

Editörler: Prof. Dr. Şakir Taşdemir
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Cevahir Çınar

Alanında Uluslararası Araştırmalar

Mühendislik

2022
EYLÜL-EKİM

Editörler:

Prof. Dr. Şakir Taşdemir
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Cevahir Çınar

Mühendislik

Alanında
Uluslararası Araştırmalar

EĞİTİM
yayınevi

MÜHENDİSLİK ALANINDA ULUSLARARASI ARAŞTIRMALAR

Editörler: Prof. Dr. Şakir Taşdemir, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Cevahir Çınar

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

Genel Yayın Koordinatörü: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

Sayfa Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 47830

E-ISBN: 978-625-8223-05-7

1. Baskı, Eylül-Ekim 2022

Kütüphane Kimlik Kartı

MÜHENDİSLİK ALANINDA ULUSLARARASI ARAŞTIRMALAR

Editörler: Prof. Dr. Şakir Taşdemir, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Cevahir Çınar

132 s., 125x195 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-8223-05-7

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM

yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42
bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America
americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye
+90 332 499 90 00
bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr
+90 537 512 43 00
bilgi@kitapmatik.com.tr

İÇİNDEKİLER

DOĞAL ÇİMEN ATIKLARINDAN SELÜLOZ VE NANOSELÜLOZ ELDESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ... 5

Ceyda BİLGİÇ

DOĞAL LİF TAKVİYELİ POLİMERİK KOMPOZİTLERİN YANMA DAYANIMLARINDAKİ GÜNCEL GELİŞMELER 45

Ceyda BİLGİÇ, Şafak BİLGİÇ

KURULUŞLARIN BAKIŞ AÇISINDAN BULUT BİLİŞİMİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI 75

Osman Zeki İNAN, Mehmet Cabir AKKOYUNLU

WEB MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ İLE DERGİPARK'TA YAYINLANAN DERGİLERE AİT BİLGİLERİN ELDE EDİLMESİ..... 105

Yılmaz AĞCA

DOĞAL ÇİMEN ATIKLARINDAN SELÜLOZ VE NANOSELÜLOZ ELDESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ceyda BİLGİÇ¹

GİRİŞ

Sentetik polimerik ürünlerin kullanımı, olağanüstü termal, mekanik ve elektriksel özelliklerinin yanı sıra hafifliği, işlenme kolaylığı, oldukça düşük maliyetleri nedeniyle çağdaş uygarlığa devasa faydalar sağlamıştır. Ancak, polimerlerin çoğu petrol kaynağından elde edildiklerinden dolayı, atık oluşturma süreçleri, bozunmayan yapıları nedeniyle atmosferimiz için ciddi tehlikeler oluşturur. (Eyerer, 2010). Konvansiyonel sentetik polimerleri biyopolimerlerle değiştirmek, yukarıda bahsedilen sorunlara çözüm bulmak amacıyla gerekli bir süreçtir. Biyopolimerlerin odunsu bitkilerden, hayvanlardan veya mikrobiyal biyokütleden eldesi, mevcut petrol rezervlerinin azalmasının ve sentetik polimerlerin kullanımıyla bağlantılı küresel ısınmanın gelecekteki artışının önlenmesini sağlayacaktır. Biyopolimerler, düşük maliyet, biyoyoumluluk, toksik olmama ve biyolojik

¹ Doç. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye. ORCID No: 0000-0002-9572-3863. cbilgic@ogu.edu.tr

olarak parçalanabilirlik gibi sentetik polimerlere göre birçok avantaja sahiptir (Belgacem ve Gandini, 2011; An vd., 2016). Hâlihazırda selüloz, biyosferde mevcut olan en bol biyolojik olarak parçalanabilen polimeri temsil eder. Ayrıca diğer biyopolimerlere hatta geleneksel biyolojik olarak parçalanamayan polimerlere göre uygun maliyetlidir (Klemm vd., 2005).

Yenilenebilir bir organik karbon kaynağı olan lignoselülozik biyokütle, biyo bazlı yakıtlar, kimyasallar ve sürdürülebilir biyorafineriler için malzemeler üreten ana hammadde kaynağı olacaktır (Perlack, 2005; Langholtz vd., 2016). Bu biyolojik rafinerilerin, artan enerji kullanım ihtiyacı (Rooney vd., 2007; Olson vd., 2012) ve azaltılmış emisyonların her ikisi içinde küresel talepleri karşılaması gerekmektedir (Rogers vd., 2017). Sorgum (*Sorghum bicolor* L. Moench), Fil çimeni (*Miscanthus × giganteus*) ve şalgam (*Panicum virgatum* L.) gibi otlar, yüksek fotosentetik verimlilikleri ve çeşitli çevresel koşullarda büyüme yetenekleri nedeniyle özel biyoenerji bitkileri olarak umut vericidirler (Olson vd., 2012; Shoemaker vd., 2010). Bununla birlikte, lignoselülozik biyokütlenin çoğunu oluşturan bitki hücre duvarları, bitkiye yapısal destek, otçullardan ve patojenlerden koruma dahil olmak üzere birçok önemli işlevi sağlamak üzere evrimleşmiştir (Somerville vd., 2004). Ortaya çıkan yüksek dirençli hücre duvarı mimarisi, bitki hücre duvarlarının basit monomerlere verimli bir şekilde yapı sökümünün (dekonstrüksiyonunun) önündeki bir engeldir (Himmel vd., 2007; Li vd., 2016). Bozulmamış çimen bitkisi hücre duvarlarının mimarisinin moleküler düzeyde daha iyi anlaşılması, bu dirence ilişkin temel bilgiler sağlayacak ve hem biyokütle yapı söküm sürecinin hem de mühendislik ürünü biyoenerji ekinlerinin gelişiminin öngörülebilir tasarımını destekleyecektir. Doğal

lifler son yıllarda birçok avantaj sunmaktadır. Doğal lifli kompozitlerin sentetik lif takviyeli kompozitlere kıyasla avantajları düşük fiyat, düşük yoğunluk, kolay ayırma, bol miktarda bulunma, yenilenebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik ve sağlık tehlikesi olmamasıdır (Li vd., 2009; Li vd., 2016; Liu vd., 2004). Lif kaynaklarının çeşitli alternatifleri, özellikle buğday samanı (Reddy ve Yang 2007(a)), pirinç samanı (Reddy ve Yang 2006), dallı darı (switch grass) (Reddy ve Yang 2007(b)), Hint çimeni (Liu vd., 2004), Napier çimeni (Reddy vd., 2018), ananas yaprağı, (Mishra vd., 2004), muz ağacı (Kiruthika ve Veluraja 2009) ve şeker kamışı kabuğu (Teixeira vd., 2011), gibi tarımsal yan ürünler, selüloz lifleri üretmek için kullanılmıştır. Bu alternatif lif kaynaklarından bazıları kompozit malzemelerin takviye elamanı olarak uygulanmıştır. Bununla birlikte, doğal liflerin bir kompozit takviye olarak uygulanması, bu yerel liflerin daha fazla mevcudiyetini gerektirir. Bu kadar çok bitki çeşitliliği göz önüne alındığında, sentetik liflerin kullanımını azaltma potansiyeline sahip diğer doğal liflerin araştırılması gerekmektedir. Kolay ve uygun maliyetli ekstraksiyon işlemleri sağlayan ancak aynı zamanda lif özelliklerini bozmayan yeni tesisler aramak önemlidir. Liflerin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini değerlendirmek için yeni lifler tanımlanacak ve karakterize edilecektir.

Doğal lif takviyeli polimer kompozitlerin sayısız faydaları, ince ayarlanmış mimariye sahip son derece uyumlu biyokompozitlerin geliştirilmesine yönelik bilinçli bir ilgiyi artırmıştır. Hafifliği ve ucuzluğu, çeşitli formlarda her yerde bulunabilmesi, düşük yoğunluklu ve yüksek kalıplama esnekliğine sahip benzer malzeme özellikleri dışında, selüloz lif takviyeli kompozitler, geleneksel dolgu maddelerine kıyasla onları akla yatkın bir seçenek haline

getiren doğa dostu malzemeler olarak kabul edilmiştir (Pandey, 2012). Bir süredir, bu kompozit kategorisinin ağırlığındaki artış, otomobil sektörü ve bina inşaatları gibi daha yüksek yapısal uygulamalar için maliyet performans oranıyla rekabet edebilmelerini sınırlayan çok hassas bir konu olmuştur. Ağırlık azalmasının, dolgu maddesi olarak nano boyutlu fiber uygulanmasıyla olduğu varsayılabilir. Yüksek yüzey alanı, yani uzun ve ince lif, bu lifin nispeten daha düşük konsantrasyonda kullanılmasına yardımcı olabilir. Doğal lifler, farklı mekanik özelliklere sahip takviye elemanları elde etmek için işlenebilir ve modülleri 40 GPa olan selüloz lifleri, kimyasal hamurlaştırma işlemiyle ayrılabilir. Ek olarak, hidroliz ve ardından mikrofibrillere mekanik parçalanma yoluyla alt bölümlere ayrılabilirler (Mohanty vd., 2000).

Büyük miktarlarda lignoselülozik malzemeler farklı şekillerde dünya çapında mevcuttur ve bunlar en bol bulunan ve yaygın olarak yayılan yenilenebilir enerji kaynağıdır. Uygulamalarına göre iki ana gruba ayrılabilirler: (a) bazı gelişmekte olan ülkelerde mahsul artıkları (tahıl samanları) da yaygın olarak kullanılmasına rağmen, çoğunlukla odunsu bitkiler olan kağıt hamuru ve kağıt üretimi için kullanılan lignoselülozik malzemeler ve (b) mahsul artıkları gibi tarım ve ormancılık yan ürünleri, örn. tahıl ve baklagil samanı, mısır küspesi ve şeker kamışı küspesi ve hem kereste hem de kağıt endüstrilerinden gelen odun artıkları. Mevcut lignoselülozik malzemelerin bir kısmı yakıt, kağıt üretimi veya hayvan besini ve yatak malzemesi olarak kullanılmasına rağmen, büyük çoğunluğu hala atık malzeme olarak atılmaktadır (Shrinath vd. 2003).

Çayır biyokütlesi, dünyanın tarım alanlarının yaklaşık %69'unu kapladığı için gelecekte yakıtlar ve kimyasallar için önemli bir düşük maliyetli lignoselülozik hammadde

haline gelebilir (Mandl, 2010; Prochnow vd., 2009). Ek olarak, otlak biyokütlesi, toprak erozyonuna karşı koruma ve habitat oluşturma dahil olmak üzere önemli ekolojik değerler katabilir (Prochnow vd., 2009). Ilıman otların yetiştirilmesi, yüksek verime katkıda bulunan bir sezon boyunca birkaç hasat (2-4 kesim) sağlar. Çimenlerin kimyasal bileşiminin kesimler arasında mevsim boyunca ve hasattaki olgunluk aşaması ile değiştiği iyi bilinmektedir (McDonald vd., 1991; Keating ve Kiely, 2000). Bu husus, biyorafınasyon için çimen biyokütlesinin işlenmesiyle ilgili tam olarak incelenmemiştir, ancak bileşimdeki değişiklikler işlemeyi ve ürün verimini büyük ölçüde etkileyebileceğinden, çimen biyokütlesini biyoyakıtlar veya biyokimyasallar için bir hammadde olarak değerlendirirken dikkate alınması önemlidir.

Çimen otu (lawny grass) esas olarak protein, ham lif, amilum, polisakkaritler, pektin, klorofil vb. içerir. Kaba lif selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşur; bu, selüloz üzerinde çeşitli ilginç fonksiyonel grupların bulunması nedeniyle toksik metal iyonlarının çıkarılması veya eser elementlerin sulu çözeltiden zenginleştirilmesi için faydayı gösterir (Saeed vd., 2005), ayrıca, şehir güzelleştirme veya bahçe inşa etme sürecinde fazla miktarda çim çimeni katı atık olarak bırakılır. Bununla birlikte, bu ilgi, büyük ölçekli uygulamalar için kullanılacak selüloz liflerinin üretimi için yeni biyokütle kaynakları bulma araştırmasını da içermektedir. Bu nedenle, Napier çimi, liflerin üretimi için potansiyel olarak çok çekici bir ticari biyokütle kaynağıdır. Napier (*Pennisetum purpureum* schum), Poaceae familyasına ait “fil otu” olarak bilinen çok yıllık bir çimdir. Napier otu Afrika’ya özgüdür ve yüzyıllar önce bu bitki Güney Amerika, Asya ve Avustralya’ya hayvan yemi olarak tanıtılmıştır. Çok az besin takviyesi ile yetişebilen, hızlı

büyüyen ve yüksek verimli (yıllık 40 ton/hektar) bir çimdir (Woodard ve Prine, 1993). Literatürde, yerli Afrika Napier çim lifi ipliklerinin ön çalışmalarında, liflerinin yaklaşık %47 oranında selüloz içerdiği rapor edilmiştir.

Fil çimeni (*Pennisetum purpureum*), Poaceae'den Afrika'nın tropikal çayırlarına kadar uzanan, Afrika'nın tropikal otlaklarına özgü bir türdür ve şimdi çoğu tropikal ve subtropikal ülkelere tanıtılmıştır (Del Rio vd., 2012). Tür, çok yıllık sapları olan, 3 m'den fazla yüksekliğe ulaşan sağlam bir çimendir ve otsu bitkiler arasında yılda 40-45 ton/hektara ulaşan en yüksek biyokütle verimliliğine sahip olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle biyoyakıt üretimi için bol ve sürdürülebilir lignoselülozik biyokütle kaynakları sağlamak için mükemmel bir alternatif hammadde olarak kabul edilmiştir (Somerville vd., 2010). Pirinç samanı, buğday samanı, mısır koçanı ve küspe gibi yaygın lignoselülozik biyokütleden farklı olarak, fil çimeninin protein miktarı çok daha fazladır. Brezilya'da mera olarak yaygın olarak kullanılan çok yıllık bir çim olan fil otundan (*Pennisetum purpureum*) selüloz nanokristalleri izole edilmiştir. Fil otu, hektar başına yüksek biyokütle üretkenliği (yaklaşık 35 ton/hektar) ve büyük miktarlarda karbonu çevreden tutma kabiliyeti (yaklaşık 15 ton karbon/yıl/hektar) nedeniyle ilgi çekicidir. Dolayısıyla atmosferik karbondioksitin uzun süreli depolanmasına katkıda bulunur. Ek olarak, besin maddeleri arasında düşük talep ve sert iklimlere karşı direnç ile yüksek uyum yeteneği olan bir kültürdür (Lima vd., 2014).

Lifli malzemeler, "bitki" lifleri, "doğal" lifler veya "bitkisel" lifler olarak adlandırılan birçok lignoselülozik malzemedan elde edilebilir. Lifler, Brezilya'nın Tocantins Eyaletindeki yerel bir bitkiden elde edilebilmektedir. *Syngonanthus nitens*'in dalları parlak ve altın rengindedir,

bu nedenle yaygın adları Altın çimen (capim dourado (CD))'dir. *Syngonanthus nitens*, yaprakları yaklaşık 4 cm'lik bir bazal rozet içinde spiral olarak düzenlenmiş çok yıllık polikarpik bir bitkidir. Bitkiler klonaldır ve verimli rozetler yılda 1 ila 10 yaprak üretebilir (Schmidt vd., 2007; Giuliatti vd., 1996). Tür, tüm Brezil'yadaki Cerrado biyomunda, nemli otlaklar içinde, orta derecede nemli alanlarda bulunur (Giuliatti vd. 1996). Bu lifler 90'ların sonlarından beri el sanatları (zanaat) endüstrisinde kullanılmaktadır ve kırsal topluluklar için önemli bir gelir kaynağını temsil etmektedirler.

Ampelodesmos mauritanicus, (Diss) Kuzey Afrika, Güney Avrupa, Yunanistan ve İspanya'nın kuru bölgelerine özgü büyük bir çim bitkisidir ve Poaceae (buğdaygiller) familyasına aittir, Arapça'da Diss olarak bilinir (Toudert vd., 2009). Bitki, %44-46 α -selüloz, %26-27 hemiselüloz, %17-25 lignin ve %1,3 yağ ve mum oranlarıyla karakterize edilen bir kimyasal bileşime sahip, kendiliğinden büyüyen yabani bir çimdir. Ayrıca bu bitki gelişim koşullarına, toprağın bileşimine, büyüme ve iklim koşullarına bağlı olarak değişken mineral içeriğine (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , Na_2O ve K_2O) (%8-10) sahiptir (Abdelhak, 2017; Bourahli ve Osmani, 2013; Chenah vd., 2018). Diss bitkisi (hasırcılıkta kullanılan bitki türü) ilginç mekanik ve termal özellikler gösterdiğinden dolayı (Achour vd., 2017), Kuzey Afrika'daki geleneksel yapı malzemelerinin ve zanaat sepetlerinin üretiminde kullanılmaktadır. Bu lifler, aslında bu bitkinin geleneksel bir kullanımını temsil eden ilginç antiparaziter özellikleri için de kullanılmış ve büyük ölçüde incelenmiştir (Toudert vd., 2009). Son yıllarda, düşük miktarda yağ ve mum içerdiklerinden dolayı, bu lifler biyoenerji üretimi için potansiyel bir biyokütle kaynağı olarak incelenmiştir (Gulias vd., 2018).

Kans otu olarak da bilinen *Saccharum spontaneum* (*S. spontaneum*), yol, kanal ve nehir kıyılarındaki tarım dışı arazilerde hızla büyüyen Poaceae familyasına ait çok yıllık otsu bir bitkidir. Asya, Akdeniz bölgeleri ve Afrika'nın sıcak ılıman bölgelerinde yaygın olarak yetişen bu çim şu anda çok fazla ticari değere sahip değildir (Australian Government, 2004). *S. spontaneum*'un kuru katı bazında %45,10 selüloz ve %22,75 hemiselüloz içerdiği rapor edilmiştir (Chandel vd., 2009). Yüksek selülozik ve hemiselülozik içeriği nedeniyle, ikinci nesil etanol üretimi (Scordia vd., 2010; Chaudhary vd., 2012; Singh vd., 2012) ve yeşil polimer kompozitlerin hazırlanması (Barman vd., 2015(a); Barman vd., 2015(b); Devnani ve Sinha, 2019), için yenilenebilir bir biyolojik kaynak olarak popüler hale gelmiştir. Yakın tarihli bir rapor, *S. spontaneum*'un kağıt endüstrisinde, klorsuz ağartılmış hamurun izolasyonu için kullanıldığı potansiyel endüstriyel uygulamasını göstermiş olsa da, Mikrokristalin selüloz (MCC) gibi yüksek değerli selülozik ürünlerin izolasyonu henüz keşfedilmemiştir (Sharma ve Godiyal, 2019). Mikrokristalin selülozlar (MCC) aslında kısmen depolimerize edilmiş selülozlardır, geleneksel olarak polimerizasyon derecesini azaltmak için mineral asitlerin işlenmesi yoluyla çeşitli α -selülozik başlatıcılardan türetilirler (Haafiz vd., 2013). Bu tür işlemler sırasında, amorf selülozik içerikler giderilir ve MCC %55 ila %80 arasında değişen karakteristik olarak yüksek bir kristallik derecesine sahip olur. Ek olarak, MCC, yenilenebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik, toksik olmama, yüksek mekanik özellikler, düşük yoğunluk, geniş yüzey alanı, biyoyumluluk ve iyi higroskopiklik gibi benzersiz mekanik ve fizyokimyasal özelliklere sahiptir (Trache vd., 2016). Bu nedenle, MCC, ilaç endüstrisinde bağlayıcı ve dolgu maddesi olarak, gıda endüstrisinde kıvam arttırıcı,

stabilizatör, emülgatör ve jelleştirici ajan olarak, merhem ve losyonlarda su tutucu ve viskozite düzenleyici olarak ve polimer kompozitlerin hazırlanmasında güçlendirici bir ajan olarak kullanılmıştır (Trache vd., 2016; El-Sakhawy ve Hassan, 2007; Kalita vd., 2013). Odun ve pamuk, selülozik lifler için başlıca endüstriyel kaynaklardır ve bu nedenle MCC gelişiminde kullanılan en önemli hammaddelerdir. Bununla birlikte, tükenen orman kaynakları ve MCC üretimi için geleneksel öncülerin artan kıtlığı ile son yıllarda ilgi noktası, pirinç kabuğu (Bae vd., 2017), greyfurt kabuğu (Liu vd., 2018), palmiye boş meyve salkımı (Pujiasih vd., 2018), bambu (Abdul Khalil vd., 2018), pamuk yünü (Rashid vd., 2017), jüt (Jahan vd., 2011), soya fasulyesi kabukları (Merci vd., 2015), yem çimeni (fodder grass) (Kalita vd., 2013), Alfa çimen lifleri (Alfa grass fibers) (Trache vd., 2014), çay atıkları (Zhao vd., 2018) gibi diğer hazır, ekonomik alternatiflere kaymıştır. Bu bağlamda, daha düşük lignin içeriğine sahip odunsu olmayan bitki ve otların, kimyasal işlemler ve enerji girdileri açısından daha az talep edildiklerinden dolayı MCC üretimi için daha ekonomik olduğu görülmektedir (Kalita vd., 2013; Trache vd., 2014).

Mendong samanı (*Fimbristylis globulosa*), Cyperaceae familyasına ait bir çimen türü olan monokotiledonlar (tek çenekli) grubu olarak sınıflandırılmıştır. Bitkiler yeterli suya sahip sulak ve çamurlu alanlarda yetişir ve genellikle 100-150 cm uzunluğa kadar büyürler. 4-6 aylık Mendong otu kümeleri 120-260 samandan oluşur. Endonezya'da çimen, Java, Sumatra ve Nusa Tenggara'nın bazı bölgelerinde mahsul ekimi olarak yetiştirilir. Mendong otu küçük toprak sahipleri tarafından, 20 ton/hektar alana kadar hasat edilebilmektedir (Purnaningtyas vd., 2012). Endonezya'da, Java Eyaletinde tahmini Mendong üretimi yılda yaklaşık 14.000 ton kadardır. Geleneksel olarak Mendong samanları

toplum tarafından paspaslar, ip lifleri ve el çantaları, sepetler ve mobilya paspasları gibi diğer ürünler için uzun süredir kullanılmaktadır. Ekonomik bir güce sahip olduğundan, Mendong daha yoğun ekime ihtiyaç duyar. Mendong samanlarının bir lif kaynağı olarak muazzam potansiyelini hatırlayarak, geleneksel bir üründen mühendislik ürününe doğal lif kompozitlerinin güçlendirilmesi işlevlerini geliştirmek için bir çabaya ihtiyacı vardır. Mendong liflerinin kimyasal içeriği; %72,14 selüloz, %20,2 hemiselüloz, %3,44 lignin, %4,2 ekstraktif ve %4,2-5,2 nemdir. Bu lifin diğer doğal liflerle karşılaştırıldığında rekabet avantajları vardır ve polimer matrisli kompozitlerin potansiyel bir takviyesi olarak daha da geliştirilebilir.

Bitki liflerinin özelliklerini etkileyen kimyasal bileşimi, kökenleri, yaşları ve türleri ile ilgilidir. Bitkilerin en önemli bileşenleri lignin, hemiselüloz ve selülozdur. Son derece çapraz bağlı amorf bir polimer olan lignin, diğer iki bileşeni, yani hemiselülozları ve selülozu kaplar, çevreler ve korur (Sheltami vd., 2012). Hemiselüloz, dallanmış çoklu polisakarit polimeri (şekerler: ksiloz, glikoz, arabinoz, mannoz ve galaktoz) ile de karakterize edilen, tekrarlanan heksoz ve pentoz birimleri polimerlerinden oluşan amorf bir yapı gösterir (Sheltami vd., 2012). Selüloz, mekanik mukavemetten sorumludur ve bitki hücre duvarlarının ana yapısal bileşenidir (Habibi, 2014). Selüloz, farklı düzenlemelerde 1-4 glikosidik bağ ile bağlanan β -D-glukopiranozil birimlerinden oluşan lineer bir sindiyotaktik ve yüksek moleküler ağırlıklı homopolimer ile karakterize edilir (He vd., 2018; Lu ve Hsieh, 2010; Yang vd., 2018). Ayrıca selüloz, biyoyumluluk, biyobozunurluk, termal ve kimyasal kararlılık, türevlerini elde etmek için seçici kimyasal dönüşüm gibi üstün özelliklerinden dolayı çok dikkat çekmektedir. (Klemm vd., 2005; Lejeune ve Deprez,

2010). Bu nedenle selüloz, kağıt hamuru ve kağıt, tekstil, gıda, kompozitler, kaplama, ilaç gibi endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Kamel vd., 2008; Lejeune ve Deprez, 2010; Siqueira vd., 2010).

Tüm bitki hücreleri, ince, uzayabilir, birincil hücre duvarı ile çevrilidir. Kalınlaşmış ikincil hücre duvarları, yalnızca hücre genişlemesinin sona ermesiyle belirli hücre tiplerinde biriktirilir, ancak biyokütlenin çoğunluğunu oluşturur. İkincil hücre duvarları polisakkaritlerden (örneğin selüloz, ksilan) ve karmaşık bir polifenolik lignin ağından oluşur. Selüloz, çimen ikincil hücre duvarlarının kuru ağırlığının %35-45'ini oluşturur (Vogel, 2008). Hidrojen bağı yoluyla kristalin bir fibriler yapı halinde kendi kendine birleşen α -1,4-bağlı glukoz zincirlerinin yassı şeritlerinden oluşur. Ortaya çıkan fibril, diğer hücre duvarı bileşenleri ile potansiyel etkileşimlere izin veren belirgin hidrofiliğe sahip yüzeylere sahiptir. Bununla birlikte, selüloz kristalitleri mükemmel değildir ve amorf selüloz olarak adlandırılan, daha az düzenli olan önemli bir selüloz fraksiyonu vardır. Dolayısıyla, selülozun iki ana alanı ayırt edilebilir: bir kristalin selüloz alanı ve bir amorf selüloz alanı. Ksilan, çimen ikincil hücre duvarlarının kuru ağırlığının %20-35'ini oluşturan ana hemiselülozdur (Hatfield vd., 2017; Faik, 2010; Scheller ve Ulvskov, 2010; Rennie ve Scheller, 2014; Smith, 2017).

Selüloz, her biri birkaç nm çapında ve onlarca glukoz zinciri içeren uzun mikrofibrillerden oluşur. Kısmen kristal ve kısmen düzensiz selüloz mikrofibrillerinin yapısı tam olarak bilinmemektedir (Nishiyama vd., 2008). Tahıl mahsulü artıklarından ve Fil Çimeni (*Miscanthus*) gibi otlardan gelen selüloz, biyoyakıtlar (Carroll ve Somerville 2009) ve giderek artan bir şekilde biyo-tabanlı kimyasal üretim için sürdürülebilir bir başlangıç noktasıdır (Klemm

vd., 2011). Selülozun faydalı ürünlere dönüştürülmesi, enzimatik depolimerizasyon ile elde edilebilir (Himmel vd., 2007) ve lignifikasyon, mikrofibril yapısının tam olarak anlaşılmayan özellikleri ve mikrofibrillerin toplanması ile engellenir (Chundawat vd., 2011; Ding vd., 2012).

Çimen atıklarından selüloz liflerinin izolasyon ile elde edilmesi, yaygın olarak kullanılan diğer kaynaklara alternatif bir girişimdir. Odun, bol miktarda bulunması nedeniyle tercih edilen selüloz kaynağı olmasına rağmen, odun lifi maliyetleri toplam üretim maliyetinin %38-45'i arasında değişmektedir ve hammadde maliyeti en önemli maliyet faktörleri arasında yer almaktadır (De Assis vd., 2017). Ayrıca, kağıt yapımı ve selüloz üretimindeki büyük artış nedeniyle, çünkü her ikisi de geleneksel olarak odun hamurundan elde edildiğinden, ağaçların ciddi şekilde tükenmesine ve dolayısıyla ormansızlaşma gibi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Ormansızlaşmanın etkisini azaltmak için çimen atıklarının değerlendirilmesi önemli bir alternatif yaklaşım olabilir.

Nanokristal selülozların eldesinde umut verici kaynak malzeme olarak, belediye çimen atıklarının değerlendirilmesidir. Belediye çimen atıkları, çim kırpıntıları olarak da bilinir ve katı atıkların ana bileşeni olan yeşil atık olarak kabul edilirler (Bhange vd., 2012). Yeşil atık yönetimi, sürekli üretimi nedeniyle oldukça karmaşık ve pahalıdır ve büyük bir hacim kaplar (Bustamante vd., 2016; Lopez vd., 2010). Yeşil atıkların kompostlaştırılması bir alternatif olarak düşünülmüş olsa da, lignin ve selüloz gibi inatçı bileşenlerin varlığı işlem süresini artırmakta ve dolayısıyla çabayı engellemektedir. Kompostlama çabalarının sınırlamaları arasında uzun işleme süresi, düşük ürün kalitesi, uygun ve optimum bir strateji gerektirmesi sayılabilir (Hernandez-Gomez vd., 2020). Belediye çimen

atıkları, önemli ticari kullanımları veya endüstriyel önemi olmayan birikmiş atıktırlar. Ayrıca, genellikle arıtılmadan bırakılır ve herhangi bir özel kullanım olmaksızın stoklar halinde biriktirilir, daha sonra veya en kötü senaryoda toplanır ve yakılırlar, bu da kaçınılmaz olarak açık ateş yakma, hava kirliliği ve küresel ısınmaya katkıda bulunur.

Bu nedenle, sürdürülebilir tüketimi sağlamak için, beşikten beşiğe (cradle to cradle) tasarımına uygun olarak, yeşil atıkları katma değerli ürünlere dönüştürecek bir yol önemli olacaktır. Bu tür yeşil atık malzemelerin değerlendirilmesinde, ticari veya yaygın olarak kullanılan selülozik bazlı malzeme kaynaklarından ekstraksiyon yöntemiyle selüloz nanokristallerinin (CNC) engelsiz eldesinde uygun bir yaklaşım olduğunu belirtmekte fayda vardır. Nanoselülozların üretimi için; şeker kamışı küspesi, pirinç samanı, hurma boş meyve demeti, elma prınası, salatalık kabukları, domates kabukları, ananas kabukları ve kraliyet palmiye ağacı gibi çeşitli tarımsal atık malzeme kaynakları da rapor edilmiştir (Leão vd., 2017; Lu ve Hsieh, 2010; Wibowo vd., 2018; Melikoğlu vd., 2019; Prasanna ve Mitra, 2020; Jiang ve Hsieh, 2015; Madureira vd., 2018; Hafeman vd., 2019).

Nanokristaller ve nanolifler gibi selülozdan nanopartiküllerin elde edilmesine olan ilgi, geniş uygulama yelpazesi nedeniyle artmıştır (Abdul Khalil vd., 2012; Charreau vd., 2013). Selüloz nanoparçacıkları, düşük yoğunluk, geniş yüzey alanı, yüksek sertlik ve kristallik, yüksek en boy oranı, biyoyumluluk, biyolojik olarak bozunabilirlik ve yenilenebilir köken dahil olmak üzere benzersiz ve kullanışlı özelliklere sahiptirler (Siqueira vd., 2010). Selüloz nanolifler, odun veya bitki liflerinin fibrilasyon teknikleri ile mekanik olarak rafine edilmesiyle

üretilebilen ince ve esnek liflerden (4–20 nm genişliğinde ve 500-2000 nm uzunluğunda) oluşmaktadır. Aerojeller, kalınlaştırıcılar ve ayrıca nanokompozitlerde hedef uygulamalarda kullanılan, hem kristal hem de amorf bölgeler içeren saf selüloz yapılarıdır (Moon vd., 2011; Abdul Khalil vd., 2012). Buna karşılık, selüloz nanokristalleri, genellikle selüloz liflerinin %60 ila 65 (w/w) konsantrasyonlarında ve hafif ısıtma (45-60 °C) altında sülfürik asit kullanılarak kısmi hidrolizden elde edilen iğne (needle-shaped) veya bıyık (whisker-shaped) şeklindeki parçacıklardır (Siqueira vd., 2010; Moon vd., 2011). Bu prosedür, yüzeyde dağılmış sülfat grupları tarafından stabilize edilmiş, kolloidal bir süspansiyon içinde dağılmış tek ve iyi tanımlanmış kristaller ile sonuçlanır (Dufresne, 2006; Teixeira vd., 2011). Normalde, hidrolizden önce, biyokütle hemiselüloz ve lignini uzaklaştırmak için ön işleme tabi tutulur ve ayrıca ağartılır. Ön işleme tabi tutulmuş selüloz matrisi, polimer zincirlerinin boşluklarına ve bükülmelerine sahip olduğu alanlara karşılık gelen amorf bölgeler tarafından engellenen yüksek oranda kristalli alanlar içeren mikrofibriller tarafından oluşturulur (Sheltami vd., 2012). Nanokristaller polimerlerde güçlendirici maddeler olarak çok uygundur. Boyutları açısından, çapları 3 ila 70 nm arasında değişebilir ve normalde nanoliflerden daha kısadırlar (uzunluk 50 ila 500 nm arasındadır), (Abdul Khalil vd., 2014; Moon vd., 2011), ancak hem boyut hem de kristallik esas olarak selüloz kaynağına ve hazırlama koşullarındaki hidroliz süresine bağlıdır (Abdul Khalil vd., 2014; Azizi Samir vd., 2005). Normalde daha uzun hidroliz süreleri, daha kısa ve daha ince nanokristallerle sonuçlanır. Selüloz nanokristalleri şeker kamışı (Teixeira vd., 2011), mısır (Silvério vd., 2013), pirinç kabukları (Johar vd., 2012), altın çimen, (Siqueira vd., 2010), sisal (Teodoro vd., 2011) ve pamuk

lifleri (Morais vd., 2013) gibi birçok bitki biyokütlesinden izole edilmiştir. Farklı biyokütlelerden, farklı ön arıtma teknolojileri kullanarak, farklı morfolojilere ve verimlere sahip nanokristaller elde edilebilmektedir.

X-IŞINI KIRINIM (XRD) ANALİZLERİ

Matris, dolgu maddesi ve incelenen kompozitlerdeki kristallik tipini belirlemek için X-ışını kırınımından yararlanılır. X-ışını kırınım çalışmaları, kompozitlerin mekanik özelliklerini doğrudan etkileyen nanokristal selüloz ilavesinden sonra numunelerin kristal yapısındaki son değişikliklerin belirlenebilmesini sağlar. Farklı kimyasal ve enzimatik işlemlerdeki kristal yapıyı değerlendirmek için XRD analizi yapılmaktadır. Doğal çimde $2\theta = 22,3$ ve $2\theta = 34,5$ derecelerde iyi tanımlanmış iki pik ve $2\theta = 16,4$ derecede daha geniş omuz veren bir pik mevcuttur. Nihai olarak elde edilen numuneler için $2\theta = 15,5$ ve $16,2$ derecede iki ek pik açığa çıkmıştır. Bu iki pik noktasında $2\theta = 16,2$ 'ün ayrılması, daha yüksek kristalliğin varlığını yansıtır ve düzensiz selüloz zincirlerinin ortadan kaldırılmasını destekler (Liu vd., 2014). Liflerin selüloz ve selülozik olmayan bileşenlerinin miktarı yapı ve özelliklerini belirler ve kristalliğini etkiler (Reddy ve Yang 2005). Ham çimen liflerinin XRD spectrumu; $2\theta = 16,31^\circ$ (geniş ve yoğun), $34,7^\circ$ (geniş) ve $22,3^\circ$ (keskin ve yoğun), üç pik içerir. (El Oudiani vd., 2011). $2\theta = 16,1^\circ$ 'deki pikin genişlemesi, çoğunlukla liflerdeki hemiselüloz ve lignin gibi selülozik olmayan malzemelerin varlığından kaynaklanmaktadır. $2\theta = 22,3^\circ$ 'deki keskin ve yoğun pik, selüloz I- β 'dan kaynaklanmaktadır. Böylece, çimen liflerinin kristalliği selüloz I- β nedeniyle ve doğal olarak monoklinik birim hücre yapısındadır (Bismarck vd., 2005). Alkali kullanılarak yapılan giderimden sonra, lifteki amorf fraksiyonları gösteren bu keskin spektrum azalmıştır.

