar Meslek Yüksek Okulu, Çini sanatı ve Tasarımı Bölümü, Germiyan Kampüs, 43100 Kütahya, TÜRKİYE, hale.yildizay@dpu.edu.tr, Tel:05055276767, Orcid no: 0000-0002-3896-9912

2 Doç. Dr., Eda TAŞÇI, Kütahya Dumlupınar **Üniversitesi**, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Merkez Kampüs, 43100 Kütahya, TÜRKİYE, eda.tasci@dpu.edu.tr, Tel: 05417954810, Orcid no: 0000-0003-3346-8833

1.Giriş

Teknoloji ve sanayileşmeye paralel olarak 21. Yüzyılın en önemli konuları sürdürülebilir kalkınmadır. Sanayi ve teknolojide dönüşüm, pek çok sürdürülebilir kalkınma hedefini derinden etkileme potansiyeline sahiptir. Tüm dünyada üretim süreçleri ile oluşan yan ürün ve atıkların doğru kullanımı, sürdürülebilir endüstriyel atık yönetimi açısından önem kazanmaktadır. Endüstriyel üretim doğal kaynakların daha yoğun kullanımı nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit etmekte ve çevreye oldukça zarar verici bir durum oluşturmaktadır. Bu açıdan çevreyi ve dolayısıyla insan sağlığını önemli ölçüde tehdit eden atıkların vermiş olduğu zararı en aza indirmek için sürekli Ar-ge çalışmaları yapılmaktadır. Endüstriyel üretim sonucu oluşan katı atıkların yeni bir ürün için başlangıç hammaddesi olması çevreye ve üretime katma değer ve sürdürülebilirlik sağlamaktadır.

Seramik endüstrisinde pigment, sır veya bünye renklendirilmesinde kullanmak amacıyla, üretim maliyeti açısından oldukça pahalı olan, yapımında ağır metal oksitler ve ağır metal oksit içeren karışımların olduğu renklendiricilerdir (Mirdalı, 2017). Seramik sırlarını geliştirme çalışmaları her geçen gün artarken günümüz teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte oluşan sanayi atıklarının doğaya verdiği zararı geri dönüşüm ile azaltmak ve kullanılabilir hale getirmek için birçok alanda çalışmalar yapılmaktadır (Karasu, Kaya ve Çakır, 2011). Seramik sektöründe ise bu atıkların sır yapımında ve pigment yapımında kullanılması amacıyla çalışmalar oldukça yaygınlaşmıştır (Yeşilay, Çakı, ve Ceylantekin, 2017); (Öztürk, Pekkan, Tasçı ve Yılmaz, 2020); (Tanışan, ve Turan, 2011). Atıkların seramik sektöründe kullanımı ile birlikte hammadde maliyetlerinin düşmesi de önemli rol oynamaktadır. Çevreye önemli ölçüde zarar veren atıkların dönüştürülerek seramik sektöründe kullanılabilir olması yönünde yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar alınmaktadır (Pehlivan, Yazıcı, M; Güner, G, 2014). Endüstriyel seramik sırlarının uygulamada hatasız olması ve uzun yıllar özelliklerini kaybetmemeleri istenir (Genç,1999).

Sır, seramik bünyeye örneğin; seramik bünyeyi asidik ve alkali ortama dayanıklı kılmak, gözenekli yapıdaki seramik bünyeye düzgün bir yüzey kazandırmak, onu geçirimsiz kılmak ve bünyede mikroorganizma gelişimine engel olmak, bünyeye dayanım sağlamak ve dekoratif görüntü vermek gibi çeşitli amaçlarla uygulanmaktadır (Arcasoy, 1983). Seramik sırları, yüksek sıcaklıklarda (950-1400 °C gibi) yüksek viskozite gösteren, kristalleşme noktası altındaki sıcaklıklarda akıcılık gösteren “cam” olarak isimlendirilen camsı maddelerden oluşabilen yapılardır. Önemli cam yapıcı oksitler arasında silis ve bor bileşikleri yer almaktadır. Sırlama işlemi sonrasında seramik ürünler su geçirmez, estetik ve dayanıklı bir morfolojiye sahip olurlar. Yani seramik ürünlerin yüzeyi camsı bir tabaka ile kaplanmış olur. Ergime noktasında akıcı halde bulunan sırlarda atomlar ve

iyonlar, belirli bir kristal yapı oluşturmazlar. Zachariasen'in ifade ettiği düzensizlik kuralına göre silis ve silikat yapıları, dört oksijen atomu ve bir silisyum atomu ile oluşan bir tetrahedra yapı, tetrahedranın uç noktalarında bulunan oksijen atomları ile bağ yaparak üç boyutlu bir yapı elde edilir. Bu yapı sertlik, mekanik dayanıklılık ve refrakter özellikleri (ergime ya da yumuşama noktası gibi) özellikleri etkiler. Silikat yapı ve kristal hale gelen siliste tetrahedralar düzenli aralıklarla kendini yineleyen bir sıraya göre ve simetrik olarak yayılır. Bu kurala göre cam'larda ve camsı siliste, sürekli ama düzensiz, üç boyutlu bir ağ yapısı, düzenli aralıklarla kendini tekrar eden bir sırada yayılır (Vogel, 1994); (Jones, 1971).

Cam ve camsı silis ile silikatlar ve kristalleşmiş silis arasında basit yapısal farklılıklar özellikle ergime esnasında etkili olmaktadır. Ergimenin başlamasıyla birlikte ergime noktasındaki hammaddelerde görülen viskozite farklılıkları camların ve camlaşmış silikatların, kristalleşme noktasının altında akıcı bir madde olma niteliği göstermelerini sağlar. Temel cam yapıcı elementler olan Si, B, P, As ve Ge oksijenle dört yüzlü ve borla üç yüzlü olarak yapıda cam yapıcı olarak güçlü bir oksijen-pozitif iyon bağı yaparlar. Bu yapı içerisine ayrıca stabilizatör ve modifikatör olan iyonik gücü yedinin altında olan Na, K, Ba, Pb, Al, Zn ve Li kullanılır. Stabilizatörler, cam yapıcı yapının boşluklarını doldururlar ve bu nedenle iyon boyutları ve değerlikleri önemlidir (Liu, 1996).

Camsı yapıya sahip seramik sırları üretim yöntemleri, pişirme sıcaklıkları, yüzey özellikleri, uyguladıkları altlıkların özellikleri başta olmak üzere çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Genel olarak düşük sıcaklık sırları ve yüksek sıcaklık sırları olarak iki grupta incelenmektedir. Ayrıca bitmiş son ürün olarak yüzey özelliklerine göre sınıflandırıldığında seramik sırları; mat, yarı mat, transparan ve opak olarak adlandırılmaktadır. Pişirme sonrasında seramik sırlarının; bünye üzerinde tamamen yayılması, bünyeyi kaplayarak kapatması ve hiçbir sır hatasını (kabarcık, çukur, iğne deliği gibi) yüzeyinde bulundurmaması beklenmektedir (Lord, 1998).

Seramik sır çeşitlerinin ortaya çıkmasında cam yapıcı, stabilizatör ve modifikatör olan elementleri içeren hammaddelere ilaveten seramik sır sistemlerine opaklaştırıcı, kristallendirici ve renklendiriciler eklenebilir. Bir sırın bileşimine girerek bazik oksit ihtiyacını karşılayan oksitlerden en çok kullanılanlar, Na_2O ve K_2O alkali oksitlerden, toprak alkali metal oksitlerden en önemlisi CaO ve PbO'dir. Porselen ve fayans için bazik oksit/asit oksit ilişkisi genellikle 1/1 ve 1/3 arasında değişmektedir. Ergime özelliği ile bu oran ters orantılı olarak değişmektedir. Alkali oksitlerin seçimi ergime, sertlik su ve kimyasal dayanım ve genleşme değerlerine göre değişmektedir. Alkali oksitlerin varlığı ve miktarı sırda ergimeyi kolaylaştırırken genleşme katsayını yukarı çekerler. Alkali oksitlerin miktarına bağlı olarak da atmosferik koşullarda dayanım azalmaktadır (Koenig, 1937).

1200 °C ve 1350 °C arasındaki sıcaklıklarda gelişen ve stoneware bünyeler üzerine uygulanan kurşunsuz yumuşak sırlar kimyasal aktif ve eritici etkisi yüksek olan alkali ve toprak alkali içeriği yüksek feldspatlar seçilebilir ve ortalama seger formülü stoneware sırlarında [$1RO_{0.35}$ Al_2O_3 3.5 SiO_2] şeklinde bir aralık içerisinde verilebilir (Yıldızay ve Taşçı, 2021). Seger oranına göre seçilen sır hammaddelerinin bir araya gelerek 100 mikron altına gelecek şekilde yaş öğütülmesi sonucunda elde edilen ham sırlar, sır hammaddelerinden gelen oksitler, renklendirici oksitlerin miktarına göre sırın ergimesi, özellikleri ve son özellikleri ortaya çıkartır.

Fizik kurallarına göre, renk oluşumu ışığın varlığı ile mümkün olabilen ve ışık dalga boyları ile açıklanan bir olgudur. Tarihin bazı dönemlerinde renk, maddenin kendisi tarafından oluşan ve maddeye ait bir özellik sanılmıştır. Antik dönemden itibaren renkler üzerine düşünülmüş ve çeşitli teoriler ortaya atılmıştır. Renk, ışığın gözümüzde sebep olduğu bir etkidir. Rengi görme, onu algılama fiziksel, kimyasal, fizyolojik ve psikolojik olaylar sonucu gerçekleşmektedir. Elektromanyetik spektrumun sadece 400 ila 760 nm arasındaki dalga boyu aralığını görebilen insan gözü rengi fiziksel bir kavram olarak algılarken, boyalardan elde ettiğimiz renk ise kimyasal bir olaydır. Kimyasal denilen boya renkleri birbirine karıştırıldığında ortaya farklı kalitede renkler elde edilir. Seramik sektöründe rengin uygulanması oldukça önemli ve zor bir durumdur. Seramik renklerinin hem endüstriyel hem de sanatsal anlamda kullanımı kullanılan hammaddelerin içeriğine ve renklerin üretim sürecine bağlıdır (Ispalarlı, Taşçı ve Yıldızay, 2019); (Yıldızay ve Taşçı, 2019); (Yıldızay ve Taşçı, 2021).

Seramik ürünlerde kullanılan sırları renklendirmek için kullanılan inorganik esaslı seramik pigmentler seramik sır içerisinde çözünmeyen renkli kristal yapı kazandığında ve sır içerisinde homojen bir dağılım sağladığında renk elde edilmektedir. Seramik sır içerisinde dağıtılan kristal yapıda kalabilen pigment rengi transparan sıra geçerek seramik sırda renk kazandırır (Özel and Turan, 2003). İnorganik pigmentler, metal oksitler veya metal oksit içeren hammaddelerin bir araya getirilip karıştırılmasıyla elde edilen ve yüksek sıcaklıklarda yaklaşık 800-1500 °C arasında ısıl işlem uygulanarak elde edilen sentetik minerallerdir. İnorganik seramik pigmentlerin, sır içerisinde çözünmeme, kimyasal bileşenlerin (asit ve bazların) etkisine dayanım, termal kararlılık, sır yüzeyinde hatalara yol açabilecek gaz çıkışına neden olmaması gibi özelliklere sahip olması istenmektedir (Tasci, Coşkun, Pekkan ve Uz, 2014). Renklendirici olarak çeşitli atık malzemelerin seramik sektöründe bünye, angop, sır ve pigment üretiminde kullanımı çalışmaları farklı çalışma grupları tarafından, sanatçılar tarafından denenmiştir.

Atık maddelerin potansiyelleri tespit edildikten sonra yeniden kullanılması ve geri dönüştürülmesi; üretilecek ürünlerin çeşitlendirilmesine,

üretim esnasındaki ürün maliyetlerinin düşürülmesine, çeşitli endüstri kolları için alternatif hammaddelerin sağlanmasına, yenilenebilir olmayan kaynakların korunmasına, enerjiden tasarruf edilmesine ve özellikle halk sağlığının korunmasına katkıda bulunabilecek bir unsur olarak kabul edilmektedir (Archegas, Menezes Caldas, Rached, Soares, and Souza, 2012); (Yeşilay, 2018).

Dünya'da nikel rezervlerinin büyük çoğunluğu Brezilya, Endonezya, Avustralya, Küba, Amerika, Rusya, Kanada ve Çin'de bulunmaktadır. (National minerals information center, 2021). Ülkemizde Manisa ili sınırları içerisinde tespit edilen lateritik nikel cevheri yatakları Meta Nikel Kobalt Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından 2005 yılının bu yana işletilerek üretimi gerçekleştirilmektedir.

Nikel-kobalt kompoziti Manisa-Gördes'te bulunan nikel cevher yatağından en verimli hidrometalurjik kazanım yöntemlerinden biri olan yüksek basınç altında asit ile çözündürme (HPAL) yöntemiyle elde edilmektedir. HPAL prosesinde çözündürülen nikel ve kobalt elementlerince zengin solüsyon, içermiş olduğu empüritelerden pH'ı ayarlanarak arındırılmaktadır. MHP ünitesine sevk edilmektedir. İlgili ünitede bulunan reaktörler içerisine MgO ilave edilerek çöktürülmektedir. Hazırlanan çökelek yoğunlaştırıcı tanklardan filter pres besleme tanklarına sevk edilmektedir. Elde edilen yüksek yoğunluktaki nikel-kobalt kompozit ürünü, filtre ve pres gibi ekipmanlardan geçirilerek suyundan arındırılmaktadır. Elde edilen nikel ve kobalt kompoziti son ürün olarak satışa sunulmaktadır (Meta Nikel Kobalt A.Ş, n.d.).

Seramik sektöründe Ni-Co kompozit kullanımına yönelik olarak Yıldızay ve Taşçı'nın yapmış olduğu çalışmada fritli stoneware sırlarında Ni-Co kompozitinin endüstriyel pişirim sonrasında, endüstriyel stoneware sırlarında hem kimyasal dayanım hem de renk tonlarındaki etkisi gösterilmiş ve kullanılan ilavelerin renklendirici olarak kullanımının uygunluğu gösterilmiştir (Yıldızay ve Taşçı, 2019); (Yıldızay ve Taşçı, 2021).

Ni-Co kompozit ürünün üretimi esnasında son ürünle birlikte hammadde atığı oluşmaktadır. Bu atık oldukça büyük miktarda olup değerlendirilememektedir. Yıldızay ve Taşçı, Ni-Co kompozit atığını stoneware seramik bünyelerinde kullanarak bu atığın seramik bünyenin mekanik özelliklere etkisinin farklı sıcaklıklarda pişirerek incelenmiş ve karşılaştırmıştır. (Yıldızay ve Taşçı, 2021).

Bu çalışmada Meta Nikel Kobalt Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasından elde edilen Ni-Co kompozit katı atığının seramik bünyesi üzerinde borlu sırlarında kullanılarak endüstriyel pişirimde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda planlanan deneysel çalışmalarda, temin edilen Ni-Co kompozitinin kimyasal ve mineralojik özellikleri in-

celenmiştir. Temin edilen Ni-Co kompozit atığı seramik bünyeler üzerine standart borlu sır reçetesi hazırlanarak endüstriyel fırın ortamında 1160 °C'de pişirilmiştir. Borlu sır içerisine Ni-Co kompozit atığı ağırlıkça % 3, 6, 9 ve 12 oranında ilave edilmiştir. Hazırlanan Ni-Co kompoziti ilaveli borlu sırlar bünyeler üzerine akıtma yöntemi ile uygulanmış sırlar seramik altlık üzerine akıtma yöntemi ile uygulanmış ve laboratuvarda 1 saat 1160 ºC'de pişirime tabi tutulmuştur. Sır içine ilave edildiği orana bağlı olarak açık krem renginden koyu kahverengi arasında renk tonları elde edilmiştir. Sırlı pişmiş yüzeylere parlaklık ve L* a* b* renk analizleri yapılmış ve hazırlanan sır reçeteleri kimyasal dayanım testine tabi tutularak kullanılan atık malzemenin renk dayanımı, kimyasal dayanım özelliği belirlenmiştir. Hazırlanan sır reçetelerinin SEM-EDX analizleri yapılarak atığın sır reçeteleri içerisindeki etkileri incelenmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada seramik altlıklar üzerine bor içerikli bir ham sır reçetesi içerisine temin edilen Ni-Co kompozit atığı farklı oranlarda ilave edilmiştir. Kullanılan atık işletmeden nemli olarak gönderildiğinden nem tayin cihazında numunenin nem ölçümü yapılmıştır. Yaklaşık %46,5 civarında nemi tespit edilen atık kullanım öncesinde etüvde kurutma işlemine tabi tutulmuş daha sonra kurutulan atığın analizleri yapılmıştır. Atık numune yeniden toz haline getirilerek 63 mikron elekten elenmiş ve hazırlanan sır kompozisyonlarının içerisine %0, 3, 6, 9 ve 12 oranlarında renklendirici olarak ilave edilmiştir. Atığın kimyasal analizinde bulunan oksitler sırasıyla %27,63 Fe_2O_3, %22,16 SiO_2, %18,64 SO_3 %13,80 CaO, %4,37 Al_2O_3, %1,96 MgO, %1,49 Cr_2O_3, %0,15 NiO, %0,11 K_2O, %0,09 TiO_2, %0,05Mn_3O_4 şeklindedir. Ayrıca kimyasal analize göre atığın %9,50 oranında ateş zayiatı bulunmaktadır. Daha sonra mineralojik analizi ise X–ışını kırınım Empyrean Pan Analytical model XRD cihazı ile incelenerek Şekil 2' de verilmiştir. Bor esaslı ham sır reçetesinin hammadde kompozisyonu ise Çizelge 1'de verildiği gibidir.

Çizelge 1. Bor esaslı ham sır reçetesinin hammadde içeriği

Hammaddeler	(%) Oranları
Üleksit	30
Na-Feldspat	20
K-Feldspat	20
Kuvars	20
Kaolin	10

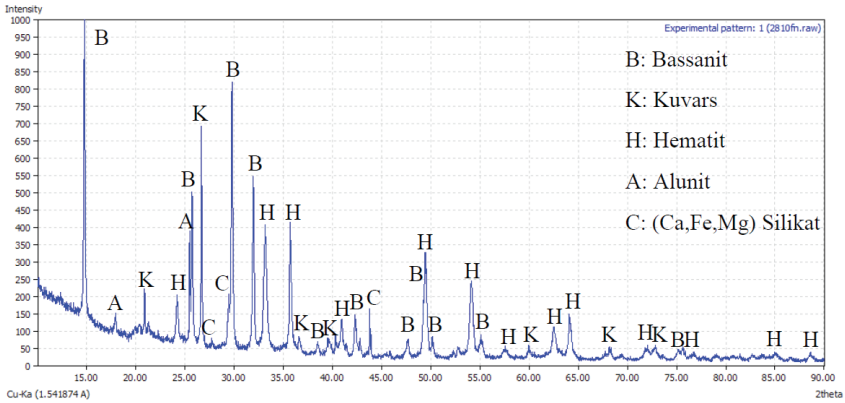
%0, 3, 6, 9 ve 12 atık katkılı ham sırların TSE 10850 porselen sofra eşyaları standartlarına göre kimyasal dayanım testleri yapılmış ve sonuçlar

Çizelge 2'de verildiği gibidir. Yapılan kimyasal dayanım sitrik asit testi olarak da anılmaktadır. Renkli numuneler 16 saat boyunca %10 sitrik asit karışımlı suda kaynatılıp gramaj değişimi kontrol edilir ve ardından 20 yıkamalık endüstriyel bulaşık deterjanı ile yıkama yapılır. Renk ve parlaklık değişimleri ve ayrıca gramaj kayıpları kontrol edilir. Oluşan ağırlık kayıpları yapıda aşınmanın olduğunu göstermektedir ve buda numunelerin ev kimyasalları ile reaksiyona girdiğini göstermektedir. Numunelerde oluşan gloss değeri (+,-)0,05 değişimi ise normal kabul edilmektedir.

3. Deneysel Çalışmaların Sonuçları

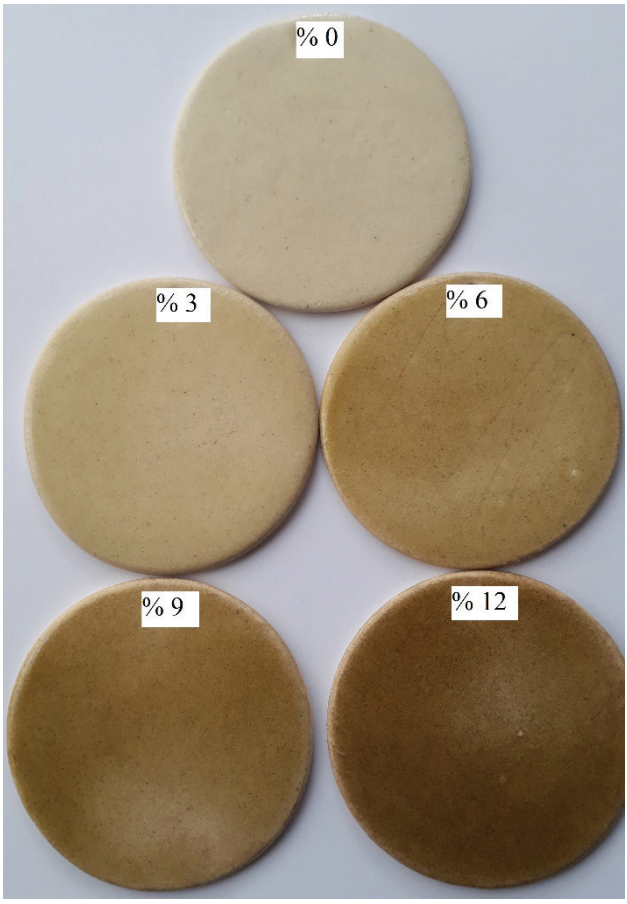
Çalışmada kullanılan Ni-Co kompozitin atığının XRD analizi difraktogramda yer alan pikler değerlendirildiğinde 2810 FN (Final Nötralizasyon) numunesinin majör olarak Bassanit (yapısında yarım mol su içeren kalsiyum sülfat minerali), Kuvars ve Hematit karakteristik piklerini içerdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Alunit (Al-Sülfat Minerali) karakteristik pikleri görülmüş, ek olarak ise (Ca,Fe,Mg) Silikat minerallerinin minör piklerine rastlanmıştır.

Şekil 1'de oluşan pikler görülmektedir.



Şekil 1. Ni-Co kompozitin atığının XRD analizi

Çalışmada seramik altlık üzerine uygulanan % 0, 3, 6, 9 ve 12 oranında atık katkılı bor esaslı ham sır içerisindeki pişirme sonrası yüzey fotoğrafları Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Yüzeylerde atık oranı arttıkça renk olarak açık krem renginden koyu kahverengi arasında renk tonları elde edilmiştir. Uygulanan hızlı pişirim sonrasında sırların yüzeyde homojen bir tabaka oluşturduğu ve atığın sırda ergidiği görülmüştür.



Şekil **2.** *Atık katkılı bor esaslı ham sır uygulanmış numunelerin pişme sonrası fotoğrafları*

Çizelge 2'de seramik bünye üzerine uygulanan %0, 3, 6, 9 ve 12 oranında atık katkılı bor esaslı ham sır uygulanarak hızlı pişirime tabi tutulmuş deneme numunelerinin L*a*b*-Gloss sonuçları ve kimyasal dayanım uygulandıktan sonra numune yüzeylerinden alınan L*a*b*-Gloss sonuçları verilmiştir. Ham sır reçetelerinde atık oranı arttıkça L* değeri %34,4 azalırken, a* %67,2 ve b* %42,4 değerinin arttığı görülmektedir. Gloss değeri ise bor esaslı sırda dalgalı bir değer göstermektedir. Bunun nedeni uygulama esnasındaki sır kalınlığındaki farklılıklar ve atığın artan oranı ile sırda ergime esnasında oluşan homojenite kaybı denilebilir.

Sitrik asit çözeltisi hazırlandıktan sonra deneye tabi tutulacak numuneler belli boyutlardaki parçalar halinde temizlenir, kodlanır ve hazırlanır. Hazırlanan numuneler üzeri tamamen çözelti ile kaplanacak şekilde sıcaklığı ve (100±10) °C'ta sabit tutulan sitrik asit çözeltisine daldırılır

ve 16 h süreyle çözeltide bekletilir. Deney süresince beherdeki çözelti seviyesinin yeterli miktarlarda sıcak çözelti ilave edilerek işaretlenen seviyenin altına düşmemesi sağlanmalıdır.

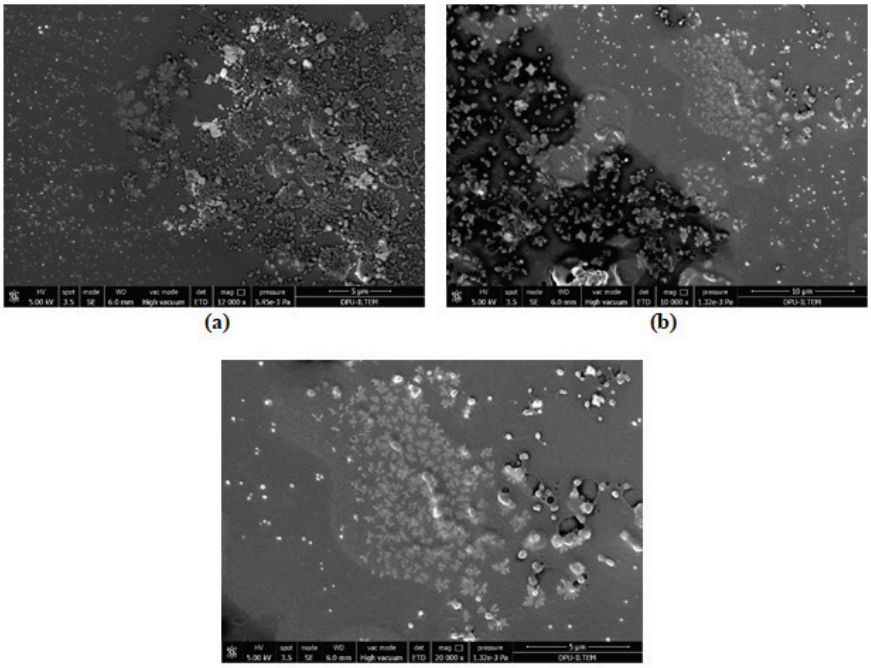
Deney süresinin tamamlanmasından sonra parçalar beherden alınır, damıtık su ile yıkanır ve bir bezle kurulanır. Ayrıca sitrik asit testi sonrasında numunelere 20 yıkamalık endüstriyel bulaşık deterjanı ile yıkama yapılmaktadır. Deneye tabi tutulan numune parçalarının sırlarında, deneye tabi tutulmayan numune parçalarının sırrına göre parlaklık kaybı olup olmadığı kontrol edilir. Deney tabi tutulan numunelerde ağırlık kaybı ve parlaklık kaybı olmaması beklenmektedir.

Çalışmada kimyasal dayanım testine tabi tutulan tüm numunelerde yaklaşık %1'lik ağırlık kaybı ve kimyasal dayanım testi sonrasında Gloss değerinde atık katkı oranına göre farklı oranlarda gloss kaybı oluşmuştur. Ağırlık kayıpları yapıdan aşınmanın olduğunu göstermekte buda ev kimyasalları ile reaksiyona girdiğini ve ev kimyasallarına dayanımın zayıf olduğu durumları belirtmektedir. Parlaklık kayıpları gloss değeri (+,-) 0,05 değerleri normal kabul edilmektedir.

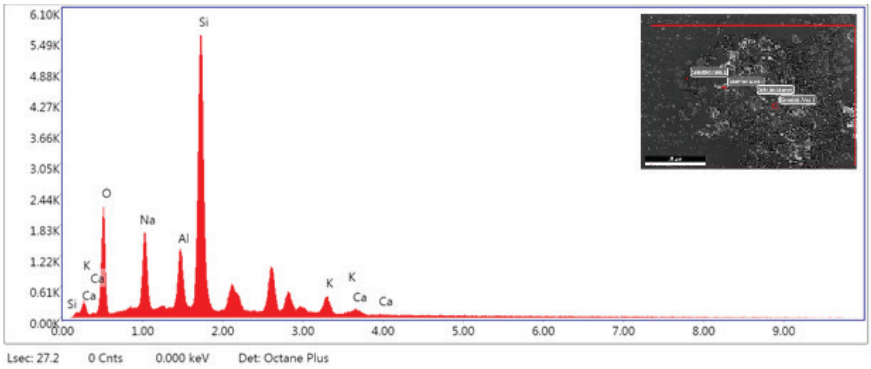
*Çizelge 2. Ni-Co kompozit katkılı bor esaslı ham sır numunelerinin ve kimyasal test sonrası sırların L*a*b* ve gloss değerleri*

Hammadde Oranı (%)	L*	a*	b*	Gloss	Kimyasal test sonrası	**L***	**a***	**b***	**Gloss**
0	79,03	1,69	17,40	68,50	0	75,93	1,69	17,40	63,50
3	74,51	1,22	24,58	74,80	3	72,10	1,92	23,84	71,70
6	65,24	2,86	29,89	65,79	6	62,60	3,24	29,26	52,60
9	55,98	4,34	34,56	84,50	9	57,09	4,13	31,18	79,30
12	51,82	5,16	30,24	78,40	12	52,26	5,15	28,57	78,10

Şekil 3'te %3 Ni-Co kompozit atığı ilaveli bor esaslı ham sır reçetelerinin 3 farklı büyütme oranından alınan SEM görüntüleri görülmektedir. Bu görüntülerden atık katkısının sır içerisinde homojen dağıldığı söylenebilir. Şekil 4'te %3 atık içeren borlu sır yüzeyinden elde edilen EDX analizi verilmiştir.

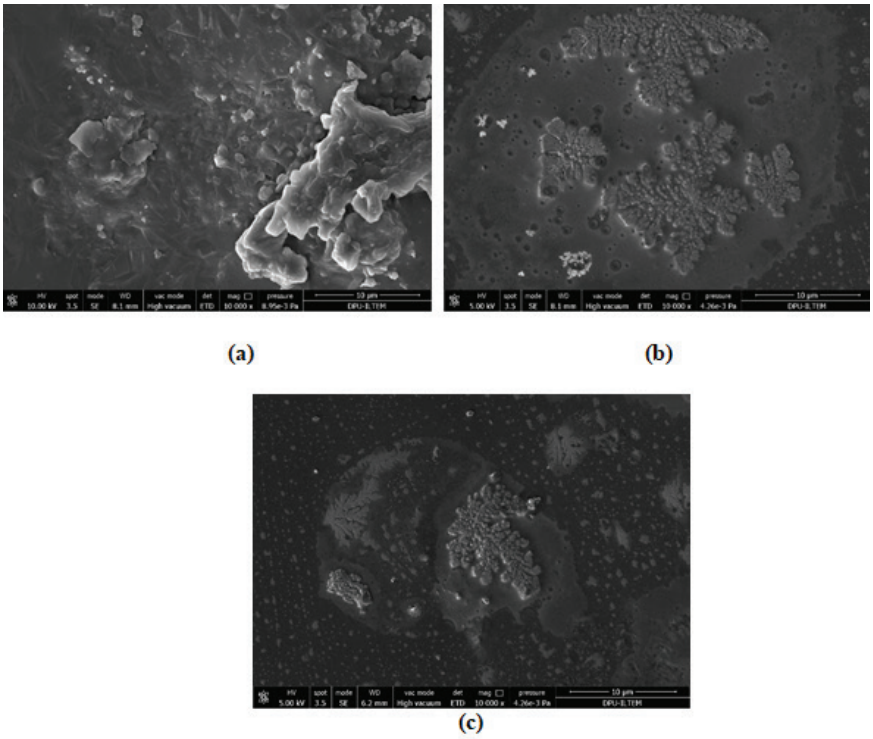


Şekil 3 . Ni-Co atığının % 3 oranında bor esaslı ham sır reçetesine katkısı sonucunda elde edilen a) Sır yüzeyinden alınan 12000 X'deki SEM görüntüsü, b) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki görüntüsü ve c) Sır yüzeyinden alınan 20000 X'deki görüntüsü.

