T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİMDALI

NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ZEKİ ŞAHİN

BALIKESİR, NİSAN - 2019

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANA BİLİMDALI

NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ZEKİ ŞAHİN

Jüri Üyeleri : Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TÜLÜBAŞ GÖKUÇ (Tez Danışmanı)
Prof. Dr. F. Nurhayat DEĞİRMENCİ
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR

BALIKESİR, NİSAN - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

OSMAN ZEKİ ŞAHİN tarafından hazırlanan **"NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI"** adlı tez çalışmasının savunma sınavı 05.04.19 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Danışman Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TÜLÜBAŞ GÖKUÇ	.....
Üye Prof. Dr. F. Nurhayat DEĞİRMENCİ	.....
Üye Dr. Öğr. Üyesi İbrahim BAKIR	.....
Yedek Üye Dr. Öğr. Üyesi Serkan PALABIYIK	.....
Yedek Üye Doç. Dr. Hacer MUTLU DANACI	.....

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR .....

ÖZET

NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OSMAN ZEKİ ŞAHİN
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ YELİZ TÜLÜBAŞ GÖKUÇ)

BALIKESİR, NİSAN - 2019

Yapıların cephelerinde kullanılan ürünlerin hizmet ömürleri süresince, bakım ve onarım ihtiyacı söz konusudur. Bu süreçte uygulanacak olan verimli ve etkili bakım, hizmet ömrünü uzatabilmektedir. Ülkemizdeki yapıların inşaat aşamasında ve kullanım sürecinde, maliyetlerin fazla olması nedeni ile hem ürün seçimine hem de bakıma yeterli derecede önem verilmemekte ve gerekli bütçe ayrılmamaktadır. Gerekli bütçenin ayrılması, uygulamada seçilen malzemenin kalitesi ile bakım maliyetinin azalması için büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda gelişen teknoloji ile üretilen cephe ürünlerinin kullanılması ile bakım maliyetini düşüreceği düşünülmektedir.

Teknolojinin gelişmesi ile giydirme cephe ürünlerinde çeşitliliğin artmasının yanı sıra ürünlerin kazandığı yeni özellikler de yapı sektöründe önemli yer tutmaktadır. Nanoteknolojinin yapı sektöründe de kullanılmaya başlanmasıyla yapı ürünlerine birçok özellik kazandırılmıştır. Bunlardan birkaçı kendi kendini temizleme, buğulanmama ve kolay temizlenebilmedir. Böylelikle yapı ürünlerinin bakım ve onarım sürelerinin uzaması dolayısıyla da bakım maliyetlerinin düşmesi mümkün olmaktadır. Hava kirliliğini ve olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla çevreyle dost yapı ürünlerinin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bakım ihtiyacı olmayan nanoteknolojik giydirme cephe ürünlerinin kullanılması ile cephe yüzeylerinin çok daha uzun sürelerde temiz kalması mümkündür.

Bu çalışmanın amacı; yapı sektöründe kullanılan nanoteknolojik ürünlerin cam ve giydirme cephe uygulamaları bağlamında kullanımının belirlenmesidir. Cam ve giydirme cephe uygulamalarında nanoteknolojik malzeme kullanılan ve kullanılmayan giydirme cephe uygulamaları arasındaki farklılıkları inceleyerek nanoteknolojik ürünlerin avantajlarını ortaya çıkararak nanoteknoloji konusuna dikkat çekmek ve bu konudaki farkındalığın artmasına katkı sağlamaktır. Cam ve giydirme cephe sektörü bağlamında nanoteknolojinin adaptasyonunun daha iyi anlaşılması ve nanoteknolojideki mevcut uygulamaları değerlendirmek çalışma içinde büyük önem taşımaktadır. Çalışma için gerekli veriler bir anket çalışması yapılarak toplanmıştır. Çalışmanın sonuçları; ülkemizde nanoteknoloji kullanarak ürün ve üretim yapan firmaların sayısının oldukça sınırlı, diğer ürünlere göre pahalı ve pazar payının çok düşük olduğunu göstermektedir. Ülkemizde nanoteknoloji alanında önemli adımlar atılmış olmakla birlikte yapı sektörüne yönelik teşvikler ile desteklenmesi gerekmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: Giydirme cephe, mimari cam, alüminyum kompozit panel, hava kirliliği, nanoteknolojik malzeme, kendi kendini temizleme, nanoteknoloji.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF NANOTECHNOLOGICAL PRODUCTS IN THE CONTEXT OF CURTAIN WALL SYSTEMS
MSC THESIS
OSMAN ZEKİ ŞAHİN
BALIKESIR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
ARCHITECTURE
(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. YELİZ TÜLÜBAŞ GÖKUÇ)

BALIKESİR, APRIL 2019

During the service life of the products used in the facades of buildings, there is a need for maintenance and repair. Efficient and effective care to be implemented in this process can extend the service life. Due to the high costs in the construction phase and usage process of the buildings in our country, both the product selection and maintenance are not given sufficient importance and the necessary budget is not allocated. The allocation of the required budget is of great importance for the quality of the material selected in practice and for the reduction of the maintenance cost. In this context, it is expected that the cost of maintenance will be reduced by the use of façade products manufactured by the developing technology.

The fact that a wide range of curtain wall panels have been introduced due to the development of technology as well as these panels getting new characteristics holds a significant place in the construction industry. Construction products have gained new features as the nanotechnology began to be employed by the construction industry. Some of these new features are self-cleaning, anti-fog up and easy clean. This allows the maintenance costs to drop due to the prolongation of maintenance and repair periods. Developing environmentally friendly construction products is vital so as to reduce air pollution and its negative effects. It is possible to keep the facade surfaces clean for a longer period of time by using self-sufficient nanotechnological curtain wall products.

The aim of this study is to determine the use of nanotechnological products used in construction industry in the context of glass and curtain wall applications. It also aims to raise awareness and draw attention to the advantages of nanotechnology by examining the differences between nanotechnology employing and non-employing glass and curtain wall applications. A better comprehension of the adaptation of nanotechnology in the context of the glass and curtain facade industry and assessing the current applications in nanotechnology are of great importance for this study. Required data for this study has been acquired through a survey. Results of the study; the number of firms and production companies using nanotechnology in our country is quite limited, it is expensive compared to other products and the market share is very low. Although Turkey has made considerable progress in nanotechnology, incentives need to be provided for the construction sector.

KEYWORDS: Curtain wall, architectural glass, aluminium composite panel, air pollution, nanotechnological material, self-cleaning, nanotechnology.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
İÇİNDEKİLER ..... **iii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **v**
TABLO LİSTESİ ..... **vi**
GRAFİK LİSTESİ ..... **vii**
SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ ..... **viii**
ÖNSÖZ ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı 3
1.2. Tez Çalışmasının Organizasyonu 4
2. NANOTEKNOLOJİ **5**
2.1. Nanoteknolojinin Tanımı 5
2.2. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Kronolojik Gelişimi 6
2.3. Nanoteknolojik Ürünlerin Kullanım Alanları 7
2.3.1. Malzeme ve İmalat Sektörü 7
2.3.2. Nanoelektronik ve Bilgisayar Teknolojileri 8
2.3.3. Tıp ve Sağlık Sektörü 8
2.3.4. Havacılık ve Uzay Araştırmaları 9
2.3.5. Enerji 10
2.3.6. Biyoteknoloji ve Tarım 11
2.3.7. Savunma Sektörü 12
2.3.8. Yapı Sektörü 12
2.3.8.1. Nano Kaplamalar 16
2.3.8.1.1. Malzemeler ve Yüzeyler 16
2.4. Türkiye'de Nanoteknoloji Uygulamaları 17
3. NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN FAYDALARI VE UYGULANMASINDAKİ ZORLUKLAR **20**
3.1. Nanoteknolojinin Faydaları ve Sürdürülebiliriğe Katkısı 20
3.1.1. Nanoteknolojinin Faydaları 20
3.1.2. Nanoteknolojinin Sürdürülebilir Yapılar Açısından Katkıları 22
3.2. Nanoteknolojik Ürünlerin Kullanımı İle İlgili Engeller ve Zorluklar 24
3.2.1. Nanopartikül Maruziyeti 25
3.2.1.1. Temas Yoluyla Maruziyet 26
3.2.1.2. Soluma Yoluyla Maruziyet 26
3.2.1.3. Yutma Yoluyla Maruziyet 27
3.2.1.4. Toz Patlaması 27
4. DÜNYADA VE TÜRK YAPI SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİ KULLANIMI **29**
4.1. Dünyada Yapı Sektöründe Nanoteknoloji 31
4.2. Türk Yapı Sektöründe Nanoteknoloji 31
4.2.1. Giydirme Cephe Sektöründe Kullanılan Nanoteknolojik Ürünler 35
4.2.1.1. Kendi Kendini Temizleyen Nanokaplamalar 36
4.2.1.1.1. Lotus Etkisi ile Kendi Kendini Temizleyen Nano Malzemeler 37

4.2.1.1.2. Fotokatalizle Kendi Kendini Temizleyen Nano Malzemeler……38
4.2.1.2. Buğu Tutmayan Nanokaplamalar....40
4.2.1.3. Kolay Temizlenen Nanokaplamalar....41
4.2.1.4. Isı Yalıtımı Sağlayan Nanomalzemeler....42
4.2.1.5. Ultraviyole Işınlara ve Güneşe Karşı Korunum Sağlayan Nanomalzemeler....43
4.2.1.6. Yangın Korunumu Sağlayan Nanomalzemeler....45
4.2.1.7. Antibakteriyel Yüzeyler....46
4.2.1.8. Duvar Yazısı Tutmayan Yüzeyler....47
4.2.2. Cam Giydirme Cephelerde Nanoteknoloji Kullanımı ve Nano Ürün Kullanılan Örnek Projeler....47
4.2.3. Alüminyum Kompozit Panel Cephelerde Nanoteknoloji Kullanımı ve Nano Ürün Kullanılan Örnek Projeler....51
5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ....55
5.1. Anket Formunun Organizasyonu....55
5.2. Örneklem....56
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA....57
6.1. Katılımcılara ve Firmalara Yönelik Bulgular....57
6.2. Ankete İlişkin Diğer Bulgular....60
7. SONUÇ VE ÖNERİLER....67
7.1. Nanoteknolojik Malzemelerin Giydirme Cephede Kullanımı ile İlgili Sonuçlar....68
7.2. Genel Sonuçlar....70
8. KAYNAKLAR....73
8.1. İnternet Kaynakları……78
9. EKLER....81
10. ÖZGEÇMİŞ....85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Nano, Mikro ve Makro Boyuttaki Cisimler 6
Şekil 2.2: Nano-Malzemeler Ile Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi.....11
Şekil 4.1: Nanoteknoloji ve Nano Mimarlık 29
Şekil 4.2: Ara Pacis Arkeolojik Eserler Müzesi 37
Şekil 4.3: MSV Arena Futbol Stadyumu.....39
Şekil 4.4: Jubilee Kilisesi 39
Şekil 4.5: Buğu Tutmama Özelliğine Sahip Ayna.....40
Şekil 4.6: Kaldewei Kompetence Merkezi - Almanya. 41
Şekil 4.7: JW Marriott Oteli (BAE) Termal Yalıtım Kaplaması.....42
Şekil 4.8: Fotokromatik Cam Kaplama 43
Şekil 4.9: Termokromik Cam Kaplama Örneği.....44
Şekil 4.10: Termokromik Bir Binanın Sabah, Öğle ve Akşam Görünümü. 45
Şekil 4.11: Deutsche Post-Tower 45
Şekil 4.12: Cam Ev - Avusturya. 47
Şekil 4.13: Fotokatalist Tio2 Cam Kaplama Uygulanma Öncesi ve Sonrası 50
Şekil 4.14: YAS Marina Pisti Fokatalitik Membran Yapı Cephesi.....51
Şekil 4.15: Bertram ve Judith Kohl Binası Fotokatalitik Alüminyum Cephe. 52
Şekil 4.16: Mont Verde Alüminyum Cephe. 52
Şekil 4.17: Rönesans Biz Plaza (Küçükyalı Ofis Park) Cephesi 53
Şekil 4.18: İspanyol Enerji Şirketi Binası Alüminyum Kompozit Panel Kaplaması.....54
Şekil 4.19: Expo 2016 Antalya Kulesi Alüminyum Kompozit Panel Kaplaması.....54

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Nanoteknolojik malzemeler, uygulama alanları 14
Tablo 2.2: Farklı nano kaplamalar ve özellikleri.....17
Tablo 2.3: Nanoteknoloji konulu bilimsel yayın ve patent sayıları 18
Tablo 4.1: Nanoteknolojinin Yapı Sektöründeki Uygulama Alanları.....32
Tablo 4.2: Alüminyum Kompozit Panel İç ve Dış Cephe Kaplamalarının Kullanıldığı Büyük Çaplı Projeler 34

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa

Grafik 6.1: Çalışanların firmadaki pozisyonları 57
Grafik 6.2: Çalışanların sektördeki çalışma yıllarının dağılımı.....58
Grafik 6.3: Firmaların kurumsal yaşlarına göre dağılımı..…… ……..58
Grafik 6.4: Firmaların faaliyet gösterdikleri illere göre dağılımı. 59
Grafik 6.5: Firmaların ana faaliyet konusundaki pazar payları 59
Grafik 6.6: Katılımcıların nanoteknoloji konusundaki bilgi düzeyleri.....60
Grafik 6.7: Firmanızda nanoteknoloji konusunda bir AR-GE müdürlüğünüz var mı?..61
Grafik 6.8: Kullanılan nanoteknolojik yapı malzemeleri 62
Grafik 6.9: Nanoteknolojik malzemelerin kullanımını engelleyen faktörler.....63
Grafik 6.10: Teknik alt yapısı uygun olmayan firmalar iş koluyla ilgili üniversite ya da meslek odalarından destek alabiliyor mu?.....63
Grafik 6.11: Nanoteknoloji alanında eğitim verebilecek kurum veya kuruluşlara ulaşmak mümkün mü? 64
Grafik 6.12: Nanoteknoloji ile ilgili maliyet ve eğitim giderleri hususunda teşvik desteği alınabiliyor mu?.....64
Grafik 6.13: Nanoteknolojik ürünlerin sınıflandırma, kalite, standart. 65
Grafik 6.14: Aşağıdaki ifadelere ne derecede katıldığınızı işaretleme.....66

SEMBOL VE KISALTMALAR LİSTESİ

AD	: Anabilim Dalı
C	: Cilt
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü
MF	: Mimarlık Fakültesi
S	: Sayı
SBE	: Sosyal Bilimler Enstitüsü
İİBF	: İktisadi İdari Bilimler Fakültesi
ss	: Sayfa Sayısı
TDK	: Türk Dil Kurumu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UNAM	: Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi Projesi

ÖNSÖZ

Yapıların giydirme cepheleri suya, toza, çizilmeye vb. karşı korunması oldukça önemli bir konudur. Su, toz ve çizilmenin zararlı etkileri sonucu yapıların hasar görmesi, onarım ve temizlik için harcanacak para ile zamanın fazlalığı yapıların su, toz ve çizilmeye karşı dayanımının göz ardı edilmemesi gereken, önemli bir problem olduğunu göstermektedir.

Nanoteknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesiyle inşaat sektörü de etkilenmiş ve bu alanda araştırmaların, çalışmaların yapılması gerekliliği doğmuştur. Bu çalışmada; yapı sektörüne yönelik nanoteknoloji sayesinde üretilen boyalar ve kaplama malzemelerinin, alüminyum kompozit panel ve cam üzerine etkileri giydirme cepheler özelinde anketler yapılarak araştırılmıştır.

Bu çalışma süresince, bana her zaman destek olup bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, öğrenme sürecime katkı sağlayıp yol gösteren tez danışman hocam sayın Dr. Öğr. Üyesi Yeliz Tülübaş GÖKUÇ'a;

Yüksek lisans eğitimim boyunca değişik konularda bilgi sahibi olmamı, bakış açılarımı genişletmemi sağlayan, bilgi ve tecrübelerini sakınmayan Balıkesir Üniversitesi'nin ve özellikle Mimarlık Fakültesinin değerli hocalarına;

Tez araştırmamın anket uygulamasında gizlilik ilkesi nedeniyle isimlerini burada yazamadığım 58 çok değerli işlerinin uzmanı cephecilere;

Hep olduğu gibi tezimin tüm aşamasında da bana desteğini ve sabrını esirgemeyen eşim Nilay ŞAHİN'e, benim ömrüme ömür katan kızlarım Nazende ve Nazenin'e, beni yalnız bırakmayan canım aileme; teşekkürlerimi içtenlikle sunarım.

OSMAN ZEKİ ŞAHİN

1. GİRİŞ

Nanoteknoloji yirmi birinci yüzyılın en önemli ve hızlı gelişen teknolojisi olarak görülmektedir. Özellikle küresel rekabet ortamı içerisinde, ülkeler için stratejik bir önem taşımaktadır. Nanoteknoloji; medikal bilimler, malzeme, savunma, tekstil, ekonomi, bilgisayar, temiz enerji kaynakları, sürdürülebilir enerji, çevre ve gıda vb. pek çok alanda yenilik getirmektedir.

Birçok disiplin içerisinde gelişme imkanı bulan nanoteknoloji, nanomalzemelerin üretimi ve kullanımı açısından yapı sektörü içerisinde de önemli yansımalar sağlamaktadır. Mimarlık alanında nanoteknoloji ile birlikte birçok olumlu gelişme ortaya çıkmıştır. Nanoteknoloji zamanın en hızlı büyüyen teknolojisi olarak gösterilmektedir. Geleneksel malzemelere göre daha sağlam, daha kaliteli, daha uzun ömürlü, daha ucuz, daha hafif ve daha küçük yapı malzemeleri geliştirmeyi mümkün kılmayı amaçlamaktadır.

Nanomalzemeler mimarlık alanı içerisinde de oldukça yaygın bir kullanım için geliştirilmiştir (Niroumand ve diğerleri, 2013). Mimarlık ve yapı sektörü bağlamında nanoteknolojinin ortaya çıkarmış olduğu gelişmelerin en somut yansıması olarak yapıda kullanılan nanoteknolojik malzemeler görülmektedir. Nanoteknolojik malzemelerin binalarda uygulanması ile birlikte yapı sektöründe birçok fayda sağlandığı tespit edilmiştir. Nanoteknoloji geleneksel malzemelerin ağırlığını ve hacmini azaltmaktadır. Malzemelerin daha verimli kullanılmasına izin vermektedir. Malzemelere kazandırılan gelişmişlik özellikleri sonucunda malzemelerin hasar görmesini önlemektedir, buna bağlı olarak bakım ve onarım ihtiyacı azalmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde üretim adımlarının sayısı azalarak, kaynakların korunması, hammadde, enerji tüketimi ve bunun sonucunda karbondioksit emisyonlarında önemli bir azalma sağlamaktadır. Bu ekonomiye olumlu bir katkı olarak görülmektedir (Mehdinezhad ve diğerleri, 2013; Miralaei, 2015).

Nanoteknoloji, nano ölçekli materyalleri kontrol etme ve özelliklerini ve yapılarını anlamak için moleküler düzeyde çalışmayı sağlamaktadır. Bu bağlamda

mimari uygulamalar içerisinde kullanılan geleneksel malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirmek ya da tamamen yeni malzemeler üretmek mümkündür (Bertolini ve diğerleri, 2010). Nano boyutlardaki malzemelerin özellikleri makro boyutlardakinden farklı olarak görülmektedir. Bu malzemelerin yapısını oluşturan temel özellikler kuvvet, yüzey alanı, iletkenlik ve esneklik gibi nano boyutlara müdahale edilerek geliştirilebilmektedir. Nano malzemeler yeni malzemeler üretmek için farklı şekillerde tasarlanabilmektedir. Mimari uygulamalarda kullanılan geleneksel malzemeler yerine yüksek performanslı, çok işlevli, nanoteknolojik malzemeler ve nano kompozitlerin kullanılması mümkündür. Nanoteknolojik malzemeler birçok özelliği bir araya getirmektedir. Geleneksel malzemelerle çözülemeyen enerji, çevre, üretim, güvenlik gibi birçok problemi çözme potansiyeline sahiptir.

Nanoteknolojik malzemelerin mimari yapılar içerisinde kullanılması, geleneksel yöntem ve malzeme seçiminde ortaya çıkan ihtiyaçları ve gereksinimleri değiştirmektedir. Nanoteknolojik yapı malzemeleri içerisinde yoğunlukla kullanılmaktadır. Nanoteknolojiyle üretilen malzemeler son derece spesifik bir özelliğe sahiptirler. Bunun sonucunda mevcut imkanlarla çözülemeyen bir çok yapı mühendisliği problemine çözüm üretilebilmektedir. Yapılmış olan araştırmalarda nanoteknoloji ile üretilmiş veya üretilmesi mümkün olan birçok yeni ürün ve fikir ortaya çıkmıştır. Örnek olarak nano-silika katkısıyla üretilen betonun servis ömrünün nerdeyse iki katına çıktığı tespit edilmiştir. Klinkerle beraber karıştırılan nano-silika partiküllerinin beton içerisine nüfuz eden zararlı ajanları engellediği ve betonun servis ömrünün uzadığı görülmüştür. Karbon nanotüp takviyeli boyaların çizilmelere karşı dayanımlarının belirgin ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Bugün piyasada görülen kendi kendini temizleyen veya anti bakteriyel özelliği olan boyaların tamamı, nano teknoloji sayesinde geliştirilmiştir. Bir başka örnekte ise nano boyutta titanyumdioksit katkılı filmlere kaplanan camların, yüzeyinde su ve kir tutmadığı ve kendi kendini temizleyebildiği görülmektedir.

Yapı malzemelerinde kullanılan nanoteknolojik ürünlerin bir diğer katkısı da plastik yapı malzemelerinin yanma performansının arttırılmasında gerçekleşmiştir. Bugüne kadar plastik ürünlerde sıkça kullanılan halojen katkılı yanma geciktiriciler, nanoteknoloji sayesinde yerini yavaş yavaş daha çevreci ve daha güvenilir ürünlere bırakmaktadır. Özellikle kompozit ürünlerde kullanılan nano kil ve karbon nanotüp

katkıları hem kompozit ürünlerin mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde hem de yanma performanslarının arttırılmasında fayda sağlamaktadır.

Yapı sektöründeki firmaların rekabet edebilirliğinin teknolojik gelişmelerde yattığı söylenebilir. Yeni teknolojiler sayesinde maliyetlerin düşürülmesi ve farklılaşan müşteri taleplerine karşılık verilmesi mümkün olabilmektedir. Nanoteknoloji, malzemelerin özelliklerinin geliştirilmesine önemli oranda katkı sağlayan bir teknoloji olarak pek çok sektörü etkilemektedir ve birçok alanda kullanılabildiği gibi yapı sektöründe de birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Nanoteknoloji ürün pazarı; her geçen gün artan bir hızla büyümekte ve önümüzdeki 40 yıllık süreçte nanoteknolojinin dünya ekonomisini en çok etkileyecek önemli teknoloji alanlarından biri olacağı öngörülmektedir. Araştırma ve geliştirme çalışmaları nanoteknolojinin beton ve çelik gibi geleneksel yapı malzemelerinin performansını artırabildiğini göstermiştir. Yapı sektörü, binaların yapımı, işletilmesi ve bakımı ile çevre sorunlarına en büyük katkıyı yapan sektördür. Sürdürülebilirliğe olan potansiyel katkısı; nanoteknolojiyi, yeşil bina alanındaki en önemli teknolojilerden biri haline getirmektedir. Nanoteknolojik malzemeler, yapı sektöründe yaygın olarak kullanılmaya hazır olmakla birlikte henüz sektörde önemli bir etki yapmamıştır. Bu tez çalışması; sadece cephe uygulamalarında kullanılan ve yakın gelecekte kullanılabilecek nanomalzemelerin potansiyel kullanımını araştırmaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı; yapı sektöründe kullanılan nanoteknolojik ürünlerin cam ve giydirme cephe uygulamaları bağlamında kullanımının belirlenmesidir. Cam ve giydirme cephe uygulamalarında nanoteknolojik malzeme kullanılan ve kullanılmayan giydirme cephe uygulamaları arasındaki farklılıkları inceleyerek nanoteknolojik ürünlerin avantajlarını ortaya çıkararak nanoteknoloji konusuna dikkat çekmek ve bu konudaki farkındalığın artmasına katkı sağlamaktır. Cam ve giydirme cephe sektörü bağlamında nanoteknolojinin adaptasyonun daha iyi anlaşılması ve nanoteknolojideki mevcut uygulamaları değerlendirmek çalışma içinde büyük önem taşımaktadır. Çalışma için gerekli veriler bir anket çalışması yapılarak toplanmıştır. Anketi ülkemizde az sayıda giydirme cephe sektöründe

faaliyet gösteren alüminyum kompozit panel ve cam giydirme cephe konusunda uzman; üretici, imalatçı ve montajcı firmalar ile mesleği cephe danışmanlığı olup bu ve benzeri firmalarda çalışan toplam 68 katılımcıya anketimiz gönderilmiştir. Anketlerimize geri dönüş oranı %85'dir (58 anket).

1.2. Tez Çalışmasının Organizasyonu

Tez çalışmasında; öncelikle nanoteknolojinin tanımı, tarihsel süreç içerisindeki gelişimi, Türkiye'de nanoteknoloji ile ilgili yapılan çalışmalar, nanoteknolojinin yapı sektörü içerisindeki yeri, nanoteknolojinin sektördeki uygulama alanları, nanoteknolojik ürünlerin faydaları ve uygulanmasındaki zorluklar, dünyada ve Türk yapı sektöründe nanoteknoloji kullanımı incelenmiştir. Nanoteknolojik ürünlerin cam ve giydirme cephe sektörü bağlamında araştırılması üzerine bir uygulama çalışması yapılarak veriler incelenmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.