Ham Diss liflerinin ana karakteristik pikleri $2\theta = 16,4^\circ$, $22,6^\circ$ ve $35,4^\circ$ 'de konumlanmıştır, bu pikler selüloz I'e atanmıştır ve tüm numunelerde görülmüştür (Kasiri ve Fathi, 2018; Thambiraj ve Ravi Shankaran, 2017). $2\theta = 16,4^\circ$ 'deki pik (110) düzlemine karşılık gelirken, $2\theta = 22,6^\circ$ ve $2\theta = 35,4^\circ$ sırasıyla (002) ve (004) düzlemlerinin karakteristik pikleridir. Tüm selülozik malzemeler için XRD desenleri, $2\theta = 22,2^\circ$ 'de, $2\theta = 22,4^\circ$ 'de ve $2\theta = 22,2^\circ$ derecelerinden hafif bir kayma ile $22,6^\circ$ civarında ana pik göstermiştir. Bu durum farklı uygulanan işlemlerle ve literatürle uyumludur. (Fortunati vd., 2016). $2\theta = 22,6^\circ$ civarında merkezlenen pike karşılık gelen düzlem (002), selüloz I alanlarında, hidrojen bağlı tabakalar arasındaki mesafeyi gösterir.

Napier çimeninde, $2\theta = 15,9^\circ$ (geniş), 22° (keskin ve yoğun) ve $34,7^\circ$ 'de (küçük) üç pik gözlemlenmiştir ve bunlar sırasıyla (110), (002) ve (004) düzlemlerine karşılık gelmektedir ve selüloz-I yapısını gösteren düzlemlerdir (French ve Cintrón, 2013). Bununla birlikte, selüloz liflerde, $2\theta = 11,7$ ve $19,9$ derecelerde ek olarak küçük pikler ortaya çıkmış ve bu da, selüloz II oluşumunu göstermektedir (French ve Cintrón, 2013; Langan vd., 2001). Diğer kristal düzlemleri, ($2\theta = 22^\circ$ 'de) ve ($2\theta = 34,7^\circ$ 'de), aynı pozisyonda gözlenmiştir. Bu sonuçlar, Napier çimen liflerinin selüloz I'in kristal yapısının kısmen selüloz II'ye dönüştüğünü, selüloz I'in ise selüloz liflerde önde gelen bir yapı haline geldiğini göstermektedir. Bazı yazarlar, selüloz liflerinin ekstaraksiyonu sırasında, lifler üzerinde yapılan kimyasal işlemler sonundaki kristal yapıdaki değişiklikleri benzer şekilde bildirmiştir (Puttaswamy vd., 2017; Reddy vd., 2014; Reddy vd., 2016). Kırınım diyagramları, Napier çimen liflerinin ve bunlardan elde edilen selüloz liflerinin karakter olarak yarı kristalli olduğunu açıkça göstermektedir.

Kimyasal, enzimatik ve asit işlemlerinden sonra ($2\theta = 14,7^\circ$), ($2\theta = 16,4^\circ$) ayrıldığı gözlenmiştir, bunlar da selüloz I için tipiktir (Fortunati vd., 2016; Thambiraj ve Ravi Shankaran, 2017). Örneklerin difraktogramları, selüloz I'in doğal kristal yapısının özelliği olan 17° , $22,5^\circ$ ve 34° 'de üç ana pik göstermiştir. Bu gözlemler, kimyasal saflaştırma sırasında uygulanan koşullar altında (mum giderme, alkali ve ağartma), hiçbir şişme veya polimorf (çok biçimli) dönüşümün meydana gelmediğini göstermektedir (Kumar vd., 2014; Rosli vd., 2013). Gözlenen tek değişiklik, $22,5^\circ$ pikinin şekli, keskinliği ve yoğunluğundaki değişiktir. Bu değişiklik, mumlar, hemiselülozlar ve lignin gibi selülozik olmayan malzemelerin uzaklaştırılmasından sonra selülozik malzeme miktarının artması veya kristal bölgelerin daha düzenli bir yapı halinde yeniden düzenlenmesi nedeniyle kristallikteki artışla ilgilidir.

Saflaştırma işlemlerinden sonra nanoselülozlar kristallikleri açısından değerlendirilmiştir. Hidroksil grupları, selülozda molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağı oluşumunu sağlamaktadırlar. Bu, çeşitli sıralı kristal konfigürasyonlara (dizilimlere) yol açar. XRD analizi iki tür pik sergilemiştir. $2\theta = 22,3^\circ$ arasındaki en büyük yoğunluk değerlerine sahip pikler, selüloz I'in kristal yapısına karşılık gelirken, 14° ila 17° aralığındaki 2θ 'lık alt kırınım piki, amorf arka planla (background) ilişkilidir (Cao vd., 2012; French ve Cintrón, 2013). Nanoselülozların kristallığı, saflaştırma işlemleri ve asit hidrolizi yoluyla %40,5'ten %58,2'ye yükseltildiğinden dolayı, 34° 'de görünen pik aynı zamanda selüloz I'in varlığıyla da ilişkilidir.

Tarımsal atıklardan üretilen diğer nanoselülozlarla karşılaştırıldığında belediye çimen atıklarından elde edilen nanoselülozların kristallik indeksi daha düşüktür.

Nanokristallerin düşük kristallığı başkaları tarafından da rapor edilmiştir (Li vd., 2012; Han vd., 2013; French ve Cintrón, 2013). Jiang ve Hsieh (2015) ve Danial ve arkadaşları (2015) sırasıyla, domates kabuklarından selüloz ve atık kağıttan üretilen nanokristaller için sadece %10-12 kristallik artışı bildirmişlerdir (Jiang ve Hsieh, 2015; Jiang ve Hsieh, 2015). Kristallik, mekanik ve fiziksel özellikleri etkilediğinden, yüksek kristalli nanokristallerin, nanokompozitlerde takviye olarak faydalı olabilirken, düşük kristallikli nanokristallerin gıda koyulaştırıcı veya seçici emülsiyon olarak uygulanabileceği belirtilebilir (De Souza vd., 2020). Kristallik, mukavemeti ve lif sertliğini etkileyebilse de, selüloz yüzey fonksiyonel gruplarının varlığı da nanokristallerin uygulanabilirliğini ve takviye davranışını belirlemede önemli bir rol oynamaktadır.

Ham S. spontaneumun X-ışını kırınım spektrumları, $2\theta = 14,8^\circ$, $16,5^\circ$ ve $22,6^\circ$ 'de iyi tanımlanmış üç kristal pik gösterir. Ağartılmış S. spontaneum ve MCC spektrumları, yaklaşık $2\theta = 22,6^\circ$ 'de çift kristalli pikler gösterir; bu, selüloz I ($2\theta = 22,6^\circ$ 'deki piki) ve selüloz II'nin ($2\theta = 22^\circ$ 'deki piki) iki polimorfunun varlığı ile bağlantılıdır (Hussin vd., 2016). Selüloz I'in kristal yapısı, tüm numunelerin X-ışını difraktogramlarında tanımlanan $2\theta = 22,6^\circ$ 'deki ana yoğunluk piki ile gösterilirken, amorf bölge ise yaklaşık $14,9^\circ$ 'lik 2θ değerindeki düşük yoğunluklu pik ile karakterize edilmiştir. Altın çimen (CD) lifleri için elde edilen X-ışını kırınım desenlerinin yanı sıra ağartılmış CD liflerini ve CD liflerinden ekstrakte edilen selüloz nanokristallerini göstermektedir. Bu desenler, amorf geniş bir tümseğe ve kristalin tepe noktalarına sahip yarı kristal malzemelerin tipik bir örneğidir. Selüloz I için tipik olan $2\theta = 15$ ve $22,7^\circ$ civarında iyi tanımlanmış iki pik gözlenir. CD'den elde edilen lifler, ağartılmış lifler ve nanokristaller

için kristallik indeksi sırasıyla yaklaşık %70,1, %80,5 ve %91 olarak bulunmuştur (Dufresne 2008a; Siqueira vd., 2009).

Ham S. spontaneum'un, alkali ile muamele edilmiş S. spontaneum, ağartılmış S. spontaneum ve asit hidrolizinden sonra elde edilen mikrokristal formunun kristallik indeksleri sırasıyla; %32,90, %50,70, %68,81 ve %74,06 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, ardışık kimyasal işlemlerden sonra numunelerin kristalliğinde sürekli bir artış olduğunu açıkça göstermektedir. Bu aynı zamanda, $2\theta = 22,6^\circ$ 'deki pikin, kimyasal olarak işlenmiş numune için, ham S. spontaneum'dan daha keskin olduğu gerçeğiyle de desteklenmektedir. Kırınım piki ne kadar keskin olursa, numunenin kristallik indeksi de o kadar yüksek olur (Alemdar ve Sain, 2008). Ham numuneye kıyasla kimyasal olarak işlenmiş S. spontaneum numunelerinin yüksek kristallik indeksi değeri, alkalın, ağartma ve asit hidroliz işlemlerinin neden olduğu amorf selülozik olmayan malzemelerin (lignin ve hemiselüloz) en aza indirilmesi ve uzaklaştırılması ile ilişkilidir (Xiang vd., 2016). Artan kristallik indeksi ile, selüloz liflerinin tokluğu ve gerilimi artar, böylece mikrokristallerinin mekanik özellikleri iyileştirilir dolayısıyla onları kompozit sentezi için tercih edilen malzemeler haline getirir (Ramli vd., 2015).

Üretilen S. spontaneum mikrokristallerinin kristallik indeksi, dev kamıştan (giant reed) elde edilenlerle karşılaştırılmıştır (Tarchoun vd., 2019). Ayrıca ağartma için klorlu bileşikler kullanılarak izole edilen kahverengi alg (*Posidonia oceanica*) mikrokristalleri için S. spontaneum mikrokristallerine benzer kristallik indeksi değeri (%74,23) bulmuştur. Buna karşılık, Alfa çim lifleri mikrokristalleri, %73'lük daha düşük bir kristallik indeksi

değerine sahiptir (Trache vd., 2014). Benzer şekilde, reaktif ekstrüzyon yöntemiyle elde edilen soya fasulyesi kabukları mikrokristalleri, daha düşük kristalli üretilmiştir (CI = %70) (Merci vd., 2015). Farklı selüloz bazlı doğal liflerden elde edilen mikrokristallerin kristallik indeksleri ise; pirinç samanı lifinin (%62,8), sorgum sapı lifinin (%39), buğday samanının (%48), jütin (%68,89), sisal lifinin (%70,9) pamuğun (%78,7), ketenin (%77) ve kenevir lifinin (%87,87) şeklindedir. Liflerdeki mikrofibriller, değişen kristal ve amorf bölgelerden oluşmaktadır. Fiberin kristal boyutu, yanal yönde yaklaşık 5-30 nm ve eksen boyunca 20 ila 60 nm arasındadır (Akil vd., 2011). Kristal boyutu, XRD sonuçları kullanılarak tahmin edilebilir. Kristal boyutu, pirinç samanı lifinin (3,75 nm), buğday samanı lifinin (3,8 nm), kenevir liflerinin (4,5 nm), pamuk lifinin (5-7 nm) ve keten lifinin (5,4 nm), sisal lifinin (16,99 nm), Paşa Kılıcı (Sansevieria) lifinin (86 nm) ve jüt lifinin (29,25 nm) dir. Lifin büyük kristal boyutu, malzemenin kimyasal reaktivitesini ve su emme kapasitesini azaltacaktır. Hemiselüloz, lignin ve diğer bazı selüloz olmayan malzemeler gibi liflerde bulunan selülozun amorf parçalarının giderilmesi ve liflerin yeniden düzenlenmesi, hücresel zincirlerin daha iyi kümelenmesi ile sonuçlanır. Dolayısıyla kırınım yoğunluğunun artması, liflerin daha fazla kristalli selüloza sahip olduğunu ve kristalliliğin yükseldiğini göstermektedir. (Symington vd., 2008).

X-ışını kırınım çalışmaları, kompozitlerin mekanik özelliklerini doğrudan etkileyen kristalli selüloz ilavesinden sonra numunelerin kristal yapısındaki son değişikliklerin belirlenebilmesini sağlar. Polilaktik asit (PLA), kompozitlerde dağılmış halde bulunan yarı kristal yapının göstergesi olan yaklaşık $2\theta = 16,5$ derecede XRD pikine sahiptir ve bu pik saf PLA piki ile karşılaştırıldığında daha

düşük kristalliğin varlığını göstermektedir. Her iki pik ($2\theta=15,5$ ve $16,2$ derece, selüloz nanokristallerinde mevcut olan) hiçbir numunede belirgin olmadığından ve kompozitlerin kırınımları saf PLA kırınımı ile de örtüştüğünden, kompozitlerin kristalinitesinin azaldığı sonucuna varılmıştır. Böylece yüzeyde amorf bölge olarak bulunan selüloz zincirlerinin sayısı, kristalin yapısal bütünlüğüne katkıda bulunan zincirlerden daha fazladır. Bu eğilim, modifiye edilmemiş selüloz kristallerinin kompozitleri dâhil tüm kompozitler için eşittir. $2\theta=22,3$ derece civarındaki pik, tüm numuneler için neredeyse benzer olan selüloz dolgu maddesinin kristal durumunu yansıtır. Selülozun farklı kimyasal reaktiflerle esterleştirilmesi çalışması sırasında, reaktifin önce kristal yüzeyindeki düzensiz zincirlerle reaksiyona girdiği, çünkü kristalin parçanın oldukça düzenli yapısı reaktiflerin penetrasyonunu engellediği sonucuna varılmıştır (Merci vd., 2015; Trache vd., 2014). Bu işlem, hidrojen bağlı selüloz zincirlerini yeniden açabilir; bunlar kristalliğe katkıda bulunmaktadırlar ve son olarak kalan kısmın kristalliğini azaltmaktadırlar.

FOURIER TRANSFORM KIZILÖTESİ SPEKTROSKOPİSİ (FTIR)

Lifler, heterojen bir yapıya sahip olan ve nispeten keskin absorpsiyon bantları ile spektral bir model gösteren lignoselülozik substratlardır. Lif üzerindeki alkali muamelesi, selülozik lifin şişmesine neden olur ve böylece lif yüzeyinden hemiselüloz, lignin ve diğer yabancı maddeler uzaklaştırılmıştır. Liften nanoselüloz eldesi sırasındaki giderim işlemlerinin neden olduğu lif kimyasal bileşimindeki değişiklikler FTIR kullanılarak analiz edilebilir. FTIR analizi temel olarak kristalin selüloz üretiminin her aşamasında tüm numunelerin

fonksiyonel gruplarını belirlemek için yapılmaktadır. Ayrıca, lignin ve hemiselülozun giderimini kanıtlamak için FTIR spektroskopisi yapılır. FTIR spektrumlarından, nispeten tüm numunelerin, delignifikasyon ve alkalın muamelelerinin selüloz yapısını tahrip edip etmediği aynı fonksiyonel grupları göstermesinden açıkça görülebilir.

S. spontaneum üzerinde kimyasal arıtmanın farklı aşamaları FTIR spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. Tüm spektrumlarda gözlenen 3407 cm^{-1} deki absorpsiyon bandı, selüloz, hemiselüloz ve lignindeki hidroksil gruplarının varlığından dolayı O–H gruplarının gerilmesine bağlanır (Alemdar ve Sain, 2008) Ekstraksiyonun seyri FTIR ile takip edildiğinde *Ampelodesmos Mauritanicus* (Diss) liflerindeki fonksiyonel gruplardaki her işlemde sonraki değişiklikler, FTIR spektrumlarıyla incelenmiştir. Yaklaşık $3300\text{-}3400 \text{ cm}^{-1}$ civarında gözlenen güçlü, geniş bir pik O–H gerilmesine atfedilir ve saflaştırma işleminin başarısını kanıtlayan selülozik olmayan malzeme giderildiğinde yoğunluğu artar (Kalita vd., 2013; Hussin vd., 2018; Zhao vd., 2018). Ağartma işleminden sonra 3200 cm^{-1} 'de başka bir pik ortaya çıkmıştır ve ki bu büyük olasılıkla selüloz I'in molekül içi hidrojen bağlarına atfedilir (Kalita vd., 2013; Kampeerappun, 2015). *Mendong Otu* (*Fimbristylis globulosa*) için $3000\text{-}4000 \text{ cm}^{-1}$ civarında gözlenen geniş bant, alkol bileşiğine veya selüloz, hemiselüloz ve ligninden uzanan hidrojen bağlı OH'ye atıfta bulunur. $2850\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$ 'deki geniş bant, alkan gruplarında sıklıkla gözlenen C–H bağına atfedilir. 2921 ve 2851 cm^{-1} 'de gözlenen, asimetrik ve simetrik metil ve metilen gerilme titreşimine karşılık gelen C–H gerilmesine atfedilen diğer iki pikin; ilki tüm FTIR spektrumlarında hala mevcutken, ikincisi mum giderim işlemi sırasındaki mumda bulunan fenolik ve alkolik grupların ve liflerde bulunan ekstraktiflerin

uzaklaştırılması nedeniyle ortadan kalkar (May ve Moussa, 2018). Doğal çimen liflerinin spektrumunda, sırasıyla –OH gruplarının gerilme titreşimlerine ve metil ve metilen gruplarının C–H gerilme titreşimlerine karşılık gelen 3343 ve 2894 cm^{-1} 'de geniş absorpsiyon bantları gözlenmiştir (Maheswari vd., 2012).

1700 cm^{-1} civarındaki absorpsiyon bandı, lignin ve/ve hemiselülozun ferulik ve p-kumarik asitlerin karboksilik gruplarının hemiselüloz veya ester bağlarından asetil ve üronik ester gruplarının titreşimine bağlanmıştır (Maheswari vd., 2012). Keton ve karbonil gruplarındaki C=O grupları için yoğun pikler, hemiselüloz bileşiğine atıfta bulunulan 1765-1715 cm^{-1} 'de pikler olarak gösterilir. 1730 cm^{-1} 'deki pik, liflerin alkali ile muamele edilmesinden sonra kaybolur. Bu, alkali muamelesinden sonra hemiselülozun azaldığının bir kanıtıdır. 1735, 1630 ve 1515 cm^{-1} yakınlarında bulunan pikler sırasıyla hemiselülozların asetil gruplarının, ferulik halkanın karboksilik ester gruplarının ve ligninin veya hemiselülozların p-kumarik asidinin, adsorbe edilmiş suyun ve C=C bağ uzamasının, lignin aromatik halkasının ve simetrik CH_2 bükülme titreşiminin karakteristiğidir (Fabiye ve Ogunleye, 2015; Sain ve Panthapulakkal, 2006; Alemdar ve Sain, 2008; Sun vd., 2004). Ham S. spontaneum'un FTIR spektrumunda 1730 cm^{-1} 'de gözlemlenen bant, hemiselülozda lignin ve/veya ksilanın ferulik ve p-kumarik asitlerinin karboksilik gruplarının ester bağına veya asetilin C=O gerilmesine ve hemiselülozun üronik ester gruplarına atfedilir (Fabiye ve Ogunleye, 2015). Alkali ve ağartma işlemlerinden sonra tüm bu pikler kaybolmuştur. 1600 cm^{-1} civarındaki pikler, adsorbe edilmiş su moleküllerinin moleküler titreşimine bağlıdır ve 1515 cm^{-1} band, alkali (NaOH) ile muamele edildiğinde yoğunluğu azalan ligninin aromatik halkalarının varlığından kaynaklanmaktadır.

1450-1650 cm^{-1} 'deki pikler, alkol bileşiğine ve lifte bulunan ligninin aromatik yapısına ($\text{C}=\text{C}$ bağına) atıfta bulunur.

1300-1500 cm^{-1} 'deki pikler, sırasıyla hemiselüloz bağlarının, selüloz bağlarının ve alkol grubunun $\text{C}-\text{H}$ bükülmesine, $\text{O}-\text{H}$ ve $\text{C}-\text{O}$ gerilmesine bağlıdır. 1235 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bandı, ligninin eter, ester ve fenol gruplarındaki $=\text{C}-\text{O}-$ aksenal asimetrik gerilimine karşılık gelir (Li ve diğerleri, 2016; Maheswari vd., 2012). 1420, 1370, 1320, 1160, 1030 ve 890 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bantları, selülozdan CH_2 eğilme titreşimi, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ piranoz halkası iskelet titreşimleri, $\text{C}-\text{O}$ gerilmesi ve $\text{C}-\text{H}$ sallanma titreşimleri ile ilgilidir (Maheswari ve diğerleri, 2012; Cintrón and Hinchliffe, 2015). 1235 cm^{-1} 'deki pik, asetil (ligninin) $\text{C}-\text{O}$ gerilmesine bağlıdır ve yoğunluğu alkali muamelesi ile azalır. Ayrıca, 1245 cm^{-1} 'deki zayıf sinyal, mumların, hemiselülozun ve ligninin başarıyla uzaklaştırıldığını doğrulamaktadır. Ham liflerdeki lignin içeriğinin alkali muamelesi ile azaldığını gösterir. 900-110 cm^{-1} 'deki pikler, selüloz bileşiğinden $\text{C}-\text{O}$ gerilmesine ve alkenlerin $\text{C}-\text{C}$ gerilmesine bağlanır. 700-900 cm^{-1} 'deki pikler, lignin bileşiğinden aromatik hidrojenin $\text{C}-\text{H}$ bağına bağlıdır. 890-900 cm^{-1} 'deki tepe bandı, elyaftaki hem selüloz hem de hemiselülozun katkıda bulunduğu, selüloz zincirlerindeki anhidroglikoz birimleri arasındaki β -glikosidik bağın karakteristiğini temsil eder (Marsyahyo vd., 2008; Moran vd., 2008).

Çimenden elde edilen selüloz liflerinin spektrumu, uygulanan kimyasal işlemlerle lignin ve/veya hemiselülozun karboksilik gruplarının ester bağlarının kırılması nedeniyle hemiselüloz ve lignin bantlarının yoğunluğu önemli ölçüde azaltılır. FTIR analizleri ile çimen liflerinin kimyasal bileşimi doğrulanabilir ve ayrıca selüloz liflerinin ekstraksiyon işleminin kimyasal işlemleri sırasında hemiselüloz ve lignin

içeriğinin önemli ölçüde uzaklaştırılıp uzaklaştırılmadığını göstermektedir. Böylece kimyasal analiz verileriyle uyumluluğu kanıtlanabilir.

SONUÇLAR

Son yıllarda, doğal lignoselülozik malzemenin yeniden değerlendirilmesi, bu malzemeyi endüstriyel uygulamalarda petrol bazlı malzemelerin kontrolsüz kullanımına karşı bir alternatif olarak değerlendirilmesi amacıyla akademik araştırmaların ilgisini artırttırmış ve teşvik etmiştir. Eski uygarlıklar 40.000 yılı aşkın bir süredir yeşil lifler kullanmışlardır. Ancak bir endüstrinin doğuşu ve gelişmesiyle birlikte insanlar sera gazı emisyonları açısından çevre sorunlarına neden olan malzemeleri tasarlamaya ve kullanmaya başladılar. Bu bağlamda, tarımsal ve orman atıklarının yeniden değerlendirilmesi, çevresel etkiyi azaltmak için önemli bir strateji olarak kabul edilmektedir. Çünkü bunların kullanımı yeni yeşil ürünlerin üretilmesi için temel olabilir. Sanayileşme süreci ekonomik kazançlar sağlamıştır, ancak aynı zamanda, polimerik bazlı ürünler gibi geleneksel malzemelerin kullanımını içeren bu süreçte, çevreyi büyük ölçüde olumsuz etkileyen bazı ciddi sorunları ortaya çıkarmıştır. Son 15 yılda, bu yeni algı, farklı ülkelerin sera gazı emisyonlarını oluşturan çevresel yasal baskılarla da desteklenmiştir. Bu çerçevede, tarımsal/orman atıklarının yeniden değerlendirilmesi de siyasi ilginin merkezinde yer almaktadır. Çünkü bazı ülkelerin ekonomik değerini artırmak için geçerli bir stratejiyi temsil etmektedir.

Bu çalışma, selüloz nanomateryal üretimi için çevre dostu ve sürdürülebilir düşük maliyetli bir öncü olarak selüloz nanokristallerin çıkarılması için çimen atıklarının değerlendirilmesi hakkındadır. Ham çimen atıkları, farklı

ön işlemlere ve selüloz liflerinin ekstraksiyonu için alkali ve ağartma işlemlerine tabi tutulur, ardından nanokristallerin eldesinde geleneksel bir asit hidroliz tekniği ile izolasyonu yapılmaktadır. Çimenden ham ve işlenmiş lif formunda ekstrakte edilen liflerinin morfolojisini, yapısını ve kimyasal özelliklerini araştırmak ve bu liflerin özelliklerini, diğer doğal liflerle karşılaştırarak değerlendirmektir. Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ile lif bileşimi ve fonksiyonel grup dahil olmak üzere lifin kimyasal özelliklerini ve X-ışını kırınım analizleri (XRD) kullanarak lifin yapısal ve morfolojik analizi araştırılır. XRD analizleri ve FTIR spektroskopisi, sırasıyla selüloz liflerinin ve selüloz nanokristallerin varlığını doğrularken ekstrakte edilen selüloz liflerini analiz etmek için kullanılmaktadır. FTIR sonuçları, kullanılan farklı delignifikasyon yöntemlerinin, selülozun kimyasal yapısında herhangi bir etki olmaksızın selülozun saflığını etkilediğini göstermektedir.

Çimen liflerinden elde edilecek mikrokristal ve nanokristal selülozların yüksek kristallik, daha küçük mikro boyutlu yapı ve daha yüksek termal kararlılık ile nispeten daha iyi özellikler sunduğunu ve bu da onları güçlendirilmiş polimer kompozitlerin kullanıldığı; eczacılık, tıp, otomotiv, paketleme, akıllı ve enerjik malzemeler endüstrilerindeki birçok uygulama için umut verici bir aday haline getirdiğini göstermiştir. Liflerden elde edilen selüloz ve türleri; ilaç/kozmetik formülasyonlarında dolgu maddeleri ve bağlayıcılar, su bazlı kaplamaların kalınlaştırıcıları ve emülgatörleri, kozmetikte higroskopik ajanlar ve yapı malzemeleri ve otomotiv endüstrileri için güçlendirilmiş polimerik biyokompozitler gibi geniş üretim uygulamaları bulacaktır. Doğal çimen, yüksek verimi ve düşük hammadde maliyeti nedeniyle, selüloz liflerinin endüstriyel üretimi için büyük bir potansiyele sahiptir. Selüloz liflerin

özelliklerine dayanarak, çözücü olarak iyonik bir sıvı ve pıhtılaştırıcı olarak su ve ayrıca süzme ortamı ve sorbent olarak su kullanılarak rejenere selüloz filmler yapmak mümkündür. Doğal çimenler, başlangıç biyokütlesinin %82 kadarının nanolifler, hidrolize lignin, özütleyiciler, şekerler ve organik asitler şeklinde karlı olabilen, sürecin ekonomik canlılığına ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunabileceğini göstermiştir.

Çimenden elde edilen selüloz nanokristalleri, yapı malzemelerinin imalatında polimerler için çevre dostu dolgu elde etmek için en ucuz kaynağı temsil eder. Bu selüloz nanokristalleri, yalnızca maliyet ve düşük verimin ucuz bir kaynakla dengelenmesinin beklendiği malzemelerin geliştirilmesine yönelik yüksek bir potansiyel göstermekle kalmaz, aynı zamanda tek kullanımlık ürün uygulamaları (commodity applications) için biyo-nanokompozit hazırlama olasılığını da araştırır. Belediye çimen atıklarının bolluğu ve azaltılması ihtiyacı göz önüne alındığında, nanokristal selülozlarının yalnızca yeni bir nanomalzeme kaynağı olarak katkıda bulunmakla kalmayıp aynı zamanda çevresel sorumluluğu en aza indiren başarılı bir şekilde elde edilebileceğini göstermiştir. Nanomalzeme üretiminde, izalasyonda çeşitli arıtma işlemleri sırasınada kimyasalların yoğun kullanımını ve üst sınıf üretim için daha fazla araştırma yapılması gerektirmesine rağmen, selüloz üretiminde veya geri dönüşüm endüstrilerinde önemli bir üretim döngüsüne sahip olan pamuk, odun hamuru ve atık kağıt gibi yaygın olarak kullanılan kaynak (precursors) maddelere müdahale etmeden nanokristallerin üretiminde alternatif kaynakların değerlendirilmesine giden yolu açabilir.

KAYNAKÇA

- Abdelhak, M. (2022). Soil improvement in arid and semiarid regions for sustainable development. İçinde M.K. Jhariya vd. (Editörler), *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*, (s. 73-90). Elsevier.
- Abdul Khalil, H. P. S., Bhat, A. H., Ireana Yusra, A. F. (2012). Green composites from sustainable cellulose nanofibrils: A review. *Carbohydrate Polymers*, 87(2), 963-979.
- Abdul Khalil, H. P. S., Davoudpour, Y., Islam, M. N., Mustapha, A., Sudesh, K., Dungani, R., (2014). Production and modification of nanofibrillated cellulose using various mechanical processes: A review. *Carbohydrate Polymers*, 99, 649-665.
- Abdul Khalil, H. P. S., Lai, T. K., Tye, Y. Y., Paridah, M. T., Fazita, M. R., Azniwati, A. A., Dungani R., Rizal, S. (2018). Preparation and characterization of microcrystalline cellulose from sacred Bali bamboo as reinforcing filler in seaweed-based composite film. *Fibers and Polymers*, 19(2), 423-434.
- Achour, A., Ghomari, F., Belayachi, N. (2017). Properties of cementitious mortars reinforced with natural fibers. *Journal of adhesion science and Technology*, 31(17), 1938-1962.
- Akil, H., Omar, M. F., Mazuki, A. M., Safiee, S. Z. A. M., Ishak, Z. M., Bakar, A. A. (2011). Kenaf fiber reinforced composites: A review. *Materials & Design*, 32(8-9), 4107-4121.
- Alemdar, A., Sain, M. (2008). Biocomposites from wheat straw nanofibers: Morphology, thermal and mechanical properties. *Composites Science and Technology*, 68(2), 557-565.
- An, X., Wen, Y., Cheng, D., Zhu, X., Ni, Y. (2016). Preparation of cellulose nano-crystals through a sequential process of cellulase pretreatment and acid hydrolysis. *Cellulose*, 23(4), 2409-2420.
- Australian Government, The Biology and Ecology of Sugarcane (*Saccharum* spp. Hybrids) in Australia, Department of Health and Ageing Office of the Gene Technology Regulator, 2004 1-31. Accessed date: 4 July 2021.
- Azizi Samir, M. A. S., Alloin, F., Dufresne, A. (2005). Review of recent research into cellulosic whiskers, their properties and their application in nanocomposite field. *Biomacromolecules*, 6(2), 612-626.
- Bae, D. H., Choi, H. J., Choi, K., Do Nam, J., Islam, M. S., Kao, N. (2017). Fabrication of phosphate microcrystalline rice husk based cellulose particles and their electrorheological response. *Carbohydrate polymers*, 165, 247-254.

- Barman, A., Shrivastava, N. K., Khatua, B. B., Ray, B. C. (a) (2015). Green composites based on high-density polyethylene and *Saccharum spontaneum*: Effect of filler content on morphology, thermal, and mechanical properties. *Polymer Composites*, 36(12), 2157-2166.
- Barman, A., Shrivastava, N. K., Khatua, B. B., Ray, B. C. (b) (2015). Effect of filler content on the properties of polypropylene/*Saccharum spontaneum* green composite. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(12), 1231-1240.
- Belgacem, M. N., Gandini, A. (Eds.). (2011). Monomers, polymers and composites from renewable resources. Elsevier.
- Bhange, V. P., Prince, S. P. M., Vaidya, A. N., Chokhandre, A. R. (2012). Green waste as a resource for value added product generation: a review. *International Journal of Recent Trends in Science and technology*, vol, 4, 22-33.
- Bismarck, A., Mishra, S., Lampke, T. (2005). Plant fibers as reinforcement for green composites. In *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites* eds. A. K. Mohanty, M. Misra, and L. T. Drzal, Vol. 6. Boca Raton, FL: CRC Press. (pp. 52-128).
- Bourahli, M. E. H., Osmani, H. (2013). Chemical and mechanical properties of diss (*Ampelodesmos mauritanicus*) fibers. *Journal of Natural Fibers*, 10(3), 219-232.
- Bustamante, M. A., Ceglie, F. G., Aly, A., Mihreteab, H. T., Ciaccia, C., Tittarelli, F. (2016). Phosphorus availability from rock phosphate: combined effect of green waste composting and sulfur addition. *Journal of environmental management*, 182, 557-563.
- Carroll, A., Somerville, C. (2009). Cellulosic biofuels. *Annual review of plant biology*, 60(1), 165-182.
- Chandel, A. K., Narasu, M. L., Chandrasekhar, G., Manikyam, A., Rao, L. V. (2009). Use of *Saccharum spontaneum* (wild sugarcane) as biomaterial for cell immobilization and modulated ethanol production by thermotolerant *Saccharomyces cerevisiae* VS3. *Bioresource technology*, 100(8), 2404-2410.
- Charreau, H., M.L. Foresti, Vazquez, A. (2013). Nanocellulose patents trends: a comprehensive review on patents on cellulose nanocrystals, microfibrillated and bacterial cellulose. *Recent patents on nanotechnology*, 7(1), 56-80.
- Chaudhary, G., Singh, L. K., Ghosh, S. (2012). Alkaline pretreatment methods followed by acid hydrolysis of *Saccharum spontaneum* for bioethanol production. *Bioresource Technology*, 124, 111-118.