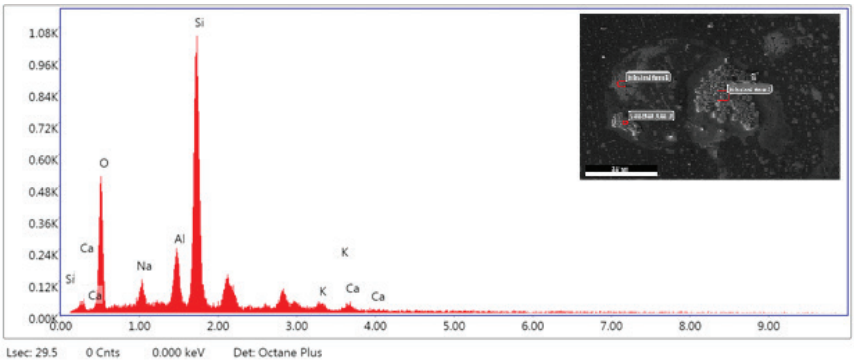


Şekil 4. Ni-Co atığının % 3 oranında bor esaslı ham sır reçetelerinin sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki EDX analizi.

Şekil 5'te %6 atık ilaveli bor esaslı ham sır reçetelerinin 3 farklı büyütme oranından alınan SEM görüntüleri görülmektedir. Bu görüntülerden atık katkısının sır içerisinde homojen dağıldığı söylenebilir. Şekil 6'da %6 Ni-Co kompozit atığı içeren borlu sır yüzeyinden elde edilen EDX analizi verilmiştir.

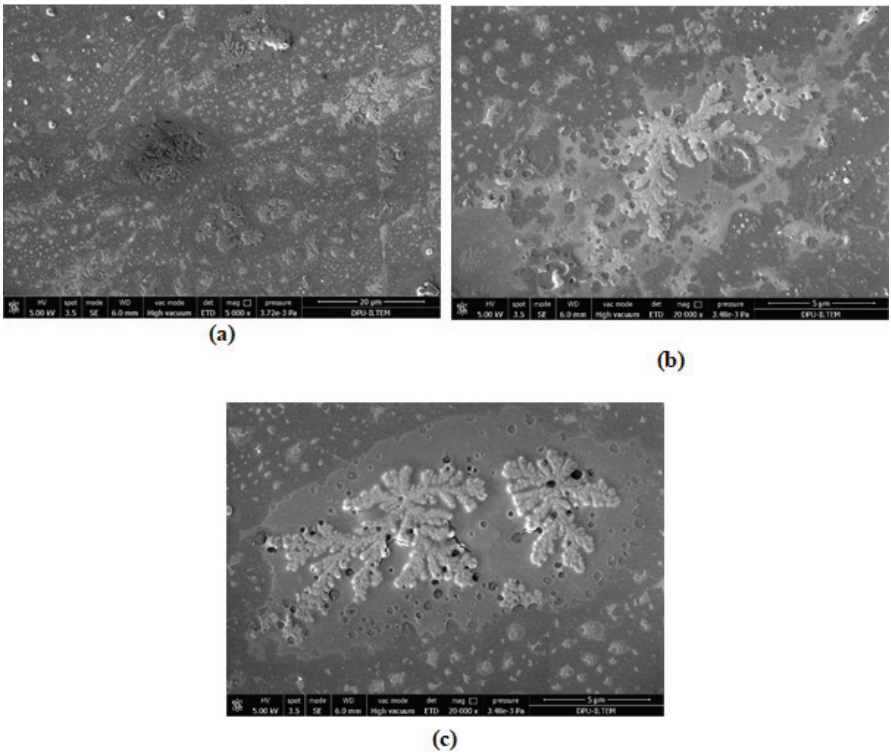


Şekil **5.** *Ni-Co atığının % 6 oranında bor esaslı ham sır reçetesine katkısı sonucunda elde edilen a) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki SEM görüntüsü, b) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki görüntüsü ve c) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki görüntüsü.*

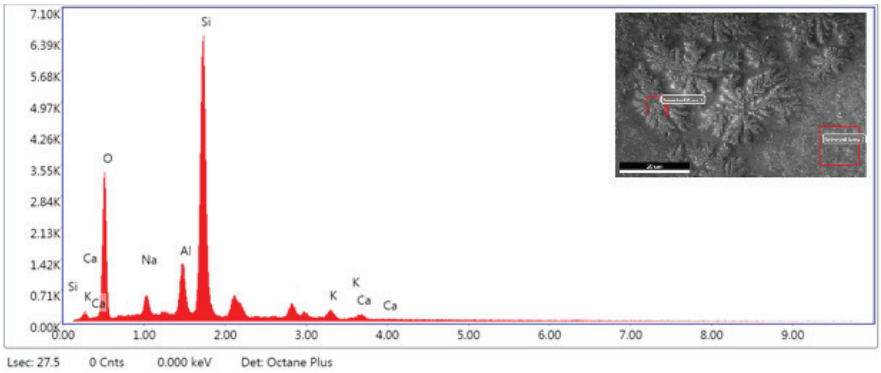


Şekil 6 . *Ni-Co atığının % 6 oranında bor esaslı ham sır reçetelerinin sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki EDX analizi.*

Şekil 7'de %9 atık ilaveli bor esaslı ham sır reçetelerinin 3 farklı büyütme oranından alınan SEM görüntüleri görülmektedir. Bu görüntülerden atık katkısının sır içerisinde homojen dağıldığı söylenebilir. Şekil 8'de %9 Ni-Co kompozit atığı içeren borlu sır yüzeyinden elde edilen EDX analizi verilmiştir.

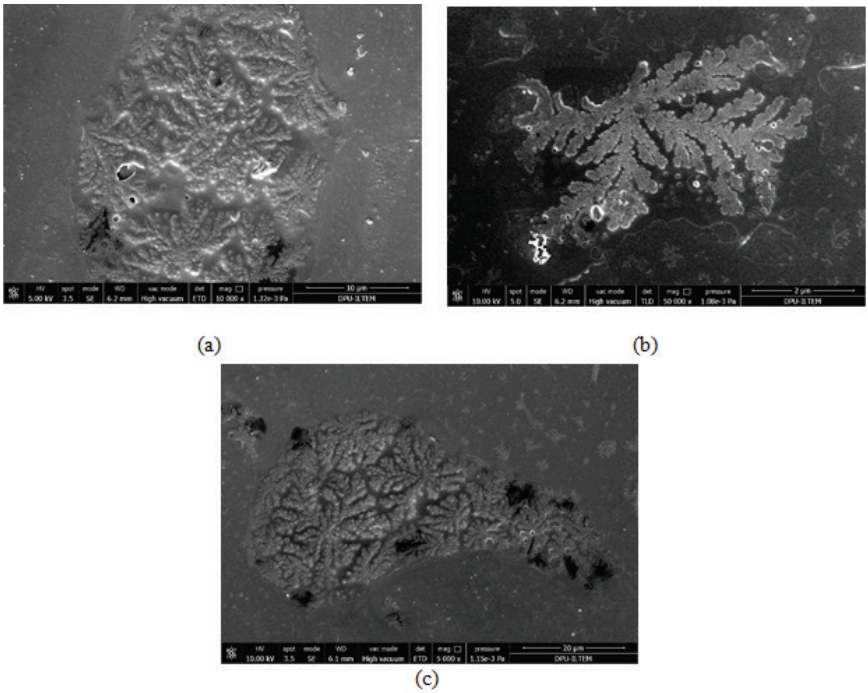


Şekil **7.** *Ni-Co atığının % 9 oranında bor esaslı ham sır reçetesine katkısı sonucunda elde edilen a) Sır yüzeyinden alınan 5000 X'deki SEM görüntüsü, b) Sır yüzeyinden alınan 20000X'deki görüntüsü ve c) Sır yüzeyinden alınan 20000 X'deki görüntüsü.*

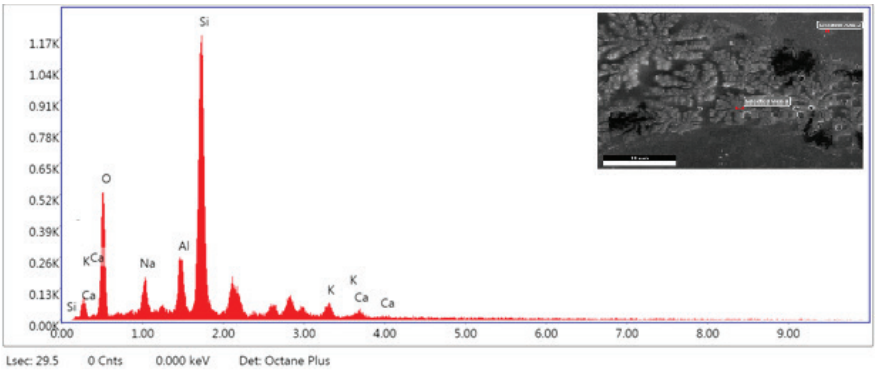


Şekil 8 . *Ni-Co atığının % 9 oranında bor esaslı ham sır reçetelerinin sır yüzeyinden alınan 5000 X'deki EDX analizi.*

Şekil 9'da %12 atık ilaveli bor esaslı ham sır reçetelerinin 3 farklı büyütme oranından alınan SEM görüntüleri görülmektedir. Bu görüntülerden Ni-Co kompozit katkısının sır içerisinde homojen dağıldığı söylenebilir. Şekil 10'da %12 atık içeren borlu sır yüzeyinden elde edilen EDX analizi verilmiştir.



Şekil **9 .** *Ni-Co atığının % 12 oranında bor esaslı ham sır reçetesine katkısı sonucunda elde edilen a) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki SEM görüntüsü, b) Sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki görüntüsü ve c) Sır yüzeyinden alınan 5000 X'deki görüntüsü.*



Şekil 10. *Ni-Co atığının % 12 oranında bor esaslı ham sır reçetelerinin sır yüzeyinden alınan 10000 X'deki EDX analizi.*

Şekil 4, 6, 8 ve 10'da görülen sır yüzeylerinden alınan EDX analizlerinin oksit oranları Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. %3, %6, %9 ve %12 Ni-Co kompozit atığı ilaveli sır reçetelerinden alınan EDX analiz sonuçları.

Oksit	**%3 katkılı**	**%6 katkılı**	**%9 katkılı**	**%12 katkılı**
Na_2O	4,30	1,63	2,68	2,42
Al_2O_3	14,08	12,29	10,42	9,31
SiO_2	72,96	73,68	70,36	68,23
K_2O	4,14	4,99	7,62	13,13
CaO	4,52	7,41	8,92	6,91

Ni-Co sektörü atığının bor esaslı ham sır reçetesine ilavesi ve endüstriyel pişirim koşullarında pişirilmesi sonucunda elde edilen katkılı sırların farklı büyütmelerde çekilen SEM görüntülerinde genel olarak şunları söyleyebiliriz. Atık içerisinde bulunan Fe'in sır kompozisyonu içerisinde ergiyerek cam yapı içerisine hapsolduğu söylenebilir.

Atık malzemenin sır içerisinde kullanım oranı arttıkça sır içerisindeki kristallenme oranı artmıştır. Sır içerisindeki yaprak formunda oluşan kristal fazların dentritik bir oluşum gösterdiği ve SEM'deki büyütme oranı arttıkça dentritik kristalin yapının daha belirgin olduğu görülmektedir.

Kristallere uygulanan EDX analizleri sonucunda kristal yapıların ağırlıklı olarak Si, Al, Ca, Na ve K içerdiği görülmektedir. EDX analizleri sonrasında sayısal olarak %3 Katkı oranından %12 katkı oranına değiştirildiğinde Si, Al, Ca Na ve K elementlerinde değişiklikler gözlemlenmiştir. EDX analizlerinden atıkta kullanılan Fe içeriği oldukça yüksek olmasına rağmen Fe'in ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu durum Fe'in borlu ham sır içerisinde çözündüğünü ve camsı yapı içerisinde hapsolduğunu kanıtlamaktadır.

Yapılan kimyasal dayanım sonuçlarında hem ağırlık kaybı hem de gloss-parlaklık kaybı görülmüştür. Bu durumun en büyük sebebinin Fe'in sır içerinde çözünerek kristal yapı formunda kalmamasıdır. Toprak alkali oksitlerin ağırlıkça yüksek oranda EDX kristal yapıları içerinde ortaya çıkması ile kimyasal dayanımda yüzeysel bir aşınma olmazken, parlaklık kaybını açıklamaktadır.

Genel olarak bu çalışma sonucunda seramik bünyeler üzerine uygulanan borlu sırlarda farklı miktarlarda Ni-Co kompozit atığının renklendirici olarak kullanımıyla açık kremden kahverengiye doğru değişen renk tonlarının elde edilebileceği görülmüştür. Nikel kobalt kompozit atığından renklendirici olarak yararlanılabileceği ve borlu sırların özelliklerini bozulmaksızın seramik bünyelerde sırı renklendirmek amacıyla kullanılabileceği düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar bu çalışmanın gerçekleşmesinde sağladığı Ar–Ge desteklerinden dolayı Tulu Porselen A.Ş'ye, kimyasal dayanım testlerindeki yardımlarından dolayı yüksek müh. Musa Akman'a, DPU-Bap Projesi, Proje No: 2021/ 37 ile Dumlupınar Üniversitesi ve İleri Teknolojiler Merkezi (İLTEM) çalışanlarından Mehmet AKKAŞ'a teşekkür ederler.

KAYNAKÇA

1. Arcasoy, A., (1983). Seramik teknolojisi. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Yayın no:2.
2. Genç S., (1999). Kristal sırların araştırılması ve sır içinde kristal nüvelerin geliştirilmesi (1200 °C), Sanatta Yeterlilik tezi.
3. Ispalarlı M., Yıldızay H. ve Taşçı E., (2019), Sırsız seramik bünyelerde-renklendirici olarak manyetit Kullanımı", International Conference on Material Science and Technology in Kızılcahamam/Ankara (Imstec2019)-18-20 October 2019 s. 745-748
4. Jones, G.O., (1971). Glass, Northumberland Pres Ltd. Gateshead, Great Britain, Second Edition.
5. Karasu, B., Kaya, G., Çakir, A. (2011). Characterization of diopside-based glass-ceramic porcelain tile glazes containing borax solid wastes. J. Ceram. Process. Res. 12, 135–139
6. Koenig, J. H. (1937). Lead Frits and Fritted Glazes. Ohio State Univ. Studies, Engineering Series. Vol. VI, No 2.
7. Liu, D.M., (1996). Porous Ceramic Materials Fabrication, Characterization, Applications, Trans Tech Publications, Aedermannsdorf, Switzerland,240p.
8. Lord, C.E., (1998). Alkali Borosilicate Glasses as Precursors for. Nanocomporous Membranes, Doktora Tezi, Alfred University, New York. 85 sayfa.
9. Archegas, L. R., de Menezes Caldas, D. B., Rached, R. N., Soares, P., and Souza, E. M. (2012). Effect of ceramic veneer opacity and exposure time on the polymerization efficiency of resin cements. Operative dentistry, 37(3), 281–289.
10. Meta Nikel Kobalt A.Ş .(n.d.). http://www.metanikel.com.tr/mhp-uretiyoruz
11. Mirdalı, N.K, (2017). Inorganic wastes in glaze recipes and their effects on micro-structure. Journal of the Australian Ceramic Society. 53, 713–718
12. National Minerals Information Center, (2021). Statistics and information on the worldwide supply of, demand for, and flow of the mineral commodity nickel. U.S. Department of the Interior. https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2021/mcs2021-nickel.pdf
13. Ozturk, Z, B, Pekkan; K., Tasci, E.,Yilmaz , S. (2020). The effect of granulated lead–zinc slag on aesthetic and microstructural properties of single-fired wall tile glazes, Journal of the Australian Ceramic Society Vol 56, 609–617

14. Özel and Turan, 2003, Production and characterisation of iron-chromium pigments and their interactions with transparent glazes, Journal of European Ceramic Society, 23-12, 2097-2104

15. Pehlivan E., Yazıcı M. ve Güner G., (2014). Endüstriyel Katı Atıklar ve Geri Kazanım, ISEM2014, Adiyaman-Turkiye

16. Tanisan, B., Turan, S. (2011). Black ceramic pigments for porcelain tile bodies produced with chromite ores and iron oxide waste. Journal of Ceramic Processing Research, Vol.12, 462-467.

17. Tasci E., Coşkun N.D., Pekkan K., Uz V., (2014), "Doğal Zeolitlerin Seramik Pigment Olarak Kullanılabilirliği", AKU J. Sci. Eng. 14 , (213-218).

18. TMMOB Türkiye Maden Mühendisleri Odası., (2012). Nikel Raporu,52.

19. Vogel, W., (1994). Glass Chemistry, Springer-Verlag , Berlin, Second Edition.

20. Yesilay, S., Cakı, M., Ceylantekin, R., (2017). Recycling of Afyon- Iscehisar marble waste in transparent stoneware glaze recipes. J. Aust. Ceram. Soc. 53, 475–484

21. Yeşilay S., 2018, " Mermer Atığı İlavesi İle Mat Sır Bileşimlerinin Üretimi", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi 26 (3),123-131.

22. Yıldızay H., Taşçı E, (2021). Mühendislik alanında araştırmalar, Serüven yayınevi, Aralık, "Ni-Co Kompozitinin Borlu Sırlarda Etkilerinin İncelenmesi", S.123-136

23. Yıldızay H., Taşçı E. (2021). Ni-Co Kompozit Atığının Stoneware Bünyelerde Mekanik Özelliklere Etkisinin İncelenmesi, 6nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'21), /TURKEY, s.293-298

24. Yıldızay H.ve Taşçı E, (2019). Lateritik Nikel Cevherinden Elde Edilen Nikel-Kobalt Oksit Kompozitinin Stoneware Sırındaki Renk Etkileri. Akü Femübid, Özel Sayı (204-211).

Bölüm / Chapter 2

CCB (BAKIR-KROM-BOR) NANO PARTİKÜLLERLE GÜÇLENDİRİLMİŞ AHŞAP YAPI ELEMANLARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

***Tahir AKGÜL*[1]**

1 Tahir AKGÜL, Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü ORCID: 0000-0003-4826-9212

Bu Çalışma "CCB nano partiküllerle güçlendirilmiş ahşap yapı elemanlarının mekanik özelliklerinin incelenmesi" Doktora Tezinden Üretilmiştir. Yazar: Tahir AKGÜL, Danışman: Prof. Dr. Ahmet Celal APAY
Sakarya Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği A.B.D. Yapı Bilim Dalı , Konu: İnşaat Mühendisliği Tez No: 354275

1. GİRİŞ

Günümüzde ahşap, beton, çelik, taş, plastik, cam gibi malzemelerin çeşitli şekil ve oranlarda bir araya getirilmesi ile daha kullanışlı kompozit malzemeler elde edilmektedir. Öte yandan elde edilen bu ürünlerin yüksek teknolojik ürünlerle desteklenerek hem mekanik ve fiziksel özellikleri hem de kullanım yerleri, alışılmışın çok ötesine taşınabilmektedir. Geliştirilen bu ürünler genelde risk seviyesi yüksek (savunma ve silah sanayi vb.) uygulamalarda kullanılmaya başlanmış ancak son zamanlarda farklı birçok sektörle beraber yapısal uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır.

İleri teknolojik ürün üretimi denildiğinde, hiç şüphesiz ilk akla gelen uygulamalardan biri nano boyutta üretilen malzemelerle geliştirilmiş nano teknolojik ürünlerdir. Günümüzde nano teknolojinin, savunma, silah sanayi, tıp, sağlık, gıda, giyim, enerji ve inşaat gibi birçok endüstriyel alanlarda, gerek bilimsel çalışmalar düzeyinde gerekse uygulama düzeyinde kullanımı oldukça yaygınlaşmaktadır.

Literatür ve uygulama alanları incelendiğinde inşaat sanayinde nano teknoloji genellikle inşaatta kullanılan malzeme özelliklerinin iyileştirmesi, geliştirilmesi, korunması veya yeni kompozit malzemelerin üretilmesi amaçlı kullanılmaktadır (Cestari, 2012 – Kaygın, 2009)

Öte yandan yapı sektöründe kullanılan başlıca malzemelerden birisi ahşaptır. Ahşap ilk çağlardan bu yana yapı tasarımında sıklıkla kullanılmış olmakla beraber doğal-organik bir yapıya sahip olmasından dolayı sürekli korunmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, eski çağlardan günümüze, ahşaba birçok koruma yöntemi uygulanmaktadır. Farklı yöntem ve tekniklerden oluşan bu koruma yöntemlerinin başında emprenye yöntemi gelir. Emprenye özellikle ahşabın fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla ahşaba farklı kimyasalların emdirilerek uygulanan koruma yöntemidir (Acker, 1993- Aslan, 1998- Göker,1985- Yıldız,2004).

Günümüzde emprenye birçok farklı malzeme ve yöntem kullanılarak uygulanmaktadır. Emprenye de kullanılan malzemeler ahşabın kullanım amacına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Kullanılan emprenye maddelerinin çoğu ahşabın böceklenme, mantarlanma, yıkanma, UV ışınlarının zararlı etkileri, su geçirimi ve çürüme gibi fiziksel ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla uygulanmaktadır. Piyasada organik maddeler içermesinden ve su bazlı üretilebilmelerinden dolayı en sık uygulanan emprenye malzemeleri Bakır-Krom-Arsenik (CCA) ve Bakır-Krom-Bor (CCB)'dir. CCA emprenye konsantresi insan sağlığı için

oldukça zararlı olarak bilinen Arsenik içermesinden dolayı, özellikle yaşam alanlarında kullanılmamaktadır. Bunun yerine insan sağlığı üzerinde olumsuz etkisi bulunmayan CCB emprenye malzemesi tercih edilmektedir. CCB emprenye malzemesi genelde ahşap direklerde, çocuk oyun alanlarında, kent-bahçe mobilyalarında ve yapı sistemleri tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kartal, 1998/1999-Wınandy,1989). CCB bileşiği içerisinde yer alan Bakır (Cu) ve Krom (Cr) özellikle ahşabın suya karşı dayanımının artırılması çürümenin geciktirilmesi ve tutuşma kabiliyetinin azaltılması ve yangın dayanımının artırılması amacıyla kullanılırken, Bor (B) bileşimli tuzlar ise ağaç malzemeyi mantar, böcek, termit ve deniz zararlılarına karşı koruyucu olarak kullanılmaktadır (Sivrikaya, 2004).

Birçok olumlu yönüyle yaygın kullanım alanına sahip olan CCB emprenye maddesi ahşabın mekanik dayanımı açısından olumsuz sonuçlar vermektedir (Kartal 1998). Özellikle içerisinde yer alan bor ve krom bileşenleri nedeniyle çözeltinin bazik bölgede olması ve bazların odunda lignin ve bazı ekstraktifleri çözündürücü etkisinin olmasından dolayı ahşabın direncini olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır (Baysal 2005). Öte yandan çözelti içerisinde yer alan metal tuzlarının ahşap lifleri arasında çentik etkisi yaparak ahşabın dayanımını düşürdüğü tahmin edilmektedir. Bu durum ahşabın emprenye edilmesinin birçok avantajının yanında en önemli dezavantajını oluşturmaktadır. Yapılan bu çalışma ahşabın emprenye edilmesi sonucu ortaya çıkan bu olumsuzluğun ortadan kaldırılması hedeflenmiştir.

2. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

2.1. Ahşap

Deney örneklerinin hazırlanmasında kullanılan sarıçam, Sakarya bölgesindeki kereste işletmelerinden rastgele seçim yöntemi ile temin edilmiştir. Deneysel çalışmalarda kullanılacak ahşap malzeme seçiminde, 1. sınıf kerestenin, normal büyüme göstermiş, kurutulmuş, kusursuz, lifleri düzgün, budaksız, ardaksız, mantar ve böcek zararlarına uğramamış olmasına özen gösterilmiştir. Açık havada kurutulmuş ahşabın nem oranı %15±3 aralığında ve ortalama yoğunluğu 0,55 g/cm^3'tür. Numuneler, yapılacak deneyler dikkate alınarak lif yönlerine uygun kesilerek hazırlanmıştır.

2.2. Ahşap numunelerin hazırlanması

Ahşap numuneler gözle görünür çatlak, çürük, mantarlanma, budak vb. kusurları olmayan kurutulmuş 1. sınıf sarıçam keresteden elde edilmiştir.

Numuneler ASTM D143-09 standardı esas alınarak lif yönlerine göre kesilmiştir. Boyutları yine ilgili standarda göre tespit edilen numunelerin boyutları orantılı olarak küçültülmüştür.

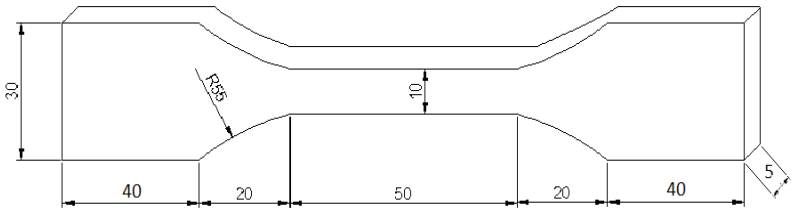
ASTM D143-09'a göre hazırlanan numuneler ve boyutları aşağıda belirtilmiştir;

a) Statik Eğilme (Static Bending): Numunelerin boyutları ilgili standartta 25*25*410 mm olarak belirlenmiştir. Deneysel çalışmaların daha güvenilir olması amacıyla kullanılacak numune sayısının yüksek tutulması için numuneler ilgili standarda göre ½ oranında küçültülerek 12,5*12,5*205 boyutlarında hazırlanmıştır.

b) Liflere Dik Basınç Deneyi (Compression Perpendicular to Grain): ASTM D143-09'de numuneler 50*50*150 mm büyüklüğünde verilmiştir. Numuneler ½ oranında küçültülerek 25*25*75 boyutlarında hazırlanmıştır.

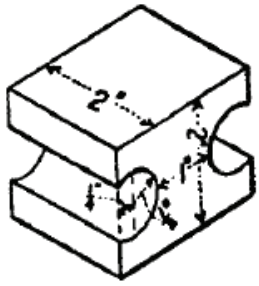
c) Liflere Paralel Basınç Deneyi (Compression Parallel to Grain): ASTM D143-09'de numuneler 50*50*150 mm büyüklüğünde verilmiştir. Numuneler 1/3 oranında küçültülerek 16,5*16,5*65,5 boyutlarında hazırlanmıştır.

d) Liflere Paralel Çekme Deneyi (Tension Parallel to Grain): Numune boyutları şekil üzerinde verilmiştir (Şekil 1). Liflere paralel çekme deneyi numuneleri ASTM standardına uygun üretilemediğinden ISO 3345:1975 EQV (TS 2475) standardına uygun olarak üretilmişlerdir. Numune boyutları küçük olduğundan elle veya freze ile kesilemeyen bu numuneler lazer ile kesilmişlerdir.



Şekil 1. Liflere paralel çekme deneyi numunesi (Boyutlar mm'dir)

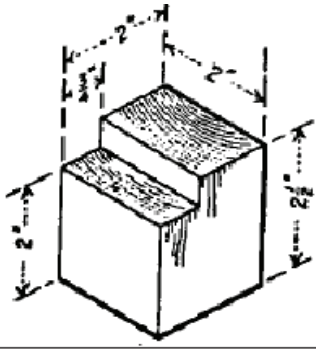
e) Liflere Dik Çekme Deneyi (Tension Perpendicular to Grain): Numeneler ASTM D143-09 standardına göre hazırlanmış olup, boyutları Şekil 3.2'de verilmiştir.



in	¼	½	1	2
mm	6	13	25	50

Şekil 2. Liflere dik çekme deneyi numunesi

f) Liflere Paralel Kesme Deneyi (Shear-Parallel-to-Grain): Numeneler ASTM D143-09 standardına göre hazırlanmış olup, boyutları Şekil 3.3'te verilmiştir.



in.	¾	2	2½
mm	20	50	63

Şekil 3. Liflere paralel kesme deneyi numunesi

2.3. Emprenye maddesi

Deney örneklerinin emprenyesinde kullanılan bileşikler piyasada yaygın olarak kullanılan, hem insan hem de çevre üzerinde olumsuz etkisi olmayan ve ahşabın birçok fiziksel özelliğini iyileştiren CCB (Bakır-Krom-Bor) emprenye malzemesidir. Ancak makro veya mikro yapıdaki bileşik tuzlarla oluşan bu malzemeler ahşabın mekanik dayanımını belirli oranlarda düşürmektedir (Kartal, 1998). Bu çalışmada emprenye malzemesinin bu dezavantajını ortadan kaldırmak ve emprenye sonucunda daha iyi mekanik dayanım elde edilmesini sağlamak amacıyla tanecik boyutu nano düzeyde olan CCB malzemeleri kullanılmıştır. Emprenye işlemlerinde farklı oranlarda su içerisinde disperse

(dağıtılarak) edilerek kullanılan nano parçacıkların özellikleri aşağıda verilmiştir.

- Bakır (II) oksit (CuO_2): Koyu kahverengi renkte olup Alfa Aesar firması tarafından NanoArc® U1121W ticari koduyla %99,9 saflıktaki 30 nm çaplı nano parçacıkların su içerisinde %50 oranında disperse edilmesiyle üretilmiştir.

- Krom Oksit (Cr_2O_3): NP-CHO6 ticari koduyla Grafen firması tarafından üretilmiş olup %99+ saflıkta, 60 nm çapında ve yeşil renktedir.

- Bor Oksit (B_2O_3): NP-BO8 ticari koduyla Grafen firması tarafından üretilmiş olup %99,5 saflıkta, 80 nm çapında ve beyaz renktedir.

Nano CCB emprenye maddesi, saf su içerisinde ağırlıkça % 2 oranında bakır oksit, krom oksit, bor oksit nano parçacık içermektedir. NanoCCB karışımını oluşturan madde oranları ise şöyledir: Ağırlıkça bakır bileşeni %36, krom bileşeni %40 ve bor bileşeni %24'tür.