2. NANOTEKNOLOJİ

Nanoteknoloji, bireysel atomların veya moleküllerin, yeni veya muazzam farklı özelliklere sahip malzemeler ve cihazlar oluşturma çalışmalarını içermektedir. Fizik, kimya, biyoloji gibi fen bilimlerini, elektronik, endüstri, mekanik, uzay, bilgisayar, yapı sektörü gibi farklı mühendislik dallarını birleştirirken, tüm disiplinleri kendi alanlarında moleküler düzeyde düşünmeye, tanıyıp anlamaya, tasarlamaya ve bunları ürüne dönüştürmeye yönlendirir. Bu görüş günümüzde nanoteknolojiye olan ilgiyi arttırırken bu alandaki çalışmalar da hız kazanmıştır (URL-1; Tepe, 2007). Nanoteknoloji ve nanobilim 1980'lerin başlarında iki büyük gelişme ile başlamıştır:

1- Kümelenme biliminin doğuşu

2- Taramalı tünelleme mikroskobunun icadı (STM)

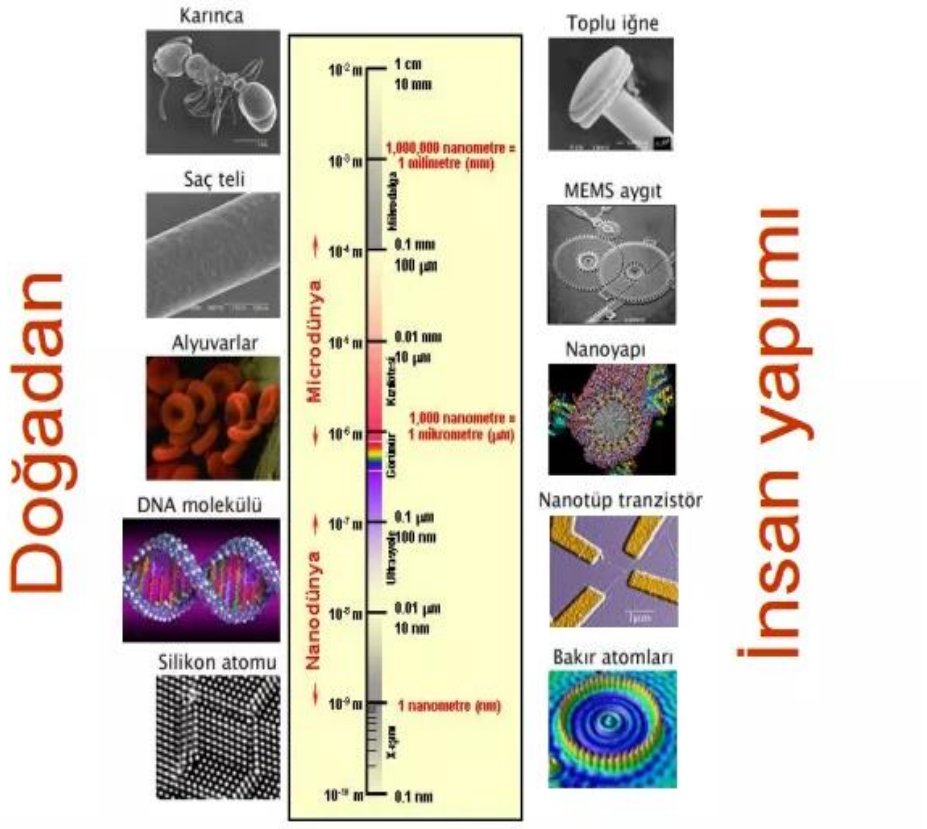
2.1.Nanoteknolojinin Tanımı

Nano terimi, Eski Yunan'da cüce anlamına gelen "nanos" kelimesinden türemiştir. Nanoteknoloji alanı; 1959'da Amerikan Fizik Topluluğunun, Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde gerçekleştirilen yıllık toplantısında, Richard Feynman tarafından öngörülmüştür. Feynman'ın 1959'daki "Daha Aşağıda Çok Yer Var" başlıklı konuşması nanoteknolojinin gelişmesine ışık tutmuştur. Nano-ölçek kavramını Dünya'da ilk defa ortaya koymuştur. Feynman atomları ve molekülleri çok hassas aletlerle yapılarını değiştirerek, çok küçük boyutlarda çalışılabileceğini anlatmaktadır. Ancak o zamanlar tarif edilen bu işlemin ismi henüz nanoteknoloji olarak adlandırılmamıştır.

Nanoteknoloji terimi ilk olarak, 1974 yılında Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır. Taniguchi; nanoteknolojiyi, genel olarak malzemelerin atom ya da moleküllerin işlenmesi, ayrılması, birleştirilmesi ve bozulması olarak tanımlamıştır (Taniguchi, 1974). Nanoteknoloji hızla genişleyen ve gelişen bir alandır ve bu teknoloji geçtiğimiz yüzyıl için bir hayal iken günümüzde yeni malzemeleri

geliştirmek için yeni bir ufuk açmaktadır. Biyoloji, fizik, kimya ve mühendislik alanlarındaki araştırmalar, nanoteknoloji alanının gelişimini ve bu alandaki araştırmaları yönlendirmektedir.

Bir nanometre (nm), metrenin milyarda biri kadardır (1.000.000.000 nm = 1 m) ve teorik olarak milimetrenin de milyonda biri (1.000.000 nm = 1 mm) kadardır. Şekil 2.1.'de nanometre boyutundaki nesnelerin makro ve mikro objeler ile görsel karşılaştırılması gösterilmiştir (Harman, 2011; URL-2).



Şekil 2.1. Nano, Mikro ve Makro Boyuttaki Cisimler (URL-2).

2.2. Nanobilim ve Nanoteknolojinin Kronolojik Gelişimi

"Nanometre" kavramı ilk defa 1925 yılında Nobel ödüllü kimyacı Richard Zsigmondy tarafından kullanılmıştır. Altın kolloidler gibi parçacıkların boyutlarını mikroskop altında incelemiş, burada gördüğü parçacıkların büyüklüğünü nanometre terimi ile ifade etmiştir. Caltech'teki 1959 Amerikan Fizik Topluluğu toplantısında,

“There’s plenty of room at the bottom (Aşağıda daha çok yer var)” başlıklı sunumu ile Feynman’ın konuşmasından yaklaşık 15 yıl sonra, Japon bilim adamı Norio Taniguchi, nanometre seviyesinde üretilen yarı iletken süreçleri tanımlamak için “nanoteknoloji” terimini kullanan ilk kişi olmuştur. Nanoteknolojinin, malzemelerin bir atom veya bir molekül tarafından işlenmesi, ayrılması, birleştirilmesi ve deformasyonundan oluştuğunu ifade etmiştir.

K. Eric Drexler’in "Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology" (1986) (aynı zamanda ilk nanoteknoloji kitabı) adlı kitabıyla ortaya attığı düşünceler ile 1985'de Robert Curl, Harold Kroto ve Richard Smalley’in fulleren sınıfından olan buckyball'u bulmaları Nanoteknoloji açısından altın çağ olmuştur. Bir başka Japon bilim adamı Sumio Iijima’nın 1991'de karbon nanotüpleri bulmasıyla, Nanoteknoloji bilimi daha da gelişmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde, Feynman'ın oluşturmuş olduğu maddenin atomik seviyede manipülasyonu kavramı, ulusal bilim önceliklerini şekillendirmede önemli bir rol oynamıştır. Başkan Bill Clinton, 21 Ocak 2000'de Caltech'te yaptığı konuşmasında, nanoteknolojiye destek vermiştir, bunun için bir bütçe ayırmıştır. Üç yıl sonra, Başkan George W. Bush 21. Yüzyıl Nanoteknoloji Araştırma ve Geliştirme Yasası'nı imzalamıştır. Yasa nanoteknoloji araştırmasını ulusal bir öncelik haline getirmiştir ve Ulusal Teknoloji Girişimi'ni (NNI) yaratmıştır (Hulla ve diğerleri, 2015; URL-3).

2.3. Nanoteknolojik Ürünlerin Kullanım Alanları

2.3.1. Malzeme ve İmalat Sektörü

Nanoteknoloji, her ne kadar kısıtlı kullanım ve uygulama alanlarına sahip olsa da, günümüzde pek çok alanda kendini göstermiştir. Bu kullanım alanları aşağıda incelenmiştir.

Enerji tasarrufu ve kaynakların optimal kullanımı için, özellikle üretim mühendisliği olmak üzere diğer mühendislik alanları; giderek daha gelişmiş cihaz ve yapıların, yeni özelliklere sahip olmasını ve azalan bileşen boyutlarına sahip

ürünlerin daha az malzeme ve dolayısıyla daha az enerji tüketimi elde etme hedefini yerine getirmesini amaçlamaktadır. Nano malzeme üretimi bu eğilime bir cevap niteliği taşımaktadır. Nano malzeme üretimi ancak nano boyuttaki üretimi olanak sağlayacak en son teknolojiye sahip üretim teknikleri geliştirilmesinde bulunabilmektedir.

Nano ölçekli üretim, yüzey ve yüzeyaltı desenleri, 3D nano yapılar, nano teller, nanotüpler ve nano-parçacıklar dahil olmak üzere, 1 ile 100 nm arasında en az bir yanal boyuta sahip yapıların, malzemelerin ve bileşenlerin üretilmesi anlamına gelir. Nanomalzemelerin faydaları, minyatürleştirmeden (örn. sensörler) ve malzemelerin benzersiz özelliklerinden (örn. yüksek mukavemet) kaynaklanmaktadır (Okoli ve diğerleri, 2013).

2.3.2. Nanoelektronik ve Bilgisayar Teknolojileri

Nanoteknoloji ürünü bilgisayarların günümüz teknolojisiyle üretilen bilgisayarlara kıyasla boyut olarak daha küçük, daha hızlı ve verimli üretilmesi amacıyla, nano ölçekte elektronik devre elemanları üretilmesiyle bilgisayar mimari tasarımında yeni gelişmeler beklenmektedir. Bu alandaki gelişmeler bilişim alanındaki teknolojilerin gelişmesine olanak sağlayacaktır. Nanoteller kullanılarak nanoölçekte ‘‘ve’’ ‘‘veya’’ gibi mantık devreleri için tasarım örnekleri yapılacaktır (URL-4).

2.3.3. Tıp ve Sağlık Sektörü

Günümüzde bile diyabet, kanser, Parkinson, Alzheimer gibi çeşitli hastalıkların yanı sıra iltihaplı veya bulaşıcı hastalıklar (HIV gibi) insanlık için önemli bir problem oluşturmaktadır. Nanotıp, sağlık ve tıp alanında çalışan nanoteknolojinin bir uygulamasıdır. Nano tıp, nano malzemeleri ve nano elektronik biyosensörleri kullanmaktadır.

Nano tıbbın yardımıyla erken teşhis, daha iyi tanı, uygun tedavi ve hastalıkların takibi mümkündür. Bazı nano ölçekli parçacıklar sayesinde, testler daha hassas, esnek ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

Gen dizilimi, altın nano parçacık ile üretilen nano cihazların icadı ile daha verimli hale gelmiştir. Bu altın parçacıkları, kısa DNA parçalarıyla etiketlendiğinde, bir örnekte genetik dizilimi saptanması için kullanılabilmektedir.

Nanoteknoloji yardımıyla, hasarlı doku yeniden üretilebilmekte veya tamir edilebilmektedir. Yapay olarak uyarılan hücreler olarak adlandırılan bu dokular, doku mühendisliğinde, organların veya yapay implantların transplantasyonunda devrim yaratabilmektedir (Nikalje, 2015).

2.3.4. Havacılık ve Uzay Araştırmaları

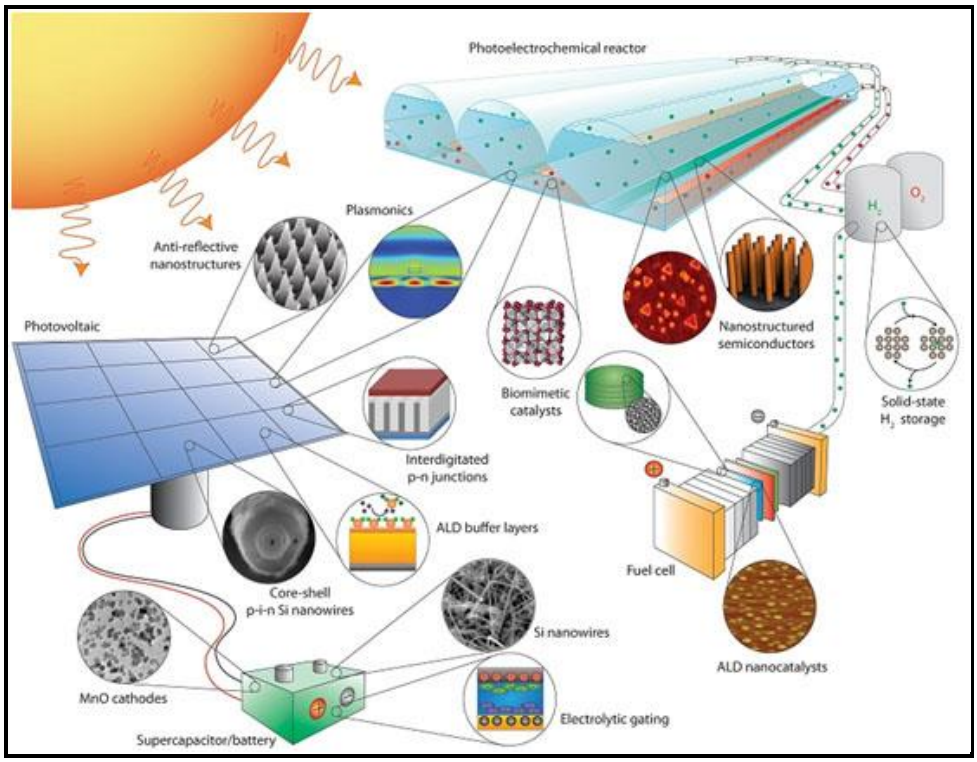
Havacılık ve uzay araçları çok maliyetli teknolojilerdir. Bu araçların imalatı sırasında kullanılan malzemelerin ağırlığı maliyetlerin yüksekliğinde çok önemli bir yer tutar. Nanoteknoloji bu malzemelerin ağırlığının önemli ölçüde azaltılması ile maliyetlerin düşürülmesini sağlayabilmektedir. Ayrıca çekme direnci çelikten kat kat yüksek nano tüpler sayesinde dünya yüzeyinden atmosfere kadar yükselebilecek yapılar inşa edilmesi potansiyel uygulama alanları içinde yer alabilmektedir. Böylece uzay araştırma maliyetlerinin büyük bir kısmını meydana getiren fırlatma maliyetleri düşürülebilmektedir.

Uzay yolculuklarında gerekli olan yakıt, hem ağırlık bakımından hem de hacim bakımından günümüz teknolojileri ile sınırlı miktarda alınabilmektedir. Nanoteknoloji ürünü malzemeler ve aygıtların kullanılması bu sahadaki zorluklara da çözüm getirecektir. Nano yapılı malzemeler daha hafif, daha sağlam, sıcaklığa karşı daha dayanıklı olmaları sebebi ile roket ve uzay istasyonlarının yapımında önemli bir rol oynamaktadır. Muhtemel uygulamalar; az enerji gerektiren, radyasyona ve ısıya dayanıklı nano yapılı kaplama malzemeleri olabilir. Ayrıca yüksek verimli bilgisayarların, mikro ölçekteki uzay araçlarında kullanılabilecek nano ölçekte aletlerin, nano yapılı algılayıcıların ve nano elektronik ile desteklenen uçuş sistemlerinin yapımı da muhtemel uygulamalar arasındadır (URL-5).

2.3.5. Enerji

Nanoteknoloji Mühendisliği, alternatif enerji üretimi ile ilgili yeni malzeme ve proseslerin geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların her aşamasında önemli bir yer tutmaktadır. Nano malzemeler ve nano yapılar kullanılarak güneş pillerinin verimleri laboratuvar skalasında %40'lara kadar yükseltilmiş ve güneş pillerinin polimer ve kumaş gibi bükülebilir alttaşlar üzerinde üretilebilmesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra yakıt pillerinin boyutlarının küçülmesiyle yeni uygulama alanlarının kapıları aralanmıştır. Nanokompozit malzemeler kullanılarak çok küçük hacimlere hidrojen depolanabilmekte, yine nanokompozitler ile rüzgar türbinlerinin kanatları daha hafif ve dayanıklı olabilmektedir.

Şekil 2.2.'de nano malzemeler ve sistemler kullanılarak güneş enerjisinden elektrik üretimi şematik olarak özetlenmiştir. Fotovoltaik cihazlarda nano-yapılı malzemeler hem yarıiletken hem de yansımayı engelleyen anti-reflektans yüzeylerde kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra nano-üretim yöntemleri ile daha küçük alanlardan daha yüksek verimler elde edilebilmektedir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine çeviren bir başka sistem de foto-elektro kimyasal pillerdir. Bu pillerde foto-elektrik etki ile üretilen elektrik enerjisi suyun hidrolizinde kullanılarak hidrojen gazı üretilir. Bilindiği üzere hidrojen gazı yakıt pilerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Yakıt pilleri küçük hacimlerde yüksek güç yoğunluklarının elde edilebilmesi ile ön plana çıkan önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Nano-malzemeler ve yapılar enerji depolama sistemlerinde de yüksek verim elde edilmesini sağlamaktadır (URL-6).



Şekil 2.2. Nano-malzemeler ile güneş enerjisinden elektrik üretimi (Ateş ve Bahçeci, 2015).

2.3.6. Biyoteknoloji ve Tarım

Tarım, gelişmiş ülkelerin belkemiğidir ve popülasyonun % 60'tan fazlasının geçimi buna bağlıdır. Nanoteknoloji ile pestisit/herbisitlerin salımının izlenmesi için geliştirilmiş sistemler kullanılmaktadır. Böylelikle, farklı ürünlerin biyolojileri anlaşılmış olur; ürün verimliliği ve beslenme kalitesi potansiyel olarak arttırılabilmektedir (Scott ve Chen, 2002).

Nanoteknoloji gıda endüstrisi için yeni bir alandır. Gıda endüstrisinde nanoteknolojik uygulamalar arasında; nanopartikül salınım sistemleri (örneğin miseller, lipozomlar, nanoemülsiyonlar, biyopolimeriknanopartiküller), gıda güvenliği, biyogüvenlik (örneğin nanosensörler) ve nanotoksikoloji sayılabilir. Gıda sektöründe nanoteknolojinin etkisi hızla artmaktadır. ABD'de, 2002 yılında nanoteknolojik yöntemlerle hazırlanmış 150 milyon dolarlık gıda satılırken, 2004 yılında bu rakam 860 milyon dolara yükselmiştir. Nanofoodmarketi 2005'de 2.6 milyar dolar iken 2010'da 20.4'e çıkmıştır (Chen ve diğerleri, 2006; Fletcher, 2006).

2.3.7. Savunma Sektörü

Nanoteknoloji uygulamalarında bir diğer sektör savunmadır. Birçok devlet bu teknolojinin askeri uygulamaları üzerinde çalışmaktadır. Nanoteknoloji ile birlikte, daha hafif ve daha güçlü nano yapılı malzemelerle, uzun menzilli uçaklar ve daha fazla manevra yapabilen füzeler inşa etmek için çalışmaktadır (URL-7).

Nanoteknolojinin ve savunmanın entegrasyonu ile aşağıda verilen birçok alanda gelişme görülmektedir:

- Toksinlere maruz kalan bir alanı toksinlerden arındırmak
- Biyolojik ajanlara, toksinlere veya radyoaktif maddelere maruz kalan bölgedeki sorunun başlangıcını tespit etmek
- Güvenli elektronik, bilgi ve iletişim ağları kurmak
- İnsan yaşamını nano-kumaşlar ve ilgili malzemelerle korumak
- İstihbarat toplamak (URL-8)

2.3.8. Yapı Sektörü

Nanoteknolojik malzemeler, 21. yüzyılın en önemli malzemelerinden biri olarak gösterilmektedir. Nanoteknolojinin, malzeme kullanılan her sektörde uygulama alanlarını görmek mümkündür. Nanoteknolojik malzemeler ve nanoteknolojiler üzerine yapılan son araştırmalar; tıp, yapı, otomobil endüstrisi, enerji, telekomünikasyon ve bilişim gibi çeşitli alanlarda bu materyallerin potansiyel kullanımını vurgulamıştır (Olar, 2011). Yapılarda ilk nanoteknoloji uygulamaları 90'lı yılların ortalarında görülmeye başlamıştır (Bozoğlu ve Arditi, 2012). Yapı marketinde görülen ilk kuşak ürünlerden sonra, potansiyeli doğru değerlendirebilmek ve gerçekçi bir yaklaşım geliştirebilmek için araştırma yapmak üzere bir forum kurulmasına karar verilmiştir. Bu gelişmeleri 2003 yılında İskoçya' da gerçekleştirilen uluslararası seminer NICOM1 (International Symposium on Nanotechnology in Construction) takip etmiştir. Bu seminerde "The Roadmap for Nanotechnology in Construction" başlığı ile ilk kez yapı sektöründe nanoteknolojinin rolünü ve araştırma sahasını belirleyici 25 yıllık vizyonu ile bir yol haritası çizilmiştir (Bozoğlu ve Arditi, 2012).

Nanoteknolojinin önemi birçok araştırmada (Ge ve Gao, 2008; Lee ve diğerleri., 2010; Olar, 2011; Bozoğlu ve Arditi, 2012) vurgulanmış olmakla birlikte; günümüzde, yapı sektöründe nanoteknoloji ile üretilen nanoteknolojik malzemelere olan talep sınırlı miktardadır. Sektördeki nanoteknoloji uygulamaları kimya ve malzeme alanında çalışan firmaların geliştirdiği ürünlere bağlıdır. Yapı sektöründe nanoteknolojinin önemi, yakın zamana kadar açıkça tanımlanmamıştır. Diğer büyük sanayi sektörleriyle karşılaştırıldığında, yapı endüstrisinde nanoteknolojinin uygulanması, potansiyelinin farkında olunmaması nedeniyle geride kalmıştır (Bartos, 2004). Nanoteknolojik malzemelerin kullanılması ile ilişkili olabilecek faydaların ve etkilerin daha iyi anlaşılmasına ihtiyaç olduğu açıktır. Daha hafif, daha esnek, daha dayanıklı, daha uzun ömürlü hem üretim hem kullanım süreçlerinde çevreye daha az zarar veren yenilenebilir enerji kaynaklarından daha etkin şekilde faydalanabilen, yapı malzemelerine ve binalara ihtiyacımız olacaktır. Bu özelliklere sahip yapı malzemelerinin geliştirilmesinde günümüzün en önemli teknoloji alanlarından biri olan nanoteknolojinin çok önemli katkı sağlayacağı öngörülmektedir (Candemir ve diğerleri, 2012).

Günümüz yapı sektöründe beton, cam, çelik ve kereste en çok kullanılan yapı malzemeleridir. Nanoteknoloji alanındaki gelişmeler sayesinde nano boyutlardaki maddeler yapı malzemelerinin temelini oluşturan beton veya çelik gibi malzemelerle karıştırılarak yüksek performansa sahip yapı malzemeleri elde edilebilmektedir. Nano boyuttaki malzemeler makro boyuttakilere göre çok farklı özellikler göstermektedir. Örneğin, en önemli nanomalzemelerden biri olan Karbon Nanotüp çelikten yaklaşık olarak 150 kat daha güçlü, 6 kat daha hafiftir.

Yapı sektöründeki çalışmaların en önemlilerinden biri beton malzemesinin özelliklerini artırmak için nanokompozit araştırmalarıdır. Beton katkı maddesi olarak Titanyum Dioksit (TiO_2), Karbon Nanotüp, Nano Silika (SiO_2) ve Nano-Alümina (Al_2O_3) gibi nanomalzemeler kullanılabilmektedir. Bu nanomalzemeler betonun yapısındaki boş alanları doldurarak yapı malzemesinin kuvvetini ve dayanımını artırmaktadır. Ayrıca; beton üretiminde gerçekleşen hidrasyon reaksiyonunun nanomalzemeler sayesinde hızlandığı da birçok çalışmada tespit edilmiştir. Dolayısıyla nanomalzemeler sayesinde gelişmiş özelliklere sahip yeni bir beton kompozit sınıfı açığa çıkmıştır.

Yapı malzemelerinde kullanılabilecek başlıca nanoteknolojik malzemeler; Nano Silika (SiO_2), Titanyum Dioksit (TiO_2), Karbon Nanotüpleri (CNT), Demir Oksit (Fe_2O_3), Gümüş Nanopartiküller (Ag), Bakır Nanopartiküller (Cu), Nano Alümina (Alüminyum Oksit) (Al_2O_3), Magnezyum Nanopartikülleri, Killer, Aerojeller'dir. Nanoteknolojik malzemeler, uygulama alanları ve onlardan beklenen faydalar aşağıda Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Nanoteknolojik malzemeler, uygulama alanları ve beklenen faydalar (Lee ve diğerleri (2010)'dan genişletilmiştir.

Nanoteknolojik malzemeler	Uygulama Alanları	Beklenen Faydalar
Nano Silika (SiO_2)	Beton	Dayanım, aşınma gibi mekanik özellikleri arttırma ve geçirimlilik özelliklerini iyileştirme
	Seramikler	Yangın dayanımı
	Cam	Alevden koruma; yansıma önleme
Titanyum Dioksit (TiO_2)	Çimento	Hızlı hidratasyon, kendi kendini temizleme özelliği
	Cam	Buğu önleme; kirlenme direnci
	Solar hücre	Elektrik üretme
	Kaplamalar/Boyalar	Kendi kendini temizleme, antimikrobiyel, UV koruma

Tablo 2.1.(Devamı) Nanoteknolojik malzemeler, uygulama alanları ve beklenen faydalar (Lee ve diğerleri (2010)'dan genişletilmiştir.