- Chenah, M., Amrani, M., Bendifallah, L. (2018). Retracted: Physical and chemical characterization of *Stipa tenacissima*. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 10(5S).
- Chundawat, S. P., Bellesia, G., Uppugundla, N., da Costa Sousa, L., Gao, D., Cheh, A. M., ... & Dale, B. E. (2011). Restructuring the crystalline cellulose hydrogen bond network enhances its depolymerization rate. *Journal of the American Chemical Society*, 133(29), 11163-11174.
- Cao, X., Ding, B., Yu, J., Al-Deyab, S. S. (2012). Cellulose nanowhiskers extracted from TEMPO-oxidized jute fibers. *Carbohydrate polymers*, 90(2), 1075-1080.
- Danial, W. H., Majid, Z. A., Muhid, M. N. M., Triwahyono, S., Bakar, M. B., Ramli, Z. (2015). The reuse of wastepaper for the extraction of cellulose nanocrystals. *Carbohydrate polymers*, 118, 165-169.
- De Assis, C. A., Houtman, C., Phillips, R., Bilek, E. M., Rojas, O. J., Pal, L., Gonzalez, R. (2017). Conversion economics of forest biomaterials: risk and financial analysis of CNC manufacturing. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(4), 682-700.
- De Souza, A. G., Junqueira, M. T., de Lima, G. F., Rangari, V. K., Rosa, D. S. (2020). A New Proposal of Preparation of Different Polymorphs of Nanocellulose from *Eucalyptus citriodora*. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(4), 1150-1159.
- Del Rio, J. C., Rencoret, J., Prinsen, P., Martínez, Á. T., Ralph, J., Gutiérrez, A. (2012). Structural characterization of wheat straw lignin as revealed by analytical pyrolysis, 2D-NMR, and reductive cleavage methods, *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(23), 5922-5935.
- Devnani, G. L., Sinha, S. (2019). Extraction, characterization and thermal degradation kinetics with activation energy of untreated and alkali treated *Saccharum spontaneum* (Kans grass) fiber. *Composites Part B: Engineering*, 166, 436-445.
- Ding, S. Y., Liu, Y. S., Zeng, Y., Himmel, M. E., Baker, J. O., Bayer, E. A. (2012). How does plant cell wall nanoscale architecture correlate with enzymatic digestibility? *Science*, 338(6110), 1055-1060.
- Dufresne A., (2006). Comparing the mechanical properties of high performances polymer nanocomposites from biological sources. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 6(2), 322-330.
- Dufresne A., (2008a) Cellulose-based composites and nanocomposites. In: Gandini A, Belgacem MN (eds) *Monomers, polymers and composites from renewable resources*, 1st edn. Elsevier, Great Britain, pp 401-418.

- El-Sakhawy, M., Hassan, M. L. (2007). Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues. *Carbohydrate polymers*, 67(1), 1-10.
- El Oudiani, A., Chaabouni, Y., Msahli, S., Sakli, F. (2011). Crystal transition from cellulose I to cellulose II in NaOH treated Agave Americana L. fibre. *Carbohydrate Polymers*, 86(3), 1221-1229.
- Eyerer, P. (Vol. Ed.), (2010). *Polymers-Opportunities and risks I. General and environmental aspects: vol. 11* Springer.
- Fabiya, J. S., Ogunleye, B. M. (2015). Mid-infrared spectroscopy and dynamic mechanical analysis of heat-treated obeche (*Triplochiton scleroxylon*) wood. *Maderas. Ciencia y tecnologia*, 17(1), 05-16.
- Faik, A. (2010). Xylan biosynthesis: news from the grass. *Plant physiology*, 153(2), 396-402.
- French, A., Cintrón, M.S. (2013) Cellulose polymorphy, crystallite size, and the Segal crystallinity index, *Cellulose*, 20 (1), 583-588.
- Fortunati, E., Luzi, F., Jiménez, A., Gopakumar, D. A., Puglia, D., Thomas, S., Kenny, J.M., Chiralt, A., Torre, L. (2016). Revalorization of sunflower stalks as novel sources of cellulose nanofibrils and nanocrystals and their effect on wheat gluten bionanocomposite properties, *Carbohydrate Polymers*, 149, 357-368.
- Giulietti AM, Wanderley MGL, Longhi-Wagner HM, Pirani JR (1996) Efeito da luz e da temperatura na germinac, aõ de sementes de quatro espe'cies de Xyris L. (Xyridaceae) ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. *Acta Bota'nica Brasilica* 10:329-389
- Gulias, J., Melis, R., Scordia, D., Cifre, J., Testa, G., Cosentino, S. L., Porqueddu, C. (2018). Exploring the potential of wild perennial grasses as a biomass source in semi-arid Mediterranean environments. *Italian Journal of Agronomy*, 13(2), 103-111.
- Haafiz, M. M., Eichhorn, S. J., Hassan, A., Jawaid, M. (2013). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from oil palm biomass residue. *Carbohydrate polymers*, 93(2), 628-634.
- Habibi, Y. (2014). Key advances in the chemical modification of nanocelluloses. *Chemical Society Reviews*, 43(5), 1519-1542.
- Hafemann, E., Battisti, R., Marangoni, C., Machado, R. A. (2019). Valorization of royal palm tree agroindustrial waste by isolating cellulose nanocrystals. *Carbohydrate polymers*, 218, 188-198.
- Han, J., Zhou, C., French, A. D., Han, G., Wu, Q. (2013). Characterization of cellulose II nanoparticles regenerated from 1-butyl-3-methylimidazolium chloride. *Carbohydrate Polymers*, 94(2), 773-781.

- Hatfield, R. D., Rancour, D. M., Marita, J. M. (2017). Grass cell walls: a story of cross-linking. *Frontiers in plant science*, 7, 2056.
- He, X., Luzi, F., Yang, W., Xiao, Z., Torre, L., Xie, Y., Puglia, D. (2018). Citric acid as green modifier for tuned hydrophilicity of surface modified cellulose and lignin nanoparticles. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 6(8), 9966-9978.
- Hernandez-Gomez, A., Calderón, A., Medina, C., Sanchez-Torres, V., Oviedo-Ocaña, E. R. (2021). Implementation of strategies to optimize the co-composting of green waste and food waste in developing countries. A case study: Colombia. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(19), 24321-24327.
- Himmel, M. E., Ding, S. Y., Johnson, D. K., Adney, W. S., Nimlos, M. R., Brady, J. W., Foust, T. D. (2007). Biomass recalcitrance: engineering plants and enzymes for biofuels production. *Science*, 315(5813), 804-807.
- Hussin, M. H., Pohan, N. A., Garba, Z. N., Kassim, M. J., Rahim, A. A., Brosse, N., Haafiz, M. M. (2016). Physicochemical of microcrystalline cellulose from oil palm fronds as potential methylene blue adsorbents. *International Journal of Biological Macromolecules*, 92, 11-19.
- Hussin, M.H., Husin N.A., Bello I., Othman, N., Bakar, M.A., Haafz, M.M. (2018) Isolation of microcrystalline cellulose (MCC) from oil palm frond as potential natural filler for PVA-LiClO₄ polymer electrolyte. *Int J Electrochem Sci*, 13, 3356-3371.
- Jiang, F., Hsieh, Y. L. (2015). Cellulose nanocrystal isolation from tomato peels and assembled nanofibers. *Carbohydrate Polymers*, 122, 60-68.
- Johar, N., Ahmad, I., Dufresne, A. (2012). Extraction, preparation and characterization of cellulose fibres and nanocrystals from rice husk. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 93-99.
- Kalita, R. D., Nath, Y., Ochubiojo, M. E., Buragohain, A. K. (2013). Extraction and characterization of microcrystalline cellulose from fodder grass; *Setaria glauca* (L) P. Beauv, and its potential as a drug delivery vehicle for isoniazid, a first line antituberculosis drug. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 108, 85-89.
- Kamel, S., Ali, N., Jahangir, K., Shah, S. M., El-Gendy, A. A. (2008). Pharmaceutical significance of cellulose: A review. *Express Polym Lett*, 2(11), 758-778.
- Kampeerappun, P. (2015). Extraction and characterization of cellulose nanocrystals produced by acid hydrolysis from corn husk. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 25(1), 19-26.

- Kasiri, N., Fathi, M. (2018). Production of cellulose nanocrystals from pistachio shells and their application for stabilizing Pickering emulsions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 106, 1023-1031.
- Keating, T., O'Kiely, P. (2000). Comparison of old permanent grassland, *Lolium perenne* and *Lolium multiflorum* swards grown for silage: 4. Effects of varying harvesting date. *Irish journal of agricultural and food research*, 55-71.
- Kiruthika, A. V., Veluraja, K. (2009). Experimental studies on the physico-chemical properties of banana fibre from various varieties. *Fibers and Polymers*, 10(2), 193-199.
- Klemm, D., Heublein, B., Fink, H., Bohn, A. (2005). Cellulose: Fascinating Biopolymer and Sustainable Raw Material, *Angewandte Chemie International Edition. Polym. Science Cellulose*, 44(22), 3358-3393.
- Klemm, D., Kramer, F., Moritz, S., Lindström, T., Ankerfors, M., Gray, D., Dorris, A. (2011). Nanocelluloses: a new family of nature-based materials. *Angewandte Chemie International Edition*, 50(24), 5438-5466.
- Kumar, A., Negi, Y. S., Choudhary, V., & Bhardwaj, N. K. (2014). Characterization of cellulose nanocrystals produced by acid-hydrolysis from sugarcane bagasse as agro-waste. *Journal of materials physics and chemistry*, 2(1), 1-8.
- Langan, P., Nishiyama, Y., Chanzy, H. (2001). X-ray structure of mercerized cellulose II at 1 Å resolution. *Biomacromolecules*, 2(2), 410-416.
- Langholtz, M. H., Stokes, B. J., Eaton, L. M. 2016 Billion-ton Report: Advancing Domestic Resources for a Thriving Bioeconomy, (Executive Summary), *Industrial Biotechnology*, 12(5), 282-289.
- Lavielle L, Schultz J, 1991, Surface properties of carbon fibers determined by inverse gas chromatography: role of pretreatment. *Langmuir*, 7, 978-981.
- Leão, R. M., Miléo, P. C., Maia, J. M., Luz, S. M. (2017). Environmental and technical feasibility of cellulose nanocrystal manufacturing from sugarcane bagasse. *Carbohydrate polymers*, 175, 518-529.
- Lejeune, A., Deprez, T. (Eds.). (2010). *Cellulose: structure and properties, derivatives and industrial uses*. Nova Science Publishers, Incorporated.
- Li, R., Fei, J., Cai, Y., Li, Y., Feng, J., Yao, J. (2009). Cellulose whiskers extracted from mulberry: A novel biomass production. *Carbohydrate polymers*, 76(1), 94-99.

- Li, M., Pu, Y., Ragauskas, A. J. (2016). Current understanding of the correlation of lignin structure with biomass recalcitrance. *Frontiers in chemistry*, 4, 45.
- Li, J., Wei, X., Wang, Q., Chen, J., Chang, G., Kong, L., Liu, Y. (2012). Homogeneous isolation of nanocellulose from sugarcane bagasse by high pressure homogenization. *Carbohydrate polymers*, 90(4), 1609-1613.
- Lima, M. A., Gomez, L. D., Steele-King, C. G., Simister, R., Bernardinelli, O. D., Carvalho, M. A., Rezende, C.A., Labate, C.A., deAzevedo E.R., McQueen-Mason, S.J., Polikarpov, I. (2014). Evaluating the composition and processing potential of novel sources of Brazilian biomass for sustainable biorenewables production. *Biotechnology for biofuels*, 7(1), 1-19.
- Liu, W., Mohanty, A. K., Askeland, P., Drzal, L. T., Misra, M. (2004). Influence of fiber surface treatment on properties of Indian grass fiber reinforced soy protein based biocomposites. *Polymer*, 45(22), 7589-7596.
- Liu, D., Ma, Z., Wang, Z., Tian, H., Gu, M. (2014). Biodegradable poly (vinyl alcohol) foams supported by cellulose nanofibrils: processing, structure, and properties. *Langmuir*, 30(31), 9544-9550.
- Liu, Y., Liu, A., Ibrahim, S. A., Yang, H., Huang, W. (2018). Isolation and characterization of microcrystalline cellulose from pomelo peel. *International journal of biological macromolecules*, 111, 717-721.
- Lopez, M., Soliva, M., Martínez-Farré, F. X., Bonmatí, A., Huerta-Pujol, O. (2010). An assessment of the characteristics of yard trimmings and recirculated yard trimmings used in biowaste composting. *Bioresource technology*, 101(4), 1399-1405.
- Lu, P., Hsieh, Y. L. (2010). Preparation and properties of cellulose nanocrystals: rods, spheres, and network. *Carbohydrate polymers*, 82(2), 329-336.
- Madureira, A. R., Atatoprak, T., Çabuk, D., Sousa, F., Pullar, R. C., Pintado, M. (2018). *International Journal of Food Studies*, 7, 24-34.
- Mandl, M. G. (2010). Status of green biorefining in Europe. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining: Innovation for a sustainable economy*, 4(3), 268-274.
- Maheswari, C. U., Reddy, K. O., Muzenda, E., Guduri, B. R., Rajulu, A. V. (2012). Extraction and characterization of cellulose microfibrils from agricultural residue—Cocos nucifera L. *Biomass and bioenergy*, 46, 555-563.
- Marsyahyo, E., Soekrisno, Rochardjo, H. S. B., Jamasri. (2008). Identification of ramie single fiber surface topography influenced by

- solvent-based treatment. *Journal of Industrial Textiles*, 38(2), 127-137.
- McDonald, P., Henderson, A. R., Heron, S. J. E. (1991). The biochemistry of silage. 2nd ed. Marlow, Bucks, UK: Chalcombe Publications; 1991.
- Melikoğlu, A. Y., Bilek, S. E., Cesur, S. (2019). Optimum alkaline treatment parameters for the extraction of cellulose and production of cellulose nanocrystals from apple pomace. *Carbohydrate polymers*, 215, 330-337.
- Merci, A., Urbano, A., Grossmann, M. V. E., Tischer, C. A., Mali, S. (2015). Properties of microcrystalline cellulose extracted from soybean hulls by reactive extrusion. *Food Research International*, 73, 38-43.
- Mishra, S., Mohanty, A. K., Drzal, L. T., Misra, M., Hinrichsen, G. (2004). A review on pineapple leaf fibers, sisal fibers and their biocomposites. *Macromolecular Materials and Engineering*, 289 (11), 955-974.
- Mohanty, A. K., Misra, M. A., Hinrichsen, G. I. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromolecular materials and Engineering*, 276(1), 1-24.
- Moon, R. J., Martini, A., Nairn, J., Simonsen, J., Youngblood, J. (2011). Cellulose nanomaterials review: Structure, properties and nanocomposites. *Chemical Society Reviews*, 40, 3941–3994.
- Morais, J. P. S., Rosa, M. F., de Souza Filho, M. M., Nascimento, L. D., do Nascimento, D. M., Cassales, A. R. (2013). Extraction and characterization of nanocellulose structures from raw cotton linter. *Carbohydrate Polymers*, 91(1), 229-235.
- Moran, J. I., Alvarez, V. A., Cyras, V. P., Vázquez, A. (2008). Extraction of cellulose and preparation of nanocellulose from sisal fibers. *Cellulose*, 15(1), 149-159.
- Nishiyama, Y., Johnson, G. P., French, A. D., Forsyth, V. T., Langan, P. (2008). Neutron crystallography, molecular dynamics, and quantum mechanics studies of the nature of hydrogen bonding in cellulose I β . *Biomacromolecules*, 9(11), 3133-3140.
- Olson, S. N., Ritter, K., Rooney, W., Kemanian, A., McCarl, B. A., Zhang, Y., Mullet, J. (2012). High biomass yield energy sorghum: developing a genetic model for C4 grass bioenergy crops. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 6(6), 640-655.
- Pandey, J. K., Takagi, H., Nakagaito, A. N., Saini, D. R., Ahn, S. H. (2012). An overview on the cellulose based conducting composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), 2822-2826.

- Perlack, R. D. (2005) Biomass as Feedstock for a Bioenergy and Bioproducts Industry: the Technical Feasibility of a Billion-ton Annual Supply. Oak Ridge National Laboratory.
- Prasanna, N. S., Mitra, J. (2020). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from Cucumis sativus peels. *Carbohydrate polymers*, 247, 116706.
- Prochnow, A., Heiermann, M., Plöchl, M., Linke, B., Idler, C., Amon, T., Hobbs, P. J. (2009). Bioenergy from permanent grassland—A review: 1. *Biogas. Bioresource technology*, 100(21), 4931-4944.
- Pujiasih, S., Masykur, A., Kusumaningsih, T., Saputra, O. A. (2018). Silylation and characterization of microcrystalline cellulose isolated from Indonesian native oil palm empty fruit bunch. *Carbohydrate polymers*, 184, 74-81.
- Purnaningtyas, D. P. (2012). Analisis Efisiensi Ekonomi Penggunaan Faktor-Faktor Produksi pada Usahatani Mendong di Kecamatan Minggir Kabupaten Sleman.
- Puttaswamy, M., Srinikethan, G., Shetty, V. (2017). Biocomposite composed of PVA reinforced with cellulose microfibers isolated from biofuel industrial dissipate: *Jatropha Curcus L.* seed shell. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5(2), 1990-1997.
- Ramli, R., Junadi, N., Beg, M. D., Yunus, R. M. (2015). Microcrystalline cellulose (MCC) from oil palm empty fruit bunch (EFB) fiber via simultaneous ultrasonic and alkali treatment. *Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, 9(1), 8-11.
- Rashid, M., Gafur, M. A., Sharafat, M. K., Minami, H., Miah, M. A. J., Ahmad, H. (2017). Biocompatible microcrystalline cellulose particles from cotton wool and magnetization via a simple in situ coprecipitation method. *Carbohydrate polymers*, 170, 72-79.
- Reddy, N., Yang Y., (2005) Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends in Biotechnology*, 23 (1), 22-27.
- Reddy, N., Yang, Y. (2006). Properties of high-quality long natural cellulose fibers from rice straw. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(21), 8077-8081.
- Reddy, N., Yang, Y. (a) (2007). Preparation and characterization of long natural cellulose fibers from wheat straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8570-8575.
- Reddy, N., Yang, Y. (b) (2007). Natural cellulose fibers from switchgrass with tensile properties similar to cotton and linen. *Biotechnology and bioengineering*, 97(5), 1021-1027.

- Reddy, K. O., Zhang, J., Zhang, J., Rajulu, A. V. (2014). Preparation and properties of self-reinforced cellulose composite films from Agave microfibrils using an ionic liquid. *Carbohydrate polymers*, 114, 537-545.
- Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Dhlamini, M. S., Kommula, V. P. (2016). Exploration on the characteristics of cellulose microfibrils from Palmyra palm fruits. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 21(4), 286-295.
- Reddy, K. O., Maheswari, C. U., Dhlamini, M. S., Mothudi, B. M., Kommula, V. P., Zhang, J., Rajulu, A. V. (2018). Extraction and characterization of cellulose single fibers from native African Napier grass. *Carbohydrate polymers*, 188, 85-91.
- Rennie, E. A., Scheller, H. V. (2014). Xylan biosynthesis. *Current opinion in biotechnology*, 26, 100-107.
- Rogers, J. N., Stokes, B., Dunn, J., Cai, H., Wu, M., Haq, Z., Baumes, H. (2017). An assessment of the potential products and economic and environmental impacts resulting from a billion ton bioeconomy. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 11(1), 110-128.
- Rooney, W. L., Blumenthal, J., Bean, B., Mullet, J. E. (2007). Designing sorghum as a dedicated bioenergy feedstock, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 1(2), 147-157.
- Rosli, N. A., Ahmad, I., Abdullah, I. (2013). Isolation and characterization of cellulose nanocrystals from Agave angustifolia fibre. *BioResources*, 8(2), 1893-1908.
- Saeed, A., Akhter, M. W., Iqbal, M. (2005). Removal and recovery of heavy metals from aqueous solution using papaya wood as a new biosorbent. *Separation and purification technology*, 45(1), 25-31.
- Sain, M., Panthapulakkal, S. (2006). Bioprocess preparation of wheat straw fibers and their characterization. *Industrial crops and products*, 23(1), 1-8.
- Sheltami, R. M., Abdullah, I., Ahmad, I., Dufresne, A., Kargarzadeh, H. (2012). Extraction of cellulose nanocrystals from mengkuang leaves (Pandanus tectorius). *Carbohydrate Polymers*, 88(2), 772-779.
- Scheller, H. V., Ulvskov, P. (2010). Hemicelluloses. *Annual review of plant biology*, 61, 263-289.
- Scordia, D., Cosentino, S. L., Jeffries, T. W. (2010). Second generation bioethanol production from Saccharum spontaneum L. ssp. aegyptiacum (Willd.) Hack. *Bioresource Technology*, 101(14), 5358-5365.

- Schmidt IB, Figueiredo IB, Scariot A (2007) Ethnobotany and effects of harvesting on the population ecology of *Syngonanthus nitens* (Bong.) Ruhland (Eriocaulaceae), a NTFP from Jalapaõo region, central Brazil. *Econ Bot* 61:73–85
- Sharma, A. K., Godiyal, R., Thapliyal, B. P. (2019). Kans grass—a promising raw material for papermaking. *Cellulose Chemistry and Technology*, 53(7-8), 747-753.
- Shoemaker, C. E., Bransby, D. I. (2010, September). The role of sorghum as a bioenergy feedstock. In *Sustainable Alternative Fuel Feedstock Opportunities, Challenges and Roadmaps for Six US Regions*. (eds Braun, R., Karlen, D. Johnson, D.) Proceedings of the Sustainable Feedstocks for Advanced Biofuel Workshop, Soil and Water Conservation Society, pp. 149-159.
- Shrinath A, Tschirner U, Ramaswamy S (2003) Economics and feasibility of a greenfield cereal straw market pulp mill. *Pulp paper Canada* 104:34–37.
- Singh, L. K., Majumder, C. B., Ghosh, S. (2012). Bioconversion of hemicellulosic fraction of perennial Kans grass (*Saccharum spontaneum*) biomass to ethanol by *Pichia stipitis*: a kinetic study. *International journal of green energy*, 9(5), 409-420.
- Siqueira G., Bras J., Dufresne A. (2009) Cellulose whiskers versus microfibrils: influence of the nature of the nanoparticle and its surface functionalization on the thermal and mechanical properties of nanocomposites. *Biomacromolecules* 10(2), 425-432.
- Siqueira, G., Abdillahi, H., Bras, J., Dufresne, A. (2010). High reinforcing capability cellulose nanocrystals extracted from *Syngonanthus nitens* (Capim Dourado). *Cellulose*, 17(2), 289-298.
- Silvério, H. A., Flauzino Neto, W. P., Dantas, N. O., Pasquini, D. (2013). Extraction and characterization of cellulose nanocrystals from corncob for application as reinforcing agent in nanocomposites. *Industrial Crops and Products*, 44, 427-436.
- Smith, P. J., Wang, H. T., York, W. S., Peña, M. J., Urbanowicz, B. R. (2017). Designer biomass for next-generation biorefineries: leveraging recent insights into xylan structure and biosynthesis. *Biotechnology for biofuels*, 10(1), 1-14.
- Somerville, C., Bauer, S., Brininstool, G., Facette, M., Hamann, T., Milne, J., Youngs, H. (2004). Toward a systems approach to understanding plant cell walls. *Science*, 306(5705), 2206-2211.
- Somerville, C., Youngs, H., Taylor, C., Davis, S. C., Long, S. P. (2010). Feedstocks for lignocellulosic biofuels. *Science*, 329(5993), 790-792.

- Sun, J. X., Sun, X. F., Zhao, H., Sun, R. C. (2004). Isolation and characterization of cellulose from sugarcane bagasse. *Polymer degradation and stability*, 84(2), 331-339.
- Symington, M. C., David-West, O. S., Banks, W. M., Pethrick, R. A., Thomason, J. L. (2008, June). The effect of alkalisiation on the mechanical properties of natural fibres. In *13th European Conference on Composite Materials (EECM 13)*. 2-5 June 2008, Stockholm, Sweden.
- Tarchoun, A. F., Trache, D., Klapötke, T. M., Derradji, M., Bessa, W. (2019). Ecofriendly isolation and characterization of microcrystalline cellulose from giant reed using various acidic media. *Cellulose*, 26(13), 7635-7651.
- Teixeira, E.M., Bondancia, T. J., Teodoro, K. B. R., Corrêa, A. C., Marconcini, J. M., Mattoso, L. H. C. (2011). Sugarcane bagasse whiskers: extraction and characterizations. *Industrial Crops and Products*, 33(1), 63-66.
- Teodoro, K. B. R., Teixeira, E. M., Corrêa, A. C., Campos, A., Marconcini, J. M., Mattoso, L. H. C. (2011). Whiskers from sisal fibers obtained under different acid hydrolysis conditions: Effect of time and temperature of extraction. *Polímeros*, 21(4), 280-285.
- Thambiraj, S., Ravi Shankaran, D. (2017). Preparation and physicochemical characterization of cellulose nanocrystals from industrial waste cotton. *Applied Surface Science*, 412, 405-416.
- Toudert, N., Djilani, S. E., Djilani, A., Dicko, A., Soulimani, R. (2009). Antimicrobial activity of the butanolic and methanolic extracts of *Ampelodesma mauritanica*. *Advances in Natural and Applied Sciences*, 3(1), 19-21.
- Trache, D., Donnot, A., Khimeche, K., Benelmir, R., Brosse, N. (2014). Physico-chemical properties and thermal stability of microcrystalline cellulose isolated from Alfa fibres. *Carbohydrate polymers*, 104, 223-230.
- Trache, D., Hussin, M. H., Chuin, C. T. H., Sabar, S., Fazita, M. N., Taiwo, O. F., ... & Haafiz, M. M. (2016). Microcrystalline cellulose: Isolation, characterization and bio-composites application—A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 93, 789-804.
- Wibowo, A., Madani, H., Judawisastra, H., Restiawaty, E., Lazarus, C., Budhi, Y. W. (2018). An eco-friendly preparation of cellulose nano crystals from oil palm empty fruit bunches. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 105, No. 1, p. 012059). IOP Publishing.

- Woodard, K. R., Prine, G. M. (1993). Dry matter accumulation of elephantgrass, energycane, and elephantmillet in a subtropical climate. *Crop science*, 33(4), 818-824.
- Vogel, J. (2008). Unique aspects of the grass cell wall. *Current opinion in plant biology*, 11(3), 301-307.
- Yang, W., Fortunati, E., Luzi, F., Kenny, J. M., Torre, L., Puglia, D. (2018). Lignocellulosic based bionanocomposites for different industrial applications. *Current Organic Chemistry*, 22(12), 1205-1221.
- Xiang, L. Y., Mohammed, M. A. P., Baharuddin, A. S. (2016). Characterisation of microcrystalline cellulose from oil palm fibres for food applications. *Carbohydrate Polymers*, 148, 11-20.
- Zhao T., Chen Z., Lin X., Ren Z, Li B, Zhang Y (2018) Preparation and characterization of microcrystalline cellulose (MCC) from tea waste. *Carbohydrate polymers*, 184, 164-170.

DOĞAL LİF TAKVİYELİ POLİMERİK KOMPOZİTLERİN YANMA DAYANIMLARINDAKİ GÜNCEL GELİŞMELER

Ceyda BİLGİÇ¹, Şafak BİLGİÇ²

GİRİŞ

Cam, karbon, aramid ve bor fiberler gibi sentetiklerle takviyelendirilmiş polimerik kompozitler muhteşem mekanik performanslarından dolayı mühendislik uygulamalarında yaygın ve yoğun olarak kullanılmaktadırlar (Feih vd., 2011). Ancak, doğada bozunmamaları ve düşük geri dönüőtürülebilirlikleri nedeniyle sentetik takviyeli kompozitlerin zayıf çevresel etkileri endişe uyandırmaktadır. Bu sebepten dolayı, çevresel değerleri, doğal kaynak olmaları, düşük emisyon kirliliği, biyo geri dönüşebilirliği gelişmiş enerji dönüşümü (Kim vd., 2014), yüksek sertlik ve dayanım değerlerinden dolayı kompozitlerde sentetik lifler yerine alternatif olarak doğal lifler takviye olarak kabul edilmektedir (Mohanty vd., 2000). Doğal lif kompozitlerinin, sürdürülebilir yönüne ilaveten geri dönüőtürülebilirliđi de bir avantajdır (Bourmaud ve Baley,

1 Doç. Dr., Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye. Orcid No: 0000-0002-9572-3863. cbilgic@ogu.edu.tr

2 Dr. Öğr. Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, Türkiye. Orcid No: 0000-0002-9336-7762. safakb@ogu.edu.tr

2007) İlâveten, hidrofobik polimerlerle doğal fiberlerin uyumsuzluğu kimyasal modifikasyon ve ilave bağlayıcı takviyesiyle aşılmış, bu da mühendislik uygulamaları için arzu edilebilir özel mekanik performanslarına yol açmıştır. (Kalia vd., 2009) (Keener vd., 2004) Doğal liflerin nem emilimi, polaritesinin modifiye edilebilir asetilasyonu veya alkali davranışıyla da düşürülebilmektedir. (Wongsriraksa vd., 2013).

Çeşitli avantajlarına rağmen, mühendislik uygulamalarında düşük sıcaklıktaki alev alma direnci doğal lif kompozitlerinin kritik bir limitidir. Özellikle bitki liflerindeki selüloz eksikliği ve hidrokarbon bazlı polimerler yüksek yanıcılığa yol açmaktadır. Genellikle, polimerler 300–500°C’de gaz ve zararlı olabilecek yanıcı gazlar, sıvılar, kömür ve damlacıklı dumanlar üreten yoğun fazlara ayrışır (Price vd., 2001) Önemli miktarda ısı ve duman salınımı sırasında, ateşin yayılmasına ve zayıf görünmesine de katkı sağlayabilir. Dolayısıyla insanlar için ciddi risklere ve büyük mal kaybına neden olmaktadır (Bhattacharyya vd., 2015). Ayrıca, ısı altında lif ile güçlendirilmiş polimer matrislerin sürünme davranışı ve yumuşaması yapısal bütünlüğünün bozulmasına yol açabilecek kompozit yapının yük taşıma kaybına ve burulmaya neden olmaktadır (Mouritz ve Gibson, 2007). Bu nedenle kompozitlerin ateşteki güvenlik açığı alt yapısal uygulamalarda ve toplu taşıma içinde katı standartlarla kabul edilebilirliği belirleyici ciddi bir sorundur. Özellikle Ulusal Havacılık Yönetmeliklerinin (CFR) uçak içindeki kompozit panellerin ısı performansı için her biri sıkı limitlerle ayarlanmış dikey yanma sonuçları, ısı salınımı ve duman yoğunluk ölçümü testleri gibi üç tutuşabilirlik kriterini geçmesi zorunludur. Aynı zamanda, Ulusal Yapı Kodları bina malzemeleri uygulamalarına izin vermek için

koni kalorimetre parametrelerini kullanan karmaşık bir prosedür uygulamaktadır. Yanma dayanımının arttırılması amacıyla yapılan alev geciktirici işlemler arasında doğal lif takviyeli kompozit uygulamalarının genişletilmesi kritiktir. Bazı çalışmalar alev geciktiricilerin ilave edilmesi ve alev geciktirici liflerin ve doğal lif kompozitlerinin yanma proseslerini (ısınma, çözünme, alevlenme, yanma ve alev yayılma) etkili bir biçimde engellediğini iddia etmektedir; ancak bu genellikle mekanik özelliklerin kaybını da beraberinde getirmektedir (Azwa vd., 2013) (Arao vd. 2014). Bundan dolayı, kompozitlerin mekanik ve alev performanslarını dengede tutmayı sağlamak zor bir görevdir. Böylece doğal lif kompozitlerin alev direnci günümüzde arttırılmasına rağmen fiziksel ve mekaniksel özellikleri iyileştirilememiştir (Lee vd., 2014).

Doğal liflerin ve polimerlerin termal davranışlarının kompozitlerin termal ayrışması ve yanıcılığı üzerindeki etkileri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Kompozitlerde bulunan doğal lifler, düzgün polimer matrislere kıyasla ısı yayma oranı ölçütü (HRR), toplam ısı salınımı (THR) ve duman üretimini azaltmıştır (örnek: termo-plastik polimerler (Borysiak vd., 2006; Subasinghe ve Bhattacharyya, 2014) ve termoset polimerler (Chai vd., 2012)). Bununla birlikte, doğal liflerin eklenmesiyle kompozitlerin dikey ve yatay yanma oranları azaltılmıştır (Chai vd., 2012; Jeencham vd., 2014). Diğer yandan, kompozitlerde herhangi bir dikey yanma derecesi elde edilememiş ve kenevir kumaşının yeniden güçlendirilmiş epoksi kompozitinin limit oksijen indeksi sonucunda, doğal liflerin yanıcılık üzerinde kayda değer bir etkisi olmadığını göstermiştir (Szolnoki vd., 2015). Kompozitin yangın performansı, mühendislik uygulamaları için bağlayıcı düzenlemeleri karşılamak için hala yetersizdir.

Özellikle dikey yanma deneyleri sonucunda, kompozitlerin çoğunun 10 saniyelik alev uygulamasından sonra yandığı tespit edilmiştir. Buradan hareketle, arzu edilen yangın performansına ulaşılma ihtiyacı, doğal lif bazlı polimerik kompozitler için yangın geciktirme alanında çok sayıda araştırma yapılmasına öncelik etmiştir.

Yangın geciktirme, materyallerin daha yavaş bir hızda yandığı ve tutuşma olasılığının daha düşük olduğu bir olgudur (Price vd., 2001). Doğal lif ve polimer bazlı kompozitlerin, bileşenlerin tutuşma sıcaklıklarının üzerinde kolayca tutuştuğu ve ısı kaynağı ve oksijen altında yanmaya devam ettiği için, yanıcılığı azaltmak ve mutlak düzenlemelere uyma hususunda yangın geciktirmeyi zorunlu hale getirmektedir. Materyalin yangın geciktirmesi, yanma döngüsü dahilindeki zincir dallanma reaksiyonlarını kırarak veya yavaşlatarak elde edilebilir. Buna ek olarak, kompozitlerin yangın geciktiriciliği, polimer matrisinin, fiber takviyesinin veya bir bütün olarak kompozitin yanabilirliği azaltılarak geliştirilebilir.

Bir kompozite dahil edilebilen iki tür FR (alev geciktirici) bulunmaktadır. Bunlar; katkı maddesi ve reaktif türlerdir. FR'nin katkı maddesi tipi, üretim sırasında fiziksel yollarla kompozitlere eklenebilir. Mineral dolgu maddeleri, hibrit veya organik bileşikler, FR katkı maddeleri arasında sayılabilir. Diğer yandan, reaktif FR tipi, polimer yapısını kimyasal olarak değiştirmek için kullanılır. Alev geciktirici elemanlar hem dayanıklılığa hem de fonksiyonel polimer gruplarına implante edilebilir (Lu ve Hamerton, 2002). FR katkı maddeleri, kolay ve doğrudan uygulanabilir olmaları nedeniyle hem termoplastik hem de termoset polimerlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, reçinelerin, liflerin ve sertleştirici ve birleştirme maddesi gibi diğer katkı maddelerinin kimyasal modifikasyonları da,

yangın geciktirmeyi iyileştirmek için etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Kandola 2012; Hull vd., 2011; Zhang ve Horrocks, 2003).