2.4. Emprenye edilecek nano parçacıkların hazırlanması

Ahşaba emdirilmek üzere hazırlanan kolloidal yapı, saf su ve belirlenen oranda eklenen nano parçacıklardan oluşmaktadır. Nano parçacıkların kolloidal yapı içerisinde homojen olarak dağılması ve emprenye işlemi süresince çökmemesi gerekmektedir. Bu nedenle yüzey aktif madde olarak kloroform (CHCl3) kullanılmıştır. Bakır oksit, bor oksit ve krom oksit nano parçacıklardan, belirlenen oranlarda alınarak oluşturulan CCB karışımı kloroformla kaplandıktan sonra saf su içerisinde % 2 oranında solüsyon hazırlanmış ve homojenizatörde 60 dk boyunca, % 50 devirde, % 50 güç altında karıştırılarak disperse edilmiştir. Tercih edilen uygulamada, kullanılan homojenizatör Bandelin SonoPlus 2200'dür. Nano parçacıkların uygun süre aralığında askıda kalması disperse süresine, homojenizatörün şiddet ve frekansına, kolloidal çözeltinin miktarına, parçacık yoğunluğuna, malzemenin cinsine, tanecik boyutuna ve kullanılan yüzey aktif maddeye bağlıdır. Bahsedilen parametreler dikkate alınarak yapılan çalışmalar sonunda nano parçacıkların disperse olup olmadığını ölçmek amacıyla koloidal çözeltinin zeta potansiyeli ölçülmüştür.

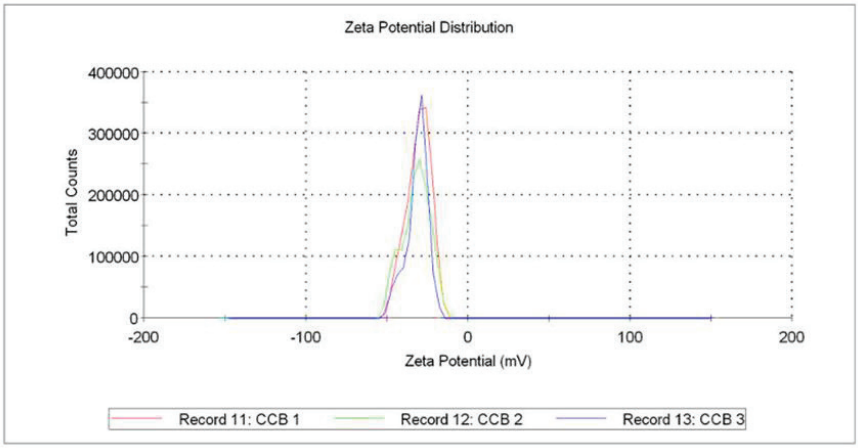
2.5. Koloidal Çözeltinin Zeta Potansiyelinin Ölçülmesi

Koloidal yapılarda kullanılan elementlere bağlı olarak tanecikler arası oluşan itme veya çekim değerleri birbirinden farklıdır. Koloidal çözeltilerde bu kuvvet ölçülerek taneciklerin çökme eğiliminde olup olmadıkları tespit edilir. Zeta potansiyeli, parçacığın yüzeyi üzerindeki net etkili yükü göstermektedir. Zetametre ile ölçülür ve birimi mili volttur.

Nano partükülleri disperse edilen % 2'lik konsantrasyona sahip kolloidal çözeltinin zeta potansiyeli ölçülmüştür. Grafik 1'e atfen; ölçüm sonucunda çözeltide zeta potansiyeli -31,5 mV olarak tespit edilmiştir. Elde edilen bu sonuç tanelerin homojen askıda durması açısından uygun bir değer olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamadan sonra hazırlanan nanoCCB koloidal çözeltisinin ahşaba emprenye edileye hazır olduğu değerlendirilmiştir.

			Mean (mV)	Area (%)	Width (mV)
Zeta Potential (mV):	-31,5	Peak 1:	-31,5	100,0	6,66
Zeta Deviation (mV):	6,66	Peak 2:	0,00	0,0	0,00
Conductivity (mS/cm):	0,00900	Peak 3:	0,00	0,0	0,00

Result quality : Good



Şekil 4 - % 2 konsantrasyonlu CCB koloidal çözeltinin zeta potansiyel grafiği

2.6. Emprenyenin yapılması

Emprenye işlemi, alçak basınç- vakum emprenye sistemi ile ve ASTM-D1413-76 standardına göre yapılmıştır. Kazan içerisine yerleştirilen ahşaba 60 dakika süreyle 760 mm Hg-1 negatif basınca eşdeğer ön vakum uygulanarak ortamdaki hava alındıktan sonra nanoCCB emprenye malzemesi kazana aktarılmış ve ortama 3 bar basınç uygulanmıştır. Daha sonra ortamdaki nanoCCB emprenye malzemesi dışarı alınıp tekrar 760 mm Hg-1 negatif basınçlı vakum uygulanarak ahşap yüzeyindeki fazla nanoCCB emprenye malzemesinin de alınması sağlanmıştır. Son olarak ahşap malzeme numunelerinin bir kısmı 104 °C'de etüvde 24 saat kurutulmuştur. Diğer kısmı ise, 30 gün boyunca açık havada kurutulmuştur. Nem oranının dengelenmesi için sonra 3 saat 105 °C etüvde bekletilerek % 15 ± 3 nem oranına ulaşılmıştır.

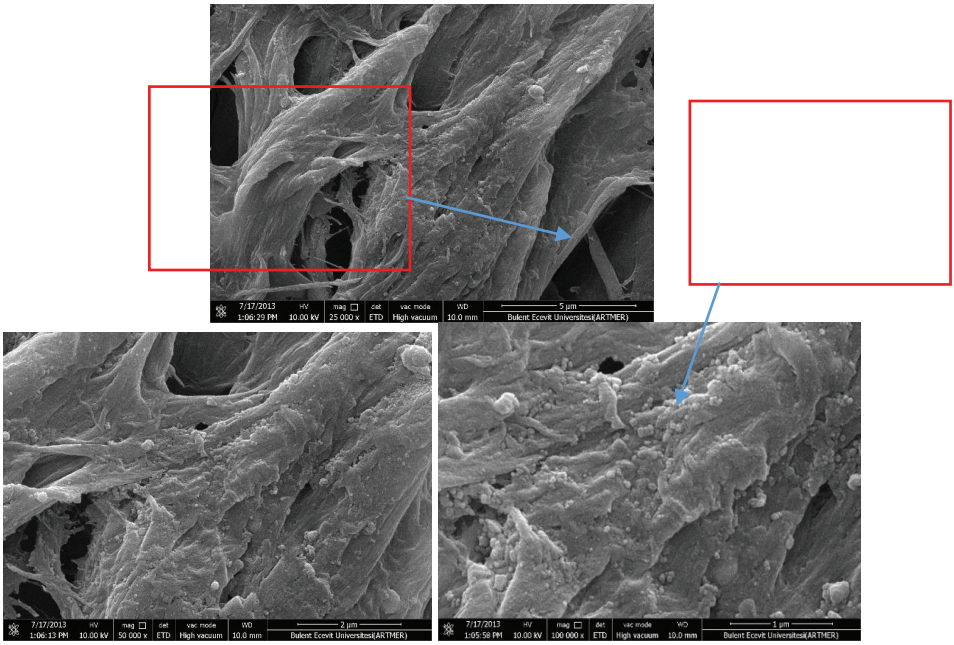
Emprenye işlemi esnasında numunelerin yoğunluğu sudan düşük olduğundan su yüzeyine çıkmalarını önlemek amacıyla üzerlerine teflon malzemeden yapılmış ağırlıklar yerleştirilmiştir. Yapılan emprenye işleminden sonra nano partiküllerin ahşabın içerisinde nufuziyetinin incelenmesi açısından numunelerin fe-sem görüntüleri ve elementel harita analizleri yapılmıştır.

3. NUMUNELERİN FE-SEM GÖRÜNTÜLERİ VE ELEMENTEL HARİTA ANALİZİ

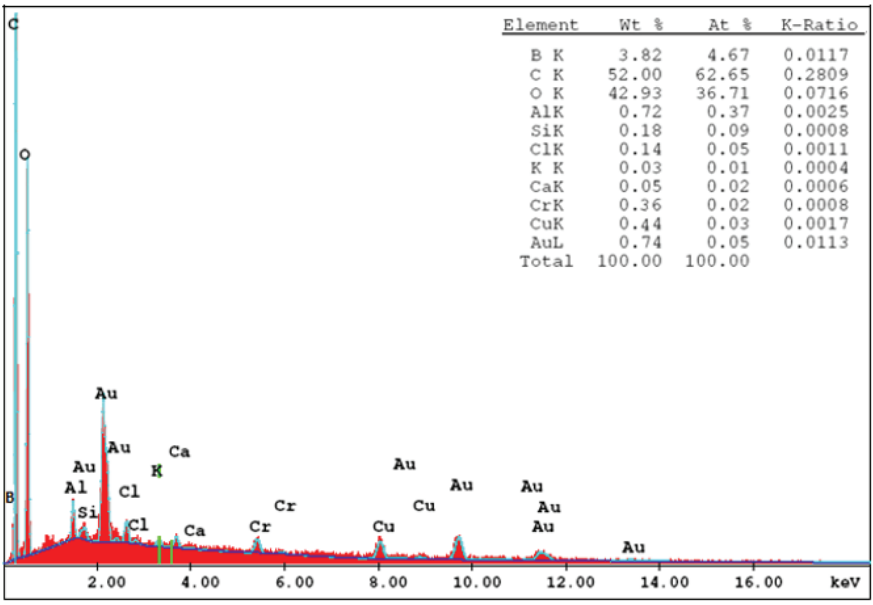
3.1. CCB-Açık Hava Numuneleri

Şekil 4.28'de %2 oranında bakır krom bor karışımı nano Parçacık emprenye edilip açık havada kurutulan numune için FE-SEM görüntüleri verilmiştir. Bu numunelerde de nano parçacıklarının malzemenin bazı bölgelerinde daha yoğun olsa bile tüm yüzeye yayıldığı görülmektedir. Öte yandan farklı boyutlardaki nano parçacıkların küçük öbekler halinde topaklaştığı ifade edilebilir.

Numunenin haritalama analizi incelendiğinde bu numunede ağırlıkça %3,82 Bor, %0,36 krom ve %0,44 bakır bulunduğunu tespit edilmiştir (Şekil 4.29). Şekil 4.28 ve Şekil 4.29'de verilen FE-SEM incelemelerine ait görüntülerde numune içeresine en az nüfuz eden nano parçacıkların krom oksit nano parçacıklar olduğu, en fazla nufuziyetinde diğer analizlerde olduğu gibi bor oksit olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5. %2 CCB emprenye edilerek açık havada kurutulan numuneden FE-SEM görüntüleri

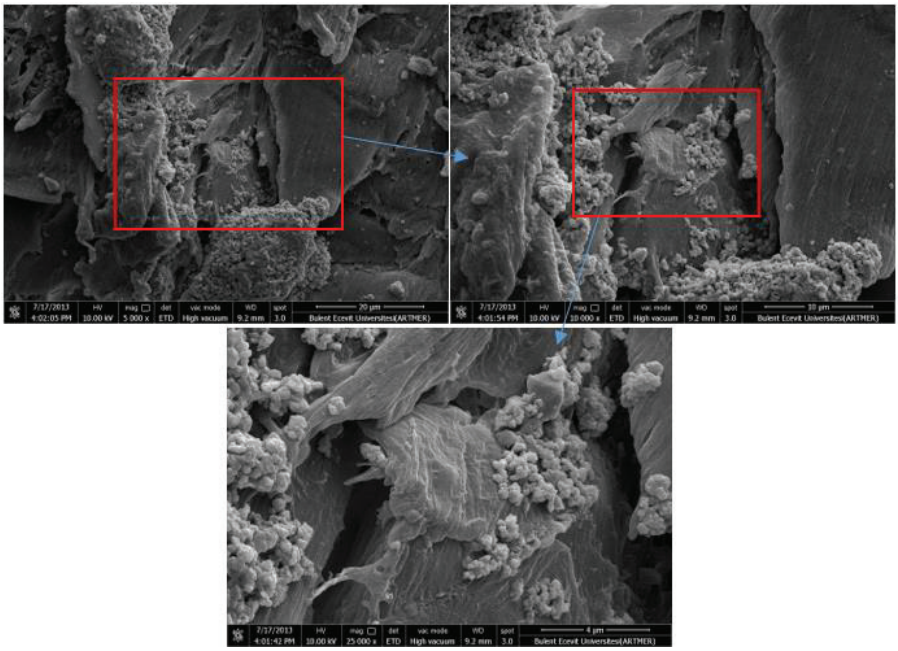


Element	Wt %	At %	K-Ratio
B K	3.82	4.67	0.0117
C K	52.00	62.65	0.2809
O K	42.93	36.71	0.0716
AlK	0.72	0.37	0.0025
SiK	0.18	0.09	0.0008
ClK	0.14	0.05	0.0011
K K	0.03	0.01	0.0004
CaK	0.05	0.02	0.0006
CrK	0.36	0.02	0.0008
CuK	0.44	0.03	0.0017
AuL	0.74	0.05	0.0113
Total	100.00	100.00	

Şekil 6. %2 CCB emprenye edilerek açık havada kurutulan numunelerin FE-SEM elementel haritalama analizine ait spektrum

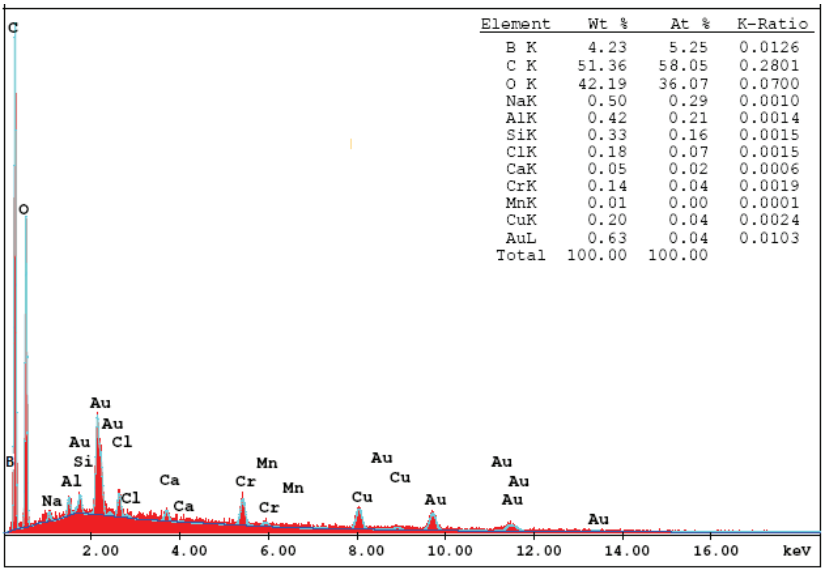
3.2. CCB-Etüv Numuneleri

Şekil 4.30'da %2 oranında bakır krom bor karışımı nano Parçacık emprenye edilip etüvde kurutulan numune için FE-SEM görüntüleri verilmiştir. Bu numunelerde de nano parçacıklarının malzemenin bazı bölgelerinde daha yoğun olduğu ve topaklaşma miktarının açık havada kurutulan numunelere göre daha fazla olduğu ve farklı boyutlardaki nano parçacıkların daha büyük öbekler halinde topaklaştığı ifade edilebilir.



Şekil 7. %2 CCB emprenye edilerek etüvde kurutulan numuneden FE-SEM görüntüleri

Numunenin haritalama analizi incelendiğinde bu numunede ağırlıkça %4,23 Bor, %0,14 krom ve %0,20 bakır bulunduğunu tespit edilmiştir (Şekil 4.31). Numuneye ait görüntülerde, açık havada kurutulan numunelerde olduğu gibi en fazla nüfuz eden nano parçacıkların bor oksit nano parçacıklar olduğu, en az nüfuziyetinde diğer analizlerde olduğu gibi krom oksit olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 8. %2 CCB emprenye edilerek etüvde kurutulan numunelerin FE-SEM elementel haritalama analizine ait spektrum

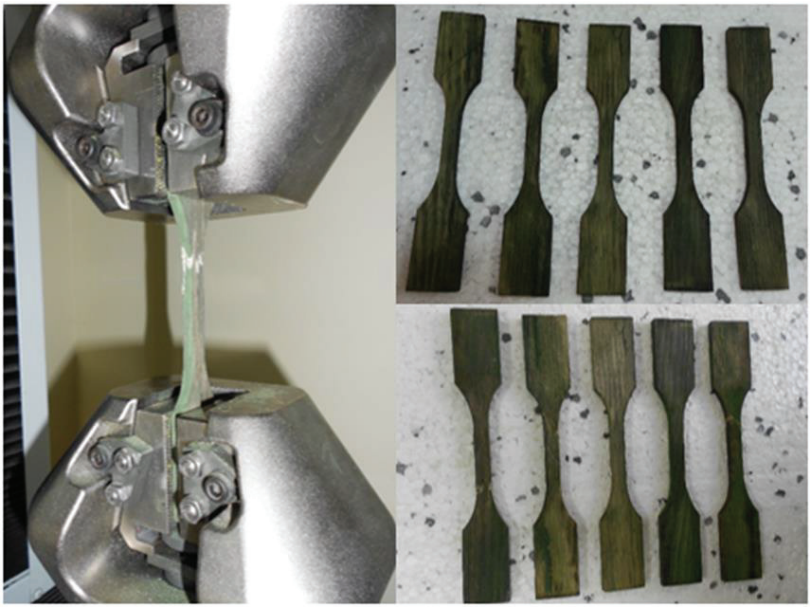
Etüvde kurutulan numunelerde, açık havada kurutulan numunelere göre nano parçacıkların daha fazla topaklaştığı ve daha az malzeme nüfuz ettiği görülmektedir. Bu durum diğer numunelere göre farklılık göstermiştir. Çünkü diğer tüm numune guruplarında etüvde kurutulan numunelerde topaklaşmanın daha fazla olmasına rağmen malzeme nufuziyeti de daha fazla olmuştur.

4. NANO CCB EMPRENYE EDİLMİŞ NUMUNELERİN MEKANİK DENEY SONUÇLARI

Yukarıda bahsedilen aşamalar ile nanoCCB emprenye malzemesinin ahşaba emprenye edilmesinden sonra deney numuneleri mekanik testlere tabi tutulmuştur. Yapılan deneysel çalışmalar;

4.1. Liflere Paralel Çekme Deneyi

% 2 konsantrasyonlu solüsyonda emprenye edilen ve iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur. Deney test hızı 1 mm/dk, numunelerin deney öncesi nem oranları % 15 ± 3 'tür.



Şekil 9. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel çekme deney düzeneği ve numuneleri

Yapılan liflere paralel çekme testleri sonucunda % 2 CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları, gerilme-birim deformasyon değerleri açısından diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle kıyaslanmıştır. Tablo 1'e göre; CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler birim deformasyonu açısından krom ve bor oksitli numunelere, gerilme değerleri açısından ise bakır oksit emprenye edilmiş numunelere daha yakın davranış sergilediği ve sayısal değerlerin de bu duruma paralel olduğu tespit edilmiştir. CCB emprenyesi, ahşabı daha gevrek fakat daha fazla çekme dayanımına ulaşmasını sağlamıştır.

Tablo 1. %2 konsantrasyonlu tüm numuneler için paralel çekme deneyi gerilme-birim deformasyon ve değişim değerleri tablosu

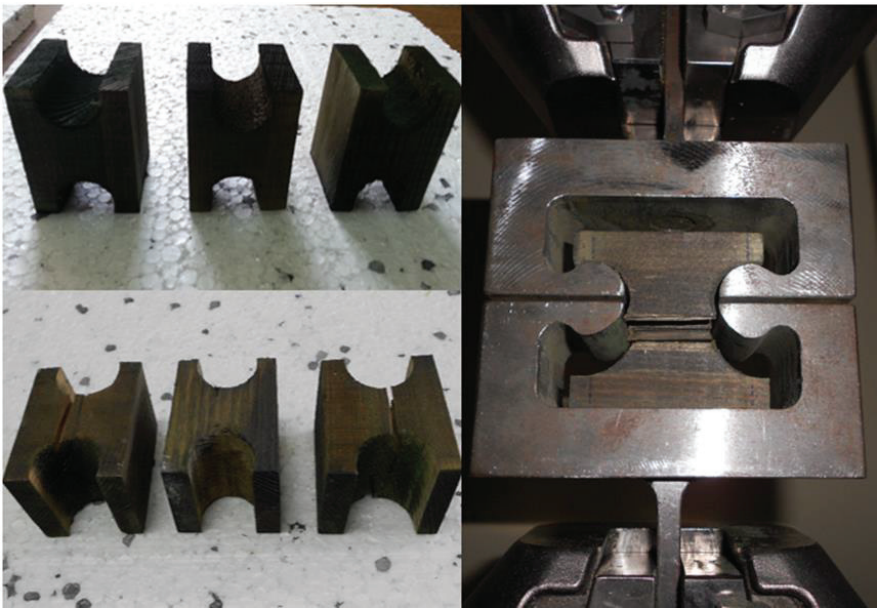
Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	69.59	2.50	69.75	2.40	68.41	2.50	**69.25**	**2.47**	***0***	***0***
CCB Etüv	112.19	1.59	106.67	1.71	129.72	1.68	**116.19**	**1.66**	***71***	***-33***
CCB Açık Hava	84.83	1.20	98.12	1.18	87.57	1.03	**90.17**	**1.13**	***30***	***-54***

Tablo 1 'den de görüldüğü üzere; elde edilen gerilme-birim deformasyon değerleri kontrol numuneleri ile kıyaslandığında etüvde kurutulan numuneler %33 oranında daha az birim deformasyonu ve %71 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %54 oranında daha gevrek ve %30 oranında yüksek dayanım elde edilmiştir.

Paralel çekme dayanımı açısından kontrol numuneleri ile %2 solüsyon emprenye edilmiş diğer numuneler karşılaştırıldığında tüm numunelerde belirli oranlarda dayanım artışı olduğu görülmektedir. CCB numunelerinde etüvde kurutmanın çekme gerilmesi açısından daha etkili olduğu söylenebilir.

4.2. Liflere Dik Çekme Deneyi

Liflere dik çekme numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur (Şekil 10). Deney test hızı 2,5 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanmış ve deney öncesi nem oranları %15 ±3 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 10. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş dik çekme deney düzeneği ve numuneleri

Liflere dik çekme deneyleri sonucunda %2 CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle karşılaştırılmıştır. CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler birim deformasyonu açısından diğer malzemelerle benzer özellik sergilemiş ve malzemenin dik çekme sünekliliğini artırmıştır. Gerilme değerleri açısında ise bakır oksit emprenye edilmiş numunelere yakın bir dayanım sergilediği tespit edilmiştir. CCB emprenyesi, ahşabı daha sünek hale getirmiş ve etüvde

kurutulan numunelerde daha fazla çekme dayanımına ulaşması sağlanmıştır.

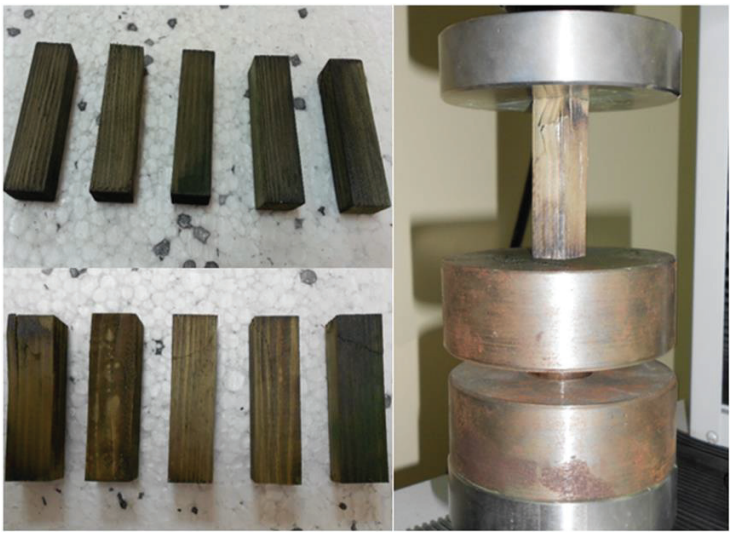
Tablo 2 - % 2 konsantrasyonlu tüm numuneler için dik çekme deneyi gerilme-birim deformasyon ve değişim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	2.82	2.60	3.65	3.30	3.24	3.00	**3.24**	**2.97**	***0***	***0***
CCB Etüv	3.90	6.90	4.14	7.20	4.67	8.00	**4.24**	**7.37**	***31***	***148***
CCB Açık Hava	2.36	4.50	2.42	3.80	2.44	4.40	**2.41**	**4.23**	***-25***	***42***

Gerilme-birim deformasyon değerleri kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında Tablo 2'e göre; etüvde kurutulan numunelerde %148 oranında daha fazla birim deformasyonu ve %31 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşıldığı görülmüştür. Açık havada kurutulan numunelerde ise %42 oranında daha sünek ancak %25 oranında daha düşük dayanım elde edilmiştir. Bu durum lifler arasına yerleşen taneciklerin yüksek sıcaklıklarda lifler arasında daha güçlü bağ oluşturduğu, açık havada ise daha zayıf etkileşimin oluştuğu ahşap yapı arasında mekanik çözülmeye neden olduğu, bu nedenle dayanımın düştüğü ifade edilebilir. CCB numunelerinde etüvde kurutmanın parallel çekme numunelerinde olduğu gibi dik çekme gerilmesi açısından da daha etkili olduğu söylenebilir.

4.3. Liflere Parelel Basınç Deneyi

%2 konsantrasyonlu solüsyonda emprenye edilen paralel basınç numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune paralel basınç testine tabi tutulmuştur (Şekil 11). Liflere paralel basınç deneyinde test hızı 0,3 mm/dk olarak alınmıştır. Numunelerin deney öncesi nem oranları %15 ±3 olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 11. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel basınç deney düzeneği ve numuneleri

Yapılan liflere paralel basınç deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numunelerin, gerilme-birim deformasyon değerleri açısından diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle kıyaslandığında, CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler hem birim deformasyon hem de gerilme değerleri açısından tüm numunelerle paralel sonuç sergilediği görülmektedir. CCB emprenyesi diğer numunelerde olduğu gibi, ahşabın birim deformasyonu değişiminde etkili olmadığı, basınç dayanımını da ~%30 oranında iyileştirdiği ifade edilebilir.

Tablo 3'e göre; CCB numuneleri için yapılan basınç deneyi sonucunda elde edilen gerilme-birim deformasyon değerleri kontrol numuneleri ile kıyaslandığında etüvde kurutulan numuneler %3 oranında daha az birim deformasyonu ve %36 oranında daha yüksek paralel basınç dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %6 oranında daha gevrek ve %21 oranında yüksek dayanım elde edilmiştir.

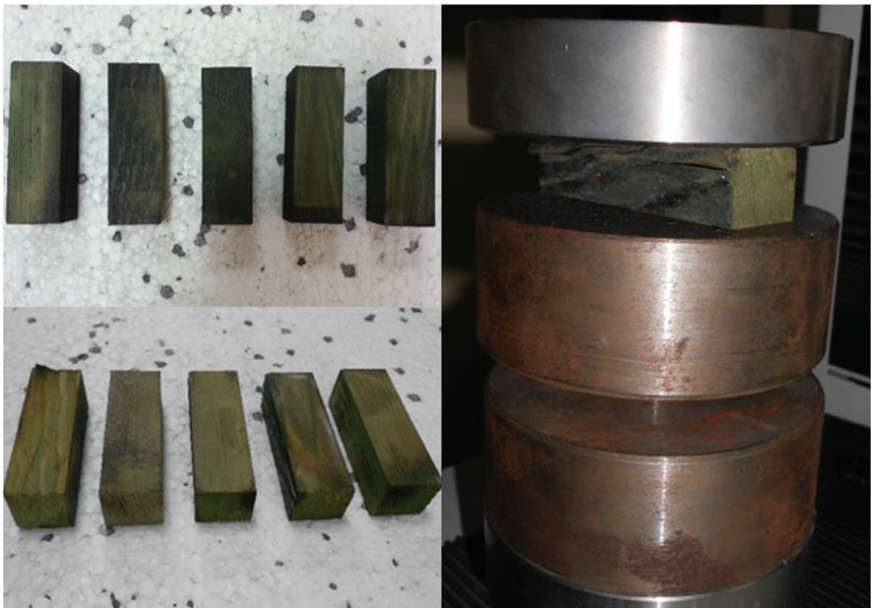
Tablo 3. % 2 konsatrasyonlu tüm numuneler için paralel basınç deneyi gerilme-birim deformasyon ve değişim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	46.58	2.00	43.80	2.10	38.20	2.20	**42.86**	**2.10**	***0***	***0***
CCB Etüv	57.32	2.05	59.51	2.05	58.00	1.99	**58.28**	**2.03**	***36***	***-3***
CCB Açık Hava	48.31	1.96	53.56	1.86	53.02	2.14	**51.63**	**1.98**	***21***	***-6***

Paralel basınç numunelerinde çekme numunelerde olduğu gibi etüvde kurutmanın mekanik açıdan daha olumlu sonuç verdiği tespit edilmiştir.

4.4. Liflere Dik Basınç Deneyi

Liflere dik basınç numuneleri iki farklı sıcaklıkta kurutulmuş ve 5'er numune çekme testine tabi tutulmuştur (Şekil 12). Deney test hızı ilgili standartta belirtildiği gibi gibi 0,305 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranlarının %15 ±3 olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 12.. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş dik basinç deney düzeneği ve numuneleri

Liflere dik basınç deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle karşılaştırılmıştır. CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler birim deformasyonu açısından diğer numunelere göre ahşabı daha sünek hale getirmiş, Gerilme değerleri açısında ise bakır ve krom oksit emprenye edilmiş numunelerle benzer bir dayanım sergilediği tespit edilmiştir. CCB emprenyesi, ahşabı kontrol numunelerine göre daha sünek hale gerirmiş ve daha fazla çekme dayanımına ulaşması sağlanmıştır.

Tablo 4. % 2 konsantrasyonlu tüm numuneler için dik basınç deneyi gerilme-birim deformasyon ve değişim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Gerilme % Değişim	Birim Deformasyon % Değişim
	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)	Gerilme (Mpa)	Birim Deformasyon (%)		
Kontrol	8.97	4.60	9.79	3.80	11.06	5.00	**9.94**	**4.47**	***0***	***0***
CCB Etüv	16.56	8.27	17.14	8.06	16.95	8.75	**16.88**	**8.36**	***70***	***87***
CCB Açık Hava	12.45	7.60	11.66	6.60	13.60	7.30	**12.57**	**7.17**	***27***	***60***

Tablo 4'e göre; etüvde kurutulan numunelerde %87 oranında daha fazla birim deformasyonu ve %70 oranında daha yüksek çekme dayanımına ulaşıldığı görülmüştür. Açık havada kurutulan numunelerde ise %60 oranında daha sünek ve %27 oranında daha yüksek dayanım elde edilmiştir.

4.5. Nokta Eğilme Deneyi

CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler için eğilme deneyinde test hızı 2,5 mm/dk olarak alınmıştır. Deney numuneleri aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranları %15 ±3 olmasına dikkat edilmiştir. 2 farklı sıcaklıkta kurutulmuş numune türünden 5'er numune 3 nokta eğilme testine tabi tutulmuştur (Şekil 13).

Şekil 13. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş üç nokta eğilme deney düzeneği ve numuneleri

Eğilme deneyinde CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle karşılaştırılmıştır. CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler maksimum yük altında yaptıkları sehim

değerleri ile maksimum yük kapasiteleri diğer numunellerle aynı değere sahiptir.

