

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIM ŞANTİYESİNDE ALÇI LEVHA KULLANIMI VE
OLUŞAN ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜM POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI

HAYDAR AŞKIN ÖZDOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2020

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPIM ŞANTİYESİNDE ALÇI LEVHA
KULLANIMI VE OLUŞAN ATIKLARIN
GERİ DÖNÜŞÜM POTANSİYELİNİN
ARAŞTIRILMASI

HAYDAR AŞKIN ÖZDOĞAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2020

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**USING OF PLASTERBOARD ON
CONSTRUCTION SITE AND AN
INVESTIGATION FOR THE RECYCLING
POTENTIAL OF THE GENERATED
WASTES**

HAYDAR AŞKIN ÖZDOĞAN
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2020



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/01/2020 tarih ve 2020/05 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 14/05/2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Haydar Aşkın ÖZDOĞAN'ın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : DOÇ. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

ÜYE

: PROF. DR. NİLAY COŞGUN

ÜYE

: DR. ÖĞR. ÜYESİ BURCU SALGIN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Ümit DEMİR
Gebze Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Alçı levhalar günümüzde dünyada ve Türkiye'deki yapıım şantiyelerinde sıklıkla tercih edilen ürünler olma özelliğini arttırarak sürdürmektedir. Kullanılan alçı levhalardan artan kısımlar, kıymetli atık niteliği korunarak yönetilebilirse değerlendirilebilme potansiyeli yüksek hammadde olarak düşünülebilir. Dünya genelinde atık alçı levhaların geri dönüşümü ve üretimde kullanımına dair uygulamaların var olduğu ancak ülkemizde genellikle doğal kaynakların kullanıldığı söylenebilir.

Bu çalışma literatürde yer alan araştırmalar ışığında İstanbul'da bir konut projesine ait yapıım şantiyesindeki imalatlar sırasında oluşan atık alçı levhaların durumunu, miktarlarını ve yeniden kullanım/geri dönüşüm potansiyellerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Çalışma yapıım şantiyesindeki alçı levhalarla yapılan yapı elemanı imalatlarını, şantiye yöneticileri ile bu imalatları gerçekleştiren imalatçılarla yapılan anket sonuçlarını ve değerlendirmeleri içermektedir. Genel olarak imalat yerlerinde oluşan çeşitli türdeki atıklarla karıştırılmadan düzenli bir atık alçı levha toplama sistemi oluşturulma çabası olduğu gözlemlenmiştir. Ancak genel atık toplama alanlarında atık alçı levhaların da olduğu çeşitli türdeki atıkların karışık olarak depolandığı ve şantiyeden bertaraf alanlarına gönderildiği tespit edilmiştir. %100 geri dönüşümlü olan 8.450 m² atık alçı levhanın uygun bir atık toplama sistemi olmaması nedeniyle değerlendirilemediği belirlenmiştir. Bu nedenle yapıım şantiyelerinde başarılı atık toplama sistemlerinin uygulanmasının oldukça önemli olduğunu söylemek mümkündür.

Atık alçı levhaların yeniden kullanımını/geri dönüşümünü sağlayacak uygulamaların maddi ve hukuki teşviklerle desteklenmesi, atıkların değerlendirilmesi için gerekli eğitimlerin verilmesi ve konuyla ilgili yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Yapılan anket sonuçları da durumu destekler niteliktedir. Bu çalışmayla yapıım şantiyelerinde oluşan atık alçı levhaların değerlendirilmesinin önemi vurgulanarak yapılacak araştırma ve uygulamalara katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No:GTU-2018-A101-07.

Anahtar Kelimeler: Alçı, Alçı Levha, Atık, Geri Dönüşüm, Yapım Şantiyesi.

SUMMARY

Plasterboards continue by increasing their quality of being frequently preferred materials in construction sites in the world and Turkey nowadays. If used plasterboards' remaining parts can be monitored by protecting waste's quality, they can be considered as the high potential raw materials. It can be said that there are applications relating to waste plasterboards' recycling across the world and its use in the production; however, in Turkey natural reserves are used commonly.

Initially, this study has been conducted with aiming to search the waste plasterboards' condition, quantities and their recycling's potential during worksite's productions in a residential project in İstanbul. The study includes plasterboard products in worksites, survey's results and evaluations. It was observed that there is an effort to create a regular waste plasterboards collection system. However, it was detected that several wastes were stocked unclassified and they were sent to landfill areas from the worksite. It was pointed out that 8.450 m² waste plasterboards couldn't be evaluated. Therefore, it's likely to claim that conducting successful waste collecting systems are crucial in worksites.

So that applications which are going to provide plasterboards' recycle are supported with the financial and legal encouragements, and wastes are evaluated, necessary trainings should be provided and the legislative regulations must be made. The survey's results also support this case. With this study, it's considered that emphasizing the evaluation's importance the waste plasterboards' formed in worksites contribute to prospective researches and applications.

This study was supported by Research Fund of Gebze Technical University. Project No:GTU-2018-A101-07.

Keywords: Gypsum, Plasterboard, Waste, Recycling, Construction Site.

TEŞEKKÜR

Lisans eğitimimin ilk gününden bu yana akademik hayatımın pek çok köşesinde desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip; bilgi, tecrübe ve katkıları ile bu çalışmada da hep yanımda olan değerli danışmanım Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ'ye;

Tez jüri üyeliğini kabul ederek değerli mesleki birikimleri ile katkılar sağlayan Prof. Dr. Nilay COŞGUN ve Dr. Öğr. Üyesi Burcu SALGIN'a;

Her koşulda sonsuz destek ve özveri gösteren sevgili aileme;

ve her zaman ellerinden gelen desteği göstermek için candan yanımda olan değerli dostlarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	6
3. YAPIM ŞANTIYESİNDE ALÇI LEVHA KULLANIMI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ	14
3.1. Alçı Levhaların Kullanımı	15
3.1.1. Alçı Levha Türleri ve Kullanım Alanları	15
3.1.2. Diğer Yardımcı Elemanlar	17
3.2. Alçı Levhaların Geri Dönüşümü	20
4. ALAN ÇALIŞMASI OLARAK BİR YAPIM ŞANTIYESİ	24
4.1. Proje Künyesi	24
4.1.1. Konum ve Proje Bilgileri	24
4.1.2. Şantiye Kurgusu	26
4.1.3. Yapım Şantiyesinde LEED Kriterleri	28
4.2. Yapım Şantiyesinde Kullanılan Alçı Levhaların İncelenmesi	30
4.2.1. Kullanılan Alçı Levha Ürünler ve Uygulamaları	30
4.2.1.1. Alçı Levha Bölme Duvar Uygulaması	30
4.2.1.2. Alçı Levha Duvar Kaplama Uygulaması	32
4.2.1.3. Alçı Levha Tavan Uygulaması	34
4.2.2. Kullanılan Alçı Levhaların Tedarik, Depolanma ve İmalat Süreci	34

4.2.3. İmalat Dışı ve Sonrası Oluşan Atık Alçı Levhalar ve Şantiye Alanından Bertarafı	37
4.3. Anket Çalışması ve Değerlendirilmesi	41
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	55
EKLER	56

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kisaltmalar</u>	<u>Aciklamalar</u>
m	: Metre
m ²	: Metrekare
mm	: Milimetre
kg eq/CO ₂	: Kilogram eşiti karbondioksit
AG	: Agraf profili
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
DC	: Duvar C profili
DU	: Duvar U profili
EPS	: Ekspanse polistren
EPD	: Environmental Product Declaration (Çevresel Ürün Beyanı)
FGD	: Flue Gas Desulphurization (Baca Gazı Desülfürizasyon)
FX	: Flex plasterboard (Standart alçı levha)
GtoG	: Gypsum to Gypsum
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
LCA	: Life Cycle Assessment (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LEED NC	: LEED New Construction (LEED Yeni Yapı)
UA	: U Agent (Destek profili)
USGBC	: U.S. Green Building Council (Amerika Yeşil Bina Konseyi)
WR	: Water Resistant plasterboard (Neme dayanıklı alçı levha)
XPS	: Ekstrüde polistren
YHB	: Yivli havşa başlı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Ülkelere göre 2017 yılı alçı üretim miktarları.	3
3.1: Alçı levha şematik kesiti.	14
3.2: Yalıtım malzemeleri, a) taş yünü levhalar ve b) izobant.	18
3.3: Alçı levha üretim şeması.	20
3.4: Atık alçı levhaların geri dönüşüm şeması.	23
4.1: Proje alanının konumu.	25
4.2: Yapım şantiyesi vaziyet planı ve incelenen bloklar.	25
4.3: Şantiye yerleşimi.	26
4.4: a) Kule vinç kurgusu ve b) hareketli vinç.	27
4.5: a) Alçı levha konstrüksiyon profillerinin birleşimi ve b) tamamlanmış konstrüksiyon örneği.	30
4.6: a) Alçı levhaların konstrüksiyona montajı ve b) taş yünü yalıtım uygulaması.	31
4.7: a) Alçı levha bölme duvar detayı ve b) tamamlanmış bölme duvar örneği.	31
4.8: Alçı levha montajı öncesi duvar kaplama örnekleri. a) Tesisat elemanları ve b) yalıtım dolgusu.	32
4.9: a) Konstrüksiyonlu alçı levha duvar kaplama detayı ve b) yapım örneği.	33
4.10: Agraflı alçı levha duvar kaplama detayı.	33
4.11: Alçı levha asma tavan uygulama detayı.	34
4.12: Alçı levha tedarik-imalat-atık akış şablonu.	35
4.13: Depolanmak üzere alçı levhaların teslimi.	36
4.14: a) ve b) Alçı levhaların depolanması.	36
4.15: a) ve b) Alçı levhaların depolama alanlarından imalat katlarına aktarılması.	37
4.16: a) ve b) Kat imalatları ve c) atıklar.	38
4.17: İmalat sonrası oluşan atık alçı levhalardan çeşitli örnekler.	39
4.18: Atık kazanının işlevsel sıralı süreci.	40
4.19: a) Ortak atık toplama alanlarında b) karışık olarak biriktirilen imalat atıkları.	40
4.20: Yöneticilerin imalat ve atık oluşum süreçleri hakkında anket sonuçları.	43
4.21: İmalatçıların imalat ve atık oluşum süreçleri hakkında anket sonuçları.	43

4.22:	Atık önleme aşamaları için zorluk seviyesi anket sonuçları.	44
4.23:	Atık oluşum önlemlerinin önemi.	44
4.24:	Atık toplama sistemi değerlendirmesi.	45
5.1:	Atık oluşum mevcudiyeti – sorumluluk diyagramı.	48
5.2:	Atık alıcı levha toplama sistemi akış şeması.	50

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Alçı levha üretiminde yaklaşık içerik oranları.	9
2.2: Konu ile ilgili literatür özeti – Türkiye.	12
2.3: Konu ile ilgili literatür özeti – Dünya.	13
3.1: Alçı levha imalatlarında kullanılan konstrüksiyon profilleri.	17
3.2: Alçı levha imalatlarında kullanılan vidalar ve dübelller.	19
4.1: Yatay taşıma elemanları.	27
4.2: Alçı levha üreticisi firmanın LEEDv4 deklarasyonu.	28
4.3: İncelenen yapıım şantiyesi için LEED puanlama raporu.	29
4.4: Tedarik edilen ve kullanılan alçı levhaların miktarları.	36
4.5: İmalat dışı atık oluşumuna neden olan etkenler.	38

1. GİRİŞ

Atıklar pek çok alanda üretim, kullanım ve tüketim sonucu geride kalan çeşitli malzemelerden oluşmaktadır. Günlük yaşamda insan etkisinin var olduğu her ortamda doğal kaynakların işlenmesi, ürün üretimi ve ürünlerin kullanımı\tüketimi sonucu pek çok çeşit atık meydana gelebilmektedir. Dünya genelinde ise yapı ihtiyacını karşılamaya yönelik inşaat faaliyetleri giderek artmaktadır. Buna bağlı olarak yapı malzemeleri sanayisi tüm dünya ekonomilerinde sürdürülebilir kalkınmanın önde gelen araçlarından biri haline gelmiştir. Bununla birlikte gerek yapım aşamasında gerekse mevcut yapıların yıkımı sonrasında oluşan atıklar ise 21. yüzyılın önemli çevre sorunları arasında yer almaktadır. Dünya genelinde kentlerdeki toplam atık miktarının %40'ını inşaat sektöründeki faaliyetler ile ortaya çıkan atıklar oluşturmaktadır [Hoornweg and Bhada-Tata, 2012] ve büyük hacimleri, miktarları, karışıklıkları sebebiyle çoğu ülkede öncelikli atıklar olarak tanımlanmaktadır.

Atık çeşitleri arasında yapıların yaşam döngüleri boyunca farklı sebeplerle meydana gelen her türlü yapı malzemesinin ve yapı elemanlarının oluşturduğu atıklar yapısal atık olarak tanımlanabilir. Yapım aşamasında yapı malzeme ve elemanlarının çeşitli süreçlerle ve nedenlerle şantiye alanlarında meydana getirdikleri atıklar ise yapım atığı olarak ifade edilebilir [Coşgun ve Esin, 2006]. Yapım atığı olarak seramik, tuğla, beton, cam ve çeşitli yapı ürünü ambalajları gibi pek çok türde malzeme çoğaltılarak sayılabilir.

Yapım atığı oluşturan çeşitli ürünler arasında alçı ürünler, geri dönüşüm ve yeniden kullanıma uygun, diğer yapısal atıklara göre hafif ve kolay parçalanabilir, yapı biyolojisine ve ekolojisine uygun nitelikte geri dönüşüm potansiyeli yüksek malzemelerdir. Günümüzde farklı uygulamalarda ve yapı ürünlerinin üretiminde kullanılan alçı levha, alçı sıva vb. ürünler inşaat sektörünün gelişiminde önemli bir role sahip olmakla birlikte bir çok yapım şantiyesinde kullanılan bu malzemeler ardında yapım atığı olarak alçı atıklar bırakmaktadır. Alçı içerikli yapı malzemelerinden biri olan alçı levhalar ise taşıyıcı olmayan duvar yapımlarında, kaplama olarak çeşitli yalıtım uygulamalarında veya tavan kaplamaları ve dekoratif uygulamalarda hızlı ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle sıklıkla kullanılan ürünlerden biri haline gelmiştir. Artan alçı levha içerikli imalatlara paralel olarak bu imalatlarda kullanılan konstrüksiyon elemanlarının ve alçı levhaların yapım şantiyelerinde kullanımı sonucu oluşturdukları atık miktarları da giderek artmaktadır

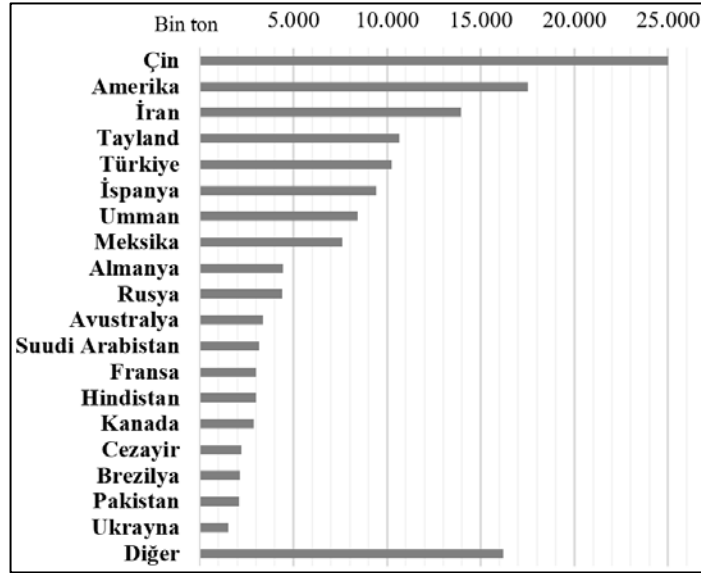
[Lund-Nielsen, 2010]. Bu imalatlarda uygulanan yöntemler ve tercih edilen malzemeler ihtiyaçlara göre farklılık gösterebilmektedir.

Dünya genelinde alçı levha üretiminin çoğu Japonya, Amerika ve Avrupa'da üretilmektedir. Alçı ürünler arasında çoğunlukla geri dönüşüme giren ürünler ise alçı levhalardır [Lund-Nielsen, 2008]. Dünyada üretim, yapım ve yıkım süreçlerinde oluşan alçı levha atıklarının yaklaşık olarak 15 milyon ton olduğu ve depolama alanlarına gönderildiği bilinmektedir [Ahmed et al., 2011]. Alçı levha atıkları, yeniden kullanılabilir veya yeni alçı levha üretiminde hammadde olarak değerlendirilebilmektedir [Thormark, 2001]. Özellikle Avrupa ve Amerika'da atık alçı levhaların ekonomik ve çevresel etkilerinin akılcı bir yönetim ve geri dönüşüm ile azaltılabileceği üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Birçok Avrupa ve Amerikalı alçı levha üreticisi ise kullanılabilir hammaddelerinin içerisine kendi üretim atıklarını ilave ederek atık alçıları geri dönüştürme teknolojilerini hayata geçirmişlerdir. %100 geri dönüşümlü malzeme olmasından dolayı alçı levhaların yapım sürecinde de değerlendirilerek geri kazanılması oldukça önemlidir. Uluslararası Alçı Geri Dönüşüm (Gypsum Recycling International) şirketinin hesaplamalarına göre [Lund-Nielsen, 2007] geri dönüştürülen her ton alçı levha atığı için 200 kg eq/CO₂ tasarrufu sağlandığı ve yapılan başka bir çalışmaya göre sadece Amerika'da 2018 yılında yaklaşık olarak 700 bin ton alçı atığın üretildiği ve yerinde geri dönüştürüldüğü belirtilmektedir [Lushnikova and Dvorkin, 2016].

Dünyada atık alçıların geri dönüşümü ile ilgili çeşitli çalışmalar sürdürülmekteyken ülkemizde ise çimento fabrikaları haricinde genellikle değerlendirilmediği; alçı ve alçı içerikli malzemelerin atık yönetimi ve geri kazanım yöntemleri (yeniden kullanım, geri dönüşüm vb.) ile ilgili çalışmaların da beton, cam, demir, alüminyum gibi diğer atık yapı malzemelerine kıyasla daha az olduğu söylenebilir. Türkiye'de çeşitli yapım şantiyelerinde oluşan alçı levha atıkların geri dönüşümü gerek sektörel açıdan gerekse doğal kaynak rezervlerinin korunumu çerçevesinde geliştirilerek ülkemize kazanım sağlamayı bekleyen sürdürülebilirlik potansiyeline sahip kaynaklardan birisi durumundadır.

Türkiye'nin kaliteli doğal alçı taşı kaynakları bakımından yaklaşık 200 milyon ton rezerviyle Amerika, Çin ve Kanada'nın ardından dünyanın en zengin rezervlerine sahip ülkelerinden biri olduğu bilinmektedir [U.S. Geological Survey, 2019]. Ayrıca Şekil 1.1'de görülebileceği üzere 2017 yılı verilerine göre 10,22 milyon ton alçı üretimiyle dünyanın beşinci büyük alçı üreten ülkesidir [Reichl and Schatz, 2019].

Ancak buradan atık alçıların değerlendirilmesine gerek olmadığı sonucu çıkarılmamalıdır. Atık alçıların geri kazanımı ilgili olarak yapılacak olan önleme/azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm çalışmaları hem doğal alçı taşı kaynaklarımızın korunumu hem de sürdürülebilir kalkınma bağlamında ülke ekonomisine sağlayacağı katkı açısından oldukça önemlidir.



Şekil 1.1: Ükelere göre 2017 yılı alçı üretim miktarları.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Küresel kaynakların azalırken çevre kirliliğinin giderek arttığı günümüz dünyasında, her sektörde geri dönüşüm ve yeniden kullanım kavramları gün geçtikçe önemini arttırmaktadır. Bu nedenle inşaat sektöründe de yapım faaliyetleri sonucu oluşan yapısal atıkların türlerine ve bu türler özelinde farklı yaklaşımlara yönelik çeşitli çalışmalar birçok ülkede sürdürülmektedir. Yapısal atıklar içerisinde yer alan alçı atıklar özelinde düşünüldüğünde ülkemizde; sadece konutlarda yapılan tadilatlar sonucu alçıdan üretilen yapı malzemelerinin oluşturduğu atık alçıların yapısal atıklar içerisindeki payının 2005 yılı için yaklaşık %2,5 oranında [Esin and Coşgun, 2005] olması doğrultusunda günümüze kadar olan süreçte artan nüfus ve kentsel dönüşüm uygulamaları gibi faktörlerle atık alçı miktarlarının daha da artmış olabileceği söylenebilir. Yeni yapılar ve yapım süreçleri de dikkate alındığında bu oranın önemli ölçüde artacağı tahmin edilebilir.

Çalışmanın amacı giderek artan inşaat faaliyetleri sonucu bu artışa paralel olarak büyüyen yapısal atık miktarları içerisinde yapım şantiyelerinde oluşan geri dönüşüm potansiyeli yüksek atık alçı levhaların ülkemizdeki durumunun değerlendirilmesi ve incelenmesidir. Yapım şantiyelerinde oluşan farklı türde alçı içerikli atıklar arasında sahip olduğu potansiyel ve kirletilmeden niteliklerini koruyarak geri kazanılabilme olanakları, ayrıştırma, toplama ve geri dönüştürme kolaylığı gibi nedenlerle bu çalışmada atık alçı levhalara odaklanılmaktadır. Bu doğrultuda inşa sürecindeki mevcut bir projenin yapım şantiyesi üzerinde; yapım aşamasında kullanılan alçı levha çeşitleri ve yardımcı malzemeler, kullanım biçimleri ve mevcut atık toplama sistemi hakkında bilgi verilmiştir. Bununla birlikte alçı levha atıklarının toplanması, depolanması ve nakliyesi sürdürülebilirlik perspektifi ile değerlendirilmektedir. Yapım sürecinde oluşan atık alçı levhaların değerlendirilmesi konusunda şantiye koşullarına “en uygun atık alçı levha toplama sistemi” için fikir oluşturulması hedeflenmektedir. Atık alçı levhaların değerlendirilmesi için; gerekli olan eğitim, toplama sistemi, konteynırlar, lojistik sistem, standart tesis ve geri dönüşüm ünitesi gibi tüm unsurları içeren “atık alçı levha geri dönüşüm sistemi ve geri dönüşüm tesisleri” oluşturulabilmesi için öncelikle bu tür araştırmaların yapılması gerekir.