Karbon Nanotüpler (CNT)	Beton	Dayanım ve durabilite özelliklerini iyileştirme, çatlak oluşumunun engellenmesi
	Seramikler	Geliştirilmiş mekanik ve termal özellikler
	NEMS/MEMS	Gerçek zamanlı yapısal sağlık izlenmesi ve etkili elektron aracılığı
	Nanosensörler	Yapıların gerçek zamanlı izlenmesi
Demir Oksit (Fe_2O_3)	Beton	Artan basınç dayanımı; aşınma direnci
Gümüş nanopartiküller (Ag)	Kaplamalar / Boyalar	Biyosidal etkinlik
Bakır nanopartiküller (Cu)	Çelik	Korozyon direnci; Şekillendirilebilirlik
Alüminyum Oksit nanopartiküller (Al_2O_3)	Beton	Betonun dayanım ve fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi
	Kaplamalar/Boyalar	Aşınma ve çizilme direnci
Kil nanopartiküller	Asfalt	Asfalt bağlayıcıların viskozitesinin ve asfalt karışımlarının yorulma direncinin arttırılması
	Kaplamalar /Boyalar	Oksijen, nem, gaz bariyeri, alev geciktirici
Kuantum dots (CdSe)	Solar hücre	Güneş Enerjisi Kullanımı
Aerojeller	İzolasyon	Enerji verimliliği, alan tasarrufu, nem yönetimi, tasarım esnekliği

2.3.8.1. Nano Kaplamalar

Nano kaplama; bünyesine nanoparçacıklar (titanyumdioksit, silisyumdioksit, gümüş vb.) dahil edilmiş boya veya ince filmden oluşturulan bir tabaka ile malzeme yüzeylerinin kaplanmasıdır. Bazı durumlarda nano parçacıklar, malzeme karışımlarına doğrudan eklenerek yüzey özellikleri istenilen yönde geliştirilebilmektedir. Nano boyutta, makro boyutta görülmeyen kimyasal ve fiziksel değişimler görülmekte ve nano boyutlu taneciklerin yüzeye düzgün sıralanması ile nitelikli kaplamalar elde edilebilmektedir. İşlevsel nano kaplamalar, istenen özellikleri sağlayacak kimyasal hammadde oranlarının hesaplanmasından sonra cam, metal, seramik, beton, plastik gibi her tür yüzeye uygulanabilmektedir.

Çeşitli yöntemler (kimyasal buhar çöktürme, daldırma, sprey, plazma, vb.) kullanılarak uygulanan nano kaplamalar ile malzeme yüzeylerine kendi kendini temizleme, kolay temizlenebilme, antibakteriyel yapı, yangın geciktiricilik, çizilmezlik, aşınmazlık, korozyon direnci gibi pek çok işlev kazandırılmaktadır. Nano kaplamalar, üretimlerinde kullanılan nano parçacıkların farklı özelliklere sahip olmaları nedeniyle bu işlevlerden herhangi birini ya da birkaç farklı işlevi bir arada sağlayabilmektedir (URL-9).

2.3.8.1.1. Malzemeler Ve Yüzeyler

Kendi kendini temizleyen, kolay temizlenebilen ve antibakteriyel nano kaplamaların tasarlanabilmesi için Tablo 2.2.'de gibi farklı teknolojiler uygulanmaktadır (Demirdöven ve Karaçar, 2013).

Tablo 2.2. Farklı nano kaplamalar ve özellikleri (Bakar, 2013).

Tür	İşlev ve Açıklama
Koruyucu Yüzey Uygulamaları	Low-E Kaplama: Cam yüzeye düşük salım yapan termal izolasyon
	UV Koruma: Cam ve ahşap yüzeylere kalıcı, şeffaf uygulama
	Güneş Işınlarından Korunma: Cam yüzeye enerji etkin, güneş korumalı izolasyon
	Anti Reflektiv: Sol-Gel yöntemi ile ısıyı geri çeviren ve kamaşmayı azaltıcı cam yüzeyler
	Dinamik Cam: Dinamik geçirgenliğe sahip cam yüzeyler
	Çizilmeye Dayanıklılık: Çizilmeye ve yıpranmaya dayanıklı sağlam yüzeyler
Temizleyen Yüzey Uygulamaları	Low-E Kaplama: Cam yüzeye düşük salım yapan termal izolasyon
	Lotus Etkisi: Hidrofobi esaslı kendini temizleyen boya
	Fotokataliz: Hidrofili esaslı, UV ışınları ve su ile kirleri temizleme
	Anti-Grafiti: Grafiti ve kimyasal maddelere karşı yüzeyleri koruma
	Anti-fingerprint: Parmak izi tutmayan yüzeyler
	Anti-bakteriyal: Gümüş nanoparçacıklar ile bakteri üretimini engelleyen yüzeyler
Mekan Kalitesini Arttırma	İç mekan Hava Kalitesi: Kimyasal salımları ve bakteri üretimini azaltma
	Koku Kapsülleri: Mekana güzel koku yayılmasını sağlama
	Isı Düzenlemeleri (PCM): Pasif ısı ayarı ile ısıtma ve soğutma talebini azaltma
Konfor ve Güvenliği Arttırma	Yangın Geciktirici: Yüksek düzey yangın koruma
	Yangın Koruma Sırlaması: Yangın sırasında güvenliği arttıran ve şeffaflığı bozulmayan cam sırlama
	Darbelere Karşı Koruma: Cam uygulamalarda patlama ve darbelere karşı güvenliği arttırma
	Gürültü Azaltma: Cam yüzeylerde gürültü önleme
Yalıtım Uygulamaları	Termablok: Termal ısı kaybını önleyen aerojel-silika esaslı malzeme
	Vakumlu İzolasyon Panelleri (VIPs): İnce malzeme ile en üst düzeyde termal izolasyon sağlama
	Aero-Gel: Akustik özellikleri olan hafif nanoköpük esaslı uzun ömürlü termal yalıtım malzemesi
	Yalıtım Boyası: Çevresel ve iklimsel etkilere karşı uzun ömürlü ve çok işlevli koruma

2.4. Türkiye'de Nanoteknoloji Uygulamaları

Tablo 2.3.'ü Türkiye açısından incelendiğinde ise biraz farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Türkiye, nanoteknoloji konusunda yapılan yayın açısından 23'üncü, patent sayısı açısından 24'üncü, patent başına düşen yayın sayısı açısından ise 23'üncü sırada yer alıp istikrarlı bir tablo çizmektedir. Bu durum AR-GE ve teknoloji söz konusu olduğunda maalesef sevindirici görülmemektedir. 2009-2011 yılları arasında nanoteknoloji konusunda sadece 13 patent alınması, teknoloji temelli ekonomik gelişmenin hedeflendiği çeşitli stratejilerle tezat oluşturmaktadır. Örneğin 2004 yılında son hali verilen Vizyon 2023 Strateji Belgesi'nde yer alan nanoteknoloji konusundaki öncelikli alt konular; Nanofotonik, Nanoelektronik, Nanomanyetizma, Nanomalzeme, Nanokarekterizasyon, Nanofabrikasyon, Nano ölçekte kuantum bilgi

işleme, Nanobiyoteknoloji olarak sıralanmasına karşın geçen sürede Türkiye'nin gerek patent, gerekse yayın sayısında istenen seviyelerde olmadığı görülmektedir.

Tablo 2.3. Nanoteknoloji konulu bilimsel yayın ve patent sayıları (2009-2011 toplam) (URL-11).

	Sıralama					
Ülkeler	C	A	B	Yayın Sayısı (A)	Patent Sayısı (B)	Patent Sayısı/Yayın Sayısı ©
ABD	1	2	1	51743	42671	0,825
Japonya	2	3	2	19289	9651	0,5
Hollanda	3	19	10	3625	1110	0,306
Tayvan	4	9	5	8390	2276	0,271
İsviçre	5	17	11	3869	923	0,239
Belçika	6	22	12	2771	602	0,217
Güney Kore	7	5	3	16285	3180	0,195
Kanada	8	14	8	6392	1247	0,195
Almanya	9	4	4	18347	2940	0,157
Fransa	10	7	6	12808	1844	0,144
İsveç	11	21	15	2949	396	0,134
İngiltere	12	8	7	9767	1281	0,131
Avustralya	13	15	13	5352	499	0,093
Singapur	14	16	14	4640	401	0,086
İtalya	15	11	16	8194	355	0,043
İspanya	16	10	18	8223	194	0,024
Hindistan	17	6	17	13507	310	0,023
Çin	18	1	9	62836	1165	0,019
Brezilya	19	20	20	3616	64	0,018
Malezya	20	25	22	1584	25	0,016
Rusya	21	12	19	8079	93	0,012
İran	22	13	21	6437	44	0,007
Türkiye	23	23	24	2260	13	0,006
Polonya	24	18	23	3664	14	0,004
Romanya	25	24	25	1971	7	0,004

Türkiye'de nanoteknoloji konusunda yapılan bilimsel faaliyetlerin son üç yıldaki toplamı az olmakla birlikte 2001 yılından itibaren ciddi artışların olduğunu da söylemek gerekir. 2001 yılında sadece 76 olan yayın sayısı, 2011 yılında yaklaşık 12

kat artarak 905'e ulaşmıştır. Türkiye'de nanoteknoloji konusunda yapılan bilimsel çalışmaların artışında en önemli etken olarak bu konuda kurulan araştırma merkezlerinin sayısındaki artış olduğu söylenebilir. Ayrıca Türkiye'de ilk defa Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi (TOBB ETÜ) bünyesinde 2011 yılının sonunda Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği adı altında bir bölüm açılmıştır. Bölüm sayesinde sanayide ihtiyaç duyulan malzeme bilimi ve nanoteknoloji konusunda, temel eğitim almış eleman sıkıntısının giderilerek bu konudaki AR-GE faaliyetlerinin artması ve yeni ürünlerin tasarlanması hedeflenmektedir (URL-10).

3. NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN FAYDALARI VE UYGULANMASINDAKİ ZORLUKLAR

3.1. Nanoteknolojinin Faydaları Ve Sürdürülebilirliğe Katkısı

Binaların yapımı, işletilmesi ve bakımı ile çevre sorunlarına en büyük katkıyı yapan yapı sektörüdür. Sürdürülebilirliğe olan potansiyel katkısı düşünüldüğünde; nanoteknolojiyi, yeşil bina alanındaki en önemli teknolojilerden biri haline getirmektedir.

3.1.1. Nanoteknolojinin faydaları

Çağımızın teknolojik devrimi olarak görülen nanoteknoloji, yeni tedavi yöntemleri, otomotiv sanayi, iletişim ve bilişim, savunma sanayi, gen mühendisliği ve moleküler biyoloji, tekstil, uzay bilimleri ve uçak teknolojileri, inşaat, tarım ve ilaç sanayi (Akbaş ve Özarslan, 2007), biyoteknoloji, enerji, güvenlik, gıda ve ulaşım, (Körözlü, 2016), yapı malzemeleri ve kişisel ürünler, (Özkaleli ve Erdem, 2016), tıp, bilgisayar teknolojileri, mühendislik ve mimari, (Açık ve Güven, 2012) olacak şekilde çok yaygın bir şekilde kullanılmakta, çok güzel sonuçlarla ve kolaylıklarla hayatın her alanında karşımıza çıkmaktadır. (Akbaş ve Özarslan, 2007). Nanopartiküllerin kullanımı ile üretilen nanoteknolojik ürünler ve nanomalzemelerin, işlevsel yapısı, reaktivitesi, şekli ve boyutu gibi kimyasal veya fiziksel özellikleri günümüzde kullanılan teknolojiler ile birleştiğinde nanoteknolojinin hemen hemen bütün üretim ve tüketim sektörlerinde kullanılmaktadır (Özkaleli ve Erdem, 2016).

Nanoteknolojiler kullanılarak insan vücudundaki hastalıklı dokuyu bularak tedavi edebilen, cerrahi operasyonlar yapabilen nanorobotların üretilebileceği, beynimizin kapasitesine ilave nano hafızalar eklenebileceği iddia edilmektedir (Sayılan ve Mercan, 2016). Yaşayan sistemleri tedavi edebilecek boyutlarda mekanizmaların üretilmesiyle birçok yeni tedavi ve teşhis yöntemleri ortaya çıkacaktır (Akbaş ve Özarslan,2007). Nanoteknoloji, bulaşıcı hastalıkların araştırılması konusunda da son derece yararlı olmaktadır. Klinik mikrobiyologlara hem tanı hem de tedavide çeşitli kolaylıklar sunmaktadır. (Yula ve Deveci, 2010). Nanoteknoloji ayrıca kanser hastalığının erken teşhisinde ve tedavisinde çeşitli

imkanlar sağlamaktadır. Bu imkânlar kullanılarak kanserli hücrelerin tedavisi gerçekleşebilir, iyileşme ihtimali yükselebilir veya ölüm riski olmayan sıradan bir rahatsızlık durumuna dönüşebilir (Oylar ve Tekin, 2011).

Nanoteknolojik malzemeler kullanılarak çok küçük boyutlarda bilgisayarların üretimi gerçekleşebilecek (Akbaş ve Özarslan, 2007; Sayılan ve Mercan, 2016), elektronik araçlar ve gereçlerin işlem kapasitesi ve güçleri daha da yükseltilebilecektir. Maddelerin moleküler ve atomik düzeyden inşa edilmesi neticesinde çok daha az maliyetle sağlam, hafif ve ince malzemelerin üretimi sağlanabilecektir (Akbaş ve Özarslan, 2007; Sürengil ve Kılınç, 2011). Nanoteknoloji kullanılarak üretilen ambalajlarda gıdalar daha uzun süreli taze olarak saklanabilmektedir. Ayrıca çevreye petrol türevi plastiklerden daha az zarar vermektedir (Sürengil ve Kılınç, 2011). Bunun yanı sıra akıllı ambalajların üretimi sırasında kullanılan nanosensörler sayesinde gıdalarda oluşabilecek bir bozulma durumunda erkenden tespit edilerek bozulan gıdaların tüketilmesi önlenebilecektir (Süfer ve Karakaya, 2011).

Tekstil sektöründe kırışmayan ve kir tutmayan kumaş çeşitleri üretilebilecektir. Kırışmayan kumaş üretimiyle ütü kullanımına olan ihtiyaç giderek azalacak hatta ortadan kalkacak ve ütü kullanımına ayrılacak zaman ve enerjiden tasarruf edilecektir (Açık ve Güven, 2012). Kir tutmayan kumaşların üretimiyle birlikte çamaşır yıkamak için ayrılacak zaman, enerji ve sudan tasarruf sağlanacaktır (Akbaş ve Özarslan, 2007).

Nanoteknoloji sayesinde anti bakteriyel özellikte kir tutmayan boya ve boya malzemeleri üretilerek yapıların dış ve iç cephelerinde kirlenme önlenerek enerjiden, zamandan, bakım ve temizlik masraflarından tasarruf sağlanacaktır. (Açık ve Güven, 2012). Binaların inşasında küçük kesit alanlı ve esnek bir yapıya sahip betonarme kolonlar kullanılarak depremlerde oluşabilecek zarar olabildiğince aza indirilecektir.

Nanoteknolojinin kullanımı ile temizlik alışkanlıklarının da değişmesi beklenmektedir. Çevre kirliliği oluşturan ve sağlık sorunlarına sebep olan deterjan kullanımı azalarak zaman içerisinde ortadan kalkacaktır. Temizlik amacıyla kullanılan su miktarı azalacak ve hayati öneme sahip olan sudan tasarruf sağlanacaktır. Nanoteknoloji, doğaya zarar vermeyen dezenfektanlar, kir tutmayan kumaşlar ve yüzeyler, geri dönüşümlü poşetler ve yenilenebilen yakıtlar gibi çevreye

duyarlı uygulamalar sayesinde çevre kirliliği sorunlarına yeni çözümler bulunabilecektir (Açık ve Güven, 2012). Kirlenmeyi engelleyen nanoparçacıkların kullanımı sayesinde fabrikalardan çevreye yayılan olumsuz etkilerin önüne geçilebilecektir. (Sayılan ve Mercan, 2016). Nanomalzemelerin ve nanokompozitlerin kullanımı ile çevre duyarlı sistemler oluşturulabilecektir (Akbaş ve Özarslan, 2007).

3.1.2. Nanoteknolojinin Sürdürülebilir Yapılar Açısından Katkıları

Dünyada tüketilen enerjinin ve bu enerji kullanımından ortaya çıkarak doğaya yayılan zararlı gazlar büyük oranda yapı sektöründen kaynaklanmaktadır. Çevreye ve doğaya zarar veren aynı zamanda çok büyük miktarda enerji tüketen inşaat ve yapı tasarım sektörü sürdürülebilirlik konusunda yeni çözümler kullanarak varlığını devam ettirmelidir. (Günaydın, 2011; Yılmaz, 2014).

Genel olarak kullanılan yapı tasarımı ve yöntemleri sürdürülebilirlik bakımından değerlendirildiğinde bu yöntemlerin büyük oranda kullanılamaz ve/veya kabul edilemez olduğu görülecektir. Günümüzün İhtiyaçları doğrultusunda değişerek gelişen şartlar ve imkanlar yeni yapım yöntemlerinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Dikmen, 2011).

Sürdürülebilir bir yapı tasarımının oluşturulması için, çevreye ve doğaya duyarlı yapı malzemelerinin ve yapım tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. (Dikmen, 2011; Yılmaz, 2014). Nanoteknolojilerin doğanın korunmasına yönelik önemli bir katkısının olması beklenmektedir. Sürdürülebilir yapıların tasarımında nanoteknolojilerin kullanımını inceleyen araştırmacılar, nano teknolojinin faydalarını şu şekilde açıklamaktadır: (Yılmaz ve Vural, 2015)

i. Nanoteknoloji kullanımının yapı tasarımının sürdürülebilirliği bakımından önemli bir katkısı bulunmaktadır. Nanoteknoloji kullanılarak üretilen nanomalzemeler sayesinde geçmişte kullanılan malzemelerle çözülemeyen çevre kirliliği sorunlarına yeni çözümler üretilmektedir.

ii. Nanokaplamalar sayesinde kullanılan yapı malzemelerinin yüzeylerine çevreye duyarlı özellikler kazandırılabilmektedir. Yapı malzemelerine

kazandırılan çevreye duyarlı özelliklerin sürdürülebilirlik açısından en önemli katkıları; oluşturulan iç mekan konforunun pasif yöntemler aracılığıyla geliştirilmesi, malzemelerin daha uzun süre kullanılabilmesi, insan sağlığına ve çevreye verilen yapı kaynaklı olumsuz etkinin azaltması, yapılarda enerjiden ve kaynaklardan tasarruf sağlanmasıdır.

iii. Nanoteknoloji, fotovoltaik panellerde verimi artırmakta, esnek ve dayanıklı yapıda yeni nesil paneller üretilebilmesini sağlamaktadır. Nanoteknoloji imkanlar sayesinde yapılarda kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları artırılarak, fosil kaynaklı yakıtların kullanımının azaltılması ile enerji masraflarında tasarruf sağlanacaktır. Ayrıca yapılardan doğaya karışan zararlı gazlarda ciddi bir azalma sağlanacaktır.

iv. Nanoteknoloji özellikleri bulunan aydınlatma sistemlerinde bakım ihtiyacı bulunmamaktadır ayrıca bu sistemeler yüksek verimliğe ve parlaklığa sahiptir. Bu özellikler sayesinde aydınlatmaya ayrılan enerjiden ciddi bir tasarruf elde edilecektir. Nano aydınlatma sistemlerinin üretiminde insan sağlığına ve çevreye zarar verebilecek kimyasallar (cıva ve diğer zararlı metallar) kullanılmamaktadır.

v. Nanoteknoloji kullanılan ısı yalıtımı malzemelerinde ilk göze çarpan özellik ince bir malzeme kalınlığı ile verimli bir ısı yalıtımı elde edilmesidir. Ayrıca yapılarda ısınma ve soğutmada giderlerin önemli bir tasarruf sağlanmaktadır. Buna ilaveten, nano ısı yalıtımı malzemelerinin ince yapıları sayesinde lojistik ve nakliye giderleri azaltılabilecektir.

Nanoteknolojik malzemenin yapı elemanlarında, kaplama, agrega, karışım malzeme veya malzemenin bünyesindeki moleküllerin nano ölçekte küçültülmesi neticesinde malzeme yapısında oluşan manyetik, optik ve/veya fiziki değişiklikler nedeniyle malzemeye yeni özellikler kazandırılabilmektedir. Bu şekilde üretilen malzemelerin üretim enerjileri azaltılarak kullanım süreleri artırılmakta böylece Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) maliyetleri azaltılmaktadır. Ayrıca doğada oluşan zararlı moleküller azaltılarak, zararlı ultraviyole ışınların etkisi en aza indirilmektedir. Bunlara ilaveten fotokatalitik özelliği ile kirleten miktarı azaltılmakta, fotovoltaik panellerin enerji verimliliği arttırılmakta, depolanan enerjini kullanım süresi uzatılmakta ve bataryalar daha uzun süre kullanılabilmektedir. Nano

teknolojik malzemeler binalarda ısı ve ses yalıtımında kullanılarak işletme ve enerji maliyetlerini azaltarak tasarruf sağlamaktadır. Malzemelerin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi sonucu yapıların inşasında daha az malzeme kullanılarak üretim için harcanan enerji ve zamandan tasarruf edilebilmektedir. Antibakteriyel olması nedeniyle hijyenik ortama ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılarak temizlik masraflarını azaltmaktadır. Nano kristalli malzemeler aktif ve pasif aydınlatma sistemlerinde verimli bir şekilde kullanılarak hem enerji tasarrufu konusunda hem de çevrenin ve doğanın korunmasında önemli bir katkı sağlanmaktadır. Böylelikle kaynaklarımız daha verimli, etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılabilmektedir (Cengiz, 2017).

3.2. Nanoteknolojik Ürünlerin Kullanımı İle İlgili Engeller Ve Zorluklar

Nanoteknolojilerin kullanılması insanlarda bazı endişelere ve tartışmalara neden olmuştur. Nano maddelerde (titanyum dioksit, karbon nano-tüpü, çinko oksit ve gümüş silisyum dioksit gibi) normal maddelerde olmayan özellikler bulunmaktadır ve bu durum öngörülemeyen güven sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Örnek vermek gerekirse uyuşturucu özelliği nedeniyle diş doktorlarının kullandığı alüminyum oksit kendi kendine nano boyutlarda bir patlama gerçekleştirebilir zaten roketler yakıt olarak kullanılmak üzere testler yapılmaktadır. Yeni geliştirilen parçaların, maddelerin ve araçların insanların sağlığına olan etkileri, mevcut riskleri ve muhtemel zararları konusunda bilimsel olarak ispatlanmış güvenilir kanıt yok denecek kadar azdır. Nano parçacıkların canlılara etkisi genellikle parçanın yüzey özelliklerine, ebatlarına, kütlesine, kimyevi bileşenlerine ve ne şekilde oluşturulduğuna göre değişmektedir. Nano parçacıkların potansiyel riskleri; canlının vücuduna girme miktarına, etki alanına, muhtemel birikimine, nano parçacıkların canlının vücudunda yer değiştirmesine bağlı olarak değişim göstermektedir. Nano boyutta zehirlilikle ilgili kriterler aşağıdaki şekilde açıklanabilir. (Chau vd., 2007):

i. Nano partiküllerin biyolojik ve çevresel sonuçları, taşınması, devamlılığı ve dönüşümü

ii. Nano partiküllerin zehirlilik miktarı,

iii. Nano maddelerin geri dönüşümü ve sürdürülebilirliği

iv. Nano partiküllerden etkilenmenin incelenmesi,

v. Mevcut zehir bilimini kullanarak elde edilen bilgileri kullanan nano partikül zehirliliğinin görülmesi,

Çeşitli nanomalzemelerde üretimin ve kullanımın yaygınlaşması ile birlikte, güvenlik ve canlıların sağlığına yönelik hususlarda endişe ve akıllardaki soru işaretleri artmaktadır. Bu malzemelerin çalışanlar üzerinde oluşturacağı muhtemel zehirli etkilerinin neler olabileceği henüz tam olarak anlaşılamamıştır. 50 nm'den daha küçük boyutlardaki parçacıklar hücre duvarına nüfuz edebilmektedir. 70 nm'den daha küçük boyutlardaki parçacıklar ise akciğerlere kadar girebilmektedir hatta alveolarla yüzeylere yapışabilmektedir. Toz patlama ihtimali diğer bir problem alanıdır. Organik malzemelerin birçoğu, metaller, hatta bazı ametal inorganik malzemeler; ince toz parçacıkları ortama dağıldıklarında, küçük bir kıvılcımla büyük bir patlamaya neden olabilir (Pritchard, 2004; HSE, 2013).

3.2.1. Nanopartikül Maruziyeti

Nanopartiküllere maruz kalınması durumunda ciddi sağlık riskleri ortaya çıkmaktadır. Nanopartiküller cilde temasla, nefes alıp vermeyle ve enjeksiyonla olacak şekilde üç farklı şekilde vücuda girebilmektedir. Nanopartiküllerin cilde temas etmesi sonucu ciltte ciddi zararlar oluşabilir. Bunun birlikte nanopartiküller deri tarafından emildiğinde kana karışarak dolaşım sistemi tarafından bütün vücuda yayılabilir ve diğer organlara da zarar verebilir. Solunum ile nanopartiküllere maruz kalınması durumunda en fazla akciğerler ve solunum sistemi etkilenir. Nefes ile vücuda giren nanopartiküller inflamatuvar sorunlar ortaya çıkarabilir. Nanopartiküller solunum esnasında akciğerlerde birikebilir ve solunum sistemi aracılığıyla karaciğere, beyne ve diğer organlara yayılarak vücuda zarar verebilir. (HSE, 2013; HSE, t.y).