Tablo 5 incelendiğinde CCB emprenye edilmiş ve etüvde kurutulmuş numunelerde %5 oranında sehim artışı ve %36 oranında daha yüksek eğilme dayanımına ulaşılmıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %8 oranında daha gevrek ve %8 oranında daha yüksek dayanım elde edilmiştir. Elde edilen bu oranlar diğer numune gruplarında elde edilen oranlar arasındadır.

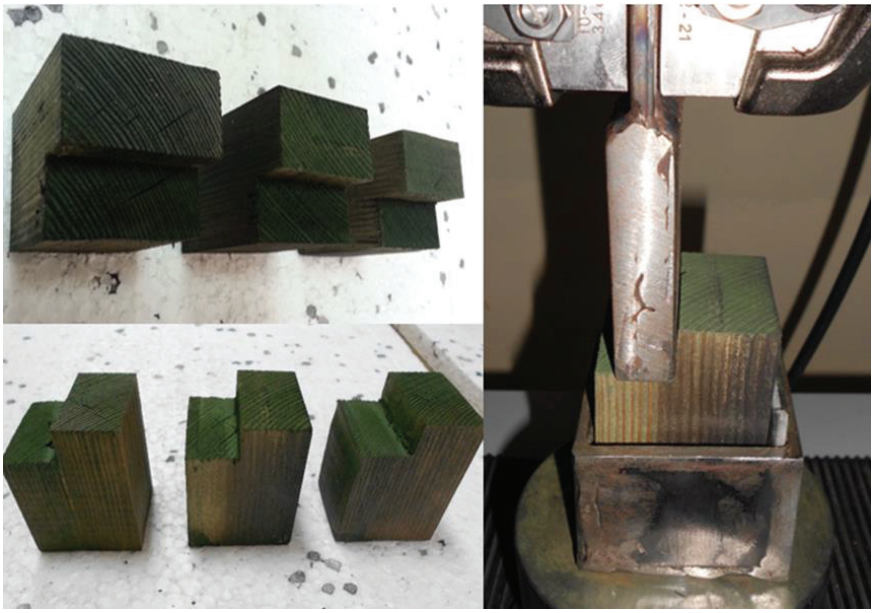
Tablo 5. % 2 konsatrasyonlu tüm numuneler için üç nokta eğilme deneyi yük-sehim ve değişim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Yük % Değişim	Sehim % Değişim
	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)	Yük (N)	Sehim (mm)		
Kontrol	876.56	6.07	871.88	6.08	793.75	6.02	**847.40**	**6.06**	***0***	***0***
CCB Etüv	1185.94	6.42	1137.50	6.63	1126.56	6.14	**1150.00**	**6.39**	***36***	***5***
CCB Açık Hava	907.81	6.00	895.31	5.56	937.50	5.19	**913.54**	**5.58**	***8***	***-8***

CCB numunelerinde etüvde kurutulan numuneler açık havada kurutulan numunelere göre çekme ve basınç numunelerinde olduğu gibi eğilme direnci olduğu görülmektedir.

4.6. Liflere Paralel Kesme Deneyi

CCB emprenye edilmiş numunelerin liflere paralel kesme deneyinde test hızı ilgili standartta belirtildiği gibi 0,6 mm/dk olarak alınmıştır. Numuneler aynı şartlarda hazırlanış ve deney öncesi nem oranları %15 ±3 olmasına dikkat edilmiştir. 2 farklı kurutmada 5'er numune teste tabi tutulmuştur (Şekil 14).



Şekil 14. CCB nano Parçacık emprenye edilmiş paralel kesme deney düzeneği ve numuneleri

Liflere paralel kesme deneyleri sonucunda CCB nano parçacık emprenye edilen numune sonuçları gerilme-birim deformasyon değerleri, diğer aynı oranda malzeme emprenye edilmiş numunelerle karşılaştırılmıştır. CCB nano parçacık emprenye edilen numuneler hem yaptıkları maksimum deplasman açısından hemde maksimum yük açısından diğer malzemelerle benzer özellik sergilemiştir. Maksimum yük değerleri açısında ise bakır oksit emprenye edilmiş numunelere yakın bir dayanım sergilediği tespit edilmiştir.

Tablo 6'ye göre; yük-sehim değerleri kontrol numuneleri ile karşılaştırıldığında etüvde kurutulan numunelerde %19 oranında daha az deformasyon oluşmuş ancak maksimum yükte kayda değer bir değişim olmamıştır. Açık havada kurutulan numunelerde ise %8 oranında daha gevrek ve %17 oranında daha düşük dayanım elde edilmiştir. Bu durum dik çekme numunelerinde olduğu gibi lifler arasına yerleşen taneciklerin yüksek sıcaklıklarda lifler arasında güçlü bağ oluşturduğu, açık havada ise daha zayıf etkileşimin oluştuğu ahşap yapı arasında mekanik çözülmeye neden olduğu ifade edilebilir.

Tablo 6. % 2 konsantrasyonlu tüm numuneler için paralel kesme deneyi yük-deplasman ve değişim değerleri tablosu

Uygulama Türü	1. Numune		2. Numune		3. Numune		Ortalama		Yük % Değişim	Deplasman % Değişim
	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)	Yük (N)	Deplasman (mm)		
Kontrol	15460.94	2.23	16870.31	2.05	16385.94	1.69	**16239.06**	**1.99**	***0***	***0***
CCB Etüv	15040.63	1.50	17870.31	1.78	16142.19	1.58	**16351.04**	**1.62**	***1***	***-19***
CCB Açık Hava	12738.08	1.67	14468.49	2.00	13209.38	1.84	**13471.98**	**1.83**	***-17***	***-8***

CCB emprenye edilmiş ve etüvde kurutulmuş numunelerde kesme dayanımıaçısından kayda değer bir değişiklik olmadığı ancak açık havada kurutmanın numunelerde daha düşük bir kesme direnci oluşturduğu ifade edilebilir.

5. SONUÇ

Yapılan deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde;

Nano Parçacıkların dispersiyon çalışmaları gerek alınan zeta ölçümleri gerekse numunelerin içyapı görüntüleri dikkate alındığında yeterli düzeyde olduğu ifade edilebilir.

Emprenye edilen nano parçacıkların ahşabın içyapısında herhangi bir kimyasal reaksiyona girmediği, fiksasyon düzeyinin düşük olduğu, sadece emprenye edilen nano malzemeler ile içyapı arasında dipol-dipol etkileşimi olduğu görülmektedir.

%2 numune gruplarından alınan içyapı görüntülerine göre CCB malzemesinin homojen yayıldığı, ancak bu yayılımın tüm numunelerde aynı düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca tüm numunelerde malzemenin farklı boyutlarda topaklaştığı görülmektedir. Bu topaklaşma düzeyi etüvde kurutulan numunelerde açık havada kuruyan numunelere göre daha yüksektir.

Emprenye sonucunda elde edilen numuneler gözle muayene edildiğinde özellikle bakır oksit ve bor oksit maddelerinin ahşabın derinliklerine kadar nüfuz ettiği ve bu malzemelerin ahşap içerisindeki yayılımı krom oksit nano parçacıklara göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Krom oksit nano parçacıklar daha çok ahşabın dış yüzeyini kaplamış içeriye daha az nüfuz etmiştir.

Kurutma sıcaklığının ahşabın mekanik özellikleri açısından tüm numunelerde doğru orantılı bir değişim sergilemediği ancak genel olarak etüvde kurutulan numunelerin mekanik özellikler açısından daha olumlu etkisinin olduğu görülmektedir.

Tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda mekanik dayanım açısından seçilecek optimum nano CCB malzemesinin ağırlıkça %2 oranında emprenye edilmesi ve 105 oC (etüv) de kurutulması ahşabın mekanik davranışına en olumlu etkinin sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Emprenyede kullanılan CCB nano parçacıklar ahşabın mekanik dayanımı üzerinde %30-%50 oranında iyileştirme sağladığı, piyasada kullanılan emprenye maddelerinin mekanik dayanımı %20-%30 oranında düşürdüğü dikkate alındığında ahşabın mekanik dayanımı oranın %70-%80'lere ulaştığı görülmektedir.

Üretilen yeni nano CCB emprenye maddesiyle emprenye edilen ahşapla tasarlanacak olan yapıların, daha özgün tasarımlarla, daha büyük açıklıkların, daha küçük boyutlarla çözümlenmesini mümkün kılacaktır.

KAYNAKLAR

ACKER, J. V., STEVENS, M., Effect of Various Preservative Treatments On The Mechanical And Physical Properties of Plywood, The Internatıonal Research Group On Wood Preservation, Section 4, Processes, Paper prepared for the 24th Annual Meeting Orlando, USA, 16-20 May 1993.

AKERHOLM M., HINTERSTOISSER B., AND SALMEN L., Characterization of the crystalline structure of cellulose using static and dynamic FT-IR spectroscopy, Carbohydrate Research Vol.339, p. 569–578, 2004.

AS, N., KOÇ, H., DOĞU, D., ATİK, C., AKSU, B., ERDİNLER, S. Türkiye'de Yetişen Endüstriyel Öneme Sahip Ağaçların Anatomik Fiziksel Mekanik ve Kimyasal Özellikleri, İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi, Seri: B, Sayı: 1, Cilt: 51, ISSN 0535-8418, Emek Matbaacılık, İstanbul, 2002.
ASLAN, S., Ağaç Zararlıları Koruma Ve Emprenye Teknikleri, KOSGEB Yayınları, Ankara, 1998.

ASTM D 2017-81, Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA, 1994.

ASTM-D 1413-07, Standard test method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures, Annual Book of ASTM Standards, ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA. 2007.

ASTM-D 143-09 Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber, Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken, PA, USA. 2009.

BERKEL, A. HUŞ, S., Türkiye Çam Türlerinden Sarıçam (Pinus silvestris) ve Fıstık Çamı (Pinus pinea) Gövde Odunu İçerisindeki Ham Terebantin Miktarları ve Yayılışı Hakkında Araştırmalar. I.Ü. Orman Fak. Dergisi Seri A. Cilt: 2, Sayı: 2. p. 3-18, 1952.

CESTARI, C. B., INVERNIZZI, S., MARZI, T., TULLIANI, J-M., The reinforcement of ancient timber-joints with carbon nano-composites 2012.

GÖKER, Y., Çeşitli Metotlarla Emprenye Edilmiş Çit Direklerin Dayanma Süreleri. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları No: 338, 1985.

ISO 3345-1975 Wood-Determination of ultimate tensile stress parallel to grain, International Organization for Standardization (ISO), 1975.

KARTAL S. N., CCA ve CCB emprenye maddeleri ile korunan ağaç malzemenin dayanıklılık, yıkanma ve direnç özellikleri, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul, 1998.

KARTAL, S.N, The Leachability, Biological Resistance, And Mechanical Properties of Wood (Pinus Sylvestris L.) Treated With CCA and CCB Preservatives, The International Research Group On Wood Preservation, Section 3, Wood protecting chemicals, Paper prepared for the 30th Annual Meeting Rosenheim, Germany, 6-11 June 1999.

KAYGIN, B., AKGUN, E., "Nano-technological product: An innovative varnish type for wooden surfaces" Scientific Research and Essay Vol. 4 (1), pp. 001-007, January, 2009.

ÖKTEM, E., Sarıçam Odununun Özellikleri ve Kullanım Yerleri, Sarıçam El Kitabı Dizisi: 7, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Muhtelif Yayınlar Serisi: 67, Ankara, 2001.

SİVRİKAYA H., SARAÇBAŞI A., Bor Madeninin Ahşap Koruma Endüstrisinde Değerlendirilmesi , II. Uluslararası Bor Sempozyumu, s; 365-372, Eskişehir, Türkiye, 2004.

WINANDY, J.E., BOONE, R.S., GJOVIK, L.R., PLANTWGA, P.L., ACA and CCA Preservative Treatment And Retrying Effects on Bending Properties of Douglas-fir. American Wood Preservers' Association (AWPA), Vo1.85, 1- 13, 1989.

YILDIZ, U. C., TEMİZ, A., GEZER E. D., YILDIZ S., Effects of the wood preservatives on mechanical properties of yellow pine (Pinus sylvestris L.) wood, Building and Environment 39, pp; 1071 – 1075, 2004.

Bölüm 3

GIDA KAYNAKLI ÖNEMLİ BİR PATOJEN OLAN "*SALMONELLA*"YA GENEL BİR BAKIŞ: GIDALARDAN *SALMONELLA* SPP. İZOLASYONU VE TANI YÖNTEMLERİ

***Arzu KAVAZ YÜKSEL*[1]**

***Mehmet YÜKSEL*[2]**

1 Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID no: 0000-0001-8292-9259, Doç. Dr.
2 Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID no: 0000-0001-6566-1385, Dr. Öğr. Üyesi

GİRİŞ

Salmonella sp. bağırsak sistemindeki bakteriyel enfeksiyonların en sık karşılaşılan nedenlerinden biridir. Özellikle hayvansal kaynaklı gıdalar (çiğ veya az pişmiş yumurta, et ve kümes hayvanları etleri vb.) *Salmonella* ile kolaylıkla kontamine olabilmekte ve bu gıdaların tüketimi ile insanlara bulaşabilmektedir. *Salmonella*, gıda güvenliği ve insan sağlığı açısından en fazla önem taşıyan patojen bakteridir. Özellikle bebeklerde ve yaşlı insanlarda Salmonellozise neden olmaktadır (Guard ve ark., 2011; Gómez et al., 2012).

Yaklaşık olarak 2.600 alt tür *Salmonella* sp. ile doğrudan ilişkilidir ve bağırsak sisteminde hastalığa (Salmonellozis) neden olabilmektedir. Salmonellozis kendini ateş, mide bulantısı, ishal ve karın ağrısı vb. şikâyetler ile göstermektedir. Genellikle *Salmonella* sp. hayvanların ve insanların bağırsak sistemlerinde bulunmakta ve dışkıları ile çevreye yayılabilmekte ve böylece toprak, nehirler, denizler ve yiyecekler *Salmonella* sp. tarafından kolaylıkla kontamine olabilmektedir (Newell 2010).

Salmonella'nın gıdalardan ve diğer çevresel materyallerden izolasyonu için pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. *Salmonella* sp.'nin tespiti için kullanılan geleneksel yöntemler, emek yoğun ve pahalı olduğu kadar zaman alıcıdır. Ancak, *Salmonella* türlerinden kaynaklanan bir takım hastalıklar bulunmaktadır ve bunların zamanında tespit edilip tedavi edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, *Salmonella*'nın zamanında ve hızlı bir şekilde saptanması ve izolasyonu için hızlı ve güvenilir yöntemlerin kullanılması kritik bir öneme sahiptir (Malkova et al., 1998). *Salmonella* sp.'nin hızlı tespit yöntemleri arasında geleneksel kültür yöntemleri, immünomanyetik ayırma (IMS), polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), enzime bağlı immünosorbent tahlili (ELISA) ve diğer geliştirilmiş yöntemler bulunmaktadır. Bu derleme çalışmasında, *Salmonella* sp.'nin genel karakteristiği ile gıdalardan *Salmonella*'nın tespiti ve izolasyonu için güncel ve gelişen hızlı yöntemlerin değerlendirilmesi ve bu yöntemlerin genel özellikleri ortaya konulması amaçlanmıştır.

Salmonella sp.

Genel bilgi

Salmonella filogenetik olarak *Enterobacteriaceae* familyası altında sınıflandırılır (Darwin and Miller 1999). *Salmonella* cinsinin üyeleri gram negatif ve spor yapmayan kısa çubuklardır. Çubuklar ortalama 2-5 µm uzunluğunda ve 0.8-1.5 µm genişliğindedir (Brands, 2006). Tipik *Salmonella* kolonileri, Nutrient Agar üzerinde gri renkli koloniler meydana getirmektedir (Percival et al., 2004). *Salmonella* türlerinin çoğu

peritrik flagellum ile hareket eder, ancak *Salmonella pullorum* ve *Salmonella gallinarum* türleri hareketsizdir. Oksijen ihtiyacı açısından aerobik veya fakültatif anaerobiktirler ve 5.2 °C ile 46.2 °C arasında gelişme gösterebilirler. Ancak, bunların optimum sıcaklık istekleri ±37°C civarındadır. Çoğu mikroorganizma türü ve *Salmonella* sp. amonyum azotu, mineral tuzları ve glikoz içeren basit bir ortamda gelişebilmektedir. *Salmonella* kolonileri, yaklaşık 37 °C'de 18-24 saat içinde gözlemlenebilir bir hale gelmektedir. (Tablo 1) (Erkmen, 2007). *Salmonella* patojenik bir mikroorganizmadır ve genellikle mezofilik bir karakter göstermektedir; ancak bazı suşları psikotrofik bir karakterede sahiptir (Banwart, 1989).

Tablo 1. Salmonella sp. gelişimini etkileyen genel faktörler (Erkmen, 2007)

Parametreler	Minumum	Optimum	Maksimum
a_w	0.94	>0.99	0.99
pH	4.0	6.5-7.5	9.5
% NaCl	0	0	8
Temprature (°C)	5.8 (2.0)[1]	35-37	47 (54)[1]

1: Bazı *Salmonella* alt türleri

Örneğin en düşük gelişme sıcaklığı *S.* Heidelberg için 5.3°C olarak gözlenirken, bu değer *S.* Typhimurium için 6.2°C olarak belirlenmiştir. Öte yandan, bazı araştırmacılar tarafından 45°C'nin *Salmonella* türlerinin üremesi için en yüksek sınır değer olduğu rapor edilmiştir (Matches and Liston, 1968). *Salmonella* sp.'nin gelişmesi için olması gereken su aktivitesi nötr ortam koşulları için 0.94 aw; minimum su aktivitesi değeri ise 0.93 ile 0.96 aw değerleri arasındadır (Banwart, 1989). *Salmonella* türlerinin, sıcaklık ve çevresel büyüme faktörlerine karşı olan istekleri birbirinden farklılık göstermektedir (Frazier and Westhoff, 1988). *Salmonella* sp. besinleri katabolize etme ve nitratı indirgeme özelliğine sahiptir. Öte yandan, sakaroz ve laktoz dışındaki glikoz ve diğer karbonhidratlarıda çok rahatlıkla katabolize edebilmekte ve bu reaksyionlar sonucunda ise asit ve gaz oluşturmaktadır (Quinn et al., 2000; McClelland et al., 2001). Hemen hemen tüm *Salmonella* türleri proteinlerden sülfür üretirler ve belirli amino asitleri dekarboksilasyon yeteneğine sahiptirler. Ayrıca, Vogues-Proskauer (VP) negatif, metil kırmızı pozitif ve genellikle indol ve üreaz negatif özellikler göstermektedirler. Ancak indol veya üreaz pozitif suşlarla da nadiren

karşılaşılabilmektedir (WHO 2014). *Salmonella* sp.'nin bazı biyokimyasal özellikleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2- *Salmonella* sp.'nin biyokimyasal özellikleri.

Karakteristik	Olağan tepki
Katalaz	+
Oksidaz	-
Laktozdan üretilen asit	-
Glikozdan üretilen asit	+
İndol	-
Üretilen üreaz	-
Triple-Sugar Iron Agar'dan üretilen hidrojen sülfür	+
Tek karbon kaynağı olarak kullanılan sitrat	+
Metil Kırmızısı	+
Voges-Proskauer	-
Lisin dekarboksilaz	+
Ornitin dekarboksilaz	+

+: Reaksiyon pozitif
- : Reaksiyon negatif

Tarihçe

Salmonella cinsi Theobald Smith tarafından keşfedilmiştir; ancak Daniel E. Salmon, Smith'in bu buluşundan dolayı ödül kazanmıştır ve1885 yılında beri *Salmonella* cinsi Daniel E. Salmon, Smith'in adıyla anılmaya başlanmıştır. Smith ve Salmon, domuz kolerasının yaygın nedenini araştırmış ve bu mikroorganizmanın kolera hastalığının genel bir etkeni olduğunu bildirmişlerdir (Bell and Kyriakides, 2002; Schultz, 2008; Cox and Pavic, 2014). Son olarak, 1900 yılında Lignières tarafından *Salmonella* cinsi oluşturulmuş ve bu durum bu mikroorganizmayı ilk bulan Salmona atfedildilmiştir (Schultz, 2008; Cox and Pavic, 2014).

Salmonella'nın İsimlendirmesi ve Taksonomisi

Salmonella, resmi adı belirlenmeden önce başka isimlerle biliniyordu ve TPE veya tifo paratifus-enterit olarak adlandırılıyordu. Karl Joseph Eberth adlı Alman bilim adamı buna Eberthella typhi adını vermiştir ve 1800'lerin sonlarında *Salmonella*'nın keşfedilmesi ve 1900'de adlandırılmasından bu yana, *Salmonella* grubuna birçok ek bakteri türü de eklenmiştir. Şimdi, bu grupta 2.610 Salmonella serotipi bilinmektedir ve bunların büyük çoğunluğu insanları ve hayvanları enfekte edebilmektedir (Brands, 2006; Guibourdenche et al., 2010).

Salmonella cinsi iki türe ayrılır: Salmonella enterica ve *Salmonella* bongori'dir. *S. enterica* ayrıca 2587 serovar içeren altı alt türe (e*nterica, salamae, arizonae, diarizonae, houtenae* ve *indica*) ayrılmıştır

(Brenner, 2000; Tindall et al., 2005; Winn et al., 2006). Bu türler ve alt türler, çeşitli özelliklere bağlı olarak tanınabilir (Tablo 3).

Tablo 3- *Salmonella* sp.'nin belirli özelliklerinin sınıflandırılması (WHO, 2007)

Türler	***S. enterica***						***S.bongori***
Alt türler	*enterica*	*salamae*	*arizonae*	*diarizonae*	*houtenae*	*indica*	
Karakteristik							
Dulsitol	+	+	-	-	-	d	+
ONPG (2 h)	-	-	+	+	-	d	+
Malonat	-	+	+	+	-	-	-
Jelaninaz	-	+	+	+	+	+	-
Sorbitol	+	+	+	+	+	-	+
KCN ile gelişme	-	-	-	-	+	-	+
L(+)-tartrat[(a)]	+	-	-	-	-	-	-
Galakturonat	-	+	-	+	+	+	+
γglutamiltransferaz	+(*)	+	-	+	+	+	+
ß-glukuronidaz	d	d	-	+	-	d	-
Mukus	+	+	+	-70%	-	+	+
Salisin	-	-	-	-	+	-	-
Laktoz	-	-	-75%	+75%	-	d	-
Faj O1 tarafından parçalanma	+	+	-	+	-	+	d

(a) : *d*-tartrat
(*) : Typhimurium d, Dublin -
\+ : 90 % veya daha fazla pozitif reaksiyon
\- : 90 % veya daha fazla negatif reaksiyon
d : Farklı serovarlar tarafından verilen farklı reaksiyonlar

Salmonella patojenitesi

Genellikle *Salmonella* sp. kontamine gıdaların ağız yoluyla alınmasıyla insana geçmektedir. *Salmonella* sp.'nin insan vücudunda bir hastalığa neden olabilmesi için mide asidi, sindirim enzimleri, safra tuzları, sekretuar İmmünoglobulin A tarafından opsonizasyon, defansif ve diğer antimikrobiyal peptitlerden geçerek canlılığını sürdürmesi gerekmektedir. Gastrik asit genellikle bulaşan mikroorganizma seviyesini önemli ölçüde azaltmaktadır (Brandt, 2012). *Salmonella*'nın insana bulaşma düzeyi 10^3 ile 10^7 log cfu/g arasında değişmektedir. İnsanlarda enfeksiyona neden olan *Salmonella* bulaşma düzeyini etkileten pek çok faktör vardır. Bunlar; konak duyarlılığı, iletim matrisi, virülans özellikleri ve bakteri hücresinin fizyolojik durumudur (Humphrey, 2004).

Salmonella salgınları ve hastalıkları

Salmonellozis, *Salmonella* cinsinin üyelerinin mevcut hücreler tarafından alınmasının bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir. En sık görülen bakteriyel gıda enfeksiyonudur. İnsanlarda yaygın olarak *Salmonella* enfeksiyonlarına neden olan faktörler; yumurta, kanatlı eti, domuz ve sığır eti ve kontamine meyve ve sebzelerdir (Ethelberg et al. 2014). *Salmonella* sp.'den kaynaklanan gıda zehirlenmeleri genellikle huzurevleri, öğrenci yurtları, hastaneler ve cezaevleri gibi kalabalık yerlerde yemeklerin hazırlandığı ortamlarda ve servis edildiği kapalı ve kalabalık mekanlarda daha çok meydana gelmektedir (Kunwar et al., 2013). İnsanlarda genel olarak dört hastalık tipi tanımlanabilir; enterik ateş, gastroenterit, bakteriyemi ve kronik asemptomatik taşıyıcılıktır (Pui et al., 2011).

Salmonella Typhi ve *Salmonella* Paratyphi A, insan konakçılarda bulunan rezervuarla sınırlı bakteriyel patojenlerdir ve bağırsak iltihabı ve ishalin ana nedenidir. Tipik olarak, *Salmonella Typhi* ve *Paratyphi* A, B ve C, gastrointestinal sistemden kan dolaşımına bir invazyon göstermektedir. Tifo enfeksiyonlarının yılda yaklaşık 200.000 ölüme neden olduğu tahmin edilmektedir. İçme sularının fekal maddelerle kontamine olması nedeniyle yoğun nüfuslu kentsel topluluklarda tifo en sık görülen rahatsızlıktır (Luby, 2014). *Salmonell*a, insan atıkları ile kontamine olan yiyecek ve suyun vücuda alınması sonucu meydana gelmektedir (Parry et al.,2002). Hastalığın yoğunluğu ve özelliği, konakçının duyarlılığına ve *Salmonella* serotipine bağlıdır (Coburn et al., 2007; Gunn, 2011). Gelişmiş ülkelerde, insan Salmonellozunun önde gelen nedeni tifo olmayan *Salmonella*'dır ve genellikle gastroenterite neden olmaktadır (Pui et al., 2011).

Salmonella kaynağı olarak gıdalar

Salmonella'nın çevresel etkilere karşı iyi dirençli olduğu bilinmektedir. Bu güçlü hayatta kalma özelliği, *Salmonella'*nın çevreden yeni konakçılara transferine izin verebilmektedir. Bu bakterinin ana rezervuarı, çok çeşitli vahşi hayvanların bağırsak sistemidir ve buradan gıdaya, suya, toprağa, böceklere, bitkilere, yüzeylere ve hatta havadaki toza bulaşabilirler (Guard et al., 2011). Gıdaların hazırlanma sürecinde *Salmonella*'nın gıdalara bulaşması da büyük önem taşımaktadır. Örneğin, yetersiz saklama sıcaklıkları, kısa sürede pişirme veya yemeye hazır ürünlerin çapraz kontaminasyonu, mikroorganizmaların gıdalara yayılmasına imkan tanımaktadır. (Gómez et al., 2012).

SALMONELLA TESPİT YÖNTEMLERi

Salmonella İzolasyonu İçin Geleneksel Yöntem

Gıdalardan *Salmonella* izolasyonu için birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. *Salmonella*'nın geleneksel prosedürle tespiti, önemli miktarda malzeme ve zaman gerektirmektedir. Bu nedenle *Salmonella* tespiti ve izolasyonu için hızlı yöntemlerin kullanılması kritik bir önem taşımaktadır (Malkova et al., 1998). Diğer hızlı testler ise, sonuçların daha hızlı ve kolay bir şekilde elde edilebilmesinden dolayı tercih edilebilmektedir. Ancak, hızlı testlerden elde edilen sonuçların doğruluk veya kesinlik kaybına neden olduğu da düşünülmektedir. Hızlı bir test kullanılarak elde edilen sonuçlar, en azından geleneksel yöntem ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir olmalıdır. Çeşitli gıdalardaki düşük *Salmonella* sayısının tespiti için, örneklerin hızlı yöntemlerle analiz edilmeden önce Salmonella'yı zenginleştirmek için bir gelişme ortamında inkübe edilmesi önem taşımaktadır (Banwart, 1989).

Geleneksel mikrobiyolojik yöntemlerle *Salmonella* izolasyonu için seçici ve diferansiyel besiyerleri kullanılmaktadır. Patojen izolasyonu ve tanımlaması için geleneksel yöntem “altın standart” olarak kabul edilmektedir (Siregar et al., 2012). Bu mikrorganizmanın gıdalarda belirlenmesi için temel prosedür, et sularında ön zenginleştirme ve zenginleştirme, seçici-diferansiyel agarlarda belirleme ve ardından tipik kolonilerin *Salmonella* olduklarını doğrulamak için karakterize edilmesinden oluşmaktadır. Kolonilerin doğrulanması, birkaç serotip için biyokimyasal testler, serolojik tipleme ve faj tipleme yoluyla yapılmaktadır. Bu bilgiler, sonuçların geleneksel yöntemle elde edilmesi için uzun bir süreye ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır (Wang ve Hammack, 2014). Ön zenginleştirme, *Salmonella* sp.'nin kötü koşullara (sıcak, asidik şok ve soğuk vb.) maruz kalma ihtimaline karşı numunenin zenginleştirilmesini kapsamaktadır. Ön zenginleştirme aşaması, numunenin inhibitör olmayan bir sıvı besiyerinde (genellikle 25 gram (g) veya mililitre (ml) numunenin 225 ml et suyuna oranınıdır) 37°C'de 18 ile 24 saat süreyle inkübe edilmesiyle gerçekleştirilmektedir. Bu amaç için genelikle kısa bir ön zenginleştirme periyodu (4 ila 6 saat) önerilmektedir ancak; uzun ön zenginleştirme sürelerinin (18 ile 24 veya 48 saat) kısa sürelerden daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Kafel, 1981). Ön zenginleştirme ortamının kullanıldığı ortam, laktoz suyu, triptikaz soya suyu, yeniden yapılandırılmış yağsız kuru süt, besin suyu ve tamponlu pepton suyu içermektedir. Tamponlu Peptonlu Su (BPW), karmaşık mikrobiyal floraya sahip ve yaygın olarak *Salmonella* bulunmayan gıdalarda *Salmonella* varlığını arttırmak için kullanılmaktadır (Cox and Pavic 2014). Genellikle ön zenginleştirme *Salmonella* oranı düşük veya azalmış işlenmiş gıdalara uygulanmaktadır.

Benzer şekilde, ham veya aşırı derecede kontamine ürünler doğrudan seçici zenginleştirme suyuna konulmaktadır. Seçici zenginleştirme işlemi, birlikte bulunma olasılığı bulunan bir mikroorganizma karışımından istenilen tür veya mikroorganizma grubunun gelişmesi veya seçilmesi için özel bir ortamın oluşturulmasıdır. *Salmonella* sp. için yaygın olarak kullanılan zenginleştirme besiyerleri Selenit sistein (SC), tetrathionate (T), Tetrathionate brilliant green (TBG), Rappaport Vasiliadis Soy Broth (RVS) ve Muller-Kauffmann Tetrathionate-Novobiocin Broth (MKTTn)'dur (Yüksel, 2013).