Çalışmanın kapsamı yapımı süren bir konut projesinde oluşan atık alçı levhalar ile sınırlandırılmış olup farklı süreçlerde ve türde oluşan atıklar kapsam dışı tutulmuştur. Ayrıca alçı levhalar ile yapılan imalatlarda kullanılan çeşitli konstrüksiyon malzemeleri ve diğer yardımcı elemanlar da tür, atık yönetimi ve dönüşüm yöntemleri farklılıkları sebebiyle farklı çalışmalarda konu edilmek üzere çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Literatürde yer alan alçı levha atıkları ile ilgili yapılan farklı çalışmalar incelenmiş, alçı levhaların türleri, üretim ve geri dönüşüm yöntemleri hakkında bilgi toplanmıştır. Ülkemizdeki yapım süreçlerinde oluşan alçı levha atıklarına bir bakış sağlamak üzere alan çalışması için seçilen yapım şantiyesinde oluşan atık alçı levhalar 11 ay (Ekim 2017-Kasım 2018) süre ile gözlemlenebilmiştir. Ayrıca konu ile ilgili şantiye yöneticileri ve alçı levha kullanarak yapı elemanı imatlatlarını gerçekleştiren imalatçılarla gözlem sürecinde şantiye alanında anket çalışması yapılarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Bu doğrultuda beş bölümden oluşan çalışmanın birinci bölümünde atıklar hakkında genel bilgiler verilmiş, atık türleri arasında çevresel faktörler açısından giderek önemi artan inşaat faaliyeti sonucu ortaya çıkan yapısal atıklara ve yapım

atıklarına değinilmiştir. Ülkemizde ve dünyada ki alçı kaynaklarından, yapısal atıklar içerisinde geri dönüşüm potansiyeli yüksek olan alçı atıklarının ülkemizde ve dünyadaki öneminden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde daha önce bahsedilen amaç ve kapsamlar doğrultusunda genel olarak alçı levha atıklarının durumunu ve önemini, geri dönüşüm potansiyellerini, mevcut uygulamalarda oluşan atık alçı levhalara yönelik çalışmaları ve geri dönüştürülmüş alçı levha atıklarının performans ve kullanım alternatiflerini içeren çeşitli literatür çalışmaları incelenmiştir.

Üçüncü bölümde alçı ve alçı levhalar anlatılarak genel olarak yapım süreçlerinde kullanılan çeşitli alçı levha türleri ve yardımcı elemanlar hakkında bilgi verilmiştir. Ayrıca alçı levhaların üretim ve geri dönüşüm süreçlerinden ve geri dönüşümünün öneminden bahsedilmektedir.

Dördüncü bölümde alan çalışması için belirlenen İstanbul'da inşaat sürecindeki bir konut projesi şantiyesi hakkında bilgiler ve burada kullanılan alçı levhalar özelinde incelemeler yer almaktadır. Bu kapsamda alçı levhaların temini ve imalatta kullanım süreçleri, oluşan atıkların toplanması ve sayısal veriler üzerinden temin-imalat miktarları ile tahmini olarak oluşan atık alçı levha miktarları hakkında edinilen bilgiler aktarılmaktadır. Ayrıca bu bölümde incelenen yapım şantiyesindeki yöneticileri ve alçı levha ile imalat yapan çalışanları kapsayan anket çalışmasından elde edilen sonuçlar da paylaşılmaktadır. Son olarak beşinci bölümde ise yapılan çalışmadan çıkarılan sonuçlar ile öneri ve düşünceleri içeren genel bir değerlendirme yer almaktadır.

Bu çalışmanın alçı malzemelerin oluşturduğu atıkların düşük çevre etkisi bağlamında alçı levhaların ülkemizdeki yapım şantiyelerinde atık yönetimindeki yeri ve atık alçı levhaların yönetiminin geliştirilmesi konularına katkı sağlayacağı ve farklı ülkelerde yapılan çalışmalarla kıyaslanabilmesi için kaynak oluşturacağı düşünülmektedir. Ayrıca sürdürülebilir atık yönetimi açısından önemli çevre sorunlarından biri olan yapım şantiyelerinde oluşan atıklar ile ilgili yapılacak olan başka çalışmalara ve konu ile ilgili yaptırımların, yönetmeliklerin ve teşviklerin geliştirilmesine alçı levha atıkları özelinde bilimsel bir kaynak oluşturacaktır. Aynı zamanda alçı levha üreticilerinin alçı levha atıklarını üretim süreçlerine dâhil etmeleri için ülkemize özgü yöntemler ortaya koyma çabalarına ışık tutarak doğal alçı kaynaklarının korunumuna yönelik gelişmelere ve konu ile ilgili literatürdeki çeşitliliğe katkı sağlayacaktır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde yapıların yaşam döngüsünün farklı süreçlerinde oluşan atıklara ve bu atıkların çeşitleri kapsamında özelleşen çalışmalara rastlanmaktadır. Bu yapısal atıklar; türleri açısından kıyaslandığında alçı ve alçı içerikli malzemelerin atık yönetimi, yeniden değerlendirilmesi ve geri dönüşümü hakkında yapılan çalışmaların farklı malzeme türlerine göre daha az ve kısmen yüzeysel olduğu söylenebilir. Aynı şekilde yapı yaşam döngüsü süreçleri incelendiğinde, ağırlıklı olarak malzemelerin üretim atıkları, yıkım atıkları yönetimi ve dönüşüm metotları üzerinde durulduğu gözlemlenmektedir. Bu kapsamda yaşam döngüsü açısından yapım sürecinde oluşan alçı atıklarının ve bu türde atıkların yönetiminin incelenmesi önem teşkil etmektedir.

Alçı, doğada hammadde kaynağının bol olması, düşük pişirme sıcaklığı ve kolay öğütülme gibi özellikleri sebebiyle üretimi sırasında düşük enerji maliyetli bir malzemedir. Bununla birlikte enerji korunumu, atık azaltma ve kaynakların etkin kullanımı açısından da büyük avantajlara sahip bir yapı malzemesidir [Sev ve Görgülü, 2012]. Ayrıca her zaman yeniden kullanabilen ve geri dönüştürülebilir bir hammaddedir. Çünkü alçı ürünlerde hammaddenin kimyasal bileşimi değişmeden aynı kalmaktadır. Alçı ürünler “kapalı-döngü” geri dönüşümün mümkün olduğu, diğer bir deyişle tekrardan aynı ürünün üretiminde kendi atığının hammadde olarak kullanılabildiği az sayıdaki yapı malzemeleri arasında sayılabilir [Web 1].

Uluslararası açıdan meseleye bakıldığında 2013 yılında başlayan Gypsum to Gypsum [GtoG, 2015] projesi kapsamında Belçika, Fransa, İngiltere ve Almanya’da çeşitli alçı üreticisi firmalarının dahil olduğu bir pilot proje gerçekleştirilmiştir. Pilot projelerde yıkım şantiyelerinden çıkan atık ürünler alçı özelinde incelenerek değerlendirilmiş, doğru yönetim ve koordinasyon ile alçının yüksek geri dönüştürülebilirlik potansiyeline sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Endüstri, üniversiteler ve laboratuvarlar arasındaki işbirliğinin; yatırımcıların da günlük geri dönüşüm işlerinde bilimsel bir yaklaşıma sahip olmalarına yardımcı olduğundan ve aynı zamanda üretici şirketlere de uygulamak için metodolojik araçlar verdiğinden, İngiltere, Fransa, Belçika, Hollanda ve İskandinavya gibi ülkelerde geri dönüştürülmüş alçının ticari faaliyetlerde değerlendirildiğinden bahsedilmektedir [GtoG; 2015]. Rivero ve arkadaşlarının (2017) İspanya özelinde yaptıkları bir başka çalışmada ise İspanya, Polonya ve İtalya’dan alçı geri dönüşüm faaliyetlerinde geri planda kalan ülkeler olarak söz edilmektedir.

Atık alçıların yeniden kullanılabilirliğini ve çevresel etkilerini inceleyen çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bunlardan Brezilya’da gerçekleştirilen çalışmaların birinde içeriğinde alçı atıklardan geri dönüştürülmüş alçı kullanılan seramik blokların fiziksel özellikleri, kimyasal bileşimi ve ekotoksikolojik potansiyelleri araştırılmış ve geri dönüştürülmüş alçı içeren seramik bloklara bir takım testler uygulanarak fizibilitesi ve geri dönüşüm sürecinin teknik ve çevresel uygulanabilirliği değerlendirilmiştir. Çalışmada kütleli olarak %20 oranında geri dönüştürülmüş alçının seramik blok üretiminde kullanılabilir bir kaynak olabileceği ve çevresel açıdan makul değerler ihtiva ettiği sonucuna varılmıştır [Alcione et al., 2012].

İspanya çerçevesinde değerlendirilen bir diğer çalışmada ise Portland çimentosu üretiminde %50 oranında atık alçı kullanımının çevresel etki ve kaynak değerlendirmesi açısından yıllık bazda önemli tasarruflar sağlayabileceğine değinilmektedir. Aynı çalışmada geri dönüştürülmüş alçı üretiminin doğal alçı üretiminde kullanılan enerjinin %54’ü kadar enerji tükettiğinden ve ekonomik açıdan doğal alçı üretimine göre %30-%35 daha az maliyetli olduğundan bahsedilmiştir [Suàrez et. al., 2016]. Buna paralel olarak Pedreño-Rojas ve arkadaşlarının (2020) İspanya bölgesi için yaptıkları beşikten kapıya LCA (Life Cycle Assessment, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi) çalışmasında alçı levhalardan geri dönüştürülmüş alçı üretiminin, doğal kaynaklardan alçı üretimine kıyasla, inceledikleri tüm çevresel etki kategorilerinde %40’dan fazla iyileşme gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca aynı çalışma kaynak kullanımı kategorisinde geri dönüştürülmüş alçı üretiminin doğal kaynaklardan üretilen alçıya oranla %56-%58 oranında daha az çevresel etki oluşturduğunu göstermiştir.

Ülkemizde alçı ile yapılan son çalışmalar arasında; bor madenlerinin oluşturduğu atıkları inceleyen Eroğlu (2018) çalışmasında maden atıklarının doğal alçı ve su ile oluşturulan karışımları ile çeşitli yalıtım özelliklerine sahip alçı levhalar üreterek bu atıklara yönelik alçı içerikli bir değerlendirme yöntemi önermektedir. Aytekin (2019) ise yine bor kaynaklı atıkların doğal alçı ile geri kazanılabilirliğini araştırdığı çalışmasında söz konusu atıklar ile tartarik asit ve doğal alçı ile hazırlanan karışımlarda çalışabilirlik değerlerine ulaşılabilirdiğini tespit etmiştir. Kağıt, karton, odun talaşı ve pirinç sapı atıklarının geri dönüşümüne odaklanılan başka bir çalışma da yine ilgili atıklar doğal alçı ile karıştırılarak alçı levha üretimi denemeleri yapılmıştır [Demir, 2019].

Sağlam (2012)'ın alçı atıkların değerlendirildiği çalışmasında içeriğinde atık alçının kullanıldığı çeşitli kompozisyonlarda üretilen çimentonun TS-EN 197-1 standardına uygun olduğu ve atık alçının çimento üretiminde kullanılabilir bir malzeme olduğu sonucuna varmıştır. Ülkemizde yapılan başka bir çalışmada örnek vaka olarak Kentsel Dönüşüm Projesi kapsamında Küçükçekmece Ayazma bölgesinde yıkılacak olan bölgede bir alan seçilmiş ve bu alandaki yapıların yıkımı sonucu oluşacak yapısal atık miktarı yaklaşık olarak belirlenmiştir. Oluşacak yapısal atıklar ile ilgili çözüm önerilerine de yer verilmiştir. Yine aynı çalışmada da alçı ürünler hakkında “atık alçı ürünler hem kurtarılabilir hem de işleyip kullanılabilir hale getirilebilir” bir malzeme olarak bahsedilmektedir [Başar, 2007]. Başka bir çalışmada yer verilen istatistiksel verilere göre ülkemizde inşaat sektöründen gelen geri dönüştürülebilir alçı levha ve türevi malzemenin %64'ü yeni yapılan inşaatlardan, %14'ü yıkım işlerinden, %12'si imalat sürecinden, %10'u ise yenileme ve tadilat işlerinden gelmektedir [Bozbei, 2006].

İnşaat atıklarının haricinde alternatif olarak; SO₃ ve SO₂ gazlarının tutulmasını sağlayan desülfürizasyon sonucu oluşan atık ürün Desülfojips (kimyasal veya yapay alçı olarak da adlandırılır), bor türevleri tesislerde oluşan atıklardan Borajips ve Fosforik asit gübre fabrikası yan ürünü olan Fosfojips (fosfoalçı) Tülek'in (2007) çalışmasında ele alınmış ve FGD (Flue Gas Desulphurization, baca gazı desülfürizasyon) alçı türlerinden olan bu malzemelerin temel mühendisliğinde zemin stabilizasyonu için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Dünyada olduğu gibi ülkemizdeki alçı ve alçı ürünleri üreten firmalarda son yıllarda, üretim sürecinde ve son ürünlerindeki karbon salınım oranlarını ortaya koyarak EPD (Environmental Product Declaration, Çevresel Ürün Beyanı) alma çabası içindedirler. Türkiye'de beşikten mezara tüm süreçleri içerecek şekilde (hammadde, üretim, kullanım ve yaşam sonu) alçı ürünler değerlendirildiğinde; her 1 m² alçı levhanın karbon ayak izi 1,839 kg eq/CO₂ eşdeğeri iken, yapı alçılarında her 1 kg toz alçı için 0,168 kg eq/CO₂'dir. [Web 2]. İnşaat sektörü içerisindeki diğer yapı malzemeleri ile kıyaslandığında da bu değerler alçı ve alçı levhaların düşük karbon ayak izine sahip olduğunu ortaya çıkarmaktadır.

Ülkemizde yapım, yenileme, tadilat ve yıkım uygulamaları sonucu oluşan atık alçı levhalar çimento üretimi dışında genellikle değerlendirilmemektedir. Dünyada ise “atık alçıların geri kazanımı” çeşitli çalışmalarla giderek geliştirilen bir kavram

haline gelmektedir. Avrupa’da yeni alçı levha üretiminde geri dönüştürülmüş alçı kullanımının 2035 yılına kadar %25 artacağı öngörülmektedir [Lund-Nielsen, 2010].

Dunster’in (2007) İngiltere’de yaptığı bir çalışmada inşaat sektöründe tuğla binalardan ahşap ve çelik strüktürlü binalara geçilmesiyle konutlarda alçı levha kullanımının arttığı ve üreticilerin geri dönüşümü sağlayabilmek için “geri alma” şemaları oluşturdıkları belirtilmiştir. Günümüzde ise Amerika ve Avrupa başta olmak üzere dünyada kullanılan başlıca duvar malzemesi olan alçı ve alçı levha ürünlerinin üretimi her yıl toplam 80 milyon ton civarındadır. Avrupa, Amerika ve Asya bu üretimin %85’ini oluşturmaktadır. Dünya genelinde her yıl yaklaşık 15 milyon ton, günlük olarak ise 40 bin tondan fazla alçı levha atık depolama alanlarına gönderilmektedir [Ahmed et. al., 2011]. Bu alanlar her yıl giderek daha fazla yer kaplamakta ve çevre kirliliğine yol açmaktadır. Atık alçı levhalar tek başlarına çevreye zararlı bir etki oluşturmazlar bile; organik atıklar ile karıştığında ve anaerobik ortamda yağmura maruz kaldığında, hidrojen sülfür gazlarının gelişebildiği gözlenmiştir [Web 3].

Dünya genelinde alçı levha üretiminin çoğu Avrupa, Amerika ve Japonya’da yer almaktadır. Japonya, İngiltere ve Türkiye’den alçı levha üreticisi firmaların geri dönüştürülmüş malzeme içerik oranlarının verildiği Tablo 2.1’den anlaşılabileceği üzere doğal alçı kaynaklarının ülkemizde daha az tüketilmesi için hali hazırda tercih edilmeyen endüstriyel yan ürün alçı yerine geri kazanılmış alçının yeni levha üretiminde doğal alçı ile birlikte kullanılması alternatif bir tercih olabilir. Bu tercih sürdürülebilirlik bağlamında ürünlerin daha fazla geri dönüştürülmüş içeriğe sahip olması anlamında gelir [Lushnikova and Dvorkin, 2016],[Web 4]. Ayrıca konut, ticaret veya yenileme projelerinin planlama, tasarım ve inşaat süreçlerinde çağdaş yeşil bina standartlarına göre kullanılan alçı ürünler yeşil bina sertifika ve değerlendirme sistemlerinde kredi kazanılmasına katkı sağlamaktadır [Web 5].

Tablo 2.1: Alçı levha üretiminde yaklaşık içerik oranları.

Ülkeler	Yan Ürün Alçı	Doğal Alçı	Geri Dönüştürülmüş Alçı
Japonya	%50	%45	%5
İngiltere	%57.2	%38	%4,8
Türkiye	%0	%95	%5

Avrupa'daki bir geri dönüşüm tesisinde atık alçı levhaların geri dönüşümünden elde edilen sonuçlara göre; atık alçı levhalar %100 geri dönüşümlü malzemelerdir ve atıkların yaklaşık %94'ünden elde edilen işlenmiş alçı tozu, alçı levha üreticilerine gönderilerek yeni alçı levhalar üretilebilmektedir. Atıkların içerisine karışan farklı türde yıkım atıkları (vida, çivi, duvar kağıdı, plastik, moloz vb.) alçı levha atıkları için kirletici unsurlardır. Uluslararası alçı geri dönüşüm kuruluşu bu tür kirleticileri patentli teknolojisi sayesinde temizleyebilmektedir. Ancak alçı levha tesislerinde kurulan birçok teknoloji alçı levhalardan kağıt yüzeyi tamamen ayıramamaktadır. Bu alçı tozunun içinde önemli miktarda kağıt fiberlerin bulunduğu anlamına gelmektedir. Bu tür malzemelerin %5'i hammadde içine karıştırılmaktadır. Atıkların geriye kalan %6'sını oluşturan kaplama kağıdı artıkları ise gübreleme, ısı üretimi ve bina malzemeleri gibi farklı şekillerde kullanılmaktadır. Bu şekilde temiz alçı levha atıklarının tamamı geri dönüştürülerek yeniden kullanılabilir. Yeni yapı şantiyelerinde oluşan atık alçı ürünler de geri dönüşümde kullanılmaktadır. Toplanan alçı levhalar ince bir toz halinde parçalanarak yeni alçı levha üretim sürecinde karışımın içine katılmaktadır. Yeni alçı levha üretiminde geri dönüşümlü alçı tozu kalitesi saf olduğunda %25'e kadar doğal alçı yerine kullanılabilir [Web 3]. Aynı doğrultuda Lund-Nielsen'e (2014) göre de alçı levha atığının %95'i alçı tozu haline getirilebilmektedir.

İspanya'da bir yapım şantiyesi üzerinden yapılan çalışmada atık yönetimi açısından yapım şantiyesinde alçı atığının yerinde ayrımı ve ayrı sınıflandırılmasının alçı levha atıklarının geri dönüştürülebilirliğini optimize eden en iyi uygulama olduğu sonucuna varılmıştır. İncelenen yapım şantiyesinde imalat, atık toplama ve hem malzemelerin hem de atıkların transferleri sırasında çeşitli yönetim önlemlerinin alınabileceği ve atık geri dönüşümü ve saha uygulamaları konusunda eğitimlere verilen önemin artırılması gerektiği belirtilmiştir. İspanya yönetmeliklerinde düzenlenen saha atık yönetim planının önemine, yaptırımların uygulanması için mevcut yönetmeliklerin yeniden düzenlenmesi ve gerekli yeni düzenlemelerin oluşturulması gerekliliğine değinmişlerdir. Aynı çalışmada şantiye alanında kullanılan alçı levhaların %19 (81,28 ton – yaklaşık 10 bin m²) oranında atık haline geldiği belirlenmiştir [Rivero et. al., 2017]. Buna karşın Avrupa'da yayınlanan bir raporda yapım şantiyelerinde %3 ile %10 arasında alçı levha atık oluşumunun tahmin edildiği belirtilmektedir [DG ENV, 2011]. Kuzey Amerika'da bu oran %12 olarak bildirilirken [Ndukwe and Yuan, 2016], Brezilya için tahmini %5 olarak

belirtilmektedir [Erbs A. et. al, 2018]. Yapılan çalışmada alçı levha atıklarının hem yalnızca dönüştürülmüş kalsine alçı kullanılarak hem de farklı oranlarda saf alçı ve dönüştürülmüş kalsine alçı karışımı kompozisyonları oluşturularak teknik açıdan 5 döngü boyunca geri dönüştürülerek yeniden kullanılabilirdiği gözlemlenmiştir. Ancak ABNT-NBR 13207:1994 Brezilya standartlarına göre 4. ve 5. döngüde gerekli eksenel basınç dayanımı karşılanamadığı için 3. döngüye kadar uygulanabilir olduğu bildirilmiştir [Erbs et. al., 2018]. İspanya’da yapılan diğer bir çalışmada ise FGD alçının kalsinasyon işlemi olmadan kullanılabilir olmadığı, ancak alçı levha atıklarından elde edilen alçının kalsinasyona uğramadan doğrudan doğal alçı yerine kullanılabilir olduğu ve iyi performans değerleri sağladığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada doğal alçı yerine atık alçı levhaların kullanılabilir olmasının FGD alçı kullanımına kıyasla herhangi bir kalsinasyon işlemine ihtiyaç duyulmaması sebebiyle enerji tüketimi açısından daha iyi bir çevresel etki performansı sağladığı belirtilmektedir [Pedreño-Rojas et. al., 2019a ve 2019b].