Nanopartikül enjeksiyonları ile ilgili henüz net bir bulgu olmamasına rağmen, ilaçların taşıyıcı olarak kullanılabilme ihtimali vardır. Genel olarak ilaçlar vücuda, oral olarak veya deriye sürülerek uygulanabilir, bazı ilaçlar ise enjeksiyon aracılığıyla vücuda uygulanmaktadır. Nanopartiküller vasıtasıyla ilaç taşımadaki amaç uygulanan ilacın mümkün olan en fazla miktarda hedeflenen hücrelere

ulaştırmak veya diğer organlarda bulunan serbest ilaçların olası zararlı etkilerinden kurtulmaktır. Ayrıca ilacın kendi toksit derecesinin de ayırt edilmesi çok zordur. Örnek olarak, altın parçacıklarının canlıların vücudunda yüksek yoğunlukta toksik özelliği belirlenmiştir. (HSE, 2013; HSE, t.y).

3.2.1.1. Temas Yoluyla Maruziyet

Nano-maddelerin vücuda etkisi, derinin dışındaki korunaklı tabakaya ne kadar nüfuz edebildiğine ve dermis ile epidermis dokusuna ulaşabilme durumuna göre değişir. Sağlıklı epidermis doku ve sağlam bir cilt nano parçacıklara karşı çok ciddi bir koruma sağlamaktadır. Yağlı bir yapıya sahip olan ve keratinize olmuş ölü hücreleri bünyesinde bulunduran korun, (stratum korneum) birçok kimyasalın, suda çözülebilen iyonik bileşenlerin ve taneciklerin deri tarafından emiliş miktarını azaltıcı bir etki sağlar. Tinkle ve diğerlerinin (2003) elde ettikleri verileri göre harekete uyum sağlayan sağlam florasan mikrosferleri veya dekstran çubuklar (1 mikrometreden küçük) korunlar üzerine etki ederek dermis veya epidermise ulaşabilir. Nano parçacıklar dermisin içerisine girdikten sonra lenfler vasıtasıyla bölgesel lenf boğumuna ilerlerler. Kreilgaard 20nm'den daha küçük titanyum dioksit parçacıklarının deri içerisine etki edebildiğini hatta sindirim sistemi ile etkileşim içerisine girdiğini ileri sürmektedir. Ayrıca hidroksit köklerinde nanomaddeler(çinko oksit, titanyum oksit) aracılığıyla foto oluşumuna ve ciltte oksidatif zararlara sebep olabilir. Nano-maddelerin cilt üzerindeki zararlarıyla ilgili henüz çok az bilgiye sahibiz bu nedenle endişeler ağırlıklı olarak muhtemel sağlık sorunlarına ve etkileşim sistemine odaklanmıştır. (Chau vd., 2007).

3.2.1.2. Soluma Yoluyla Maruziyet

Çok küçük boyutlardaki maddelerin aerodinamik çapları 10 mikrometreden daha küçükse burun boşluğu üzerinde akciğerlere kadar gidebilirler. 4 mikrometreden daha küçük parçacıklar diş yuvalarının içerisine girme ihtimali yüzde elli civarındadır. Akciğerlere nüfuz eden parçacıklar küçüldükçe daha derinlere ilerleyebilirler. Parçacıkların boyutları, kütleleri, kimyasal bileşenleri, biriken miktarı

ve solunan parçacıkların kirliliği, akciğerlerde oluşan patojenik etkiyi belirler. Kütle içerisine nüfuz eden düşük çözünürlüklü çok ufak parçacıklar, kütle yüzeyinde bulunan büyük parçacıklardan daha fazla zehirlidir. Ufak parçacıklar boyutları sayesinde akciğerlerin derinliklerine kadar ilerleyebilirler. Belirli nano boyutta parçacıklar (karbon boru, titanyum dioksit gibi), solunum yoluyla akciğere girer ve orada birikirler. Biriken bu parçacıklar akciğerde iltihaba veya ura sebep olabilir. Ayrıca oksidatif strese ve kronik solunum hastalıklarına sebep olabilir. Çeşitli metabolik yöntemler ve mekanizmalar aracılığıyla nano parçacıklar, oluşturulan savunma sistemlerini etkisiz hale getirerek solunum sisteminin dışındaki bölgelere de yayılabilir (Chau ve ark. 2007).

3.2.1.3. Yutma Yoluyla Maruziyet

Parçacıkların büyüklükleri ve yüzey alanları toksikoloji bakımından önemlidir. Bağırsakların iç yüzeylerinin bulunan mikroviluslar ile kaplı olması nedeniyle 200m^2'ye kadar hacim genişlemesi olabilmektedir. Yutularak vücuda giren nanomaddelerin güvenli olup olmadığını nanomadde içeren yiyeceklerin sindirimi belirlemektedir. Vücuda giren nano parçacıklar, bağırsakların sindirme yeterliliğini zayıflatır ve yiyeceklerin daha uzun sürede sindirilmesine sebep olabilir, dokularda ve kılcal damarlarda daha derine nüfuz etme imkanı oluşturmaktadır. Bu sayede vücuda giren nano parçacıklar etkili bir emilim gerçekleşmesine yardımcı olmaktadır. Bunlara ilaveten bağırsaklarda oluşan balgam engelinden bir mikrometreden büyük parçacıkların geçemedikleri tespit edilmiştir (Chau vd., 2007).

3.2.1.4. Toz Patlaması

Nanotozla ilgili malzemeler; metaller, metal oksitler, sülfürler, fulleren, borürler, grafen, karbürler ve nitrürler ile karbon nanotüpler olabilir. Bu malzemeler çoğunlukla katman, küresel, tüp veya lif şeklindedir. Parçacıkların boyutları veya özgül yüzey alanları; toz bulutları nedeniyle meydana gelen patlamaların temel sebebidir. Parçacıkların boyutları ne kadar küçülürse, özgül yüzey alanları da o kadar

artmaktadır (Pritchard, 2004). Nanotozlar; reaktiflik durumuna ve yüzey alanının boyutuna bağlı olarak patlayabilir veya alevlenebilir. Bu malzemeler, özel kontroller (protokoller ve sertifikalar) dahilinde kullanılmalıdır (HSE, 2013).

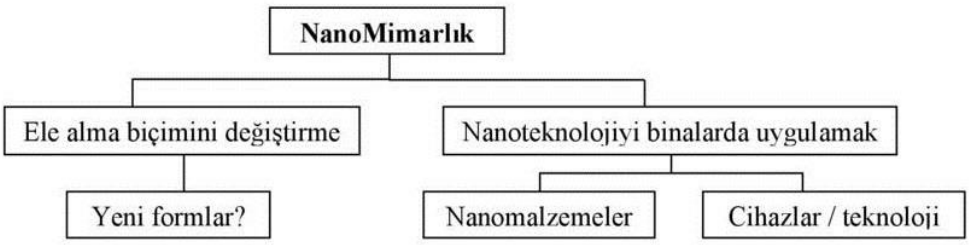
4. DÜNYADA VE TÜRK YAPI SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİ KULLANIMI

4.1. Dünyada Yapı Sektöründe Nanoteknoloji

İnşaat sektörü yeni malzeme ve ürün çeşitleri için diğer sektörlerdeki AR-GE çalışmalarından büyük ölçüde istifade ettiği gibi, nanoteknoloji kapsamındaki gelişmelerden de aynı şekilde faydalanmaktadır. Nanoteknoloji alanındaki uygulamaların inşaat sektöründe kullanılabileceği 1990'lı yıllardan itibaren yapılan araştırmalarda ortaya çıkmıştır (Andersen vd., 2010; Zhu vd., 2004; Geiker ve Andersen, 2009). 1990'ların ilk yıllarında İngiltere'de uygulanan Delphi araştırmasında; İsveç ve İngiltere inşaat sektörleriyle ilgili yapılan öngörülerde nanoteknoloji imkânlarının sektörde kullanımının önemine dikkat çekilmiştir (Zhu vd., 2004).

Nanoteknoloji bağlamında mimari yapı tekrar ele alındığında "dayanıklılık, hafiflik, yapım sistemi, kabuğun sürekliliği, geçirgenlik, değişen, gelişen formlar gibi bina karakteristiklerinde nanoteknolojinin yapma çevreyi yeniden biçimlendireceği" söylenebilir (Morgil vd. 2008).

Aşağıdaki Şekil 4.1.'de yapı ve mimarlık sektörünün 21. yüzyılda gerçekleşen nano devrimine dönüşümü gösterilmiştir (El-Samny, 2008).



Şekil 4.1. Nano teknoloji ve nano mimarlık (El-Samny, 2008).

Şekil 4.1.'de de görüldüğü gibi nanoteknolojinin yapı sektöründeki olumlu ve yoğun etkileri, nanomalzemelerdeki hızlı gelişimler, mimarlığın, mimari biçimlerin yeniden ele alınmasını gerektirmekte, yeni formlar ortaya çıkarmaktadır. Bu bakımdan, nanoteknolojinin ve yapıda kullanılan nano malzemelerin ayrıntılı bir şekilde ele alınması çalışma için yararlı olacaktır.

Nanoteknoloji imkânlarının inşaat sektöründe büyük miktarda kullanılması beklenirken, inşaat sektöründeki nanoteknoloji uygulamaları için kullanılan ürün ve malzeme fiyatlarının çok yüksek olması nedeniyle beklentilerin çok altında kullanılmıştır. Bunun yanı sıra yapılardaki enerji verimliliğine katkı sağlaması ve CO_2 salınım oranı sıfırlanmış, kendi kendine enerji üretebilen, çevreye duyarlı, akıllı yapıların tasarımında ve inşasında nanoteknoloji kullanımının artması beklenmektedir. Öncelikle Avrupa Birliği ülkeleri olacak şekilde birçok ülkede yakın gelecekte çevreye duyarlı ve karbon salınımı sıfıra kadar indirilmiş yapıların tasarımları ve inşalarını içeren oldukça katı düzenlemeler oluşturulmaktadır. Bu düzenlemelerin de katkısıyla sektörde kullanılan inşaat malzemelerinde ciddi teknolojik yeniliklerin meydana gelmesi beklenmektedir. Yapılacak düzenlemeler dikkate alındığında nanoteknolojiye sahip malzemelerin inşaat sektörü için ne kadar önemli olduğu görülmektedir. Dünyada nanoteknolojinin yapılarda kullanımı genelde aşağıdaki başlıklarda yapılmaktadır (Firoozi vd., 2014):

i. Nano-çimento,
ii. Nano kompozit yapı malzemeleri,
iii. Nano cam kaplamalar,
iv. Yangına karşı dayanıklı nano partiküllü yapı malzemeleri,
v. Nanoteknoloji ürünü çelik ve alüminyum malzemeler,
vi. Nanoteknoloji ürünü beton kaplamalar,
vii. Kil ve polimer nano kompozit ürünler.

Çalışmanın devam eden kısımlarında dünyada çeşitli ülkelerde uygulamaları yapılmış olan nanoteknolojik yapı ürünlerine ilişkin detaylı bilgiler verilecek ve örnek projeler açıklanacaktır.

4.2. Türk Yapı Sektöründe Nanoteknoloji

Ülkemizde nanoteknolojinin inşaat sektörü içerisindeki uygulamalarının günden güne yaygınlaştığı görülmektedir. Tablo 4.1.'de Türkiye inşaat sektöründe kullanılan nanoteknoloji uygulamaları konusunda bazı örnekleri içermektedir. (Candemir vd., 2012).

İnşaat sektöründe Nanoteknoloji uygulamalarına yönelik yapılan AR-GE çalışmalarını iki alt başlığa ayrılmaktadır. Birincisi, hali hazırda kullanılan ürünlerin ve malzemelerin özellikleri ve çalışma prensipleri konusunda optimizasyonunun sağlanması için ihtiyaç duyulan yüksek teknolojiye sahip bilimsel ölçüm yöntemleri, ikincisi ise nano ölçekle dizayn edilen malzeme ve maddelerin belirli özelliklerine sahip nano-malzemelerin kullanımıdır. İnşaat sektöründe kullanılan nanoteknoloji uygulamaların bir çoğunun malzeme veya kimya alanına yönelik çalışan firmalar tarafından geliştirilen ürünler olduğu görülmektedir.

Bunun yanı sıra Tablo 4.1.'de görüldüğü gibi inşaat malzemeleri sektörünün nanoteknoloji kullanımının malzeme özelliklerinin iyileştirilmesiyle sınırlı kalmadığı, aynı zamanda enerji verimliliği konusunda da önemli katkıları olduğu görülmektedir. Enerji kaybının önemli bir miktarının konutlarda ve ticari yapılarda meydana geldiği göz önüne alınırsa nanoteknolojinin sektöre yapacağı katkı daha iyi anlaşılacaktır. Fakat düşük CO2 salınımına ve yüksek enerji verimliliğine sahip yeşil bina olarak adlandırılan yapılarda kullanılan malzemelerin ve teknolojilerin piyasası nanoteknoloji arzından daha çok projeleri planlayan mimarların, inşa eden müteahhitlerin veya kullanıcıların talepleri doğrultusunda şekillenecektir. Ayrıca gelecek 5-10 senelik sürede yeşil binalara için oluşacak talep ve yeşil nanoteknoloji imkanlarının birbirine yakın seyredeceği tahmin edilmektedir. (Candemir vd., 2012:

Tablo 4.1. Nanoteknolojinin Yapı Sektöründeki Uygulama Alanları (Candemir vd., 2012).

Başlıca alanlar	Nanoteknolojik ürünlerin özellikleri	Ürünler
Yalıtım	• Oldukça yüksek yüzey-hacim oranı nedeniyle verimli yalıtım sağlaması • Geleneksel ürünlere göre % 30 daha verimli • Toksik etkisi düşük ve yenilenemeyen kaynaklara bağımlılığı daha az.	• Aerogel • İnce-film yalıtımı • Yalıtım amaçlı kaplamalar • Yalıtımlı seramik yüzeyler
Kaplamalar / boyalar	Nanopartiküller farklı yöntemler kullanılarak malzemelerin üzerine bazı fonksiyonel özellikler kazandırmak amacıyla uygulanmaktadır.	• Kendi kendini temizleyen kaplamalar • Leke tutmayan kaplamalar • Kirlenmeyen yüzeyler • Sis ve buzlanma karşıtı kaplamalar • Antimikrobiyel kaplamalar • UV filtresi • Korozyon karşıtı kaplamalar • UV Koruyucu • Nem direnci
Yapıştırıcılar	Yapışkan yüzeyli malzemeler geleneksel kimyasal yapıştırıların yerini almaktadır. Bunlar kullanılmayan / artık malzeme sorununu ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda daha güçlü yapıştırıcılardır.	Sentetik geko (nano kıllar)
Güneş enerjisi	Enerji üretimini verimli hale getirirken maliyet ve malzeme kullanımını azaltır.	• İnce film güneş enerjisi nanoteknolojisi • Yeni güneş enerjisi nanoteknolojisi
Hava temizleme	İstenmeyen kokuları ve havada uçuşan zararlı elementlerin ortadan kaldırılması için filtre edici nano-partiküller	
Su temizleme	Suyun atıklardan, tuzdan arındırılması, saflaştırılması ve içindeki zararlı maddelerden temizlenmesi	
Aydınlatma	N ve P tipi yarı-iletken katmanlar arasına sandviç edilmiş aktif katman tabakasından ve bunların elektriksel bağlantılarından oluşan opto elektronik eleman	• OLED'ler • Aydınlatma, görüntü teknolojileri
Yapısal malzemeler	Malzemelerin direncinin, esnekliğinin, dayanıklılığının ve ömrünün artırılması bunun yanında yıpranma oranının, kullanılan malzemenin hacim ve ağırlığının azaltılması.	• Beton • Çelik • Ahşap • Yeni yapısal malzemeler
Yapısal olmayan malzemeler	Isı ve su kayıplarının azaltılması dayanıklılığın artırılması	• Cam • Plastik ve polimerler • Taşıyıcı olmayan duvar • Çatı penceresi • Çatı • Seramik

Ülkemizde nanoteknolojik ürünlerin kullanıldığı birçok projeye rastlanmaktadır. Özellikle kompozit alüminyum iç ve dış cephe kaplamalarının

kullanıldığı büyük çaplı projelerden birkaç tanesi aşağıda sıralanmış ve Tablo 4.2.'de listelenmiştir (Mitsubishi Chemical Euro Asia, 2018);

i. Next Level/Çankaya-Ankara,

ii. Marriott Hotel/Şişli-İstanbul,

iii. Rönesans Biz Plaza (küçükyalı ofis park)/Maltepe-İstanbul,

iv. Sheraton Otel/Adana,

v. Lapis Han/Kartal-İstanbul,

vi. Mistral Tower/Konak-İzmir,

vii. Emaar Square/Üsküdar-İstanbul,

viii. Sabiha Gökçen Uluslararası Havaalanı/Kurtköy-İstanbul.

Tablo 4.2. Alüminyum Kompozit Panel İç ve Dış Cephe Kaplamalarının Kullanıldığı Büyük Çaplı Projeler (Mitsubishi Chemical Euro Asia, 2018).

PROJE BİLGİLERİ			
i	Mimarı	Brigitte Weber Architects	
	Projenin İşlevi	Konut Sitesi, Ofis ve AVM	
	Yapım Yeri ve Yılı	Çankaya/Ankara - 2014	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş alev almayan malzeme	
ii	Mimarı	Piramit Mimarlık	
	Projenin İşlevi	Otel	
	Yapım Yeri ve Yılı	Şişli/İstanbul -	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	Maksimum parlaklıkta alev almayan malzeme	
iii	Mimarı	A Tasarım Mimarlık	
	Projenin İşlevi	Ofis	
	Yapım Yeri ve Yılı	Maltepe/İstanbul - 2014	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	Maksimum parlaklıkta yangına dayanıklı malzeme	
iv	Mimarı	İki Desing Mimarlık	
	Projenin İşlevi	Otel	
	Yapım Yeri ve Yılı	Adana - 2013	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş alev almayan malzeme	
v	Mimarı	Nevzat Sayın Mimarlık Hizmetleri	
	Projenin İşlevi	Ofis	
	Yapım Yeri ve Yılı	Kartal/İstanbul - 2014	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş alev almayan malzeme	
vi	Mimarı	DNA Mimarlık	
	Projenin İşlevi	Konut Sitesi, Ofis, Otel ve AVM	
	Yapım Yeri ve Yılı	Konak/İzmir - 2013	
	Kullanım Yeri	Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş alev almayan malzeme	
vii	Mimarı	İki Desing Mimarlık	
	Projenin İşlevi	Konut Sitesi, Ofis, Otel ve AVM	
	Yapım Yeri ve Yılı	Üsküdar/İstanbul - 2016	
	Kullanım Yeri	İç ve Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş alev almayan malzeme	
viii	Mimarı	Tekeli-Sisa Mimarlık Ortaklığı	
	Projenin İşlevi	Havalimanı Terminal Binası	
	Yapım Yeri ve Yılı	Kurtköy/İstanbul - 2009	
	Kullanım Yeri	İç ve Dış Cephe Malzemesi	
	Kullanım Amacı	İleri teknoloji ile üretilmiş yangına dayanıklı malz.	

4.2.1. Giydirme Cephe Sektöründe Kullanılan Nanoteknolojik Ürünler

Yapı sektöründe nanoteknolojinin kullanılması ile birlikte yapılarda oluşan katı atıkların, atık suların ve defolu üretilen bazı ürünlere belirli özellikler kazandırılarak geri dönüşümleri sağlanmaktadır. Ayrıca ısınma veya soğuma nedeniyle oluşan fiziksel değişim neticesinde kendi enerjisini depolayabilen ve bu enerjiyi kullanabilen malzemeler (PCMs) üretilmektedir. Yapılan bu çalışmalar sayesinde binalarda enerji tasarrufları ve kazançları elde edilmektedir. (http://www.elseiver.com/locate/surfsoat). Bu çalışmaların bina cepheleri ile ilgili olanları aşağıda belirtilmiştir. (Ayçam ve Özeler Kenan, 2010):

i. Kendi kendini temizleyebilen nanoteknoloji içerikli boyaların cephelerde kullanılması,

ii. Yüksek performansa sahip malzemelerin elde edilmesi (karbonla takviye edilen çelik, vb.),

iii. Enerji korunumu ve tasarrufu sağlayan uygulamalar (aerojeller kullanılarak ısı yalıtımı, vb.),

iv. Kendi kendini temizleyebilen malzeme (cam, beton, vb.) kullanılması,

v. Araçların neden olduğu egzoz gazlarının temizlenmesini sağlayan malzemelerin (seramik, vb.) kullanılması,

Yapı sektöründe nanoteknoloji kullanılmasında en fazla başarı elde edilen alanların başında kaplama ve boya gelmektedir. Bunların temel nedenleri aşağıda özetlenmiştir. (Candemir vd., 2012):

i. LTV ve çizilmeye dayanıklı malzeme, infrared emilim veya yansıma, ateşe dayanıklı malzeme, elektriki iletkenlik, anti-bakteriyellik ve kendi kendini temizleyebilen özelliğe sahip nano-boyutlu katmanlar,

ii. Alt taraftaki yüzeyin kaplamadan önce görünür olmasına ihtiyaç duyulan durumlarda, cam ve ahşaptakine benzer şekilde, şeffaf yapıları sayesinde geniş bir uygulama alanına imkan tanıyan nano-boyuta sahip malzemeler,

iii. Üst katmanlara ise derin bir şekilde nüfuz ederek, düzensiz yüzeylerde daha başarılı bir kaplama sağlayarak veya yüzölçümüne oranla daha fazla yüzey-

kaplama etkileşimini sağlayarak çok daha mukavim bir kaplama sağlayabilen nano-boyutlu dağılımlar.

Kaplama ve boyalarda kullanılabilen nano malzemeler ile yaratılan fonksiyonel özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Candemir vd., 2012):

i. Aluminyum oksit: Çizilme direnci ve aşınma direnci

ii. Indium tinoxide: Şeffaflık, iletkenlik, anti-statiklik, çizilmez yüzey,

iii. Titanyum dioksit: Kendi kendini temizleme, anti-mikrobiyel, ultraviyole (UV) koruyucu

iv. Miniemulsiyonlar: Çeşitli fonksiyonlar

v. Çinko oksit: Anti-perspirant, anti-bakteriyel ve ultraviyole (UV) koruyucu

vi. Karbon: Elektriki iletkenlik ve çizilme direnci,

vii. Silika: Şeffaflık ve çizilme direnci,

viii. Kil: Alev geciktirici, oksijen, nem ve gaz bariyeri,

ix. Gümüş: Antimikrobiyellik

Piyasada aktif bir mekanizma olan fotokatalitik/iyonik veya pasif bir mekanizma olan hidrofobik/lipofobik veya hidrofobik yüzeyler yaygın bir şekildek kullanılan kaplama sistemleridir.

4.2.1.1. Kendi Kendini Temizleyen Nanokaplamalar

Kendi kendini temizleme özelliğine sahip malzeme üretimi için atılan ilk adımın Wilhelm Barthlott'un keşfettiği "lotus etkisi" olduğu kabul edilmektedir. (Fürstner vd., 2005; Forbes, 2008). Lotus etkisi; lotus bitkisi üzerine gelen toz parçacıklarını yapraklarını hareket ettirmek suretiyle yapraklarının üzerindeki bazı bölgelere itmesi ayrıca yağmur esnasında ise üzerinde bulunan su damlalarını toz parçacıklarının olduğu bölgeye doğru itmesi sonucu toz parçacıklarını kendisinden uzaklaştırma olarak tanımlanmaktadır. Tekstil sektöründe kir tutmayan kumaş üretilerek yeni bir çığır açan nanoteknolojilerin nanomalzemelerde de kullanılması kir tutmayan kumaş benzeri, su malzeme üzerinde akarken kir ile birlikte akarak, kiri

götürmektedir. Bunun yanı sıra, lotus etkisiyle temizlenme, sudan az etkilenen yerlerin insan gücü ile temizleme ihtiyacını en aza indirmektedir.

4.2.1.1.1. Lotus Etkisi İle Kendi Kendini Temizleyen Nanomalzemeler

Lotus etkisiyle kendi kendini temizleyebilen boya kullanılarak inşa edilen önemli bir eser Ara Pacis Arkeolojik Eserler Müzesi'dir (Şekil 4.2.). Roma'da bulunan müzenin mimari projesi Richard Meier & Partners'a aittir. Roma'nın modern yapıları ile geleneksel yapılarının arasında adeta bir geçiş niteliğinde bulunan Tiber Nehri'nin yanı başında yer almaktadır. Müze üç ana bölümden oluşmaktadır; müzenin ön tarafında kentsel bir meydan bulunan giriş koridoru, sergi alanlarına sahip ana bina, konferans salonu, kütüphane, restoranlar, geçici fuar alanları ve ofisler bulunmaktadır. Yoğun hava kirliliğine maruz kalan bir bölgenin içinde bulunan beyaz cepheye sahip binada, kendi kendini temizleyebilen şeffaf nanomalzemeler sayesinde cephe beyaz rengini korumaktadır. (Gür, 2010).



Şekil 4.2. Ara Pacis Arkeolojik Eserler Müzesi (Roma, İtalya) (URL-12).