Örneklerden *Salmonella* pozitif numunelerin tespiti için iki veya üç farklı agar kullanılmaktadır. Bazı araştırmacılar, *Salmonella*'nın tespiti ve izolasyonu için Bizmut Sülfit (BS) Agar kullanılmasını tavsiye ederken, diğerleri Salmonella-Shigella (SS) Agar ve Brilliant green (BG) Agar, Hektoen enterik (HE) Agar ve Ksiloz Lisin Deoksikolat (XLD) Agar kullanılmasını önermektedir (Banwart, 1989). Ön zenginleştirme işleminin ardından alt kültür XLD agar, Xylose Lysine Tergitol-4 Agar (XLT4) veya SS Agar'a aktarılmakta ve yirmidört (24) saatlik bir inkübasyonun ardından agar plaklarının gözlenmesi tavsiye edilmektedir. Besiyerlerinde tipik bir *Salmonella* kolonisi gözlenmiyorsa, plaklar *Salmonella* açısından negatif olarak adlandırılmadan önce 24 saat daha inkübe edilmektedir (Çetin, 2006; Yüksel, 2013). İzolasyon ortamında hiçbir tipik koloni bulunmazsa, bu numunenin *Salmonella* negatif olduğuna dair tatmin edici bir kanıttır. Plakalarda tipik koloniler saptanırsa, bu, örneğin Salmonella pozitif olabileceğinin olası bir kanıtıdır. Ancak, tipik koloniler üzerindeki mikroorganizmaların karakterizasyonu için hem biyokimyasal hem de serolojik testlere ihtiyaç duyulmaktadır (Çetin, 2006; Yüksel, 2013).

Salmonella'nın tespiti için ISO yatay yöntemi, ISO 6579:2002 (2012'de gözden geçirilmiştir), BAM: (Salmonella 8. baskı) ve Avrupa altın standardı (DIN EN 12824:1998) gibi ortam kombinasyonlarını kullanan birkaç yayınlanmış standart yöntem vardır. Öte yandan bu konu ile paralel standart yöntemler de yayınlanmıştır. Yukarıda açıklandığı gibi, gıda örneklerinden *Salmonella*'nın tespiti için kullanılan geleneksel yöntem, ön zenginleştirmeye, ardından seçici zenginleştirmeye, seçici agar besiyerinde izolasyona ve biyokimyasal ve serolojik tanımlamaya dayanmaktadır. Elde edilen negatif sonuçların onaylanması için birkaç gün (yaklaşık 4-5 gün), pozitif sonuçların onaylanması için ise en az 7 güne ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda örneklerinde *Salmonella* tespiti için uluslararası gıda sağlığı kontrol kuruluşları ve Uluslararası Standardizasyon Örgütü tarafından önerilen klasik yöntemler tavsiye edilmektedir. Bu yöntemler *Salmonella* hakkında niteliksel ve niceliksel bilgiler sağlayabilmektedir. Ancak geleneksel yöntemlerin kullanılması oldukça zaman alıcı ve maliyetlidir. Sonuç olarak, bu yöntemler birçok

acil durum için hızlı bir şekilde doğrudan veri sağlayamaz (Schönenbrücher et al., 2007; Saroj et al., 2008; Afonso, 2013; Ma et al., 2014).

Hızlı Yöntemler

Hızlı yöntemler gıda mikrobiyolojisinin önemli bir parçasıdır ve gıda örneklerinden patojen mikroorganizmaların ve ürünlerinin izolasyonu, tanımlanması, erken tespiti ve sayımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda gıda mikrobiyolojisi alanındaki gelişmeler, gıda kaynaklı patojenlerin daha hızlı ve pratik bir şekilde tespit edilmesini sağlamıştır. Öte yandan, standart protokollere kıyasla hızlı yöntemlerin duyarlılığını ve özgünlüğünü de artırmışlardır (Park et al., 2014). Bu yeni tespit yöntemlerine genellikle hızlı yöntemler denir. Bu yöntemler, geleneksel yöntemlere kıyasla modifiye edilmiş veya geliştirilmiş immünolojik veya nükleik asit bazlı deneyleri kapsamaktadır. Bu hızlı tespit yöntemleri, hız, basitlik, özgünlük, duyarlılık, maliyet etkinliği ve iş gücü verimliliği gibi avantajlar sağlaması açısından gıda güvenliği bakımından da bir yüksek öneme sahip olabilmektedirler.

Tespit metodolojisinin daha da gelişmesiyle birlikte belirli gıda kaynaklı patojenlerin tespiti daha hızlı ve analiz sonucunda elde edilen bilgiler daha kapsamlı hale gelmiştir. Bu aynı zamanda, gıda matrisindeki patojenik olmayan mikroorganizmalardan hedef patojenleri saptamak için hızlı bir yöntemin özgünlüğünün de artmasına yol açmıştır. Hızlı yöntemler hem insan hatalarını azaltmakta ve hem de çok sayıda analizin süresini kısaltarak maliyetinide düşürmektedir (Dobhal et a., 2014; Park et al., 2014).

Hızlı analiz teknolojileri, gıdalardan Salmonella’nın tespiti için uygundur. Öte yandan, uygunluk ve uygulanabilirlik açısından da arzu edilmektedirler. Salmonella'nın izolasyonu, tanımlanması ve serotiplenmesi için hassas ve spesifik yöntemler, Salmonella gözlem ve kontrol programlarının önemli unsurlarıdır. İdeal bir yöntem, hızlı, ucuz, kolaylıkla tekrarlanabilir, duyarlı ve spesifik olmalıdır. Şu anda, tek bir yöntem tüm kriterleri karşılayamaz. Bu nedenle, örneklerin kaynağına bağlı olarak en uygun yöntem seçilmelidir (Mata and Vanetti, 2012).

Son zamanlarda, geleneksel yöntemlere kıyasla analiz süresini azaltmak için hızlı yöntemler geliştirilmiştir. *Salmonella* için birçok hızlı tanımlama ve izolasyon yöntem ve çok sayıda ticari ürün geliştirilmiştir. Ancak, duyarlılıkları ve özgüllükleri açısından hala bazı sorunlar bulunmaktadır (Jeníková et al., 2000). Ancak yeni geliştirilen kültürel yöntemler, gıdalardan *Salmonella* sp.'nin belirlenmesi için yaklaşık 48 saatlik bir zaman tasarrufu sağlamaktadır (Margot et al., 2013). Bu yöntemler öncelikle polimeraz zincir reaksiyonuna (PCR) ve

immünolojik analizlere (ELISA, IMS) dayanmaktadır. Ayrıca, biyosensör teknolojileri ise potansiyel alternatifler olarak geliştirilmiştir (Mata et al., 2010; Afonso 2013).

İmmünomanyetik Separasyon (IMS)

Gıda kaynaklı patojenlerin immünomanyetik ayrımı, çeşitli uç nokta saptama protokollerinin kullanılmasını sağlayan güvenilir bir konsantrasyon ve ayırma prosedürüdür. Teknik, gıda örneklerinden toksin üreten *Esherichia coli* serotipleri, *Listeria* ve *Salmonella* izolasyonu açısından vazgeçilmez bir yöntem olarak onay almıştır. Alt uygulamalar için hedef ayrımının sağlanması partiküller üzerine uygun antikorların kaplanmasıyla ilişkili farklı faktörlerin kontrolüne ve işleme faktörlerinin tamamen optimizasyonuna bağlıdır. Otomatik IMS yöntemi, çok sayıda örneğin işlenmesi sırasında insandan kaynaklanacak hatalarının üstesinden gelinmesinide sağlamaktadır (Cox and Pavic 2014; Uyttendaele et al., 2014). İmmünomanyetik ayırma (IMS), hedef mikroorganizmaların ayrılması, izolasyonu ve konsantrasyonu için başarılı bir yöntemdir ve mikroorganizmaların toplam analiz süresini yaklaşık 24 saat azaltmaktadır. Son zamanlarda, gıdalardan ve diğer örneklerden hedef mikroorganizmaların seçici izolasyonu ve konsantrasyonu için IMS sistemi kullanılmaktadır. IMS yönteminde, hedef mikroorganizma için spesifik antikorlarla (bu antikorlar yüzeye kovalent olarak bağlanır) kaplanmış paramanyetik polistiren boncuklar kullanılmaktadır. Bu yöntemde, süper paramanyetik boncuklar veya polistiren partiküller, gıda numunesinin mikroflorasında bulunan patojen mikroorganizmaların spesifik olarak tutulmasına ve izolasyonuna izin veren demir oksitler, oksit-hidroksitler ve antikorlarla kaplanmıştır (Favrin et al., 2003; Aminul et al., 2006; Taban and Aytaç, 2009). Daha sonra, ticari olarak temin edilebilen Dynabeads® anti-*Salmonella* (Currently Life Technologies Corporation, (UK)), IMS'nin geleneksel zenginleştirme besiyerleri ile karşılaştırmalı çalışmalarında kullanılmıştır (Skjerve and Olsvik, 1991; Mansfield and Forsythe, 1996).

IMS, hedef bakterileri konsantre etmek için spesifik antikorlarla kaplanmış manyetik boncukların kullanımına dayanan bir yöntemdir ve bu metodun Salmonella'nın geleneksel seçici zenginleştirme performansını arttırdığı bildirilmiştir (Trkov et al., 1999; Sarimehmetoğlu et al., 2009).

Ayrıca, IMS, gıda mikroflorasından kolayca ayrılan bir boncuk-bakteri kompleksi ile hedef bakterileri tutabilir ve daha sonra manyetik bir kuvvet uygulanarak daha küçük bir hacimde konsantre edilebilir. Böylece, tespit süresini kısaltabilir, hassasiyeti iyileştirebilir ve gıda matrislerinin yağ, protein ve viskozitesinden kaynaklanan engellerini

ortadan kaldırabilir ve böylece gıda kaynaklı patojen tespit protokollerini iyileştirebilir (Zhu et al., 2011). Son zamanlarda, IMS, çeşitli gıdalardan özellikle, doğal olarak kontamine olmuş çiğ et ürünleri, yumurta, süt, kıyma, mayonez, somon, taze marul, çiğ ördek kanatları, tavuk karkasları, ıspanak ve diğer sebzelerden, *Escherichia coli* O157:H7 ve *Escherichia coli* O157 (Chapman et al., 2001; Chapman and Ashton, 2003; Fedio et al., 2011; Weagant et al., 2011; Chen et al., 2014; Xiong et al., 2014), *Listeria monocytogenes* ve *Listeria* spp. (Kaclikova et al., 2001; Amagliani et al., 2006; Ueda et al., 2006; Wang and Mustapha, 2007; Yang et al., 2007; Wang et al., 2011), *S. Typhimurium* (Jordan et al., 2004; Mercanoglu and Griffiths, 2005; Wang et al., 2011; Almeida et al., 2013; Zheng, 2014) izolasyonu için pratik olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, IMS metodik duyarlılığını artırma açısından ELISA, empedans mikrobiyoloji, elektrokemilüminesans, biyolüminesans ve polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) gibi diğer hızlı tespit teknikleriyle birliktede kullanılabilir (Fluit et al., 1993; Cudjoe et al., 1994; Cudjoe et al., 1995; Spanova et al., 2000; Zadernowska and Chajęcka, 2012).

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) kullanılarak *Salmonella*'nın hızlı tespiti

Kleppe et al. (1971) ilk olarak 1971 yılında polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) ilkelerini tanımlamıştır. Ancak, termostabil DNA polimerazın tanıtılmasıyla ilgili ilk deneysel veriler 1985 yılında Saiki et al. (1985) tarafından yayınlanmışve ardından PCR dünyada 40.000'den fazla bilimsel yayında kullanılmıştır (White, 1996).

Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), gıdalardan patojen bakterilerin tespiti ve/veya karakterizasyonu açısından gıda mikrobiyolojisinde rutin bir yöntem haline gelmiştir. 1985 yılında PCR'ın keşfi, mikrobiyoloji laboratuvarlarında gıda kaynaklı hastalıkların teşhisini iyileştirmiş ve bu yöntem, patojenlerin doğrudan gıda örneklerinden hızlı, hassas ve spesifik bir şekilde saptanmasına izin vermiştir (Malorny et al., 2008; Weile and Knabbe, 2009).

PCR’da esas olarak tüp platformu kullanılmakta ve amplifiye DNA ürününün tespiti çoğunlukla elektrik akımı altında bir agaroz veya poliakrilamid jel içerisindeki DNA segmentlerinin ayrılmasının ardından öngörülmektedir. Ortama çeşitli floresan boyaların (örn. etidyum bromür veya Sybr Green) eklenmesi elektroforez sırasında DNA'yı bağlamakta ve UV ışığı ile ışınlama yoluyla bağlı boyanın uyarılması, PCR ürün DNA'sının uzunluğunu göstermektedir. PCR ürününün kimliği, bilinen uzunluktaki DNA fragmanlarının bir boyut merdiveni ile karşılaştırılarak doğrulanmaktadır (Uyttendaele et al., 2014).

Gıda kaynaklı patojenlerin tespiti, halk sağlığı bakımı açısından önemli bir husustur. *Salmonella* patojenlerinin belirlenmesinde PCR yöntemleri kullanılabilir ve bu yöntem Salmonella sp. fimA geninin belirlenmesinde etkin, hızlı, duyarlı bir yöntemdir (Naravaneni and Jamil, 2005). Son yıllarda PCR, yüksek özgünlüğü ve duyarlılığı nedeniyle mikrobiyolojik araştırmalar için önemli bir yöntem haline gelmiştir. (Liu et al., 2012). Gıda mikrobiyolojisinde PCR uygulaması, örneğin toksinlerin saptanması, bakteriyel ve viral patojenlerin sayımı, izolatların karakterizasyonu, tiplenmesi ve gen ekspresyonunun ölçümü gibi alanlarda sürekli olarak genişlemiş ve uygulama alanı bulmuştur (Uyttendaele et al., 2014). Amplifikasyon için farklı Salmonella genomu fragmanlarını içeren birkaç PCR analiz yöntemi geliştirilmiştir. invA geni çeşitli çalışmalarda kullanılmaktadır ve bu gen epitel hücrelerine saldırmak için gereklidir. *S. pullorum* ve *S. arizonae* hariç tüm *Salmonella* serovarlarının invA geni taşıdığı bildirilmiştir (Khan et al., 2014).

Bakteri tespiti için geliştirilen farklı PCR yöntemlerinin örnekleri şunlardır: (a) gerçek zamanlı (Real-time) PCR, (b) mültipleks (multiplex) PCR ve (c) ters transkriptaz (reverse transcriptase) PCR (RT-PCR) (Lazcka et al., 2007). Gerçek zamanlı (Real-Time) PCR, gıda kaynaklı patojenlerin tespiti için çok daha hızlıdır (Postollec et al., 2011). Öte yandan, bu konuda halihazırda birkaç analiz geliştirilmiş ve yayınlanmıştır (Lund et al., 2004; Hein et al., 2006; Fukushima et al., 2009; Amagliani et al., 2010; McCabe et al., 2011).

Gıdalarda ve çevresel örneklerde *Salmonella* seviyesi genellikle çok düşüktür. Bununla birlikte, daha hassas florojenik gerçek zamanlı PCR yöntemleri dahil olmak üzere şu anda mevcut ticarileştirilmiş nükleik asit bazlı analizler, içinde nadir de olsa *Salmonella* bulunduran gıdalardan da *Salmonella*'yı tespit edebilmektedir. Bu yöntemler, 25 g gıda numunesi başına 1 bakteri hücresi duyarlılığına sahip yöntemlerdir (Kumar et al., 2010; Seo et al., 2006; Cheung and Kam, 2012). Multipleks PCR, farklı PCR varyantları arasında çok kullanışlıdır. Hedeflenen her bakteri suşunun spesifik genlerini kodlayan DNA bölgelerini amplifiye etmek için farklı primerler ekleyerek birkaç organizmanın aynı anda saptanmasına izin vermiştir (Touron et al., 2005; Lazcka et al., 2007). *Salmonella* serovarlarının önemli suşlarının tanımlanması ve seçiciliğinin serolojik teste gerek kalmadan hızlı ve hassas bir şekilde belirlenmesi için multipleks PCR testi uygulanabilmektedir (Shimizu et al., 2014). PCR tekniği, bir hedef DNA dizisinin binlerce hatta milyonlarca kopyasını üreterek, belirli bir DNA parçasının birkaç kopyasını veya hatta tek bir kopyasını birkaç büyüklük mertebesinde çoğaltabilmekte ve böylece kısa sürede çok az sayıda ki ve hatta tek bir bakteriyi bile tespit edebilmektedir (Bai et al., 2013).

Salmonella Tespitinde Enzim Bağlantılı İmmünosorbent Testi

Enzim bağlantılı immünosorbent testi (ELISA), bir antikor-antijen kompleksi oluşturmak için katı fazları kullanan bir immünoenzimatik test türüdür. Ucuz olması ve hızlı olması, iyi hassasiyet ve daha az emek yoğun olması gibi diğer avantajlı özelliklerinden dolayı bakteriyel patojenlerin rutin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bang et al., 2012). ELISA, gıdalarda patojen tespiti için kullanılan en yaygın antikor tahlil formatıdır. Genellikle bir "sandviç" format deneyi olarak tasarlanmıştır. Zenginleştirme kültürlerinden antijeni yakalamak için katı bir forma bağlı bir antikor ve tespit için ise bir enzime konjuge olarak bağlanmış ikinci bir antikor kullanılmaktadır (Ramsay, 1998). Ayrıca, Bolton et al. (1981), gıdalardan *Salmonella*'nın hızlı, zahmetsiz ve pratik bir şekilde tespiti için bir kit belirlemiştir.
Bu test kiti için kritik tespit limiti 1 cfu/25 g numune kadar düşüktür ve test edilen tüm numune türleri için uygulanabilir olduğu bildirilmiştir. Ayrıca kit, AOAC Araştırma Enstitüsü tarafından da doğrulanmıştır (Foley and Grant, 2007). Farklı ELISA sistemleri geliştirilmiştir ve ticari olarak da kit ekipmanı ile temin edilmektedir. ELISA'da *Salmonella* sp.'ye özgü bir antijen katı bir madde üstünde uygun antikora bağlanmıştır. Antijen-antikor karışımı oluşturulduktan sonra, antijen konsantrasyonu ve *Salmonella* varlığı, bir kromojenik substratın enzimatik olarak ayrılmasının neden olduğu renk değişikliği ile ölçülebilmiştir. Ham ve işlenmiş ürünlerde *Salmonella*'nın hızlı tespiti için geliştirilmiş birkaç ticari ELISA sistemi mevcuttur bunlar: *Salmonella* için Güvence GDS™ (BioControl Systems, Inc., Bellevue, WA), 3M™ Tecra™ *Salmonella* Görsel İmmünoassay (Tecra International Pty Ltd, Avustralya), *Salmonella* ELISA Testi SELECTA/OPTIMA (Bioline APS, Danimarka) ve Vitek Immuno Diagnostic Assay System (VIDAS) (BioMerieus, Hazelwood, MO), Oxoid™ *Salmonella* ELISA Testi (Thermo Scientific, ABD) ve MaxSignal® Salmonella ELISA Test Kiti (Bioo Scientific, Austin TX)'dir (Zhao et al., 2014).

Salmonella Tespiti için PCR ve IMS Kombinasyonu.

Son yıllarda, IMS-Real Time-PCR, patojenlerin tanımlanmasında popüler bir yöntem haline gelmiştir. IMS'nin RT-PCR ile kombinasyonu hızlı, oldukça spesifik ve hassas bir yöntem olarak kabul edilmiş ve bu tekniğin gıda güvenliği alanında yaygın olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir (Hagren et al., 2008, Fedio et al., 2011, Fusco et al., 2011, Garrido et al., 2012, Ma et al., 2014). Bu yöntem, laboratuvarlarda bazı patojenlerin saptanması için gereken süreyi (8 saatten az) önemli ölçüde azaltabilmektedir. Öte yandan, özellikle bakteri tespit edildiğinde acil bir durumda hızlı yanıt verme potansiyeli de sunmaktadır (Ma et al., 2014). Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), mikroorganizmaların tespiti için

hassas bir yöntemdir. PCR kullanımı, gıda bileşenleri, organik asitler ve diğer inhibitörler nedeniyle gıda numunelerinde yalancı negatif sonuçlara neden olabilmektedir. Oysaki immünomanyetik ayırma (IMS) yöntemi ile potansiyel inhibitörler kolaylıkla elimine edilebilmektedir. IMS, inhibitör veya kompleks mikroflora içeren gıdalardan hedef patojen mikroorganizmanın ayrıştırılması ve konsantrasyonu için kullanılmakta ve birçok durumda seçici zenginleştirme yerine de kullanılabilmektedir (Löfström et al., 2004; Taban et al., 2008).
Hedef bakterilerin spesifik olarak rekabetçi mikrobiyotadan ve gıda matrisinden ayrılması için IMS yönteminin kullanımı sağlanmakta ve gıda bileşenleri tarafından PCR'ın inhibisyonu, IMS kullanımıyla aşılabilmektedir. Ancak, yöntemin doğruluğunun daha ayrıntılı olarak açıklığa kavuşturulması büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yöntemle karşılaştırıldığında, IMS ve m-PCR kombinasyonu, genel ve spesifik primerler kullanılarak cins ve serovar aralığında *Salmonella* tespiti için daha hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Salehi et al., 2007).

DİĞER METODLAR

Döngü aracılı izotermal amplifikasyon (LAMP) olarak adlandırılan yeni bir nükleik asit bazlı yöntem, Notomi et al. (2000) tarafından yayınlanmıştır. LAMP oldukça spesifik, hassas, hızlı ve uygun maliyetli bir analiz yöntemidir (Han ve Ge, 2008; Yeh et al., 2006). Ayrıca LAMP, izotermal koşullarda uygulanır ve özel bir alete gerek yoktur. Normal bir laboratuvar su banyosu veya ısıtma bloğu yeterlidir. LAMP yöntemi, gıda patojeni *Salmonella*'nın saptanması için potansiyel bir uygulamadır (Wang et al., 2008).
Bu yöntem, Bst DNA polimerazın otomatik döngülü iplik yer değiştirme doğasına dayanmaktadır ve sabit bir sıcaklıkta (60–65 °C) çok hızlı bir şekilde çeşitli miktarlarda hedef DNA fragmanı üretebilmektedir. LAMP'nin duyarlılığı, numunelerde nesnel olmayan DNA'nın varlığından etkilenmiyor gibi görünmektedir. Ayrıca, gıda bileşenlerinin oluşturduğu dezavantajlara PCR'a göre daha fazla tolerans göstermektedir. Bakteriyel patojenlerin tespiti için LAMP uygulaması, çok sayıda araştırma merkezinde bağımsız olarak test edilmiştir (Ravan ve Razanparast, 2012). Döngü aracılı izotermal amplifikasyon (LAMP) testi, gıdalardan *Salmonella* tespiti için uygulanmaktadır. LAMP testi ile 60 dakika içinde 10^2 cfu/ml seviyesindeki *Salmonella*'nın tespiti mümkün olabilmektedir. LAMP'ın sepesifikliği, PCR testininkine benzerdir, ancak LAMP'ın duyarlılığının daha fazla olduğu düşünülmektedir. Böylece, LAMP testinin *Salmonella* için hızlı, spesifik ve hassas bir tespit yöntemi olarak olduğu doğrulanmıştır (Ueda ve Kuwabara, 2009).

Son zamanlarda yapılan bazı araştırmalarda LAMP'ın *Salmonella* için hızı, spesifikliği ve duyarlılığı rapor edilmiştir (Ohtsuka et al. 2005;

Li et al. 2009; Ueda and Kuwabara 2009; Techathuvanan et. al., 2010; Chen et. al., 2011; Ye et. al., 2011; Zhang et. al., 2011; Techathuvanan and D'Souza, 2012; Yang et. al., 2013). LAMP, PCR tipi analaizlere güçlü alternatiflerdir ve gıda örneklerinde sıradan *Salmonella* analizi için yaygın olarak kabul edilebilmektedir (Yang et al., 2013). LAMP testi, *Salmonella*'nın hızlı ve yüksek hassasiyetle saptanmasında etkilidir (Hara-Kudo ve ark., 2005).

Floresan in situ hibridizasyon (FISH), gıdalardaki kompleks mikrobiyal floranın belirlenmesinde hızlı ve spesifik bir yöntemdir (Cocolin et al., 2007; Özer and Kimiran-Erdem, 2013). FISH, yakın zamanda çeşitli numunelerde *Salmonella* tespiti için peptit nükleik asit probları (PNA) kullanan yeni bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Bu teknik, bir PNA probu ile teminatlı nükleik asit hedeflerini korunan bir RNA sekansına hibridize edebilen sentetik bir DNA analoğunun kesin olarak bağlanmasına bağlıdır. Uygulama çok spesifik, hassas ve 24 saatten daha kısa bir sürede 1 CFU/10 ml kadar az numuneyi tespit etme kapasitesine sahiptir (Almeida et. al., 2010; Almeida et. al., 2013). Standart bir FISH metodolojisi, hücrelerin hazırlanmasını, geçirgenliğini, hibridizasyonunu, fazla bağlanmamış probun yıkanmasını ve floresan mikroskobu tekniği ile sinyalin tespit edilmesini kapsamaktadır. Gıda araştırmalarında floresan in situ hibridizasyonun kullanımına ilişkin raporlar, *Salmonella* sp.'nin uygulanma olasılığını göstermektedir ve bu yöntemin tespiti çok hassas, hızlı ve ucuzdur (Jasson et al., 2010; Ootsubo et al., 2003).

FISH rRNA'ya yönelik oligonükleotid probları ile floresan, PCR'a dayanmayan moleküler teknikler arasında en yaygın yöntemdir. FISH tarafından kullanılan problar, uzunluk olarak 15-25 nükleotit olma eğilimindedir ve 5' uçlarında floresan etiketlerle kovalent olarak etiketlenir. Hibridizasyondan sonra, epifloresan mikroskobu kullanılarak spesifik olarak boyanmış hücreler saptanır. Bu tekniğin tespit limiti 10^4 CFU/g civarındadır. Bu tespit seviyelerine ulaşmak için ön zenginleştirmenin ardından hızlı bir şekilde (yaklaşık 3 saat içinde) sonuçlar alınabilir. FISH ile akış sitometrisi kombinasyonu, domates ve diğer taze ürünlerin yüzeylerinden *Salmonella* sp.'nin kültürden bağımsız hızlı tespiti için kullanılmaktadır (Wagner et al., 2003; Bottari et al., 2006; Bisha and Stecher, 2010; Campos et al., 2012).

Altyapıda hız, güvenilirlik ve düşük talepler isteniyorsa, FISH yararlı bir prosedür olabilir. Floresan etiketli oligonükleotit probların ribozomal RNA üzerindeki benzersiz tamamlayıcı hedef parçalara spesifik bağlanması ve 10^5 cfu/ml'den fazla olmayan bir bakteri yoğunluğu gerektirmesi ile mikroorganizmaların tanımlanmasına izin verme özelliğine sahiptir. Gıdalarda ve klinik örneklerde *Salmonella* sp.'nin saptanması için birkaç DNA veya peptit nükleik asit (PNA) FISH probu tanımlanmıştır (Frickmann et al., 2013).

Son zamanlarda, biyosensör teknolojisi, mikroorganizmaların yakın gerçek zamanlı tespiti için yeterince hızlı, hassas ve güvenilir bir tespit yöntemi olarak kapsamlı bir şekilde çalışılmıştır. Biyosensörler, geleneksel kültürel yöntemlere göre minimum sürede ve hazırlık adımlarında anında bilgi sağlamaktadır. Ayrıca karmaşık numunelerdeki mikroorganizmaların saptanmasına da yardımcı olabilmektedir (Bhunia, 2008; Leonard et al., 2003; Deisingh and Thompson, 2004; Waladez et al., 2009).

Biyosensörler, tespit limitini (LOD) ve/veya sonuç zamanını iyileştirmek için geliştirilmiştir. Yüzey geliştirilmiş Raman spektroskopisi (SERS) yöntemleri de dahil olmak üzere elektrokimyasal ve optik tekniklere dayanmaktadırlar. Bununla birlikte, karmaşık gıda matrislerinde patojenlerin yerinde tespiti için oldukça hassas, kolay uygulanabilir biyosensörlerin geliştirilmesi için hala gerekli olabilmektedir (Subramanian et al., 2006, Li et al., 2011; Patel et al., 2011; Smietana et al., 2011; Wang et al., 2011; Setterington and Alocilja, 2012; Cho, 2014).

Optik biyosensörler, gıda ve ortamdaki patojenlerin tespit süresini en aza indirmeye yönelik bir prosedürdür. Fiber optik biyosensör olarak adlandırılan cihaz, çeşitli patojenlerin tespiti için hızlı yöntemlerden biri olarak geliştirilmiştir. Genel olarak, fiber optik sensörler, flüoresans saçan bir kimyasalı tanımak ve bir optik dalga kılavuz boyunca yakın alan dalgası oluşturmak için bir lazer ışığı kullanarak çalışmaktadır. Prensip olarak, belirli bir antikora b ve ardından, bir bileşen olarak bir hedefe, fiber optik dalga kılavuzunun çekirdeğine bağlanmaktadır.

Kaybolan dalga, hem floresan madde ile birleşen ve hem de bir antijenle patojen olarak ilgilenen herhangi bir meşru antikoru uyarmaktadır. Ortaya çıkan floresan parlaklığının bir kısmı dalga kılavuzu aracılığıyla geri aktarılmakta ve bir foto dedektör sayesinde değerlendirilmektedir (Waladez et al., 2009).

SONUÇ

Gıda kaynaklı patojen bakterilerin tespiti halk sağlığı açısından acil bir konudur. *Salmonella* sp., bir Enterobakteri grubudur ve gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerde insan patojeni olarak bilinmektedir. Küresel olarak, *Salmonella* sp.'nin gıda kaynaklı hastalıkların önemli bir etkeni olmaya devam ettiği düşünülmektedir. Bununla birlikte, geleneksel *Salmonella* saptama yöntemleri oldukça hassastır ve genellikle herhangi bir kullanım için yavaştır. Gıda örneklerinden patojen bakterilerin saptanmasında zaman oldukça önemli bir faktördür ve bu nedenle kısa sürede bulgu verebilen hızlı yöntemlerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle gıdalardan ve diğer çevresel örneklerden *Salmonella* tespiti için çeşitli hızlı yöntemler geliştirilmiştir ve bu uygulamalar gıda

mikrobiyolojisi alanında önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Kapsamlı bir değerlendirme ve sertifikasyondan sonra uluslararası standart otoriteleri tarafından geleneksel yöntemler olarak onaylanmıştır.

KAYNAKLAR

Afonso AS, Pérez-López B, Faria RC, Mattoso LHC, Hernández-Herrero M, Roig-Sagués AX, Costa MM, Merkoçi A. 2013. Electrochemical detection of *Salmonella* using gold nanoparticles. Biosens Bioelectron 40:121-126.

Almeida C, Azevedo NF, Fernandes RM, Keevil CW, Vieira MJ. 2010. Fluorescence in situ hybridization method using a peptide nucleic acid probe for identification of *Salmonella* spp. in a broad spectrum of samples. Appl Environ Microbiol 76:4476-4485.

Almeida C, Azevedo NF, Fernandes RM, Keevil CW, Vieira MJ. 2013. Detection of *Salmonella enterica* serovar Enteritidis using real time PCR, immunocapture assay, PNA FISH and standard culture methods in different types of food samples. Int J Food Microbiol 161:16-22.

Amagliani G, Omiccioli E, Campo A, Bruce IJ, Brandi G, Magnani M. 2006. Development of a magnetic capture hybridization-PCR assay for *Listeria monocytogenes* direct detection in milk samples. J Applied Microbiol 100:375-383.