Alçı tozunun geri dönüştürülmüş farklı türde malzemelerle karıştırılarak yeni kompozitler üretilmesi ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kazanılmasına yönelik yapılmış farklı çalışmalar da literatürde yer almaktadır. İspanya’da yapılan bir çalışmada atık ahşaplardan elde edilen talaş ve ahşap tozu farklı oranlarda alçı ile karıştırılarak oluşturulan numunelerin fiziksel ve mekanik özellikleri incelenmiştir. Alternatif olarak farklı oranlarda karışımlar içeren bu numunelere ayrı ayrı saman ve cam elyaf takviyeleri eklenerek oluşturulan kompozitlerde de aynı özellikler araştırılmıştır. Sonuç olarak referans numunelere göre daha hafif ve ısı yalıtım değerleri daha yüksek uygulanabilir yeni kompozit ürünler elde edilmiştir [Morales-Conde et. al., 2016]. Enerji verimliliğinin artırılması ve yenileme sonucu oluşan atıkların değerlendirilmesi üzerine yapılan bir başka çalışmada da ısı yalıtım malzemeleri olan XPS (Ekstrüde Polistren) ve EPS (Ekspanse Polistren) atıkları alçı içerisine farklı oranlarda karıştırılarak hafifletilmiş alçı ürünler elde edilmiştir. Atık seramik tozu ile alçı karıştırıldığında ise yüksek sertlik sınıfı değerlerini karşılayan alçı elde edilmiştir [Del Río Merino et. al., 2017].

Değerlendirilebilir bir kaynak olduğu anlaşılan atık alçı levhaların geri kazanılabilmesi için çeşitli atık kaynakları arasında önemli yer tutan yapım ve yıkım şantiyelerindeki atık yönetimi özellikle ülkemizde incelenmesi ve geliştirilmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bahsi geçen yerli çalışmalar, yapım ve yıkım şantiyelerinde meydana gelen atıkları bütüncül bir yaklaşımla bir atık

karışımı vaziyetinde ele alan inceleme ve değerlendirme çalışmaları durumundadır. Oysa ki Malezya’da yapılan bir çalışmaya göre karışık toplanan yapım şantiyesi atığı toplam atık miktarını arttırmaktadır [Abd Rahim and Kasim, 2016].

Konuyla ilgili ülkemiz ve dünya literatüründe yer alan ve daha önce açıklanan çalışmaların özeti Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de verilmiştir. Sonuç olarak literatüre bakıldığında dünya genelinde alçı levha atıklarının geri dönüşümüne ve yeni ürün imalatlarında kullanımına dair çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Ancak ülkemizde alçı levha üretiminde çoğunlukla doğal kaynakların kullanıldığı görülmektedir. Yeni alçı levha üretiminde endüstriyel uygulamalar sonucu oluşan yan ürün alçı ve atık alçı levhalardan elde edilen alçı kullanılabilmektedir. Ülkemizde de etkin atık yönetimi uygulamaları ile alçı levha atıkları yeni malzemelerin geliştirilmesi ve yeni ürün üretiminde kullanılabilir. Saf alçı yerine atık alçı levhaların geri dönüşümü ile elde edilen alçı kullanılarak yukarıda anlatılan çalışmalardaki benzer değerler incelenebilir.

Tablo 2.2: Konu ile ilgili literatür özeti – Türkiye.

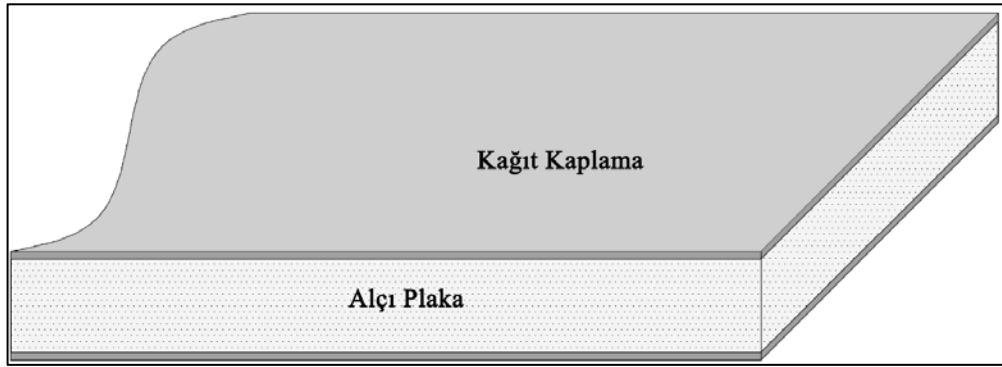
Yazar	Yıl	İçerik
Bozbei H.	2006	Geri dönüştürülebilir alçı levha ve türevi malzemenin %64’ü yapım, %14’ü yıkım işlerinden, %12’si ürün imalat süreçlerinden, %10’u yenileme ve tadilat işlerinden gelmektedir.
Tülek M.	2007	Desülfojips, Borajips ve Fosfojips gibi FGD sonucu alçı ürünler zemin stabilizasyonu için kullanılabilir.
Başar B.	2007	Kentsel dönüşüm projesinde yıkılacak bölgede seçilen bir alan çalışmasında oluşacak yıkım atıklarında yer alan alçı atıklar kurtarılabilir ve işleyip yeniden kullanılabilir hale getirilebilir.
Sağlam G.	2012	İçeriğe katılacak çeşitli oranlarda atık alçı çimento üretiminde kullanılabilir ve TS-EN 197-1 standardına uygundur.
Eroğlu B.	2018	Bor madeni atıkları, doğal alçı ve su ile çeşitli yalıtım özelliklerine sahip alçı levha üretimi.
Demir İ.	2019	Kağıt, karton, odun talaşı ve pirinç sapı atıkları ile doğal alçı karışımları hazırlanarak alçı levha üretimi denemeleri.
Aytekin M.	2019	Bor madeni atıkları ve doğal alçı karışımlarına eklenen tartarik asitin çalışılabilirliğe olumlu etkisi

Tablo 2.3: Konu ile ilgili literatür özeti – Dünya.

Yazar	Ülke	Yıl	İçerik
Dunster A. M.	İngiltere	2007	Sektörde ahşap ve çelik strüktürlü binaların artışıyla alçı levha kullanımı artmaktadır. Üreticiler; “geri alma” şemaları oluşturmaktadır.
DG ENV	Fransa	2011	İnşaat sahalarında ortalama %3-%10 arası alçı levhanın atık haline geldiği tahmin edilmekte. Alçı levha üretiminde atık alçı levha kullanım oranının %25'e kadar çıkarılabileceği bildirilmekte.
Ahmed et al.	Japonya	2011	Dünya genelinde yaklaşık 15 milyon ton/yıl, 40 bin ton/gün alçı levha atık depolama alanlarına gönderilmektedir.
Alcione et al.	Brezilya	2012	Seramik blok üretiminde %20 oranında geri dönüştürülmüş alçı kullanılabilir.
Lund-Nielsen H.	İskandinavya	2007	Geri dönüştürülen her ton alçı levha atığı için 200 kg eq/CO ₂ tasarrufu sağlanmaktadır.
		2008	Alçı ürünler arasında çoğunlukla geri dönüşüme giren alçı levhalardır.
		2010	Avrupa alçı levha üretiminde geri dönüşümlü alçı kullanımında 2035'e kadar %25 artış öngörmektedir.
		2014	Alçı levha atığının %95'i alçı tozu haline getirilebilmektedir.
Abd Rahim M. H. I. et. al.	Malezya	2016	Karışık toplanan yapım atığı toplam atık miktarını arttırmaktadır.
Ndukwe and Yuan	ABD	2016	Kuzey Amerika'da yapım şantiyelerinde alçı levha atık oluşum oranı %12 olarak belirtilmektedir.
Suarez et al.	İspanya	2016	Geri dönüştürülmüş alçı üretimi doğal alçı üretiminin %54'ü kadar enerji tüketir; %30 - %35 daha az maliyetlidir.
Morales-Conde M. J. et. al.	İspanya	2016	Ahşap atıkları ve elyaf takviyesi içeren alçı bazlı hafif yalıtım malzemesi denemesi.
Rivero and Navarro	Avrupa	2016	Alçı levha atıkları geri dönüşüm için %10'un üzerinde serbest nem ve %2'den fazla safsızlık içermemelidir.
Rivero A.J. et. al.	İspanya	2017	Örnek çalışmada %19 alçı levha atık tespiti. Atık yönetimi, yerinde ayrıştırma, optimizasyon ile atık azaltımı, eğitim ve teşvikin önemi.
Del Río Merino M. et. al.	İspanya	2017	Farklı oranlarda toz EPS ve XPS atığı katılan alçı ile başarılı denemeler.
Erbs A. et. al	Brezilya	2018	Alçı levha atığı 5 döngü boyunca geri dönüştürülüp yeniden kullanılabilir. Gerekli standartlar açısından 3. döngüye kadar uygulanabilir.
Pedreño-Rojas et. al.,	İspanya	2019a 2019b	FGD alçıda kalsinasyon şart iken geri kazanılmış alçı levha atıkları kalsinasyon gerekmeksizin doğal alçı yerine kullanılabilir. Enerji tüketimi açısından FGD kullanımına göre avantajlıdır.
		2020	LCA çalışması ile geri dönüştürülmüş alçının doğal alçıya kıyasla tüm çevresel etki kategorilerinde %40'dan fazla iyileşme sağladığı tespit edilmiştir.

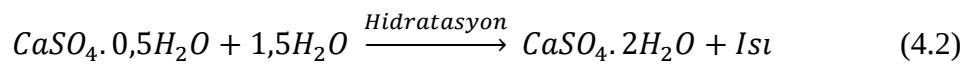
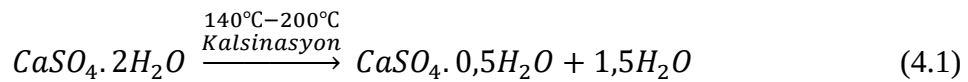
3. YAPIM ŞANTİYESİNDE ALÇI LEVHA KULLANIMI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Alçı levhalar yaygın olarak kullanılan mineral bağlayıcı hammadde kalsiyum sülfatın plaka formuna getirilirken her iki tarafı kağıt kaplanarak oluşturulan rijit levhalar olarak ifade edilebilir. Standart bir alçı levhanın şematik kesiti Şekil 3.1’de verilmiştir. Hammadde olarak doğal alçıtaşı kaynakları kullanılabildiği gibi farklı endüstriyel işlemler sonucu yan ürün olarak oluşan sentetik alçılar ve geri dönüşüm sonucu geri kazanılan alçılar da alçı ve alçı levha üretiminde kullanılabilmektedir.



Şekil 3.1: Alçı levha şematik kesiti.

Alçı üretiminde hammaddeyi oluşturan kalsiyum sülfat dihidrat kalsine edilerek içeriğinde bulunan suyun yaklaşık %75’ini kaybeder ve kalsiyum sülfat hemihidrat ve su oluşturur. Bu reaksiyonun (4.1) ardından öğütme ve eleme gibi fiziksel işlemler ve gerekliliğe göre eklenen çeşitli katkıları ile kullanılabilir yapı alçısı üretilir. Kalsiyum sülfat hemihidrat veya susuz anhidrit bileşikler halindeki alçının kullanımında kalsinasyon ile kaybedilen su tekrar eklendiğinde yeniden reaksiyona girerek (4.2) tekrar kalsiyum sülfat dihidrat meydana gelir [Pinheiro and Camarini, 2015]. Alçının hidratasyonu ile kalsiyum sülfat dihidrat oluşurken geçen sertleşme süresi boyunca alçıya şekil verilmektedir. Alçı levhalar ise temelde iki kağıt arasında yer alan plaka olarak şekillendirilmiş kalsiyum sülfat dihidrattır.



Amerika’da yapılan bir çalışmada 2018 verilerine göre yaklaşık 2,37 milyar m² alçı levha üretildiği belirtilmiştir [U.S. Geological Survey, 2019]. Ülkemizde yapılan bir çalışmada ise 2018 yılsonu itibari ile 38 alçı levha üreticisi olduğu ve yaklaşık 205,44 milyon m² alçı levha üretimi yapıldığı bildirilmektedir [İMSAD, 2019].

3.1. Alçı Levhaların Kullanımı

Alçı levha üreticileri farklı yapı gereksinimlerini ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilmek için çeşitli özellik ve ebatlarda farklı alçı levha türleri üretebilmektedir. Üretilen başlıca alçı levha türleri ve kullanım alanları aşağıda aktarılmıştır.

3.1.1. Alçı Levha Türleri ve Kullanım Alanları

Kullanım bölgelerine ve alçı levha türüne göre üretilen alçı levha boyutları farklılık gösterebilmekle birlikte ülkemizde ve Avrupa’da standart alçı levhalar genel olarak 1200x2500x12,5 mm ebatlarında üretilmekte ve tercih edilmektedir. Üreticiler tarafından levha genişliği genellikle 1200 mm sabit olmak üzere; kalınlıkları 9-18 mm ve uzunlukları 2000-3000 mm arasında değişen farklı ebat seçenekleri de kullanıcılara sunulmaktadır. Bahsi geçen farklı türde alçı levhalar aşağıda açıklanmıştır [Web 6].

FX (Flex, standart) alçı levhalar; ön ve arka yüzü kağıt kaplı, esnek ve hafif alçı levhalardır. Hızlı, temiz ve kolay montaja imkan tanır ve yüzey kaliteleri de yüksektir. Yapılarda asma tavan, bölme duvar, giydirme duvar ve kuru-sıva duvar kaplama uygulamalarında kullanılabilir.

Pahlı FX levhalar; genellikle asma tavan uygulamalarında sıva derzi oluşturması için 4 kenarı pahlı olarak üretilen FX alçı levhalardır.

WR (Water Resistant, neme dayanıklı) alçı levhalar; ön ve arka yüzü farklı renkte kağıt kaplı, su itici özellik kazandırılmış alçı levhalardır. Neme dayanım özelliği bulunan WR alçı levha yüzeylerinde seramik uygulaması da yapılabilir. Asma tavan, bölme duvar, giydirme duvar, kuru-sıva duvar kaplama uygulamalarına ek olarak şaft duvarları ve ıslak hacimlerde de uygulanabilmektedir.

Yapı uygulamalarında sıklıkla tercih edilen alçı levhalar genellikle FX ve WR alçı levhalardır. Özel içerik ya da katman gereksinimi dışında farklı türde üretilen

alçı levhaların temelde ihtiyaca göre FX ve WR alçı levhaların geliştirilmesiyle üretilen alçı levhalar olduğu söylenebilir.

Küfe ve neme dayanıklı alçı levhalar; su itici, küf önleyici özellikleri arttırılmış, ıslak hacimler ve yoğun nemli ortamlarda kullanılabilen geliştirilmiş WR alçı levhalardır. Küfe ve neme karşı dirençlerinin yanı sıra ilave olarak yangın dayanımı arttırılmış türleri de bulunmaktadır.

Yangına dayanıklı alçı levhalar; yangına dayanım süresi arttırılmış, cam elyaf katkılı alçı levhalardır. Kullanıcı talebine göre yoğunluğu arttırılmış veya su itici özellik kazandırılmış çeşitleri de bulunmaktadır. Ayrıca her iki yüzeyinde kağıt yerine cam elyaf şilte kaplı, 3 saate kadar yangın dayanımı sağlayan özel türleri de üretilmektedir. Yapıların yangına karşı korunumunun yüksek olması istenen kısımlarında tercih edilebilmektedir.

Darbeye dayanıklı alçı levhalar; darbe dayanımı ve mukavemeti arttırılmış, yangın ve neme dayanım özellikleri bulunan, daha yüksek ses yalıtım değerlerine sahip geliştirilmiş WR alçı levhalardır. Eğitim ve sağlık yapıları gibi genellikle kamusal kullanımın yoğun olduğu yerlerde tercih edilmektedir.

Alçı dış cephe levhaları; özel alçı içeriği ve her iki yüzündeki cam elyaf şilte kaplama sayesinde küf oluşumunun engellendiği, yalıtıma katkı sağlayan, suya, neme ve dış hava koşullarına dayanıklı, hafif ve A1 sınıfı yanmaz cephe kaplama plakalarıdır.

X-ray ışınlarına karşı yalıtımlı alçı levhalar; genellikle sağlık yapılarında kullanılmak üzere üretilen ve X-ray ışınlarını tutarak kurşun levha kaplaması gerektirmeyen yüksek değerlerde ses yalıtımına sahip özel alçı levhalardır.

Ses yalıtımlı alçı levhalar; konser salonu, sinema salonu, ses stüdyoları gibi akustik performans gereksinimleri duyulan hacimler için üretilen yüksek ses yalıtımına sahip alçı levhalardır. Düz yüzeyli olabildikleri gibi akustik performansa göre perfore yüzeyli ve sonlama gerektirmeyen türleri de mevcuttur.

Çivi çakılabilen özel alçı levhalar; daha çok konut yapılarına yönelik selüloz katkılı, fiber alçı teknolojisi ile üretilen ve alternatif olarak kullanıcılara sunulan alçı levhalardır. Ayrıca yüzey sonlaması gerektirmeyen ahşap lif katkılı çeşitli dokularda alçı levha çeşitleri de dekoratif uygulamalarda tercih edilebilmek üzere kullanıcılara sunulmaktadır.

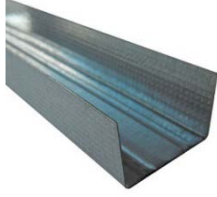
3.1.2. Diğer Yardımcı Elemanlar

Alçı levhalar ile oluşturulan yapı elemanları alçı levhalar dışında aşağıda alt başlıklarda açıklanan yardımcı elemanları da içermektedirler. Hatalı imalatlar veya yapım, tadilat ve yıkım işleri gibi faaliyetler sonucu alçı levha atıkları ile birlikte bu yardımcı elemanlar da atık oluşturmaktadır. Başlıca yardımcı elemanlar konstrüksiyon profilleri, yalıtım malzemeleri, vidalar ve dübellerdir.

- Konstrüksiyon profilleri

İhtiyaca göre farklı uzunluklarda üretilebilmekle beraber standart olarak 3 m boyunda üretilen bu konstrüksiyon profillerinin ebatları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Alçı levha imalatlarında kullanılan konstrüksiyon profilleri.

DU Profilleri	DC Profilleri	UA Profilleri
0,5x40x50-75 mm	0,5x49x48,8-73,8 mm	2x40x48,8-73,8 mm
		
Delikli Köşe Profilleri	AG Profilleri	Askı Aparatı
0,35x23x23 mm	-	-
		

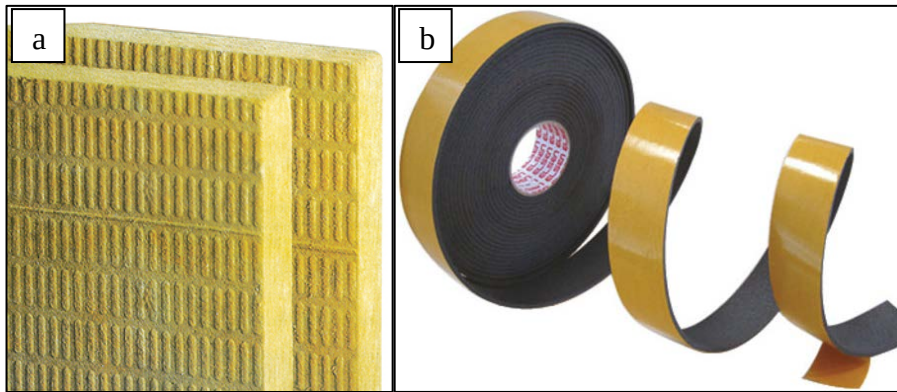
- DU (Duvar U) profilleri: Alçı levha bölme duvar sistemlerinde çerçeveyi oluşturan ve yatay uygulanan galvanize sac taşıyıcı profillerdir. Bölme duvarlarda, giydirme duvarlarda ve asma tavanlarda kullanılmaktadır.

- DC (Duvar C) profilleri: Alçı levha bölme duvar ve duvar giydirme sistemlerinde dikey olarak uygulanan galvanize sac taşıyıcı profillerdir. Bölme duvarlarda, giydirme duvarlarda ve asma tavanlarda askı sisteminden bağımsız DU profillerini tamamlayıcı eleman olarak kullanılmaktadır.