Kompozitlerin yanma performanslarını ölçmek için yapılan kapsamlı deneyler yüksek maliyetli ve zaman alıcı olabilir. Özellikle, oda yangın köşesi testi gibi yüksek ölçekli yanma testlerinde, yangın testini uygulamak ve kayda değer veriyi elde edebilmek için özel ayarlamalar yapılmış ileri düzey tesislere gereksinim duyulmaktadır (Nguyen vd., 2014). Elde edilmiş deneysel sonuçlar gerçek hayatta meydana gelen karmaşık yanma olaylarını her zaman karşılamayabilir. Bu nedenle, yanan bir kompozitin termoyapısal özelliklerinin belirlenebilmesi için modellerin geliştirilmesi kompozitlerin yangından kaynaklı hasar proseslerinde gereklidir.

DOĞAL LİFLERİN VE POLİMERLERİN ISIL VE YANICILIK KARAKTERİSTİKLERİ

Selüloz Bazlı Doğal Lifler

Bitkisel liflerin ana bileşenleri az miktarda ikincil metabolikler ve inorganik küller içeren selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve mumdur (Dittenber ve GangaRao, 2012). Selüloz, uzun zincirlerle birbirine bağlanmış glikoz içeren yüksek kristal yapıdadır ve polisakkarit olarak hemiselüloz mikro selüloz fiberler arasında birleştirici (çimentolayıcı) matrisi gibi davranarak fiber hücrenin ana yapısal bileşenini şekillendirir (Azwa vd., 2013). Baskın/ ana bileşen olarak selüloz belirli sayıda adımlarla termal olarak ayrışır: (a) absorplanan suyun geri bırakılması, (b) suyun değişimi ile selüloz zincirlerinin çapraz bağlarının dehidroselüloz formunu oluşturması, (c) dehidroselülozun kömür ve uçucu maddeler verecek şekilde ayrışması, (d) levoglukozan (katran) kimyasal bileşeninin oluşumu ve (e)

yanıcı ve yanıcı olmayan uçucu maddeler, gazlar, katran ve kömür vermek için levoglukoza'nın ayrışmasıdır (Das ve Sarmah 2015). Hemiselülozlar CO₂ gibi yanmaz 200 ile 260°C arasında ayrışır ve salınırlar. Ligninin farklı olması nedeniyle termal ayrışması 160-400°C geniş sıcaklık aralığı içindedir. Nispeten zayıf bağlar daha düşük sıcaklıklar gerektirirken, aromatik halkalarda daha güçlü bağların kopması, yani eter ve karbon-karbon bağları, daha yüksek sıcaklıklarda meydana gelmektedir (Ferdous vd., 2002). Ayrıca, selüloz ve lignin, dehidrasyon ve kömür oluşumuna neden olur. Bu nedenle Kozłowski ve arkadaşları; keten ve kenevir gibi lignin açısından zengin liflerinin, kaktüs ve abaka gibi yaprak liflerinden daha düşük ısı yayma oranlarını göstermiştir (Kozłowski ve Władyska-Przybylak, 2008). Diğer yandan, son çalışmaları şunu göstermiştir: lif yüzeyindeki yabancı maddeler veya kimyasallar da yanıcılığı etkileyebilir. Galaska ve arkadaşları; ısı yayma oranı ölçütü (HRR) ve bir mikro yanma kalorimetresi kullanarak bitki liflerinin kütle kaybı oranlarını (MRL) ve büyük olasılıkla sodyum tuzlarının varlığı nedeniyle lif yüzeylerindeki lignin içeriğinin etkisini incelemişlerdir ve HRR'nin önemsiz olduğunu bulmuşlardır. (Galaska vd., 2017). Liflerin yüksek levoglukoza (katran) seviyesinde termal ayrışması, yüksek kristalliğine atfedilir, bu da yanıcılığı artırır. Aksine, yüksek yönlendirilmiş lifler piroliz sürecini azalttığından, dolayısıyla tutuşabilirliği azaltır (Subasinghe vd., 2016).

Protein Bazlı Doğal Lifler

Hayvansal liflerin birincil birleşimi olarak aminoasit grupları, termal ayrışma ve yanmanın belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Yün, tipik bir hayvansal lif sınıfı olarak kabul edilir. Yünün kimyasal yapısı on sekiz α -amino asitten oluşur ve esas olarak sistein, lizin, glutamik

asit ve aspartik asitlerden oluşmaktadır (Christoe vd., 2002). Bir çift sistein kalıntısının oluşturduğu disülfür bağı, ısı, soğuk, ışık, su, biyolojik saldırı ile çevresel ve mekanik bozulma yünün kararlılığının belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Benisek, 1975). Yün ısıtıldığında nem yaklaşık 100°C'de buharlaşır ve bir endotermik reaksiyon başlar. 200°C de, H₂S (hidrojen sülfür) dahil gazlı ürünler açığa çıkarır. Disülfid bağlarının 230°C'nin üzerinde yakılması, kömürleşme sürecini tetikler. Ayrıca, çapraz bağlanma ve dehidrasyon reaksiyonları yanma sırasında yün liflerinin erimesini ve damlamaya dayanıklı olmasını sağlar. Yün içindeki kükürt içeren aminoasitler kömür oluşumunu kolaylaştırabilir (Benisek, 1975). Menefee ve Yee, yünün yaklaşık 160°C de amid çapraz bağlarının oluşumunu doğrulamışlardır ve 230-250°C de disülfid bağı bölünmektedir (Menefee ve Yee, 1965). Karbon disülfid (CS₂) içeren kükürt bileşikler ve karbonik sülfür (COS) 247°C de sistin bağı bölünmesinin bir sonucu olarak salınır, ardından kükürt dioksit (SO₂) ve 315 °C de (CO₂) oluşur (Benisek, 1975). Dahası, selüloz esaslı liflerden daha yüksek olan 500°C civarında maksimum kütle kaybı oranına ulaştıktan sonra 600°C de yün tutuşur (Kandola, 2012).

Özellikle, yün ve ipek diğer liflere göre daha yüksek limit oksijen indeksi (LOI) göstermektedir. LOI, bir malzeme tutuştuktan sonra yanmayı söndürmek için gereken oksijenin minimum konsantrasyonunu gösterir (Price ve Horrocks, 2009). Yün içindeki nispeten yüksek azot miktarı (%15-16) ve ipek (%15-18) oksidasyon girişimine yol açar (Price ve Horrocks, 2009).

İpek ayrıca yanma sırasında yüne benzer yanma özelliği gösterir. İpeğin kömür oluşumu büyük ölçüde su kaybından ve α -substrat yerine geçen içindeki çapraz bağlama

hidroksil grubu eğiliminden etkilenir (Guan ve Chen, 2006). Çizelge 1, bazı doğal ve sentetik liflerin termal özelliklerini özetlemektedir (Benisek, 1975; Kandola, 2012; Bajaj, 2000; Joseph ve Ebdon, 2000). Doğal liflerin farklı yapıları ve kimyasal bileşim davranışları, kaynaklarına bağlı olarak piroliz ve yanmayı etkileyebilir. Liflerin ısıl ve yanma davranışı ve yanıcılığın azaltılması, uygun alev geciktirici ile artırılabilir. Böylece kompozitin yanma özellikleri de etkilenebilir.

Tablo 1: Doğal Liflerin ve Sentetik Polimerlerin Isıl Özellikleri (Benisek, 1975; Kandola, 2012; Bajaj, 2000; Joseph ve Ebdon, 2000).

LİF	T _g (°C) Camsı Geçiş	T _m (°C) Erime	T _p (°C) Pirroliz	T _c (°C) Alevlenme	LOI (%)
YÜN	MD	Erime yok	245	600	25,2
PAMUK	MD	Erime yok	350	350	18,4
İPEK	MD	Erime yok	320	600	22-23
KETEN	MD	Erime yok	371	MD	MD
KENEVİR	MD	Erime yok	346	MD	MD
NAYLON 6	50	215	431	450	20- 21,5
PROPİLEN	-20	165	469	570-600	18,6
POLİETİLEN	-120	110-130	340	350	17,4
POLYESTER	80-90	255	420-477	480	20- 21,5
EPOKSİ	60	Erime yok	360-430	550	23
FENOLİK	300	Erime yok	440-520	614	25

*MD: mevcut değil

Polimerler

Kompozitler için yaygın polimerik matrisler termoplastik ve termoset polimerlerdir. İki polimer türünün temelde farklı yapıları termal ayrışmayı ve yanmayı etkiler (Price ve Horrocks, 2009). Doğrusal bir yapıya sahip

termoplastik polimerler, geri dönüşü olmayan çapraz bağlanma reaksiyonlarına girmez bunun yerine erir ve ısı altında akış bozunma aşamasından önce ve soğuduktan sonra yeniden katılaştır (Horrocks ve Kanola, 2005). Diğer yandan, termoset polimerler üç boyutlu çapraz bağlı bir moleküler yapı içerir, bu nedenle ısıtma altında oluşur (Price vd., 2001). Polimer yakma işlemi, ısıtma, ayrışma, tutuşma ve yanma gibi farklı aşamaları içerir (Azwa vd., 2013). Her iki polimer türü başlangıçta ısıtma adımıyla moleküler yapıların değiştirilmesini başlatır. Daha fazla ısı, polimerleri parçalamak için moleküler bağları ayrıştırır ve piroliz aşamasında uçucu türler verir. Serbestlik altında yanıcı ürünlerle bağ kesilmesi sonucu yüksek sıcaklık polimeri oksijen ortamında tutuşur. Yeterli enerji ve döngüdeki yanıcı uçucular yanmayı oluşturabilir (Price vd., 2001; Price ve Horrocks, 2009). Doğal alev direncine sahip polimerler, fenolik ve poliimid reçineler gibi, yanma sırasında kömür verebilir. Fenolik reçine, fenol-fenol yoğunlaşması nedeniyle suyu serbest bırakır ve daha sonra metilen gruplarının oksidasyonu karbonil bağlantısına yol açar. Daha fazla ayrışma sonucunda, verimli kömür, CO, CO₂ ve diğer uçucu maddeleri serbest bırakır (Price ve Horrocks, 2009).

DOĞAL ALEV GECİKTİRİCİ KATKI MADDELERİ

Kitosan (CS)

Kitosan, mantarlar (hücre duvarları), kabuklular (karides ve yengeçler) ve böceklerin kütikülleri gibi canlı organizmanın dış iskeletinden ekstrakte edilen (çıkarılan), kitinin tamamen veya kısmen deasetillenmiş (deacetylated) formundan elde edilen doğal ve bol miktarda bulunan yenilenebilir biyolojik olarak parçalanabilir bir polimerdir; dahası, toksik olmayan, yüksek oranda biyoyoumlu bir

organik polimerdir. Kitosan kimyasal olarak [β -(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranoz] multi hidroksil gruplarına ve karbonizasyonda kullanılma potansiyeline sahip bir amino polisakkarittir. Bu nedenle, kitosan yanma sırasında kömür oluşumunu teşvik etme kapasitesine sahiptir. Kitosan bu eşsiz özelliği nedeniyle, polimer matrisinde doğal bir alev geciktirici (FR) katkı maddesi ve polimer kompozitlerde şişen alev geciktirici olarak kullanılmaktadır. Yanma olayınada kitosan, yangın yayılımını bastırmak için ısı yalıtkan veya termal kalkan görevi gören polimer malzemelerin yüzeyinde kömür tabakasını üretebilir (Laufer vd., 2012; Hu vd., 2012).

İstiridye Kabuğu Tozu (Oyster Shall Powder (OSP))

İstiridye kabuğu yenilenebilir ve doğal olarak mevcuttur (birçok ülkenin deniz kıyılarında boldur), toksik değildir, çevrede birikmez ve esas olarak kalsiyum karbonattan oluşan biyolojik olarak parçalanabilir mineral dolgu maddesidir (yaklaşık% 96'sı, kalsit ve aragonit kristalleridir (pH 9,8)). İstiridye kabuğu termal olarak 800 °C civarında stabildir, bunun üzerinde CaO ve CO₂ vermek için ayrışır, üretilen inert gaz karbondioksit oksijen girişini durdurarak ateşi söndürme yeteneğine sahiptir ve yangın geciktirici mekanizma çevre dostudur, tamamen karbondioksite bağlıdır. İstiridye kabuğu tozu, çevre dostu yangın geciktirici plastikler için plastik malzemelere ve polimer bazlı kompozitler de alev geçiktirici katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, istiridye kabuğu tozu takviyesi, plastiklerin sertliğini, bükülme özelliklerini ve dielektrik özelliklerini geliştirir (Prabhakar vd., 2015).

Yumurta Kabuğu

Yenilenebilir biyolojik ve kalsiyum bakımından zengin malzemelerden biri, gıda endüstrisinin, kümes hayvanları

endüstrisinin ve ev halkının atık yan ürünü olarak üretilen ve büyük şehirlerimizde çöp kutularında ve köylerde çiftlik bahçelerinde bulunan yumurta kabuğudur. 2013'teki istatistiksel verilere göre, Çin yaklaşık 484,6 milyar olan yumurta üretimi ile birinci sırada yer almaktadır. Yumurta kabuğunun özel kimyasal bileşimi, %96'sı kalsiyum ve magnezyum karbonat ve ağırlıkça %4'ü X kollajen (collagen), sülfatlı polisakkaritler ve diğer proteinlerdir (yüksek Gly ve Arg seviyelerine sahiptir). Isı uygulanmasında yumurta kabuğunda bulunan bu kalsiyum karbonat CaO ve CO₂'ye ayrışır, karbondioksit yanmayı desteklemez, çünkü iyi bir yangın söndürücüdür. Polimer matrisine daha fazla miktarda yumurta kabuğu katkı maddesi dahil edildiğinde, kompozitte daha fazla miktarda CaCO₃ açığa çıkarak, kompozitin yanma eğilimini azaltır. Benzersiz bileşim ve yapıya sahip önemli miktarda kullanılabilirlik, yumurta kabuğunu potansiyel bir kaynak haline getirmiştir ve bu biyo-dolgu takviye malzemesi polimer nanokompozitler için alev geciktirici katkı maddesi olarak verimli bir şekilde yararlıdır (Flores-Hernández vd., 2014; Igwe ve Onuegbu, 2012).

Lignin

Lignin bitki bileşiminin yaklaşık ağırlıkça %20 – 30 oluşturur, kimyasal olarak polifenolik ve yapısal olarak amorfür. Bozulma sıcaklığı azot ortamında 450° C civarındadır ve sıcaklık 900 °C'ye kadar yükseltildiğinde, kararlı yoğun çapraz bağlı char (kömür) bırakır. Termal bozulma sırasında kömür oluşturma yeteneğinin alev geciktirici katkı maddelerinin temel bir yönü olduğu iyi bilinmektedir, çünkü kömür polimerik malzemelerin yanma oranını azaltır, dolayısıyla oksijenin yanma bölgesine kolayca ulaşmasına izin vermez. Bu nedenle lignin, termal

özellikleri iyileştirmek için polimerik malzemelere de dahil edilebilir, çünkü onun fenolik gruplarıyla çapraz bağlı yapısı, bozunmadan (ayrışmadan) sonra yüksek char (kömür) verimi sağlar (Prabhakar vd., 2015; Yew vd., 2014). Ayrıca, lignin bazlı kompozitlerin termal özelliklerindeki ve alev geciktirici özelliklerindeki iyileştirmeler, ligninin fosfor ve azot elementleri ile kimyasal olarak modifiye edilmesiyle güçlendirilebilir (Egli vd., 2003).

Biyokömür (Biochar)

Biyoçar adı biyokütleden oluşan herhangi bir kömürü tanımlar. Azot, hidrojen, oksijen ve kül içeren yenilenebilir, mikro gözenekli, karbon bakımından zengin bir üründür. Organik atıkların termo kimyasal işleme ve daha sonra piroliz yoluyla yüksek sıcaklıklarda işlenmesiyle üretilen karbon bakımından zengin bir yan üründür. Karbonlu (carbonaceous) bir malzeme olmasına rağmen, fiziksel şeklini korur ve dış yüzeyinde çeşitli fonksiyonel grupları da bulunan petek yapı oluşturur. Bu özellikleri nedeniyle, mevcut polimer endüstrileri ve akademik kurumlar, kirlenme önleyici yardımı ve karbon ayrılması (giderimi) için sürdürülebilir bir araç olması nedeniyle birçok arıtma sistemindeki hayati rolüne ilgi göstermektedir. Biyoçar'ın istisna özellikleri tek tip bileşim, yüksek gözeneklilik, anti-bakteriyel ve anti-mantar, nefes alabilirlik, termal düzenleme, koku kontrolü, ve emilimini (absorpsiyonu) içermesidir. Isıtma işlemi sırasında, Biyoçar bileşenleri reaktif bileşikler bastırır ve kompozitlerin ağırlık kaybını azaltır. Literatürde, termogravimetrik ve diferansiyel taramalı kalorimetrik analizlerinden, biyoçar dolgulu kompozitlerin termal stabilitesinin (kararlılığının), elde edildiği gözlenmektedir (De Chirico vd., 2003).

İnsan Saçı

Saçın ana kısmı protein keratindir, yaklaşık %91 çoğunlukla alfa-sarmal yapısı ile peptit (-CO-NH-) bağı ile uzun amino asit moleküller zinciri içerir. Saçta bulunan amino asit; sitozin, serin, glutamin, treonin, glisin, lösin, valin ve arginin içerir. Normal saçların ortalama bileşimi %45,68 karbon, %27,9 oksijen, %6,6 hidrojen, %15,72 azot ve %5,03 kükürt bileşimidir. Dolayısıyla, diğer tüm biyo malzemelerden daha kolay, ekonomik, bol miktarda bulunur ve toplanabilir ve taşınması ve depolanması kolaydır. Ayrıca insan saçları deneyleri, yıllardır insanların ağır metallere ve ilaçlara maruz kaldıklarını göstermiştir. Buna ek olarak, birkaç çalışma, yapısında azot ve hidroksil grupları içermesi nedeniyle, insanların kalıcı organik kirleticilere, özellikle de alev geciktiricilere maruz kalmasını değerlendirmek için saçın kullanımını araştırmıştır (Liu vd., 2016; Nan vd., 2016).

Deoksiribo nükleik asit (DNA)

DNA, yapısal olarak çok karmaşık bir doğal biyo polimerdir (iki polimer iplik, kovalent olmayan bağlarla sarmal bir şekilde birbirine bağlanmıştır) tüm canlı organizmalarda ve virüslerde genetik bilgi (gelişim, işlevsellik ve üreme) taşımaktan sorumlu olan polinükleotid adı verilen nükleotid ünitelerinin milyonlarca tekrarlayan biriminden/monomerlerinden oluşur. Nükleotid monomeri, sitozin, guanin, adenin veya timin ile birlikte monosakarit (deoksiriboz) ve fosfat omurgası arasındaki kovalent bağ yoluyla fosfat grubundan oluşur (Liu vd., 2016). Diğer yandan, DNA, azot, fosfor ve karbon gibi çok miktarda element içeren monomerler nedeniyle kabaran alev geciktirici yeteneğine sahiptir. Ayrıca asit kaynağından (amonyum fosfat fosforik asit verir), karbon kaynağından

(polisakkarit char (kömür) oluşturan birden fazla hidroksi bileşiğine sahiptir) ve kabaran (şişen) alev geciktirici sistem gibi şişirici ajandan (guanidin, melamin azot gazı verir) oluşur. DNA ısıya maruz kaldığında, su buharı, amonyak veya karbondioksit gibi inert gazları ve ısıdan (alev), yakıttan (polimer) ve oksijenden koruma tabakası görevi gören karbonlu kömür (carbonaceous char) tabakasını serbest bırakır (açığa çıkarır). DNA'nın bu eşsiz doğası nedeniyle, birçok araştırmacı polimerlerin termal stabilitesini ve alev geciktiriciliğini artırmak için, DNA'yı polimer kompozit alanındaki çalışmalarında polimer matrisine alev geçiktici katkı maddesi olarak kullanmaktadır (Chai vd., 2012; Wang vd., 2001).

Mineral Alev Geciktiriciler

Magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) ve alüminyum hidroksit ($Al(OH)_3$) benzeri metal hidroksitler, önemli miktarda serbest su açığa çıkararak etkili bir alev geciktirici performansı sağlar, bu sayede yanmayı sürdürmek için mevcut yakıt miktarı seyreltilmiş olur (Arao vd., 2014). Buna ek olarak, FR'lerin 300 -320°C'de endotermik ayrışması ısıyı emer ve böylece çevreleyen polimeri soğutmuş olur (Lee vd., 2014; El-sabbagh vd., 2013). Bileşiğe %20-30 $Mg(OH)_2$ ilavesinin bozunma sıcaklığı ve LOI değerlerinin başlangıcını arttırdığını bildirmiştir (El-sabbagh vd., 2013). Özellikle, ağırlıkça%50 flaks ve %30 alev geciktirici içeren kompozit, uzun yanma süresi ve damlama olmadan UL-94 testinden yaklaşık %27 LOI değeri ve V-2 derecesi ile sonuçlarını almıştır. Bu çalışmayla aynı zamanda lifler ve $Mg(OH)_2$ eklenmesi ile gerilme sertliğinde bir artış gerçekleştiği gösterilmiştir. Bununla birlikte, $Mg(OH)_2$ 'nin ilavesinin, Polipropilen ve alev geciktirici arasındaki ara yüzeye yapışmasının zayıf olması nedeniyle çekme mukavemetinin maksimum %31 civarında azalmasına

neden olmuştur. Ayrıca, FR'nin bir diğer dezavantajı, kabul edilebilir alev direncinin elde edilebilmesi için %30 ağırlık oranı gibi fazla bir seviyede ekleme gerektirecek ölçüde verimsiz olmasıdır.

Nanometrik malzemelerin nanokompozitlerin termal ayrışması ve yanıcılığı üzerindeki etkileri geniş perspektifte araştırılmıştır. Nanokil ve nanotüp gibi farklı nanomalzemeler, polimer matrisler içinde iyi derecede dağılım gösterdiklerinden yangın direncini ve mekanik performansı artırmak için kullanılmıştır. Katmanlı bir malzeme olarak nanokilin doğal lif takviyeli polimerik kompozitlerin tutuşabilirliği üzerindeki etkileri çok sayıda araştırmacı tarafından ele alınmıştır (Zhang vd., 2012; Stapulioniene vd., 2016). Halosit nanotüplerin ve MMT (Montmorillonit) nanokilin kenaf-Polipropilen - kabaran (şişen) alev geciktirici kompozitlerinin yanıcılık özellikleri üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Halloysit nanotüpleri içeren kompozit, MMT bazlı olandan daha yüksek termal ayrışma sıcaklığı göstermiş ancak koni kalorimetre testi, MMT nanokompozitlerinin halloysit nanokompozitlerinden daha az ısı açığa çıkardığı sonucunu işaret etmektedir. Bu duruma ek olarak, kenaf'ta ligninin varlığı ve kompozitteki nano parçacıklarının yüksek en boy oranı, karbonlu IFR karbon tabaka yüzeyinin çekirdeklenme reaksiyonları ile genişlemesini arttırmış ve karbon tabaka yapısının bütünlüğünü geliştirmiştir. Bununla birlikte, parçacık aglomerasyonunun ve arayüzey yapışmasının zayıf oluşu kaynakları olumsuz etkilemiştir. Nanokompozitlerin mekanik kuvvetlerini ve enerji emme kabiliyetini de azaltma eğiliminde olduğu görülmüştür. Bu durum da nanopartikülleri, özellikle alev geciktirici katkı maddeleri ile dağıtmak için daha gelişmiş bir yolun gerekliliğine işaret etmiştir.

Nano killer, kayalar, çökelti ve topraklar gibi ince taneli minerallerden (fitosilikatlar) oluşan doğal çevre dostu inorganik malzemedir. Bu nano killerlerden daha yüksek termal stabiliteye sahiptirler; bu nedenle ısı salınım hızını azaltarak, duman ve CO verimini artırır. Yanmada, nano killer polimer matrisinin yüzeyine göç eder ve daha fazla bozulma için polimer kompozitini yavaşlatan koruyucu tabaka olarak ateşe karşı direnen yoğun bir silikat tabakası oluşturur. Ayrıca bu malzemeler yanma sırasında oksijen geçirgenliğine dirençli ancak alevi durdurmeyen karbonlu tabaka (carbonaceous) oluşturma özelliğine sahiptirler. Nano killer, eriyik polimer kompozitinin damlamasını önleyen ve kömür şekillendirmeyi teşvik eden polimer viskozitesini yüksek sıcaklıkta azaltır. Nano killer, diğer alev geçiktirici katkı maddeleri ile birleştirilirse, alev geciktiriciler olarak daha verimli davranış sergilemektedir. Bunlar bazen polimer kompozitlerin mekanik özelliklerini, çizilme direncini, camsı geçiş sıcaklığını ve sertliğini de artırır (Gao vd., 2016; Isitman vd., 2009).

Kompozitlerin yanıcılığı, FR'leri kompozitlere ilave etmek yerine fiber yüzey modifikasyonu yoluyla azaltılabilir. Yaygın FR'ler, mono veya diamonyum fosfatlar (DAP), amonyum bromür (kullanılabilirse), boraks ve borik asit, amonyum sülfamat ve sülfatlar gibi amonyum fosfatlar olabilir (Kandola vd., 2012). Szolnoki vd. kenevir kumaşını işlemek için üç ayrı alev geciktirici yöntem uygulamışlardır (Szolnoki vd., 2015). İlk yöntem, önceden ısıtılmış kenevir kumaşının soğuk fosforik asit çözeltisine daldırılması ve daha sonra nötralize edilmesini içeren termoteks prosedürü şeklindedir. İkinci yöntem, bir aminosilan tipi bağlantı maddesi kullanılarak kumaşın reaktif modifikasyonunu sağlamıştır. Sonuncusu ise bu iki yöntemin birleştirilmesidir. Sol-jel yüzey kaplaması ile fosforik asitlerle işleme

alınan kenevir kumaşı, 500 C'ye kadar ısıtıldıktan sonra en yüksek kalıntı miktarını göstermiştir. Sonuç olarak, üçüncü yöntemle işlenmiş kumaş ve alev geciktirici epoksi reçinenin de dahil olduğu kompozit, V-0 derecesine ve %31 olan en yüksek LOI değerine ulaşmıştır. Yazarlar ayrıca, FR ile işlenmiş kumaşa ve FR matrisine dayanan kompozitlerin gerilme ve eğilme mukavemetlerinin, herhangi bir FR işlemi olmayan kompozitlere kıyasla arttığını ifade etmiştir. Bu durum büyük olasılıkla, daha fazla fosfor içeren matris neticesinde daha kolay ısınma etkileşimi sebebiyle olarak, işlenmiş kumaş ve FR matrisi arasındaki arayüzey yapışmasının artması nedeniyle gerçekleşmiştir.

Kabaran (Şişen) Alev Geciktirici (IFR) Sistemleri

Polimerler için mineral bazlı katkı maddelerine nazaran daha etkili FR sistemleri geliştirmek adına kapsamlı araştırmalar yürütülmüştür. Sonuç olarak, kabaran alev geciktirici (IFR) sistemleri halojen içermeyen, çevre dostu ve etkili FR karbon tabakası formasyonlarıdır (Bai vd., 2014). Kabaran alev geciktiriciler, polimerik malzemeyi radyant bir ısı akışı veya alev altında koruyabilen şişmiş çok hücreli bir karbon tabaka oluşturur (Camino vd., 1989). Böylece, kabaran karbon tabaka, uçucu ürünlerin difüzyonunu ve alev ile altta yatan malzeme arasındaki ısıyı azaltarak polimerin kendi kendine sürekli olarak yanmasını kesebilir (Bourbigot vd., 2009; Rajaei vd., 2017). Ayrıca, avantajlardan biride, yanma sırasında dioksin ve halojen asitlerin olmaması ve düşük toksisitedir (Camino vd., 1991). IFR, doğal lif bazlı polimer bileşenlerinin alevlenebilirliğini azaltmak için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Arao vd., 2014; Subasinghe ve Bhattacharyya, 2014; Jeenchan vd., 2014; Subasinghe vd., 2016; Das vd., 2015). IFR partikülleri, üretim süreçleri sırasında diğer bileşenlerle

birleştirilmiştir. Selüloz hidroksildeki fosforilasyon, dehidrasyonu katalize edebilir ve levoglükosan yerine karbon tabaka ve su oluşumunu teşvik edebilir, (Horrocks, 1983; Das ve Sarmah, 2015).

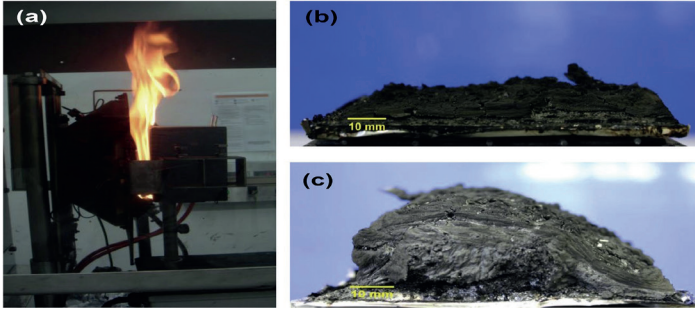
Yeni FR katkı maddelerinin araştırılması ve geliştirilmesi devam ettirilmiş ancak arayüzey yapışması üzerindeki zararlı etkileri bir sorun olarak kalmaya devam etmiştir. Ayrıca, ısınma halindeki doğal lif ve FR arasındaki reaksiyon tam olarak anlaşılammıştır. IFR sistemi kompozitte bağımsız hareket edebilir, ancak bitki ve protein lif bazlı kompozitlerin yangın performansları, lif bileşimlerine ve yapılarına bağlı olarak farklı reaksiyon mekanizmaları dahilinde etkilerini göstermiştir. Bu sebeple, liflerin ve polimerlerin yangın ve mekanik özellikleri üzerindeki birleşik etkilerinin daha iyi anlaşılması için daha çok sayıda araştırma yürütülmesi gereklidir.

ULAŞTIRMADA İÇ MEKÂN TASARIMLARI VE YAPI MALZEMELERİ KONULARINDA DOĞAL LİF KOMPOZİTLERİN YANGIN PERFORMANSI

Doğal lif takviyeli polimerik kompozitlerden yararlanılabilecek çok sayıda çeşitli endüstriyel uygulamalar bulunmakta olup bunların arasında, havacılık ve otomotiv endüstrileri sayılabilir. Daha önce de açıklanan avantajları nedeniyle kompozitler, uygulama noktasında iç bölme kısımlarında (kompartmentlarda) kendilerine yer bulmaktadır. Ayrıca, daha önce de konu edinilen çeşitli alev geciktirici yöntemler, kompozitlerin bu alanlarda özel uygulamalara yönelik kabiliyetlerini de göstermiştir. Elbette, taşımacılıkta iç tasarım hususunda yangınlıkla ilgili düzenlemeler son derece katı olarak uygulandığından, bu alanda kullanılmaya aday olan malzemeler mevcut yangın testlerini geçmelidir. Özellikle, uçak iç tasarımı

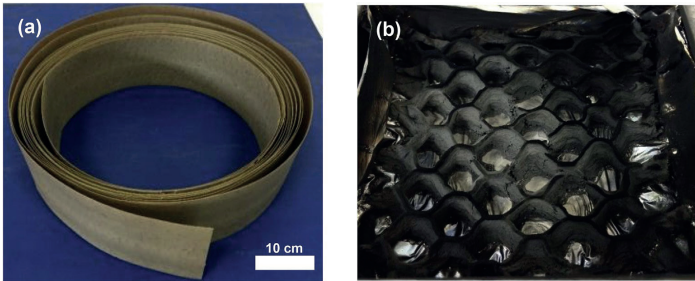
için Federal Düzenlemeler Kanunu (CFR) 25.853, dikey yanma, ısı salınımı (Ohio Eyalet Üniversitesi kalorimetre/OSU) ve duman yoğunluğu ölçümleri olmak üzere üç tip test içermektedir.

Rajaei ve arkadaşları, keten kumaş takviyeli epoksi kompozitler hazırlayarak yangın performanslarını cam kumaş takviyeli epoksi kompozitlerin performansları ile karşılaştırmıştır. 14 CFR 25.853 (Bölüm 1) gereğince 60 saniyelik dikey yanma testleri, keten kompozitlerinin cam kompozitlere kıyasla daha güçlü bir şekilde yandığını göstermiştir (Rajaei vd., 2018). Başka bir açıdan bakıldığında, IFR sisteminin eklenmesi, keten kompozitin cam muadili ile performansının karşılaştırılmasına imkân sağlamıştır. 60 saniyelik alev uygulamasının ardından, fleks-IFR ve cam-IFR kompozitleri sırasıyla 14 sn ve 15 sn içinde herhangi bir damlama olmadan söndürülmüştür. Bu nedenle, her iki kompozit de CFR dikey yanma testini geçmiştir. Buna ek olarak, numunenin dikey yönelimini ve koni ısıtıcısını kullanarak yapılan koni kalorimetresinin ölçümü, Şekil 1 (a), (OSU Konfigürasyonu) birbirine benzer kompozitler olan keten-IFR'nin tepe ısı yanma oranının (PHRR) ortalama $269,4 \text{ kW/m}^2$ olarak ve cam-IFR'nin PHRR'sini ortalama $269,2 \text{ kW/m}^2$ olarak belirlemiştir. Şekil 1 (b) ve (c), Keten-IFR kompozitlerin kabaran karbon yanıcılığın önemli ölçüde azaltılmasında önemli bir rol oynamıştır. Keten ve IFR arasındaki reaksiyonun ve keten içindeki ligninin (%2-5) etkili karbon tabaka formasyonunu tetiklediği söylenebilir.



Şekil 1: (a) Koni kalorimetre testi için numunenin dikey yönelimleri ve koni ısıtıcısı, (b) cam - IFR kompozit karakteri ve (c) koni kalorimetre testi sırasında oluşan fleks - IFR kompozit karakteri (Rajaei vd., 2018).

Doğal lif kompozitlerle ilgili daha önceki çalışmaların çoğunda FAR yönetmeliklerine dayalı yanıcılık testleri gerçekleştirilmemiştir. Bu nedenle, uçak iç mekânları için sürdürülebilir kompozitlerin yangın performansı etkin bir şekilde araştırılmalıdır. Bununla birlikte, hem istenen mekanik özelliklere sahip olan hem de alev geciktirici ve polimer matrisi olan yenilikçi biyolojik tabanlı iyileştirmeler, standart gereksinimleri karşılayıp karşılamadıklarının görülebilmesi için daha fazla araştırmaya tabi tutulmalıdır.



Şekil 2: Flaks - Polipropilen peteği çekirdeğinin koni kalorimetre testi sırasında oluşan (a) sürekli alev geciktirici flaks - Polipropilen kompozit tabakası (genişlik: 10 cm) ve (b) karbon tabaka formasyonu (Somashekar vd., 2016).