Amagliani G, Omiccioli E., Brandi G, Bruce IJ, Magnani M. 2010. A multiplex magnetic capture hybridization and multiplex Real-Time PCR protocol for pathogen detection in seafood. Food Microbiol 27:580-585.

Aminul IM, Heuvelink AE, Talukder KA, De BE. 2006. Immunoconcentration of Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157 from animal faeces and raw meats by using Dynabeads anti-*E. coli* O157 and the VIDAS system. Int J Food Microbiol 109:151-156.

Bai Y, Song M, Cui Y, Shi C, Wang D, Paoli GC, Shi X. 2013. A rapid method for the detection of foodborne pathogens by extraction of a trace amount of DNA from raw milk based on amino-modified silica-coated magnetic nanoparticles and polymerase chain reaction. Anal Chim Acta 787:93-101.

Bang J, Shukla S, Kim Y, Kim M. 2012. Development of indirect competitive ELISA for the detection of *Salmonella* Typhimurium. Rom Biotechnol Lett 17:7194-7204.

Banwart GJ. 1989. Basic food microbiology. 2nd ed. New York, N.Y.: Reinhold Company. p 773.

Bell C, Kyriakides A. 2002. *Salmonella.* In: Blackburn CDW, Mcclure PJ, editors. Foodborne Pathogens: Hazards, Risk Analysis and Control. Boca Raton, Woodhead Publishing, pp. 307-331., Brands DA. 2006. *Salmonella* deadly diseases and epidemics. New York. N.Y.: Chelsea House Publishers, P 102.

Bhunia AK. 2008. Biosensors and bio-based methods for the separation and detection of foodborne pathogens. Adv Food Nutr Res 54:1-44.

Bisha B, Stecher BBF. 2010. Combination of adhesive-tape-based sampling and fluorescence in situ hybridization for rapid detection of *Salmonella* on fresh produce. J Vis Exp 44:pii 2308.

Bolton, D.C., Chu, H.-J., Ardans, A.A., Kelly, B., Zee, Y.C., 1981. Evaluation of the critical parameters of a sensitive ELISA test using purified infectious bovine rhinotracheitis antigen. Vet. Microbiol. 6, 265–279.

Bottari B, Ercolini D, Gatti M, Neviani E. 2006. Application of FISH technology for microbiological analysis: current state and prospects. Appl Microbiol Biotechnol 73:485-494.

Brands DA. 2006. *Salmonella* deadly diseases and epidemics. New York. N.Y.: Chelsea House Publishers, P 102.

Brandt R. 2012. Functional and phenotypic profiling of innate immunity during *Salmonella* infection. Doctor of Philosophy thesis. Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, DK.

Brenner FW, Villar RG, Angulo FJ, Tauxe R, B Swaminathan. 2000. *Salmonella* Nomenclature. J Clin Microbiol 38:2465-2467.

Campos GL, Suarez JVM, Urda MA, Alonso VL. 2012. Microarray detection and characterization of bacterial foodborne pathogens. Berlin, Springer Briefs in Food, Health, and Nutrition, p 126.

Çetin, B., 2006. Koruyucu kültür ve laktik asit uygulamalarının tavuk etlerinde raf ömrü ve *salmonella* typhimurium gelişimi ve önemli bazı mikroorganizmaların inhibisyonu üzerine etkileri. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst., 34-35 s., Erzurum, Türkiye.

Chapman PA, Ashton R. 2003. An evaluation of rapid methods for detecting *Escherichia coli* O157 on beef carcasses. Int J Food Microbiol 87:279-285.

Chapman, P.A., Ellin, M. and Ashton, R. (2001) A comparison of immunomagnetic separation and culture, RevealTM and VIPTM for the detection of E. coli O157 in enrichment cultures of naturally-contaminated raw beef, lamb and mixed meat products. Letters in Applied Microbiology 32, 171–175.

Chen J, Shi X, Gehring AG, Paoli GC. 2014. Automated immunomagnetic separation for the detection of *Escherichia coli* O157:H7 from spinach. Int J Food Microbiol 179:33-37.

Chen S, Wang F, Beaulieu JC, Stein RE, Ge B. 2011. Rapid detection of viable *Salmonellae* in produce by coupling propidium monoazide with loop-mediated isothermal amplification. Appl Environ Microbiol 77:4008-4016.

Cheung PY, Kam KM. 2012. *Salmonella* in food surveillance: PCR, immunoassays, and other rapid detection and quantification methods. Food Res Int 45:802-808.

Cho IH, Mauer L, Irudayaraj J. 2014. In-situ fluorescent immunomagnetic multiplex detection of foodborne pathogens in very low numbers. Biosens Bioelectron 57:143-148.

Coburn B, Grassl GA, Finlay BB. 2007. *Salmonella*, the host and disease: a brief review. Immunol Cell Biol 85:112-118.

Cocolin L, Diez A, Urso R, Rantsiou K, Comi G, Bergmaier I, Beimfohr C. 2007. Optimization of conditions for profiling bacterial populations in food by culture - independent methods. Int J Food Microbiol 120 (1-2):100-109.

Cox JM, Pavic A. 2014. *Salmonella*. Introduction. In: Batt CA, editor. Encyclopedia of Food Microbiology, Waltham, Academic Press, pp. 322-331.

Cudjoe KS, Hagtvedt T, Dainty R. 1995. Immunomagnetic separation of *Salmonella* from foods and their detection using immunomagnetic particle (IMP)-ELISA. Int J Food Microbiol 27:11-25.

Cudjoe KS, Krona R, Grøn B, Olsen E. 1994. Use of ferrous sulphate and immunomagnetic separation to recover *Salmonella enteritidis* from raw eggs. Int J Food Microbiol 23:149-158.

Darwin KH, Miler VL. 1999. Molecular Basis of the Interaction of *Salmonella* with the Intestinal Mucosa. Clin Microbiol Rev, 12(3): 405-428.

Deisingh AK, Thompson M. 2004. Biosensors for the detection of bacteria. Can J Microbiol 50:69-77.

Dobhal S, Zhang G, Rohla C, Smith MW, Ma LM. 2014. A simple, rapid, cost-effective and sensitive method for detection of *Salmonella* in environmental and pecan samples. J Appl Microbiol 117:1181–1190.

Erkmen O. 2007. Food Microbiology. Ankara, Elif publish center, p 688.

Ethelberg S, Mølbak K, Josefsen MH. 2014. Bacteria: *Salmonella* Non-Typhi. In: Motarjemi, Y, editor. Encyclopedia of Food Safety. Waltham, Academic Press. pp. 501-514.

Favrin SJ, Jassim SA, Griffiths MW. 2003. Application of a novel immunomagnetic separation-bacteriophage assay for the detection of *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7 in food. Int J Food Microbiol 85:63-71.

Fedio WM, Jinneman KC, Yoshitomi KJ, Zapata R, Wendakoon CN, Browning P, Weagant SD. 2011. Detection of *E. coli* O157: H7 in raw ground beef by Pathatrix immunomagnetic-separation, real-time PCR and cultural methods. Int J Food Microbiol 148:87-92.

Foley SL, Grant K. 2007. Molecular techniques of detection and discrimination of foodborne pathogens and their toxins. In: Simjee S, editor. Infectious Disease: Foodborne Diseases. Totowa, NJ, Humana Press Inc. p 485-510.

Fluit AC, Widjojoatmodjo MN, Box ATA, Torensma R, Verhoef J. 1993. Rapid detection of *Salmonellae* in poultry with the magnetic immunopolymerase chain reaction assay. Appl Environ Microbiol 59:1342-1346.

Frazier WC, Westhoff DC. 1988. Food microbiology. New York, N.Y.: McGraw-Hill Book Company, p 540.

Frickmann Hagen, Hänle A, Essig A, Dekker D, Boahe, K, Acquah S, Sarpong N, Adu-Sarkodie Y, Schwarz NG, May J, Marks F, Hagen RM, Poppert S. 2013. Fluorescence in situ hybridization (FISH) for rapid identification of *Salmonella* spp. from agar and blood culture broth-An option for the tropics? Int J Med Microbiol 303:277-284.

Fukushima H, Katsube K, Tsunomori Y, Kishi R, Atsuta J, Akiba Y. 2009. Comprehensive and rapid real-time PCR analysis of 21 foodborne outbreaks. Int J Microbiol Article ID: 917623.

Fusco V, Quero GM, Morea M, Blaiotta G, Visconti A. 2011. Rapid and reliable identification of *Staphylococcus aureus* harbouring the enterotoxin gene cluster (egc) and quantitative detection in raw milk by real time PCR. Int J Food Microbiol 144:528-537.

Garrido A, Chapela MJ, Roman B, Fajardo P, Lago J, Vieties JM, Cabado AG. 2012. A new multiplex real-time PCR developped method for *Salmonella spp*. and *Listeria monocytogenes* detection in food and environmental samples. Food Control 30:76-85

Gómez-Aldapa CA, Torres-Vıtela M, Villarruel-López DRA, Castro-Rosas J. 2012. The role of Foods in *Salmonella* Infections. In: Mahmoud BSM, editor. *Salmonella*- A Dangerous Foodborne Pathogen. Rijeka, InTech. pp. 21-45.

Guard J, Shah D, Morales CA, Call DN. 2011. Evolutionary Trends Associated with Niche Specialization as Modelled by whole Genome Analysis of Egg-contaminating *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. In: Porwollik S,

editor. *Salmonella:* from genome to function. Norfolk, Caister Academic Press. pp. 91-106.

Guibourdenche M, Roggentin P, Mikoleit M, Fields PI, Bockemühl J, Grimont PA, Weill FX. 2010. Supplement 2003-2007 (No. 47) to the White-Kauffmann-Le Minor scheme. Res Microbiol 161:9-26.

Gunn JS. 2011. Salmonella host–pathogen interactions: a special topic. Front Microbiol 2:4-5. Article 191. Doı:10.3389/fmicb.2011.00191.

Hagren V, Lode PV, Syrjälä A, Korpimäki T, Tuomola M, Kauko O, Nurmi J. 2008. An 8-hour system for *Salmonella* detection with immunomagnetic separation and homogeneous time-resolved fluorescence PCR. Int J Food Microbiol 125:158-161.

Han F, Ge B. 2008. Evaluation of a loop-mediated isothermal amplification assay for detecting *Vibrio vulnificus* in raw oysters. Foodborne Pathog Dis 5:311-320.

Hara-Kudo Y, Yoshino M, Kojima T, Ikedo M. 2005. Loop-mediated isothermal amplification for the rapid detection of *Salmonella*. FEMS Microbiol Lett 253(1):155-161.

Hein I, Flekna G, Krassnig M, Wagner M. 2006. Real-time PCR for the detection of *Salmonella* spp. in food: An alternative approach to a conventional PCR system suggested by the FOOD-PCR project. J Microbiol Methods 66(3):538-47.

Humphrey T. 2004. *Salmonella*, stress responses and food safety. Nat Rev Microbiol 2:504-509.

Jasson V, Jacxsens L, Luning P, Rajkovic A, Uyttendaele M. 2010. Alternative microbial methods: An overview and selection criteria. Food Microbiol 27:710-730.

Jeníková G, Pazlarová J, Demnerová K. 2000. Detection of *Salmonella* in food samples by the combination of immunomagnetic separation and PCR assay. Int Microbiol 3:225-229.

Jordan D, Vancov T, Chowdhury A, Andersen LM, Jury K, Stevenson A.E, Morris S.G. 2004. The relationship between concentration of a dual marker strain of *Salmonella typhimurium* in bovine faeces and its probability of detection by immunomagnetic separation and culture. J Applied Microbiol 97:1054-1062.

Kaclikova E, Kuchta T, Kay H, Gray D. 2001. Separation of *Listeria* from cheese and enrichment media using antibody-coated microbeads and centrifugation. J Microbiol Methods 46:63-67.

Kafel S. 1981. Effects of preenrichment media and their incubation conditions on isolating salmonellae from fish meal. J Food Prot 44: 268-270.

Khan AB, Sahir KH, Ahmed M, Khan SI. 2014. Rapid detection of *Salmonella* in food samples by polymerase chain reaction after a 10 h pre-enrichment. J Food Safety 34:79-86.

Kleppe K, Ohtsuka E, Kleppe R, Molineux I, Khorana HG. 1971. Studies on polynucleotides: XCVI. Repair replications of short synthetic DNA's as catalyzed by DNA polimerasas. J Mol Biol 56:341-361.

Kumar R, Surendran PK, Thampuran N. 2010. Rapid quantification of *Salmonella* in seafood using real-time PCR assay. J Microbiol Biotechnol 20:569-573.

Kunwar CR, Singh MH, Mangla MV, Hiremath MR. 2013. Outbreak investigation: *Salmonella* food poisoning. Med J Armed Forces India 69:388-391.

Lazcka O, Campo FJD, Mu˜noz FX. 2007. Review Pathogen detection: A perspective of traditional methods and biosensors. Biosens Bioelectron 22:1205–1217.

Leonard P, Hearty S, Brennan J, Dunne L, Quinn J, Chakraborty T, O'Kennedy R. 2003. Advances in biosensors for detection of pathogens in food and water. Enz Microb Technol. 32:3-13.

Li S., Huang J, Cai L. 2011. A porous silicon optical microcavity for sensitive bacteria detection. Nanotechnology 22:425-502.

Li X, Zhang S, Zhang H, Zhang L, Tao H, Yu J, Zheng W, Liu C, Lü D, Xiang R, Liu Y. 2009. A loop-mediated isothermal amplification method targets the *phoP* gene for the detection of *Salmonella* in food samples. Int J Food Microbiol 133:252-258.

Liu B, Zhou X, Zhang L, Liu W, Dan X, Shi C, Shi X. 2012. Development of a novel multiplex PCR assay for the identification of *Salmonella enterica* Typhimurium and Enteritidis. Food Control 27:87-93.

Löfström C, Knutsson R, Axelsson CE, Rådström P. 2004. Rapid and specific detection of *Salmonella* spp. in animal feed samples by PCR after culture enrichment. Appl Environ Microbiol 70:69-75.

Luby SP. 2014. Bacteria: *Salmonella* Typhi and *Salmonella* Paratyphi. In: Motarjemi, Y, editor. Encyclopedia of Food Safety. Waltham, Academic Press. pp 515-522.

Lund M, Nordentoft S, Pedersen K, Madsen M. 2004. Detection of *Campylobacter spp*. in chicken fecal samples by real-time PCR. J Clin Microbiol 42:5125-32.

Ma K, Deng Y, Bai Y, Xu D, Chen E, Wu H, Li B, Gao L. 2014. Rapid and simultaneous detection of *Salmonella*, *Shigella*, and *Staphylococcus aureus* in fresh pork using a multiplex real-time PCR assay based on immunomagnetic separation. Food Control 42:87-93.

Malkova, K., Rauch, P., Wyatt, G.M. and Morgan, M.R.A. 1998. Combined Immunomagnetic Separation and Detection of *Salmonella enteritidis* in Food Samples. Food Agr Immunol. *10*, 271-280.

Malorny B, Lofstrom C, Wagner M, Kramer N, Hoorfar J. 2008. Enumeration of *Salmonella* bacteria in food and feed samples by real-time PCR for quantitative microbial risk assessment. Appl Environ Microbiol 74:1299-1304.

Mansfield L, Forsythe S. 1996. Collaborative ring-trial of Dynabeads" anti-*Salmonella* for immunomagnetic separation of stressed *Salmonella* cells from herbs and spices. Int J Food Microbiol 29:41-47.

Margot H, Stephan R, O'Mahony E, Iversen C. 2013. Comparison of rapid cultural methods for the detection of *Salmonella* species. Int J Food Microbiol 163:47-50.

Mata D, Bejarano D, Botero ML, Lozano P, Constanti M, Katakis I. 2010. Screen-printed integrated microsystem for the electrochemical detection of pathogens. Electrochim Acta 55:4261-4266.

Mata GMSC, Vanetti MCD. 2012. Comparison of conventional and rapid methods for *Salmonella* detection in Artisanal Minas Cheese. J Food Res 1(3):178-183.

Matches JR, Liston J. 1968. Low temperature growth of *Salmonella*. J Food Sci 33:641-645.

McCabe EM, Burgess CM, O'Regan E, McGuinness S, Barry T, Fanning S, Duffy G. 2011. Development and evaluation of DNA and RNA real-time assays for food analysis using the *hilA* gene of *Salmonella enterica* subspecies enterica. Food Microbiol 28:447-56.

McClelland M, Sanderson KE, Spieth J, Clifton SW, Latreille P, Courtney L, Porwollik S, Ali J, Dante M, Du F, Hou S, Layman D, Leonard S, Nguyen C, Scott K, Holmes A, Grewal N, Mulvaney E, Ryan E, Sun H, Florea L, Miller W, Stoneking T, Nhan M, Waterson R, Wilson RK. 2001. Complete genome sequence of *Salmonella enterica* serovar Typhimurium LT2. Nature. 413:852-856.

Mercanoglu B, Griffiths MW. 2005. Combination of immunomagnetic separation with real-time PCR for rapid detection of *Salmonella* in milk, ground beef, and alfalfa sprouts. J Food Prot 68:557-561.

Naravaneni R, Jamil K. 2005. Rapid detection of food-borne pathogens by using molecular techniques. J Med Microbiol 54:51-54.

Newell, D.G., Koopmans, M., Verhoef, L., Duızer, E., Aidara-Kane, A., Sprong, H., Opsteegh, M., Langelaar, M., Threfall, J., Scheutz, F., Gıessen, J.V. and Kruse, H. 2010. Food-borne diseases the challenges of 20 years ago still persist while new ones continue to emerge. Int J Food Microbiol. *139*, 3-15.

Notomi T, Okayama H, Masubuchi H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. Nucleic Acids Res 28:e63.

Ohtsuka K, Yanagawa K, Takatori K, Hara-Kudo Y. 2005. Detection of *Salmonella enterica* in naturally contaminated liquid eggs by loop-mediated isothermal amplification, and characterization of *Salmonella* isolates. Appl Environ Microbiol 71:6730-6735.

Ootsubo M, Shimizu T, Tanaka R, Sawabe T, Tajima K, Ezura Y. 2003. Seven-hour fluorescence in situ hybridization technique for enumeration of Enterobacteriaceae in food and environmental water sample. J Applied Microbiol 95:1182–1190.

Özer D, Kimiran-Erdem A. 2013. Comparison of Different Methods for the Detection of *Salmonella* spp. in Minced Meat Samples. Kafkas Univ Vet Fak Derg 19:801-806.

Park SH, Aydin M, Khatiwarad A, Dolan MC, Gilmore DF, Boulding JL, Ahnh S, Rickea SC. 2014. Current and emerging technologies for rapid detection and characterization of *Salmonella* in poultry and poultry products. Food Microbiol 38:250-262.

Parry CM, Hien TT, Dougan G, White NJ, Farrar JJ. 2002. Typhoid fever. N Engl J Med 347:1770-1782.

Patel M, Gonzalez R, Halford C, Lewinski MA, Landaw EM, Churchill BM, Haake DA. 2011. Target-specific capture enhances sensitivity of electrochemical detection of bacterial pathogens. J Clin Microbiol 49:4293-4296.

Percival SL, Chalmers RM, Embrey M, Hunter PR, Sellwood J, Wyn-Jones P. 2004. Microbiology of Waterborne Diseases. California, Elsevier Academic Press, p 696.

Postollec F, Falentin H, Pavan S, Combrisson J, Sohier D. 2011. Recent advances in quantitative PCR (qPCR) applications in food microbiology. Food Microbiol 28:848-861.

Pui CF, Wong WC, Chai LC, Tunung R, Jeyaletchumi P, Noor-Hidayah, MS, Ubong A, Farinazleen MG, Cheah YK, Son R. 2011. *Salmonella*: A foodborne pathogen. Int Food Res J 18:465-473.

Quinn PJ, Carter ME, Markey B, Carter GR. 2000. Clinical Veterinary Microbiology. Edinburgh, Mosby Ltd. p 720.

Ramsay G. 1998. DNA chips: State-of-the art. Nature Biotechnol 16:40-44.

Ravan H, Yazdanparast R. 2012. Development and evaluation of a loop-mediated isothermal amplification method in conjunction with an enzyme-linked immunosorbent assay for specific detection of *Salmonella* sero group D. Anal Chim Acta 733:64-70.

Saiki RK, Scharf S, Faloona F, Mullis KB, Horn GT, Erlich HA, Arnheim N. 1985. Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia. Science 230:1350-1354.

Salehi TZ, Tadjbakhsh H, Atashparvar N, Nadalian MG, Mahzounieh MR. 2007. Detection and identification of *Salmonella* Typhimurium in bovine diarrhoeic fecal samples by immunomagnetic separation and multiplex PCR assay. Zoonoses Public Hlth 54:231-236.

Sarimehmetoglu B, Aksoy MH, Ayaz ND, Ayaz Y, Kuplulu O, Kaplan YZ. 2009. Detection of *Escherichia coli* O157: H7 in ground beef using immunomagnetic separation and multiplex PCR. Food Control 20:357–361.

Saroj SD, Shashidhar R, Karani M, Bandekar JR. 2008. Rapid, sensitive, and validated method for detection of *Salmonella* in food by an enrichment broth culture- Nested PCR combination assay. Mol Cell Probes 22:201-206.

Schönenbrücher V, Mallinson ET, Bülte M. 2007. A comparison of standard cultural methods for the detection of foodborne *Salmonella* species including three new Chromogenic Plating Media. Int J Food Microbiol 123:1-29.

Schultz M. 2008. Theobald Smith. Emerg Infect Dis 14:1940-942.

Seo KH, Valentin-Bon IE, Brackett RE. 2006. Detection and enumeration of *Salmonella* Enteritidis in homemade ice cream associated with an outbreak: Comparison of conventional and real-time PCR methods. J Food Protect 69:639-643.

Setterington EB, Alocilja EC. 2012. Electrochemical biosensor for rapid and sensitive detection of magnetically extracted bacterial pathogens. Biosensors 2:15–31.

Shimizu R, Osawa K, Shigemura K, Yoshida H, Fujiwara M, Iijima Y, Fujisawa M, Shirakawa T. 2014. Development of multiplex PCR for rapid identification of four *Salmonella* serovars most commonly isolated in Japan. Southeast Asian J Trop Med Public Health 45:654-661.

Siregar TH, Elliman J, Owens L. 2012. Development of real time polymerase chain reaction for detection of *Salmonella* Typhimurium and *Salmonella* Enteritidis in fish. Squalen. 7:51-58.

Skjerve E, Olsvik O. 1991. Immunoseparation of *Salmonella* from foods. Int J Food Microbiol 14:11-18.

Smietana M, Bock WJ, Mikulic P, Ng A, Chinnappan R, Zourob M. 2011. Detection of bacteria using bacteriophages as recognition elements immobilized on long-period fiber gratings. Opt Express 19:7971–7978.

Spanová A, Rittich B, Karpisková R, Cechová L, Skapová D. 2000. PCR identification of *Salmonella* cells in food and stool samples after immunomagnetic separation. Bioseparation 9:379-384.

Subramanian A, Irudayaraj J, Ryan T. 2006a. A mixed self-assembled monolayer-based surface plasmon immunosensor for detection of *E. coli* O157:H7. Biosens Bioelectron 21:998-1006.

Taban BM, Aytac SA. 2009. Application of magnetic immuno-polymerase chain reaction assay for detection of *Salmonella spp.* in chicken meats. Eur Food Res Technol 229:623-628.

Taban BM, Ben U, Aytac SA. 2008. Rapid detection of *Salmonella* in milk by combined immunomagnetic separation-polymerase chain reaction assay. J Dairy Sci 92:2382-2388.

Techathuvanan C, D'Souza DH. 2012. Reverse transcriptase loop-mediated isothermal amplification as a rapid screening/monitoring tool for *Salmonella enterica* detection in liquid whole eggs. J Food Sci 77:200–205.

Techathuvanan C, Draughon FA, D'Souza DH. 2010. Loop-mediated isothermal amplification (LAMP) for the rapid and sensitive detection of *Salmonella* Typhimurium from pork. J Food Sci 75:165-172.

Tindall BJ, Grimont PAD, Garrity GM, Euzeby JP. 2005. Nomenclature and taxonomy of the genus *Salmonella*. Int J Syst Evol Micr 55:521-524.

Touron A, Berthe T, Pawlak B, Petit F. 2005. Dedection of salmonella in environmental water and sediment by a nested-multiplex polymerase chain reaction assay. Res Microbiol 156:541–553.

Trkov M, Majerikova I, Jerasek B, Stefanovicova A, Rijpens N, Kuchta T. 1999. Detection of *Salmonella* in food over 30 h using enrichment and polymerase chain reaction. Food Microbiol 16:393–399.

Ueda S, Maruyama T, Kuwabara Y. 2006. Detection of *Listeria monocytogenes* from food samples by PCR after IMS-plating. Biocontrol Sci 11:129-134.

Ueda S, Kuwabara Y. 2009. The rapid detection of *Salmonella* from food samples by loop-mediated isothermal amplification (LAMP). Biocontrol Sci 14(2):73-76.

Uyttendaele M, Rajkovic A, Ceuppens S, Baert L, Coillie EV, Herman L, Jasson V, Imberechts H, 2014. PCR Applications in Food Microbiology. In: Batt CA, editor. Encyclopedia of Food Microbiology, Waltham, Academic Press. pp 1033-1041.

Wagner M, Horn M, Daims H. 2003. Fluorescence in situ hybridisation for the identification and characterisation of prokaryotes. Curr Opin Microbiol 6:302-309.

Waladez AM, Lana CA, Tu SI, Morgan MT, Bhunia AK. 2009. Evanescent wave fiber optic biosensor for *Salmonella* detection in food. Sensors 9:5810-5824.

Wang H, Hammack TS. 2014. *Salmonella*. Detection by classical cultural techniques. In: Batt CA, editor. Encyclopedia of Food Microbiology, Waltham, Academic Press. pp 332-338.

Wang H, Li Y, Wang A, Slavik M. 2011. Rapid, sensitive and simultaneous detection of three foodborne pathogens using magnetic nanobead-based immunoseparation and quantum dot-based multiplex immunoassay. J Food Protect 74:2039-2047.

Wang L, Li Y, Mustapha A. 2007. Rapid and simultaneous quantitation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella*, and *Shigella* in ground beef by multiplex real-time PCR and immunomagnetic separation. J Food Protect 70:1366-1372.

Wang L, Shi L, Alam MJ, Geng Y, Li L. 2008. Specific and rapid detection of foodborne *Salmonella* by loop-mediated isothermal amplification method. Food Res Int 41:69-74.

Weagant SD, Jinneman KC, Yoshitomi KJ, Zapata R, Fedio WM. 2011. Optimization and evaluation of a modified enrichment procedure combined with immunomagnetic separation for detection of *E. coli* O157:H7 from artificially contaminated alfalfa sprouts. Int J Food Microbiol 149:209-217.

Weagant, S.D. and A.J. Bound. 2001. Evaluation of techniques for enrichment and isolation of *Escherichia coli* O157:H7 from artificially contaminated sprouts. *International Journal of Food Microbiology*, **71**:87-92.

Weile J, Knabbe C. 2009. Current applications and future trends of molecular diagnostics in clinical bacteriology. Anal Bioanal Chem 394:731-742.

White TJ. 1996. The future of PCR technology: diversification of technologies and applications. Trends In Biotechnol 14:478-483.

Winn, W.C., Allen, S.D., Janda, W.M., Koneman E.W., Procop, G.W., Schreckenberger, P.C., Woods G.L. 2006. Koneman's Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology, 6th edition. Chapter 6: The Enterobacteriaceae. 211-302.

World Health Organization (WHO). 2007. WHO Collaborating Centre for Reference and Research on *Salmonella.* Antigenic formulae of the *Salmonella* serovars. 9th *Ed*. http://www.pasteur.fr/ip/portal/action/WebdriveActionEvent/oid/01s-000036-089. Accessed 20 August 2014

World Health Organization (WHO). 2014. Global Foodborne Infections Network. Laboratory Protocol "Isolation of *Salmonella* spp. From Food and Animal Faeces. 5th Ed.(June 2010) http://www.antimicrobialresistance.dk/data/images/protocols/isolation_of_salm_220610.pdf. Accessed 20 August 2014.

Xiong Q, Cui X, Saini JK, Liu D, Shan S, Jin Y, Lai W. 2014. Development of an immunomagnetic separation method for efficient enrichment of *Escherichia coli* O157:H7. Food Control 37:41-45.

Yang H, Qu L, Wimbrow AN, Jiang X, Sun Y. 2007. Rapid detection of *Listeria monocytogenes* by nanoparticle-based immunomagnetic separation and real-time PCR. Int J Food Microbiol 118:132–138.

Yang Q, Chen S, Ge B. 2013. Detecting *Salmonella* serovars in shell eggs by loop-mediated isothermal amplification. J Food Prot 76:1790–1796.

Ye Y, Wang B, Huang F, Song Y, Yan H, Alam MJ, Yamasaki S, Shi L. 2011. Application of in situ loopmediated isothermal amplification method for detection of *Salmonella* in foods. Food Control 22:438-444.

Yeh H, Shoemaker C, Klesius P. 2006. Sensitive and rapid detection of *Flavobacterium columnare* in channel catfish Ictalurus punctatus by a loop-mediated isothermal amplification method. J Appl Microbiol 100:919-925.

Yüksel M. 2013. Determination of *Salmonella* spp. in chicken meats using immuno magnetic separation and conventional method. Master thesis. Ataturk University, Erzurum, TR. p 71.

Zadernowska A, Chajęcka W. 2012. Detection of *Salmonella* spp. presence in food. In: Mahmoud BSM, editor. *Salmonella*- A Dangerous Foodborne Pathogen. Rijeka, InTech, pp. 393-413.

Zhang G, Brown EW, Gonzalez-Escalona N. 2011. Comparison of real-time PCR, reverse transcriptase realtime PCR, loop-mediated isothermal amplification, and the FDA conventional microbiological method for the detection of *Salmonella* spp. in produce. Appl Environ Microbiol 77:6495–6501.

Zhao X, Lin CW, Wang J, Oh DH. 2014. Advances in rapid detection methods for foodborne pathogens. J Microbiol Biotechnol 24:297-312.

Zheng Q, Mikš-Krajnik M, Yang Y, Xu W, Yuk HG. 2014. Real-time PCR method combined with immunomagnetic separation for detecting healthy and heat-injured *Salmonella Typhimurium* on raw duck wings. Int J Food Microbiol 186:6–13.

Zhu P, Shelton DR, Li S, Adams D, Karns JS, Amstutz P, Tang CM. 2011. Detection of *E. coli* O157:H7 by immunomagnetic separation coupled with fluorescence immunoassay. Biosens Bioelectron 30:337–341.

Bölüm / Chapter 4

ÖRNEK BİR OKUL YERLEŞKESİNİN ENERJİ SİSTEMLERİ İNCELENEREK ÇÖZÜM ÖNERİLERİNİN SUNULMASI

Can COSKUN[1]

Zuhal OKTAY[2]

M. Ziya SÖĞÜT[3]

1 Izmir Demokrasi Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, can.coskun@idu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-4100-0296, zuhal.oktay@idu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0001-6167-7048

2 Piri Reis Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği

3 mzsogut@pirireis.edu.tr, ORCID:0000- 0002-2306-6008

1. GİRİŞ

Enerji verimliliği, üretim yapan kurumlar açısından aynı miktarda hizmet sunabilmek veya ürün ortaya çıkartmak için daha düşük enerji kullanımı (Patterson, M. G.,1996), enerji kullanıcıları için ise ekonomik tasarruf ortaya çıkararak enerji yetersizliğini azaltan bir durum olarak tanımlanmıştır (Dernbach, J. C., 2007). Enerji verimliliği kavramı, elli yıl öncesinde stratejik bir önceliğe sahip olmaya başlamıştır. Enerji verimliliği, ülkelerin enerji kullanım trendlerini biçimlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Enerji verimliliği, zararlı emisyonların azalımı, ekonomik tasarruf ve teknolojik ilerleme noktasında önemli etkilere sahiptir (Taylor ve ark., 2010).