- UA (Destek) profilleri: Alçı levha bölme duvar yapımında, kapı - pencere kenarlarında kullanılan, et kalınlığı yüksek, galvanize sac taşıyıcı profillerdir. Bölme duvarlarda, giydirme duvarlarda, asma tavanlarda ve duvarda güçlendirme gereken kısımlar kullanılmaktadır.
- AG (Agraf) profilleri: DC profillerini istenen yüzeye ankraj etmeyi sağlayan galvanize sac askı elemanlarıdır. Giydirme duvarlarda ve asma tavanlarda kullanılmaktadır.
- Delikli köşe profilleri: Alçı levha duvarlarda dış köşeleri darbelere karşı korumak ve düzgün kenarlar elde etmek için kullanılan alüminyum veya çelik profillerdir. Bölme duvarlarda, giydirme duvarlarda ve asma tavanlarda dış büyük köşelerde kullanılmaktadır.
- Askı aparatı: Asma tavanlarda askı çubuğu, askı maşası ve klipsten oluşan; yapının tavan döşemesine ankrajlanarak konstrüksiyon profillerini tavan döşemesine bağlayan elemanlardır.

- Yalıtım malzemeleri

- Taş yünü yalıtım levhaları: Alçı levhalar arasında veya alçı levha - yüzey arası boşluklarda dolgu olarak kullanılan, ısı ve ses yalıtımı sağlayan, farklı yoğunlukta ve kalınlıklarda çeşitleri bulunan, mineral içerikli elyaf yalıtım levhalarıdır. (Şekil 3.2). 600x1200 mm ebatlarında üretilmekte olup; bölme duvarlarda, giydirme duvarlarda ve asma tavanlarda kullanılmaktadır.
- İzobant: Alçı levha imalatlarında ısı ve ses yalıtımı sağlamak için profil sırtlarına uygulanan kendinden yapışkanlı izolasyon bandıdır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Yalıtım malzemeleri, a) taş yünü levhalar ve b) izobant.

- Vidalar ve dübeller

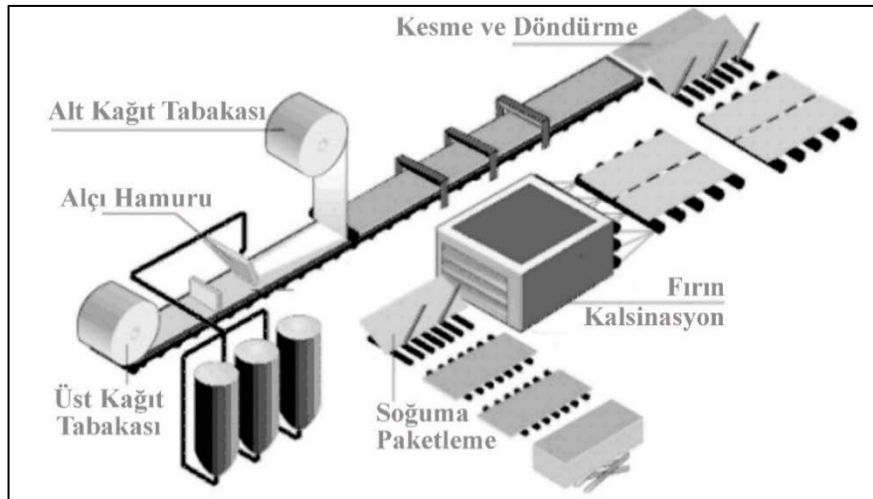
Alçı levha ile yapılan yapı elemanı imalatlarında kullanılan başlıca vidalar ve dübeller açıklamaları ile birlikte Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2: Alçı levha imalatlarında kullanılan vidalar ve dübeller.

Sivri uçlu alçı levha vidaları	
	Alçı levhaların birbirlerine ve 0,7 mm sac kalınlığına kadar metal konstrüksiyonlara tespitinde kullanılan havşa başlı vidalardır.
Matkap uçlu alçı levha vidaları	
	Alçı levhaların 0,7-2,25 mm arası kalınlıkta metal konstrüksiyona tespitinde kullanılan havşa başlı vidalardır.
YHB vidalar	
	Alçı levha imalatlarında metal konstrüksiyonun zemine ve duvara tespit edilmesinde kullanılan yivli havşa başlı vidalardır.
Mercimek başlı vidalar	
	Alçı levha imalatlarında metal konstrüksiyon ile bağlantı elemanlarının bağlanmasında kullanılan mercimek başlı vidalardır.
M6 çelik dübeller	
	Alçı levha imalatlarında metal konstrüksiyonun betonarmeye ankrajlanmasında kullanılan dübellerdir.
M8 plastik dübeller	
	Alçı levha imalatlarında konstrüksiyonun tuğla, briket vb. yüzeylere ankrajlanmasında kullanılan dübellerdir.
Gazbeton dübelleri	
	Alçı levha imalatlarında konstrüksiyonun gazbeton yüzeylere ankrajlanmasında kullanılan dübellerdir.

3.2. Alçı Levhaların Geri Dönüşümü

Alçı levhaların geri dönüşümünden önce üretiminden bahsetmek gerekirse; alçı levha üretiminde alçı öncelikle karıştırıcılarda çeşitli katkıları, mineraller ve su ile karıştırılarak hidrasyon sonucu alçı hamuru oluşturulur. İstenilen özelliklerde oluşturulan alçı hamuru alttan ve üstten silindirlerle hareket eden alçı levha kağıtlarının arasına sabit bir kalınlıkta her iki kenarında belirli bir katlama payı bırakılarak ve preslenerek doldurulur. Üretim hattı boyunca kağıt arası alçı hamuru ilerlerken kenarlardan bırakılan katlama payları üst kenarlar altta, alt kenarlar üstte kalacak şekilde katlanır. Katlama sırasında deformasyonu önleme ve kolaylık açısından kenarların üzerlerine su damlatılır. Katlama işleminden sonra elde edilen plaka taşıma bandı boyunca bir miktar sertleşir. Sertleşen levha plakaları istenilen alçı levha uzunluklarında kesilir. Arka yüzeyleri alta gelecek şekilde döndürülerek fırınlara yerleştirilen kesilmiş levhalar yaklaşık 40 dakika boyunca 350°C'den başlayarak giderek azalan çeşitli sıcaklıklarda kalsine edilir. Kalsinasyon işlemi sonrasında fırınlardan çıkartılarak soğutulan alçı levhalar paketlenerek teslimata hazır hale gelir. Alçı levha üretim süreci şeması Şekil 3.3'de verilmiştir. [Web 7].



Şekil 3.3: Alçı levha üretim şeması.

Alçı ürünlerin doğrudan yeniden kullanımı olağan dışı bir yaklaşımdır. Bu genellikle kalıplanmış veya sıva olarak kullanılmış alçı atıklarından ileri gelen bir durumdur. Ancak alçı ürünler içerisinde sabit boyutlu elemanlar olarak kullanımından ileri gelen özelliği doğrultusunda yapım şantiyelerinde atık oluşum

sürecinde temiz ve ayrıştırılarak toplanan alçı levhalar yeniden kullanılarak değerlendirilebilir malzemeler olma özelliğindedir. Yıkım şantiyelerinde ise yoğun alçı levha varlığı tespitinde yalnızca alçı levhalı imalatlara özel, temiz ve özenli bir söküm uygulaması ile sökülen levhaların yeniden kullanılabileceği düşünülebilir. Ancak bu zaman alan zahmetli bir uygulama olacaktır. Bu açıdan düşünüldüğünde alçı levhaların genellikle geri dönüştürülerek hammadde olarak yeniden kullanımının daha uygun olacağı söylenebilir. İkinci bölümde anlatılan ve tablolarla özetlenen literatür bilgilerinin devamı olarak alçı levha özelindeki çalışmalar aşağıda aktarılmıştır.

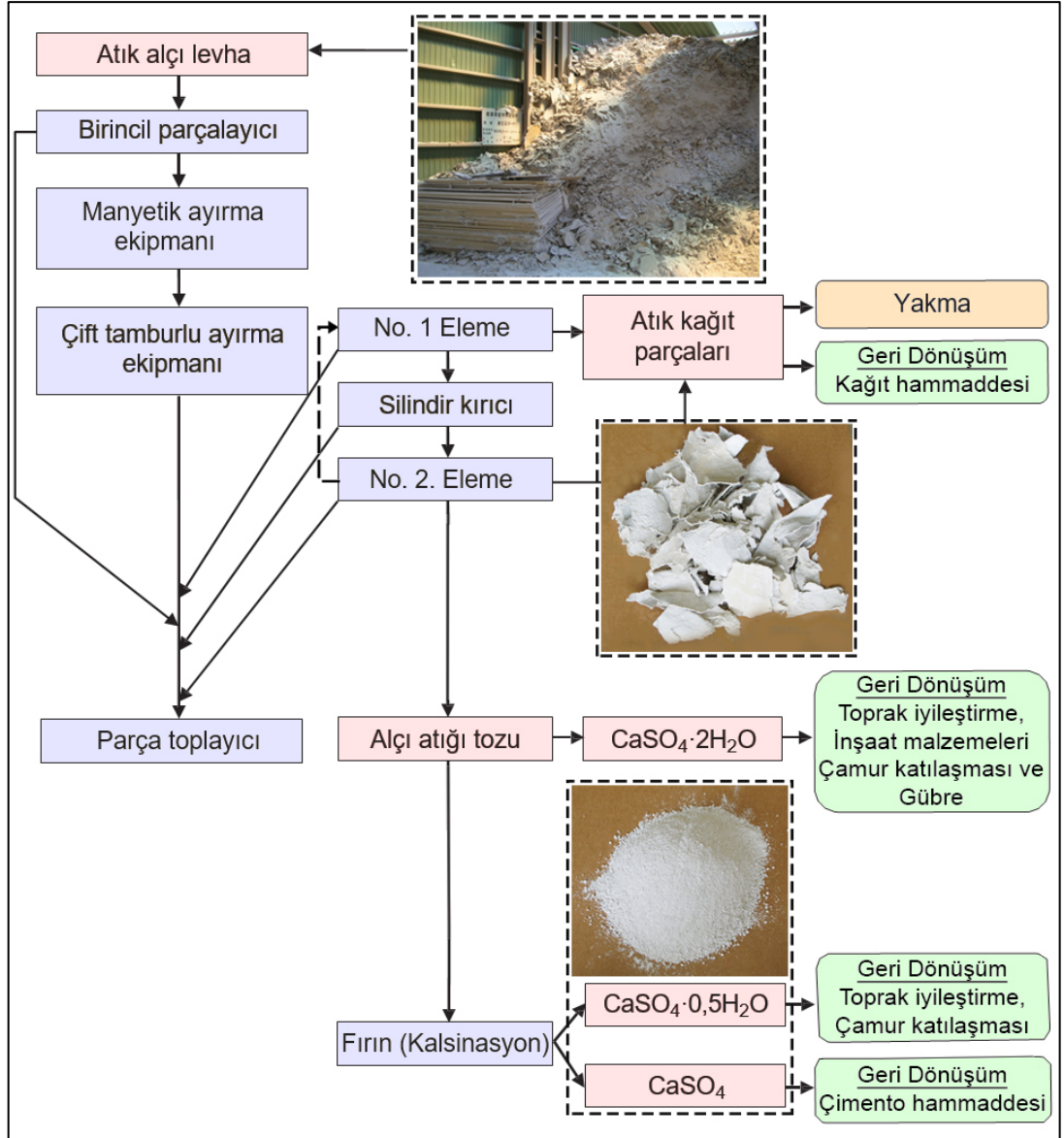
Dünya genelinde alçı özelinde araştırmalarda bulunmak üzere kurulan çeşitli organizasyonlar mevcut olup alçı ve alçı levha atıkları konusunda çalışmalarını sürdürmektedirler. Bu çalışmalarda üretim, yapım ve yıkım aşamalarında oluşan atık alçı levhaların yaklaşık olarak 15 milyon ton olduğu ve hafriyat alanlarına gönderildiği ifade edilmektedir [Ahmed et. al, 2011]. Avrupa ve Amerika’da alçı levha atıklarının uygun toplama yöntemleri ile geri kazanılmasını sağlayan geri dönüşüm firmaları bulunmaktadır. Alçı levha üreticileri ürünlerine EPD etiketi almak ve LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) gibi yapı sertifika sistemlerine uygun alçı levha malzemeler üretebilmek açısından yeni ürün üretimlerinde geri dönüştürülmüş ürün kullanımları önemli değerlendirme kriterlerinden biridir. Yapılarda kullanılacak alçı levhaların üreticiler tarafından kullanılacak ve yeni ürün üretiminde ürün içerisinde yer alacak dönüştürülmüş içerikli malzemeler bölgesel dönüşüm firmalarınca sağlanmaktadır [Lund-Nielsen, 2007].

Avrupa için gelecek planlamasında Fransa, İngiltere, Hollanda, Belçika ve İskandinav ülkelerinde alçı atıklarının %30’unun 2020 yılına kadar dönüştürülmüş alçı olarak üretimde yeniden işlenebileceği ve hem uluslararası hem de yerel düzenlemelerle bu oranın 2030 yılı için %50 olarak hedeflenebileceği belirtilmektedir. Almanya için bu hedef 2025 yılına kadar %30, 2035 yılına kadar %50 olarak belirlenmiştir. Kayda değer alçı atık geri dönüşümü olmayan ülkeler olarak belirtilen İtalya ve İspanya için 2025 yılına kadar alçı atık dönüşümünün uygulanmaya başlaması hedeflenirken; Polonya ve diğer doğu ülkeleri için öncelikle yönetimlerin geri dönüşüm için teşvik edilmesi gerektiği ve gerekli düzenlemelerin yapılmasının ardından 2025 de başlanabileceği ifade edilmektedir [GtoG, 2015].

Pinheiro ve Camarini (2015) çalışmalarında alçı levhaların ve alçı taşının (kalsiyum dihidrat) kalsinasyon ile alçıya (kalsiyum sülfat); alçının ise hidratasyon ile yeniden kalsiyum dihidrata dönüşebildiğini, bu reaksiyonların tersine çevrilebilirliğini göstermektedir. Dolayısıyla alçı ve alçı levha atıklarının tekrar tekrar geri dönüştürülerek yeniden kullanılması ve doğal kaynak tüketiminin azaltılması mümkündür.

Alçı levhaların geri dönüşümünde en önemli hususlardan biri dönüştürülecek alçı levha atıklarının kontamine olmadan temiz kalması gerekliliğidir. Alçı levha atıkları geri dönüşüm için %10'un üzerinde serbest nem ve %2'den fazla safsızlık içermemelidir [Rivero and Navarro, 2016]. Niteliğini ve dönüştürülebilme potansiyelini kaybetmeden uygun toplama yöntemleri ile elde edilen alçı levha atıklarının geri dönüşümü iki ana süreçten oluşmaktadır. İlk olarak atık alçı levhadan mekanik işlemlerle alçının kağıt tabakalarından ayrılması, ikincisi de ayrıştırılan alçının öğütülme ve kalsinasyon işlemi olarak sıralanabilir.

Atık alçı levha dönüşüm tesislerine getirilen alçı levha atıkları ön parçalama işleminin ardından içerisinde bulunabilecek çivi, vida gibi yabancı metal malzemelerden temizlenmesi için manyetik ayrıştırma işleminden geçirilir. Ardından tamburlu ayırma ekipmanları ile atık içerisinde bulunabilecek diğer yabancı maddeler ayrıştırılarak temiz atık alçı levhalara art arda eleme ve kırma işlemleri uygulanır. Eleme ve kırma işlemleri ile tamamen kağıt tabakalarından ayrılan alçı, toz halde farklı sektörlerde çeşitli amaçlarla kullanılabilir. Ayrıca fırınlarda kalsinasyon işlemi uygulanarak geri dönüştürülmüş alçı elde edilebilmektedir. Atık kağıt parçaları ise yakma veya kağıt üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. Atık alçı levhaların geri dönüşüm akış şemasına Şekil 3.4'de yer verilmektedir [Web 8].



Şekil 3.4: Atık alçı levhaların geri dönüşüm şeması.

4. ALAN ÇALIŞMASI OLARAK BİR YAPIM ŞANTIYESİ

Ülkemizdeki yapım şantiyelerinde alçı levha atıklarının potansiyelini ve durumunu incelemek amacıyla çalışma alanı olarak İstanbul’da bir konut projesine ait yapım şantiyesi belirlenmiştir.

Literatürde yer alan farklı ülkelerdeki benzer yaklaşım ve çalışmalarla birlikte değerlendirilmek üzere seçilen yapım şantiyesinde kullanılan alçı levhalar ve bu malzemelerle yapılan imalatlar incelenerek konunun gereksinimleri üzerine bilgi toplanmıştır. Bu süreçte yapım şantiyesinde imalatlar için tedarik edilen alçı levhaların şantiye alanına nakliyesi ve sonraki imalat süreci, imalat sonrası atık alçı levha oluşumları ve atıkların toplanması ile şantiye alanından bertarafı gözlemlenmiştir. Tedarik edilen alçı levha miktarları ve bu malzemelerle gerçekleştirilen imalat metrajlarına dair sayısal veriler kıyaslanmıştır. İncelenen yapım şantiyesince tercih edilen atık bertaraf yöntemine göre karışık olarak bertaraf alanına gönderilen atık miktarlarına yine sayısal olarak çalışmada değinilmektedir. Ayrıca yapılan imalatlarda görev alan yöneticiler ve imalatçılar ile yapım şantiyesinde oluşan atık alçı levhaların durumu, uygulanan alçı levha atık toplama sistemi, mevcut uygulamalara karşı görüşleri, alçı levha atıkları konusunda yaklaşımları ve atıklarla ilgili eğitim durumları gibi konularda veri toplamak amacıyla anket çalışması yapılmıştır.

4.1. Proje Künyesi

Tez çalışması kapsamında belirlenen çalışma alanına ait bilgiler aşağıdaki başlıklarda özetlenmiştir.

4.1.1. Konum ve Proje Bilgileri

İncelenen konut projesine ait yapım şantiyesi; İstanbul Anadolu Yakası, Kartal İlçesi, Soğanlık mevkiinde D-100 karayolunun 500 m güneyinde yer almaktadır (Şekil 4.1) [Web 9].



Şekil 4.1: Proje alanının konumu.

Projede, 45.000 m² arsa alanı üzerinde kat sayısı 11 ile 41 arasında değişen yüksek katlı 4 blok ve 8 katlı 22 blok olmak üzere toplam 26 blok ve 1243 konut yer almaktadır. Sekiz katlı 22 blokta yer alan 527 konutun alçı levha imalatları 11 ay süreyle (Ekim 2017-Kasım 2018) incelenebilmiştir. Bu bloklarda yapılan ince işler kapsamında 18 blokta alçı levha duvar ve kaplama işleri ile 12 blokta alçı levha tavanlar tamamlanmıştır. Bloklarda yapılan imalatlarla ilgili Bölüm 4.2’de detaylı bilgi verilmektedir. Yapım şantiyesinin vaziyet planı ile duvar ve tavan imalatları tamamlanan bloklar Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

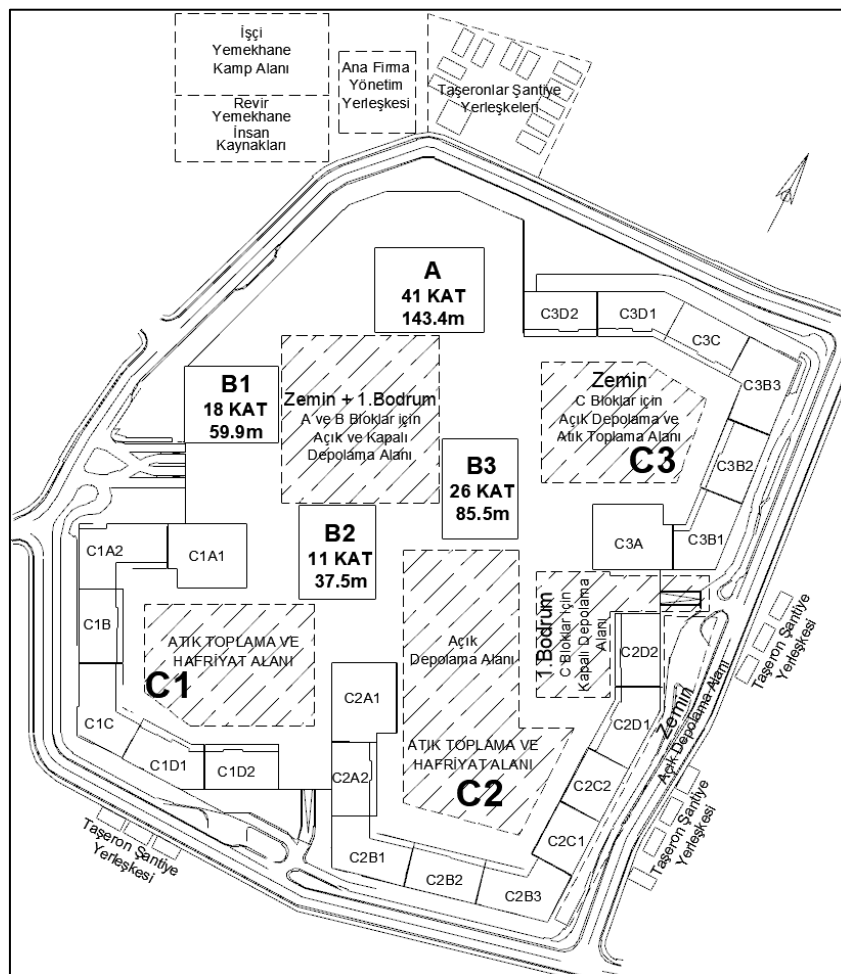


Şekil 4.2: Yapım şantiyesi vaziyet planı ve incelenen bloklar.