Otomobil endüstrisinde, uzun vadeli sürdürülebilirlik ve yüksek beklentili mekanik özellikler; kapı panelleri, sütunlar, yastıklar, koltuk arkılığı panelleri, gösterge panelleri ve koltuk döşemeleri gibi araçların çeşitli yerlerinde doğal lif kompozitlerin uygulanmasının ve bu gibi araçların çeşitli yerlerinde doğal lif kompozitlerin kullanılmasına yol açmıştır (Ahmad vd., 2015). Ayrıca Federal Motorlu Taşıt Güvenlik Standardı (FMVSS) No. 302 (49 CFR 571.302) tarafından otomobil iç tasarımları için kabul edilebilir standart yanıcılık testi ve otomobil iç tasarımlarında kullanılan malzemelerin yanma direnci gereklilikleri belirlenebilir, ancak gerekli yangın performansı seviyesi (102 mm/dak'dan fazla olmayan yatay yanma hızı) uçak iç tasarımlarına kıyasla daha düşüktür (Fatıma ve Mohanty, 2011). Doğal bir kauçuk lateks jüt keçe kompozit hazırlanarak yanıcılık standardına göre değerlendirilmiştir. Ağırlık olarak %1'lik sodyum fosfat ile jüt keçesinin modifikasyonu, kendi kendini söndürme kabiliyeti sayesinde kompozitin yatay yanma oranını (9,77 mm/dak) azaltmış ve ilgili düzenlemeyi karşılamıştır (< 102 mm/dak).

Petek çekirdek yapısı, mükemmel sertliği ve ağırlığa karşı mukavemet oranı, termal ve akustik yalıtımı nedeniyle uygulamada yaygın olarak benimsenmiştir (Banerjee ve Bhattacharyya, 2011). Sandviç panellerin inşasında sentetik liflerin yerine doğal elyafların kullanımı araştırmacılar tarafından kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve sonuçta; balkon inşaatı, cepheler, duvarlar, çatılar, güverteler ve zeminler gibi çeşitli altyapı uygulamalarında doğal lif esaslı kompozit panellerin işlevinin üzerinde durulmuştur (Ticoalu vd., 2010). Bununla birlikte, yüksek sıcaklıklarda yapısal bütünlük ve fonksiyonel özelliklerin kaybını önlemek konusunda alev geciktirici uygulamaların önemi

hala geçerliliğini sürdürmektedir. Yapı malzemeleri yangın özelliklerine ilişkin ulusal bina kodları, yönetmeliklerin uygulanması ve grup numaralarını belirlemek için koni kalorimetre sonuçlarından yararlanır, bir diğer anlamda ateşleme süresini ve HRR'yi kullanır, bu uygulamalar minimum düzeyde yangın güvenliği sağlamaktadır (Banu vd., 1998). Chanda ve arkadaşları, UL-94 yanıcılık testini (V-1) geçebilen sürekli alev geciktirici keten-PP kompozit tabakası (Şekil 2 (a)) üreterek daha sonra bu tabakalarla petek imal etmişlerdir (Somashekar vd., 2016; Chanda vd., 2021). Çekirdeğin koni kalorimetre sonuçları yaklaşık 15 saniye ateşleme süresi sonunda 450 kW/m^2 PHRR ve 69 MJ/m^2 THR ve test sırasında oluşan karbon tabaka formasyonu göstererek, Şekil 2 (b), yapısını korumuştur. Bu değerler Yeni Zelanda Yapı Yönetmeliği'ne (ISO 5660 'a göre) göre derecelendirmeyi belirlemek için kullanılmıştır. Petek çekirdeği, materyalin uyku alanları dışında bulunan alanlarda duvar ve tavan için kullanılabileceğini gösteren 3 numaralı grup olarak belirlenmiştir (Tizard, 1992). Ayrıca yazarlar, petek çekirdeğinin farklı konfigürasyonlarının sandviç panelinin yangın reaksiyon özelliklerini ciddi şekilde etkilemediğini belirtmişlerdir.

Doğal lif kompozitlerin yangın sonrasında mekanik davranışları da uygulamalar konusunda son derece önemli bir konudur. Kompozitlerin yangına maruz kaldıklarında yük taşıma kapasiteleri, ısı transferi, termal ayrışma ve yanma dereceleri ile doğrudan ilişkilidir. Bhat ve arkadaşları tarafından, tek taraflı radyant ısıtma altında keten, jüt ve kenevir lifi kompozit laminatların (tabakaların) gerilme özellikleri değerlendirilmiştir (Bhat vd., 2017). Bitkisel lif kompozitleri, termal yumuşama aşamasına daha hızlı ulaşarak cam lif laminattan daha kısa bir süre içinde 35 kW/m^2 ısı akışında başarısız olmuştur. Bununla birlikte,

doğal lif laminatlarında (tabakalarında) önemli bir ayrışma meydana gelmeden önce ciddi şekilde zayıflama meydana gelmiştir. Bu doğal lifler arasında, esnek lifli laminatlar diğer kompozitlerden daha yüksek çekme mukavemetleri göstermiştir. Isıtma altındaki doğal lif kompozitlerin düşük gerilme özellikleri göstermelerinin, orta derecede düşük sıcaklıklarda (tipik olarak 200-250°C'nin altında) meydana gelen su buharlaşmasına ve yumuşama, hasara (katmanlara ayrılma ve fiber matris arayüzeyin ayrılmasına) bağlı olduğu söylenebilir. Rajaei ve arkadaşları, ısıtma sonrasında esnek ve cam lif takviyeli epoksi kompozitler arasındaki çarpma davranışı üzerine karşılaştırmalı bir çalışma yürütmüştür (Ahmad vd., 2015; Rajaei vd., 2017). Kompozitler 100, 200 ve 300°C'de ısı konveksiyonu ile ısıtılmıştır. Düşürme Kulesi darbe sonuçları, 300 °C'de ısıya maruz kalmanın, kısmi delaminasyon ile geliştirilmiş bir sönümleme etkisi nedeniyle cam kompozitlerin enerji emilimini arttırdığını buna bağlı olarak keten kompozitin darbe enerjisinin ve kuvvetinin keten lifi 300°C'de bozulma gösterdiğinden azalma gösterdiği kaydedilmiştir. Bu sonuçlar, keten-epoksi kompozitlerin, kompozitlerin orta derecede yüksek sıcaklığa maruz kalabileceği makul darbe yükleme durumlarında kullanım potansiyelini gösterebileceğini ifade etmektedir.

SONUÇLAR

Sentetik malzemelerin çevresel kaygıları, maliyeti ve tükenebilirliği yenilenebilir, ekonomik ve çevre dostu malzemelerin geliştirilmesine yol açmıştır. İnorganik atık madde genellikle biyobozunur değildir ve canlıda toksisiteye neden olur. Diğer yandan, doğal lifler ve biyo bazlı polimerler ve dolgu maddeleri tamamen biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerdir. Hafifliği ve düşük maliyeti nedeniyle otomobillerde ve inşaat uygulamalarında

doğal lif takviyeli kompozit malzemeler tercih edilmektedir. Bununla birlikte, bu kompozitler aralarında yüksek yanıcılığın kritik öneme sahip olduğu bazı zayıflıklara sahip olmaktadır. Şu anda doğal liflerin ve biyo bazlı kompozitlerin yanıcılık özelliği üzerinde sınırlı miktarda literatür mevcuttur. Otomotiv, havacılık, deniz, inşaat ve elektronik endüstrilerindeki uygulamalarını genişletmek için bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır. Polimer kompozitlerin yangın geciktiriciliğini artırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır; bu yöntemler mühendislik yaklaşımı, daha az yanıcı polimerler ve yangın geciktirici katkı maddelerini içerir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, F., Choi, H. S., & Park, M. K. (2015). A review: natural fiber composites selection in view of mechanical, light weight, and economic properties. *Macromolecular materials and engineering*, 300(1), 10-24.
- Arao, Y., Nakamura, S., Tomita, Y., Takakuwa, K., Umamura, T., & Tanaka, T. (2014). Improvement on fire retardancy of wood flour/polypropylene composites using various fire retardants. *Polymer degradation and stability*, 100, 79-85.
- Azwa, Z. N., Yousif, B. F., Manalo, A. C., & Karunasena, W. (2013). A review on the degradability of polymeric composites based on natural fibres. *Materials & Design*, 47, 424-442.
- Bai, G., Guo, C., & Li, L. (2014). Synergistic effect of intumescent flame retardant and expandable graphite on mechanical and flame-retardant properties of wood flour-polypropylene composites. *Construction and Building Materials*, 50, 148-153.
- Bajaj, P. (2000). Heat and flame protection. *Handbook of technical textiles*, 12, 223.
- Bhat, T., Kandare, E., Gibson, A. G., Di Modica, P., & Mouritz, A. P. (2017). Tensile properties of plant fibre-polymer composites in fire. *Fire and Materials*, 41(8), 1040-1050.
- Banu, D., Feldman, D., Haghghat, F., Paris, J., Hawes, D. (1998). Energy-storing wallboard: flammability tests. *Journal of Materials in civil Engineering*, 10(2), 98-105.
- Benisek, L. (1975). Flame retardance of protein fibers. In *Flame-retardant polymeric materials* (pp. 137-191). Springer, Boston, MA.
- Banerjee, S., & Bhattacharyya, D. (2011). Optimal design of sandwich panels made of wood veneer hollow cores. *Composites science and technology*, 71(4), 425-432.
- Bhattacharyya, D., Subasinghe, A., & Kim, N. K. (2015). Natural fibers: Their composites and flammability characterizations. *Multifunctionality of Polymer Composites*, 1(1), 102-143.
- Borysiak, S., Paukszta, D., & Helwig, M. (2006). Flammability of wood-polypropylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, 91(12), 3339-3343.
- Bourbigot, S., & Duquesne, S. (2009). Intumescence based fire retardants. *Fire retardancy of polymeric materials*, 2, 129-162.
- Bourmaud, A., Baley, C. (2007). Investigations on the recycling of hemp and sisal fibre reinforced polypropylene composites. *Polymer Degradation and stability*, 92(6), 1034-1045.

- Camino, G., Costa, L., & Martinasso, G. (1989). Intumescent fire-retardant systems. *Polymer Degradation and Stability*, 23(4), 359-376.
- Camino, G., Costa, L., & Di Cortemiglia, M. L. (1991). Overview of fire retardant mechanisms. *Polymer Degradation and Stability*, 33(2), 131-154.
- Chai, M. W., Bickerton, S., Bhattacharyya, D., & Das, R. (2012). Influence of natural fibre reinforcements on the flammability of bio-derived composite materials. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), 2867-2874.
- Chanda, A., Kim, N. K., Wijaya, W., & Bhattacharyya, D. (2021). Fire reaction of sandwich panels with corrugated and honeycomb cores made from natural materials. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 23(8), 4196-4217.
- Christoe, J. R., Denning, R. J., Evans, D. J., Huson, M. G., Jones, L. N., Lamb, P. R., Russell, I. M. (2002). Wool. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*.
- Das, O., & Sarmah, A. K. (2015). Mechanism of waste biomass pyrolysis: Effect of physical and chemical pre-treatments. *Science of the Total Environment*, 537, 323-334.
- De Chirico, A., Armanini, M., Chini, P., Cioccolo, G., Provasoli, F., & Audisio, G. (2003). Flame retardants for polypropylene based on lignin. *Polymer Degradation and Stability*, 79(1), 139-145.
- Dittenber, D. B., & GangaRao, H. V. (2012). Critical review of recent publications on use of natural composites in infrastructure. *Composites Part A: applied science and manufacturing*, 43(8), 1419-1429.
- El-Sabbagh, A., Steuernagel, L., & Ziegmann, G. (2013). Low combustible polypropylene/flax/magnesium hydroxide composites: mechanical, flame retardation characterization and recycling effect. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 32(14), 1030-1043.
- Fatima, S., & Mohanty, A. R. (2011). Acoustical and fire-retardant properties of jute composite materials. *Applied acoustics*, 72(2-3), 108-114.
- Feih, S., Boiocchi, E., Mathys, G., Mathys, Z., Gibson, A. G., & Mouritz, A. P. (2011). Mechanical properties of thermally-treated and recycled glass fibres. *Composites Part B: Engineering*, 42(3), 350-358.
- Ferdous, D., Dalai, A. K., Bej, S. K., & Thring, R. W. (2002). Pyrolysis of lignins: experimental and kinetics studies. *Energy & fuels*, 16(6), 1405-1412.

- Flores-Hernández, C. G., Colín-Cruz, A., Velasco-Santos, C., Castaño, V. M., Rivera-Armenta, J. L., Almendarez-Camarillo, A., Martínez-Hernández, A. L. (2014). All green composites from fully renewable biopolymers: Chitosan-starch reinforced with keratin from feathers. *Polymers*, 6(3), 686-705.
- Galaska, M. L., Horrocks, A. R., Morgan, A. B. (2017). Flammability of natural plant and animal fibers: A heat release survey. *Fire and Materials*, 41(3), 275-288.
- Gao, M., Wang, H., Wang, Y., Shen, T., & Wu, W. (2016). Flame retardancy and mechanical properties of a novel intumescent flame-retardant unsaturated polyester. *Journal of Vinyl and Additive Technology*, 22(3), 350-355.
- Guan, J. P., Chen, G. Q. (2006). Flame retardancy finish with an organophosphorus retardant on silk fabrics. *Fire and Materials: An International Journal*, 30(6), 415-424.
- Horrocks, A. R. (1983). An introduction to the burning behaviour of cellulosic fibres. *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 99(7-8), 191-197.
- Horrocks, A. R., & Kandola, B. K. (2005). Flammability and fire resistance of composites. In *Design and manufacture of textile composites* (pp. 330-363). Woodhead Publishing.
- Hu, S., Song, L., Pan, H., & Hu, Y. (2012). Thermal properties and combustion behaviors of chitosan based flame retardant combining phosphorus and nickel. *Industrial & engineering chemistry research*, 51(9), 3663-3669.
- Hull, T. R., Witkowski, A., & Hollingbery, L. (2011). Fire retardant action of mineral fillers. *Polymer degradation and stability*, 96(8), 1462-1469.
- Igwe, I. O., Onuegbu, G. C. (2012). Studies on properties of egg shell and fish bone powder filled polypropylene. *American Journal of Polymer Science*, 2(4), 56-61.
- İstıman, N. A., Gündüz, H. O., & Kaynak, C. (2009). Nanoclay synergy in flame retarded/glass fibre reinforced polyamide 6. *Polymer Degradation and Stability*, 94(12), 2241-2250.
- Jeencham, R., Suppakarn, N., & Jarukumjorn, K. (2014). Effect of flame retardants on flame retardant, mechanical, and thermal properties of sisal fiber/polypropylene composites. *Composites Part B: Engineering*, 56, 249-253.
- Joseph, P., Ebdon, J. R. (2000). Recent developments in flame-retarding thermoplastics and thermosets. *Fire retardant materials*, 1, 220-263.

- Kalia, S., Kaith, B. S., & Kaur, I. (2009). Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites—a review. *Polymer Engineering & Science*, 49(7), 1253-1272.
- Kandola, B. K. (2012). Flame retardant characteristics of natural fibre composites. *Natural polymers*, 1, 86-117.
- Keener, T. J., Stuart, R. K., & Brown, T. K. (2004). Maleated coupling agents for natural fibre composites. *Composites part A: applied science and manufacturing*, 35(3), 357-362.
- Kim, N. K., Lin, R. J. T., Bhattacharyya, D. (2014). Extruded short wool fibre composites: mechanical and fire retardant properties. *Composites Part B: Engineering*, 67, 472-480.
- Kozłowski, M., Szczurek, S., Szczurek, T., Frackowiak, S. (2008). Influence of matrix polymer on melt strength and viscosity of wood flour reinforced composites. *International Journal of Material Forming*, 1(1), 751-754.
- Lee, C. H., Salit, M. S., & Hassan, M. R. (2014). A review of the flammability factors of kenaf and allied fibre reinforced polymer composites. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2014.
- Liu, L. Y., He, K., Hites, R. A., & Salamova, A. (2016). Hair and nails as noninvasive biomarkers of human exposure to brominated and organophosphate flame retardants. *Environmental science & technology*, 50(6), 3065-3073.
- Lu, S. Y., & Hamerton, I. (2002). Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers. *Progress in polymer science*, 27(8), 1661-1712.
- Laufer, G., Kirkland, C., Cain, A. A., Grunlan, J. C. (2012). Clay–chitosan nanobrick walls: completely renewable gas barrier and flame-retardant nanocoatings. *ACS applied materials & interfaces*, 4(3), 1643-1649
- Menefee, E., & Yee, G. (1965). Thermally-induced structural changes in wool. *Textile Research Journal*, 35(9), 801-812.
- Mohanty, A. K., Misra, M. A., & Hinrichsen, G. I. (2000). Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromolecular materials and Engineering*, 276(1), 1-24.
- Mouritz, A. P., & Gibson, A. G. (2007). *Fire properties of polymer composite materials* (Vol. 143). Springer Science & Business Media.
- Nan, N., DeVallance, D. B., Xie, X., Wang, J. (2016). The effect of bio-carbon addition on the electrical, mechanical, and thermal properties of polyvinyl alcohol/biochar composites. *Journal of Composite Materials*, 50(9), 1161-1168.

- Nguyen, Q. T., Tran, P., Ngo, T. D., Tran, P. A., & Mendis, P. (2014). Experimental and computational investigations on fire resistance of GFRP composite for building façade. *Composites Part B: Engineering*, 62, 218-229.
- Prabhakar, M. N., Shah, A. U. R., Rao, K. C., Song, J. I. (2015). Mechanical and thermal properties of epoxy composites reinforced with waste peanut shell powder as a bio-filler fibers and polymers, 16(5), 1119-1124.
- Price, D., Anthony, G., & Carty, P. (2001). Introduction: polymer combustion, condensed phase pyrolysis and smoke formation. In *Fire retardant materials* (pp. 1-30). Woodhead Publishing.
- Price, D., Horrocks, A. R. (2009). Polymer degradation and the matching of FR chemistry to degradation. *Fire Retardancy of Polymeric Materials*; Wilkie, CA, Morgan, AB, Eds, 15-42.
- Rajaei, M., Wang, D. Y., & Bhattacharyya, D. (2017). Combined effects of ammonium polyphosphate and talc on the fire and mechanical properties of epoxy/glass fabric composites. *Composites Part B: Engineering*, 113, 381-390.
- Rajaei, M., Kim, N. K., & Bhattacharyya, D. (2018). Effects of heat-induced damage on impact performance of epoxy laminates with glass and flax fibres. *Composite structures*, 185, 515-523.
- Somashekar, S. M., Manjunath, V., Gowtham, M. J., & Balasubramaniam, N. S. (2016). Investigation on Mechanical Properties of Hemp–E Glass Fiber Reinforced Polymer Composites. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 7(3), 182-192.
- Stapulioniene, R., Vaitkus, S., Vėjelis, S., & Sankauskaite, A. (2016). Investigation of thermal conductivity of natural fibres processed by different mechanical methods. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 17(10), 1371-138.
- Subasinghe, A., & Bhattacharyya, D. (2014). Performance of different intumescent ammonium polyphosphate flame retardants in PP/kenaf fibre composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 65, 91-99.
- Subasinghe, A. D. L., Das, R., & Bhattacharyya, D. (2016). Parametric analysis of flammability performance of polypropylene/kenaf composites. *Journal of materials science*, 51(4), 2101-2111.
- Szolnoki, B., Bocz, K., Soti, P. L., Bodzay, B., Zimonyi, E., Toldy, A., ... & Marosi, G. (2015). Development of natural fibre reinforced flame retarded epoxy resin composites. *Polymer Degradation and Stability*, 119, 68-76.

- Ticoalu, A., Aravinthan, T., & Cardona, F. (2010). A review of current development in natural fiber composites for structural and infrastructure applications. In Proceedings of the southern region engineering conference (SREC 2010) (pp. 113-117). Engineers Australia.
- Tizard, C. (1992), Building Regulations, New Zealand Government, Wellington, pp. 1–110.
- Wang, L., Yoshida, J., Ogata, N., Sasaki, S., & Kajiyama, T. (2001). Self-assembled supramolecular films derived from marine deoxyribonucleic acid (DNA)– cationic surfactant complexes: large-scale preparation and optical and thermal properties. *Chemistry of Materials*, 13(4), 1273-1281.
- Wongsiraksa, P., Togashi, K., Nakai, A., & Hamada, H. (2013). Continuous natural fiber reinforced thermoplastic composites by fiber surface modification. *Advances in Mechanical Engineering*, 5, 685104.
- Yew, M. C., Ramli Sulong, N. H., Yew, M. K., Amalina, M. A., & Johan, M. R. (2014). Fire propagation performance of intumescent fire protective coatings using eggshells as a novel biofiller. *The Scientific World Journal*, 2014.
- Zhang, S., & Horrocks, A. R. (2003). A review of flame retardant polypropylene fibres. *Progress in Polymer Science*, 28(11), 1517-1538.
- Zhang, Z. X., Zhang, J., Lu, B. X., Xin, Z. X., Kang, C. K., & Kim, J. K. (2012). Effect of flame retardants on mechanical properties, flammability and foamability of PP/wood–fiber composites. *Composites Part B: Engineering*, 43(2), 150-158.

KURULUŞLARIN BAKIŞ AÇISINDAN BULUT BİLİŞİMİN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Osman Zeki İNAN, Mehmet Cabir AKKOYUNLU¹

GİRİŞ

Bilgisayarlar güncel hayatın en değerli parçalarındandır. İnsanların başından ayırlamadığı ve birçok gündelik işlerini yapmalarına olanak tanıyan bilgisayarlar, bilişim teknolojilerinin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Özellikle son yıllarda meydana gelen gelişmeler ve internet kullanımının kolaylaşması, bilişim teknolojilerinin gelişmesini ve kullanılmasını büyük oranda arttırmıştır. Tüm Dünya üzerinde bu teknolojiler hızla yayılarak büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

Bulut bilişim ise bilişim teknolojilerinin en değerli parçalarından biridir. Bulut bilişim aslında insanların farkında olmadan kullandığı bir hizmet yapısıdır. Temel mantığı, kullanılan bilişim cihazları arasında bilgi paylaşımını yüksek hızla sağlamaktır. Farklı farklı hizmet modelleri ve dağıtım modelleri mevcuttur. Bunlara bağlı

¹ Bilgisayar mühendisi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi YBS tezli yüksek lisans öğrencisi, inanosmanzeki@gmail.com, Endüstri Mühendisi, Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, mcakkoyunlu@kmu.edu.tr

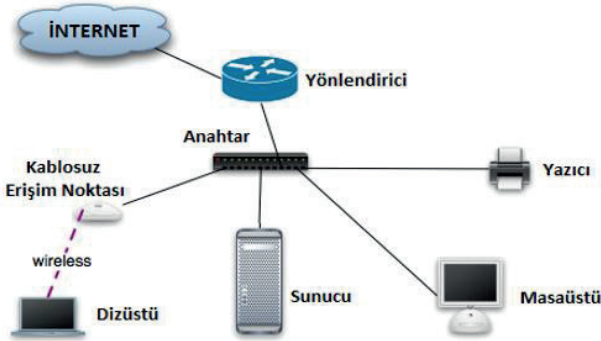
olarak teknolojinin hızlı gelişiminin ve gün geçtikçe artan rekabet ortamı, kurum ve kuruluşların bağlı oldukları sektöre uyumlu teknolojik gelişmelerden haberdar olmaları, takip etmeleri ve sektör teknolojisini yakalamak zorundadırlar. Bilgi ve iletişim alanındaki gelişmeler sürekli yenilenmesi ve sürekli artan teknolojiler ile teknolojiyi kullanmak çok önemli hale gelmektedir. Bu gelişmelerden yararlanmak kaçınılmaz bir durum olarak adlandırılabilir. Bulut bilişim kullanımı erişim kolaylığı açısından önemli bir teknolojidir.

Bilişim teknolojilerinin 2000-2015 seneleri arasındaki en aktif teknolojisi bulut bilişimdir. Bulut sistemlerini kısaca açıklayacak olursak; kurum ve kuruluşların hizmet sağlayıcıları tarafından ihtiyacı kadar olan kaynağından faydalanarak kişilerin kendilerinin kolayca yönetebileceği sistemlerdir. Bu sistemlerin kullanılması ile birlikte herhangi bir istenilen veriye bilgisayar, tablet veya akıllı telefonlar aracılığı ile kolayca erişmek mümkündür. Bu şekilde kullanım avantajlarında akıllı cihazlara herhangi bir ek yazılım kurulmadan, sadece internet bağlantısı olması ile birlikte her yerden erişim sağlanması mümkündür.

Bu çalışmada bulut kavramını, bulut sistem çeşitleri, bulut bilişim kavramı ve gelişimi, bulut bilişim güvenliği, temel unsurları, avantajları ve dezavantajları incelenerek bir şirketin bulut bilişime bakış açısı irdelenerek bulut bilişim ile tanışacak kurum ve kuruluşlara bulut bilişimi yakından tanınması amaçlanmıştır.

BULUT NEDİR?

Bulut kavramının bilişim sektöründeki karşılığı internet alanı olarak tanımlanmaktadır. İnternet bağlantısı olan cihazlardan resim, müzik, video ve her türlü belge ve dokümanların istenildiği anda ulaşılması ve kullanılmasına olanak sağlayan sanal bir alandır. Bulut ilişki tablosu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Bulut Bilişim Şekli (Korkmaz, 2010: 3)

Bulut kelimesi, literatürde interneti temsil etmektedir (Velte ve diğerleri 2010: 3). Şekil 1’de gösterildiği gibi bilgisayar ağı(network) diyagramlarında istemci ve sunucu bilgisayarlar, anahtar(switch), yönlendirici(router), ağ geçidi(gateway) vb. ağ elemanları ile birlikte iletişim için aralarında oluşan bağlantılar sağlandıktan sonra kalan kısımları ifade etmek için kullanılmaktadır (Korkmaz, 2010: 3).

Bulut diye adlandırdığımız interneti temsil eden kavram olarak açıkladığımız bir teknoloji bulut teknolojisidir. Bulut teknolojisi, ortak bir havuza bilişim kaynaklarından oluşturularak uygun koşulların sağlanması durumunda her zaman her yerden erişime imkân tanıyan bir teknolojidir.

BULUT SİSTEM ÇEŞİTLERİ

Tek bir bulut bilişim türünün herkese uygun olamayacağından tüm bulut sistemleri aynı değildir. Kurum ve kuruluşların ihtiyaçları doğrultusunda doğru çözüme ulaşmaları ve yardımcı olmak adına farklı bulut sistem çeşitleri geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemler aşağıdaki gibidir.

Genel Bulut

Genel Bulut, herkesin kullandığı bulut sistemi olarak adlandırılabilir. Maliyetini, kar oranını, gizliliğini ve kullanımı gibi parametrelerinin tamamını hizmet sağlayıcısı tarafından belirlendiği bir bulut hizmetidir. En çok kullanılan ve bilinen genel buluta verebileceğimiz örnekler; S3, Amazon EC2, Force ve Google AppEngine'dır (Dillon vd., 2010). Genel bulutlar en çok tercih edilen bulut sistemidir. Genel bulutlar kullanıcılara ücretli veya ücretsiz sunulmaktadır.

Özel Bulut

Özel bulut, birebir olarak tek müşteriye bulut imkanı sağlanan bir bulut bilişim sistemidir. Özel bulut avantajlarının birçoğunu şirket içi BT altyapısının denetimi ve güvenliği ile birleştirerek faaliyet göstermektedir. Şirketlerin özel bulut sistemini seçmelerindeki en önemli etken yasal uyumluluk gereksinimlerinin karşılanması adına daha kolay bir yol olarak özel bulut sistemine yönelmektedirler. Özel bulutun tercihinde şirketlerin bazıları kişisel bilgiler, gizli belgeler, fikri mülkiyet, finansal veriler veya hassas olan verilerin güvenliğini korumak adına özel bulutta olan daha sıkı güvenlikler özel bulutu tercih nedeni yapmaktadır. Özel bulut sistemleri kullanıcılarına iki farklı sistem sunmaktadır (Microsoft).

Bu sistemlerden birincisini ele alacak olursak, IaaS diye adlandırılan bir şirketin bilgi işlem, depolama ve ağ gibi altyapı kaynaklarını hizmet olarak kullanmasıdır. İkincisi ise PaaS diye adlandırılan bir şirketin basit bulut tabanlı uygulamalarından gelişmiş etkin kurumsal uygulamalarına kadar her şeyi sunmasına olanak sağlamaktadır. Özel bulut sistemini genel bulut sistemiyle birleştirilerek oluşan yeni bulut sistemine Hibrit (Karma) bulut sistemi olarak adlandırılır (Microsoft).

Hibrid (Karma) Bulut

Karma (hibrit) bulut hem özel hem de genel bulut sisteminin kullanılması ile şirketler verilerinin güvenliğini daha iyi sağlamak adına ortaya çıkan bir yapıdır. İki veya daha fazla bulut sisteminin birleşimi bu farklı bulutlar ayrı olarak bulunmaktadır fakat birbirlerine bağlıdır, bu sebepten ötürü çoklu yerleştirme modellerinin imkânlarını sunarlar (Steven, 2011). Hibrit bulut modelinde kurum ve kuruluşların önem arz edecek olan bilgilerini özel bulut sisteminde saklanması, kurum ve kuruluşların daha az önem arz eden ve paylaşılacak olan bilgilerini ise genel bulutta kullanmasıdır.

Çoklu Bulut

Çoklu bulut sisteminin temsil ettiği yapı birden fazla bulut servis sağlayıcısından hizmet alınmasıdır. Çoklu bulut sistemi ile kullanıcı kuruluşlar aynı anda farklı sistemlerin aralarında iletişim hâlinde olduğu ve birlikte ortak sistem üzerinden belge ve dökümanlarına erişim sağlayarak gerçekleştirebilir (IBM, 2022). Kurum ve kuruluşlar bu bulut sisteminde kendilerini daha güvende hissederler.

Kurum ve kuruluşlar bulut hizmet sağlayıcılarına bağlı kalmamak için seçim yapabileceği daha fazla hizmet sağlayıcısına sahip olmak adına ve fazla yeniliğe erişmek için çoklu bulut sistemini tercih etmektedirler. Ancak bu beraberinde çok fazla bulut sistemi kullanmaktan kaynaklı ortamı yönetmek o kadar zor olabilir (Cichy, 2021). Çoklu bulut sistemlerinin yönetilmesinin zorluğundan dolayı diğer bulut sistemlerine göre daha az tercih edilmektedir.

BULUT BİLİŞİM NEDİR?

Bulut Bilişime adını veren ‘Bulut’ kelimesinin kaynağı olarak bilgisayar ağ diyagramlarında internete ait alt yapıyı belirtmek için kullanılan bulut şeklinin etkili olduğu

düşünülmektedir (Neamtiu 2012: 1-2). Bulut bilişim terimi Amazon şirketi tarafından ilk defa 2006 senesinde kullanılmaya başlamıştır. Halen gelişmekte olan bulut bilişim teknolojisi için genel olarak kabul edilmiş tanımı olmasa da çok sayıda tanımı mevcuttur (Wyld, 2009). Bu nedenden dolayı bilişim sektöründe bulut bilişimini kendi bakış açıları ile farklı yorumlamalar ile tanımlar yapılmaktadır (Yıldız, 2009). Genel bir tanımı dikkate alacak olursak İngilizce’de “Cloud Computing” olarak kullanılmaktadır.

Bulut Bilişim olarak sağlayan bir model olarak paylaşılabılır, yapılandırılabilir bilgi işlem kaynakları havuzuna örnek olarak; depolama, sunucular, ağlar, hizmetler ve uygulamalar her yerde, kullanışlı bir şekilde isteğe bağlı ağ erişimi minimal yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimi ile hızlı bir şekilde ulaşabilmeyi sağlamaktadır (Eric, 2018: 145). Bulut bilişimi ifade edecek farklı amaçları ifade edebilecek çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Farklı tanımlarının olması yanında kavram olarak İngilizce’de bulut bilişimin “Cloud Computing” olarak kullanılmaktadır. Bir tanıma göre Armbrust (2010) bulut bilişimi sistem yazılımları ve donanımları internet yolu ile servis olarak sunan bir yazılım olarak tanımlamaktadır.

Bir diğer tanımı dikkate aldığımız da bulut bilişim, kullanıcıların ihtiyaç duydukları hizmetlere internet üzerinden erişimin sağlanması ve bilgisayarların var olan kapasitelerinin gelişmesini sağlayan bir teknolojidir (Rayport ve Heyward, 2009). Model olarak tanımı ise; “Bulut bilişim, bilgisayar tabanlı kaynakların internet ağ yapısı üzerinden paylaşılması ve kullanılması modelidir” (Topaloğlu, Özkişi, Tekkanat 2017: 20). Diğer hizmet modelini açıklayan Avrupa Ağ ve Bilgi Güvenliği Ajansı [ENISA] bulut bilişimi; “Çoğunlukla sanallaştırma ve

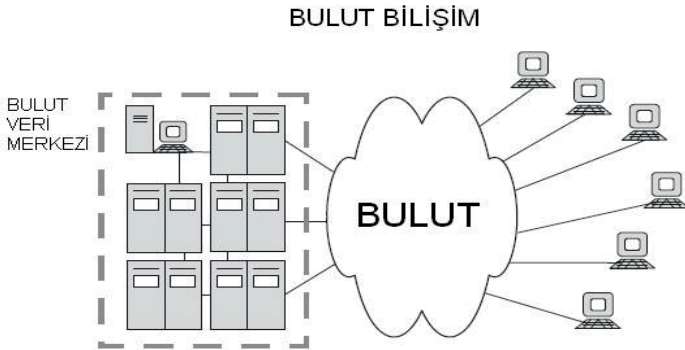
dağıtık bilişim teknolojileri yoluyla BT kaynaklarının sağlanması için isteğe bağlı hizmet modeli” olarak tanımlanmaktadır (Daniele ve Giles, 2009: 23). Bilgi teknolojileri üzerine araştırma yapan bağımsız danışmanlık firması Forrester Research bulut bilişimi; “Kullandığın kadar öde mantığından hareketle internet teknolojileri yoluyla sunulan standartlaştırılmış BT yeteneği (hizmet, yazılım ya da altyapı)” olarak tanımlanmaktadır (Ried ve diğerleri, 2010: 3).

Bulut bilişim, kullanıcıların kullandığı hizmetlerin sunucu, yapılandırma veya depolama gibi altyapı detaylarını bilmeden internet üzerinden erişim sağlayan bir model olarak tanımlanmaktadır. Bulut sistemi genellikle interneti temsil eden bir metafor olarak kullanıldığı için bu modeli bulut bilişim olarak tanımlanmıştır (Sultan, 2011: 272-278). Bilişim alanının yüksek ölçüde hakimiyeti olan Microsoft bulut bilişimi şöyle açıklamıştır; “Network diyagramlarında internet’i simgeleyen bulut resminden dolayı “Bulut Bilişim” kavramı kuruluşların ihtiyaçlarına göre herhangi bir uygulama veya doküman’ın internet üzerinden online bir şekilde erişilmesi ve çalışmasıdır. En büyük özelliği ise; “kullanıcıların herhangi bir kurulum yapmasına ve standart yazılımlardaki gibi BT altyapı teknolojilerine fazla yatırım yapmasına gerek olmamasıdır.” (Microsoft 2015).