4.2.1.1.2. Fotokatalizle Kendi Kendini Temizleyen Nanomalzemeler

Fotosentezdeki klorofil benzeri bir şekilde fotokataliz, ışığın etkisinde kaldığı sürece devamlı aktif bir halde bulunarak belirli bir reaksiyon oluşturmaktadır. Fotakatalizin ışık ile beraber oluşturduğu reaksiyonda birtakım tepkimeleri oluşturabilmesi için gereken aktivasyon enerjisini sağlayabilmesi 1970'li yıllardan itibaren bilinmesine rağmen kendi kendini temizleyebilen süperhidrofilik yüzeyleri kapsayan araştırmaların henüz çok yeni olduğu söylenebilir (Euvananont vd., 2008, Wang vd., 2008, Hashimoto vd., 2005, Guan, 2005). TiO_2 (titanyum dioksit) endüstriyel olarak kullanılabilecek en ucuz en verimli, en uygun ve en stabil fotokatalizdir (Hashimoto vd., 2005).

Nanoteknolojinin yapı sektöründe en geniş kullanım alanı fotokatalizle yüzeylerin kendi kendini temizleyebilme özelliğidir. Fotokatalizin ışıkla beraber oluşturduğu tepkimelerde membran veya cam benzeri malzemelerin yüzeylerindeki havanın nem ve oksijen ile birlikte yüzeyde oluşan organik kirlerin ve gazların yanması sonucu parçalanmasına neden olur ve temizlenme gerçekleşir.

Fotokataliz ve lotus etkisiyle kendi kendini temizleyebilen nanomalzemeler genelde değişik kaplama veya boya malzemeleridir. İç cephe kaplamasında kullanılan nanoteknolojik boyalar, kalorifer isi, sigara dumanı gibi kirlerin boya üzerine yapışmasına izin vermez. Ayrıca kalem izi, yağ ve boya gibi dış etkilerle meydana gelen lekelerin kolay bir şekilde temizlenmesini sağlar. Dış cephe kaplamasında kullanılan nanoteknolojik boyalarda ise içeriğinde bulunan reçine ve nano parçacıkların etkisiyle, güneş ışığı ile girilen tepkime sonucunda, dış cephede oluşan kir yağmur suyu ve rüzgârla temizlenmektedir.

Fotokatalizle kendi kendini temizleyebilen malzeme kullanılan en önemli yapılardan birisi 2004'de Almanya'nın Duisburg şehrinde inşa edilen MSV Arena Futbol Stadyumudur (Şekil 4.3.). İnşaat esnasında 15000 m^3'den fazla beton, 3500 ton çelik destek, yaklaşık 30 çelik pilo, 7500 m^2 çim kullanılmıştır. Stadyumun alüminyum ve camdan olarak inşa edilen ön cephesinde 1500 m^2 cam bulunmaktadır. Ses yalıtımına ve güneş ışınlarına karşı koruma özellikleri de bulunan fotokatalizle kendi kendini temizleyebilen cam malzemesi sayesinde temizleme aralıklarının

uzatılması sağlanarak temizlik masraflarında ciddi bir tasarruf sağlanmıştır (Gür, 2010).



Şekil 4.3. MSV Arena Futbol Stadyumu (URL-13).

Prekast panellerin üzerine fotokatalitik nanomoleküller yerleştirilmesi ile kendi kendini temizleyebilme özelliği kazanan beton kullanımına örnek bir tasarım Richard Meier ve ortakları tarafından 2003 yılında inşa edilen Jubilee Kilisesi (Şekil 4.4.) olarak gösterilebilir (Elvin, 2007).



Şekil 4.4. Jubilee Kilisesi (Roma, İtalya) (URL-14).

4.2.1.2. Buğu Tutmayan Nanokaplamalar

Nanoteknoloji kullanılarak buhar oluşumunu önleyen kaplamaların üretimine son yıllarda teknolojisi yenilenerek başlanmıştır. Bu kaplamaların temeli buhar oluşumunu önleyen şeffaf bir film tabakasıdır. En çok aynaların kaplanmasında kullanılmaktadır. Bu nanomalzemeler, aynı zamanda plastik veya camların kaplanmasında da kullanılabilir (El-Samny, 2008).

"2005 yılında MIT (Massachussets Institute of Technology) geliştirilen nano kaplamalar süper hidrofilik olduğu için çok küçük formadaki görülemeyen bu su damlacıkları su taneciği formuna dönüşmeden aynadan uzaklaştırılır. Su damlacıkları halen yüzeydedir fakat bu damlacıklar çok küçük olduğu için görülemez ve aynayı buğulandırmamış olur (Şekil 4.5.)." (Perker, 2010).



Şekil 4.5. Buğu Tutmama Özelliğine Sahip Ayna

4.2.1.3. Kolay Temizlenen Nanokaplamalar

Kendi kendini temizleyebilme özelliğinden farklı olarak kolay temizlenen nanokaplamalarda yüzeylerin suyu uzaklaştırıcı özelliği bulunmaktadır. Bu malzemeler pürüzlü bir yüzey kullanmak yerine, düz bir yüzey yapısı kullanmaktadır. Düz yüzey sayesinde çekim kuvveti azaltılarak, yüzeydeki suların damlalar halinde yüzeyden kayarak uzaklaştırılmaktadır. (El-Samny, 2008). Bu tip yüzeylerin hidrofobik (su itici) özelliğinin yanı sıra oleofobik (yağ itici) özelliği de bulunmaktadır.

Kolay temizlenebilen malzemelerle üretilen yüzeylerin sağlık sektöründe ve duşakabin malzemelerinde yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir. Kolay temizlenebilen malzemeler, kendi kendini temizleyebilen malzemelerle üretilen yüzeylerdeki kadar etkili olmamasına rağmen, kısa bir zamanda ve kolayca temizlenebilmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Almanya Münster'de bulunan Kaldewei Kompetence Merkezi (Şekil 4.6.), Kaldewei ürettiği mallarını sergilediği, kurslar, toplantılar, etkinlikler ve ziyaretler düzenlenen, üretilen ürünlerin çeşitli testlerinin yapıldığı bir yapıdır. Binanın ön cephesini oluşturan beyaz, gri, mavi ve turkuaz renkli çelik şeritler kolay temizlenebilen bir kaplamayla kaplanmıştır. (Gür, 2010).



Şekil 4.6. Kaldewei Competence Center Binası (URL-15).

4.2.1.4. Isı Yalıtımı Sağlayan Nanomalzemeler

Yapıların kullanımında sağlanan tasarrufun en önemli etkenlerinden birisi ısı yalıtımıdır. Isı yalıtımı konusunda nanoteknolojiye sahip ürünlerin etkinliğini özetlersek; minimum et kalınlığı kullanarak, maksimum ısı yalıtımı elde etmektir. Konvansiyonel yalıtım malzemelerine oranla, 6-7 kat daha iyi performans göstererek, enerjinin korunumunu daha iyi sağlamaktadır. Bu sayede nanomalzemeler kullanılarak oluşturulan yapılarda ısınma maliyetlerinde önemli miktarda tasarruf elde edilmektedir. Isı yalıtımı amacıyla kullanılan nanomalzemeler, paneller şeklinde yapıların cephelerinde, duvarlarında, çatılarında ve döşemelerinde kullanılabilmektedir. Isı yalıtım için kullanılan bu paneller sadece yeni inşa edilen binalarda değil, aynı zamanda eski binaların dönüşümü ve yenilenmesi esnasında da uygulanmaktadır. (Gür, 2010).

Şekil 4.7.'de görülen JW Marriott Otelinin dış cephesinde kullanılan güneş



Şekil 4.7. JW Marriott Oteli (BAE) Termal Yalıtım Kaplaması (URL-16).

kontrolü ve termal yalıtım özellikli nanoteknoloji ürünü camlar sayesinde sürdürülebilir bir bina inşa edilmiştir. Bina cephesinde kullanılan camlar nanometrik metalik oksitler ve nitritlerden oluşan katmanların yüksek vakum altında nanoteknolji temelli yöntemler kullanılarak sıkıştırılmasıyla meydana getirilmiştir (Saint Gobain Glass, t.y.).

4.2.1.5. Ultraviyole Işınlara ve Güneşe Karşı Korunum Sağlayan Nanomalzemeler

Ultaviyole (UV) ışınlara karşı koruma sağlayan nanomalzemeler, organik maddeler ve belirli bazı katkı maddeleri kullanılarak oluşturulmaktadır. UV ışınları bünyesinde tutarak, malzemenin korunmasını sağlayan kaplamalar saydam bir yapıya sahip olmaları nedeniyle, kaplama altında bulunan ana malzemenin görünümü ve rengi güneş ışınlarından etkilenmemektedir. Genel anlamda güneş ışınlarına karşı koruma sağlayan nanomalzemelerin kullanımı perdeye duyulan ihtiyacı en aza indirmektedir. Elektrokromatik camlar için nanoteknoloji malzemeler kullanılarak sürekli elektrik akımına duyulan ihtiyacın ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. nanokaplama malzemelerin kullanılması neticesinde sadece ihtiyaç halinde elektrik kullanılarak enerjiden tasarruf edilmektedir. (Lazim vd., 2008). Nanoteknoloji kullanılarak üretilen fotokromatik camlar güneş ışınlarının gelişine göre kendiliğinden kararak enerji kullanımını daha verimli bir hale getirmektedir.



Şekil 4.8. Fotokromatik Cam Kaplama (URL-17).

Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi elektrokromatik cam kaplamalar güneş ışığına bağlı olarak renk değiştirmekte ve iç mekanın ışık seviyesini ayarlayabilmektedir. Bu

sayede iç aydınlatmalarda enerji tasarrufu sağlanarak sürdürülebilirliğe katkı sağlanmaktadır (Allen, 2016). Elektrokromatik camlar güneş ışığının miktarına göre oluşturulan küçük bir elektrik akımı ile şekilde de görüldüğü gibi cam rengini ayarlamaktadır (Savic vd., 2013).



Şekil 4.9. Termokromik Cam Kaplama Örneği (Savic vd., 2013).

Termokromik tabaka ile kaplamalı camlar ise dış ortamdaki atmosferik şartların değişimine göre Şekil 4.9.'da görüldüğü gibi renk değiştirmekte ve iç ortamdaki enerji gereksinimlerini ve ısısının ayarlanması sağlanmaktadır. Bahse konu ayarlama ilave bir elektrik akımı veya kontrol birimi gerektirmeden polimer yapılı katman sayesinde ışık değişimi ve ısı değişimine tepki sağlanarak renk değişimi sağlanmaktadır (Savic vd., 2013). Şekil 4.10.'da sabah, öğle ve akşam güneş ışığı ve sıcaklık derecesine göre renkleri değişmiş olan bina cam cephesi görülmektedir. Bu etki termokromik cam kaplama sayesinde elde edilerek iç mekan aydınlatma ve ısıtma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlanmakta, termal yalıtım ve görsellik elde edilmektedir.



Şekil 4.10. Termokromik bir binanın sabah, öğle ve akşam görünümü (URL-18).

4.2.1.6. Yangın Korunumu Sağlayan Nanomalzemeler

Yangına karşı alınacak güvenlik önlemleri, yapıların güvenliğinde en temel esaslardan biridir. Bu yüzden yapıların tasarım, proje ve inşa aşamalarının tamamında dikkat edilmesi gereken bir husustur. Meydana gelebilecek bir yangın durumunun, yapılar üzerindeki etkisini en aza indirmesi için kullanılan nanocamların üretiminde de nanoteknoloji kullanılmaktadır.

Degussa firmasının ürettiği Aerosil malzemesi, inşaat sektöründe çeşitli faydaları nedeniyle kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarının başında ise yangına karşı sağladığı koruma gelmektedir. (He-sheng vd., 2004). Aerosil malzemesi, birden fazla cam tabakasının arasına dolgu malzemesi şeklinde kullanılarak yangına karşı korumalı nanocamlar üretilmektedir. Cam katmanlarının arasına yerleştirilen jel formundaki ara malzemelerin alevlerle karşılaşması durumunda opaklaşarak, ısı yalıtımı oluşturur ve nanocamların yangına karşı etkili olması sağlanır. Nanocamların belirli bir süre yangına dayanıklı olmasına ilaveten ince ve hafif olması, yüksek ışık geçirgenliğine sahip olması, darbelere karşı dayanıklılığı ve ultraviyole ışınlar karşısında dayanıklı olması başlıca avantajlarıdır. Yangına dayanıklı nanocamlar, genellikle yüksek yapılarda tercih edilmekle beraber, yangın güvenliğine özellikle ihtiyaç duyulan belirli bölümlerde (koridorlar, katlar, fuayeler vs.) kullanılabilmektedir. Almanya'nın Bonn şehrinde bulunan Deutsche Post Merkez Binası 160 metre yüksekliğinde ve iki binden fazla çalışanı bulunan dikkat çekici bir yapıdır (Şekil 4.11.). Yapının inşasında, dış cephede ve iç mekânlarda

bulunan cam duvarlarda yangına karşı koruma sağlayan nanocamlar kullanılmıştır. (Gür, 2010).



Şekil 4.11. Deutsche Post-Tower (URL-19).

4.2.1.7. Antibakteriyel Yüzeyler

Antibakteriyel özelliği bulunan gümüş nanopartiküller ile organik maddelerin parçalaması sonucunda kir tutmama özelliğine sahip olan fotokataliz birleştirildiği zaman antibakteriyel yüzeyler üretilebilir.

Antibakteriyel yüzeylerin kullanımı çoğunlukla duvar ve döşeme gibi yapı malzemelerinde görülmektedir. Bununla birlikte lavabolarda, elektrik düğmelerinde ve kapı kollarında da kullanılabilmektedir. Antibakteriyel yüzeyler, özellikle sağlık hizmeti veren yapılarda bakterilerden dolayı oluşabilecek enfeksiyon hastalıklarını ve ölüm riskini azaltması veya ortadan kaldırması açısından önemli bir kullanım alanı bulunmaktadır. (Gür, 2010).

4.2.1.8. Duvar Yazısı Tutmayan Yüzeyler

Nanoteknolojik uygulamaların yapılardaki diğer bir katkısı ise, hidrofobik bir yapısı olan ve kir uzaklaştırma özelliği bulunan, duvar yazılarını üzerinde tutmayan kaplamaların üretimidir (El-Samny, 2008). Bu kaplamalar iki şekilde kullanılmaktadır; birincisi tuğla, beton ve kum taşı gibi emici ve geçirgen özelliği bulunan malzemelere uygulanması, ikincisi ise malzemelerin gözeneklerini açık bırakarak nefes almalarının sağlanmasıdır.

4.2.2. Cam Giydirme Cephelerde Nanoteknoloji Kullanımı Ve Nano Ürün Kullanılan Örnek Projeler

Nanoteknolojik malzemeler, cam giydirme cephelerde kendini temizleyen, kolay temizlenen, yangın korunumlu, yansıma yapmazlık özelliği gibi farklı türde olabilmektedir.

Aşağıda Şekil 4.12.'de görseli bulunan Avusturya'da inşa edilen cam evde kendi kendini temizleyen cam kullanılmıştır. Cam yüzeylerde "fotokatalitik" ve "hidrofilik etki" birliktedir.



Şekil 4.12. Cam Ev – Avusturya.

Nanoteknolojik ürünlerin cam yüzeylerdeki uygulamaları; kolay temizlenme özellikleri, yanmaya ve ısıya dayanıklılık, kapalı ortam iklim kontrolü olarak üç şekilde karşımıza çıkmaktadır. Çalışma prensipleri ise boyalarla ve kaplamalarla benzerlik göstermektedir (Candemir vd., 2012).

i. **Kendi kendini temizleyebilme özelliği:** Sürekli kire maruz kalan temizleme ihtiyacı duyulan cam yapılarda kirlerin birikmesini önlemek için iki seçenek vardır; birincisi kirlerin tutunmasının ve yağmur sularıyla akmasının sağlanacağı bir yüzeyin hazırlanması, ikincisi ise, yüzeyde biriken veya yüzeye yapışan kirlerin aktif olarak çözülmesini sağlayacak yüzeylerin oluşturulmasıdır. Birinci alternatifte yüzeyler alkol çözeltilerine veya koloidal suya tutunan gümüş nanopartiküllerin veya SiO_2,'nin ilave edilmesiyle, nilüfer çiçeğinde görülen mekanizmaya benzer bir biçimde hidrofobik bir durum oluşturulur ve kirli parçacıkların yağmur suyu ile birlikte akması sağlanmaktadır. Kendi kendini temizleyen camlar üretmenin farklı bir yöntemi de nano-TiO_2 kullanılmasıdır. Yukarıda bahsedildiği gibi Ultraviyole ışınları ile aktif hale gelen parçacıklar sayesinde organik kirleten maddelerin, uçucu organik bileşimlerde bakteriyel membranları oluşturur ve hictrofilik yapısı nedeniyle kir parçalarının içerisinde aktığı yağmur sularını çeker.

ii. **Isı direnci:** Camın yüzeyinin kaplandığı saydam ve ince yapıdaki metal oksitler veya cam panellerinin arasına eklenen, fumed silika'dan yapılmış ısının artması durumunda genişleyen ara katmanlar camlarda yangı ve ısıya dayanıklılık alanında ortaya konulan uygulamaların başında gelmektedir.

iii. **Kapalı ortam iklim kontrolü:** Yapıların dış cephesinde kullanılan cam yüzeylerden içeri giren ısı ve ışığın kontrolü amacıyla havalandırma sisteminin sürekli devrede olması gerekmektedir. Isı ve ışığın yüzeyden içeriye girişini önlemek için ortaya konulan nanoteknoloji imkanlar üçü aktif çözüm, biri pasif çözüm olacak şekilde dört başlıkta toplanmaktadır. Pasif çözüm yöntemi, binaların yüzeylerinin ısınmasına sebep olan ve istenilmeyen kızıl ötesi(IR) ışınları emen ince kaplamalardır. Aktif çözümler ise fotokromik (ışığa tepki), elektrokromik (uygulanan gerilime tepki) ve termokromik (ısıya tepki), yöntemlerle sağlanmaktadır. Özellikle elektrokromik yöntemlerdeki önemli avantaj, kontrolün dış etkilerden bağımsız olmasıdır. Gerilim uygulanarak cam yüzeyine kaplanan tungsten oksit (WO_3)

tabakanın mat bir hale alarak daha fazla kızıl ötesi (IR) ışını absorbe edebilir veya hidrojen iyonu eklenmesi ile koyu mavi renge çevirebilir.

Birçok yapının dış cephesinde egzoz gazları veya petrol temelli bileşenler sebebiyle kirlenme oluşur. Yapıların standart malzemeleri fotokatalist ile kaplandığı zaman koruyucu titanyum zar hidrofilik, anti-statik ve superoksidatif yapısı sayesinde yüzeye kendi kendini temizleyebilme özelliği kazandırır. Araçların egzozundan yayılan hidrokarbonların oksitleştirilmesiyle ve duvarların yüzeylerindeki kirlerin yağmur sularıyla ıslanarak yıkanması sonucu dış cephe temizliğini sürekli korur. Yukarıda anlatılan yöntemler cam kaplama yüzeyler, dış cephe camları, ev ve işyerlerinin vitrinin camları, sera ve kış bahçeleri gibi dış ortam etkilerine maruz kalan her yapıda kullanılabilir. Uygulamanın yapıldığı yerlerde bilinçli, kasıtlı veya şiddetli bir kirlenme/kirletme olmadığı sürece temizlik ihtiyacı oluşmaz. Şiddetli kirlenme durumunda sadece suyla yapılacak temizlik yeterli olacaktır. Bu ürünlerin kullanıldığı cam yüzeylerin kendi kendini temizleyebilme özelliğinin oluşması için foto katalizle etkileşmesi gerekir. Bu etkinin gerçekleşmesi ve ürünün kendi kendini temizleyebilmesi için 4-6 hafta kadar bir süre geçmesi gerekmektedir. Şekil 4.13.'de bahse konu kaplam ile ilgili örnek bir projenin öncesi ve sonrasına ait resimler mevcuttur. Burada yapılan nanoteknolojik kendi kendini temizleyen fotokatalist TiO_2 cam kaplama uygulanmadan sonrasındaki değişim bahse konu resimlerden anlaşılmaktadır (An-Bo, 2015).



Şekil 4.13. Fotokatalist TiO2 cam kaplama uygulanma öncesi ve sonrası (URL-20).

Formula 1 yarışları için inşa edilen YAS Marina Pistinin (Abu Dabi, B.A.E., 2009, Hermann Tilke) tribünlerini kapatmak için Şekil 4.14.'de kullanılan fotokatalitik membran aynı zamanda yapının dış cephesini de koruyabilecek şekilde düzenlenmiştir (Orhon, 2014).



Şekil 4.14. YAS Marina Pisti Fokatalitik Membran Yapı Cephesi (URL-21).

4.2.3. Alüminyum Kompozit Panel Cephelerde Nanoteknoloji Kullanımı Ve Nano Ürün Kullanılan Örnek Projeler

Cam, metal ve seramik yüzeylerin TiO_2 ile kaplanması uygulamasına, Japonya 'HydroTect' ismi ile patent tanımlamıştır. HydroTect, kaplama uygulandığı dış cephelerin yüzeyine yağmur sularıyla kendi kendini temizleyebilme özelliğine ilave olarak havada bulunan nitrojen oksitleri (NO, NO_2 kısaca NOx olarak kullanılmaktadır) etkisiz hale getirerek havayı temizleyebilme (HT) özelliği de kazandırmaktadır. 1000 m^2 fotokatalitik dış cephe kaplaması, ortalama 70 tane ağacın havayı temizleyebildiği kadar temizleme etkisine sahiptir. (Orhon, 2013). TiO_2 kaplamaya sahip dış cephenin kullanıldığı yapılara fotokatalitik alüminyum panel cepheye sahip Bertram ve Judith Kohl Binası (Ohio, ABD, 2010, Westlake Reed Leskosky) (Şekil 4.15.) ve fotokatalitik seramik panel cepheye sahip Monte Verde Tower (Viyana, Avusturya, 2004, Albert Wimmer) (Şekil 4.16.) yapıları örnek verilebilir. Bertram ve Judith Kohl Binası müzik konservatuarı olarak kullanılan, LEED Gold sertifikasına sahiptir. Monte Verde Tower ise konut olarak kullanılmaktadır. (Orhon, 2013).



Şekil 4.15. Bertram ve Judith Kohl Binası Fotokatalitik alüminyum cephe (URL-22).



Şekil 4.16. Mont Verde alüminyum cephe (URL-23).

Mitsubishi Chemical Corporation tarafından üretilen alüminyum kompozit malzemeler (ALPOLIC® A2), A sınıfı yangına dayanımlı özelliğe sahiptir. Bu malzeme ile konvansiyonel yangına dayanımlı iç ve dış cephe kaplamaları üretilmektedir. Bu cephe malzemesinin dış yüzeyi 0,5 mm kalınlığa sahip 3105-H14 alaşımlı aluminyum levhadan üretilirken, dolgu malzemesi ise yüksek içerikli yanıcı

olmayan mineral çekirdek dolgudan yapılmıştır. Bu malzeme ile Türkiye'de yapılan projeler de mevcuttur. Şekil 4.17.'de Rönesans Biz Küçükyalı (Küçükyalı Ofis Park) /İstanbul, NextLevel/Ankara ve Marriott Otel/İstanbul bunlara örnek olarak verilebilir (Mitsubishi Chemical Euro Asia, 2018).



Şekil 4.17. Rönesans Biz Plaza (Küçükyalı Ofis Park) Alüminyum Kompozit Cephe (URL-24).

Nano kaplama kompozit paneller; nano PVDF panellerde de kullanılan nano teknolojisi sayesinde panelin üst yüzeydeki boyasında molekül yapısının değişimi sağlanmıştır. Böylece bu paneller kendi kendini temizleme özelliğine ve pürüzsüz yüzeye sahiptir. Nano PVDF panelleri nano polimerleri kullanarak üretilmiştir. Bu polimerler saç telinin çapından bile 5000 kat daha küçük olduğundan dolayı tanecikler gözle bile görünmezler. Nano PVDF panellerin nano kaplı yüzeyi suyu ve kiri üzerinde tutmaz. Böylece paneller daha uzun süre temiz kalır ve istenirse daha sonraları temiz su ile kolayca temizlenebilir. Temizlik için doğaya zararlı herhangi bir kimyasala veya deterjana gerek duyulmaz. Şekil 4.18.'de görüldüğü üzere İspanyol Enerji Şirketinin Barcelona'daki binasında (URL-25) ve Şekil 4.19.'da Expo 2016 Antalya Kulesi (URL-26) yapısında kendi kendini temizleyebilen ve bina içi havayı temizleyebilen alüminyum kompozit panel ile kaplanmıştır. Bu kaplamalar ayrıca fotovoltaik özellikler sayesinde enerji tasarrufu sağlayarak sürdürülebilirliğe katkı sağlamıştır.



Şekil 4.18. İspanyol Enerji Şirketi Binası Alüminyum Kompozit Panel Kaplaması (URL-25).



Şekil 4.19. Expo 2016 Antalya Kulesi Alüminyum Kompozit Panel Kaplaması (URL-26).

5. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Nanoteknolojik yapı malzemelerinin kullanımını giydirme cephe sektörü bağlamında incelemeyi amaçlayan bu çalışma için gerekli olan veriler bir anket çalışması yapılarak toplanmıştır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen anket çalışmasında kullanılan anket formu, bilimsel araştırma yöntemlerinin belirlemiş olduğu ilkeler ışığında hazırlanmıştır. Anket çalışması için bir ön yazı ve anket oluşturulmuştur. Ön yazıda; çalışmanın amacı, anketi gerçekleştiren kurum ve anket çalışmasından sağlanacak bilgilerin sadece akademik amaçlı kullanılacağı ve bilgilerin gizliliğinin korunacağı ifade edilmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan anket formuna "*Nanoteknolojik Ürünlerin Giydirme Cephe Sektörü Bağlamında Araştırılması*" adı verilmiştir (Bkz. Ek-A).