4.1.2. Şantiye Kurgusu

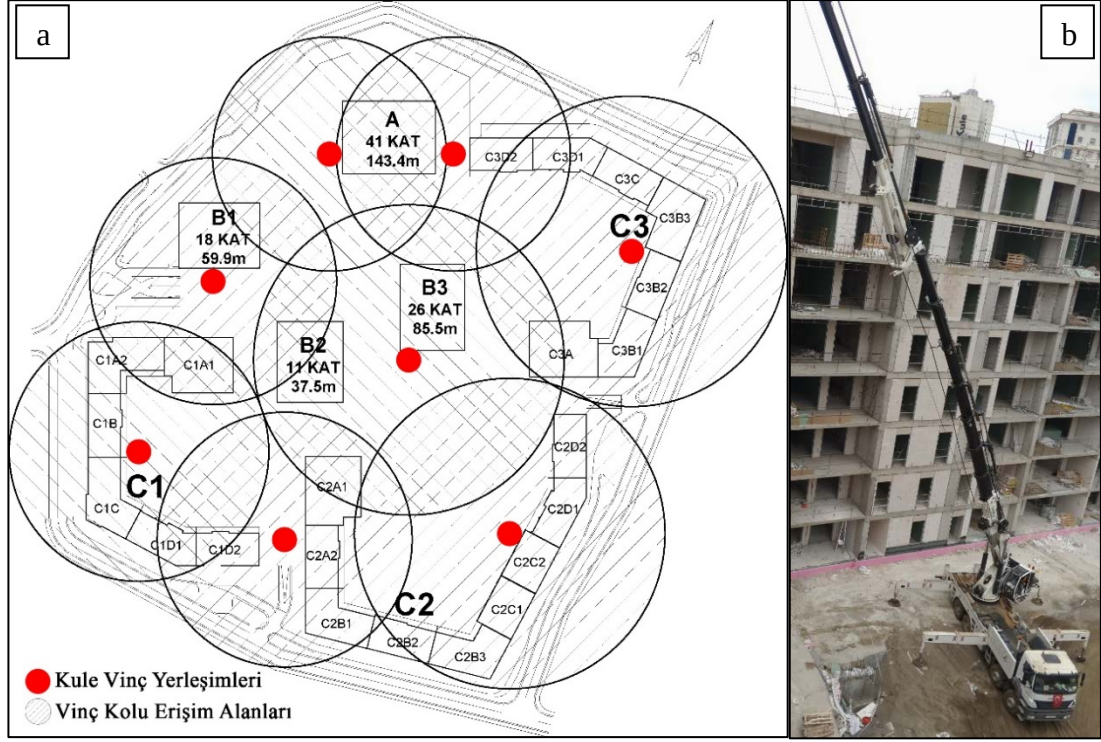
Şantiye alanı içerisine depolama ve hafriyat alanları ile imalatlardan sorumlu taşeron ekiplerin idare ofisleri yerleştirilmiştir. Güvenlik önlemleri açısından yönetici idare ofislerinin ve çalışanların konaklama, sağlık ve sıhhi ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri kamp yerleşkesinin şantiye alanı dışında belirlenen uygun bir yerde konumlandırıldığı gözlemlenmiştir.

İncelenen yapım şantiyesinde yapı malzemelerinin depolanması için malzeme özellikleri ve taşıma kolaylığı açısından uygun alanlar belirlenmiştir. Hava koşullarına dayanıklı malzemeler genellikle şantiye alanı içerisinde açık alanlarda depolanmaktadır. Olumsuz hava koşullarından etkilenebilecek çimento, boya, yalıtım şilteleri, alçı, alçı levhalar vb. yapı malzemeleri ise bodrum katlarda imalat yerlerine malzeme aktarımına elverişli alanlar belirlenerek bu alanlarda depolanmaktadır. Şantiye yerleşimi ve söz konusu alanlar Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Şantiye yerleşimi.

Yapı malzemeleri imalatların yapılacağı yerlere çeşitli yatay ve düşey taşıma yöntemleri ile aktarılmaktadır. Düşey taşıma için şantiye alanı içerisinde kule vinç ağı kurulmuştur. Kule vinçlere ilave olarak hareketli vinçlerle de düşey taşıma ihtiyacı karşılanmaktadır. Şantiye alanı içerisinde oluşturulan kule vinç kurgusu ve örnek hareketli vinç kullanımı Şekil 4.4’de gösterilmektedir.



Şekil 4.4: a) Kule vinç kurgusu ve b) hareketli vinç.

Malzemelerin yatay taşınması ise şantiye alanı içerisinde mikro taşıyıcı ve teleskopik taşıyıcılarla sağlanırken, imalat katlarında transpaletlerden faydalanılmaktadır. Yatay taşıma ihtiyacını karşılayan taşıyıcı elemanlar Tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Yatay taşıma elemanları.

Transpalet	Mikro Taşıyıcı	Teleskopik Taşıyıcı
		

4.1.3. Yapım Şantiyesinde LEED Kriterleri

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sertifika sistemi USGBC (U.S. Green Building Council) tarafından geliştirilmiş ve sürdürülebilirlik ölçütleri doğrultusunda performans iyileştirmeleri amaçlayan stratejiler önererek tasarlanan ve yapılan yapılara üçüncü taraf doğrulama belgesi veren uluslararası tanınmış yeşil bina sertifikasyon sistemidir [Web 10].

Bu çalışmada incelenen yapım şantiyesi LEED NC (LEED New Construction) kategorisinde Gold sertifikası hedeflenerek belirli periyotlarla inşaat süresince denetlenmektedir. LEED değerlendirme kriterleri içerisinde şantiye yönetimi ve malzemelerin yeniden kullanılması ile kullanılan malzemelerin dönüştürülmüş içerik ve yerel malzeme olma durumları değerlendirme kriterleri arasında yerini almaktadır. Sertifikasyon için yapım sürecinde kullanılacak malzemelerin kriterlere uygunluğu öncelikle malzeme üreticisi firmalardan elde edilen belge ve beyanlar ile şantiye yönetimi tarafından onaylanmaktadır. İmalatlarda onaylı malzemelerin kullanımı imalat süreleri boyunca denetlenmektedir. Malzemelerin beklenen kriterlere göre üretici beyanları ile onaylanarak şantiyede kullanılacak olması dolayısı ile LEED değerlendirme kriterlerinde onaylı malzemelerin kullanılıp kullanılmadığı incelenerek malzeme ve kaynak değerlendirmesinde malzemeler özelinde değil genel bir değerlendirme yapılmaktadır. Bu kapsamda Tablo 4.2’de LEEDv4 kriterlerine göre yapım şantiyesinde kullanılmak üzere onay almış alçı levha üreticisinin güncel içerik deklarasyonu yer almaktadır [Web 4].

Tablo 4.2: Alçı levha üreticisi firmanın LEEDv4 deklarasyonu.

<u>Kullanılan</u> <u>Alçı Levhalarda;</u>	Üretim: Ankara		Üretim: İzmit	
	WR	FX	WR	FX
	Alçı Levha	Alçı Levha	Alçı Levha	Alçı Levha
Geri Dönüşümlü İçerik	% 4,94	% 5,52	% 4,27	% 6,02
Bölgesel İçerik	% 96,57	% 96,68	% 41,80	% 42,86
Biyolojik İçerik	% 2,77	% 2,85	% 1,91	% 2,68

İncelenen yapım şantiyesinde yöneticilerle yapılan görüşme ve elde edilen verilere göre [Saha Görüşmeleri, 2018], sertifikasyon için LEED akreditasyonu ile şantiyede denetlemelerde bulunan danışmanlık ve proje yönetim firmasının projede kullanılan tüm malzemeleri değerlendirdiği bir raporda min. %20 yerel malzeme ve

geri dönüştürülmüş içerikli malzeme kullanıldığı ve yeniden kullanılan malzeme oranının %5'den az olduğu bildirilmektedir. Tablo 4.3'de verilen bu denetim raporu puanlamasına göre şantiye atık yönetimi konusunda yapılan değerlendirmede malzemelerin min. %75 geri dönüştürüldüğü veya kurtarıldığı belirtilmektedir. Ancak geri dönüştürülmüş malzeme içeriği ve yerel malzeme kullanımı ile ilgili gerekli belgelerin henüz tamamlanmamış olduğu ve atıkların geri dönüşüme gönderilmesi ile ilgili sistemin henüz yeterli olmadığı; ilgili raporun denetmen notlarında yer almaktadır. Malzeme ve kaynak kullanımı ile ilgili puanlamada 14 puan üzerinden 6 puanlık başarı söz konusu iken farklı değerlendirme kriterlerinin de puanlandığı raporun tamamında verilen toplam 65 puan ile 60-79 puan aralığında bulunan Gold sertifikasına hak kazandığı görülmektedir.

Tablo 4.3: İncelenen yapıım şantiyesi için LEED puanlama raporu.

Evet	?	Hayır		
25	0	1	Sürdürülebilir Arazi	Maks. Puan : 26
6	0	4	Su Verimliliği	Maks. Puan : 10
12	1	22	Enerji ve Atmosfer	Maks. Puan : 35
		7	Santiyede Yenilenebilir Enerji	1 - 7
			1% Yenilenebilir Enerji	1
			3% Yenilenebilir Enerji	2
			5% Yenilenebilir Enerji	3
			7% Yenilenebilir Enerji	4
			9% Yenilenebilir Enerji	5
			11% Yenilenebilir Enerji	6
			13% Yenilenebilir Enerji	7
6	0	8	Malzemeler ve Kaynaklar	Maks. Puan : 14
		3	Geri Dönüştürülebilir Toplama ve Depolama	
			Bina Yeniden Kullanımı - Mevcut Duvar, Zemin ve Çatıyı Koruma	1 - 3
			Yeniden Kullanım 55%	1
			Yeniden Kullanım 75%	2
			Yeniden Kullanım 95%	3
		1	Bina Yeniden Kullanımı - Taşıyıcı Olmayan İç Mekan Öğelerinin % 50'sini Koruma	1
2			Şantiye Atık Yönetimi	1 - 2
			50% Geri Dönüştürülme veya Kurtarıma	1
			75% Geri Dönüştürülme veya Kurtarıma	2
		2	Malzemelerin Yeniden Kullanımı	1 - 2
			Yeniden Kullanım 5%	1
			Yeniden Kullanım 10%	2
2			Geri Dönüştürülmüş İçerik	1 - 2
			10% İçerik	1
			20% İçerik	2
2			Yerel Malzemeler	1 - 2
			10% Malzeme	1
			20% Malzeme	2
		1	Hızla Yenilenebilir Malzemeler	1
		1	Sertifikalı Ahşap	1
9	0	6	İç Mekan Yaşam Kalitesi	Maks. Puan : 15
4	1	1	İnovasyon ve Tasarım Süreci	Maks. Puan : 6
3	0	1	Yerel Önem Değeri	Maks. Puan : 4
65	2	43	Toplam	Maks. Puan : 110
Sertifikalı 40 - 49 puan Silver 50 - 59 puan Gold 60 - 79 puan Platinum 80 - 110 puan				

4.2. Yapım Şantiyesinde Kullanılan Alçı Levhaların İncelenmesi

Bu bölümde incelenen yapım şantiyesinde kullanılan alçı levhalar, alçı levhalarla yapılan uygulamalar ve alçı levhaların şantiye alanına gelişinden atık olarak bertaraf tesislerine gönderilişine kadar geçen süreç anlatılmaktadır.

4.2.1. Kullanılan Alçı Levha Ürünler ve Uygulamaları

İncelenen yapım şantiyesinde yönetim tarafından onaylanan bir üreticiden tedarik edilen FX (standart) alçı levhalar asma tavan imalatlarında, WR (neme dayanıklı) alçı levhalar ise bölme duvar, duvar kaplama ve ıslak hacim asma tavan imalatlarında kullanılmıştır.

4.2.1.1. Alçı Levha Bölme Duvar Uygulaması

İncelenen yapım şantiyesinde alçı levha bölme duvar imalatı yapılacak katlarda öncelikle projeye göre yapılması istenen duvarın yerleri ve uzunlukları lazer yardımı ile belirlendikten sonra alçı levhalar için DU ve DC profilleri ile oluşturulan taşıyıcı konstrüksiyonun tamamlanmış hali Şekil 4.5’de gösterilmiştir [H. A. Özdoğan Arşivi, 2018].



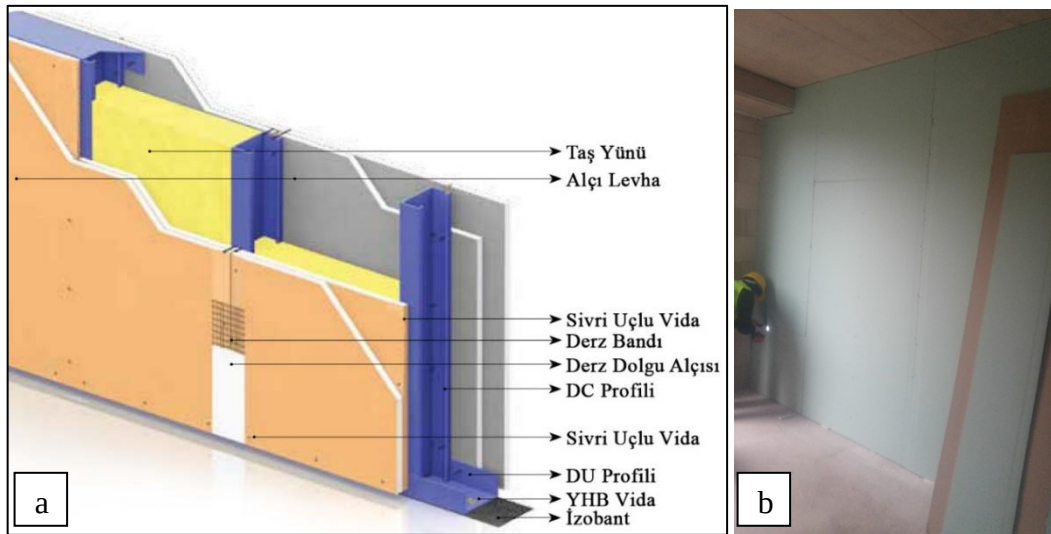
Şekil 4.5: a) Alçı levha konstrüksiyon profillerinin birleşimi ve b) tamamlanmış konstrüksiyon örneği.

Bir yüzleri çift kat alçı levha ile kapatılan duvarların içerisinde yer alacak gerekli elektrik-mekanik tesisat uygulamaları yapıldıktan sonra, konstrüksiyon profillerinin aralarında kalan boşluklar yalıtım amaçlı olarak taş yünü levhalar ile doldurulur. Alçı levhaların duvar konstrüksiyonuna montajı ve taş yünü yalıtım uygulaması örneği Şekil 4.6’da gösterilmektedir [H.A. Özdoğan Arşivi, 2018].



Şekil 4.6: a) Alçı levhaların konstrüksiyona montajı ve b) taş yünü yalıtım uygulaması.

Duvar içerisinde yer alacak olan tesisat ve yalıtım uygulamalarından sonra konstrüksiyonun diğer yüzüne de çift kat alçı levha monte edilerek duvar imalatı tamamlanır. Son durumda her iki yüzünde çift kat levha ve arasında konstrüksiyon profilleri ile taş yünü dolgu bulunan alçı levha bölme duvarlar elde edilmektedir. Alçı levha bölme duvar teknik uygulama detayı ve tamamlanmış bölme duvar örneği Şekil 4.7’de yer almaktadır [Web 11], [H. A. Özdoğan Arşivi, 2018].



Şekil 4.7: a) Alçı levha bölme duvar detayı ve b) tamamlanmış bölme duvar örneği.

4.2.1.2. Alçı Levha Duvar Kaplama Uygulaması

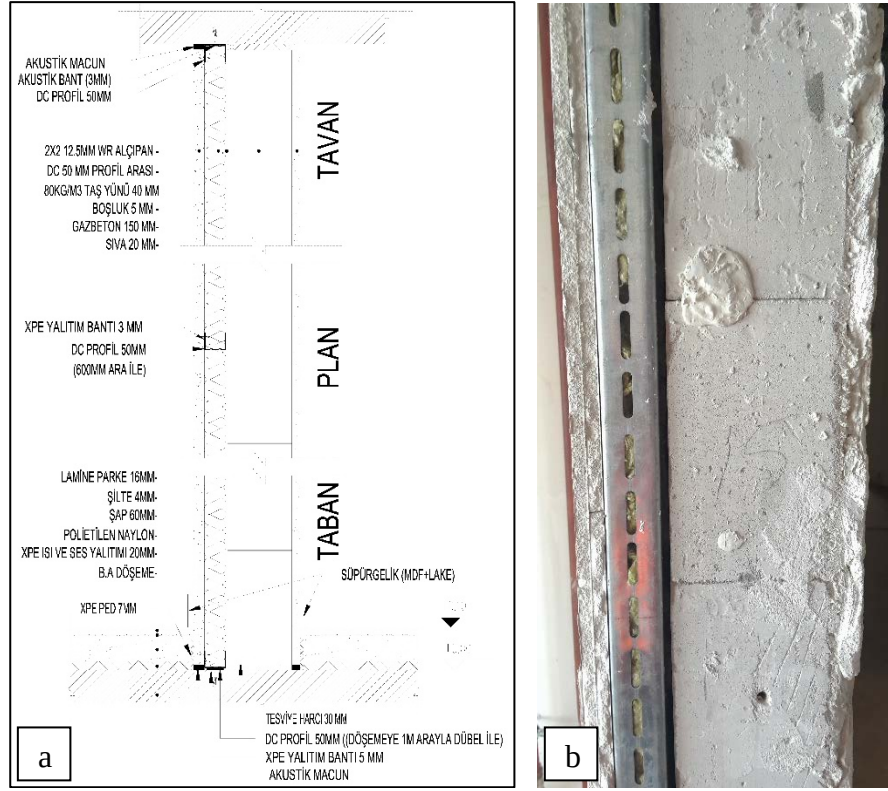
Mevcut betonarme yüzeylerin veya tuğla, gazbeton, briket vb. malzemelerle oluşturulan duvarların yüzeyleri düzgün yüzeyler elde etmek ve ilave yalıtım sağlamak amacı ile alçı levhalarla kaplanarak duvar kaplama uygulamaları yapılabilmektedir. Yapıştırma yöntemiyle basitçe yapılabildiği gibi konstrüksiyon oluşturarak daha detaylı ve katmanlı kaplama yöntemleri de mevcuttur.

DU-DC profil konstrüksiyonu ile yapılan kaplama duvar uygulamalarında mevcut duvar yüzeyine paralel 5-10 mm açıklıkta izobantlı DU profilleri zemine ve tavana uygulanarak alçı levha bölme duvarlarda olduğu gibi DC profilleri ile konstrüksiyon kurulur. Alçı levha montajı öncesinde duvar üzerinde Şekil 4.8’de görüldüğü üzere (a) tesisat elemanları ve (b) yalıtım dolgusu yerleştirilir [H. A. Özdoğan Arşivi, 2018].



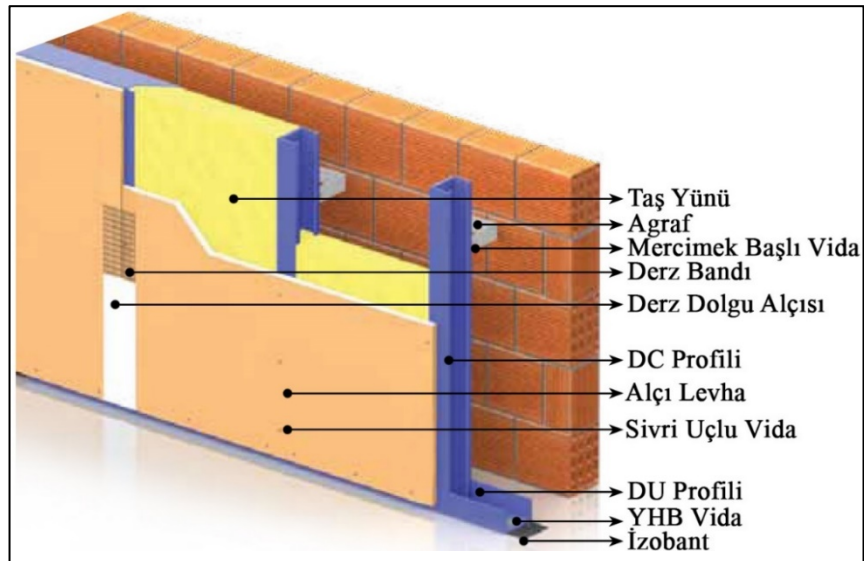
Şekil 4.8: Alçı levha montajı öncesi duvar kaplama örnekleri. a) Tesisat elemanları ve b) yalıtım dolgusu.

Mevcut duvardan 5-10 mm ötelenmiş dış yüzü çift kat alçı levhalı duvar kaplama uygulaması tamamlanır. Şekil 4.9’da konstrüksiyon profilleri kullanılarak oluşturulan alçı levha kaplama duvar uygulama detayı yer almaktadır [H. A. Özdoğan Arşivi, 2018].



Şekil 4.9: a) Konstrüksiyonlu alçı levha duvar kaplama detayı ve b) yapım örneği.