Bulut bilişimin tanımlanmasında öne çıkan açıklamalardan birini de Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. “Yönetim çabası düşük olan ya da servis sağlayıcı etkileşimleri ile veri kaynaklarının hızlı bir şekilde alınması ve salıverilmesini, veri kaynaklarının havuzuna istendiği zaman erişim sağlanmasını mümkün kılan model” olarak tanımlanmaktadır (Mell ve Grance, 2011).

Bulut bilişim, maddi açıdan servislerin daha ucuza kullanılmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra kuruluşlardaki bilişim uzmanlarına bilişim teknolojilerini yönetmek için etkili ve büyük bir destek sunmaktadır. Bilişim uzmanları bu sayede kullanıcılara daha önce sahip olmadıkları araçlar aracılığıyla çok daha hızlı ve etkili bir hizmet verebilmektedir (Kossman, 2010).

Bulut bilişim tanımlamalarına bakıldığında zaman, bir sistem modeli akıllarda az çok canlanmaktadır. Bu sistemin genel yapısını Şekil 2’de göstermiştir.



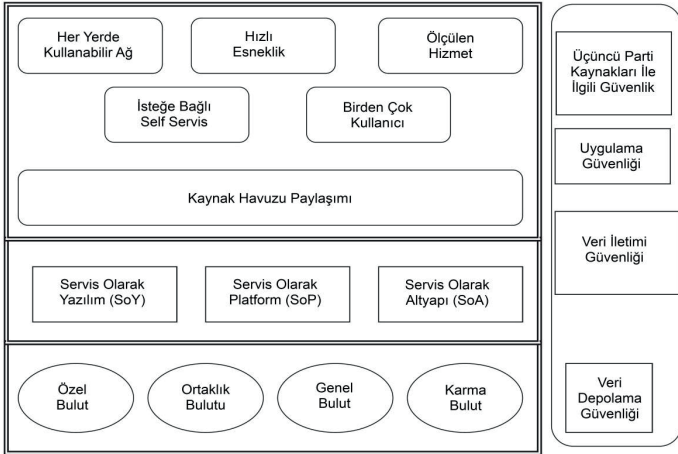
Şekil 2: Bulut Bilişim Genel Yapısı (Hugos ve Hulitzky, 2011: 46)

BULUT BİLİŞİM GÜVENLİĞİ

Bulut bilişim sistemlerinde güvenlik kavramı genel olarak kurum ve kuruluşlar tarafından sisteme yükledikleri verilerin korunmasını servis sağlayıcı kurum üstlenmektedir. Ülkemizde bulut bilişimin güvenliği için 5411 sayılı bankacılık kanunu bilişim sistemleri üzerinde veri güvenliğini sağlamak amacı ile başvurulacak bir kaynak olarak düzenlenmiştir. Veri güvenliği açısından düşünüldüğünde bu kanun uygulanabilir bir şekilde olduğunda daha güvenli bulut bilişim modelinin aktif hale gelebileceği ve kullanıcıya daha güvenli bir hizmet

olarak açılmasında bir sorun olmayacağı belirtilmektedir (Topaloğlu ve arkadaşları, 2017: 68).

Bulut bilişim güvenliği bulut tabanlı sistem, veri ve alt yapıları korumak için bir arada çalışan bir dizi prosedür, kontrol, politika ve teknolojiye dayanmaktadır. Bulut güvenlik önlemleri, yasalara uyumu desteklemek, verileri korumak ve müşterilerin gizliliğini korumanın yanı sıra, bireysel kullanıcı ve cihazlar için kimlik doğrulama kurallarını belirlemek için yapılandırılmıştır. Bulut güvenliği, erişim için yapılan güvenlik protokollerinden kimlik doğrulamaktan veri trafiğini filtrelemeye kadar işletmelerin çoğu özel ihtiyacını karşılamak için şekillendirilebilir. Bulut güvenlik kuralları tek bir yerden yapılandırılıp yönetilebildiğinden genel masraflarda tasarrufun yanında BT ekiplerinin işletmenin diğer alanlarına odaklanmasına da destek olmaktadır (Forcepoint). Bulut bilişim güvenlik yapısı Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3: Bulut Bilişim Güvenlik Yapısı (Furuncu, 2012: 12)

BULUT BİLİŞİM TARİHİ VE GELİŞİMİ

Bulut bilişimin başlangıcı olarak 1960'lı senelerde, yapay zekâ kavramını ortaya çıkartan Amerikalı bilgisayar bilimci John McCarthy'nin bu hizmetlerin belirli bir süre sonra elektrik ve su gibi temel ihtiyaçlar olarak kabul edileceğine ilişkin düşüncelerini dile getirmiştir. Bulut Bilişim hizmetlerinin günümüzde kamu alanına, özel kullanımlara ya da topluluklara ilişkin dağıtımının da yukarıdaki servisleri kadar kolay olacağı ve yaygınlaşacağını öngörmüştür. Bu durumların yanında çevrimiçi olmaları, hizmetlerin esnekliği ve kamu hizmeti şeklinde sağlanması gibi özellikleri bulundurması değerlendirilmiştir. Bu durumlarla ilişkin açıklamalar 1966 senesinde "The Challenge of Computer Utility" adlı kitabı yazan Douglas Parkhill tarafından ele alınmıştır. Araştırmacıların bir kısmına göre de bulut bilişimin tarihi gelişim olarak 1950'li senelere kadar öne çekilmiştir.

Dünya geneline baktığımızda 15 adet dumb (veri girişi/ çıkışı) terminal kurularak, Herb Grosch'a göre sistemin bu merkezi yapı taşı üzerinden çalışacağını dile getirmektedir (Ryan, Merchant, ve Falvey, 2011). Teknoloji'nin ilerlediği 1980 senelerinde bellek ve işlemci kapasitelerinin gelişen teknolojiler ile artırılması ile birlikte maliyetleri düşmüş ve bu düşen maliyetler fiyatlara yansımıştır. Bunun sonucunda kişisel bilgisayarlar (PC) ortaya çıkmıştır. Kişisel bilgisayarların kullanım özelliklerinin gelişmesi ile birlikte önceden ana bilgisayarı merkezileştiren sistem bir anda kullanıcı yönetimine geçmiştir. Bu da bilişim hizmetlerinin sunum modelini dağıtık bir sisteme dönüştürmüştür (Mirzaoğlu, 2011: 8).

1990'lı senelere kadar kişisel uygulama yazılımında büyük atılımlar ve gelişmeler yaşanmıştır. 1990'lara gelindiği zaman Escalante ve Furth yerel alan ağları

(LAN) üzerinden bilgisayarlar arasında bağlantı kurup veri alışverişi yapmaya başlamışlardır. LAN bağlantılarının artmasıyla büyük ölçekli firmalar sunucu bilgisayarları bir araya getirerek sunucu odaları oluşturmaya başlamışlardır (Furth ve Escalante, 2010: 3). Sunucu odaların oluşturulması ile birlikte terim olarak Bulut Bilişim 1990 senelerine kadar internet kavramı yerine kullanılmıştır. İnternet kavramını da bulut simgesinin temsil ettiği bilinmektedir.

İlk zamanlarda sadece kullanıcılar ile sunucular arasında bir ağ sistemi olarak ifade edilirken, zamanla gelişen ve değişen teknolojiler sonucunda sunucuları da bu alana ekleyip bilişim kavramına dönüşmüştür. 1990 senelerinde, telekomünikasyon şirketleri kullanıcılara özel sanal ağ hizmetlerini sunmuşlardır. Bu ağların nasıl kullanıldığını kontrol edebilmek amacıyla bant genişliği ve anahtarlama gibi teknolojilerini kullanmaya başlamış, bu teknolojiler ise günümüzdeki bulut Bilişimin alt yapısını oluşturmuştur. Bu gelişmelerle birlikte internet bulunmasını tetiklemiştir. 2000’li senelere gelindiğinde ağ sistemlerinin kapasitesinin yükselmesi, depolama ve bilgisayar sistemlerinin maliyetinin düşmesiyle birlikte bu sistemlerin takibi olarak donanım ekipmanlarının sanallaştırılmasını da eklediğimizde bulut bilişim sistemlerinin gelişimine katkı sağlamıştır (Meulen ve Pettey, 2008). Bu etkiler ile birlikte bulut bilişime ilk adımı Amazon şirketi atmıştır.

2000’li senelerin başlarında bulut bilişim yolundaki ilk ve en sağlam adımı Amazon şirketinin attığını görmekteyiz. Amazon şirketine bağlı olan sunuculardan boş olanlarının başka şirketlere pazarlanmak istemesidir. İlerleyen süreçte bulut bilişim yaklaşımını Amazon şirketi geliştirmiş ve Microsoft, Google, Apple ve Yahoo! gibi şirketlerin teker teker bulut bilişim sistemine geçmesine öncülük etmiştir.

Genel olarak bakıldığında zaman bulut bilişimin gelişmesi, teknolojinin gelişmesiyle desteklenmiştir.

Bulut bilişim gelişim şekli Şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4: Bulut Bilişim Gelişim Şekli

BULUT BİLİŞİM AVANTAJLARI

Bulut bilişim kurum ve kuruluşların BT kaynaklarını dış kaynaklardan alınabilmesi, erişilebilmesi ve kullanıcıların ortak çalışabilecekleri bir ortamı sağlamaktadır. Gün geçtikçe artan bant hızları ve daha fazla miktarda veri taşınmasına imkan vermesi ile birlikte bulut bilişim sistemi ortaya koyduğu avantajlar ile işletmelerin daha geniş bir alanda dış kaynak kullanımına olanak sağlamaktadır. Bulut bilişim avantajlarını genel olarak incelediğimizde daha büyük ölçekte uygulanan her türlü güvenlik önleminin daha ucuz olduğu bir gerçektir. Bu nedenle, işletmeler bulut bilişimi benimseyerek aynı miktarda parayla daha iyi koruma elde edebilir. Güvenlik, yama yönetimi, veri gerçekliği sorgulama, filtreleme, insan kaynakları ve bunların yönetilmesi, donanım ve yazılım yedekleme, sanal makine örneklerinin sertleştirilmesi, güçlü kimlik doğrulama, etkin rol tabanlı erişim kontrolü ve varsayılan olarak kimlik yönetimi çözümleri gibi her türlü savunma önlemini içerir. Ayrıca, iş birliğinin ağ üzerindeki etkilerini

de iyileştirebilir (Catteddu ve Hogben, 2009: 17). Bu iyileştirmelerin yanı sıra veri kurtarmada çok önem arz eden çoklu konular kavramıdır.

Çoklu konular; bulut sağlayıcıları varsayılan olarak içeriği çoğaltmak için ekonomik kaynaklara sahiptir ve bu da fazlalık ve başarısızlıktan bağımsızlığı artırır. Bu nedenle, doğal afetler gibi durumlarda veri kurtarma olanağını sağlar. Furth ve Escalante'ye (2010, s.359) göre bulut bilişimin ölçeklenebilir olma özelliği beraberinde hizmet olarak alınan kaynakların kullanım oranlarını ve performanslarını izleyerek ölçeklendirme kararının otomatikleştirilmesi ihtiyacını getirmektedir. Bu ihtiyaçların doğrultusunda bulut bilişim avantajları şu başlıklarda toplanmıştır.

Maliyet

Bulut bilişimin firmalara sağlayacağı en önemli avantaj maliyet avantajıdır. Bulut bilişim hizmetleri sayesinde kısıtlı bütçeye sahip işletmeler düşük sermayelerle yüksek bütçeler gerektiren bilişim hizmetlerine ulaşabileceklerdir (Goodburn ve Hill, 2010). Bununla beraber kurulum süreçlerini de etkilemektedir.

Bulut bilişimin sistem kurulum sürecini hızlandırması sayesinde firmaların operasyona başlama süreci kısıllanacak, altyapıya yapılacak maliyetten edilen tasarruf sayesinde küçük işletmelerin pazara daha hızlı girmesine katkı sağlanacaktır (Seyrek, 2011). Firmaların pazara giriş süresinin kısaltılması büyük bir avantaj olarak görülmektedir.

Avrupa ekonomik alanı içerisinde 2011 senesinde yapılan araştırmalarda bulut bilişim sistemini kullanmaya başlayan kurum ve kuruluşların %80'inin maliyet alanında, %10-20 gibi bir oransal azalma olduğu izlenmiştir. Bulut bilişim sisteminde hizmet sağlayıcıların kuruluşlara yazılım, güncelleme ve donanım alanında sunulmaktadır.

Bununla birlikte hizmet alıcılar ayrıca kaynak için yatırım yapmamaktadırlar. (European Commission, 2012a) En çok yatırımlar işletmeler için BT birimindedir. BT birimi için bakım onarım hizmetleri ve personel maliyetlerini azaltmak için işletmelerin terci ettiği Bulut bilişime geçiş de önemli rol oynamaktadır.

İşletmelerin, BT birimlerindeki operasyonları yönetecek ve bakımını yapacak daha az sayıda personele ihtiyaç duyacakları için personel maliyetlerinde önemli bir tasarruf oluşacaktır. BT birimlerinin yüksek maliyeti göz önüne alındığında bu durumun kurum ve kuruluşlar için önemli bir avantaj sağladığı görülmektedir (Seyrek, 2011: 704).

Esneklik

Bulut bilişimde avantajları göz önüne aldığımız zaman maliyetlerden sonraki en büyük avantaj esnekliktir. Kullanıcıya hizmet olarak sunulan esneklik, hizmeti istediğinde kullanması, kuruluşun iş durumuna göre artma ve azalma durumlarında kaynakların verimli kullanılması ve uzaktan erişim ile yönetilebilmesi olarak açıklanmaktadır. Kuruluşlar tarafından ihtiyaç olan bilişim kaynaklarında meydana gelen değişimler (azalma ya da artma yönünde) çok daha düşük maliyetli ve daha kolay karşılanabilmektedir. Özellikle kuruluşların ihtiyaç duyduğu dönemsel veya anlık kapasite değişikliklerinden sürpriz bir şekilde karşılanması değil önceden belli birim fiyatları ve daha düşük bütçelerle karşılanabilmektedir (Atalay, 2012). Aynı değişimler geleneksel yapıda karşılanması durumunda BT altyapısının genişletmesi gerekmektedir. Bu olası durumlar kurum ve kuruluşların anlık kapasite artışı haricindeki kaynakların atıl olması gibi sonuçlar doğuracak ve yatırım maliyetini artıracaktır.

Bulut bilişim modelinde çalışanların şirketin bilişim kaynaklarına mekândan bağımsız olarak istedikleri yerden ve internet bağlantısı bulunan herhangi bir cihazdan ulaşabilmesi küresel ekonomi ile birlikte dünyanın hangi noktasında olduğu fark etmeden her yerde ofisleri ve çalışanları olan firmalar için bu önemli bir avantaj olarak görülmektedir (Iyer ve Henderson, 2010).

Çevrecilik

İşletmelerin çevrecilik adına doğaya salınan karbon oranını azaltmak ve hatta tamamen bitirmesi adına ‘yeşil kimlik’ bilgileri ile öne çıkmak istemesi ve bulut bilişimin buna imkân sağlaması bulut bilişimin avantajlarından çevrecilik ön plana çıkmaktadır.

Verimlilik kavramı, sadece bilişim kaynaklarının daha verimli olarak kullanılmasını değil daha da fazlası olarak sunucuların ucuz elektrik elde edebileceği bölgelere yerleştirilmesi ve bilişim güçlerinin internet üzerinden çok uzak mesafelere ulaştırılabilmesi gibi, yeşil bilişim olarak adlandırılan fikirleri de içerisinde barındırmaktadır (Marston ve diğerleri, 2011: 181). Bu kapsamlarda Salesforce firmasının yaptığı araştırmada; Bulut bilişimde veri işleme ve çalışmasının geleneksel yöntemlere oranla karbon salınımında ortalama %95 daha verimli olduğu görülmüştür (Cantürk, 2013: 49).

Erişim Kolaylığı

Çalışanların internete bağlı olduklarında her yerden işlerini kolayca yapabilmesi bulut bilişimin avantajları arasındadır. Geniş bir bank genişliği ile birlikte kullanıcılara her noktadan verileri ve dökümanları sunucuya aktarmasında, depolama alanlarını ve gerektiğinde uzak sistem ile erişim yaparak güncelleme yapılabilmesini de sağlamaktadır. Mobil yaşamı destekleyen en önemli iletişim

ve bilgi hizmetlerinden biri haline gelen bulut bilişim fiziksel disk de oluşabilecek problemlerinde verilerin ve bilgilerin kaybolması gibi oluşabilecek durumları azaltmaktadır (Henkoğlu, 2013: 66). Bu da şirketlerin verilerinin güvenliğini sağlamadaki en büyük hususlardan biridir.

Dünyanın her noktasından erişilebilmesi özelliği ile kuruluşların çalışanlarının ve ofislerinin nerede olduğunun bir önemi yoktur. Bu da bulut bilişimin avantajlarının başında gelmektedir. İşletme personelleri ihtiyaç halinde veri ve uygulamalara iş yerlerinden veya buldukları yerlerden taşınabilir internete bağlanılan her türlü cihazlar ile ulaşım sağlamaktadır (Iyer ve Henderson, 2010: 119).

Kolay Raporlama ve Yönetme

Sektörlerde bilgi işlem birimlerinden üst yöneticiler tarafından oldukça maliyetli bir birimdir. Bilgi işlem birimleri işletmeler için her zaman zor bir alan olarak nitelendirilmektedir. Sektördeki genişlikten dolayı rekabet edecekleri ve gelişimine en çok dikkat edecekleri nokta bilişim alanıdır. Bu rekabetler ile birlikte birimlerin yazılım ve donanım ihtiyaçları şirketler açısından yorucu olmaktadır. Bu ihtiyaçları dış kaynaklardan yani bulut bilişim sistemi üzerinden karşılamak yöneticilerin anlamada zorlandıkları teknik konuların birçoğunu ortadan kaldıracaktır. Bu sistem ile kurum yöneticilerine daha kolay yönetilebilen ve anlam karmaşasına yol açmayan bir ortam sağlayacaktır.

Yedek Alma ve Sınırsız Depolama Kapasitesi

Yedekli çalışan bulut bilişimi alt yapıları sayesinde, sistem işleyişindeki problemler veya disk arızası gibi meydana gelebilecek sorunları nedeniyle kuruluşların veri kaybı ya da veri kaybı oluşma olasılığını en aza

indirmektedir. Bir diğer alternatif ise bulut sistem çeşitlerinde bulunan çoklu bulut sistemini kullanmaktır

BULUT BİLİŞİM DEZAVANTAJLARI

Bulut bilişimde anlatılan avantajların yanında bulut bilişim sisteminin tam olarak olgunlaşmaması ile birlikte dezavantajları oluşmaktadır. Bu nedenle mevcut durumda gelişmesi gereken pek çok alan ile çözüm bulunması gereken belirsizlikler ya da risk olarak algılanan pek çok konu bulunmaktadır. Bulut bilişimde gerçekleşen dezavantajların başında internet kullanımı ve internet ortamındaki güvensizlik ile paralellik göstermektedir.

Bulut bilişim sistemlerinin internet üzerinden erişilerek kullanılması, internet ile karşılaşılan bütün güvenlik sorunlarının bulut bilişim içinde karşılanabileceği bilinmektedir (Subashini ve Kavitha, 2011: 11). Bu hususta bakıldığında bulut bilişimin bir diğer dezavantajı ise, bulut bilişimde kullanıcı verilerinin servis sağlayıcıların veri merkezlerinde tutulması verilerin kontrolünün hizmet sağlayıcı firmanın sorumluluğuna geçmesi anlamı taşımaktadır. Kullanıcılar açısından bulut bilişim sisteminde yaşanan en büyük çekince sistemdeki verilerin güvenliği ve gizliliğinin nasıl sağlanacağıdır. Bulut bilişimde ilgili taraf, dağınık yapıdaki sunucu sayısının ve uygulamaların artması bu gizliliğin sağlanması zorlaşmakta ve gizlilikle ilgili riskler artmaktadır (Zissis ve Lekkas, 2012). Gizlilik ile riskler şirket verileri şirketler için büyük önem arz etmektedir.

Kullanıcılara ait bütün verilerin düzenli bir şekilde yedeklerinin alınıp alınmadığı sağlanmalıdır. Afet olayları, beklenmeyen arıza veya sistem çökmeleri karşısında verilerin kayıpsız bir şekilde uzun süreli kesintiye uğramayacak bir şekilde erişime hazır hale gelmesinin

sağlanıp sağlanamayacağı, kesinti durumunda veya veri kaybı yaşandığında hizmet sağlayıcıların ne gibi yükümlülükler altında olacağı konusudur (Svantesson ve Clarke, 2010). Bu konu ile birlikte ele aldığımızda genel anlamda Carr'ın (2005: 71) belirttiği gibi bulut bilişim için en büyük engel “teknolojik olmayacak ancak davranışsal olacaktır”. Yıllarca gerçekleşen tecrübelerine dayanarak, şirketler bilişimi, istikrar, bilgi sistemleri güvenliği ve güvenilirlik ile ilişkili kendi standartlarını geliştirmişlerdir. Büyük kurumsal kullanıcılar bulut bilişiminin kendileri için uygun bir seçenek olup olmadığını kapsamlı analizler yardımı ile detaylı raporlamaları değerlendirerek bir cevap sağlanmalıdır (Marston ve diğerleri 2011: 178). Bu durumlar göz önüne alındığında bulut bilişim dezavantajları şu başlıklarda toplanmıştır.

Hizmet Sağlayıcısına Bağımlılık,

Hizmet Sağlayıcı Değişimi,

Bant Genişliği,

Güvenlik,

Veri gizliliği ve Verinin Tutulduğu Ortam Belirsizliği başlıklarında incelenmiştir.

Hizmet Sağlayıcısına Bağımlılık

Risklerin en başında gelen durum ise kullanıcıların hizmeti satın aldığı hizmet sağlayıcısına bağımlı bir şekilde hareket etmesi olacaktır. İşletmeler, kendi alt yapılarını oluşturmadan direk olarak dış kaynaklar eşliğinde planlama yapıp karar verirken, karşılaşılabilecekleri riskleri de değerlendirme ve analiz yapmaları gerekmektedir. Bilişim alanında alınan bir dış kaynak hizmetini bir kez alındığında o hizmet bilinmelidir ki artık sürekli dış kaynaklar yardımı ile alınması zorunlu olacaktır. Bunun nedeni geri dönüş sistemlerinin başta maliyet alanında olmak üzere birçok

olumsuz etkileri oluşmaktadır (Yıldız, 2009: 14) Böylelikle şirketler bulut sistemine geçmek istememesinin başında gelmektedir.

Diğer bir endişe konusu husus ise, kırılğan ekonomik koşullarda bulut sağlayıcı firmaların batmasıdır (Marston ve diğerleri, 2011: 178-179). Kullanıcılar bu durum yaşanılırsa elindeki verilerin erişime kapanması durumunu göz ardı edemezler. Bu duruma en iyi örnek; Linkup isimli bulut bilişim hizmeti sunan firmanın, 8 Ağustos 2008 senesinde, müşteri verilerinin yaklaşık olarak %45'ini kaybettikten sonra şirketin batması ile sonuçlanmıştır (Brodkin, 2008: 1).

Hizmet Sağlayıcı Değişimi

Bulut bilişim hizmetinin alındığı firmanın değiştirilmesi kuruluşlar için geçiş döneminde sıkıntılara yol açabilmektedir. Özel bulut uygulamalarında değişim için sistemin sil baştan kurulmasına kadar oluşabilecek sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Çalışanların yeniden eğitimi, veri tabanlarının uyuşmama durumları ortaya çıkabilir ve bu çıkan durumlar bulut sisteminin değiştirilmesini zorlaştırmaktadır (Chai ve Wesley, 2022. Bulut hizmetini alan kullanıcılar herhangi bir nedenden dolayı hizmet aldığı firmaları değiştirmesi konusunda çekimser davranmaktadırlar.

Bant Genişliği

Bulut bilişim, uygulama ve hizmetlerinin sabit ve verimli halde çalışması için hizmet alıcıların geniş bantlı internet altyapısına ihtiyaç vardır (Kavzaoğlu ve Şahin, 2012). Kullanıcılarının yaptıkları işlemlerinin hızlı olması şirketler için büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Günümüzde erişim altyapılarında hem ülkeler arasında farklılıklar, hem de aynı ülke içerisinde dağılım farklılıkları bulunmaktadır. Bilgi çağında, internet erişim

teknolojilerindeki ilerleme seviyesi ve uygun maliyetle son kullanıcıya arz edilmesi her alanda önem arz etmekte, bulut bilişimin kullanımı ve yaygınlaşmasının doğrudan belirleyicisi olarak görülmektedir.

Bu konuda Bilgisayar ve İletişim Endüstrisi Birliğinin [CCIA] bulut bilişim raporunda, yüksek hızlı ve yüksek kaliteli geniş bant internet erişiminin, hizmet sağlayıcılar ve bulut kullanıcıları için ne kadar önemli olduğundan bahsedilmektedir. Ayrıca maliyetleri düşürmek için kaliteli bant genişliğinden taviz veren şirketlerin, verimliliği artırmak için kaliteli bant genişliği kullanan şirketlere göre dezavantajlı olduğu da vurgulanmaktadır.

Güvenlik

Bulut bilişim sistemlerinin internet üzerinden erişilerek kullanılması, internet ile ilgili sorunların ve güvenlik açıklarının bulut bilişim için de bir güvenlik sorunu haline getirmektedir (Subashini ve Kavitha, 2011 :2-4). İnternet'e olan güven bulut sistemine olan güveni etkilemektedir.

Bulut bilişimde kullanıcı verilerinin servis sağlayıcıların veri merkezlerinde tutulması verilerin kontrolünün hizmet sağlayıcı firmanın sorumluluğuna geçmesi anlamı taşımaktadır. Kullanıcılar açısından bulut bilişim sisteminde yaşanan en büyük çekince sistemdeki verilerin güvenliği ve gizliliğinin nasıl sağlanacağıdır. Bulut bilişimde ilgili taraf, uygulama ve dağıtık yapıdaki sunucu sayısı arttığından bu gizliliğin sağlanması zorlaşmakta ve gizlilikle ilgili riskler artmaktadır (Zissis ve Lekkas, 2012). Şirketler gizlilik ile risklerin artması durumunda hassas olan güvenlik açığı ve veri gizliliğinin sağlanmasını istemektedirler.

Çoklu erişim, maliyet, kullanım kolaylığı ve dinamik depolama özellikleri önemli avantajlar getirmekte fakat açık uçlu serbest erişim özelliği kullanıcılar açısından güvenlik

risklerini beraberinde getirmektedir. Bulut Güvenlik Birliği [CSA] tarafından yapılan bulut bilişimde güvenliğin aciliyeti ve önemine ilişkin araştırma sonuçlarında, “Katılımcıların %93’ünün bulut bilişim güvenlik standartlarının önemli ihtiyaç olduğunu, %82’sinin güvenlik standartlarının acil ihtiyaç olduğunu söylediği” belirtilmektedir (McCabe ve Nachbar, 2010: 1). Aslında her şirket bulut sistemine geçmeyi istemekte ama avantajlarına rağmen dezavantajları bulunması şirketleri tedirgin etmektedir.

Bu tedirginliği bir örnek ile aktaracak olursak. Haziran 2018’de yaşanan bir olay durumu özetlemektedir. Bulut bilişim hizmeti sağlayan kuruluşlar, olası olumsuz durumlara karşı hazırlıklı olsalar da, Google App Engine’de meydana gelen bir yazılım ve programlama hatasından dolayı altı saat, Temmuz 2008 senesinde ise Amazon S3’te tek bir bit hatasından oluşan bir hatadan dolayı sekiz saatlik hizmet kesintileri yaşanmıştır (Korkmaz, 2010).

Veri Gizliliği

Bilgisayar alanındaki teknolojinin ve merkezi veri bankalarının gelişmesi ile 1950’li senelerden sonra devletler “veri açıklığını” ortadan kaldırmak ve azaltmak için yurttaşlara ait kişisel bilgileri gelişen teknoloji ile birlikte dijital ortamlara ve bilgisayarlara aktarmaya başlamıştır (Arslantaş ve diğerleri, 2012: 93). Dijital ağlara aktarılan verilerin güvenliği de önemli bir husustur.

Bulut bilişim hizmetleri ile birlikte kişisel verilerin sanal kapalı ağlardan da çıkarak, hizmet alıcılar tarafından veriler bilinmeyen dağıtık fiziksel kaynaklarda, çok kullanıcıya erişime olanak sağlayan ve eşzamanlı olarak çalışan yapıda depolanmaktadır. Bununla beraber kişisel verilerin ve işletmelere ait özel bilgiler içeren ticari, pazarlama, rekabet ve insan kaynakları gibi önem arz eden bilgilerin

dışarı sızdırılması riski de birlikte gelmektedir. Özel olarak komu kurum ve kuruluşların veri tabanlarında bulunan vatandaşlarına özel olan bilgilerin yanında politikalarını içeren çok önemli veriler de bulunmaktadır. Gizlilik kavramı, Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ve Birleşmiş Milletler İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi göre temel bir vatandaşlık hakkı olarak ortaya konulmaktadır (Pearson, 2009: 2).

Verinin Tutulduğu Ortamın Belirsizliği

Hizmet alıcılar, verilerinin fiziksel olarak nerede olduğunu bilmemeleri nedeniyle verilerin fiziksel kontrolünün kaybindan endişe etmektedirler. Ayrıca ülkelerin düzenleyici kurumlarının “verinin tutulacağı yer konusunda” alacağı kararlar da çok etkilidir.

İşletmeler bulut bilişime geçerken, aslında kendi verilerini servis sağlayıcılarına devretmektedirler. Servis sağlayıcıların bulut içerisinde depolayıp, işleme tabi tuttıkları bu veriler fiziksel olarak dünyanın herhangi bir yerinde olabilmektedir. Ancak bu durum potansiyel bir soruna da sebep olabilmektedir. Örneğin, eğer bazı özel veriler sahibinin ülkesi dışında başka bir ülkede depolanıyorsa, bu durum hukuksal olarak problem yaratmaktadır. Verileri hangi ülkenin gizlilik yasalarına göre takip edileceği önemli bir sorun teşkil etmektedir. Bu gibi konularda ulusal ve uluslararası düzenleyici kurumların aktif ve bilinçli bir rol oynaması gerekli olmaktadır. Bu alanda bazı ilerlemeler zaten ABDAB Safe Harbor Yasalarının geliştirilmesi yoluyla yapılmıştır, ancak daha yapılması gereken adımlar vardır. Bugün itibarıyla, Amazon Web Services gibi sağlayıcılar yerel altyapı üzerinden yerel kanunlara uyacaklarını belirtmişler ve müşterilerin “uygun bölgeleri” seçmelerine izin vermektedir (Marston ve diğerleri 2011: 183).

Hizmet alıcıların, küresel hizmet veren sağlayıcıyı tercih etmesi durumunda bölgesel bazda yasal düzenlemelerdeki farklılıkları göz önünde bulundurması gerekmektedir. Hizmet alıcı veri depolama yerini seçebilmelidir. Ayrıca 3.parti kuruluşlarca yapılacak denetlemelere ilişkin veri akışı, yedekleme, performans, depolama vb. sonuç raporlarının düzenli takip edilmesi, olası yasal problemler için yerel mahkemelerin adres gösterilmesi ve yüklü tazminatların sözleşmelere ilave edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

BİR KURULUŞUN BULUT BİLİŞİME BAKIŞ AÇISI

Kuruluşların bulut bilişim sistemine bakış açıları sektörel bazda farklılıklar gösterdiği gibi genel durumda da farklılıklar göstermektedir. Bulut bilişime bakış açılarında önemli hususlarından bazıları şunlardır;

Örneğin vatandaşların hakkında çok fazla bilgiye sahip olunan bir kuruluşle butarız bir bilgi bulunmayan kuruluşların gizlilik ve güvenlik hedefleri farklılık gösterecektir. Bir kuruluşun bulut sistemine geçişine risk odaklı bakıldığında, kuruluşun bulut ortamında karşılaşılabileceği tehditlerin ve sonrasında oluşabilecek sorunların sonuçlarının detaylı bir analizi yapılarak belirlenebilir.

Bir kuruluşun bulut bilişimi için en çok dikkat ettiği husus güvenlik ve gizlilik hedefleridir. Bilgi teknolojilerinde dış kaynak kullanımları ile ilgili verilen kararlar ve kuruluşun genel buluta taşınması ile birlikte hizmet sağlayıcı ile yapılacak anlaşmada kritik faktörlerin başında gelmektedir. Bir kuruluşta olumlu karşılaşılabilecek bir durum başka bir kuruluşta olumlu karşılaşılabileceği kesin değildir. Birçok kurum ve kuruluşlar bütün bilişim kaynaklarını koruyabilecek yapıyı maddi olarak karşılayabilecek durumda değildir. Bu durumda maliyet göz önüne alınarak

önceliklendirme yapılmalıdır. Bulut bilişime geçişte bu kriterlerin risk analizi çok iyi bir şekilde değerlendirilmelidir.

Karşılıklı Hizmet Sözleşmeleri

Bulut bilişim hizmetleri ile karşılıklı olarak hizmet veren ve hizmet alan arasında hizmet sözleşmeleri mevcuttur. Bu sözleşmenin içeriğinde hizmet süresi, sonlandırma koşulları ve sonlandırıldıktan sonra verinin azami saklanacağı süreyi içermektedir. Bir hizmet sözleşmesindeki kural ve koşullar; hizmet seviyesi sözleşmesi (HSS/SLA), gizlilik, kabul edilebilir kullanım ve kullanım kuralları olacak şekilde bir veya birden fazla doküman ile karşılıklı taahhüt edilmektedir. Hizmet sözleşmeleri tartışmaya kapalı sözleşmeler ve tartışmaya açık sözleşmeler olmak üzere iki adet hizmet sözleşmesi mevcuttur. Tartışmaya kapalı sözleşmeler; içeriği hizmet sağlayıcı tarafından oluşturulmuş ve gerekli durumlarda müşteriye haber vermeden sözleşmenin yeni sürümünü güncelleyebilmektedirler. Tartışmaya açık sözleşmeler; kritik ve önemli verilerinin olduğu firmaların tercih ettiği sözleşmedir. Tartışmaya kapalı sözleşmelere nazaran sözleşmelere sunulacak ek maddeler ile birlikte alınan ücretler daha yüksektir.

Kuruluşlar için güvenlik ve gizlilik avantajları

Kuruluşların bulut bilişimine uzak durmalarındaki en önemli husus güvenlik hususudur. Bulut bilişim kullanmaları halinde mevcut güvenlik ihtiyaçlarının yanı sıra yeni imkanlar sunması kuruluşların güvenliğinin iyilemesine yardımcı olmaktadır. En çok faydayı sağlayan kuruluşların başında az sayıda bilgi güvenliği ve sistem yöneticisi çalışanı bulunan küçük kuruluşlar sistemlerini genel buluta taşımalarının ardından sektörde büyük kuruluşlar ile aynı imkana sahip olabilirler. Kuruluşların bulut bilişime geçişlerinde iyileştirmesi gereken hususlar;

Çalışanların uzmanlaştırılması, platform gücü, kaynaklara erişim, yedekleme ve geri yükleme, taşınabilir uçlar, veri konsantrasyonudur.