5.1. Anket Formunun Organizasyonu

"Nanoteknolojik Ürünlerin Giydirme Cephe Sektörü Bağlamında Araştırılması" adlı anket formu 14 sorudan oluşmaktadır. Bu 14 sorudan 13'ü kategorik ve 1'i de Likert tipi sorudan oluşmaktadır. Anketin ilk sorusu; katılımcıların firmalarda çalıştıkları pozisyonu belirlemeye yöneliktir. 2. soru katılımcıların sektördeki deneyimlerini belirlemek amaçlı sorulmuştur. Anketin 3. ve 4. sorusu firmaların sektördeki deneyimleri ve hangi ilde faaliyet gösterdikleri ile ilgilidir. 5. soru firmaların ana faaliyet konusunda ortalama pazar payını belirlemeye yönelik ifadelerden oluşmaktadır.

Anketin 6. sorusu anket katılımcılarının genel olarak nanoteknoloji konusundaki bilgi düzeylerini belirlemeyi amaçlamaktadır. 7. ve 8. sorular katılımcıların firmalarında AR-GE müdürlüklerini olup olmadığını ve hangi nanoteknolojik yapı malzemelerini kullandıklarını kullanmıyorlarsa nedenlerini belirlemeye yöneliktir. Anketin 9.sorusu, yapım sektöründe nanoteknolojik yapı malzemelerinin kullanılmasını engelleyen faktörleri belirlemeyi amaçlamaktadır. Ankette yer alan 10, 11, 12 ve 13. sorular; teknik altyapısı uygun olmayan firmaların, iş kollarıyla ilgili üniversite ya da meslek odalarından alabilecekleri destek,

nanoteknoloji konusunda eğitim verebilecek kurumların varlığı, nanoteknoloji konusunda maliyet ve eğitim giderleri huşunda teşvik desteği ve nanoteknolojik ürünlerin sınıflandırma, kalite performans değerleri konusunda yetkin kurum ve kuruluşların olup olmadığını belirlemeyi hedeflemektedir.

Likert tipindeki 14. soru; firmaların nanoteknoloji konusunda yatırım yapıp yapmadıkları, bu konularda uzman bir araştırma gruplarının olup olmadığı, nanoteknoloji konusunda sektörde yeterli yatırım yapılıp yapılmadığı, nanoteknolojinin uluslararası pazarlar için bir rekabet unsuru olup olmadığı ve sürdürülebilirlik kapsamında nanoteknolojinin önem taşıyıp taşımadığı hususlarında firmaların eğilimlerini belirlemeye yönelik ifadelerden oluşmaktadır. Katılımcılara yanıtlarını 5 noktalı Likert ölçeği üzerinde belirtmeleri istenmiştir. 5 noktalı Likert ölçeğinde '1=hiç katılmıyorum', '2=katılmıyorum', '3=kararsızım', '4=katılıyorum', '5=tamamen katılıyorum' olarak derecelendirilmiştir.

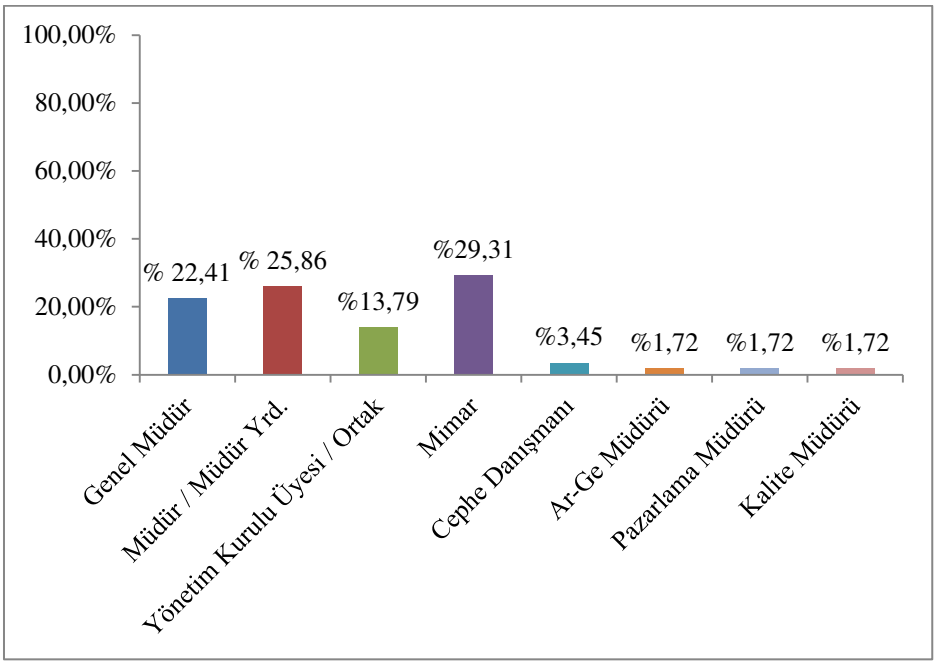
5.2. Örneklem

Nanoteknolojik yapı malzemelerinin yapı sektöründe giydirme cephe sektörü bağlamında kullanımını incelemeyi amaçlayan bu çalışma alüminyum kompozit ve cam giydirme cephe üreticilerini ve uygulayıcılarını kapsamaktadır. Araştırmada yer alan nanoteknolojiye ilişkin kavramlar, sözü edilen firmalarda genel müdür, müdür, müdür yardımcısı, AR-GE müdürü, pazarlama müdürü, cephe danışmanı, kalite müdürü ve mimar pozisyonunda çalışanları kapsamaktadır. Bu pozisyonlarda çalışanlar bu tez çalışmasının hedef yanıtlayıcıları olarak belirlenmiştir. Hedef yanıtlayıcılar belirlendikten sonra, firmalarla e-posta ve yüz yüze görüşmeler yolu ile temasa geçilmiştir. Anket formu, araştırmaya katılmayı kabul eden bazı firma yetkililerine e-posta yolu ile dağıtılmıştır. Yapı sektöründe faaliyet gösteren alüminyum kompozit ve cam giydirme cephe firmasında çalışan toplam 68 katılımcıya anket gönderilmiştir. Anketlerin geri dönüş oranı %85'dir (58 anket).

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

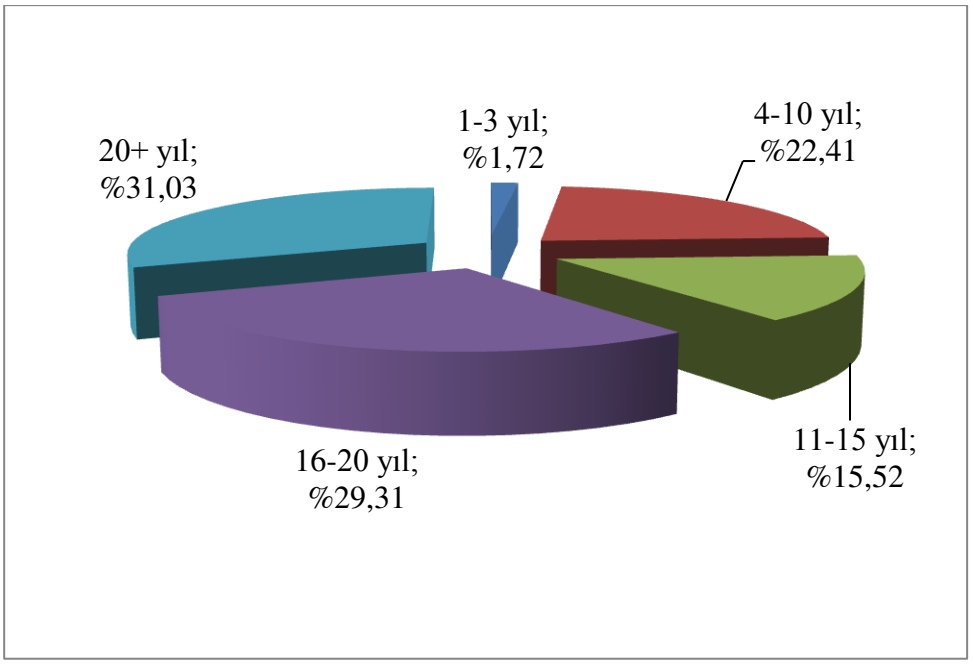
6.1. Katılımcılara ve Firmalara Yönelik Bulgular

Toplamda anketi 58 (geri dönüş oranı %85) katılımcı yanıtlamıştır. Anket katılımcılarının çalıştıkları firmada pozisyonlarını gösteren grafik Grafik 6.1.'de verilmiştir. Grafik 6.1.'de görüldüğü gibi katılımcıların % 29,31'i mimar, % 25,86'sı müdür ya da müdür yardımcısı, %22,41'i genel müdür, %13,79'u yönetim kurulu üyesi/ortak, %3,45'i cephe danışmanı, %1,72'si pazarlama müdürü ve %1,72'si kalite müdürüdür.



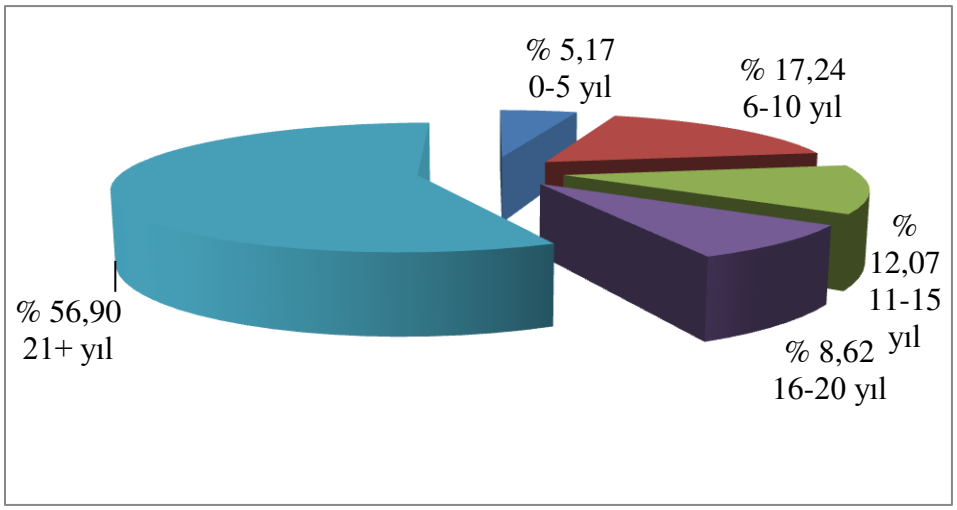
Grafik 6.1. Çalışanların firmadaki pozisyonları

Grafik 6.2.'de, anket katılımcılarının sektördeki deneyimlerini göstermektedir. Katılımcıların %1,72'si 1-3 yıldır, %22,41'i 4-10 yıldır, %15,52'si 11-15 yıldır, %29,31'i 16-20 yıldır ve %31,03'ü de 20 yılı aşkın süredir sektörde çalışmaktadır.



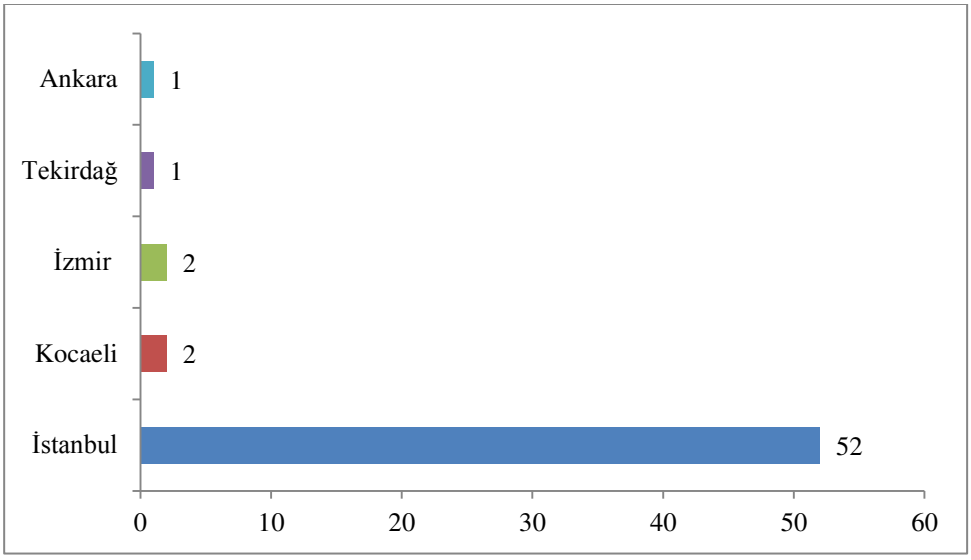
Grafik 6.2. Çalışanların sektördeki çalışma yıllarının dağılımı

Giydirme cephe firmalarının genel özelliklerini gösterir grafikler, Grafik 6.2.'de ve Grafik 6.3.'de verilmektedir. Grafik 6.3., ankete katılan firmaların kurumsal yaşlarının dağılımını göstermektedir. Grafik 6.3.'de görüldüğü gibi; firmaların %.5,17'si 0 ile 5 yıldır, % 17,24'ü 6 ile 10 yıldır, % 12,07'si 11 ile 15 yıldır, % 8,62'si 16 ile 20 yıldır ve % 56,90'ı da 21 yılı aşkın süredir sektörde faaliyet göstermektedir.



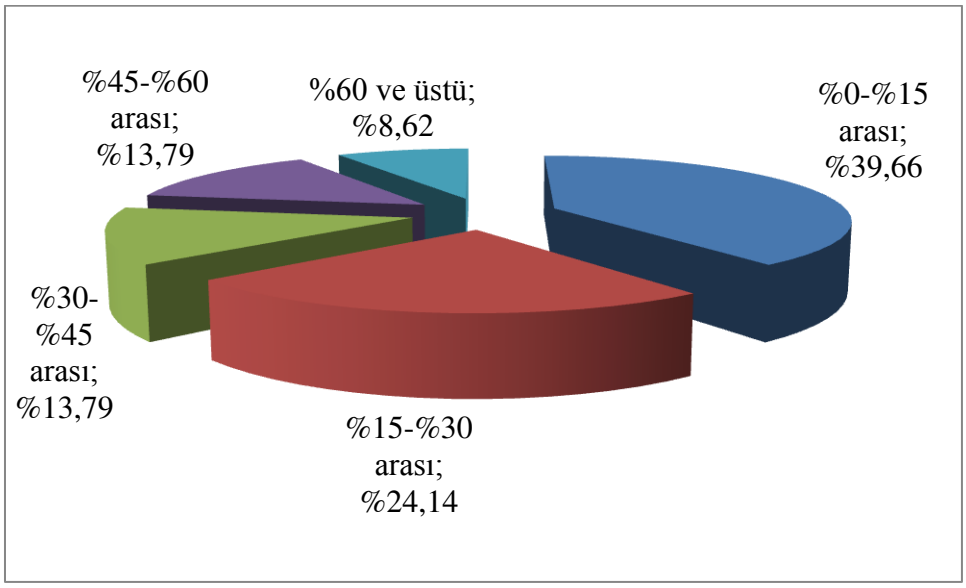
Grafik 6.3. Firmaların Kurumsal Yaşlarına Göre Dağılımı

Ankete katılan firmaların faaliyet gösterdiği illere göre dağılımı Grafik 6.4.'de verilmiştir. 58 firmanın 52'si İstanbul'da, 2'si Kocaeli, 2'si İzmir'de, 1'i Tekirdağ ve 1'i Ankara'da faaliyet göstermektedir.



Grafik 6.4. Firmaların faaliyet gösterdikleri illere göre dağılımı

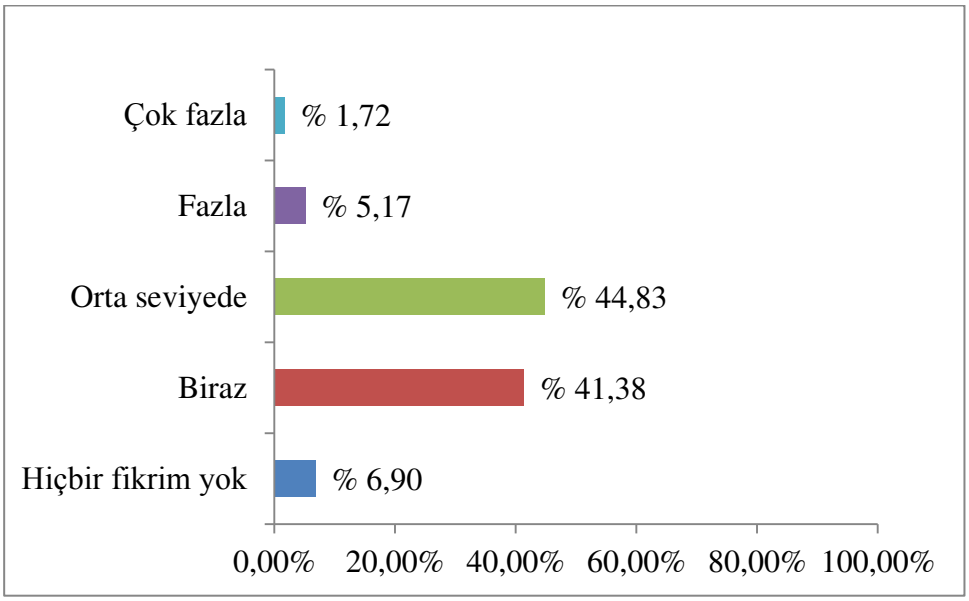
Grafik 6.5., firmaların ana faaliyet konusundaki pazar paylarını göstermektedir. Firmaların %8,60'ı %60'ın üstünde pazar payına sahiptir.



Grafik 6.5. Firmaların ana faaliyet konusundaki pazar payları

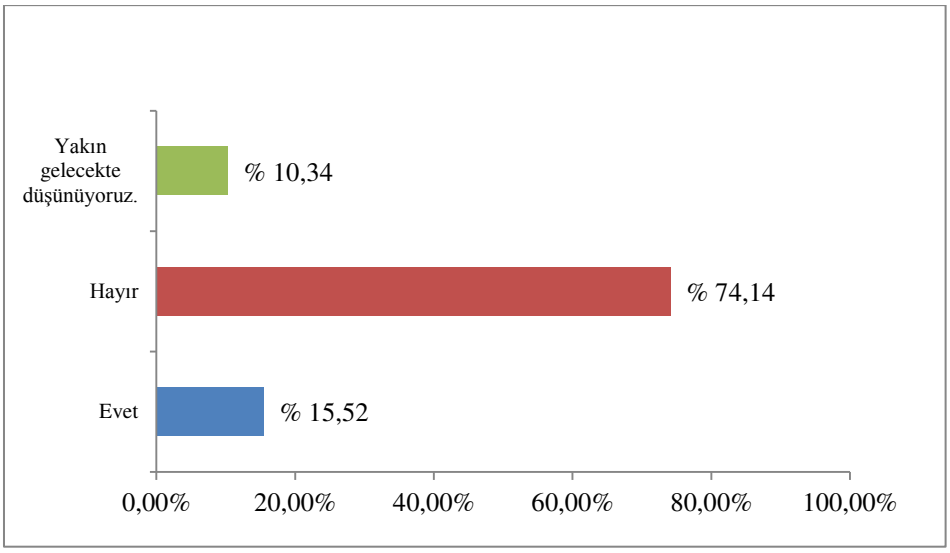
6.2. Ankete ilişkin diğer bulgular

Grafik 6.6. katılımcıların nanoteknolojik yapı malzemeleri konusundaki bilgi düzeylerini göstermektedir. Katılımcıların % 6,90'ının nanoteknoloji konusunda hiçbir fikri yoktur. % 5,17'si konu hakkında biraz, % 44,83'ü orta seviyede, % 5,17'si fazla ve % 1,72'si de çok fazla bilgi sahibi olduğunu düşünmektedir.



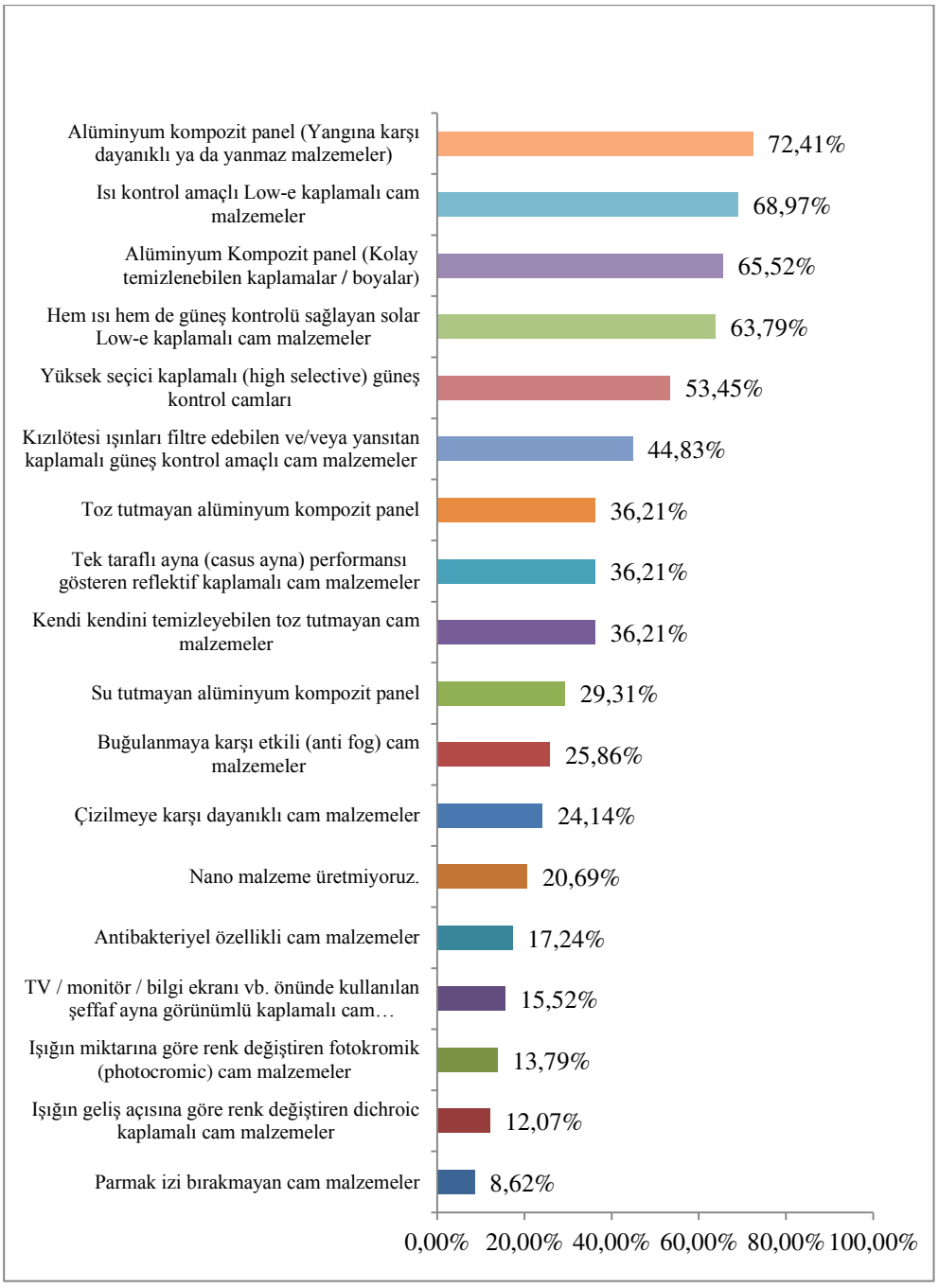
Grafik 6.6. Katılımcıların nanoteknoloji konusundaki bilgi düzeyleri

Grafik 6.7. firmaların bünyesinde nanoteknolojik ürün konusunda çalışan AR-GE müdürlüğü olup olmadığını göstermektedir. Firmaların sadece %15,52'sinde AR-GE müdürlüğü bulunmaktadır. % 10,34'ü ise yakın gelecekte firmalarında bir AR-GE müdürlüğü düşünüldüğünü belirtmiştir.



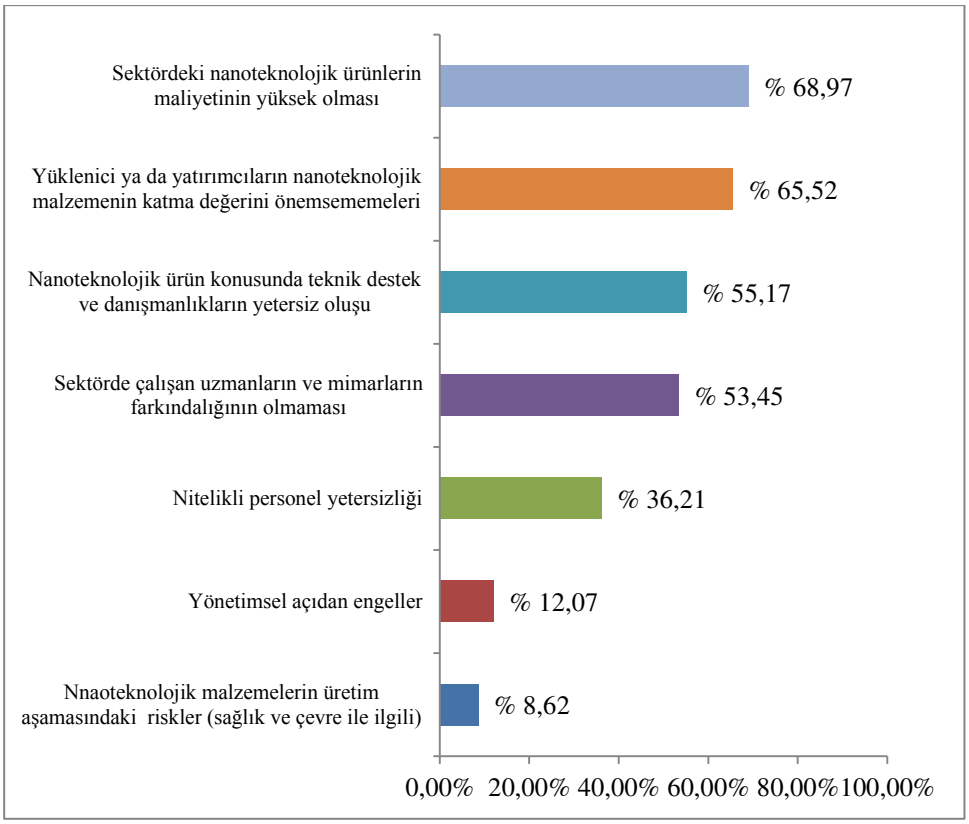
Grafik 6.7. Firmanızda nanoteknoloji konusunda bir AR-GE müdürlüğünüz var mı?