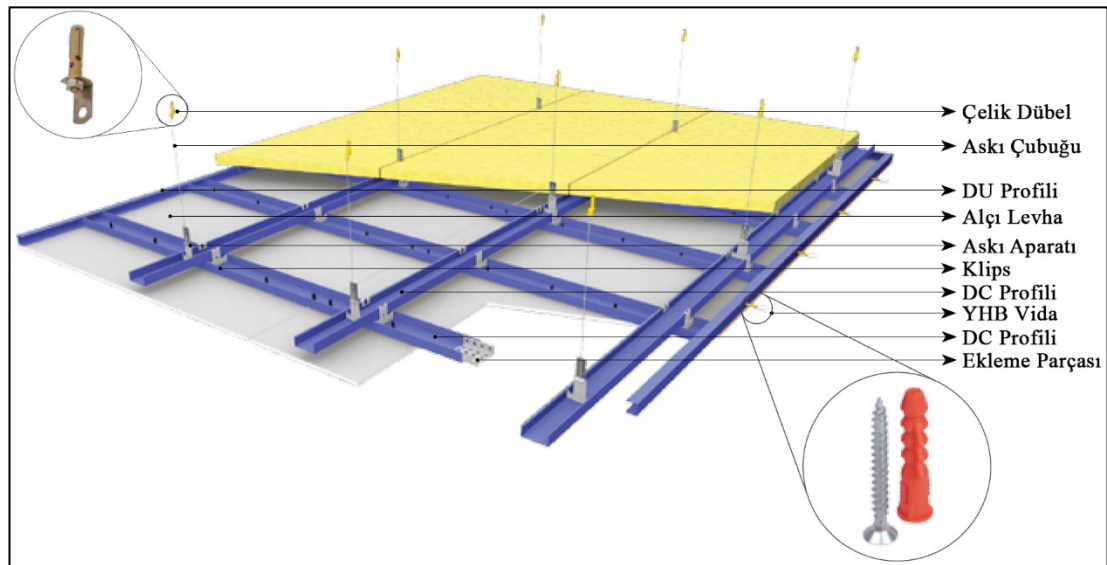
DU profilleri yerine agraf kullanılarak da kaplama duvar uygulamaları yapılabilmektedir. Konstrüksiyonu tamamlanan duvarın tesisat ve yalıtım dolguları yapılır. Çift kat alçı levha ile yüzey kaplamaları yapılarak duvar imalatı sonlandırılır. Agraf kullanılarak yapılan kaplama duvar uygulama detayı Şekil 4.10'da yer almaktadır [Web 11].



Şekil 4.10: Agrafalı alçı levha duvar kaplama detayı.

4.2.1.3. Alçı Levha Tavan Uygulaması

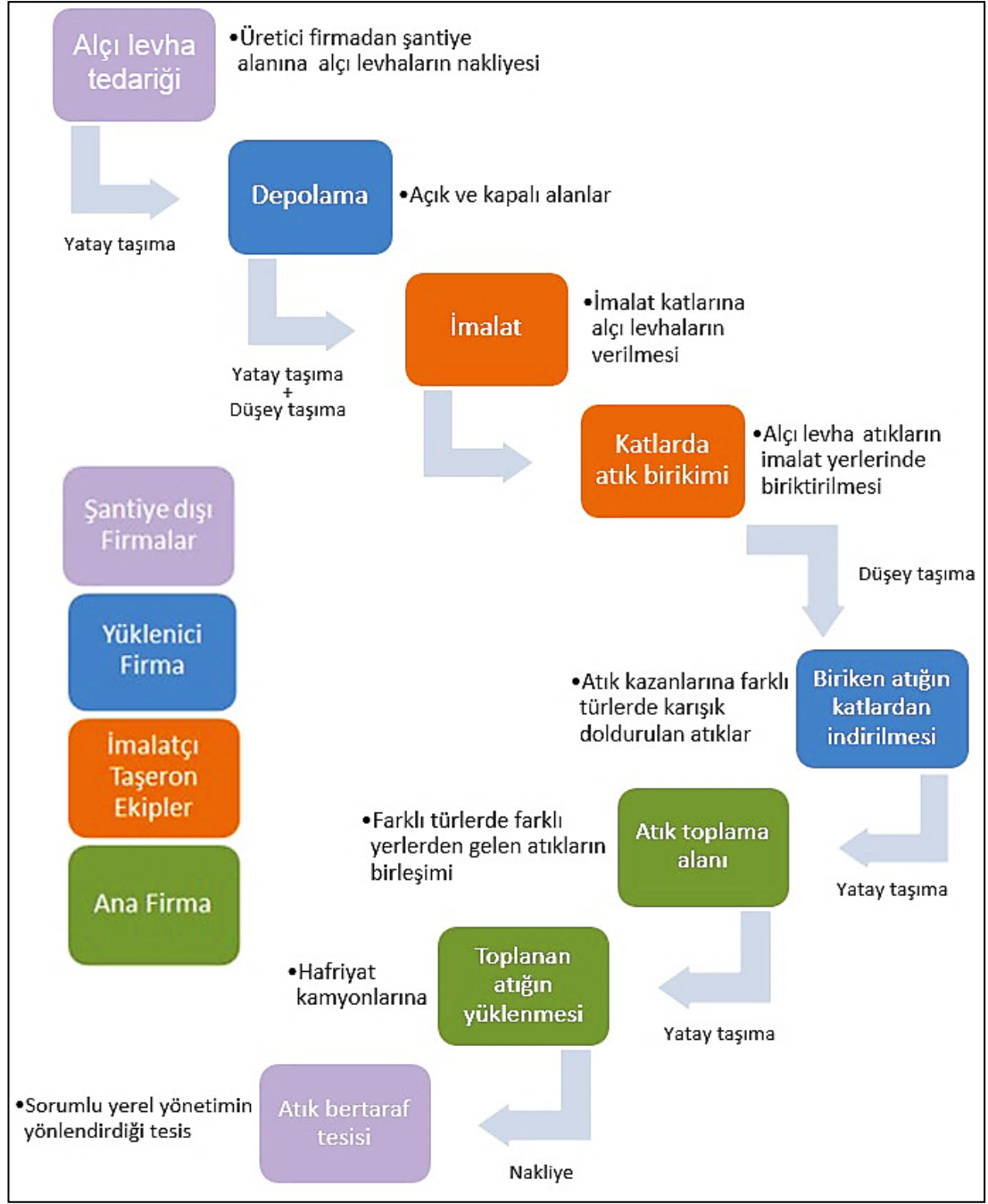
Mekanın tavanları uygulama ve dekoratif tercihler doğrultusunda alçı levhalar kullanılarak kapatılabilmektedir. İncelenen yapım şantiyesinde proje doğrultusunda ıslak hacim, mutfak, kat holleri ve konut koridorları gibi bazı mekanların tavanlarında alçı levha ile asma tavan uygulamaları yapılmıştır. Alçı levhalı asma tavanlarda konstrüksiyonun tavana sabitlenmesi için askı aparatları kullanılmaktadır. Uygulamanın yapılacağı yerlerde her iki yönde 0,9 m aralıklarla çelik dübel ve YHB vida kullanılarak askı aparatları tavana monte edilir. Alçı levhaların monte edileceği konstrüksiyon profilleri uygulamanın yapılmak istendiği yükseklikte askı aparatlarına sabitlenir. Tavanda kurulan konstrüksiyona alçı levhalar monte edilerek alçı levha asma tavan uygulaması tamamlanır. Şekil 4.11’de alçı levha asma tavan uygulama detayı verilmektedir [Web 11].



Şekil 4.11: Alçı levha asma tavan uygulama detayı.

4.2.2. Alçı Levhaların Tedarik, Depolanma ve İmalat Süreci

İncelenen yapım şantiyesindeki alçı levha imalatları ana firma adına yüklenici firma taahhüdünde imalatçı alt taşeron ekiplere yaptırılmıştır. Bloklar bazında paylaştırılan imalatlar dört farklı imalatçı alt taşeron ekip tarafından gerçekleştirilerek imalat ilerleyişi takip edilmiştir. Alçı levha tedarik, imalat ve atık oluşum akışı Şekil 4.12’de özetlenmektedir [Özdoğan ve İpekçi, 2019].



Şekil 4.12: Alçı levha tedarik-imalat-atık akış şablonu.

Çalışma kapsamında 11 ay süreyle incelenen yapım şantiyesinde tedarik edilen ve kullanılan alçı levhaların yaklaşık olarak miktarları Tablo 4.4’de gösterilmektedir.

Üretici firmaya yapılan sipariş üzerine planlanan termin sürelerinde alçı levhalar yapım şantiyesine sevk edilmektedir. Şantiyeye gelen ürünlerin teslimi yüklenici firma imkanlarıyla sağlanan ve Bölüm 4.1.2’de anlatılan yatay taşıma yöntemi ile yapılmaktadır (Şekil 4.13) [Özdoğan ve İpekçi, 2019].

Tablo 4.4: Tedarik edilen ve kullanılan alçı levhaların miktarları.

	Tedarik Edilen (m ²)	Kullanılan (m ²)
WR (Neme Dayanıklı) Açı Levha	148.000	140.000
FX (Standart) Alçı Levha	10.000	9.550
TOPLAM	158.000	149.550



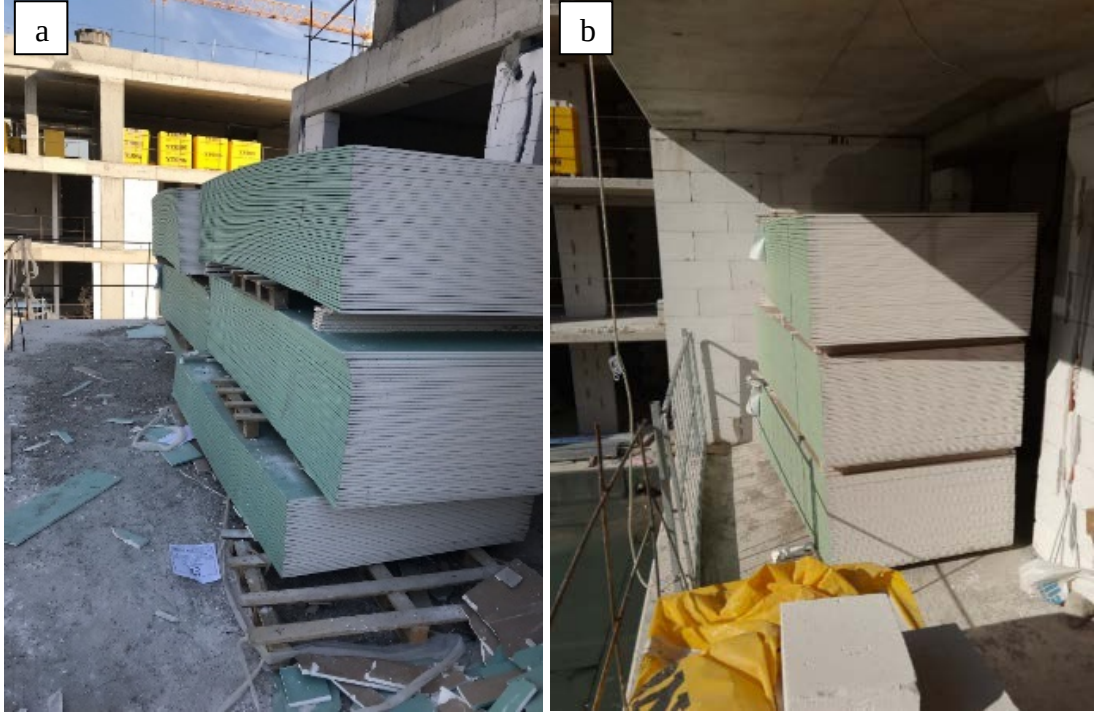
Şekil 4.13: Depolanmak üzere alçı levhaların teslimi.

Alana gelen alçı levhalar imalatların gerçekleştirileceği katlara aktarılmadan önce çevresel şartlara karşı korunaklı alanlarda depolanmaktadır (Şekil 4.14) [Özdoğan ve İpekçi, 2019].



Şekil 4.14: a) ve b) Alçı levhaların depolanması.

İş planına göre imalat öncesinde yine yüklenici firma imkanları ile düşey ve yatay taşıma yöntemleri ile öngörülen miktarda gerekli olan alçı levhalar depolama alanlarından imalatların yapılacağı katlara aktarılmaktadır (Şekil 4.15) [Özdoğan ve İpekçi, 2019]. Katlara bırakılan malzemelerin ve imalatların sorumluluğu bu aşamadan sonra imalatı yapacak olan imalatçı taşeron ekibe aittir.



Şekil 4.15: a) ve b) Alçı levhaların depolama alanlarından imalat katlarına aktarılması.

4.2.3. İmalat Dışı ve Sonrası Oluşan Atık Alçı Levhalar ve Şantiye Alanından Bertarafı

İncelenen yapım şantiyesinde tedarik edilen ürünlerin imalat öncesinde, imalat için katlara aktarılmasına kadar geçen sürede ve imalat sonrasında ki süreçlerde vandalizm, zarar gören bitmiş imalatlar, yanlış depolama ve taşıma kazaları gibi daha fazla atık oluşumuna neden olabilecek imalat dışı etkenler gözlemlenmiştir. İmalat süreci dışında daha fazla atığa neden olan bu etkenlere ait örnekler Tablo 4.5’de gösterilmektedir [Özdoğan ve İpekçi, 2019].

Tablo 4.5: İmalat dışı atık oluşumuna neden olan etkenler.

Taşıma kazaları		
Yanlış depolama		
Zarar gören bitmiş imalatlar		
Vandalizm		

İmalatçı ekiplerin çoğunun imalat sürecinden sonra sınıflandırma yapmaksızın atık alçı levhaları çeşitli türlerdeki atıklarla karışık halde imalatın yapıldığı katta belli bir noktada topladıkları gözlemlenmiştir. Kişisel inisiyatiflerle kısmen olumlu ayrıştırma ve toplama uygulamaları istisnai olarak görülse de genel durumun atıkların kontamine olmasıyla daha katlarda toplanırken niteliklerini kaybetmeye başladığı şeklinde ifade edilebilir (Şekil 4.16) [Özdoğan ve İpekçi, 2019].



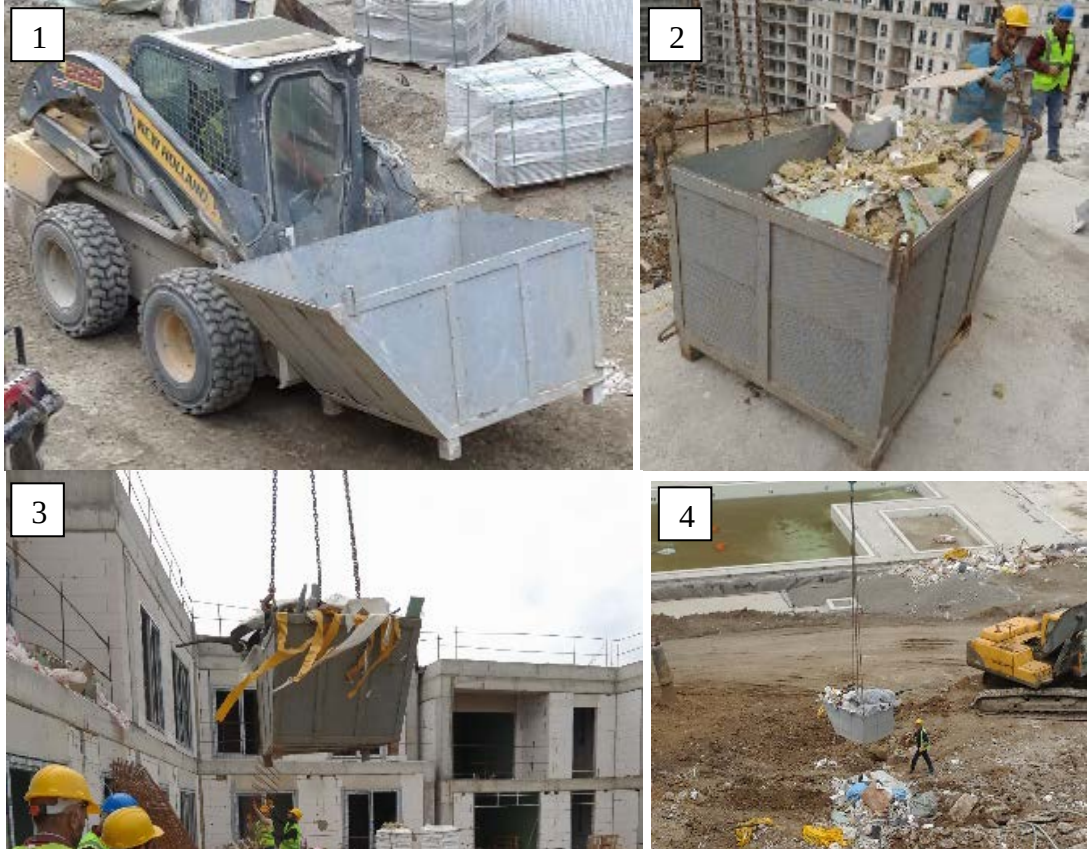
Şekil 4.16: a) ve b) Kat imatları ve c) atıklar.

İmalat sonrasında ayrıştırılmadan farklı tür atıklarla kontamine olma, kullanılabilecek ebatlardaki malzemelerin değerlendirilmeyerek atık optimizasyonuna olumsuz etki etme gibi verimsiz durumdaki çeşitli atık alçı levhalara dair örnekler Şekil 4.17’de görülebilmektedir [Özdoğan ve İpekçi, 2019]. İmalat yerlerinde oluşan alçı levha atıkları toplama alanlarına doğru aktarılırken atık toplama sistemi giderek kontrolsüz duruma gelmektedir. Oluşan alçı levha atıkları zaman zaman oluşum yerlerinde ayrıştırılarak toplanırken son durumda çoğunlukla açık alanlarda farklı atık türleri ile kontamine hale gelmektedir.



Şekil 4.17: İmalat sonrası oluşan atık alçı levhalardan çeşitli örnekler.

Atıkların toplanma süreci imalatların tamamlanmasından sonra yüklenici firmanın düşey taşıma yöntemi ile atık kazanlarını katlara bırakmasıyla devam eder. Katlarda biriken atıklar bu atık kazanlarına doldurularak yine yüklenici firmanın sağladığı yatay ve düşey taşıma olanakları ile kattan indirilir ve şantiye alanındaki tüm blokların ortak kullanacağı bir pozisyona konumlandırılan ortak atık toplama alanına boşaltılır (Şekil 4.18) [Özdoğan ve İpekçi, 2019]. Farklı blok ve katlardan gelen ve ortak atık toplama alanında biriktirilen imalat atıkları ana firmanın sağladığı nakliye ve taşıma olanakları ile hafriyat kamyonlarına yüklenmektedir.



Şekil 4.18: Atık kazanının işlevsel sıralı süreci.

İncelenen yapım şantiyesinde imalat yerlerinden bir şekilde karışarak şantiye içerisindeki ortak atık toplama alanlarına gelen atıklar Şekil 4.19’da görülmektedir [Özdoğan ve İpekçi, 2019]. Her türlü söz konusu imalat atığının karışık olarak doldurulduğu hafriyat kamyonları ise sorumlu yerel yönetimin yönlendirdiği atık bertaraf tesisine ana firma sorumluluğunda nakledilmektedir.



Şekil 4.19: a) Ortak atık toplama alanlarında b) karışık olarak biriktirilen imalat atıkları.

Ortak atık toplama alanlarında karışık olarak biriktirilen imalat atıklarının incelenen yapım şantiyesinde yerel yönetimin yönlendirmesi ile Hekimbaşı, Şile ve Aydınli atık aktarma istasyonlarına kimi zaman ise doğrudan Kömürcüoda (Şile) Atık Bertaraf Tesisine gönderildiği belirlenmiştir. Bu gözlemlere göre incelemelerde bulunulan 11 aylık süre içerisinde 113 kamyon karışık atık bu tesislere gönderilmiştir. Ortalama her kamyonun 7-7,5 ton atık taşıdığı düşünüldüğünde yaklaşık olarak 780-800 ton karışık atığın bertaraf tesisine nakledildiği varsayılabilir.