Kuruluşlar için güvenlik ve gizlilik dezavantajları

Bulut bilişim, güvenlik ve gizlilik konusunda kuruluşlara birçok avantaj sağlamasına rağmen kuruluşlar bu hususta bazı endişeleri de beraberinde getirmektedir. Geleneksel bilişim sistemi ile karşılaştırma yapılırsa bulut bilişim sisteminin kuruluşlar üzerindeki temel endişeler şunlardır. Sistem karmaşıklığı, çok kiracılı ortam, internete açık hizmetler, kontrol kaybı, veri hakimiyetinin paylaşılmasıdır.

Güvenlik ve Gizlilik

Bulut bilişim gelişmekte olan bir teknoloji olduğu için yapılan araştırmalar, yaşanan tecrübeler ve ileri teknolojilere bakılarak incelenmesi gerekmektedir. Ele alınacak örnekler ortaya çıkarılmış sorunlar ve tanımlanmış olaylardan alınması gerekmektedir. Bulut bilişim sistemine geçişte verinin açık olarak çok katmanlı korunduğu bir altyapıya köklü bir değişiklik sağlamaktadır. Bulut bilişim ile ilgili uzun vadeli öneme sahip olan başlıklar aşağıda verilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulut bilişim sisteminden hizmet alan ve bilgi güvenliğinin sağlanmasını öncelik edinmiş kullanıcıları bekleyen riskler bulunmaktadır. Bulut bilişim sistemine geçiş aşamasında olan kuruluşların sorun olarak nitelendirilebileceği bu risk ortamından uzak kalması için, sürecin daha iyi yönetilecek kuruluşlara ihtiyaç duymaktadır. Bulut bilişimi, hızlı bir dönüşüme sahip olan ve mobil iletişim çağının hızlı bir şekilde dönüşümün en popüler iletişim ve bilgi araçlarının en etkilisi haline gelmiştir.

Bulut bilişim günlük yaşamımızda erişim ve kullanım kolaylığının yanı sıra en önemli etkeni olan maliyetleri düşürmesi ile sunduğu avantajlarıyla birlikte kuruluşlara getirdiği riskler de önemlidir. Türkiye için bilgi güvenliğinin sağlanması adına ve kullanıcıların kişisel verilerin korunması için hukuk alanında alt yapının tamamen oluşmadığı ve kullanıcıların sanal ortam dediğimiz internette bilgi güvenliği önlemleri ile birlikte sorumluluğu da alma konusunda daha fazla destek olunmalıdır. Türkiye’de bulut bilişim hizmeti alan kullanıcılar için de uygulanabilir hale gelmesi için gerekli hukuksal ve yasal düzenlemeler hizmet alan kişileri en etkili şekilde koruyacak şekilde yapılmalıdır.

Türkiye’de de bulut bilişim hizmeti alan kurum ve kuruluşların gizlilik ve veri güvenliğini bulut sisteminde korunduklarına emin olacakları bir ortam hazırlanması gerekmektedir. Çok geniş bir hukuki sorumluluk çerçevesinde yer alan bulut bilişim kişisel verilerin en etkin yapısı ile korunmasını ve bununla birlikte bulut bilişim sağlayıcı firmalara güvenin sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Arslantaş, Selma Ve Diğerleri (2012), *Türkiyede Digital Gözetim, T.C Kimlik Numarasından E-Kimlik Kartlarına Yurttaşın Sayısal Bedenleşti*, Alternatif Bilişim Derneği, İstanbul
- Atalay, Ahmet Hamdi (2012). *Bulut Bilişim*. <http://ahmethamdiatalay.com/2010/09/bulut-bilisim/>. (E.T. 20 Eylül 2012)
- Brodtkin, Jon. (2008). *Loss Of Customer Data Spurs Closure Of Online Storage Service The Linkup*, Network World,
- Carr, N. G., (2005)., *The End of Corporate Computing*. *MIT Sloan Management Review*, <http://sloanreview.mit.edu/article/the-end-of-corporate-computing/>.
- Cantürk, Sinem (2013), *Bulut Bilişim ve Bankacılık sektörü*, **KPMG**, <http://www.kpmg.com/TR/tr/hizmetlerimiz/Audit/irm/Documents/KPMG-Gundem-14- Bulut-Bilisim-ve-Bankacilik-Sektoru.pdf> (E.T. 11.09.2013)
- Chai, Wesley; *Cloud computing*, *TechTarget*, <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-computing>. (E.T: 11 Ocak 2022)
- Catteddu, D. and Hogben, G. (2009). *Cloud Computing: benefits, risks and recommendations for information security*. *Technical Report. European Network and Information Security Agency*
- Cichy, Wojciech; (2021), *Cloud Computing Scalability: What Is It and Why It's Important?*
- Dillon, Tharam, Chen Wu, and Elizabeth Chang. (2010) *Cloud computing: issues and challenges*. *Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, 2010 24th IEEE International Conference on.
- Daniele, Catteddu ve Giles, Hogben (2009), “*Cloud Computing Benefits, Risks And Recommendations For Information Security*”, Syf,1- 23
- Eric Simmon , (2018) *Evaluation of Cloud Computing Services Based on NIST SP 800-145*.
- European Commission (2012a), *Unleashing The Potential Of Cloud Computing In Europe*.
- Forcepoint, *Bulut Güvenliği nedir?*, <https://www.forcepoint.com/tr/cyber-edu/cloud-security>. (E. T: 11 Ocak 2022)
- Furuncu, E., (2012). *Oyun Teorisi Kullanılarak Bulut Bilişim İçin Ölçeklendirilebilir Güvenlik Değerlendirmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Kocaeli: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Furth, B. ve Escalante, A., (2010). *Handbook Of Cloud Computing*. ABD, New York: Springer.
- Furth B., Escalante A., (2010)., *Handbook of Cloud Computing*, Springer ISBN 978-1-4419-6524-0, New York, ABD
- Goodburn, M. A. Ve Hill, S. (2010), *The Cloud Transforms Business*, Financial Executive.
- Henkoğlu, Türkay ve Külcü, Özgür (2013), *Bilgi Erişim Platformu Olarak Bulut Bilişim: Riskler ve Hukuksal Koşullar Üzerine Bir İnceleme*, Bilgi Dünyası 14 (1) 62-86.
- Hugos, M. ve Hulitzky D. (2011). *Bussiness In The Cloud*. ABD, New Jersey: JohnWiley & Sons Inc.
- IBM (2022), *What is supply chain management?* <https://www.ibm.com/topics/private-cloud>.
- IBM (2022), *“What is hybrid cloud?”*, <https://www.ibm.com/topics/cloud-computing>.
- Iyer, B. Ve Henderson, J. C. (2010), *Preparing For The Future: Understanding The Seven Capabilities Cloud Computing*, MIS Quarterly Executive, 9(2), 117-131.
- Korkmaz, Yakup. (2010). *Bulut Bilişim: Türkiye İçin Fırsatlar*, Tübitak
- Kossmann, D., Kraska, T., (2011). *Data Management in the Cloud: Promises, State-of-the-art, and Open Questions*. *Datenbank Spektrum*, 10, 121–129
- Kavzaoğlu, T., & Şahin, E. K. (2012). *Bulut Bilişim Teknolojisi Ve Bulut Cbs Uygulamaları. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu* (UZAL-CBS 2012), 16-19 Ekim 2012, Zonguldak.
- Microsoft, (2022). *What is cloud computing?* <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-cloud-computing/#>.
- Microsoft, (2022). *What is a private cloud?* <https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-a-private-cloud/>.
- Microsoft. (2015). *Microsoft Bulut Bilişim Nedir? Bulut Bilişim Hakkında | Microsoft Bulut Bilişim*. <http://microsoftbulutbilisim.com/microsoft-bulut-bilisim-nedir-bulut-bilisim-hakkinda/>,.
- Microsoft. (2015). *Microsoft Bulut Bilişim Nedir? Bulut Bilişim Hakkında | Microsoft Bulut Bilişim*. <http://microsoftbulutbilisim.com/microsoft-bulut-bilisim-nedir-bulut-bilisim-hakkinda/>,(E.T.: 3.02.2015).
- Mell, P., Ve Grance, T. (2011). *The NIST Definition Of Cloud Computing*, National Institute Of Standards And Technology, U.S. Department Of Commerce, Special Publication 800-145, USA.

- Murat Topaloğlu, Harun Özkışı ve Egemen Tekkanat, (2017). *BULUT BİLİŞİM, Seçkin Akademik ve Mesleki Yayınlar*
- Mirzaoğlu, A., (2011) *Bulut Bilişimin Teknik, Uygulama ve Düzenleme Boyutuyla Değerlendirilmesi, Dünya Örnekleri Ve Ülkemize İlişkin Öneriler*. Bilişim Uzmanlık Tezi, Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Meulen, R. Van Der, Ve Pettey, C. (2008). *Gartner Says Cloud Computing Will Be As Influential As E-Business. Special Report Examines The Realities And Risks Of Cloud Computing*, USA
- Marston, Sean Ve Diğerleri (2011). *Cloud Computing - The Business Perspective*. Decision Support Systems , 51 (1), 176-189
- Mccabe, Karen Ve Nachbar, Robert (2010), *Survey By IEEE And Cloud Security Alliance Details Importance And Urgency Of Cloud Computing Security Standards*
- Neamtiu, F., (2012) *Cloud Computing Security Issues , Journal of Defense Resources Management*.
- Ogunlolu, I., (2017). *A General Framework for Cloud Computing Adoption in Organizations: A Systematic Literature Review*. Master's Thesis, University of Oulu, Information Processing Science, Finland.
- Pearson, Siani (2009) *Taking Account Of Privacy When Designing Cloud Computing Services*,
- Rayport, J.F., Heyward, A., (2009). *Envisioning the Cloud: The Next Computing Paradigm*.
- Reid, Stefan ve diğerleri (2010), *The evolution of cloud computing markets*.
- Ryan, P.S., Merchant, R. Ve Falvey, S. (2011). *Regulation Of The Cloud In India. Journal Of Internet Law*,
- Steven, A., (2011). *When hybrid clouds are a mixed blessing*.
- Sultan, N. A., (2011),. Reaching for the "cloud": How SMEs can manage. *International Journal of Information Management*, syf. 272–278
- Seyrek, İbrahim Halil (2011), *Bulut Bilişim: İşletmeler İçin Fırsatlar Ve Zorluklar* Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.
- Subashini, S., Kavitha, V., (2011),. *A survey on security issues in service delivery models of cloud computing*, *Journal of Network and Computer Applications*, 34 (1), 1-11.
- Svantesson, D., Clarke, R. (2010),. Privacy and consumer risks in cloud computing. *Computer Law & Security Review*, 26 (4), 391-397.
- Velte, Anthony ve diğerleri (2010). *Cloud Computing: A Practical Approach*, 1. Baskı, New York: McGraw Hill.

- Yıldız, Özcan Rıza. (2009), “*Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim (Cloud Computing) Ve Denetim*”, Sayıştay Dergisi, 74-75, syf. 5-23
- Yıldız, Ö.R, (2009) *Bilişim Dünyasının Yeni Modeli: Bulut Bilişim ve Denetim. Sayıştay Dergisi, 74-75, 5-23.*
- Zissis, D., Lekkas, D., (2012)., *Addressing Cloud Computing Security Issues, Future Generation Computer Systems, 583–592.*
- Wyld D. C., (2009). Moving to the Cloud: An Introduction to Cloud Computing in Government, *The IBM Center for The Business of Government, Washington, DC*

WEB MADENCİLİĞİ YÖNTEMİ İLE DERGİPARK'TA YAYINLANAN DERGİLERE AİT BİLGİLERİN ELDE EDİLMESİ

Yılmaz AĞCA¹

GİRİŞ

İnternet, çağımızın en önemli icatlarından ve iletişim araçlarından biridir. Bu haberleşme ağı, ilk olarak ABD hükümeti tarafından meydana gelebilecek bir nükleer saldırı sonrasında iletişim sağlamak için soğuk savaş döneminde geliştirilmiştir. Daha sonra ise çeşitli üniversiteler bu ağa dahil olmuştur. Bu ağ mevcut telefon hatları üzerinden paket anahtarlama adı verilen bir yöntem kullanarak veri alışverişi yapmaktaydı (Skrabec, 2012, s. 219; Vousinas, 2012).. 1979'da ARPAnet'in kurucusu olan DARPA tarafından bu ağ bazı radyo ve uydu tabanlı ağlar ile birleştirildi. Paket anahtarlama ise bir doktora çalışması olarak öne sürülmüştür (Shelly & Campbell, 2012, s. 12). Bu dönemden sonra ağ *internet* olarak adlandırılmaya başlandı (Lambert, 2005). İnternetin ilk oluşmaya başladığı yıllardaki hali Şekil 1'de verilmektedir.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-5912-0977, agca.yilmaz@gmail.com

İnternetteki asıl büyük gelişme Web'in ortaya çıkması ile başlamıştır. İsviçre'deki CERN laboratuvarında araştırmacı olarak çalışan *Tim Berners-Lee* bu teknolojiyi ve bu teknolojinin programlama dili olan *HTML*'yi icat etmiştir. Bu gelişmeden önce insanların interneti kullanabilmesi için bir miktar uzmanlık gerekirken, web bunu ortadan kaldırmıştır. Artık sıradan bir ev kullanıcısı için internet, kolaylıkla gezinebilir hale gelmiştir. İnternet ile Web günlük hayatta aynı şeylermiş gibi kullanılsa da aslında web internet ağının bir parçası, internet altyapısını kullanan bir sistemdir. FTP, E-Mail, WWW/HTTP, Telnet, IRC, P2P gibi sistemler internet altyapısını kullanarak çalışmaktadır. Bunlardan en yaygın olarak kullanılanı WWW olduğundan günlük hayatta web'e internet denilmesi yaygındır (Ağca, 2019, s. 33). Web, basit anlatımla HTML kodlarının bir tarayıcı (browser) tarafından çözümlenmesi ve gösterilmesi temeline dayanmaktadır. Bu sayfalara *web sayfası/sitesi* adı verilmektedir. Bu sayfalar *sunucu (server)* adı verilen, internet ağına bağlı, dünyanın herhangi bir yerinde yer alabilecek bilgisayarlar üzerinde yer alır. Kullanıcı tarayıcının adres satırına bir web sitesinin adresini yazıp giriş yaptığında bu adres DNS (domain name system) adı verilen, sistemle iletişim kurar. *DNS*, alan adlarına karşılık gelen IP adreslerini tutan veri tabanına ve sistemine verilen addır. Bu sistem internete bağlı olan bilgisayarların sayısının artması nedeniyle 1984'te kurulmuştur (Liu & Albitz, 2003, s. 2-4). IP olarak adlandırılan sayısal ifadeler internete bağlı olan bilgisayarların adreslerini belirtmektedir. Fakat bu sayısal ifadelerin akılda tutulması zor olduğu için yerine alan adları ve DNS kullanılmaktadır.

1990'larda dünya genelinde internet kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Yaygınlaşmanın önemli bir nedenini hali hazırda var olan telefon hatları üzerinden bu

ağa bağlanmanın mümkün oluşudur. Arada sadece *modem* adı verilen veriyi sinyale dönüştüren veya tam tersini yapan aygıtlar yeterli olmaktadır.

İnternette önemli dönüm noktalarından biri Web 2.0'dır. O'Reilly Media tarafından 2004'te kullanılmaya başlayan bu kavram, ziyaretçilerin siteye katılımını (participation) sağlamak, diğer sitelerle ve ziyaretçilerle iş birliği (collaboration) yapmak fikrine dayanmaktadır². Bu, bloglar, wiki, sosyal ağlar gibi web site türlerinin ortaya çıktığı dönemi ifade etmektedir. Daha önce sadece statik web içeriğinden oluşan web sayfaları, dinamik bir yapıya kavuşmuş, sadece yayıncının içerik ürettiği tek taraflı bir sistemden kullanıcılarında da içerik ürettiği bir sisteme dönüşmüştür (Schafer & Thierry, 2019, s. 62). Bu durum interneti milyonlarca kullanıcı tarafından üretilmiş veriyi içeren bir yapıya, dolayısıyla geniş bir hacme ve çeşitliliğe evirmiştir. Günümüzde internet çok zengin bir içeriğe sahiptir ve genişlemeye de devam etmektedir.

İnternet günümüzde, iletişim, bilgi edinme, eğlence, oyun vb. birçok amaçla kullanılmaktadır. Üzerinde barındırdığı veri ile muazzam büyüklüklere erişmiştir. Günümüzde internet kullanıcı sayısının yaklaşık 4,9 milyar olduğu düşünülmektedir. Bu dünya nüfusunun yaklaşık %63'üne karşılık gelmektedir (Johnson, 2022). Bu sayıdaki kullanıcı için üretilen veya kullanıcının ürettiği veri değerli bilgiler içermektedir. Son yıllarda artan bilgisayar işlem gücü, hız ve bant genişliği bu verinin işlenmesine ve içerisinde değerli olabilecek bilginin çıkarılmasına olanak sağlamaktadır (Ağca, 2022b). Web madenciliği olarak adlandırılan kavram bu bilgilerin çıkarılması için kullanılan yöntemleri ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu çalışmada web madenciliği, web madenciliğinde kullanılan yöntemler

2 https://tr.wikipedia.org/wiki/Web_2.0

açıklanacaktır. Web madenciliği uygulamasının daha iyi anlaşılması için Türkiye'deki hakemli bilimsel dergilerin yer aldığı Dergipark sitesine web madenciliği işlemi uygulanacaktır. Çalışma ile web'in zengin içeriğinden faydalanma konusunda araştırmacılara bilgi verilmesi amaçlanmaktadır.

KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Web Madenciliği

Web madenciliği, çeşitli yöntemler kullanarak web'den örüntü (pattern), yapı (structures) ve bilgi çıkarımında bulunma yöntem ve uygulamalarından oluşmaktadır (Han, Kamber, & Pei, 2012, s. 598; Ağca, 2019). Web madenciliği pek çok veri madenciliği yöntemlerinden biridir (Gorunescu, 2011, s. 42).

İnternetin büyüklüğünü tahmin etmek, dağınık bir yapı olması ve tam bir endekslenmesinin olmamasından dolayı oldukça güçtür. Bunu belirlemenin belki bir yolu da interneti kaç kişinin kullandığıdır. Nielsen Ratings, CIA ve Serverwatch gibi birçok farklı şirket internet kullanımını ölçmeye çalışmaktadır. 2008 verilerine göre bir milyardan biraz fazla insanın interneti kullandığı tahmin edilmektedir. Bunların yaklaşık 500 milyonu haftada en az bir kez interneti kullanmaktadır. Dünyanın en büyük internet endeksi olan Google'ın CEO'su Eric Schmidt'e göre, boyutun kabaca 5 milyon terabayt olduğu tahmin edilmektedir. Yine internette yaklaşık 155 milyon web sitesi olduğu tahmin edilmektedir (McGuigan, 2022). İnternet siteleri üzerinde yayınlanmakta olan verinin büyük kısmı yapısal veri tabanları üzerinde tutulmaktadır. Bu veri tabanlarında tutulan verinin sadece istenen kısımları ziyaretçiler ile paylaşılmaktadır. Veri tabanlarındaki değerli verinin farkında olan şirketler, kârlarını üst düzeye çıkarmak için karar vermede, pazarlama

stratejilerinde, yeni müşteri ilişkileri kurmada ve çok daha fazlasında istatistiksel analizler ve veri madenciliği yöntemleri ile bu veriyi değerlendirmektedir (Agrawal, 2022).

Çoğu zaman yapısal olmayan ve web sayfaları üzerinde yer alan veri de oldukça değerlidir. Binlerce işletmenin veri tabanlarından yayınlanmış bu veri ve milyarlarca kişiye ait çeşitli bilgiler, e-ticaret siteleri, bloglar, sosyal ağlar, video yayın siteleri, haber siteleri üzerinde tamamen kamuya açık bir şekilde web siteleri üzerinde yer almaktadır. Dağınık halde olan ve bilgi çıkarımında bulunulması insan çabası ile güç olan bu veri, düzenli hale getirildiği zaman çok değerli olabilmektedir (Ağca, 2021a). Web üzerinde yer alan veri üç ana kategoride ele alınmaktadır. Bunlar Şekil 2’de verilmektedir.

Şekil 2’de verilen veriler üzerinde web madenciliği işlemleri yapılabilmektedir. Bu madencilik türleri şu şekilde açıklanabilir (Júnior & Gong, 2005; Jokar, Honarvar, Aghamirzadeh, & Esfandiari, 2016).

Web İçerik Madenciliği: Bu veri sayfaların görünen kısmından oluşmaktadır. Bu içerik metin, resim, yorum, haber, video, ses veya buna benzer liste ve tablolardan oluşmaktadır. Bu yapılandırılmamış veri, web madenciliği ile kullanılabilir hale getirilmektedir.

Web Yapı Madenciliği: Bu web sayfalarını birbirine bağlayan linkler ve düğümlerin analizinden oluşmaktadır. Yapı madenciliği temel olarak belirli bir web sitesinin yapılandırılmış özetini gösterir. Bilgi veya doğrudan bağlantı ile bağlanan web sayfaları arasındaki ilişkiyi tanımlar. İki web sitesi arasındaki bağlantıyı belirlemek için, web yapısı madenciliği çok yararlı olabilir.

Web Kullanım Madenciliği: Bu tür web madenciliğinden web kullanım istatistikleri analiz edilmektedir. Genellikle ziyaretleri kaydeden log dosyaları bu madencilik türünün kaynağını oluşturmaktadır.

Bu çalışmada konu edilen web madenciliği türü içerik madenciliğidir. Her ne kadar günümüzde diğer türler için de web madenciliği yapılsa da web madenciliği denildiğinde genellikle akla web içerik madenciliği gelmektedir. Web yapı madenciliği genellikle arama motorlarının kullandığı bir yöntemdir. Web kullanım madenciliğinde ise, veri kamuya kapalıdır. Dolayısıyla web sitesi sahibi bu veriyi görebilmekte ve analiz edebilmektedir. Çalışmanın devamında web madenciliği kavramı web içerik madenciliği için kullanılacaktır.

Web madenciliği, web sayfaları üzerinde çoğu zaman dağınık halde bulunan metin, resim, video, ses gibi verilerin robot yazılımlar veya bu tarz kullanımı destekleyen programlama dilleri ile elde edilmesine ve bunun bilgi çıkarımında kullanılabilir hale getirilmesi işlemidir (Ağca, 2021a). Bu kavramı ilk dile getiren çalışmalardan biri Oren Etzioni (1996) "*The World Wide Web: Bataklık mı? Yoksa Altın Madeni mi?*" başlıklı makalesi olmuştur. Bu makale webin büyük miktarda yapılandırılmamış veri içerdiğini ve bunun bir veri kaynağı olarak kullanılıp kullanılmayacağını tartışmıştır (Sumathi & Sivanandam, 2006).

Web madenciliği fikrinin ilk ortaya atıldığı dönemde yaygınlaşmamıştır. Bunu gerçekleşmesi için bazı şartların olgunlaşması gerekmektedir. O dönemde henüz internet hızı, depolama birimlerinin büyüklüğü, bilgisayarların işlem gücü istenilen seviyede değildir. Ayrıca sosyal ağlar gibi ziyaretçilerin de içerik ürettiği platformlar henüz ortada yoktur veya istenilen seviyede değildir. Dolayısıyla asıl web madenciliği yöntemlerinin yaygınlaşmaya başlaması

bu teknolojilerin ve internetin çeşitli gelişmeler göstermesi ile olmuştur. Bu gelişmeler kısa şu şekildedir.

Web Madenciliğinin Ortaya Çıkmasına Etki Eden Faktörler

Mikro işlemciler 1970'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Intel tarafından geliştirilen ilk mikro işlemci 4004, 740 kHz saat hızına sahiptir (Reilly, 2003, s. 139; Deshmukh, 2005, s. 5-7). Günümüzdeki bir bilgisayar ile kıyaslanmayacak derecede düşük frekansta çalışan bu işlemci yine de kişisel bilgisayarlarda kullanılmamıştır. Bugün kişisel bir bilgisayar için gigahertz seviyesindeki saat hızları standart seviyededir. Ayrıca daha yüksek işlem gücüne sahip GPU³ gibi birimlere veya bulut servislere ulaşmak kolaydır. Dolayısıyla web madenciliği ile verinin elde edilmesi ve işlenmesi için gerekli olan işlem hızı artık yeterli seviyededir. Bu web madenciliğinin yapılabilmesine olanak tanıyan faktörlerden biridir.

Depolama Birimlerinin Kapasitelerinin Artması ve Ucuzlaması

Geçmişten bir örnek vermek gerekirse internetin yaygınlaşmaya başladığı 1990'larda standart bir kişisel bilgisayarın depolama kapasitesi 1-2 GB⁴ seviyelerinde olmaktaydı. Bugün ise artık bu kapasite terabayt seviyesindedir. Bu yaklaşık 1000 katı demektir. Ayrıca o dönemdeki disklerin okuma/yazma oranları 20-30 MB/s iken (Schmid, 2006) bugün SSD⁵ diskler ile 2000-3000 MB seviyelerine gelmiştir. Keza kapasite başına düşen fiyatta düşmüştür. Dolayısıyla hep istemci hem de sunucu tarafında

3 GPU: Grafik işlemci birimi.

4 Gigabayt: bilgisayarlarda kullanılan, 1024 megabayt boyutundaki bir ölçü birimidir. Kısaca GB olarak kullanılır.

5 SSD: Katı hâl sürücüsü, bilgisayar depolama hiyerarşisinde ikincil depolama sistemi olarak işlev gören, verileri kalıcı olarak depolamak için tümleşik devre tertibatlarını kullanan bir veri depolama aygıtı (Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/Katı_hâl_sürücüsü).

depolama birimlerindeki bu gelişmeler web madenciliğinin önünü açan faktörlerden biri olmuştur.

İnternet Hızının ve Bant Genişliğinin Artması

Hız, belirli bir zaman diliminde, veri iletebileceğiniz maksimum hızı ifade etmektedir. Bant genişliği ise, bağlantınızın herhangi bir anda işleyebileceği maksimum veri miktarını ifade eder. Bu iki kavram karşılaştırılırken genellikle araba örneği verilmektedir. Hız bir arabanın hızını ifade ederken, bant genişliği yolun genişliğini yani kapasitesini ifade eder. Günümüz internetinde her ikisi de artmıştır. Ülkelerin internet altyapılarına göre farklılık gösterse de 1990'larda 50 bps ⁶ seviyelerinde olan hızlar bugün 50-100 bps seviyelerindedir. Web madenciliğinde verinin istenilen zaman süresinde elde edilebilmesi önemli bir faktördür.

İnternetin Büyümesi ve Üretilen Veri Miktarının Artması

Gelişen teknoloji internetin büyük bir hızla büyümesine neden olmuştur. Kullanıcı sayısı 1995'te dünya nüfusunun sadece %0,4'ü iken, 2022'de %69'una ulaşmıştır (internetworldstats.com, 2022). Ayda bir milyon aktif kullanıcıya ulaşan ilk sosyal medya sitesi 2004 yılında MySpace olmuştur. Bu, bildiğimiz şekliyle sosyal medyanın başlangıcı kabul edilmektedir. Günümüzdeki en büyük sosyal medya platformu 2019 verilerine göre 2,4 milyar kullanıcıya ulaşmıştır (Roser, Ritchie, & Ortiz-Ospina, 2019). Sosyal ağlar özellikleri itibariyle kullanıcıların içerik ürettiği sistemlerdir. Dolayısıyla bu sitelerin ortaya çıkması ile milyarlarca farklı kullanıcı tarafından içerik üretilmeye başlanmıştır. Sosyal medya madenciliği, web madenciliğinin önemli bir ayağını oluşturmaktadır.

6 Bps: Bit per second, bir saniyede iletilen bit miktarı.

İnternetteki veri miktarının artmasına etki eden faktörler bununla sınırlı değildir. Mobil aygıtların kullanılması buna ayrıca katkı sağlamaktadır. Günümüzde artık nesnelerin interneti ⁷ (IoT) konuları tartışılmaktadır. Büyük veri (big data) analizi önümüzdeki yılların önemli konularından biri olacaktır (Sreedevi, Harshitha, Sugumaran, & Shankara, 2022; Rasheed, 2016).

Web Madenciliği Yöntemleri

Web sitelerini görüntülemek için tarayıcı (browser) adı verilen yazılımlar kullanılmaktadır. Bu yazılımlar erişilen sitenin içeriğini görüntülemek için yüklü olduğu cihaza indirir. Tarayıcı tarafından arka planda işlenen HTML/CSS kodları sitenin gösterilmek istenen kısmını ziyaretçiye göstermektedir. Ancak bu verilerden sadece önemli veya istenen parçaları elde etmek, gereksiz miktarda veri ile uğraşmayı gerektiren zahmetli, zaman alıcı bir görevdir. Örneğin hedef bir sitedeki bir tabloyu almak için bu tablonun kopyalanması ve istenen yere yapıştırılması gerekir. Sayfa sayısının fazla olduğu durumlarda bu oldukça zaman alacak bir işlemdir. Verinin Excel gibi elektronik tablolara aktarılması işlemlerinde ise buna ilaveten şekilsel ve kodlama hataları da meydana gelebilmektedir. Web madenciliği, bu işlemleri otomatik hale getiren, kullanıcının ek müdahalesine ihtiyaç gerektirmeyen yöntemlerden oluşmaktadır. Aynı işlem web madenciliği ile yapıldığında, hedef siteye özel hazırlanan algoritma sitede alınmak istenen veriyi, tanımlanan HTML/CSS etiketlerini tarayarak elde etmekte ve bunu veri tabanı veya elektronik tablo programlarına aktarabilmektedir.

Web madenciliği birçok farklı şekilde yapılabilir. Bunlardan ilki, Python veya R gibi programlama dilleri

7 IoT: Internet of Things fiziksel nesnelerin birbirleriyle veya daha büyük sistemlerle bağlantılı olduğu iletişim ağıdır (Kaynak: https://tr.wikipedia.org/wiki/Nesnelerin_interneti).

aracılığıyla bazı kütüphaneler ve kodlar kullanılarak yapılan web madenciliğidir. Bu tür web madenciliği belirli bir programlama bilgisi gerektirse de araştırmacıya esnek bir yapı sunmaktadır. Bu diller ve web madenciliğine yönelik kütüphaneler kullanılarak veri madencisi, verileri istediği şekilde elde edebilir ve işleyebilir.

Başka bir yöntem, çeşitli yazılımlar aracılığıyla yapılan web madenciliğidir. Bu yöntem, kullanıcının bazen programlama dilini bilmeden çok basit komutlarla veri almasına izin verir. Ancak programlama dilleri kadar esnek değildir. Sayfalar taranır ve web madenciliği yazılımının izin verdiği ölçüde veriler elde edilir. Buradaki başarımlar oranı yazılımın kabiliyetine bağlıdır. Microsoft Power Automate, Knime, RapidMiner, WebHarvy gibi yazılımlar bu tür programlara örnek verilebilir.

Başka bir yöntem, bu hizmeti sağlayan hizmetler aracılığıyla web madenciliği yapmaktır. Mozenda, Octoparse ve WebScrapers gibi hizmetler bu hizmeti web üzerinden sağlar. Çalışma mantığı web madenciliği yazılımına benzer. Ancak bu hizmeti web sitelerine veya tarayıcılara yüklenen eklentiler aracılığıyla sağlarlar. Bu yöntemde hedef popüler bir site ise kazıma işlemi oldukça kolay olmaktadır. Genellikle popüler siteler için sistem, hizmet sağlayıcı programcıları tarafından optimize edilmiştir.

Python ile Web Madenciliği

Günümüzün en popüler dillerinden biri olan Python, Guido van Rossum tarafından 1980'lerin sonunda geliştirilmiştir (Gowrishankar & Veena, 2019, s. 7-9). Python kullanımı kolay, birçok farklı amaç için geliştirilmiş binlerce kütüphanesi olan bir dildir. Günümüzde web madenciliği konusunda en yaygın kullanılan dillerden biridir. Bunun birçok nedeni vardır (Koshy, 2017).

Python’da yazılmış BeautifulSoup, Selenium, Requests ve Scrapy gibi kütüphaneler web madenciliği için kullanılan kütüphanelerden bazılarıdır. Bu kütüphanelerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır (Metwalli, 2020; Yin, 2019)

R ile Web Madenciliği

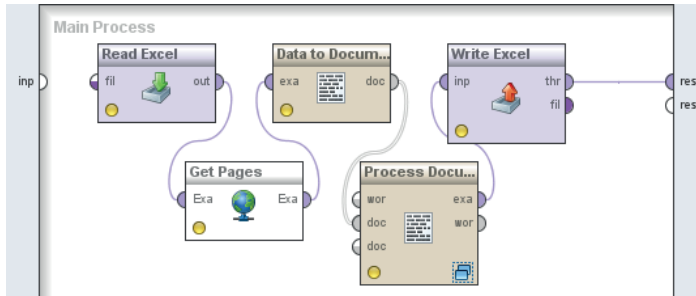
R, son yıllarda, özellikle veri analizi ve istatistiksel hesaplamalarda oldukça yaygın hale gelen bir programlama dilidir (Ağca, 2021b). Açık kaynaklı doğası, birçok programcının yeni kütüphaneler yazarak programın geliştirilmesini desteklemesini sağlamıştır. R, veri analizi, veri madenciliği, istatistiksel testler konusunda araştırmacıların çalışmasını kolaylaştıran birçok kütüphaneye sahiptir. (Kabacoff, 2011, s. 3-5). CRAN olarak adlandırılan kütüphane deposundan bu kütüphaneler ücretsiz bir şekilde indirilebilmektedir. R’da web madenciliği için en yaygın kullanılan kütüphane *rvest* kütüphanesidir. Ayrıca *XML* gibi alternatif kütüphaneler de web madenciliği için kullanılabilir (Boehmke, 2015).

Knime ile Web Madenciliği

Knime veri analizi için geliştirilmiş, açık kaynak, kullanıcıların görsel olarak veri akışları (veya işlem hatları) oluşturmasına, bazı veya tüm analiz adımlarını seçerek olanak tanıyan bir yazılımdır. Bu yazılım Weka, H2O, R, Python gibi yazılım ve programlama dilleri ile bütünleşmiş çalışabilmektedir. Knime’a yüklenebilen Selenium, Xpath gibi eklentiler veya düğümler (nodes) ile web madenciliği için kullanılabilir. Ayrıca sahip olduğu diğer araçlar ile elde edilen veriler temizleme ve ön işleme gibi işlemlere de tabi tutulabilmektedir.

RapidMiner ile Web Madenciliği

RapidMiner veri analizi, veri madenciliği, makine öğrenmesi için tasarlanmış bir veri bilimi platformudur. Ücretsiz sürümde 10.000 satıra kadar veri analizine izin verilmektedir. RapidMiner, Knime’da olduğu gibi birçok farklı işlem için hazırlanmış düğümler (operators/nodes) kullanılarak işlem yapılmaktadır. Bu düğümler, giriş ve çıkış için sürekle/bırak veya başka özellikli portlara sahiptir. RapidMiner blok yapısı ile kullanımı kolay fakat oldukça kapsamlı bir yazılımdır. RapidMiner’da web madenciliği için *Get Pages* operatörü kullanılmaktadır. Şekil 3’te RapidMiner’da örnek bir web madenciliği modeli verilmektedir.