Enerji verimliliği noktasında yapılan çalışmalar öncelikli olarak karbon ayak izinin azaltılması, iklim değişiklinin azaltılması ve enerji güvenliğinin sağlanmasına katkı sağlamaktadır. Enerji verimliliği için yapılan yatırımlar ekonomik ve istihdam noktasında uzun vadeli olumlu etkilere sahiptir (Tuominen ve ark., 2013). Bu noktada enerjinin verimli kullanılması üzerine oluşturulan politikalar sürdürülebilir bir gelecek için kilit rol oynamaktadır (Ringel ve ark., 2016).

Gelişmiş ülkelerde enerji verimliliği konusunda büyük bütçeli çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Türkiye'nin enerji verimliliği konusunda dünya ortalamasının altında olduğu görülmektedir. AB'de ODYSSEE projesi kapsamında ODEX olarak adlandırılan enerji verimliliği endexi ile sektörel bazda enerji verimliliği izlenmektedir. Endeks, sektörlerin birim enerji tüketimi ile sektördeki enerji payları esas alınarak hesaplanmaktadır. 2000-2016 yılları arasında Türkiye'nin enerji verimliliği gelişimi endexe göre incelendiğinde yıllık %1,8 toplamda %24,8'lik bir iyileşme olmuştur. Sektör bazında incelendiğinde imalatta %24, konutta %16,8 ve ulaşımda %32,3 gelişim kaydedilmiştir. En büyük gelişim ulaşım sektöründe gerçekleşmiştir (Sagbaş ve Başbuğ, 2018).

Enerji verimliliği kapsamında Türkiye'de 2 Mayıs 2007 tarihinde yürürlüğe giren 5627 Sayılı "Enerji verimliliği Kanunu" ile enerji kaynaklarının etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji üretim maliyetlerinin düşürülmesi, çevrenin korunması ve enerjinin verimli kullanılması hedeflenmiştir. 2012 yılında yürürlüğe giren "Enerji verimliliği Strateji belgesi" ile vatandaşların bilinçlenmesi, politika ve uygulamaların belirlenmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasının teşvik edilmesi, çevre dostu binaların yaygınlaştırılması, karbon emisyonların azaltılması ve bu faaliyetlerin kamu ve özel sektör adına işleyişinin Enerji ve tabi kaynaklar bakanlığı adına Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca yayınlanan, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı yö-

netmeliğiyle, yeni yapılan binalara ruhsat alma sürecinde enerji kaybının önüne geçmek amacıyla "Enerji Kimlik Belgesi zorunluluğu getirilmiştir. Enerji kimlik belgesi ile enerji tüketiminin %40 ve enerji kaybının da %16 azalması hedeflenmektedir. Enerji Kimlik Belgesi zorunluluğu 01 Ocak 2011 den itibaren başlamış olup mevcut binalar için ise 2017 yılına kadar süre tanınmıştır. Bu tarihten itibaren her binanın bir enerji sınıfı olacak, enerji sınıfı, o binanın mali değerini gösterecek ve enerji sınıfına göre bir vergilendirme sistemine tabi olacaktır. Enerji Eylem Planı ile 2023 yılına kadar 23,9 MTEP enerji tasarrufu sağlanması planlanmaktadır. Yıllara göre Türkiye'nin enerji ihtiyacı artan bir eğilim göstermektedir. Türkiye de enerji tüketimine miktarlarına bakıldığında 1. Sırada sanayide kullanılan enerji 2. sırada ise binalardan kaynaklı tüketilen enerji yer almaktadır. Sektörler bazında verimlilik incelemesi yapıldığında ise binalarda %30, sanayide %20, ulaşımda ise %15 tasarruf potansiyeli olduğu görülmektedir. Binalar Türkiye de enerji tüketimin %35 inden sorumludur. Binalarda kullanılan elektrik enerjisinin %60-70'i elektrikli ev aletleri %30-40'ı aydınlatma tarafından kullanılmaktadır (Doğan ve Yılankırkan, 2015).

Türkiye'de okullarda yapılan literatür çalışmaları aşağıda sunulmaktadır. Aydın (Aydın, Ö., 2019) yapmış olduğu çalışmada Türkiye'de enerji verimliliği bilincinin resmi kurumlarda ve özel sektörde artırılması için yapılan çalışmaları incelemiştir. Bu noktada binalarda enerji verimliliğinin artırılması için yapılan 6 projeyi analiz etmiştir. Ekmekçi ve arkadaşları (Ekmekçi ve ark., 2017) yapmış oldukları çalışmada örnek bir üniversite binası için 3 yıllık enerji tüketim değerlerini kullanarak enerji etüdünü gerçekleştimişlerdir. Ekonomik analiz verileri karar sürecine etkilerini analiz etmişlerdir. Proje önerisinde bulunarak, yapılacak yatırımların basit geri ödeme süreleri ve iç-karlılık değerlerini hesaplamışlardır. Üremiş ve arkadaşları (Üremiş ve ark.,2013) enerji yönetimli okullar projesini detaylı olarak incelemişlerdir. Eskişehir ilinde 467 okulda gerçekleştirilen projede Enerji Verimliliği Kulüpleri oluşturulmuştur, sunumları ve toplantıları yapılmıştır. Okulların enerji tüketim değerleri ve geri dönüşüm potansiyeli analiz edilmiştir. Tosun (Tosun, 2018) kamu binaları için enerji etüdü ve verimlilik arttırıcı yöntemleri incelenmiştir.

2. İNCELENEN OKULA AİT BİLGİLER

Seçilen okul, öğrenci pansiyonu'da dâhil olmak üzere bütünleşik yerleşim özelliği gösteren bir yerleşkedir. Bu yerleşke, içinde enerji tüketim araçları, ısıtma, sıcak su, havuz ısıtma, mutfak ihtiyaçları doğrudan doğal gaz üzerinden sağlanmaktadır. Binada elektrik enerjisi, okul aydınlatma, ofis ihtiyaçları ve her şeyden önemlisi havalandırma, Split ve VRV sistem ihtiyaçları için kullanılmaktadır. Okulun yerleşke ihtiyacı 3 okul binası bir adet yatılı öğrenci pansiyonu olmak üzere şekillendirilmiştir.

Yerleşkenin mevcut durum analizi mekanik sistem ve elektrik hat dağılımları yönüyle ele alınmıştır. Yerleşkede elektrik ve doğalgaz temel enerji kaynağıdır. Yerleşkede ana sistem bileşenleri yerinde incelenmiş ve tespitler, mevcut çalışma durumları, işletme bilgileri, sistem bileşenleri üzerinden yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler aşağıda tanımlanan bölümler ve alanlar dikkate alınarak oluşturulmuştur.

a) Havuz sistemleri

b) Isıtma kazan dairesi ve sıcak su sistemleri

c) VRV sistemleri

d) Split klima sistemleri

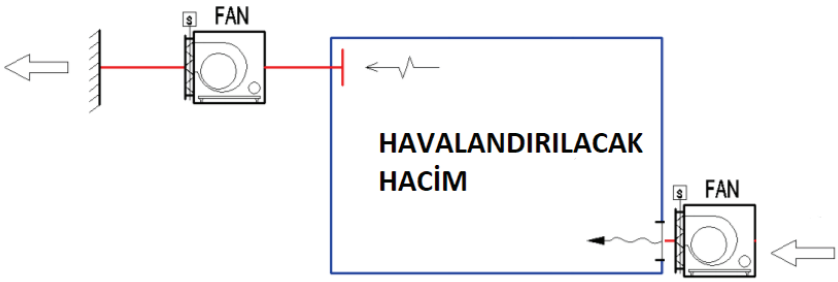
e) Aydınlatma sistemi

2.1. **HAVUZ SİSTEMLERİ**

Okulun mevcut havuz sistemi için enerji kaynakları su sirkülasyon hattı, havuz suyu ısıtma, havalandırma sistemi, sıcak su (duşlar) sistemi ile aydınlatma ihtiyaçları olarak görülebilir. Havuz sistemi ana bina altında, mekanik sistemi ve bileşenleri ise, havuz altında olan bir eşanjör dairesidir. Mekanik sistem bileşenleri iki adet filtre, bir adet plakalı eşanjör sistemi ve iki pompalı bir sirkülasyon hattından meydana gelmektedir. Mekanik sistem bileşenlerinin oldukça revizyon görmüş durumdadır. Mekanik sistemlerin bulunduğu hacim yüksek rutubet ve kirliliğe sahip bir hacimdir. Mekanik sistem tesisatı, bir kısmı plastik boru (korozyona bağlı tesisat problemleri nedeniyle değiştirilmiş), bir kısmı yüksek yoğunluklu korozyona uğramış bir tesisattan oluşmaktadır. Vana bileşenleri ve kolektör hatlarında da yüksek yoğunluklu korozyon görülmektedir (Şekil 1). Mekanik tesisatın bulunduğu hacim yüksek rutubetli ve su kaçaklarının yoğun olduğu bir hacim olduğu belirlenmiştir. Bu hacmin özellikle havuz kaynaklı kaçaklar yönüyle oluşabileceği sızıntıların bina statik yapısında da önemli problemlere yol açabileceği gözlemlenmiştir. Havuzun mevcut mekanik sistem bileşenlerinden pompalar önemli enerji tüketicisidir. Pompa hatlarının enerji tüketimini doğrudan etkilediği unutulmamalıdır. Mevcut pompa sisteminin çalışma koşulları dikkate alındığında kapasitesinin çok altında çalıştığı ve yüksek enerji tükettiği değerlendirilmiştir. Ayrıca pompa mevcut hatta sadece iki pompa üzerinden yüksek tüketim gözlenmiştir. Bu dağılımlarda izolasyonların da olmadığı da tespit edilmiştir.

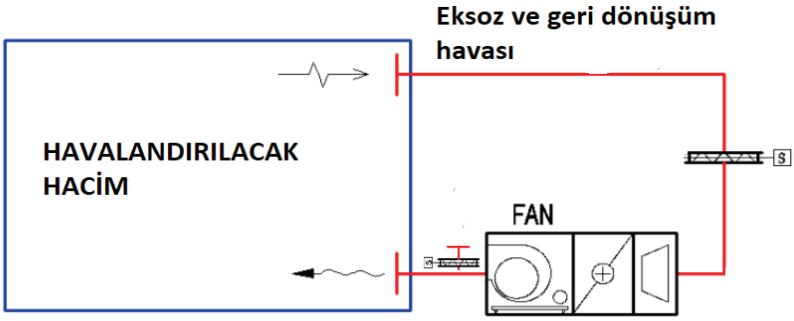
Şekil 1 Havuz mekanik sistem bileşenleri

Havuz sisteminde bir diğer önemli sistem bileşeni havalandırma sistemidir. Havalandırma sistemlerinde temel standart model iç ortamdan kirli havanın alınması ve dışarı atılması, dışarıdan taze havanın iç ortama transferinin sağlanmasıdır. Bu modelin kesit uygulaması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Temel havalandırma

Ancak havuz gibi çok buharlaşma alanının yüksek olduğu hacimlerde sadece ortama taze hava yeterli olmaz. Ortamda havanın nem kontrolü de önemlidir. Çünkü kirli hava yüksek nem yanında istenmeyen kimyasalları da taşımaktadır. İncelenen havuz sisteminde oldukça hatalı bir havalandırma sistemi uygulanmıştır. Mevcut sistemin şeması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Havuz havalandırma şeması

Mevcut havalandırma sisteminde sirkülasyon havasında manuel kontrol temel alan damperler ile egzoz hava kontrolü planlanmıştır. Ancak ünite hiçbir şekilde kontrol edilmemiştir. Hava damperi kapalıdır. Ayrıca iç plaka yüzeyleri kirlilikle tıkanmış yüzeylere sahiptir. İçeride bir soğutma prosesi planlanmıştır. Ancak mevcut yapıda kullanılması doğru değildir. Bu yönüyle mevcut fan verimlerinin oldukça düşük olduğu söylenebilir. Ayrıca havuzda iç hava kalitesi yönüyle kirli havanın tekrar aynı ortama basılması önemli bir kirlilik sorunun yaratmaktadır. Yüksek yoğunluklu klor kokusu havuz alanı dışındaki hacimlerde de hissedilmektedir. Havuz havalandırma prosesinin kasetlerdeki tıkanmalar ve fan sistemi Şekil 4'de görülmektedir.

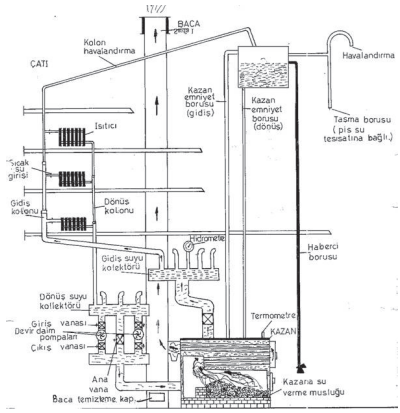
Şekil 4. Havuz havalandırma ünitesine ait görseller

2.2. ISITMA KAZAN DAİRESİ VE SICAK SU SİSTEMLERİ

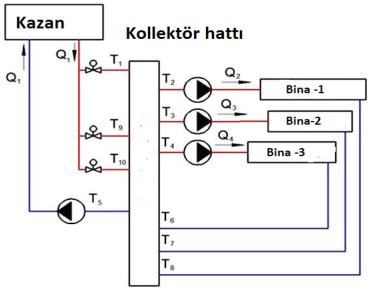
Mevcut kazan dairesi Buderus marka iki kazanlı bir sistem olarak işletilmektedir. Kazan devresi açık imbisat olarak çalıştırılmaktadır. Kazan sistemi doğalgaz dönüşümü yapılarak kömürlü sistemden dönüştürülmüştür. Ancak bu dönüşümde sadece kazan değiştirilmiştir. Bu doğrudan

önemli bir hatadır. Özellikle bu tür kazan proseslerinde döküm alanlar doğrudan soğuk su ile karşılaşırsa çatlamalara neden olur. Ayrıca mevcut kazan hattında ısı çevrimi için kullanılan sirkülasyon pompaları, dönüş hattında bırakılmıştır. Bu sistemde mevcut çatlama tehdidine karşı plakalı ısı değiştirici ünite sisteme eklenmiştir. Bu durum her ne kadar çatlama tehdidinin ortadan kaldırsa da sistemde gereksiz bir yük dağılımının oluşmasına neden olmuştur. Bu durumun yüksek bir yakıt kaybını ifade etmektedir. Mevcut ısıtma sistemi yerleşkedeki tüm yapıları beslemektedir. Isıtma hatlarında kolektör sistemi işlevini yitirmiş bir sistemdir. Bu kapsamda tercih edilecek sistem tek kolektörü hidrolik dengeli ısıtma sistemi olmalıdır. Mevcut ve olası sistem planları Şekil 5'de verilmiştir. Mevcut ısıtma sistemine göre önerilen sistemin mevcut tüketim değerlerine göre, yaklaşık %60'ları bulan tasarruf imkanı vardır. Ayrıca ısıtma hat detaylarında çelik radyatörler görülmüştür. Bu klasik yönetim ile kontrol edilen radyatörlerdir. Bu yönüyle hatlarda ve proses ihtiyaçlarında %30'lara varan kayıplardan söz edilebilir. Bu noktalarda dış hava kompanzasyonlu termostatik vana kontrollü sistemlerle bu tasarruf oranı Bu yönüyle ısıtma sistemi tekrar ele alınmalıdır. Kazan dairesinde problem alanlarına ilişkin örnek resimler Şekil 6'de görülebilir.

Yerleşkede sıcak su ihtiyaçları, iki serpantinli boyler sistemiyle sağlanmaktadır. Yerleşkenin sıcak su ihtiyacı için temel kaynak sıcak sulu kazan devresidir. Bu amaçla ortalama 70-80 °C sıcaklıkta çalıştırılan sistem yaz kış kullanılmaktadır Bu da bölgenin iklim koşulları için gereksiz bir yakıt tüketimin ifade etmektedir. Ayrıca sıcak su üretim sisteminde tercih edilen sistem etkinliği teorik olarak %60'ı geçmemektedir. Sadece plakalı dönüşümünde sistemde %50'lere varan iyileştirmelerin yapılabileceği söylenebilir. Ayrıca sadece bölgenin ikilim kuşağı değerlendirildiğinde sıcak su ihtiyacı %80 oranda güneş enerjisi destekli sistemle karşılanabilir. Bu kapsamda doğalgaz tüketimi yanlış bir tercih olarak değerlendirilebilir.



(a)



(b)

Şekil 5. Yerleşkede ısıtma hat şemaları (a) Mevcut durumdaki (b) Önerilen durum

Şekil 6. Pompa ve kolektör hatları

2.3. **VRV SİSTEMLERİ:**

Okul yerleşke alanlarına 2 binada VRV kullanımı görülmüştür. VRV sistemleri, Mitsubishi FDCA280HKXE4BR dış üniteli multi inventörlü sistem tercihi yapılmıştır. Sistemde kullanılan dış ünite etiket değeri Şekil 7'de görülebilir. Sistemde enerji etkin çözüm için bu tür alanlarda merkezi yönetim tercihi öncelikle değerlendirilmelidir. İşletme sıcaklığı olarak kışın 22-24 °C, yazın ise 24-26 °C set değerleri olarak görülebilir Bu kapsamda bir işletme talimatı hazırlanarak örnek bir model haline getirilebilir. VRV sistemlerinde en önemli unsur gaz devresi basınç değerleri ve işletme

set değerleridir. Bu yönüyle işletmede bu değerlendirmeler sadece servis tercihine bırakılmamalıdır.

Şekil 7. VRV etiket değerleri

2.4. **SPLİT KLİMA SİSTEMLERİ:**

Okulun özellikle öğrenci pansiyonları bölümünde hemen hemen tüm odalarda split klimaların olduğu gözlenmiştir. Ayrıca diğer binalarda da münferit klimaların olduğu görülmüştür. Cephe duvar nedeniyle düşük performans yüküne sahip olduğu belirtilebilir. Ayrıca işletme yönüyle bilgi alınmıştır. Klimaların konfor çalıştırma koşulları yazın 24-26 °C aralığı iken, yazın bu değer 20-22 °C üzerinden hesaplanır. Ancak özellikle kış koşullarında bu değerin maksimum 24 °C set edilmesi önerilir. Klimalar bireysel kullanımları nedeniyle bunun yönetilmediği görülmüştür. Bu tür hacimler için lokal kontrollü klima tercihleri doğru değildir. Ayrıca mevcut klimaların gaz basınçları da önemidir. Sürekli kontrol edilmesi gereken bu verilerde, düşük gaz debileri enerji tüketimini arttıracağı gibi, özellikle kompresörlerin arızalanmasına da yol açabilmektedir.

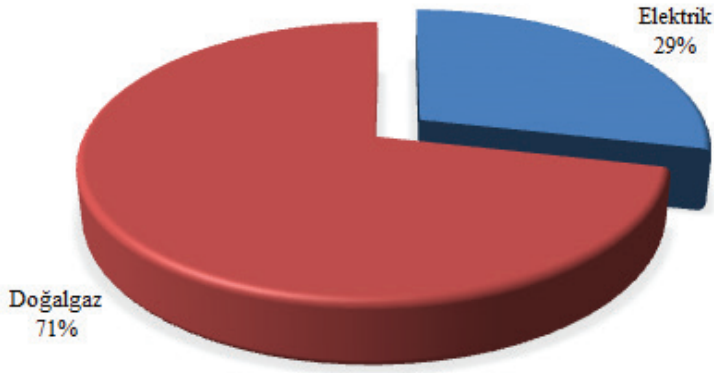
2.5. **AYDINLATMA SİSTEMİ:**

Aydınlatma sistemleri, gece konaklama özelliği olan bu tür yerleşkelerde önemli bir tüketim aracıdır. İç aydınlatmalarda grup floresan tercihi yapılmıştır. Ancak dış aydınlatmalarda önemli bir potansiyel olduğu değerlendirilmiştir. Bu kapsamda doğrudan LED ampul tercihi tüketimler tespit edilmeden önerilmemiştir. Ayrıca özellikle okulun orta kısmında saha aydınlatmalar dikkat çekmiştir.

3. **ANALİZ**

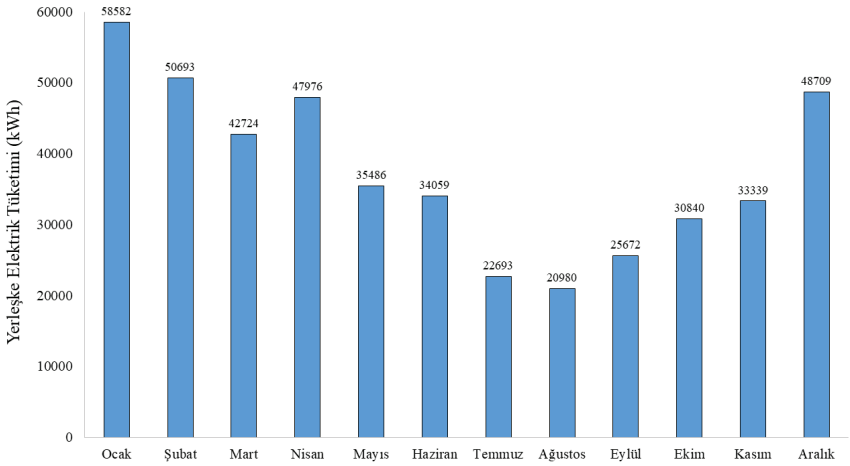
İncelenen yerleşke mekanik sistemlerle birlikte yüksek enerji tüketimi olan noktadadır. Okulun yıllık enerji tüketimi, toplamda yıllık ortalama 126,70 TEP/yıl (1581 MWh/yıl) ile orta ölçekli bir kobi özellikli işletme

gibi yüksek bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Bu enerji tüketiminde doğalgaz ve elektrik tüketim dağılımı Şekil 8'de görülebilir .



Şekil 8. Yerleşke enerji tüketim dağılımı

Yerleşkenin aylık elektrik tüketimi Şekil 9'da sunulmaktadır. Şekil 9'dan görüleceği üzere aylık elektrik tüketimi 55582 kWh/ay seviyesi ile 20980 kWh/ay arasında değişim göstermektedir. Elektrik tüketimi kış aylarında artarken yaz aylarında azalmaktadır.

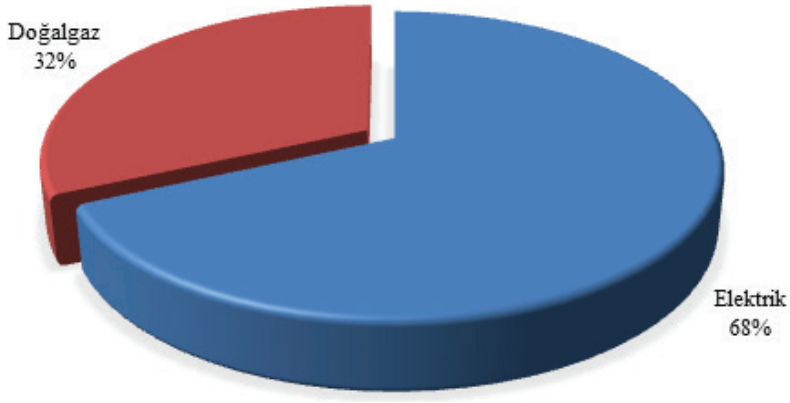


Şekil 9. Yerleşkenin aylık elektrik tüketim dağılımı

Yıllık tüketimde doğalgazın etkisi oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Doğal gaz tüketiminin yıllık yaklaşık 106480 m^3/yıl ile havuz ısıtması ve sıcak su üretimi dahil olmak üzere tüm yıla dağılan bir dağılım

göstermektedir. Yerleşke, elektrik tüketiminde ise ortalama 37646 kWh bir tüketime sahiptir. Bu tüketim dağılımında maliyet etkileri de incelenmiş ve dağılımlar Şekil 10'da verilmiştir.

Yerleşke yıllık ortalamada 362000 TL/yıl enerji maliyetine sahiptir. Bu tüketimde elektrik tüketim maliyeti yıllık ortalamada, 247000 TL/yıl olarak gerçekleşmiştir. Bu tür yerleşkeler için yüksek bir maliyet olan enerji giderlerinin azaltılması mevcut mekanik yapı ve işletme koşullarında oldukça zor olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 10. Yerleşke enerji tüketiminde maliyet dağılımı

Her şeyden önce okulun mevcut mekanik sistemi önemli bakım maliyetlerine sebep olabilecek koşullara sahip olduğu da görülmüştür. Bu kapsamda yerleşkenin problem alanları aşağıda maddeler halinde kısaca açıklanmıştır.

Havuz mekanik tesisatı: Yüksek korozyon ve mekanik sistem hataları nedeniyle yüksek bakım maliyeti yaratabilecek ve işletme yönüyle problemli bölgedir. Havuz suyu kimyasalları ve arıtımı da incelenmelidir.

Havuz havalandırma sistemi: Mevcut havalandırma sistemi taze hava ve egzoz yönüyle problemlidir Ayrıca, havuzdan yararlananlar yönüyle önemli bir oluma problemi yaratmaktadır.

Kazan dairesi: Mevcut kazan tesisatı standart doğalgaz sistemi değerlendirildiğinde tamamen hatalıdır. Mekanik sistem revizyonu zorunludur. Yakma sistemi ve yönetimi yeniden değerlendirilmelidir.

Sıcak su sistemi: Mevcut sıcak su sistemi kömürlü sistem yönüyle kullanılabilir. Ancak doğalgaz sistemi için oldukça verimsiz bir sistemdir. Bu tür yapılarda akümülasyonlu tesisatlar kullanılmalıdır.

VRV Sistemler: Elektrik tüketiminde önemli bir araçtır. Tüketim yoğunluğu incelenmelidir. Ayrıca merkezi yönetim tercih edilmelidir.

Split klimalar: Bu tür alanlarda kullanıcı profili dikkate alındığında farklı alternatifler (özellikle ısıtma) değerlendirilmelidir. İşletme yönetimi sorgulanmalıdır.

Aydınlatma: İç tesisatlardı mekanik balastlar terkedilmelidir. Ayrıca dış aydınlatma tüketim potansiyeli incelenmelidir. Okulun mevcut elektrik sisteminde kompazasyon alt yapısı yeterlidir. Ancak yerleşkenin yüksek harmonik potansiyeline sahip olduğu görülmüştür. Bu yönüyle sistem bakımı sürekli kontrol altına alınmalıdır.

4. ÇÖZÜMLER VE ÖNERİLER

Yerleşkesinin enerji değerlendirme sürecinde tespit edilen problemlere ilişkin yapılması gerekenler, aşağıda kısaca sunulmuştur.

Enerji verimlilik potansiyelinin tespiti: Bu amaçla yerleşkede detay etüt çalışmasının ivedilikle yapılması ve yerleşkenin gerçek potansiyellerinin ölçümlerle tespit edilmesi öncelikle önerilmektedir. Detay etüt çalışmasında okulun iyileştirme süreçlerine temel olacak eylem planı da tanımlanmış olacaktır.

Okulun mekanik sistem proje ve raporunun hazırlanması: Bu tür yerleşkeler, farklı tüketim unsurlarına sahip alanlara sahiptir. Bu yönüyle bütüncül bir proje alt yapısının kurulması gerekir. Yerleşkenin mekanik projeleri yarın olası bir iş güvenliği yönüyle de büyük bir eksikliktir. Olası kaza riski yüksek alanlardır. Bu nedenle hızla yerleşke mekanik sistem ve bileşenlerinin projelendirilmesi, olması gereken sistem ile birlikte mukayeseli keşif özetlerinin hazırlanması ve uygulamaya alınması önemlidir.

Okulun bir işletme programının hazırlanması: İş görevlerinin, görev ve sorumlulukların tanımlanması her şeyden önce mevcut yapıda olası kazaların önüne geçilmesi yönüyle önemlidir. Yerleşke pek çok yönüyle risk barındıran alanlara sahiptir.

Personelin ve öğrencilerin **farkındalığının geliştirilmesi:** Yerleşke farklı öğrenci gruplarıyla, farklı tüketim unsurlarıyla yaşayan bir alandır. Enerji verimliliğini temel alan farkındalık çalışmalarının %3-15 arasında bir iyileştirme yarattığı görülmüştür.

REFERENCES

Patterson, M. G. (1996) *What is Energy Efficiency?: Concepts, Indicators and Methodological Issues*, Energy Policy, 24 (5): 377-390, https://doi.org/10.1016/0301-4215(96)00017-1

Dernbach, J. C. (2007) Energy Efficiency and Conservation as Ethical Responsibilities: Suggestions for IPCC Working Group III. Available at SSRN: https://ssrn.com/abstract=1089423 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1089423

Taylor, P. G., D'ortigue, O. L., Francoeur, M., Trudeau, N. (2010) *Final Energy Use in IEA Countries: The Role of Energy Efficiency*, Energy Policy, 38(11):6463-6474. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.05.009

Tuominen, P., Forsström, J. ve Honkatukia, J. (2013) *Economic Effects of Energy Efficiency Improvements in The Finnish Building Stock*, Energy Policy, 52, 181-189

Ringel, M., Schlomann, B., Krail, M. ve Rohde, C. (2016) *Towards a Green Economy in Germany? The Role of Energy Efficiency Policies*, Applied Energy, 179, 1293-1303.

Sagbaş, A., Başbuğ, B. (2018) *Sürdürülebilir Kalkınma Ekseninde Enerji Verimliliği Uygulamaları: Türkiye Değerlendirmesi*, European Journal of Engineering and Applied Sciences, 1(2), 43-50

Doğan, H., Yılankırkan, N. (2015) *Türkiye'nin Enerji Verimliliği Potansiyeli ve Projeksiyonu*. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 3 (1), 375-384. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gujsc/issue/7466/98302

Aydın, Ö., (2019) *Binalarda Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılan Projelerin De*ğerlendirilmesi*: Türkiye* Örneği, Mimarlık ve Yaşam, 4(1), 55-68, doi:10.26835/my.511825

Ekmekçi, İ., Şadoğlu, N., Yetişken, Y., (2017) *Bir üniversite binası için enerji etüdünün ekonomik analizi ve yatırım karar süreci*,13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir

Üremiş, İ., Yörü, Y., Erkul, B., Bağcı, N., Canpek, C., Çırak, G. (2013) *Gelecek nesilleri kazanmak için enerji yönetimli okullar (eyocan) projesi*, Uluslararası Türk Dünyası Çevre Sorunları Sempozyumu, No:61-66

Tosun, İ. B. (2018) *Kamu binalari için enerji etüdü ve verimlilik arttirici yöntemler,* Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Bölüm / Chapter 5

DEVELOPMENT OF METAL REINFORCED HYBRID LAYER COMPOSITES

Hamid ZAMANLOU[1]

Filiz KARABUDAK[2]

1 Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Machine Engineering, Erzurum e-mail:zamanloohamid@gmail.com ORCID ID:0000-0002-7365-0333

2 Gümüşhane University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Machine Engineering, Gümüşhane, e-mail:filizkarabudak@gumushane.edu.tr, ORCID ID:0000-0002-7365-0333

Introduction

Due to the change in human needs and the point where technology has come, the need for more functional materials with different properties has increased. In this context, the rapid increase in the demand for composite materials in recent years has enabled the development of the structure, properties and performance of such materials.