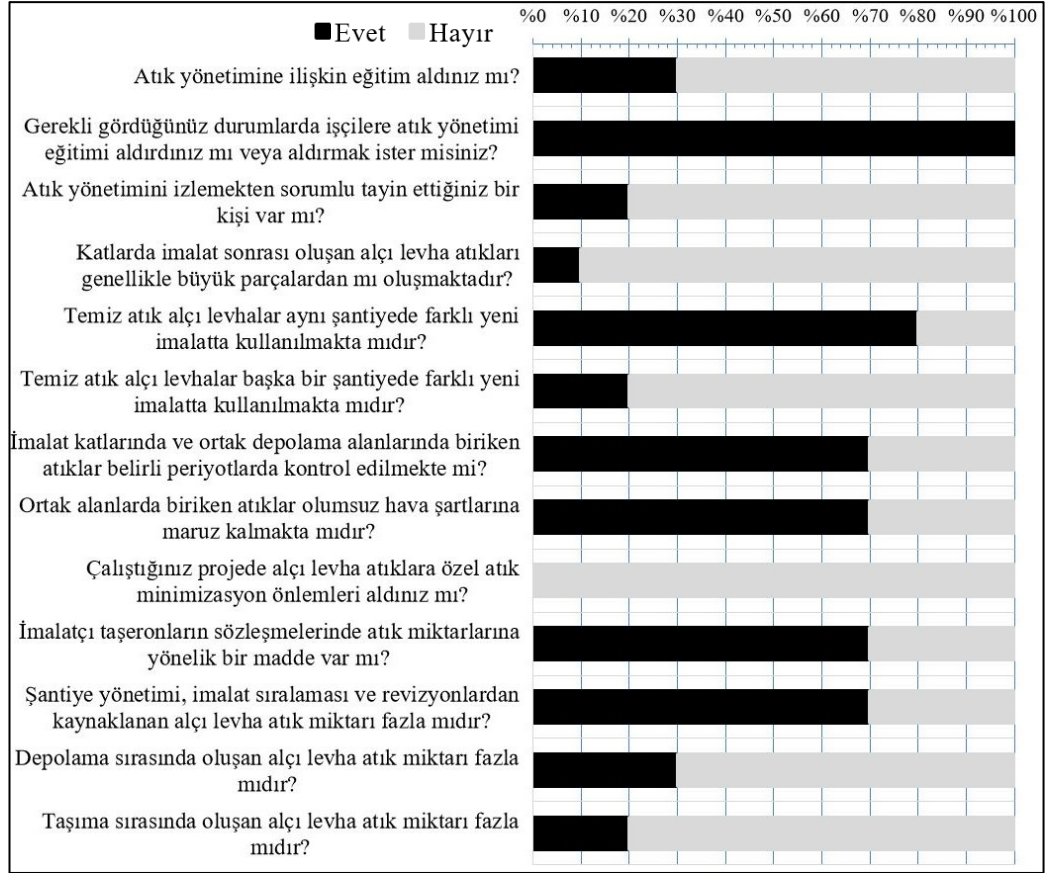
Çalışma kapsamında incelenen yapım şantiyesinde mevcut uygulamada genel olarak imalat yerlerinde farklı türlerdeki atıklar ile kontamine olmaksızın düzenli bir alçı levha atıklarını toplama sisteminin oluşturulma gayreti olduğu gözlemlenmiştir. Ancak genel atık toplama alanlarında alçı levha atıkları da dahil olmak üzere farklı türlerdeki atıkların karışık olarak depolandığı ve yapım şantiyesinden bertaraf alanlarına bu şekilde gönderildiği tespit edilmiştir. Yapılan alan çalışmasında imalat sonrası atık oluşumunda yerinde ayrıştırılması koşuluyla uygun atık toplama potansiyelinin varlığına işaret eden bulgulara rastlanmıştır. Katlarda alçı levha ile yapılan imalatlar sonucu oluşan atıklar için gözlemlenen bu potansiyelin değerlendirilebilmesi atıkların ayrıştırılması ve ayrı toplanması ile geliştirilecek bir atık toplama sistemine bağlıdır. Sürecin sonlarında ise atıkların imalatların yapıldığı yerlerden genel atık toplama alanına aktarılması sırasında ciddi miktarda karışarak mevcut potansiyelinin değerlendirilemediği ve atıkların karışmasını engelleyebilecek önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

4.3. Anket Çalışması ve Değerlendirilmesi

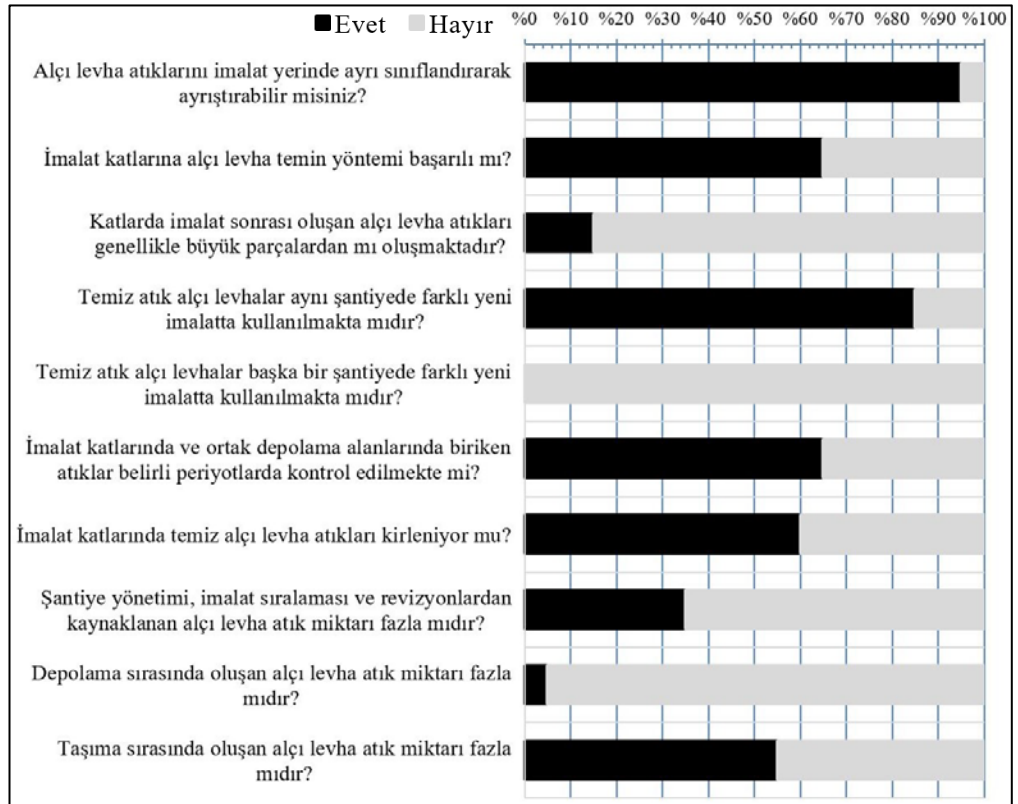
Literatürde yer alan benzeri saha inceleme çalışmalarında uygulanmış anketlerden yararlanılarak hazırlanan anket soruları; imalat ve atık oluşum süreçlerini, atık önleme aşamalarının zorluk seviyesini, atık oluşumunu azaltmaya yönelik önlemlerin önem seviyesini belirlemeye ve atık toplama sistemi ile ilgili tercihlere yönelik soruları içermektedir (bkz. Ek-B). Anket soruları 2018'in Eylül-Kasım ayları içerisinde; üç mimar, beş inşaat mühendisi ve iki formenden oluşan on kişilik şantiye yönetim kadrosu ve yirmi kişiden oluşan dört imalatçı ekip ile toplamda otuz kişi ile yüz yüze görüşülerek uygulanmıştır. Çalışma kapsamında yapılan anket yerinde atık yönetimi uygulamalarının yapım şantiyelerinde daha etkin olabilmesi açısından bir takım iyileştirme, yaptırım ve teşvik düzenlemelerinin

potansiyel faydalarına işaret etmektedir. Anket sonuçlarına (bkz. Ek C) göre incelenen yapım şantiyesinde yöneticilerden %20'sinin atık yönetimini izlemekten sorumlu bir kişi tayin ettiğini bildirmesine karşın yöneticilerin %70'i ve imalatçıların %65'i atıkların düzenli olarak belirli periyotlarda kontrol edildiği düşüncesindedir. Bu durum atık kontrol organizasyonu disiplininin eksikliğine işaret ettiği gibi yerinde yapılan gözlemlerle belirlenen mevcut durum düşünüldüğünde atık yönetimini izlemekten sorumlu disiplinli bir kadro organizasyonu tayin edildiğinde atık kalitesi ve kontrolü için tüm kadroda önem ve hassasiyet algısının artabileceği söylenebilir. İmalatçıların %95'i alçı levha atıklarını imalat yerinde ayrı sınıflandırarak ayrıştırabileceğini belirtirken, %60'ı imalat katlarında temiz alçı levha atıklarının kirlendiği görüşündedir.

Şantiye gözlemlerine göre yerinde ayrıştırmanın yapılabilecek bir uygulama iken kontrolsüzlük ve imalatçıların inisiyatifi sonucu yeterince uygulanmayarak atıkların imalat yerlerinde kirlenmeye başlamadığını anket sonucu da ortaya koymaktadır (bkz. Ek C). Yöneticilerin tamamı alçı levha atıklarına özel atık minimizasyon önlemleri almadıklarını belirtirken, yöneticilerin %90'ı ve imalatçıların %85'i imalat sonrası ortaya çıkan alçı levha atıklarının genellikle büyük parçalardan oluşmadıkları görüşündedir. Bu sonuca göre minimizasyon önlemleri alınmadığında küçük parçalardan oluşan atık miktarında artış olabileceği söylenebilir. Yöneticilerin atık yönetimine dair yalnızca %30'unun eğitim aldığı belirlenmiştir. Yöneticilerin tamamı işçi kadrosuna eğitim aldirmek istediklerini belirttikleri halde işçi kadrosunun bu konuda herhangi bir eğitim almadığı gözlemlenmiştir. Bu ve benzeri pek çok sebeple yapım şantiyelerinde etkili bir atık yönetim sisteminin uygulanması oldukça önemlidir. Yönetici ve imalatçıların imalat ve atık oluşum süreçleri hakkında görüşlerini içeren anket sonuçları Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'de verilmiştir.

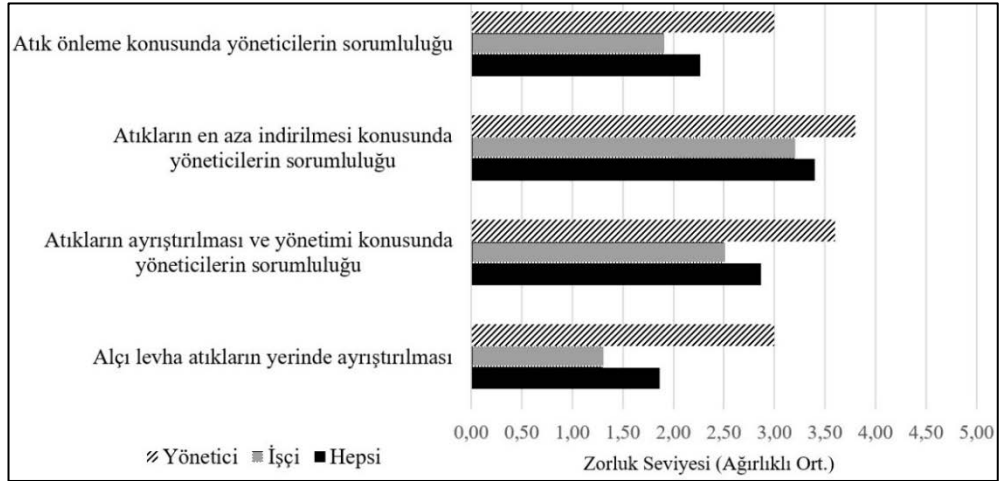


Şekil 4.20: Yöneticilerin imalat ve atık oluşum süreçleri hakkında anket sonuçları.



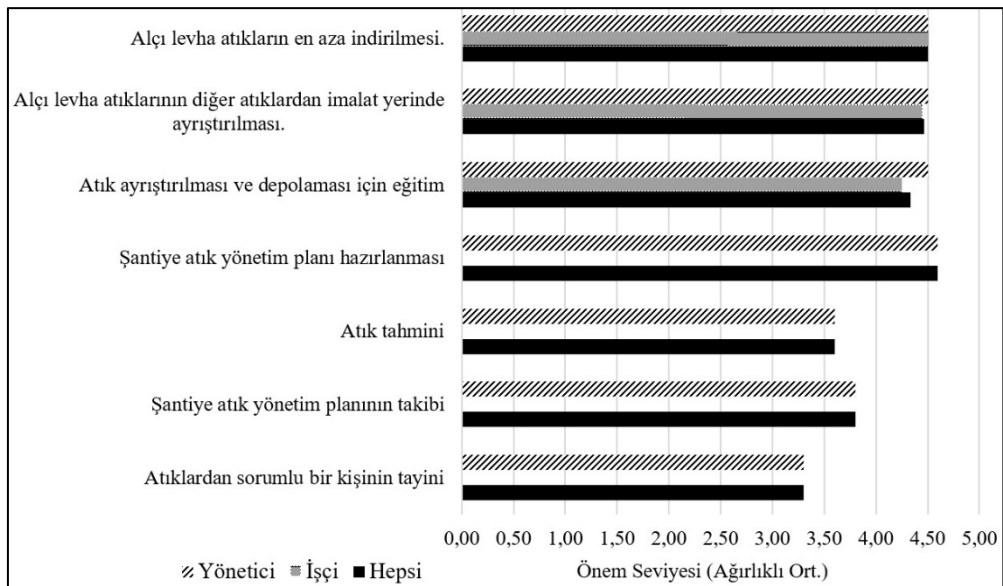
Şekil 4.21: İmalatçıların imalat ve atık oluşum süreçleri hakkında anket sonuçları.

Ankette ayrıca yöneticilerin sorumluluklarının atık önleme aşamaları konusunda 1-5 arasında derecelendirilen zorluk seviyelerinin değerlendirilmesi istenmiştir (bkz. Ek C). Yöneticiler bu aşamalardaki sorumluluklarını ortalamanın üzerinde bir puanda zor olarak değerlendirirken imalatçılar bu sorumlulukları daha az zor görmektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: Atık önleme aşamaları için zorluk seviyesi anket sonuçları.

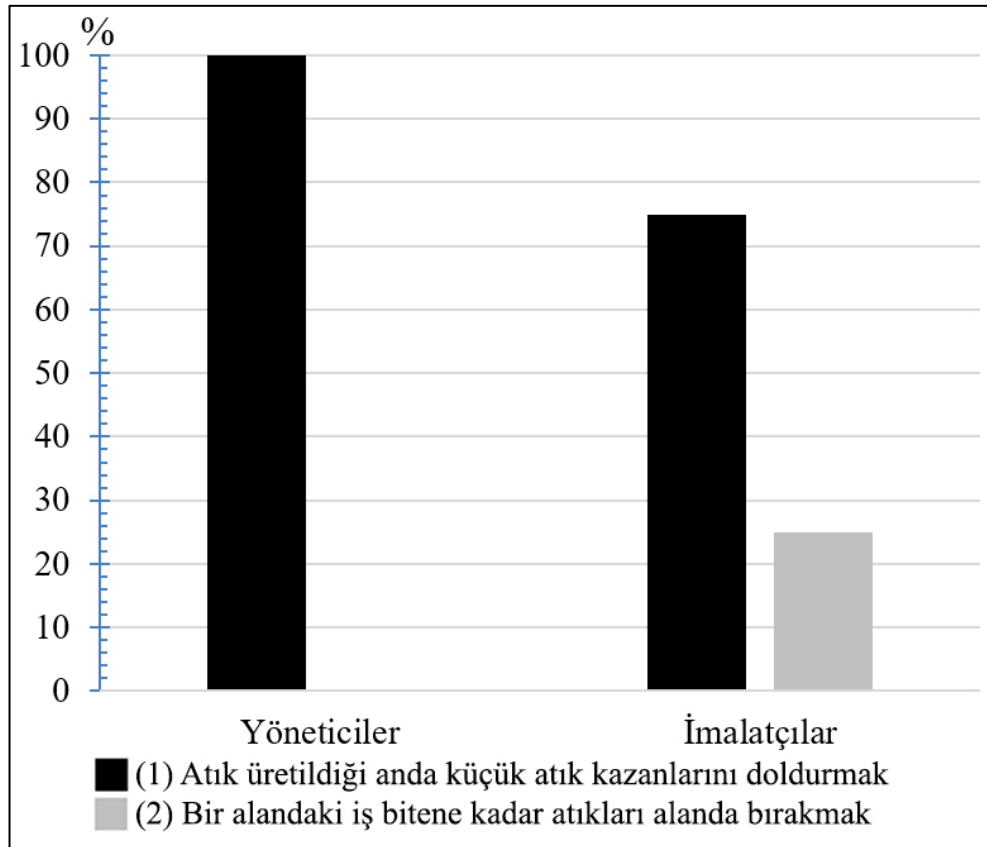
Atık önleme aşamalarına yöneticilerin ve imalatçıların verdiği 1-5 arasındaki önem derecelerine bakıldığında (bkz. Ek C) hepsi atıkları ve önleme aşamalarını önemli bir kriter olarak görmüş genel olarak ortalamanın üzerinde puanlandırmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23: Atık oluşum önlemlerinin önemi.

Atık toplama sistemi açısından iki seçenek üzerinden ayrıca sorulan anket sorusuna verilen cevaplara (bkz. Ek C) göre yöneticilerin tamamı ve imalatçıların %75'i atıkların oluştuğu anda atık kazanlarına doldurularak toplanmasını, imalat alanındaki iş bitene kadar atıkları alanda bırakmaktan daha iyi bir seçenek olarak değerlendirmişlerdir (Şekil 4.24).

İncelenen yapım şantiyesinde yapılan gözlemlere paralel olarak anket sonuçlarına verilen yanıtlar şantiye alanında planlı ve düzenli bir atık toplama sisteminin oluşmadığına işaret etmektedir. İnşaat sahasını koordine edecek temel mevkide yer alan yönetici kadrosunun büyük çoğunluğunun atık yönetimi ile ilgili yeterli eğitim almadığını ve konu ile ilgili uzman bilgilere sahip olmadığını anket sonuçları da ortaya koymaktadır. Atıkların ayrıştırılarak düzenli ve özenli toplanmasına yönelik imalatçı kadroda uygulamaya ve yönlendirmeye açık bir tutum olduğunu gösteren sonuçlara karşın; yöneticilerin atıkları ve atık yönetimini önemli birer husus olarak tanımladıkları halde fazladan maliyet, iş yükü ve sorumluluk nedeni olarak görmeleri dolayısıyla zor olarak değerlendirdikleri ve uygulamaya istekli olmayan bir düşüncede oldukları çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.24: Atık toplama sistemi değerlendirmesi.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gün geçtikçe artan inşaat faaliyetleri sonucunda oluşan atık miktarları da artmakta ve dolayısıyla atıkların sağlıklı bir şekilde depolanmasını zorlaştırmaktadır. Bu atıkların faydalı bir şekilde kullanılabilmesi bir avantajdır. Geri kazanım uygulamalarından ekonomik ve çevresel yönden en faydalı olanı, malzeme ve bileşenlerin herhangi bir işlem görmeden tekrar kullanılması veya geri dönüşüm sonrasında üretimde yeniden değerlendirilmesidir.

İnşaat sektöründe sıklıkla kullanılan alçı levha, alçı sıva vb. ürünlerin yapım şantiyelerinde oluşturdukları atık miktarları da giderek artmaktadır. Yapım şantiyelerinde oluşan farklı türde alçı içerikli atıklar içerisinde önemli bir yere sahip olan alçı levha atıklarının geri dönüşüm potansiyelinin araştırılması amacı ile planlanan çalışmanın kaynak taramalarından elde edilen sonuçlara göre;

- Alçı ürünler, diğer yapısal atıklara göre hafif ve kolay parçalanabilir, yeniden kullanıma uygun ve %100 geri dönüşümlü malzemelerdir.
- Uluslararası uygulamalar ve bilimsel çalışmalarda atık alçılar yeniden değerlendirilmekte ve geri dönüşüm ile elde edilen alçı doğal alçı kadar iyi kalite ve performans gösterebilmekte, yeni alçı levha üretiminde doğal alçı yerine kullanılabilmekte ve düşük karbon ayak izine sahip oldukları için daha az çevresel etki oluşturmaktadır.
- Ülkemizde ise atık alçılar genellikle çimento sektöründe değerlendirilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda genel olarak alçı dışında farklı atık türlerinin geri kazanılmasına odaklanılmakta ve mineral bağlayıcı olarak atık alçı yerine doğal alçı kullanılmaktadır.
- Atık alçı levhalar organik atıklar ile karıştırılmadığı sürece tek başlarına çevreye zararlı bir etki oluşturmazlar.
- Yeşil bina sertifika ve değerlendirme sistemlerinde geri dönüştürülmüş içeriğe sahip alçı levha ürünlerin kullanımı kredi kazanılmasına katkı sağlamaktadır.

Çalışmada yer verilen yapım şantiyesindeki alçı levha tedarik ve kullanım miktarları kıyaslandığında; tedarik edilen yaklaşık 158.000 m² alçı levhadan geri dönüşüm potansiyeline sahip yaklaşık 8.450 m² (%5,4) alçı levha atığının oluştuğu

ve uygun bir atık yönetim sisteminin uygulanmaması sebebiyle değerlendirilemediği belirlenmiştir.

Literatür içerisinde de bahsedilen Rivero ve arkadaşlarına (2017) ait benzer bir çalışmada ise tedarik edilen yaklaşık 50.000 m² alçı levhanın %19'luk (yaklaşık 10.000 m²) kısmının atık alçı levha olduğu görülmüştür. Bu tez çalışmasında tespit edilen atık alçı levha oranının (%5,4) benzer çalışmaya (%19) göre daha düşük olması, incelenen yapım şantiyesinde gözlemlenen mevcut uygulamada genel olarak imalat alanlarında oluşan farklı türlerdeki atıklar ile karıştırılmadan düzenli bir şekilde atık alçı levha toplama sisteminin oluşturulma gayretinin bir göstergesidir.

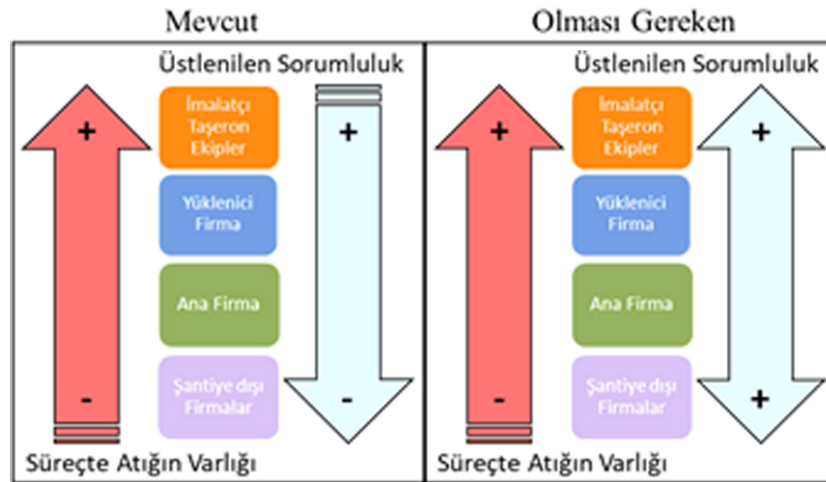
Ancak genel atık toplama alanlarında alçı levha atıkları da dahil olmak üzere farklı türdeki atıkların kontamine bir vaziyette depolandığı ve bu şekilde şantiyeden bertaraf tesislerine aktarıldığı tespit edilmiştir. İncelenen yapım şantiyesinde ki 11 aylık gözlem sürecinde alçı levha atıklarının da içerisinde yer aldığı yaklaşık 800 ton atığın karışık halde bertaraf tesislerine gönderildiği belirlenmiştir.