Şekil 3: RapidMiner’da Web Madenciliği (Wolfanger, 2022)

LİTERATÜR TARAMASI

Web’deki içeriğin, internet hız ve bant genişliğinin artması, web verisinin çeşitlenmesi web madenciliği gibi yöntemlerin geliştirilip kullanılmasına yol açmıştır. 1990’ların sonuna doğru ortaya atılan web verilerinin elde edilmesi ve bilgi çıkarımında kullanılması fikri (Chen & Chau, 2004) zamanla yaygınlaşmıştır (Sharma, Shrivastava, & Kumar, 2011). Son yıllarda bu alanda yayınlanan pek çok akademik çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların bazıları web madenciliği yöntemini açıklama ve çerçevesini

belirleme (Shah & Pandit, 2021; Surbhi & Kumar, 2021; Singh, Srivastava, Choudhury, & Yadav, 2021; Samanta, Dutta, Galety, & Pramanik, 2021; Monelli & Sriramoju, 2019; Saxena, 2016; Joshua, Bhattacharyya, & Kim, 2022; Gupta & Shrivastava, 2022) ve bu yöntemin sağlayacağı faydalar üzerine yoğunlaşmaktadır (Vijiyarani & Suganya, 2015; Kopp, 2022). Web madenciliğinin bir türü olan Web Log verilerinin analizi konusunda da birçok araştırma yapılmıştır (Wang & Xing, 2021; Akram & Ilango, 2022; Ibrahim & Obaid, 2021). Ayrıca sosyal medya verileri üzerine yapılmış web madenciliği çalışmaları da yaygındır (Yadao, Babu, Janarthanan, & Bhaumik, 2022; Ağca, 2022a; Pani, Sahu, Mishra, Mohanty, & Panigrahi, 2022).

Diğer çalışmalar bu yöntemi kullanarak elde ettikleri verilere istatistiksel analiz ve veri madenciliği uygulayarak çeşitli alanlarda bilgi ve örüntü çıkarmayı amaçlamıştır (Castillo-Zúñiga, Luna-Rosas, & López-Veyna, 2022; Hummler, Naumzik, & Feuerriegel, 2022; Deswal, 2016; Kinne & Lenz, 2021; Ağca, 2019). Bu alanda yapılan çalışmalar müşteri/ziyaretçi yorumları üzerine yapılan duygu analizi (Polat & Ağca, 2022), metin veya web sayfası hakkında bilgi/fikir edinme (Ağca, Aksoy, & Özdemir, 2018; Bekkam, Jahnavi, Gipson, Pallavi, & Rachana, 2022), GBS verilerinin kullanılması (Hummler, Naumzik, & Feuerriegel, 2022), içerik analizi veya metin madenciliği (Shalini & Ambikapathy, 2022; Deswal, 2016; Kinne & Lenz, 2021) gibi konularda yapıldığı görülmektedir. Daha çok 2020 sonrası görülen bu çalışmaların, birçok iş sektörüne yönelik olarak bilgi çıkarımında bulunma amaçlı da yapıldığı görülmektedir. Sağlık (Yadao, Babu, Janarthanan, & Bhaumik, 2022; Deswal, 2016), elektrikli araç şarj istasyonları (Hummler, Naumzik, & Feuerriegel, 2022), tarım (Pani, Sahu, Mishra, Mohanty, & Panigrahi,

2022), turizm (Ağca, Aksoy, & Özdemir, 2018; Polat & Ağca, 2022), eğitim (Liu & Liu, 2022) gibi alanlara yönelik yapıldığı görülmektedir.

WEB MADENCİLİĞİ: DERGİPARK ÖRNEĞİ

Web madenciliği için birçok araç ve programlama dili kullanılmaktadır. Programlama dilleri içerisinde bu alanda en yaygın kullanılanları Python ve R'dır. Her iki dilde de bu işlem için yazılan kütüphaneler vardır. Bu bölümde Python programlama dili ve BeautifulSoup kütüphaneleri kullanılarak (Predum, 2022) Türkiye'deki akademik hakemli dergilerin listelendiği ULAKBİM'e ait Dergipark sitesine web madenciliği işlemi uygulanacaktır.

Python programlama dili dilin web sitesinden⁸ işletim sistemine uygun olarak yükledikten sonra web madenciliği için gerekli olan kütüphanelerin yüklenmesi gerekmektedir. Bunun için işletim sisteminin komut satırında Python'un paket yükleyicisine yükleme komutları girilmelidir. Aşağıda gerekli olan kütüphanelerin yüklenişi gösterilmektedir⁹.

```
1  pip install beautifulsoup4
2  pip install requests
3  pip install pandas
4  pip install numpy
5  pip install pytest-warnings
```

Gerekli olan kütüphaneler Python'a yükledikten sonra herhangi bir Python kod editörü veya IDE'si¹⁰ yardımıyla kodlama işlemine başlanabilir. İlk olarak web madenciliğinde kullanılacak olan kütüphaneler oturuma dahil edilmektedir. Aşağıda bu işlem yapılmıştır.

⁸ <https://www.python.org/downloads/>

⁹ Linux işletim sistemlerinde pip yerine pip3 kullanılmalıdır.

¹⁰ Tümüleşik geliştirme ortamı (Eng: Integrated development environment)

```
6 from bs4 import BeautifulSoup
7 import numpy as np
8 import pandas as pd
9 from warnings import warn
10 import requests
11 from requests import get
```

Ardından web madenciliğinin yapılacağı hedef site ziyaret edilerek gerekli olan algoritma için ön inceleme yapılmalıdır. Dergipark sitesinde Dergiler menüsüne tıklandığında dergilerin listelendiği sayfa ekrana gelmektedir. Sayfa incelendiğinde sol tarafta dergilerle ilgili çeşitli filtreler yer alırken, sağ tarafta dergiler bulunmaktadır. Sayfada dergilere ait, isim, ISSN, yılda kaç kez yayınlandığı, görüntülenme sayısı ve indirme sayısını gösteren bilgiler yer almaktadır. Sayfanın en altına gidildiğinde dergilerin listelendiği toplam 107 sayfanın yer aldığı görülmektedir.

Sayfalar arasında gezinildiğinde sayfa sayısının adres çubuğuna eklendiği görülmektedir. Buna göre sayfalar değiştiğinde adres şu şekilde değişmektedir.

```
12 #https://dergipark.org.tr/tr/search?section=journal
13 #https://dergipark.org.tr/tr/search/2?section=journal
14 #https://dergipark.org.tr/tr/search/3?section=journal
15 #https://dergipark.org.tr/tr/search/4?section=journal
16 # .
17 # .
18 # .
19 #https://dergipark.org.tr/tr/
   search/107?section=journal
```

Tekrar Python kod penceresine dönülerek siteden alınmak istenen bilgilerin kaydedileceği liste türünde değişkenler oluşturulmalıdır. Aşağıda bu işlem yapılmaktadır.

```

20 # listeleri olustur -----
21 dergi_adi = []
22 issn = []
23 suresi = []
24 gosterim_sayisi = []
25 indirme_sayisi = []
26 link = []

```

Kodlar incelendiğinde dergi adı, issn, yayın sıklığı, gösterim sayısı, indirme sayısı ve derginin sayfa linki bilgilerinin alınmak istendiği görülmektedir. Alınmak istenen bilgilere göre yeni değişkenler tanımlanabilir.

Web madenciliği yapılmak istenen site birden çok sayfalı olduğu için bu sayfa adreslerini tanımlayan bir döngü yazılması gerekmektedir. Sitede toplam 107 sayfa bulunmaktadır. Bunun için de *sayfalar* adında bir değişken tanımlanmıştır.

```

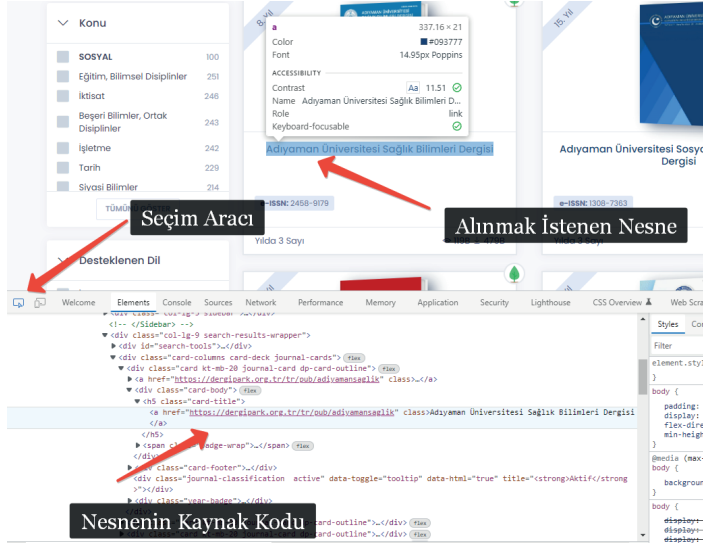
27 #https://dergipark.org.tr/tr/
    search/1?section=journal
28 # 1'den basla 107'e kadar 1 arttır
29 sayfalar = np.arange(1, 107, 1)

```

Web madenciliğinde kullanılan yazılımlar ve programlama dilleri bir sayfadan alınmak istenen verileri tespit ederken, kullanıcı tarafından belirlenen HTML/CSS etiketlerini kullanır. Robot yazılım, *kaynak kodları* tarayarak belirlenen etiketler içerisindeki bilgileri alır, gerisini göz ardı eder. Ayrıca bazı yazılım ve kütüphaneler tarafından *Xpath* sorgu dili de desteklenmektedir. Web tarayıcılarda bir nesnenin üzerine sağ tuş tıklayıp İncele (Firefox: Denetle) komutuna tıklandığında veya F12 tuşuna basıldığında sayfanın kaynak kodları ekrana gelecektir.

Burada önemli nokta alınmak istenen nesnenin doğru olarak belirlenmesidir. Bunun için kaynak kod penceresi açıkken element seçmek için kullanılan imleç kullanılabilir.

İmleç seçildikten sonra hedef nesnenin üzerine gidildiğinde kaynak kodlar o kısmı ekrana getirecektir. Şekilde bu işlem gösterilmektedir. Şekil 4'te bu işlem gösterilmektedir.



Şekil 4: Sayfanın Kaynak Kodları

Kodlar incelendiğinde dergilere ait bilgilerin *class* özelliği *card kt-ml-20 journal-card dp-card-outline* olan bir *div* nesnesi içerisinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla sayfanın geri kalan kodları göz ardı edilebilir. Aşağıda her sayfa için işlemin tekrar yapılmasını sağlamak için bir döngü yazılmıştır.

```

30 # for döngüsü başlangici -----
31 for page in sayfalar:
32
33     # hedef adrese istek yap
34     response = get("https://dergipark.org.tr/tr/search/"
35                   + str(page)
36                   + "?section=journal")
37
38     # eğer sayfa yoksa hata döndür
39     if response.status_code != 200:
40         warn('Request: {}; Status code: {}'.format(requests,
response.status_code))
41
42     # elde edilen sayfayı düzenle
43     page_html = BeautifulSoup(response.text, 'html.parser')
44
45     dergiler = page_html.find_all('div', class_ = 'card kt-
mb-20 journal-card dp-card-outline')

```

Kodlar incelendiğinde ilk olarak bir for döngüsü başlatılmıştır. Daha önce tanımlanan ve 1'den 107'ye kadar sayıları içeren *sayfalar* adlı değişken burada döngü sayısını belirtmek için kullanılmıştır.

Sonrasında `get()` fonksiyonu ile adrese istek yapılacaktır. Burada adresin ilk kısmı, sonra `page` içerisinde yer alan numara (1'den 107'ye kadar), daha sonra adresin son kısmı parametre olarak gönderilmiştir. İşlem sonucu *response* adlı değişkene aktarılmaktadır. Bazı durumlarda sayfa bulunamayabilir. Bunun için *warnings* kütüphanesi içerisinde yer alan *warn* fonksiyonu kullanılmıştır. Buradaki 200 kodu web sayfasına yapılan isteğin başarılı olduğunu göstermektedir.

Eğer sayfa varsa sonrasındaki ifade ile kaynak kodlar *BeautifulSoup* fonksiyonu ile `page_html` değişkenine aktarılacaktır. Daha önce bahsedildiği gibi sayfadan alınmak istenen bilgiler *class* özelliği *card kt-mb-20 journal-card dp-card-outline* olan bir `div` nesnesi içerisinde

yer almaktadır. Fakat her dergi için ayrı bir nesne vardır. Dolayısıyla `find_all()` fonksiyonu kullanılmalıdır. Eğer tek bir nesne alınmak isteniyorsa bunun için `find()` fonksiyonu kullanılır. Buradaki işlem ile o sayfadaki bütün dergilere ait bilgiler *dergiler* adlı değişkenin içerisine aktarılacaktır. Bundan sonraki işlemler alınmak istenen her bilgi için gerekli olan HTML/CSS etiketinin belirlenmesi ve buna yönelik kodların yazılması olacaktır.

```

46     for dergi in dergiler:
47
48         if dergi.h5.find("a") is not None:
49             dergi_adi.append(dergi.h5.find("a").text)
50             link.append(dergi.h5.find("a").get("href"))
51
52         else:
53             dergi_adi.append(None)

```

Her dergi için aynı işlemi tekrarlamak için yine bir döngü yazılmıştır. Dergiler adlı değişkenin *len()* fonksiyonu ile eleman sayısına bakıldığında o sayfadaki dergi sayısı görülecektir. Buradaki işlemde hem dergi adı hem de derginin web adresi alınmaktadır. Sayfanın ilgili kısmının kaynak kodları incelendiğinde kodlar daha iyi anlaşılacaktır. Şekil 5'te kaynak kodlar verilmektedir.

```

come Elements Console Sources Network Performance Memory Application Security Lighthouse CSS Overt
▼ <div id="dp-flash-container"></div>
▼ <div class="row"> (fix)
  <!-- <Sidebar> -->
  ▶ <div class="col-lg-3 sidebar"> (fix)
    <!-- <Sidebar> -->
  ▼ <div class="col-lg-9 search-results-wrapper">
    ▶ <div id="search-tools"> (fix)
      ▼ <div class="card-columns card-deck journal-cards"> (fix)
        ▼ <div class="card kt-mb-20 journal-card dp-card-outline"> (fix)
          ▶ <a href="https://dergiark.org.tr/tr/pub/adiyamansaglik" class="> (fix)
            ▼ <div class="card-body"> (fix)
              ▼ <h5 class="card-title">
                <a href="https://dergiark.org.tr/tr/pub/adiyamansaglik" class="Adıyaman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi:"
                </a>
              </h5>
              ▶ <span class="badge-wrap"> (fix)
                </div>
            ▶ <div class="card-footer"> (fix)
              <div class="journal-classification active" data-toggle="tooltip" data-html="true" title="<strong>Aktif</strong>"
              >"</div>

```

Şekil 5: Sayfanın Kaynak Kodları 2

For döngüsünde yer alan *dergi* adlı değişken class özelliği *card kt-mb-20 journal-card dp-card-outline* olan her bir div nesnesini ifade etmektedir. Kaynak kodlar incelendiğinde bu kod bloğunun içerisinde *h5* etiketinin altında *a* elementi hem derginin adını hem de sayfa adresini içermektedir. Buradaki *text* özelliği derginin adıyla, *href* özelliği derginin adresidir. Kullanılan *append()* fonksiyonu ile daha önce tanımlanan *dergi_adi* ve *link* listelerine bu değerler aktarılmaktadır. BeautifulSoup kütüphanesinde *dergi.h5* gibi hiyerarşik ifadeler kullanılabileceği gibi doğrudan özellik değeri belirtilerek de sorgu yapılabilmektedir. Burada *else* deyimi ile eğer sorguda herhangi bir değer yoksa listeye *None* yazılmaktadır.

Aşağıda geriye kalan bilgileri almak için gerekli olan kodlar verilmektedir.

```
54 if dergi.find("span", class_="badge badge-secondary kt-bg-
light-info").text is not None:
55     issn.append(dergi.span.find("span",
56                               class_="badge badge-secondary kt-bg-
light-info").text.replace("\n","").replace(" ", ""))
57     else:
58         issn.append(None)
59
60
61 if dergi.find("div", class_="col-6 text-left") is not None:
62     suresi.append(dergi.find("div", class_="col-6 text-
left").text.replace("\n","").replace(" ", ""))
63
64     else:
65         suresi.append(None)
66
67 if dergi.find("div", class_="col-6 text-right") is not None:
68     try:
69         gosterim_sayisi.append(dergi.find("div", class_="col-6
text-right").text.replace(" ", "").split("\n")[2])
70         indirme_sayisi.append(dergi.find("div", class_="col-6
text-right").text.replace(" ", "").split("\n")[5])
71     except:
72         gosterim_sayisi.append(None)
73         indirme_sayisi.append(None)
74
75     else:
76         gosterim_sayisi.append(None)
77         indirme_sayisi.append(None)
```

Kodlar incelendiğinde ilk kısımda bir *span* elementi içerisinde yer alan derginin *ISSN* numarası elde edilmektedir. *Span* elementinin tamamını almak yerine sadece sayfada görünen metni almak için *text* ifadesi kullanılmıştır. Burada elde edilen kısımda gereksiz sayfa sonu (“\n”) ve boşluklar *replace()* fonksiyonu ile temizlenmiştir. Benzer işlemler derginin yılda kaç kez yayınlandığını gösteren kısım için de yapılmıştır.

Derginin kaç kez gösterildiğini ve kaç kez indirildiğini gösteren ifade gereksiz boşluk ve metin içermektedir.

Bunun için boşluklar temizlendikten sonra metin parçalara bölünmüş, sayıları içeren 2'nci ve 5'inci eleman alınmıştır. Bazı durumlarda bu kısımda hata meydana gelmektedir. Bunun için *try...except* ile hatalar göz ardı edilmiştir.

Buradaki örnekte HTML/CSS etiketleri kullanılmıştır. Xpath ile de başarılı sonuçlar elde etmek mümkündür (Ağca, 2019).

Son olarak elde edilen listeler bir araya getirilmiştir. Bu işlem için pandas kütüphanesinden faydalanılmıştır. DataFrame nesnesi haline getirilen veri seti bir Excel dosyasına yazılmaktadır. Bu işlemlere ait kodlar aşağıda verilmektedir.

```

78 # dataframe oluştur -----
79 df = pd.DataFrame({'Dergi Adı': dergi_adi,
80                  'ISSN': issn,
81                  'Yayın Sıklığı': suresi,
82                  'Gösterim Sayısı': gosterim_sayisi,
83                  'İndirme Sayısı': indirme_sayisi,
84                  'Dergi Sayfası': link}
85                  )
86
87 # excel dosyası olarak yaz
88 df.to_excel("Dergipark.xlsx", index=False, header=True)

```

Yukarıdaki işlemde pandas kullanılarak daha önce oluşturulan ve içerisine bilgiler aktarılan listeler bir tabloya dönüştürülmüş, daha sonra Excel dosyasına yazılmıştır. DataFrame'deki ilk kısımlar sütun başlıklarıyken ikinci kısım değişken adlarını belirtmektedir. Bu işlem sonucunda oluşturulan veri setinin ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Web madenciliği webde düzenli halde bulunmayan verilerin çeşitli yazılımlar ve programlama dilleri ile otonom

şekilde elde edilmesi ve bu verilerden bilgi çıkarımın mümkün hale getirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır. Bu araştırmada web madenciliği kavramı, gelişimi, gelişimine etki eden faktörler açıklanmış, sonrasında web madenciliği için kullanılabilir yazılımlar ve programlama dillerinden bahsedilmiştir. Web madenciliği yönteminin daha iyi anlaşılması için Python programlama dili ve BeautifulSoup kütüphaneleri kullanılarak Dergipark sitesi üzerinde web madenciliği işlemi uygulanmıştır.

Web madenciliği, alternatif bir veri elde etme yöntemidir. İnternet/web günümüzün en büyük veri tabanlarından biridir. Bu veriler işlendiğinde çok değerli bilgiler içermektedir. Şirketler sahip oldukları veri tabanları üzerinde veri madenciliği ve istatistiksel analizler ile hali hazırda bu verileri değerlendirmektedir. Fakat çoğu zaman bu veriler kamu ile paylaşılmamaktadır. Bu çalışmada kamuya açık halde bulunan web sayfalarından otonom şekilde verinin elde edilebileceğine yönelik uygulama verilmektedir. Bu yöntem ile analiz ve araştırmalarda kullanılabilir değerli bilgiler internet üzerinden elde edilebilmektedir.

Web madenciliği algoritmaları her site için farklı tasarlanmaktadır. Buna sebep olarak sitelerin kaynak kodlarının farklılık göstermesi verilebilir. Bu yöntemi kullanacak araştırmacıların programlama bilgilerinin yanı sıra web sayfalarının tasarlanmasında kullanılan HTML/CSS konusunda da bilgiye sahip olmaları gerekmektedir. Bazı sitelerde web madenciliğinin önüne geçmek için siteler tarafından önlem alınmaktadır. Site burada bu tarz robot uygulamalar ile verilerinin alınmasına engel olmayı amaçlamaktadır. Bunun aksine bazı siteler ise verinin belirli bir oranda elde edilebilmesi için işlemleri kolaylaştırıcı API'ler sağlamaktadır. Buna Twitter örnek olarak verilebilir.

KAYNAKÇA

- (2022). 09 22, 2022 tarihinde internetworldstats.com: <https://www.internetworldstats.com/emarketing.htm> adresinden alındı
- Agrawal, V. (2022, 05 20). *Data Mining vs Text Mining vs Web Mining: 3 Critical Differences*. Hevodata: <https://hevodata.com/learn/data-mining-vs-text-mining-vs-web-mining/> adresinden alındı
- Ağca, Y. (2019). *Çevrimiçi Seyahat Acentelerinde Oda Fiyatlarına Etki Eden Faktörlerin Araştırılması* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Ağca, Y. (2021a). Otel Oda Fiyatlarını Açıklamada Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Kıyaslanması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 450-463.
- Ağca, Y. (2021b). *R Programlama Dili ile İstatistiksel Analiz ve Veri Madenciliği*. İstanbul: Cinius Yayınları.
- Ağca, Y. (2022a). Analysis of the Twitter Accounts of Political Parties and Their Presidents in Turkey with Text Mining. N. Abdullazade, & F. Babayeva-Shukurova (Dü.), *7th International Congress on Life, Social, and Health Science in a Changing World* içinde (s. 51-64). Izmir, Turkey: BZT Academy Publishing.
- Ağca, Y. (2022b). Analysis of Turkish Cinema with Text Mining. *International Azerbaijan Academic Research Congress (May 28-29, 2022)* (s. 1-11). Baku: BZT Akademi Yayınevi.
- Ağca, Y., Aksoy, H., & Özdemir, A. (2018, 11). Web Madenciliği Yönteminin Geçmiş Gündemi Bulmak İçin Kullanımı: Türkiye'deki Turizm Gündemi Örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi*(30), s. 344-358. doi:10.16990/SOBIDER.4562
- Akrum, N. N., & Ilango, V. (2022). Intelligent Web Mining Techniques using Semantic Web. *2022 First International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT)* (s. 1-7). IEEE. doi:10.1109/ICEEICT53079.2022.9768546
- Bekkam, S. K., Jahnavi, N., Gipson, K., Pallavi, G., & Rachana, J. (2022). Web Mining To Detect Online Spread Of Terrorism. *Technix International Journal for Engineering Research*, 9(6), s. 9-14.
- Boehmke, B. (2015, 11 21). *Scraping HTML Tables*. 03 11, 2019 tarihinde bradleyboehmke.github.io: <http://bradleyboehmke.github.io/2015/12/scraping-html-tables.html> adresinden alındı
- Castillo-Zúñiga, I., Luna-Rosas, F.-J., & López-Veyna, J.-I. (2022). Detection of traits in students with suicidal tendencies on Internet applying Web Mining. *Media Education Research Journal*, s. 101-112.
- Chen, H., & Chau, M. (2004). Web Mining: Machine Learning for Web Applications. B. Cronin (Dü.) içinde, *Annual Review of Information*

- Science and Technology* (Cilt 38, s. 289-329). New Jersey, US: Information Today, Inc.
- Deshmukh, A. V. (2005). *Microcontrollers: Theory and Applications*. New Delhi, India: Tata McGraw-Hill Publishing Company.
- Deswal, N. (2016). Leveraging Meta Search Engine And Allied Web Mining Techniques In Developing An Efficacious Health Care Services System. *International Journal of Research in Medical Sciences and Technology*, 2, s. 1-5.
- Featherly, K. (2022, 09 14). *ARPANET: United States defense program*. Britannica.com: <https://www.britannica.com/topic/ARPANET> adresinden alındı
- Gorunescu, F. (2011). *Data Mining: Concepts, Models and Techniques* (Cilt 12). Berlin: Springer-Verlag. doi:10.1007/978-3-642-19721-5
- Gowrishankar, S., & Veena, A. (2019). *Introduction to Python Programming*. Boca Raton: Taylor & Francis Group.
- Gupta, K., & Shrivastava, V. (2022). A Short Paper on Web Mining Using Google Techniques. A. Joshi, M. Mahmud, & R. Ragel (Dü) içinde, *Information and Communication Technology for Competitive Strategies (ICTCS 2021)* (s. 653-659). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-19-0095-2_62
- Han, J., Kamber, M., & Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques* (3 b.). Waltham: Morgan Kaufmann Publishers.
- Hummler, P., Naumzik, C., & Feuerriegel, S. (2022). Web Mining to Inform Locations of Charging Stations for Electric Vehicles. *arXiv preprint arXiv*. doi:10.48550/arXiv.2203.07081
- Ibrahim, K. K., & Obaid, A. J. (2021). Web Mining Techniques and Technologies: A Landscape View. *Journal of Physics: Conference Series*, s. 1-15.
- Johnson, J. (2022, 04 02). *statista.com*. 05 07, 2022 tarihinde Worldwide digital population April 2022: <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/> adresinden alındı
- Jokar, N., Honarvar, A. R., Aghamirzadeh, S., & Esfandiari, K. (2016). Web mining and Web usage mining techniques. *Bulletin de la Société des Sciences de Liège*, 85, s. 321-328.
- Joshua, E., Bhattacharyya, D., & Kim, T. (2022). New Event Detection for Web Recommendation Using Web Mining. D. Bhattacharyya, S. K. Saha, & P. Fournier-Viger (Dü) içinde, *Machine Intelligence and Soft Computing* (s. 153-157). Singapore: Springer. doi:10.1007/978-981-16-8364-0_19
- Júnior, M. G., & Gong, Z. (2005). Web Structure Mining: An Introduction. *International Conference on Information Acquisition (June 27 - July 3, 2005)* (s. 590-595). Hong Kong, Macau: IEEE.
- Kabacoff, R. I. (2011). *R in Action: Data Analysis and Graphics with R*. Shelter Island, US: Manning Publications Co.

- Kinne, J., & Lenz, D. (2021). Predicting innovative firms using web mining and deep learning. *Plos One*, 16(4). doi:10.1371/journal.pone.0249071
- Kopp, A. (2022). An Approach to Automatic Business Process Capturing using Web Mining Techniques. *SSRN*. <https://ssrn.com/abstract=4126373> adresinden alındı
- Koshy, J. (2017, 08 09). *Best Programming Languages for Web Scraping*. 03 10, 2019 tarihinde promptcloud.com: <https://www.promptcloud.com/blog/best-programming-language-for-web-scraping/> adresinden alındı
- Lambert, L. (2005). *The Internet: A Historical Encyclopedia. Chronology*. (H. W. Poole, Dü.) Santa Barbara, US.: ABC-CLIO. <https://books.google.com.tr/books?id=qi-ItIG6QLwC> adresinden alındı
- Liu, C., & Albitz, P. (2003). *DNS and BIND: Help for System Administrators* (5 b.). Sebastopol, US.: O'Reilly Media, Inc.
- Liu, F., & Liu, J. (2022). A novel teaching model based on Web Mining and Data Mining. *2022 Global Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Information Technology (GCRAIT)* (s. 488-491). IEEE. doi:10.1109/GCRAIT55928.2022.00107
- McGuigan, B. (2022, 04 19). *easytechjunkie.com*. 05 06, 2022 tarihinde How Big is the Internet?: <https://www.easytechjunkie.com/how-big-is-the-internet.htm> adresinden alındı
- Metwalli, S.A. (2020,08 16). *Choose the Best Python Web Scraping Library for Your Application*. 09 24, 2022 tarihinde towardsdatascience.com: <https://towardsdatascience.com/choose-the-best-python-web-scraping-library-for-your-application> adresinden alındı
- Monelli, A., & Sriramoju, S. B. (2019). An Overview of the Challenges and Applications towards Web Mining. *2nd International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)* (s. 127-131). Palladam, India: IEEE. doi:10.1109/I-SMAC.2018.8653669
- Pani, S., Sahu, B., Mishra, J., Mohanty, S. N., & Panigrahi, A. (2022). Pragmatic Analysis of Social Web Components on Semantic Web Mining. M. G. Galety, C. A. Atroshi, B. K. Balabantaray, & S. N. Mohanty (Dü) içinde, *Social Network Analysis: Theory and Applications*. Scrivener Publishing LLC. doi:10.1002/9781119836759.ch6
- Polat, H., & Ağca, Y. (2022). Tripadvisor Kullanıcılarının Türkçe ve İngilizce Yorumları Kapsamında Duygu Analizi Yöntemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 22(2), s. 901-916. doi:10.11616/asbi.1103992
- Predum, R. (2022, 08 09). *Web Scraping in Python – How to Scrape Sci-Fi Movies from IMDB*. 09 24, 2022 tarihinde freecodecamp.org: <https://www.freecodecamp.org/news/web-scraping-sci-fi-movies-from-imdb-with-python/> adresinden alındı

- Rasheed, A. (2016, 04 14). *IoT: Explosion of Connected possibility*. 09 22, 2022 tarihinde LinkedIn.com: <https://www.linkedin.com/pulse/iot-explosion-connected-possibility-abdul-rasheed> adresinden alındı
- Reilly, E. D. (2003). *Milestones in Computer Science and Information Technology*. Westport, US: Greenwood Press.
- Roser, M., Ritchie, H., & Ortiz-Ospina, E. (2019). *Internet*. 09 22, 2022 tarihinde ourworldindata.org: <https://ourworldindata.org/internet> adresinden alındı
- Samanta, D., Dutta, S., Galety, M. G., & Pramanik, S. (2021). A Novel Approach for Web Mining Taxonomy for High-Performance Computing. J. M. Tavares, P. Dutta, S. Dutta, & D. Samanta (Dü) içinde, *Cyber Intelligence and Information Retrieval* (s. 425-432). Springer. doi:10.1007/978-981-16-4284-5_37
- Saxena, P. (2016). A Study On Web Mining As Web Services Framework. *An International Journal of Management & IT A Refereed Research Journal*, 8(1), s. 1-5.
- Schafer, V., & Thierry, B. G. (2019). *The SAGE Handbook of Web History*. (N. Brügger, & I. Milligan, Dü) London, UK.: Sage Publication Ltd.
- Schmid, P. (2006, 11 27). *15 Years Of Hard Drive History: Capacities Outran Performance*. tomshardware.com: <https://www.tomshardware.com/reviews/15-years-of-hard-drive-history,1368-3.html> adresinden alındı
- Shah, P., & Pandit, H. B. (2021). A Review: Web Content Mining Techniques. P. Nanda, V. K. Verma, S. Srivastava, R. K. Gupta, & A. P. Mazumdar (Dü) içinde, *Data Engineering for Smart Systems* (s. 159-172). Springer. doi:10.1007/978-981-16-2641-8_15
- Shalini, A., & Ambikapathy, R. (2022). E-Commerce Analysis and Product Price Comparison Using Web Mining. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(6), s. 3620-3623.
- Sharma, K., Shrivastava, G., & Kumar, V. (2011). Web mining: Today and tomorrow. *3rd International Conference on Electronics Computer Technology* (s. 399-403). Kanyakumari, India: IEEE. doi:10.1109/ICECTECH.2011.5941631
- Shelly, G. B., & Campbell, J. (2012). *Discovering the Internet: Brief*. Boston, US: Cengage Learning.
- Singh, D. K., Srivastava, R., Choudhury, T., & Yadav, A. K. (2021). Computational Intelligence in Web Mining. R. Tomar, M. D. Hina, R. Zitouni, & A. Ramdane-Cherif (Dü) içinde, *Innovative Trends in Computational Intelligence* (s. 197-215). Springer. doi:10.1007/978-3-030-78284-9_9
- Skrabec, Q. R. (2012). *The 100 Most Significant Events in American Business: An Encyclopedia*. Santa Barbara, US: Greedwood.
- Sreedevi, A., Harshitha, T. N., Sugumaran, V., & Shankara, P. (2022). Application of cognitive computing in healthcare, cybersecurity,

- big data and IoT: A literature review. *Information Processing & Management*, 59(2). doi:10.1016/j.ipm.2022.102888
- Sumathi, S., & Sivanandam, S. (2006). *Introduction to Data Mining and Its Applications*. Berlin, Germany: Springer. 05 11, 2019 tarihinde https://books.google.com.tr/books?id=QwveL0jFk_gC adresinden alındı
- Surbhi, S., & Kumar, S. S. (2021). Web Mining: A Framework. *IITM Journal of Management and IT*, 12(1), s. 93-98.
- Vijayarani, S., & Suganya, E. (2015). Research Issues in Web Mining. *International Journal of Computer-Aided Technologies (IJCAx)*, 2(3), s. 55-64.
- Vousinas, G. (2012). *Internet & the birth of InfoCom industry. IT & Economic Performance*. LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Wang, X., & Xing, Y. (2021). Research on Web Log Data Mining Technology Based on Optimized Clustering Analysis Algorithm. *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Blockchain Technology (AIBT)* (s. 6-11). Beijing, China: IEEE. doi:10.1109/AIBT53261.2021.00008
- Wolfanger, T. (2022). *Scraping Web Data with Rapidminer*. 09 24, 2022 tarihinde twolfanger.de: <http://www.twolfanger.de/scraping-web-data-with-rapidminer/> adresinden alındı
- Yadao, S., Babu, V., Janarthanan, M., & Bhaumik, A. (2022). A Semantically Enhanced Deep Neural Network Framework for Reputation System in Web Mining for Covid-19 Twitter Dataset. *Webology*, s. 3911-3928. doi:0.14704/WEB/V19I1/WEB19258
- Yin, M. (2019, 02 25). *Scrapy Tutorial #1: Scrapy VS Beautiful Soup*. 03 10, 2019 tarihinde [accordbox.com: https://www.accordbox.com/blog/scrapy-tutorial-1-scrapy-vs-beautiful-soup/](https://www.accordbox.com/blog/scrapy-tutorial-1-scrapy-vs-beautiful-soup/) adresinden alındı