Grafik 6.8, firmaların hangi nanoteknolojik yapı malzemelerini kullanıp kullanmadıklarını, kullanıyorlarsa hangilerini kullandıklarını göstermektedir. Firmalardan % 20,69'unun nanoteknolojik yapı malzemesi kullanmadığı görülmüştür. En çok kullanılan ilk üç nanoteknolojik yapı malzemesi ise; % 72,41 ile yangına dayanıklı alüminyum kompozit paneller, % 68,97 ile ısı kontrol amaçlı Low-e kaplamalı cam malzemeler ve % 65,52 ile kolay temizlenebilen alüminyum kompozit panellerdir.



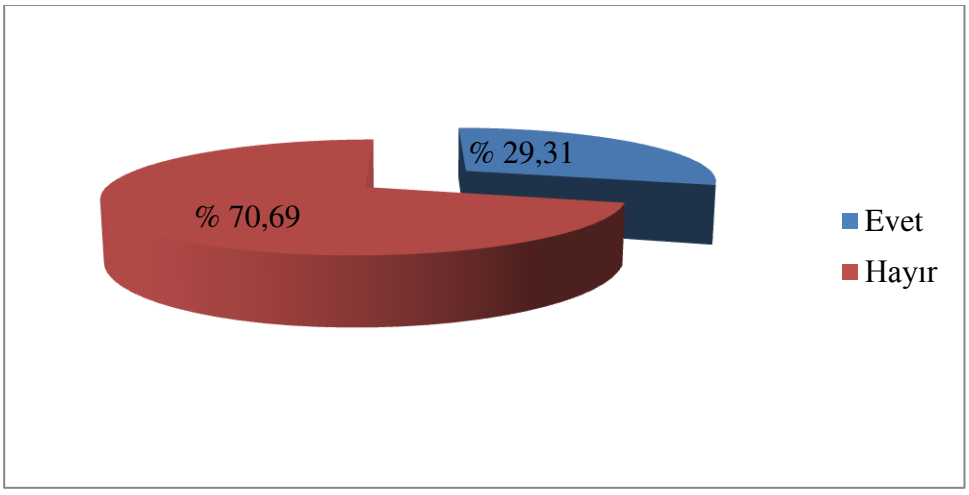
Grafik 6.8. Kullanılan nanoteknolojik yapı malzemeleri

Grafik 6.9., anket katılımcılarının nanoteknolojik malzemelerin kullanımına engel olarak gördükleri faktörleri göstermektedir. Nanoteknolojik malzemelerin kullanımını engelleyen en önemli üç faktör, sektördeki nanoteknolojik ürünlerin maliyetinin yüksek olması (%68,97), yüklenici ya da yatırımcıların nanoteknolojik malzemenin katma değerini önemsememeleri (65,52) ve nanoteknolojik ürün konusunda teknik destek ve danışmanlıkların yetersiz oluşudur (%55,17).



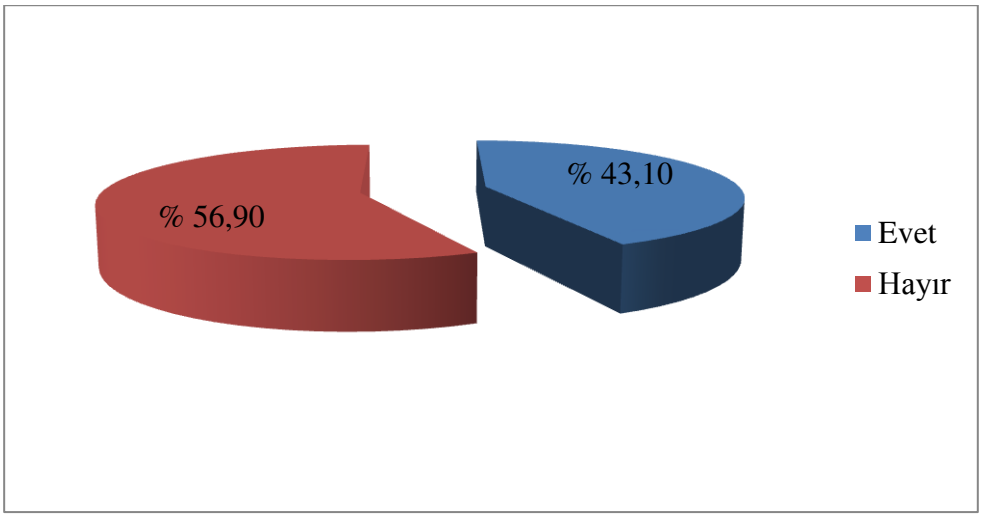
Grafik 6.9. Nanoteknolojik malzemelerin kullanımını engelleyen faktörler

Teknik alt yapısı olmayan firmaların iş koluyla ilgili üniversite ya da meslek odalarından destek alıp alamadığını gösteren Grafik 6.10. aşağıdadır. Katılımcıların %70,69'u alınamadığını, % 29,31'i ise alınabildiğini belirtmiştir.



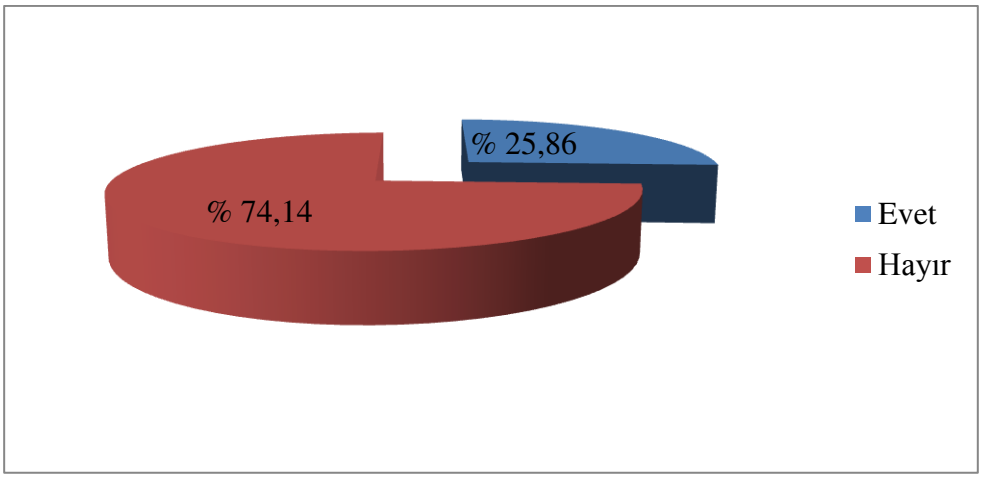
Grafik 6.10. Teknik alt yapısı uygun olmayan firmalar iş koluyla ilgili üniversite ya da meslek odalarından destek alabiliyor mu?

Anketin 11. sorusunda firmalara Nanoteknoloji alanında eğitim verebilecek kurum veya kuruluşlara ulaşmak mümkün mü? diye sorulmuştur. Bu soruya verilen cevaplar aşağıdaki Grafik 6.11.'de verilmiştir. Katılımcıların %56,90'ı hayır, %43,10'u evet cevabını vermiştir.



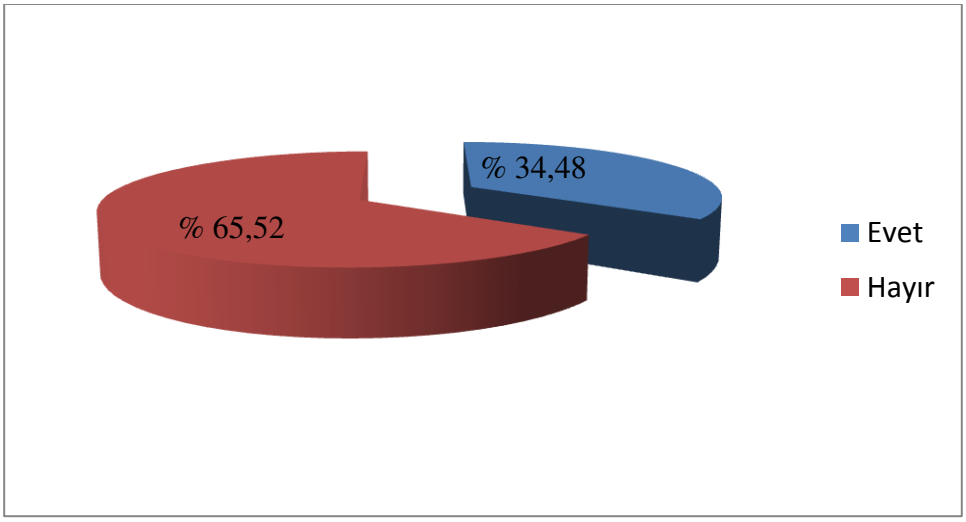
Grafik 6.11. Nanoteknoloji alanında eğitim verebilecek kurum veya kuruluşlara ulaşmak mümkün mü?

Grafik 6.12., Nanoteknoloji ile ilgili maliyet ve eğitim giderleri ile ilgili teşvik desteği hususunda katılımcıların görüşlerini göstermektedir. Katılımcıların %74,14'ü hayır, %25,86'sı evet demiştir.



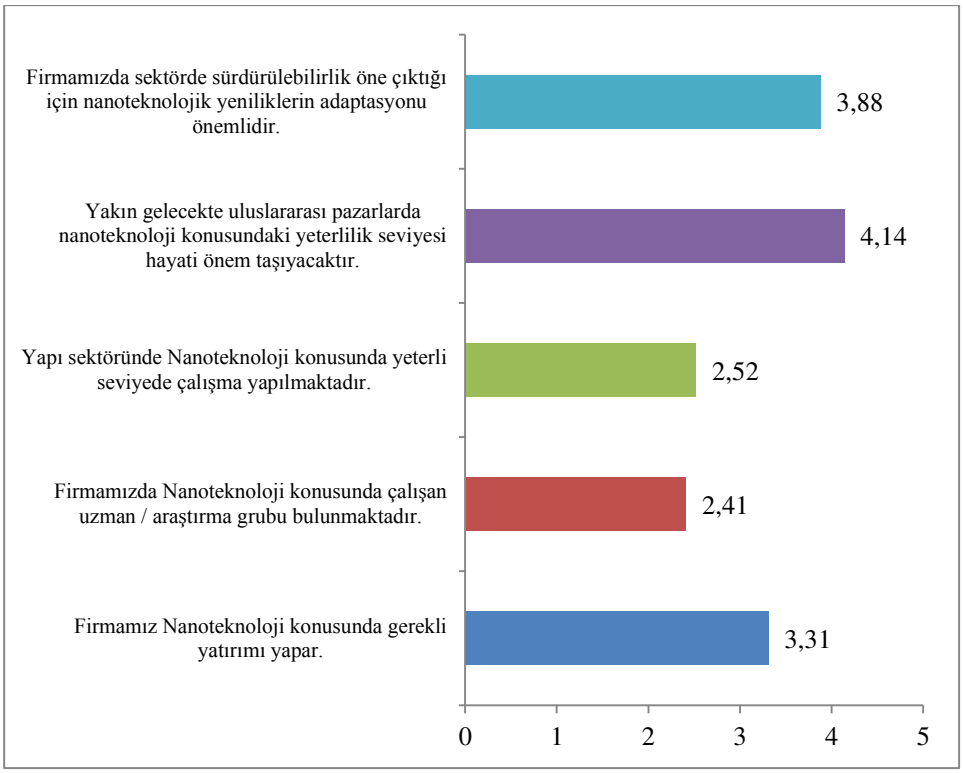
Grafik 6.12. Nanoteknoloji ile ilgili maliyet ve eğitim giderleri hususunda teşvik desteği alınabiliyor mu?

Nanoteknolojik ürünlerin sınıflandırma, kalite, standart ve performans değerleri konusunda yetkin firma ve kurumlar var mı? sorusuna verilen cevap Grafik 6.13'de verilmiştir. Katılımcıların %65,52'si hayır, %34,48'i evet demiştir.



Grafik 6.13. Nanoteknolojik ürünlerin sınıflandırma, kalite, standart ve performans değerleri konusunda yetkin firma ve kurumlar var mı?

Grafik 6.14.'de ankette sorulan bazı ifadelere katılımcıların 5'li likert ölçeği üzerinden verdiği cevaplar yer almaktadır. Sürdürülebilirlik konusu gündem de olduğu için firma katılımcıları nanoteknolojik yeniliklerin adaptasyonunun önemli olduğunu düşünmektedir (ortalama=3,88). Ayrıca uluslararası pazarlarda nanoteknolojik yeniliklerin hayati önem taşıyacağını düşünmektedirler (ortalama=4,14). Genellikle firmaların nanoteknoloji konusunda gerekli yatırımı yaptıkları söylenebilir (ortalama=3,31). Sektörde nanoteknoloji ile ilgili yapılan çalışmaların yetersiz olduğu (ortalama=2,52) ve firmalarda bu konuda çalışan uzman / araştırma grubunun pek olmadığı görülmektedir (ortalama=2,41).



Grafik 6.14. Aşağıdaki ifadelere ne derecede katıldığınızı 1 (hiç katılmıyorum) ile 5 (tamamen katılıyorum) arasında değişen bir ölçek üzerinden işaretleyiniz.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaşadığımız yüzyılın bilimsel açıdan kabul görmüş teknolojisi nanoteknoloji ile geliştirilmiş birçok yeni özelliklere sahip yapı malzemelerinin (nano malzemeler, nano kompozitler vb.) üretilebileceği ve daha farklı ürünlerin geliştirilebileceği (mevcutta uygulanmış yüzeyler için) öngörülmektedir.

21. yüzyılda dünyamız atmosferine salınan zehirli gazların sebebiyle oluşan hava kirliliği, yapıların cepheleri üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Sonuçta cephe yüzeylerinin (kompozit panel kaplama, cam vb.) tozlanması, kirlenmesi ve bozulmasına yol açmaktadır. Bu nedenle giydirme cephelerde tercih edilen ürünlerin bakım süreci, ürünlerin kullanılabilir ömürleri açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bunların yanı sıra cephelerde kullanılacak olan ürünlerin seçimi yapılırken nanoteknoloji ile üretilen ve kendi kendini temizleyen, parmak izi bırakmayan ve çizilmeye dayanıklı vb. ürünlerin tercih edilmesi ile bakım ve onarım ihtiyaçlarının düşürülebileceğini ifade etmek mümkündür.

Nanoteknoloji artık birçok sektörde aktif olarak kullanılmaya başlanmış ve yaşadığımız dönemde çeşitli üretim alanlarının açılmasına neden olmuştur. Yapı sektörü de bu teknolojiden yola çıkarak giydirme cephe sektörü ile ilgili yeni ürünleri her yıl üzerine ilaveler yaparak ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın konusu olan kendi kendini temizleyen, parmak izi bırakmayan ve çizilmeye dayanıklı vb. giydirme cephe ürünleri dünya genelinde yaygın olarak kullanılmakta, fakat ülkemizde henüz o kadar yaygın kullanılmamakta ve maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle fazla tercih edilmemektedir. Ülkemizde nanoteknolojik ürünlerle ilgili standartlar bulunmamakta olup bu ürünlerin ilerleyen süreçlerde de insan sağlığına ve çevreye olan etkilerinin belirsizliği söz konusudur. Yapılan çalışmalar ve nanoteknolojik ürünlerin hizmet ömürlerini tamamlaması ile kendi kendini temizleyen, parmak izi bırakmayan ve çizilmeye dayanıklı vb. ürünlerin olumlu-olumsuz sonuçlarının daha net ve doğru bir biçimde ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

İlgili uzman kişiler, üretici ve satıcı firmalar ile son tüketicilerle yapılan görüşmeler ve yapılan anketler göz önüne alındığında; giydirme cephe sektöründe

kullanılan nanoteknolojik yapı ürünlerinin, diğer kullanılan cephe ürünleriyle kıyaslandığında birçok olumlu özelliğe sahip olduğunu ifade etmek mümkündür. Ayrıca maliyet farkının göz ardı edilemeyeceğini de söylemek gerekir.

Nanoteknolojik malzemeler, gelişmiş ülkelerde son 15 yıldır kullanılıyor olmalarına karşın, ülkemizde kullanımları nispeten sınırlıdır. Çeşitli devlet teşvikleri ile nanoteknolojiye verdiği AR-GE destekleri mevcut olmakla birlikte bunlar özel olarak cepheler için değil, ancak giydirme cephelerde kullanılan nanoteknoloji uygulamalarının da doğal olarak içerisinde olduğu çevreye ve verimliliğe katkısı nedeni ile AR-GE projeleri "EYLEM 3.1: Nanoteknoloji alanında yenilikçi iş fikirleri ve projeleri olan girişimciler öncelikli olarak desteklenecektir (Sanayi., 2017)." ifadesi bu yeni teknolojiye verdiği önemi göstermektedir.

Nanoteknolojik malzemelerle dış kabuk tasarımı (giydirme cephe) ve yeni ürünlerin kullanım olanaklarını ortaya koymayı amaçlayan ve bu amaç doğrultusunda yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, iki ana başlık altında toplanmıştır:

1. Nanoteknolojik malzemelerin giydirme cephede kullanımı ile ilgili sonuçlar

2. Genel sonuçlar

7.1. Nanoteknolojik Malzemelerin Giydirme Cephede Kullanımı ile İlgili Sonuçlar

Nanoteknolojik malzemeler, 21. yüzyıl itibariyle yapıların giydirme cephelerinde kullanılmaya başlanmıştır. Geleneksel yapı malzemelerine oranla çok daha gelişmiş özelliklere sahip nanoteknolojik malzemelerin yapılarda kullanım olanaklarını araştırmak için bir anket çalışması yapılmış, elde edilen veriler doğrultusunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Giydirme cepheler için yapılan bu çalışmada elde edilen bu sonuçlar, yapılarda nanoteknolojik malzeme kullanımı ile ilgili genel durumu da yansıtmaktadır:

-Anket katılımcılarının büyük çoğunluğunun (%60,34'ü) 15 ve üzeri yıldır giydirme cephe sektöründe çalışmaktadır.

-Anket katılımcılarının büyük çoğunluğunun (%65,52'si) 15 ve üzeri yıldır giydirme cephe sektöründe faaliyet gösteren firmalardır.

-Yapıların dış kabuk tasarımında (giydirme cephe), nanoteknolojik malzeme kullanımı 21. yüzyılın başından itibaren artarak devam etmektedir.

-Katılımcıların %92,91'inin, nanoteknolojik malzemenin dış kabuk tasarımı ve uygulamasındaki bilgi düzeylerinin ortanın altındadır.

-Nanoteknolojik malzemeler geliştirmekle ilgili olarak yerli firmaların sadece %15,52'sinde AR-GE müdürlüğü bulunmaktadır ve nanoteknolojinin önemi düşüldüğünde yetersiz bir orandır.

-Nanoteknolojik malzemeler yapıların pekçok farklı yerlerinde kullanılmaktadır ve en çok da dış kabuk tasarımında (giydirme cepheler) tercih edilmektedir.

-Yapıların cephelerinde kullanılan alüminyum kompozit paneller de çoğunlukla yangına dayanıklı ve kolay temizlenebilen özelliğine sahip yüzeyler oluşturmak amacıyla nanoteknolojik malzemelerin kullanılmaktadır.

-Nanoteknolojik malzemeler özellikle giydirme cephe camlarında ısı ve ışığın etkilerini değiştirmek amacıyla kullanılmaktadır.

-Nanoteknolojik malzemeler kullanım alanlarına göre farklı uygulama özelliklerine sahiptir. Genellikle yenilikçi ve sürdürülebilir tasarım (yeşil bina) ilkeleri ile oluşturulan bazı özel yapılarda kullanılmaktadırlar.

-Sahip oldukları gelişmiş özellikleri ile nanoteknolojik malzemeler, geleneksel malzemeler ile çözülemeyen/gerçekleştirilemeyen uygulamaları mümkün hale getirmektedir.

-Nanoteknolojik malzemeler konusunda bilgi düzeyi yüksek olan kurumların henüz eğitim verebilecek konumda değildir.

-Nanoteknolojik malzemelerin diğer geleneksel yapı ürünlerine göre fiyatları daha pahalıdır.

-Nanoteknolojik malzemelerin diğer geleneksel yapı ürünlerine göre bu ve benzeri durumlar nedeniyle pazar payı yaklaşık %5 civarındadır.

-21. yüzyıl ve sonrasında nanoteknolojik malzemelerin hayatımızda daha fazla alanlarda kullanılmakta olacağını bugünden görmüş, gerekli olan iyileştirme çalışmalarının tüm paydaşlarla ortak olarak yapılmasını kamu, üniversite, sanayi işbirliğinin etkin olarak bu alanda faaliyet göstermesi yerinde olacaktır.

7.2. Genel Sonuçlar

Yapılan bu çalışmanın literatür araştırması bölümünden elde edilen genel sonuçlar ise,

- Nanoteknoloji diğer bilim ve teknolojilerden ayıran en belirgin özellik atom/molekül seviyesindeki hassasiyettir.
- Nanoteknoloji multi disipliner bir bilim dalıdır.
- Nanoteknoloji 21. yüzyıla damgasını vuracağı ve yakın zamanda bir veya birkaç ülkenin nanoteknolojideki seviyesinin o ülkenin gücünün bir göstergesi olabileceği vurgulanmakta ve geleceğin dünyasının tümüyle "nanoteknoloji" etrafında şekilleneceği tartışılmaktadır.
- Nanoteknolojinin öncelikle biyoteknoloji ve nanomalzeme alanlarında gelişeceği düşünülmektedir.
- Malzeme alanındaki bu gelişmeler mimariyi özellikle de dış kabuk tasarımını (giydirme cephe) yakından etkileyecektir.
- Günümüzde uygulanan ve önümüzdeki dönemde de uygulanacak olan nanoteknolojik malzemelerin mimaride kullanılmasıyla strüktürel anlamda hafif, dayanımlı, geniş açıklıklar geçebilen yeni sistemler ile form açısından zengin yapılar tasarlanabilecektir.
- Nano ölçekte yapılan kaplamalar ile malzeme yüzeyine farklı işlevler kazandırılabilecektir. Isının ve ışığın etkisiyle oluşabilecek olumuz etkileri kaynakların verimli kullanılmasıyla en alt düzeye indirecektir.
- Nanoteknolojik malzeme kullanımı, fotovoltaik pillerin verimini artırarak pillere esnek bir yapı kazandıracak ve kullanım alanlarını genişletecek, ömürlerini uzatacaktır.

- Nanoteknolojik malzeme kullanımı ile geleneksel malzemelerden kaynaklı çözülemeyen (örneğin, depreme dayanıklı yapı) birçok sorun çözülebilecektir.
- Nanoteknoloji alanında yapılan araştırmaların halen devam ediyor olması, maliyetlerin çok yüksek oluşu, nanometrik ebatlarda üretim yapmanın ve bu ölçeği gözlemlemenin kolay olmaması, özel üretim, denetim ve bakım-onarım yöntemlerini gerektirmesi, bakım-onarım ve denetim işlemleri için yeterli teknik elemanın olmaması, yetiştirilmesinin ise uzun yıllar alması ve bazı ürünlerde sağlığa zararlı etkenlerin tespit edilmesi, nanoteknolojik malzemeler ile ilgili standartların henüz tam olarak oluşturulamaması gibi riskler, nanoteknolojinin sorgulanmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz gibi görünen etkilerin çözüme kavuşturulması ile gelecek yılların nanoteknoloji tarafından şekillendirileceği düşünülmektedir. Multidisiplinlerin (tıp, eczacılık, kimya, biyoloji, fizik gibi) yanında mimaride de nanoteknolojik malzemeler önemli gelişim ve değişimlere yol açarak geleceğin şekillenmesine yön verecektir.

Ancak nanoteknoloji ürünü nano kaplamalar ile ilgili standartların tam oturmamış olması ve malzemenin atık süreçlerine yönelik somut verilerin elde olmaması sebebiyle nano kaplamaların bünyesinde bulunan ve malzemeye işlevsel nitelik kazandıran nano parçacıklar ile ilgili çalışmalar sürmektedir. Ayrıca bu konuda birçok bilimsel araştırma da yapılmakta; insan ve çevre sağlığı üzerindeki riskleri de tartışılmaktadır.

Yapı sektörü; geleceğin mimarisinin şekillenmesinde etkin rol oynayacak olan nanoteknolojinin uygulanabileceği stratejik sektörlerden biri olarak düşünülmelidir. Kamu-üniversite-sanayi işbirliğinin yaygınlaştırılmasının sağlanması teknoloji transferi olanaklarını arttıracaktır. Sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğinin bir zorunluluk haline geldiği günümüzde nanoteknolojik malzemeler firmaların rekabet gücünü arttırabilir. Ülkemizde nanoteknoloji kullanarak ürün ve üretim yapan firmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Üniversitelerde nanoteknoloji araştırma merkezleri kurulmaktadır. AB üyesi ülkelerin çoğunda ulusal nanoteknoloji politikaları belirlenmiştir. Ülkemizde bu alanda önemli adımlar atılmış olmakla birlikte yapı sektörüne yönelik teşvikler ile desteklenmesi gerekmektedir. Kurulan araştırma merkezlerinin sürdürülebilirliğinin sağlanması bu bağlamda önemlidir.