Composite materials are subject to impacts depending on their usage areas and limit their useful life. For this reason, the behavior of the produced composites against the resistance they encounter at low or high speed is a great importance (Jenq & Mo, 1996). In this context, the interest in studies on structures reinforced with polymer-based fibers has been increasing day by day (Kaw, 2005).

Composite materials have a very important place in many business areas, especially in many sectors such as construction, wind energy, automotive, space and aviation. In these sectors, the properties of materials such as strength, toughness and lightness create a very competitive environment.

Composite materials are on the way to become the basic material of light structures and constructions in many branches, especially in many branches, with many physical and chemical advantages compared to low-cost classical industrial materials. Such materials have a wide range of applications in engineering. In addition, for composite materials, there are various composite material studies for different applications suitable for different areas. Examples of these are hybrid composite materials. Composite materials are sensitive and susceptible to collisions even at low speeds. Therefore, hybridization method in composites has gained importance in order to increase the strength of composite materials. Hybrid composite materials have a very important place among composites. By using hybrid composite material instead of using only metal material, important topics such as weight, strength and cost can be optimized for design and production. Thanks to hybrid composite materials, by combining the advantages of different composite fabrics, a much lighter material with a much more suitable strength for the desired situation can be obtained. In addition, the use of such hybrid materials has many advantages such as increasing fracture and notch sensitivity, obtaining longer fatigue life and reducing production costs. Considering these advantages, hybrid materials can be used especially in the aerospace industry where lightness and fatigue are very important, and in military areas where strength is vital, hybrid composite material applications can be used. At the same time, it is the instantaneous pressure effect that occurs in situations such as impact and explosion at the head of the loads that such materials that can be used in the aerospace industry and military fields

will mostly be exposed to. The instantaneous pressure load effect can occur in many situations such as nuclear explosions, bomb-effect explosions such as TNT, as a result of shock waves in airplanes and terrorist attacks. In such cases, very large loads affect the structures in a very short time. It can cause damage that can directly affect not only the exposed structure, but also the equipment and hardware connected to it. This effect, which is very important for military-purpose structures, maintains its importance especially in the design of aerospace vehicles. Therefore, time-dependent external stimuli can damage the structures under its influence and the structures in the near or far environment in different sizes depending on the severity of these stimuli. As a result, it is necessary to know the dynamic responses of the structures to such loads in order to reduce the damages that occur in structures under the influence of instantaneous loads (Esendemir, Simsek, & Sarac, 2021)

Fiber-metal layered composites (FML) show higher fatigue, impact and damage resistance than other composites without metal layers. In addition, metal-layered composites are much more resistant to fire and corrosion. For all these reasons, metal-layered hybrid composites are being used more widely, especially in the aviation industry, and studies on them are continued. 2 Hybrid composite plates containing metal layers are exposed to instantaneous pressure loads due to turbulences in the atmosphere, sonic explosions, fuel explosions and shock waves, depending on where they are used. In the instantaneous pressure load, large loads act on the structure in a very short time and then lift off. Therefore, examining the dynamic behavior of plates under instantaneous pressure load is of great importance in terms of designing safe structures (Iaccarino, Langella, & Caprino, 2007)

1. COMPOSITE MATERIALS

Composite first came from the French word ‘composite’ and means ‘mixed’. Composite material, on the other hand, consists of a combination of fibers resistant to shrinkage and rupture and resins that bind the fibers together. The resin that binds the fibers together is called the matrix. In other words, it is the name given to the new material formed by the combination of two or more materials that are physically and formally different from each other. Today, the range of use of composite materials is increasing over time and is growing steadily by creating new markets. Thanks to its mechanical strength and lightness, it is now widely used in aviation, automotive and defense fields. The most common forms of composite materials are ceramic composites, metal composites, polymer composites and composite building materials. Composite materials generally consist of the matrix and reinforcement added in the form of fibers to improve the overall mechanical properties of the matrix. Depending on the choice of fiber and matrix, the performance of the composite increases.

1.1. COMPOSITE PRODUCTION METHODS

1.1.1. VACUUM ASSISTED COMPOSITE PRODUCTION

The vacuum assisted resin infusion method (VARI) is based on the principle of liquid resin advancing in a vacuumed environment. In the literature, vacuum assisted resin infusion molding (VARIM), vacuum assisted resin transfer molding (VARTM), vacuum assisted resin injection (VARI), resin transfer molding (Resin transfer molding) Molding-RTM), Seeman composite resin infusion molding method (Seeman composite resin infusion molding process (SCRIMP)) are based on similar principles. However, they are called by different names due to some differences in the production stage. For example, the most obvious difference between the vacuum assisted resin infusion molding (VARIM) method and the vacuum assisted resin infusion method (VARI) is the mold used. While complex molds are generally not used in the vacuum assisted resin infusion method, the vacuum assisted resin infusion molding process is performed with complex mold structures. (Kazancı & Mecitoğlu, 2008)

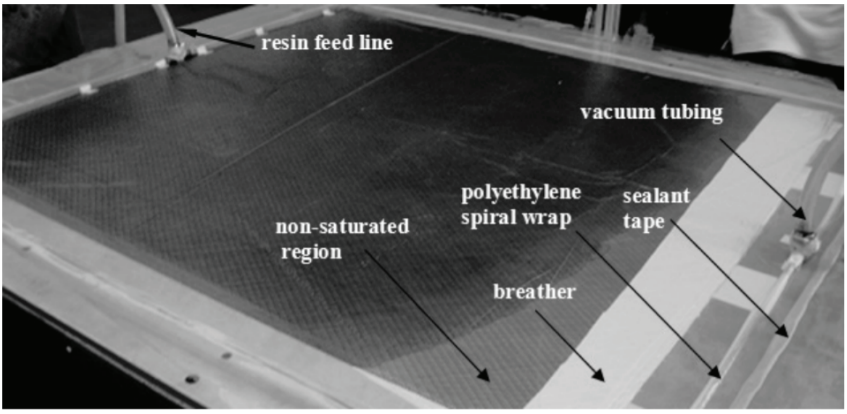


Figure 1. composite production by VARIM system (Aytaç Gören, C. Atas, 2008)

With the vacuum assisted resin infusion method, parts with high fiber content can be produced. Thus, a reduction in weight and an increase in strength can be achieved. With the vacuum assisted resin infusion method, parts with high fiber content can be produced. Thus, it can cause a decrease in weight and an increase in strength.

1.1.2. HAND LAYING METHOD

This molding method, which is widely used at low production LEVEL, has been one of the production methods that has been open to continuous development and studied in the industry since the earliest times. This method, which has a very wide application area, is especially suitable for

the production of very large parts that require high strength and parts that are desired to have a smooth single face. The surface in contact with the mold surface is smooth, other surfaces are rough. Although manual laying is labor-intensive, it is well suited for small production runs

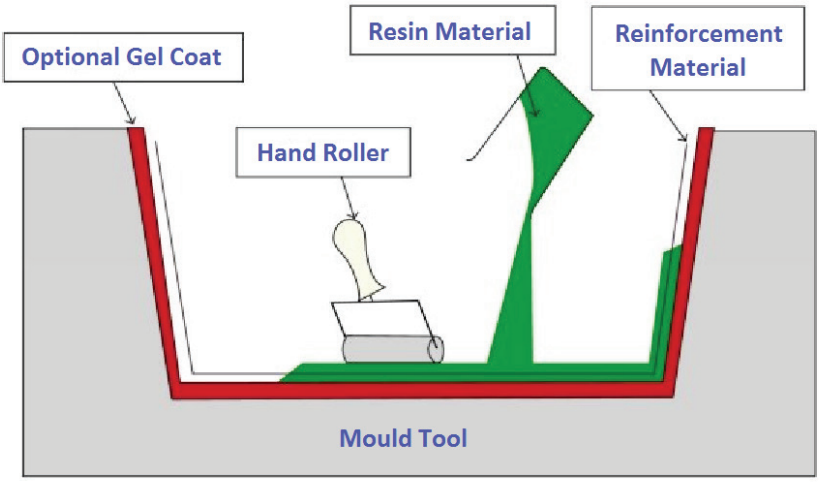


Figure 2. Schematic diagram of Hand Lay-up process (M.Kassa, 2015)

The spray method is an open mold method similar to hand layup in that it is suitable for making boats, tanks, shipping components and tub/shower units in a wide variety of shapes and sizes.

This method can be thought of as a slightly improved version of the hand layup method. The application style of resin and fiber to the mold surface differs. While the resin and reinforcement elements in the hand lay-up process are done manually, the use of a spray gun in this process reduces the labor intensity. The clipped fibers are sprayed onto the mold surface with a special gun, together with the resin containing hardener. Spraying should be done perpendicular to the surface, thus avoiding wastage of material. After spraying, rolling is applied to remove the air in the resin and smooth the surface.

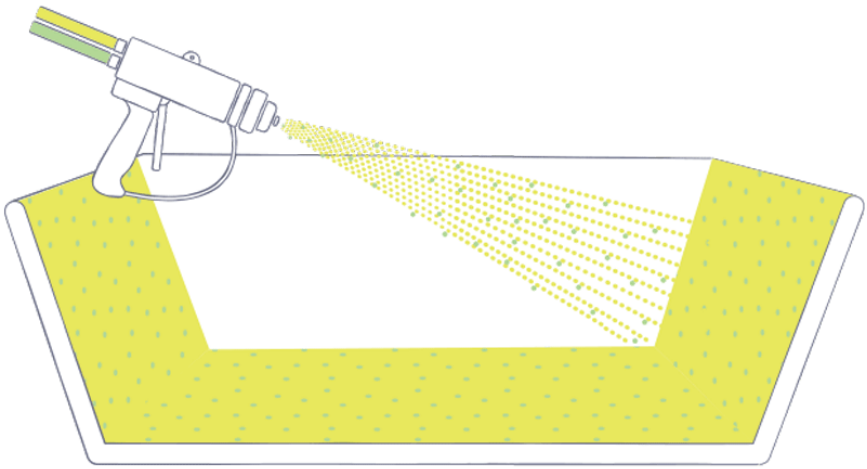


Figure 3. spray method (compositeslab, n,d.)

1.2. LAYERED COMPOSITES

Layered composites are the most widely used type of composites. A structural composite consists of homogeneous composites; Its properties depend not only on the properties of the structural elements it contains, but also on their geometric designs. Very high strength values are obtained by the combination of layers with different fiber orientations. They are heat and moisture resistant structures. They are preferred materials due to their light weight and subsequent strength compared to metal materials. Continuous fiber reinforced laminated composites are widely used in aircraft structures, as a surface coating material in the wing and tail group.

A layered composite is formed by joining two-dimensional sheets or panels together to create high-strength. For example, as in wood, or in continuous and array fiber-reinforced plastics. They are stacked, compressed, or glued together in an orientation where the high-force direction of each layer will differ from that of the next. For example, successive wooden boards (called veneers) in plywood are placed at right angles to each other. Laminations can also be made with plastic matrix materials containing materials such as cotton, paper, or knitted glass fibers. (Chang PY,, Yeh , & Yang, 2008) (Karakas , 2017)

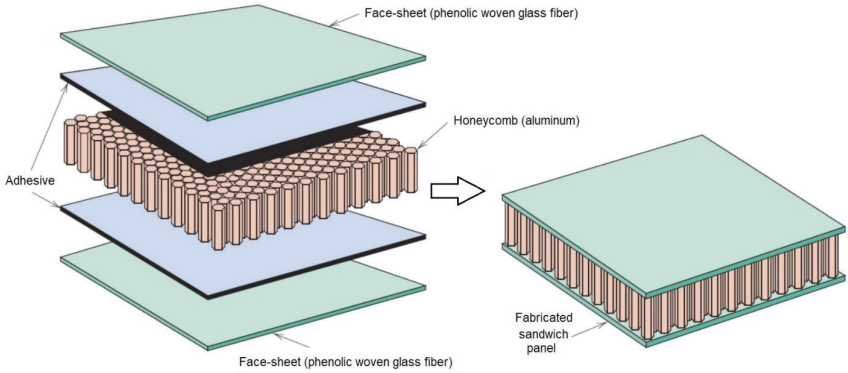


Figure 4. Construction of fiber-reinforced plastic (FRP) composite sandwich structure. (Fatlawi. A, Jarmai.K, Kovaks, G, 2021)

Sandwich structures are obtained by gluing resistant boards to the lower and upper surfaces of a low-density core material that does not carry loads and only insulates. The surface plates are separated from each other by a core or honeycomb. The stiffness of the laminate is increased by thickening the material with a low-density core. In a sandwich laminate with bending motion, the upper layer is in compression, the lower layer is in tension, and the core is in shearing. Typical top and bottom layers include Al alloys, fiber reinforced plastics, titanium, steel and plywood.

1.3. METAL MATRIX COMPOSITES

Metal matrix composites are composites consisting of a flexible metal matrix and reinforcement materials. The operating temperatures of metal matrix composites are around 200-800 0C. Therefore, it is suitable for environments requiring high temperature applications. Generally, the mechanical properties, transverse force and stiffening, shear and compression force of metal matrix composites are higher than polymer matrix composites. Further, its high temperature adaptability is better than PMCs. MMCs do not absorb significant amounts of water, are non-flammable, have high electrical and thermal conductivity, and are resistant to radiation. The most important disadvantages are poor chemical and mechanical compatibility with the reinforcement material and harsher processing conditions compared to resin matrices.

Table 1 *Material Properties*

Fiber, (continuous array)*	Matrix	Fiber, % vol.	Density, g/cm3	Tensile modulus, GPa*	Tensile strength, GPa*
Carbon	6061 Al	41	2.44	320	620
Boron	6061 Al	48	-	207	1515
SiC	6061 Al	50	2.93	230	1480
Alumina	380.0 Al	24	-	120	340
Carbon	AZ31 Mg	38	1.83	300	510
Borsic	Ti	45	3.68	220	1270

*Longitudinal

Alloys of metals such as aluminum, magnesium, titanium and copper are superalloys used as matrix. Reinforcements can be particles, continuous and discontinuous fibers and whiskers. They can be used between 10-60% by volume. Typical continuous fibers are carbon, silicon carbide, boron, alumina and refractory metals. Discontinuous fibers are usually silicon carbide whiskers, cut fibers and particles.

Tablo 2 *Composite Types of Metal Matrix Composites, Typical Reinforcements and Usage Areas*

	Composite type	**typical reinforcement material**	**Usage areas**
Aluminum matrix composites	particulate	Al2O3 (alumina) or SiC particles	Automotive parts (piston, driving shaft, brake components); brake rotor in high-speed trains; cycling, golf, electronic equipment; in high voltage electrical wiring systems
	Long-fiber reinforced	Al2O3, SiC, graphite, etc. are continuous fibers	
	Short-fiber reinforced	Discontinuous Al2O3 fibers	
Magnesium matrix composites	particulate	SiC (silicon carbide) particles (silicon carbon)	Race cars, lightweight automotive braking systems, aircraft parts (gearbox, transmission, compressor and engine)
Titanium matrix composites	particulate	TiB2 (titanium boride) and TiC (titanium carbide) particles	In the gear systems of some jet aircraft, turbine engine components (fan blade, piston, synchronization ring, connecting piece, shaft, disc), automotive engine components, drive parts, general machinery parts
	Long-fiber reinforced	Continuous monofilament SiC fibers	
Copper matrix composites	particulate	SiC particles	Hybrid modules, electronic relays, electrical conductive materials and other electrical and electronic components
	Long-fiber reinforced	Continuous C fibers, SiC, W, stainless steel 304	

1.4. HYBRID LAYER COMPOSITES

Layered composite materials with a wide production range in the classification of composite materials are produced by combining many plates with the same or many different properties by applying different methods. Layered composites, which are formed by adding different layers to each other, require extensive studies to reveal their mechanical behavior due to their structural composite complexity (Yuen & Nurick, 2005).

Depending on the orientation of the fiber in composite materials, the mechanical response of the composite material changes depending on the fiber angle. Accordingly, composite materials can be grouped as anisotropic, monoclinic, orthotropic, transverse isotropic or isotropic.

When determining the reinforcing elements that make up the hybrid composite material, they should be determined to complement each other's deficiencies. For example, S-glass and E-glass have high tensile strength and resistance to chemicals, while their heat resistance is low. Kevlar, on the other hand, has high strength, low density, and low modulus of elasticity. Carbon fibers have high mechanical strength and a good modulus of elasticity. By considering these general properties of the fibers, composites with the desired properties or closest to the desired properties can be formed as a result of hybrid production.

1.5. HYBRID LAYER COMPOSITE WITH METAL REINFORCEMENT

Composite materials containing hybrid layer metal layer combine high impact resistance and high tensile strength properties together. For this reason, its use has become quite common lately. Many studies have been done on this in the past and today . The idea of incorporating the metal layer into the composite material as a reinforcing element first emerged in 1974 when the American Air Force introduced the idea of "Damage Tolerant Design". In 1978, the American Federal Aviation Administration (FAA) brought the certification requirement for the damage tolerance and fatigue life of the transport aircraft (FAR 25.571), and studies were carried out on this subject. When Delft University of Technology of the Netherlands introduced the aluminum-aramid fiber ARALL to the world in 1978, and then the aluminum-glass fiber "GLARE" in 1990, the studies showed a rapid increase (Asundi & Choi, 1997).

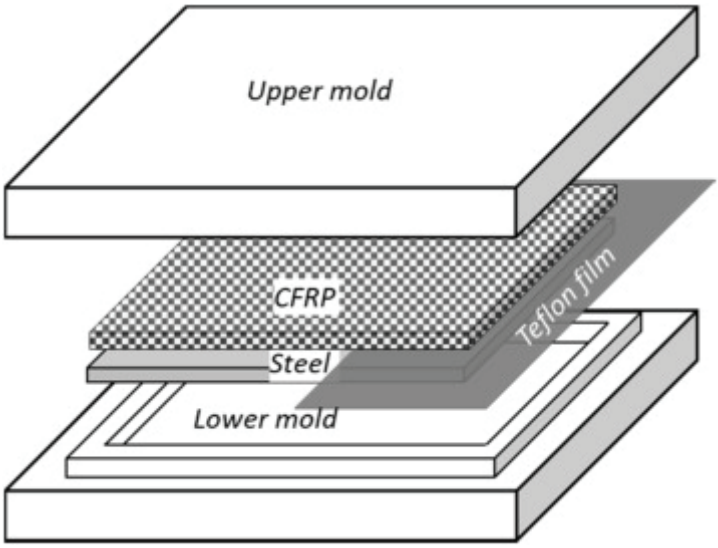


Figure 5. Hybrid Layer Composite (Yao. Y, Shi. P, Chen. M , 2022)

2. LITERATURE STUDIES

There are many studies for plates made of metal, composite and both composite and metal layers of different geometries, which are exposed to uniform and non-uniform instantaneous pressure loads due to shock waves and various explosions in welds.

Librescu and Nosiert theoretically investigated the dynamic response of symmetrically layered rectangular composite panels under the effect of sonic boom and instantaneous pressure load. Within the scope of the theoretical study, solutions were made by taking into account the lateral shear deformations, lateral normal stresses and high-order effects. They compared their results with other theories in the literature (Librescu & Nosier, 1990). They compared the results they obtained with each other (Turkmen & Mecitoglu, 1999)

Stoffel et al. experimentally examined, modeled and numerically simulated steel plates subjected to shock loads. In their study, they investigated the correlation between experiment and simulation, the sensitivity of the dynamic responses of plates to changes in material properties, stress and displacements under shock loading (Stoffel, Schmidt, & Weichert, 2001).

Jacinto et al. carried out experiments of two different metal plates in two different boundary conditions and analyzed them with finite element software in order to examine the dynamic behavior of metal plates under instantaneous pressure load and to guide their numerical modeling. Finally, they made recommendations regarding the development of numerical

models of plaques subjected to instantaneous pressure loads (Jacinto, Ambrossini, & Danesi , 2001)

Librescu et al., in another study, theoretically investigated the linear and non-linear dynamic behavior of sandwich composite panels under instantaneous pressure load. Within the scope of the study, structural models have been developed for the effects of explosion size, characteristic, distance from the panel surface, damping coefficient, orientation of the layers and nonlinear geometry on dynamic behavior (Librescu, Oh , & Hohe, Linear and non-linear dynamic of sandwich panels to blast loading, 2004)

Gantes and Pnevmatikos investigated the behavior of structures under instantaneous pressure load from explosions by deriving an equation of motion that numerically models much better. Various instantaneous pressure load effect studies have also been carried out with different approaches for laminated composite plates (Gantes & Pnevmatikos, 2004)

Yuen and Nurick applied instantaneous pressure of four-cornered soft steel plate with different strengthening methods.

examined the uniform effect of the load (Yuen & Nurick, 2005)

Veldman et al. experimentally investigated the elastic and inelastic dynamic response of square aluminum plates under static pressure load and compared their results with finite element analysis. They obtained consistent results both in the elastic region and in the inelastic region (Veldman, Ari-Gur , Clum, DeYoung, & Folkert, 2006)

Batra and Hassan investigated the dynamic responses and damage mechanisms of fiber-reinforced composites under underwater burst loads with a non-commercial finite element code (Batra & Hassan, 2007).

Kazancı and Mecitoğlu investigated the nonlinear dynamic behavior of simply supported layered composite plates under instantaneous pressure load. They compared finite element analyzes and other studies in the literature with approximate numerical analyzes developed within the scope of the study. (Kazancı & Mecitoğlu, 2008)

Mamalis et al. developed a new sandwich structure by taking advantage of the advantages of metals and polymeric materials while avoiding their disadvantages. For this purpose, while the rigidity is increased by using metal in the surface layer, they have chosen a lighter material in the core. In addition, a plate was placed between the surface layer and the core, ensuring that the bond between the layers was close to the desired one. Experiments were carried out by choosing different materials. And they ensured that the interface is a plate resistant to impact load and also has

a good bond between the surface and the core (Mamalis, , Spentzas, Pantelelis, Manolakos, & Ioannidis, 2008)

Felix et al. studied the buckling and vibration of orthotropic rectangular thin plates with the Rayleigh-Ritz Method and the Finite Element Method (Felix , Bambill , & Rossit, 2011).

Yeh et al. proved that the bearing strength in the construction connection is one of the important parameters in aircraft constructions where composites are used extensively, and that fiber reinforced plate metal composites have high bearing strength due to their anisotropic characteristics. In his studies, it was determined experimentally and numerically that the bed strength improved with the increase of the high-strength boron/glass fiber reinforcement ratio in the laminated aluminum composite structure (Yeh, et al., 2012).

CONCLUSION

In glass fiber reinforced laminated composites, damages resulting in matrix cracking and fiber breakage are observed under continuous impact loading, while such cracking does not occur in metal-reinforced hybrid composites.

It has been determined that the basic damage in carbon-epoxy composites occurs during the first impact and less damage occurs in subsequent impact loads.

The advantage of hybrid non-layered composites is quite low compared to layered ones because the strength of the composite varies depending on the material properties, size, direction, continuity and volumetric ratio of the fibers in the layer. This allows the laminated composites to be reinforced in the direction in which they are subjected to load and ensures that the structure behaves with excellent fatigue strength, high strength, impact resistance and toughness against load.

They state that the most important reason for the preference of hybrid plate composites used in aircraft construction is that the structure has low crack formation and crack propagation characteristics.

It was concluded that the fibers were not damaged by arranging them in the load direction and the crack remained on the aluminum matrix plates, reducing the stress intensity.

They argue that boron/glass fiber reinforcement in aluminum layer hybrid composites reduces the stress level in aluminum layers due to its high elastic modulus and prolongs the crack formation time.

REFERENCES

Asundi, A., & Choi, Y. (1997). Fiber metal laminates: an advanced material for future aircraft. *Journal of Materials Processing Technology, 94*, 63-384.

Aydoğdu , M., & Tımarcı, T. (2004). Düzlem-içi yüklenmiş basit destekli simetrik katmanlı dikdörtgen kompozit ince plakların burkulma ve titreşimi. *Trakya Univ J Sci, 5*(2), 167-177.

Batra, R., & Hassan, N. (2007). Response of fiber reinforced composites to underwater explosive loads. *Composites Part B: Engineering, 38*(4), 448-468.

Batra, R., & Hassan, N. (2008). Blast resistance of unidirectional fiber reinforced composites. *Composites Part B: Engineering, 39*(3), 513-536.

Chang PY,, P., Yeh , P., & Yang, J. (2008). Fatigue crack initiation in hybrid boron/glass/aluminum fiber metal laminates. *Materials Science and Engineering A, 496*((1/2)), 273-280.

Compositeslab,(n,d.), *spary -up*, Retrieved March 13, 2022 from http://compositeslab.com/composites-manufacturing-processes/open-molding/spray-up/

Doğan, V. (2008). Dynamic multimode response of composite plates to sonic boom and blast loadings. *Journal of Aircraft, 45*(2), 498-507.

Esendemir, Ü., Şimşek, R., & Saraç, M. (2021). Hibrit kompozitlerin mekanik özelliklerine ve darbe davranışına fonksiyonelleştirilmiş nanokil ilavesinin etkisi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 10*(2), 800-806.

Fatlawi. A, Jarmai.K, Kovaks, G. (2021). Optimal Design of a Fiber-Reinforced Plastic Composite Sandwich Structure for the Base Plate of Aircraft Pallets In Order to Reduce Weight. *Fiber and Polymer Composites: Processing, Simulation, Properties and Applications. 13*(5), 834

Felix , D., Bambill , D., & Rossit, C. (2011). A note on buckling and vibration of clamped orthotropic plates under in-plane loads. *Struct. Eng. Mech., 39*(1), 115- 123.

Gantes, C., & Pnevmatikos, G. (2004). Elastic-plastic response spectra for exponential blast load. *International Journal of Impact Engineering, 30*, 323-343.

Gong, M., & Andreopoulos, Y. (2008). Shock wave impact on monolithic and composite material plates: The preferential aeroelastic response. *Journal of Sound and Vibration, 313*, 171-194.

Gören, A, Atas, C. (2008). Manufacturing of polymer matrix composites using vacuum assisted

resin infusion moldin. *Archives of materials science and engineering*

Harras, B., & Benamar, R. (2002). White G.R.Experimental and Theoetical investigation of the linear and non-linear dynamic behaviour of a glare 3 Hybrid composite panel. *Journal of Sound and Vibration, 252*, 281-315.

Iaccarino, P., Langella, A., & Caprino, G. (2007). A simplified model to predict the tensile and shear stress-strain behaviour of fiberglass/aluminium laminates, Vol. 67, pp. *Composites Science and Technology, 67*, 1784- 1793.

Jacinto, A., Ambrossini, R., & Danesi , R. (2001). Experimental and computational analysis of plates under air blast loading. *International Journal of Impact Engineering, 25*, 927-947.

Jenq , S., & Mo, J. (1996). Ballistic impact response for two-step braided three dimensional textile composites. *American Institute of Aeronautics and Astronautics, 34*(2), 375-384.

Karakaş , O. (2017). Application of Neuber's effective stress method for the evaluation of the fatigue behaviour of magnesium welds".,. *International Journal of Fatigue, 101*, 115-126.

Kassa, M. (2015). Fabrication and Mechanical Property Characterization of Sisal fiber Reinforced Epoxy Composite Material for Automotive Body Application

Kaw, A. (2005). *Mechanics of Composite Materials.* Florida: Taylor and Francis.

Kazancı, Z., & Mecitoğlu, Z. (2008). Nonlinear dynamic behavior of simply supported laminated composite plates subjected to blast load. *Journal of Sound and Vibration, 317*, 883-897.

Langdon, G., Yuen,, S., & Nurick, G. (2005). Experimental and numerical studies on the response of quadrangular plates. Part II: Localised blast loading. *International Journal of Impact Engineering, 31*, 85-111.

Langdon, G., Cantwell, W., & Nurick, G. (2005). The blast response of novel thermoplastic-based fibre-metal laminates – some preliminary results and observations. *Composites Science and Technology, 65*, 861-872.

Langdon, G., Cantwell, W., & Nurick, G. (2007). Localised blast loading of fibre-metal laminates with a polyamide matrix. *Composites Part B: Engineering, 38*, 902-913.

Langdon, G., Lemanski, S., Nurick, G., Simmons , M., Cantwell , W., & Schleyer, G. (2007). Behaviour of fibre-metal laminates subjected to localised blast loading : Part I – Experimental observations. *International Journal of Impact Engineering*, 1202-1222.

Langdon, G., Nurick, G., & Cantwell, W. (2008). The response of fibre metal laminate panels subjected to uniformly distributed blast loading. *European Journal of Mechanics A/Solids, 27*, 107-115.

Librescu, L., & Nosier, A. (1990). Response of laminated composite flat panels to boom and explosive blast loadings,. *AIAA Journal, 28*, 345-352.

Librescu, L., Oh , S., & Hohe, J. (2004). Linear and non-linear dynamic of sandwich panels to blast loading. *Composites: Part B, 35*, 673-683.

Mamalis, , A., Spentzas, K., Pantelelis, G., Manolakos, D., & Ioannidis, M. (2008). A new hybrid concept for sandwich structures, ,. *Composite Structures, 83*, 335–340.

Stoffel, M., Schmidt, R., & Weichert, D. (2001). Shock wave-loaded plates. *International Journal of Solids and Structures, 38*(42-43), 7659-7680.

Türkmen, H., & Mecitoğlu, Z. (1999). Dynamic response of stiffened laminated composite plate subjected to blast load, Journal of Sound and Vibration,. *231*, 371-389.

Türkmen, H., & Mecitoğlu, Z. (1999). Nonlinear structural response of laminated composite plates subjected to blast loading. *AIAA Journal, 37*, 1639-1647.

Veldman, R., Ari-Gur , J., Clum, C., DeYoung, A., & Folkert, J. (2006). Effects of pre-pressurization on blast response of clamped aluminum plates. *International Journal of Impact Engineering, 32*(10), 1678-1695.

Veldman, R., Ari-Gur, J., & Clum, C. (2008). Response of pre-pressurized reinforced plates under blast loading. *International Journal of Impact Engineering, 35*(4), 240-250.

Wyrick , D., & Adams , D. (1988). Damage sustained by a carbon/epoxy composite material subjected to repeated impact. *Composites,, 19*(1), 19-27.

Yao, Y., Shi, P., Chen, M., Chen, G., Gao, C., Boisse, P., & Zhu, Y. (2022). *Experimental and numerical study on Mode I and Mode II interfacial fracture toughness of co-cured steel-CFRP hybrid composites*. International Journal of Adhesion and Adhesives, 112, 103030.

Yeh, P. C., Chang, P., Wang, J., Yang, J. M., Peter, H. W., & Liu, M. C. (2012). Bearing strength of commingled boron/glass fiber reinforced aluminum laminates. *Composite Structures, 94*(11), 3160-3173.

Yuen, S., & Nurick, G. (2005). Experimental and numerical studies on the response of quadrangular stiffened plates.Part I: subjected to uniform blast load. *International Journal of Impact Engineering, 31*, 55-83.