Gelecekte daha fazla kullanılacağı tahmin edilen nanoteknolojik malzemelerin, nano kaplamaların, uygulama alanlarının genişletilmesiyle birlikte, ürünler belli standartları kazanmış olacak ve özel işlevleri olan nano kaplamalar, birçok yapı üzerinde görülebilecektir.

8. KAYNAKLAR

Açık, Z. ve Güven, S., (2012), Nanoteknoloji, Çevre ve Aile, (Ed.), Müberra Babaoğul, Arzu Şener, Esna Betül Buğday, *Tüketici Yazıları III,* TÜPADEM. (ss. 142-171).

Akbaş, T. ve Özarslan, C., (2007), *Nanoteknoloji ve Tarımda Uygulama Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi,* 5-6 Eylül 2007, (ss. 309-316). Kahramanmaraş

Allen, J., (2016), *"The Role of Adaptive Façade",* 29 September 2016, https://www.glassonweb.com/article/role-adaptive-facades. Erişim Tarihi: 12.01.2019.

An-Bo, (2015), "*Nanoteknolojik Kendi Kendini Temizleyen Fotokatalist TiO2 Cam Kaplama"*, AN-BO Nano Teknolojik Ürünler Ve Ekolojik Çözümler.

Andersen, M. M., Sandén, B. A., & Palmberg, C., (2010), *Green Nanotechnology in Nordic Construction-Eco-innovation strategies and Dynamics in nordic Window Chains.* Nordic Innovation Centre, Scientific Report.

Ateş, H., Bahçeci, W., (2015), *"Nano Malzemeler İçin Üretim Yöntemleri",* Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part:C, Tasarım Ve Teknoloji GU J Sci Part:C 3(2):483-499 (2015)

Ayçam, İ. ve Özeler Kenan, N., (2010), *Nano-Mimarlık nano malzemeler ve son gelişmeler.* A. B. Gültekin, (Ed.), International Sustainable Buildings Symposium Proceedings (1. Baskı) içinde (141). Ankara Gazi Üniversitesi.

Bakar, E., (2013), *"Bazı Florlu Polimerlerin Sentezi ve Yüzey Kaplama Özelliklerinin İncelenmesi",* Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi

Bertolini, C., Crivellaro, A., Marciniak, M., Marzi, T., Socha, M., (2010), Nanostructured Materials For Durability And Restoration Of Wooden Surfaces In Architecture And Civil Engineering, WCTE.

Bozoğlu, J. ve Arditi, D., (2012), *"Yapılarda ve Yapım Yönetiminde Nanoteknoloji Uygulamaları",* 2. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 13 – 16 Eylül, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Urla-İzmir.

Candemir, B., Beyhan, B. ve Karaata, S., (2012), *"İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik: Yeşil Binalar ve Nanoteknoloji Stratejileri",* İMSAD Yayın No:İMSAD-R/2012-11/374 ve TÜSİAD Yayın No: TÜSİAD-T/2012-10/533

Cengiz, G., (2017), "*Nanoteknolojik Malzemelerin Binalarda Sürdürülebilirliğe Katkısının İncelenmesi".* TESKON 2017 Bilimsel / Teknolojik Araştırma Bildirileri (397-404), 13. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – 19-22 Nisan 2017/İzmir.

Chau C, Wu S.H, Yen G.C., (2007), *"The development of regulations for food nanotechnology".* Trends in Food Science & Technology, 18:269-280.

Chen, H., Weiss, J. and Shahidi, F., (2006), "*Nanotechnology in nutraceuticalsandfunctionalfoods."* FoodTechnology, 60 (3), 30-36.

Demirdoven, J. and Karacar, P., (2013), "*Yeşil binalarda nano teknoloji uygulamaları ve mimari tasarım üzerindeki etkileri."* 8th International Symposium on Architect Sinan, April, Edirne, Turkey.

Dikmen, Ç., B., (2011), *"Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi",* Politeknik Dergisi, ISSN 1302-0900, Ankara, Türkiye, 2: 121-134.

El-Samny, M.F., (2008), *"Nanoarchitecture, Nanotechnology and Architecture",* Yüksek Lisans Tezi, University of Alexandria Faculty of Engineering Department of Architecture.

Elvin, G., (2007), *"The Nano revolution",* 7 Mayıs 2007, http://www.architectmagazine.com/curtain-walls/the-nano-revolution.aspx. Erişim tarihi: 12.01.2019.

Euvananont C., Junin C., Inpor K., Limthongkul P., Thanachayanont C., (2008), *"TiO2 optical coating layers for self-cleaning applications",* Ceramics International, 34(4), 1067-1071.

Firoozi, A. A., Taha, M. R., & Firoozi, A. A., (2014), *"Nanotechnology in Civil Engineering"*, EJGE, 19, 4673-4682.

Fletcher, A., (2006), *"Nanotech food conference targets future opportunities."* National Center for Nano Science and Technology of China. http://www.foodnavigator.com/news/ ng.asp?id¼67113 eng/index.php. NCNST.

Fürstner, R., Barthlott, W., Neinhuis, C., Walzel, P., (2005), *"Wetting and self cleaning properties of artificial superhydrophobic surfaces, Langmuir.",* 21, 956-961.

Forbes, P., (2008), *"Self-cleaning materials: lotus leaf-inspired nanotechnology",* Scientific American Magazine. 4.

Ge, Z. and Gao, Z., (2008), *"Applications of Nanotechnology and Nanomaterials in Construction",* First International Conference on Construction InDevelopingCountries (ICCIDC–I) "AdvancingandIntegrating Construction Education, Research&Practice" August 4-5, Karachi, Pakistan.

Geiker, M.R., and Andersen, M. M., (2009), *"Nanotechnologies for Climate Friendly Construction – Key Issues and Challenges",* Nanotechnology in Construction 3 pp 199-207.

Guan K., (2005), *"Relationship between photocatalytic activity, hydrophilicity and self-cleaning effect of TiO2/SiO2 films",* Surface and Coatings Technology, 191 (2-3), 155-160.

Günaydın, G., (2011), *"Sürdürülebilirlik Kapsamında Çevresel Ürün Bildirgelerinin Yapı Sektöründe Uygulanması: Türkiye İçin Öneri",* Yüksek Lisans

Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Gür, M., (2010), *"Nanomimarlık Bağlamında Nanomalzemeler",* Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 15, Sayı 2, 81-90.

Harman, S., (2011), *"Nanoteknolojinin mimariye etkileri",* Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Hashimoto, K., Irie, H., Fujishima, A., (2005), *"TiO2 Photocatalysis: A Historical Overview and Future Prospects",* Japanese Journal of Applied Physics, 44 (12), 8269–8285.

He-sheng, C., Zhen-ya, S., Li-hui, X., (2004), *"Properties of nano SiO2 modified PVF adhesive",* Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Edition, 19 (4), 73-75.

Hulla, J. E., S. C. Sahu and A. W. Hayes, (2015), *"Nanotechnology: Historyandfuture."* Human & experimentaltoxicology, 34.12: 1318-1321.

HSE, (t.y.), *"Understanding the hazards of nanomaterials",* Health and Safety Executive, http://www.hse.gov.uk/nanotechnology/understanding-hazards-nanomaterials.htm Erişim tarihi: 12.01.2019.

HSE, (2013), Using nanomaterials at work, Health and Safety Executive, (HSG272) http://www.hse.gov.uk/pubns/books/hsg272.pdf Erişim tarihi: 12.01.2019.

Körözlü, Nurettin, (2016), *"Bilim ve Teknolojinin Geleceği Nanoteknoloji",* Ayrıntı Dergisi, C. 4, Sy. 39, ss. 27-30.

Lazim, N. A., Asim, N., Rani M.A.A., Ahmadzadeh, A., Yarmo, M.A., Radiman, S., (2008), *"Investigation of Nanoscale Tungsten (VI) Oxide as a Catalyst for the Ozonolysis of Oleic Acid",* European Journal of Scientific Research, 24 (4), 463-467.

Lee, J., Mahendra, S., Alvarez, P.P.J., (2010), *"Nanomaterials in theconstructionindustry: a review of their applications and environmental health and safety considerations",* ACS NANO, 27;4(7):3580-90.

Mehdinezhad, M., Nikbakht, H., Nowruzi, S., (2013), *"Application of Nanotechnology İn Construction Kent Akademisi",* Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi, Cilt: 11 Sayı: 2.

Miralaei, M., (2015), *"The Influence of Nanotechnology over Redesigning and Improving the Elements of Architecture",* Afghanistan Quarterly, 11(2), 131-143.

Morgil, İ., N. Doğansoy ve U. Çarlı, (2008), *"Nanoteknoloji ve Küresel Isınmaya Etkileri",* Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.

Mitsubishi Chemical Euro Asia, (2018), Alpolic Broşür, Mitsubishi Chemical Euro Asia. Türkiye.

Niroumand, H., Zain, M.F.M. Jamil, M., (2013), *"The Role of Nanotechnology in Architecture and Built Environment",* Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 89, 243-247.

Nikalje, A. P., (2015), *"Nanotechnology and its applications in medicine."* Medchem 5.2 081-089.

Okoli, J. U., T. A. Briggs, and I. E. Major, (2013), *"Application of Nanotechnology in theManufacturingSector: A Review."* NigerianJournal of Technology 32.3: 379-385.

Olar, R., (2011), *"NanomaterialsandNanotechnologyforCivilEngineering", BuletinulInstitutuluiPolitehnic Din Iaşi,* t. Lvii (Lxi), f. 4, 110-117.

Orhon, A. V., (2014), *"Kendini Temizleyen Cephe Sistemleri",* 7. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Oylar, Ömer ve Tekin, İsmail, (2011), *"Kanserin Teşhis ve Tedavisinde Nanoteknolojinin Önemi",* Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, C. 16, Sy. 1, ss. 147-154.

Özkaleli, Merve ve Erdem, Ayça, (2016), *"Nanoatıklar ve Çevre: Atık Yönetiminde Yeni Bir Yaklaşım",* Pamukkale Üniversitesi Muh Bilim Dergisi, C. 22, Sy. 3, ss. 183-188.

Perker, Z.S., (2010), *"Nanoteknoloji Ve Yapı Malzemesi Alanına Etkileri",* e-Journal of New World Sciences Academy, Volume: 5, Number: 4, Article Number: 1A0114, ISSN:1306-3111, ss.639-648, Bursa

Pritchard, D. K., (2004), Literature review – explosion hazards associated with nanopowders HSL/2004/12, Health and Safety Laboratory. http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2004/hsl04-12.pdf Erişim tarihi: 12.01.2019.

Reynobond Architecture, (t.y.). Renovation project report, Headquarters Endesa, Barcelona, Spain.

Saint Gobain Glass, (t.y.). Low E Glass - Solar Control Glass- SGG Nano, Broşür. Saint Gobain Blass India Private Limited.

Savić, J., Đurić-Mijović, D., & Bogdanović, V., (2013), *"Architectural glass: Types, performance and legislation".* Facta universitatis-series: Architecture and Civil Engineering, 11(1), 35-45.

Sayılan, A. A. ve Mercan, Y., (2016), *"Hemşirelik Öğrencilerinin Nanoteknoloji Bilgi Düzeyleri ve Bilgi Düzeyini Etkileyen Faktörler",* Journal of Human Sciences, C: 13, Sy. 3, ss. 5706-5720.

Scott, R.S. and Chen, H., (2002), *"Nano scale science and engineering for agriculture and food systems",* Overview of USDA/CSREES Nanotechnology Programs. The US Department of Agriculture. http://www.csrees.usda.gov/nea/technology/pdfs/Overview of USDA.pdf

Süfer, Ö. ve Karakaya, S., (2011), *"Gıda Endüstrisi ve Nanoteknoloji: Durum Tespiti ve Gelecek",* Akademik Gıda, C. 9, Sy. 6, ss. 81-88.

Sürengil, G. ve Kılınç, B., (2011), *"Gıda - Ambalaj Sektöründe Nanoteknolojik Uygulamalar ve Su Ürünleri Açısından Önemi",* Journal of FisheriesSciences.com, C. 5, Sy. 4, ss. 317-325.

Taniguchi, N., (1974), Proc. Int. CongressProd. Eng. Part 2, 18 (JSPE, Tokyo).

T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, (2017), *"Türkiye Nanoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı 2017-2018",* Ankara, Türkiye

Tepe, A., (2007), *"Nanoteknolojide Nano Ölçekteki Yapıların Yerel Olmayan Elastisite Çerçevesinde İncelenmesi",* İTÜ

Tinkle, S.S., Antonini, J.M., Rich, B.A., Roberts, J.R., Salmen, R., De Pree, K., & Adkins, E. J., (2003), *"Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease. Environ".* Health Perspect. 111 (9), 1202–1208.

Wang C.Y., Tang H.J., Pang S.H., (2008), *"Enhancing sunlight photocatalytic efficiency of self-cleaning glass by coating ZnFe2O4-TiO2 film",* Rare Metal Materials and Engineering, 37, 548-551.

Wimmer, A. (t.y.). Mont Verde Tower, https://www.mimoa.eu/projects/Austria/Vienna/Monte%20Verde%20Tower/, Erişim tarihi: 12.01.2019.

Yılmaz, D., İ., (2014), *"Yüklenici Firmalar İçin Sürdürülebilir Yapım Kılavuzu Oluşturulması ve LEED Uygulamalarında Karşılaşılan Zorlukların İncelenmesi",* Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

Yılmaz, S. ve Vural, N., (2015), *"Sürdürülebilir Yapıların Tasarlanmasında Nanoteknolojinin Rolü",* 2nd International Sustainable Buildings Symposium (294-302), 28-30 May 2015, Ankara, Türkiye.

Yula, E. ve Deveci, Ö., (2010), *"Nanotıp, Mikrodizilimler ve Klinik Mikrobiyolojide Kullanımları",* Dicle Tıp Dergisi, C. 37, Sy. 4, ss. 422-428.

Zhu, W., Bartos, P. J., & Porro, A., (2004), *"Application of nanotechnology in construction".* Materials and Structures, 37(9), 649-658.

8.1. İnternet Kaynakları:

URL-1 https://www.nanowerk.com/nanotechnology/reports/reportpdf/report72.pdf Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-2, http://www.sabittuncel.com/nano-teknolojinin-sundugu-imkanlar/ Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-3, http://nanoturkiye.blogspot.com/2008/02/nano-101-nanoteknolojinin-tarihi.html Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-4, https://ahmetakgonul.weebly.com/kullan305m-alanlar305.html Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-5, https://tolgakaranfil.webnode.com.tr/products/nanoteknolojinin-uzay-ve-havacilikta-kullanimi/ Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-6, http://enerjisensin.blogspot.com/2012/01/nanoteknoloji.html Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-7, http://nqcg.com/sectors/nanotechnology/defense-and-security/ Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-8, https://www.files.ethz.ch/isn/188529/ISN_155959_en.pdf

URL-9, http://egemimarlik.org/89-90/3.pdf

URL-10, file:///C:/Users/user/Downloads/nanoteknoloji_034-039.pdf Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-11, http://www.kuark.org/2014/03/turkiyede-nanoteknoloji/ Erişim Tarihi: 14.12.2018.

URL-12, http://www.richardmeier.com/?projects=ara-pacis-museum-2 Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-13, https://www.msv-duisburg.de/eventlocation/ Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-14, http://www.richardmeier.com/?projects=jubilee-church-2 Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-15,https://www.kaldewei.us/service/everything-for-professionals/kaldewei-iconic-world/ Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-16, https://www.saint-gobain-facade-glass.com/references/product/820 Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-17, https://www.glassonweb.com/article/role-adaptive-facades Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-18, https://www.commercialwindows.org/thermochromic.php Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-19, http://www.spannverbund.de/index.php/en/post-tower-bonn.html Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-20, http://www.an-bonano.com.tr/camyuzeykoruma.html Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-21, http://diariodeltriatlon.es/not/9574/las-trampas-del-circuito-de-abu-dhabi Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-22, https://www.architectmagazine.com/design/buildings/bertram-and-judith-kohl-building_o Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-23, https://www.mimoa.eu/projects/Austria/Vienna/Monte%20Verde%20Tower Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-24, https://bi-ozet.com/2015/11/16/proje-ronesansbiz-kucukyali-ofis-park Erişim Tarihi: 10.02.2019.

URL-25, http://trends.archiexpo.com/arconic-architectural-products-merxheim-frankreic/project-67104-227013.html Erişim Tarihi: 15.01.2019.

URL-26, http://www.arkitera.com/proje/7282/expo-2016-antalya-expo-kulesi2 Erişim Tarihi: 10.02.2019.

EKLER

9. EKLER

EK-A. Giydirme Cephe Sektöründe Nanoteknoloji Anket Formu

NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI

GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜNDE NANOTEKNOLOJİ

Bu anket; "NANOTEKNOLOJİK ÜRÜNLERİN GİYDİRME CEPHE SEKTÖRÜ BAĞLAMINDA ARAŞTIRILMASI" başlıklı yüksek lisans tez çalışması için hazırlanmıştır. Anketin sonuçları, bu akademik çalışma kapsamında kullanılacaktır. Bizimle değerli görüşlerinizi paylaştığınız için teşekkür ederiz.
Mimar Osman Zeki ŞAHİN
Dr. Öğr. Üyesi Yeliz TÜLÜBAŞ GÖKUÇ

Nanoteknolojik malzemeler; nanoteknoloji ile laboratuvar ortamında şekillendirilerek üretilen veya boyutu nano ölçeğe indirilmiş malzemeler olarak tanımlanabilir. Malzemenin yapısına nano ölçekte eklenen partiküller malzemeye; kendi kendini temizleme, havadaki zararlı gazları emme, temizleme kolaylığı oluşturma, buğulanmanın oluşumunu engelleme, ısı yalıtımı ve ısı kontrolü sağlama, UV korunumu, yangına dayanım ve yanmazlık gibi özellik katabileceği gibi ayrıca antibakteriyel olma, yansıtmazlık, parmak izi oluşturmazlık, üzerine yazılamazlık, aşınmazlık ve çizilmezlik gibi özelliklere sahip olmasını sağlar.

1. Firmadaki pozisyonunuz

- ◯ Genel Müdür
- ◯ Genel Müdür Yrd.
- ◯ Müdür / Müdür Yrd.
- ◯ Yönetim Kurulu Üyesi / Ortak
- ◯ Mimar
- ◯ Diğer (lütfen belirtin)

2. Sektörde kaç yıldır çalışıyorsunuz?

- ◯ 1-3 yıl
- ◯ 4-10 yıl
- ◯ 11-15 yıl
- ◯ 16-20 yıl
- ◯ 20+ yıl

1

3. Firmanız sektörde kaç yıldır faaliyet göstermektedir?

- ◯ 0-5 yıl
- ◯ 6-10 yıl
- ◯ 11-15 yıl
- ◯ 16-20 yıl
- ◯ 21+ yıl

4. Firmanız hangi ilde faaliyet göstermektedir?

5. Firmanızın ana faaliyet konusunda ortalama pazar payı ne kadardır?

- ◯ %0-%15 arası
- ◯ %15-%30 arası
- ◯ %30-%45 arası
- ◯ %45-%60 arası
- ◯ %60 ve üstü

6. Genel olarak Nanoteknoloji konusundaki bilgi düzeyiniz nedir?

- ◯ Hiçbir fikrim yok
- ◯ Biraz
- ◯ Orta seviyede
- ◯ Çok
- ◯ Çok fazla

7. Firmanızda Nanoteknolojik ürün konusunda çalışma yapan ARGE müdürlüğü var mı?

- ◯ Evet
- ◯ Hayır
- ◯ Yakın gelecekte düşünüyoruz.

2

8. Firmanız tarafından nanoteknolojik yapı malzemeleri kullanılmakta mıdır? Kullanılanları işaretleyiniz.

- [ ] Kendi kendini temizleyebilen toz tutmayan cam malzemeler
- [ ] Isı kontrol amaçlı Low-e kaplamalı cam malzemeler
- [ ] Kızılötesi ışınları filtre edebilen ve/veya yansıtan kaplamalı güneş kontrol amaçlı cam malzemeler
- [ ] Hem ısı hem de güneş kontrolü sağlayan solar Low-e kaplamalı cam malzemeler
- [ ] Yüksek seçici kaplamalı (high selective) güneş kontrol camları
- [ ] Buğulanmaya karşı etkili (anti fog) cam malzemeler
- [ ] Işığın geliş açısına göre renk değiştiren dichroic kaplamalı cam malzemeler
- [ ] Işığın miktarına göre renk değiştiren fotokromik (photocromic) cam malzemeler
- [ ] Çizilmeye karşı dayanıklı cam malzemeler
- [ ] Antibakteriyel özellikli cam malzemeler
- [ ] Parmak izi bırakmayan cam malzemeler
- [ ] Tek taraflı ayna (casus ayna) performansı gösteren reflektif kaplamalı cam malzemeler
- [ ] TV / monitör / bilgi ekranı vb. önünde kullanılan şeffaf ayna görünümlü kaplamalı cam malzemeler
- [ ] Alüminyum Kompozit panel (Kolay temizlenebilen kaplamalar / boyalar)
- [ ] Alüminyum kompozit panel (Yangına karşı dayanıklı ya da yanmaz malzemeler)
- [ ] Su tutmayan alüminyum kompozit panel
- [ ] Toz tutmayan alüminyum kompozit panel
- [ ] Firmamız nanoteknolojik yapı malzemesi üretmemektedir.
- [ ] Nano malzeme üretmiyorsanız lütfen nedenini belirtiniz.

9. Yapı sektöründe nanoteknolojik malzemelerinin kullanılmasının önündeki en büyük engel nedir?

- [ ] Sektörde çalışan uzmanların ve mimarların farkındalığının olmaması
- [ ] Yüklenici ya da yatırımcıların nanoteknolojik malzemenin katma değerini önemsememeleri
- [ ] Sektördeki nanoteknolojik ürünlerinin maliyetinin yüksek olması
- [ ] Nnaoteknolojik malzemelerin üretim aşamasındaki riskler (sağlık ve çevre ile ilgili)
- [ ] Nitelikli personel yetersizliği
- [ ] Yönetimsel açıdan engeller
- [ ] Nanoteknolojik ürün konusunda teknik destek ve danışmanlıkların yetersiz oluşu

10. Teknik altyapısı uygun olmayan firmalar iş koluyla ilgili üniversite ya da meslek odalarından destek alabiliyorlar mı?

- ( ) Evet
- ( ) Hayır

3

11. Nanoteknoloji alanında eğitim verebilecek kurum veya kuruluşlara ulaşmak mümkün mü?

- ◯ Evet
- ◯ Hayır

12. Nanoteknoloji ile ilgili maliyet ve eğitim giderleri hususunda teşvik desteği alınabiliyor mu?

- ◯ Evet
- ◯ Hayır

13. Nanoteknolojik ürünlerin sınıflandırma, kalite, standart ve performans değerleri konusunda yetkin firma ve kurumlar var mı?

- ◯ Evet
- ◯ Hayır

14. Aşağıdaki ifadelere ne derecede katıldığınızı 1 (hiç katılmıyorum) ile 5 (tamamen katılıyorum) arasında değişen bir ölçek üzerinden işaretleyiniz.

	Hiç Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Tamamen Katılıyorum
Firmamız Nanoteknoloji konusunda gerekli yatırımı yapar.	◯	◯	◯	◯	◯
Firmamızda Nanoteknoloji konusunda çalışan uzman / araştırma grubu bulunmaktadır.	◯	◯	◯	◯	◯
Yapı sektöründe Nanoteknoloji konusunda yeterli seviyede çalışma yapılmaktadır.	◯	◯	◯	◯	◯
Yakın gelecekte uluslararası pazarlarda nanoteknoloji konusundaki yeterlilik seviyesi hayati önem taşıyacaktır.	◯	◯	◯	◯	◯
Firmamızda sektörde sürdürülebilirlik öne çıktığı için nanoteknolojik yeniliklerin adaptasyonu önemlidir.	◯	◯	◯	◯	◯

ANKETİMİZE KATILDIĞINIZ İÇİN TEŞEKKÜR EDERİZ.

4

10. ÖZGEÇMİŞ

Osman Zeki ŞAHİN



Osman Zeki ŞAHİN, Genel Sekreter Yardımcısı, 20 Ağustos 1977 Trabzon Arsin doğumludur. Öğrenim hayatını Trabzon'da sürdürmüş olup 1998 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünde lisans öğrenimini tamamlamıştır. 1998 - 2013 yılları arasında Mimarlık kariyerine özel firmalarda (tarihi eser restorasyonu, giydirme cephe işleri vb.) devam etmiştir. 2013 – 2014 yılları arasında Balıkesir Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde Mimar olarak görev almıştır. Bu süreçte Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünde Misafir Öğretim Elemanı olarak çalışmaya başlamış olup, 2013 yılında Yüksek Lisans öğrencisi olarak aynı üniversitede eğitimine devam etmiştir. 31/03/2014 seçimlerinden sonra kurulan Altıeylül Belediyesinde; 23/05/2014 – 25/06/2015 tarihlerinde Özel Kalem Müdürü, 11/09/2014 – 24/05/2018 tarihlerinde Park ve Bahçeler Müdür V., 13/08/2015 – 15/07/2018 tarihlerinde İmar ve Şehircilik Müdürü, 15/07/2016 – 29/05/2018 tarihlerinde Belediye Başkan Yardımcısı olarak çalışmıştır. 16/07/2018 tarihinden itibaren Balıkesir Üniversitesi'nde Genel Sekreter Yardımcısı olarak göreve başlamıştır. Osman Zeki ŞAHİN evli ve iki çocuk sahibidir.