Alan çalışmasında elde edilen veriler, sahada mevcut atık yönetimi uygulamalarına dair gözlemler ve anket çalışmasının sonuçlarından elde edilen bilgiler doğrultusunda atık alçı levhalardan maksimum ölçüde yararlanılacak şekilde bir atık yönetim modelinin geliştirilebileceği ve yapım şantiyelerinin koşullarına uygun atık alçı levha toplama sisteminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Alçı levhaların geri dönüşümü açısından, oluşturulacak yönetim planlarında malzeme türlerine göre ayrıştırılarak toplanacak diğer yapım atıkları içerisinde alçı levha atıkları da yerini almalıdır.

Türkiye, kaliteli doğal alçı taşı kaynakları bakımından zengin bir rezerve sahip olsa da, atık alçı yapı malzemelerinin yeniden kullanım/geri dönüşüm uygulamalarının yaygınlaştırılması kaynak ve enerji etkin sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından oldukça önemlidir. Yapım şantiyelerinde oluşan alçı atıklar içerisinde önemli bir yere sahip olan alçı levha atıklar gerek sektörel açıdan gerekse doğal kaynak rezervlerinin korunumu çerçevesinde geliştirilerek ülkemize kazanım sağlamayı bekleyen potansiyel kaynaklardan birisi durumundadır. Bu nedenle atık alçı levhaların yapım sürecinde değerlendirilmesine yönelik bir sistemin oluşturulması oldukça önemlidir. Şekil 5.1'de yer alan atık sorumluluk diyagramında atıklar için bu çalışmada incelenen yapım şantiyesinde gözlemlenen mevcut ve olması gereken durum şematik olarak özetlenmektedir. Bu süreçte imalat sonrası atık ilk olarak en ast ve küçük birim olan taşeron ekiplerin sorumluluğunda meydana

gelmektedir. Yüklenici firma imalat ve atık süreçlerinde taşıma ve depolama sorumluluğunu üstlenmektedir. Ana firma ise yalnızca atıkların genel toplama alanlarında toplanması ve şantiye alanı dışına gönderilmesi sorumluluğunu almaktadır. Bertaraf tesisleri ile üreticilerin geri dönüştürülmüş malzeme konusundaki ilişkisi ise belirsizdir. Ayrıca yapılan anket çalışmasından da anlaşılabileceği üzere şantiye yöneticilerinin büyük çoğunluğunda atık yönetimi konusunda eğitim eksikliğinin mevcut olduğu ve önemli bir husus olarak görmelerine rağmen atıklar için yeterli özen ve yaptırımlarda bulunmadıkları gözlemlenebilmektedir. Atık alçı levhaların olduğu imalat sürecinde görev alan imalatçı birimlerden yüklenici ve ana firmalara kadar hiyerarşik her kademe atık konusundaki her türlü sorumluluğu eşit bir biçimde benimseyerek üstlenebilmelidir. Atık yönetimi açısından şantiye hiyerarşisinin tüm kademelerinde atıkları ve astlarını denetleyen sorumlu denetmenlerden ve işçilerden oluşan mütevazı birimler kurulabilir ya da şantiye organizasyonunda atıklardan sorumlu taşeron ekipler görevlendirilebilir. Bu ve benzeri yönetim organizasyonları ile atıkların geri dönüşümünde daha istikrarlı ve sürdürülebilir bir atık toplama sistemi kurularak doğal kaynakların korunumuna yönelik sorumlu bir adım atılabilir.

Şantiye yönetimi açısından bakıldığında pek çok şantiyede genellikle mimar ve inşaat mühendislerinin yer aldığı proje yöneticisi ve şantiye şefi kadrolarının mevcudiyeti bilinen bir durumdur.



Şekil 5.1: Atık oluşum mevcudiyeti – sorumluluk diyagramı.

Yapılan alan çalışmasında da gözlemlenebildiği üzere bu iki yönetim kadrosunun görev yetki ve sorumlulukları net olmamakla birlikte farklı yapım

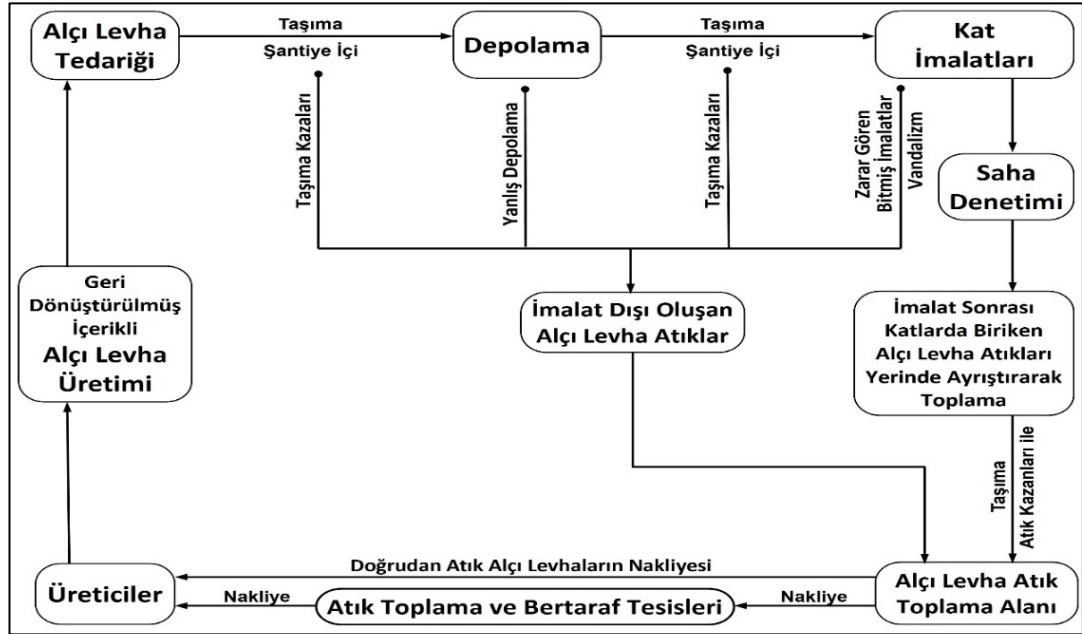
şantiyelerinde de değişiklik göstermektedir. Mimar ve mühendislerin farklı eğitim disiplinlerinden geldiği göz önüne alınırsa yapım şantiyelerinde proje yöneticiliği ve şantiye şefliğinin mutlaka olması gereken zorunlu kadrolar olarak yönetmelik ve yaptırımlarla belirlenmesi yönetim organizasyonlarında belirli bir standardın oluşması açısından faydalı olabilir. Yapılacak bu düzenlemelerde atıklar, malzemeler, sürdürülebilirlik unsurları, detaylar ve imalatlar gibi konular ile maliyet, tedarik, ekip ve personel yönetimi ve finansal yönetim gibi farklı temel öğelere sahip kavramlar görev ve yetki sorumlulukları ile ayrıştırılarak bu yönetim kadrolarınca mesleki eğitim disiplinlerine uygun şekilde paylaştırılabilir. Zorunlu tutulacak bu kadroların birinde en az bir mimar, diğerinde en az bir mühendis bulunacak şekilde düzenlemeler oluşturulmalıdır. Mimarlar ve mühendislerin yer aldığı bu kadrolarda yer alan yöneticilerin birbirleri ile koordineli bir organizasyon ilişkisi oluşturarak sorumlu oldukları yönetim unsurlarını sıkı bir iletişim içerisinde yürütmeleri daha verimli şantiye yönetimlerini de beraberinde getirecektir.

İncelenen yapım şantiyesindeki LEED kriterleri irdelendiğinde toplamda 110 puan üzerinden maksimum 14 puanlık bir etki ağırlığına sahip olan malzeme ve kaynak değerlendirmesi başlığı altında malzeme türleri özelinde de sürdürülebilirlik değerlendirmelerine yer verilmesi gerektiği söylenebilir. Ayrıca genişletilerek detaylandırılacak olan malzeme ve kaynak kategorisinin toplam puanlama içerisindeki etki ağırlığı da arttırılmalıdır.

Alçı levha atıklarının geri dönüşümü için ise yapım şantiyeleri ile üreticiler arasında koordinasyon kurularak üreticilerin atıkları geri alması sağlanabilir. Atıkların bertaraf tesisleri yerine üreticilere ulaşarak geri kazanılabilmesi için bu gibi düzenlemelerle en iyi atık yönetim uygulamaları teşvik edilmelidir. Mevcut gözlemlerde bu öneriye alternatif bir uygulama olarak bertaraf tesisleri ile üreticilerin koordinasyonunun sağlanmasıyla bertaraf tesislerinin üreticiler için geri kazanılmış içerik kaynağı olmaları da sağlanabilir. Bu çalışmada yer verilen gözlem, tespit ve öneriler doğrultusunda yapım şantiyeleri için hazırlanan atık alçı levha toplama sistemi akış şeması Şekil 5.2’de verilmiştir.

Bu açılardan alçı levha atıkların başarılı bir şekilde geri dönüşümünü sağlayacak uygulamaların maddi ve hukuki teşviklerle desteklenmesi, ilgili yasal düzenlemelerin yapılması ve uygulanabilirliğinin denetlenmesi gerekmektedir. Alçı levha atıkların yeniden kullanımı/geri dönüşümü hususunda yetkin ve istikrarlı bir

tutumun alçı endüstrisi ve doğal kaynakların korunumu açısından ülkemiz adına daha sürdürülebilir bir yaklaşım olacağı ortadadır.



Şekil 5.2: Atık alçı levha toplama sistemi akış şeması.

Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda ülkemizin doğal kaynak kullanımını azaltmaya yönelik olarak geri dönüştürülmüş alçı levha atığının yeniden üretim sürecine dahil edilmesine dair alternatif üretim ve performans iyileştirme yöntemleri denenebilir. Başarılı atık yönetim uygulamalarıyla yapım şantiyelerinden elde edilen alçı levha atıklarının enerji, hammadde ve su etkinliği gibi sürdürülebilirlik kriterleri açısından performansları incelenebilir. Söz konusu atıkların koordinasyon ve lojistik gereksinimlerinin iyileştirilmesi için öneriler geliştirilerek geri dönüştürülmüş malzeme ile üretimin, taşıma ve üretim maliyetleri irdelenebilir. Bu öneriler doğrultusunda ülkemiz koşullarına göre alçı levha özelinde yapılacak yaşam döngüsü değerlendirme (LCA) çalışmaları hem literatür hem de endüstri açısından kayda değer araştırmalar olacaktır.

Bu çalışma yapım şantiyelerinde oluşan alçı levha atıklarının değerlendirilmesi gerekliliğine dikkat çekerek; konu ile ilgili kişi veya kurumların çalışmalarına, kaliteyi düşürmeden üretimin her aşamasında hammadde kaynaklarının daha az kullanılması, atık alçı levha miktarlarının kayıt altına alınması ile atıkların azaltılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi çalışmalarına, dolayısıyla ülke ekonomisine ve çevresel sorunların çözümüne, literatüre ve daha sonra yapılacak bu konudaki benzer araştırma ve uygulama çalışmalarına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abd Rahim M. H. I., Kasim N., (2016), “Conceptual Model for Systematic Construction Waste Management”, MATEC Web of Conferences, 87, 12 December.

ABNT NBR (1994), Gypsum for Buildings - Specification. Brazilian Association of Technical Standards, ABNT NBR 13207, Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Ahmed A., Ugai K., Kamei T., (2011), “Investigation of Recycled Gypsum in Conjunction with Waste Plastic Trays For Ground Improvement”, Construction and Building Materials, 25, 208-217.

Alcione P. Godinho-Castro et al., (2012), “Incorporation of Gypsum Waste in Ceramic Block Production: Proposal For A Minimal Battery of Tests to Evaluate Technical and Environmental Viability of This Recycling Process”, Waste Management, 32, 153.

Aytekin M., (2019), “Kalsiyum Sülfat Esaslı Bor Atığının Alçı İçerisindeki Etkilerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi.

Başar B., (2007), “Türkiye’de Yapısal Katı Atıkların Yeniden Değerlendirilmesine Yönelik Bir Çalışma”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

Bozbei H., (2006), “İnşaat Atıkları ve Hafriyat Toprağının Ekonomiye Geri Kazandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Coşgun N., Esin T., (2006). “Türkiye’de Yapısal Atık Yönetim(sizlik) Sorunları”, Türkiye’de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu V, 19-24, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, 11-12 Mayıs.

Del Río Merino M., Astorqui J. S. C., Villoria Sáez P., Viñas Arrebola C., Rodríguez Sánchez A., Porras Amores C., (2017), “Valorization of Building Retrofitting Waste as Alternative Materials in Gypsums”, The Open Construction and Building Technology Journal, 11, 334-342.

Demir İ., (2019), “Bazı Selülozik Esaslı Sekonder Lifsel Hammaddeler Katılarak Üretilmiş Alçı Esaslı Kompozitlerin Teknolojik Özelliklerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.

Dunster A.M., (2007), “Flue gas desulphurisation (FGD) gypsum in plasterboard manufacture”, Case Study No: WRT 177 / WR0115, Characterisation of Mineral Wastes, Resources and Processing Technologies Integrated Waste Management for The Production of Construction Material, 1, 1-8.

Erbs A., Nagalli A., Carvalho K.Q., Mymrin V., Passig F.H., Mazer W., (2018), “Properties Of Recycled Gypsum From Gypsum Plasterboards And Commercial

Gypsum Throughout Recycling Cycles”, *Journal of Cleaner Production*, 183, 1314-1322.

Eroğlu B., (2018), “Bor Madenciliği Atıklarının Karakterizasyonu ve Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Esin T., Coşgun N., (2005), “Ecological Analysis of Reusability and Recyclability of Modified Building Materials and Components at Use Phase of Residential Buildings in Istanbul”, *UIA 2005 ISTANBUL XXII World Congress of Architecture Cities: Grand Bazaar of Architectures*, İstanbul, Turkey, 3-10 July.

DG ENV, (2011), *Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste SR1. Final Report Task 2, A Project under the Framework Contract ENV.G.4/FRA/2008/0112*, European Commission.

GtoG, (2015), “Roadmap And Proposal for Procedures for the Implementation of a Sustainable Value Chain”, *GTOG: From Production to Recycling: a Circular Economy for the European Gypsum Industry with the Demolition and Recycling Industry*, 16-19.

Hoornweg D., Bhada-Tata P., (2012), “What a Waste? A Global Review of Solid Waste Management”, *Urban Development & Local Government Unit World Bank*.

İMSAD, (2019), *Yapı Sektörü Raporu 2018*, Türkiye İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği.

Lund-Nielsen, H., (2007), “Experience in Gypsum Recycling on Three Continents”, *Global Gypsum Magazine*, May 2007, 26-33.

Lund-Nielsen, H., (2008), “Recycling of Plasterboard Waste From ‘Nice to Have’ to a ‘Necessity’”, *Global Gypsum Magazine*, September 2008, 30-40.

Lund-Nielsen H., (2010), “European Long-term Trends in Recycled Gypsum Usage”, *Global Gypsum Magazine*, November 2010, 24-25.

Lund-Nielsen, H., (2014), “Plasterboard Waste in: 100% Recycled Gypsum and Paper out”, *Global Gypsum Conference Presentation*, Berlin, Germany, 29-30 September.

Lushnikova N., Dvorkin L., (2016), “Sustainability of Gypsum Products as a Construction Material”, *Sustainability of Construction Materials*, 2nd Edition, Woodhead Publishing.

Morales-Conde M. J., Rodríguez-Liñán C., Pedreño-Rojas M.A., (2016), “Physical and Mechanical Properties of Wood-Gypsum Composites from Demolition Material in Rehabilitation Works”, *Construction and Building Materials*, 114, 6-14.

Ndukwe I., Yuan Q., (2016), “Drywall (gyproc plasterboard) Recycling and Reuse as a Compost-Bulking Agent in Canada and North America: A Review”, *Recycling*, 1, 311-320.

Özdoğan H.A., Aydın İpekçi C., (2019), “Yapım Şantiyelerinde Oluşan Atık Alçı Levhalar Üzerine Bir Araştırma”, 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi Fen ve Mühendislik Bilimleri Bildiri Kitabı 2, 102-113, Yalova, Türkiye, 14-17 Şubat.

Pedreño-Rojas M.A., Flores-Colenb I., De Brito J., Rodríguez-Liñán C., (2019a), “Influence of The Heating Process on The Use of Gypsum Wastes in Plasters: Mechanical, Thermal and Environmental Analysis”, Journal of Cleaner Production, 215, 444-457.

Pedreño-Rojas M.A., De Brito J., Flores-Colenb I., Pereira M.F.C., Rubio-de-Hita P., (2019b), “Influence of Gypsum Wastes on The Workability of Plasters: Heating Process and Microstructural Analysis”, Journal of Building Engineering, 29, Article No: 101143.

Pedreño-Rojas M.A., Fořt J., Černý R., Rodríguez-Liñán C., (2020), “Life Cycle Assessment of Natural and Recycled Gypsum Production in The Spanish Context”, Journal of Cleaner Production, 253, Article No: 120056.

Pinheiro S.M.M., Camarini, G., (2015), “Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles”, International Journal of Engineering and Technology, 7, 215-218.

Reichl C., Schatz M., (2019), “World Mining Data 2019”, Federal Ministry For Sustainability and Tourism Directorate, 34, 177-178.

Rivero A.J., Navarro J.G., (2016), “Indicators to Measure the Management Performance of End-of-Life Gypsum: From Deconstruction to Production of Recycled Gypsum”, Waste Biomass Valoriz, 7, 913–927.

Rivero A.J., Báez A.G., Navarro J.G., (2017), “Enhanced On-Site Waste Management of Plasterboard in Construction Works: A Case Study in Spain”, Sustainability, 9, 450-461.

Sağlam G., (2012), “Çimento Üretiminde Atık Mermer Tozu ve Atık Alçının Kullanılabilirliği”, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.

Saha Görüşmeleri, (2018), AND Pastel Konut Projesi Şantiye Sahası, İstanbul, Türkiye.

Sev A., Görgülü C., (2012), “Malzemede Yeşil Algı ve Beton Örneği”, Mimarlıkta Malzeme, 21, 40-48.

Suàrez S., Roca X., Gasso S., (2016), “Product-specific Life Cycle Assessment of Recycled Gypsum as a Replacement for Natural Gypsum in Ordinary Portland Cement: Application to The Spanish Context”, Journal of Cleaner Production, 117, 150-159.

Thormark C., (2001), “Conservation of Energy And Natural Resources by Recycling Building Waste”, Resources Conservation and Recycling, 33, 113-130.

TSE, (2012), Çimento - Bölüm 1: Genel Çimentolar - Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, TS EN 197-1, Türk Standartları Enstitüsü.

Tülek M., (2007), “Kimyasal Atık Alçıların Zemin Stabilizasyonunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi.

U.S. Geological Survey, (2019), Mineral Commodity Summaries 2019, U.S. Government Publishing Office.

Web 1, (2018), <http://www.eurogypsum.org/about-gypsum/what-is-gypsum/>, (Erişim Tarihi: 08.06.2018).

Web 2, (2019), <http://www.dalsan.com.tr/haberdetay.aspx?id=80>, (Erişim Tarihi: 19.07.2019).

Web 3, (2018), http://www.gypsumrecycling.biz/6688-1_Whyrecycle/, (Erişim Tarihi: 23.11.2018).

Web 4, (2018), <http://www.teknik.knauf.com.tr/tr/teknik-araclar/dokueman-merkezi/index.php?t=0&p=4-6&s=0&q=>, (Erişim tarihi 06.12.2018).

Web 5, (2018), <http://www.gypsumsustainability.org/green-credits.html>, (Erişim Tarihi: 14.03.2018).

Web 6, (2019), https://mdbapi.knauf.com/v1/pdf_download.php?p=g&action=download&a=811802&c=b876185cc13e3d79255122bd4fad5bf1, (Erişim Tarihi: 28.03.2019).

Web 7, (2018), <https://www.mybusiness.org/wp-content/uploads/2016/01/drywall-production-line.png>, (Erişim Tarihi: 13.09.2018).

Web 8, (2019), <http://www.fujikogyo.co.jp/HP-English/sekko/sekko.html>, (Erişim Tarihi: 11.06.2019).

Web 9, (2019), <https://goo.gl/maps/Y1Q1B82PWysCYrLE6>, (Erişim Tarihi: 03.11.2018).

Web 10, (2019), <https://www.usgbc.org/leed/why-leed>, (Erişim Tarihi: 05.09.2019).

Web 11, (2019), Dalsan Corex Teknik Kitap, sf. 30, 82, 92 http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/Teknik_Kitap_Web.pdf, (Erişim Tarihi: 09.12.2019).

ÖZGEÇMİŞ

Haydar Aşkın ÖZDOĞAN, 1991 yılında Ankara’da doğdu. 2009 yılında lisans eğitimine başladığı Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü 2014 yılında bölüm birincisi olarak tamamladı. Aynı yıl özel sektörde profesyonel iş hayatına başlayan Özdoğan; çeşitli projelerde proje yürütücüsü, dizayn ofis sorumlusu ve şantiye mimarı olarak bir çok görev aldı. 2017 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2019 yılından bu yana ise kurucusu olduğu şahıs firmasında mesleki çalışmalarını sürdürmektedir.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Özdoğan H.A., Aydın İpekçi C., (2019), “Yapım Şantiyelerinde Oluşan Atık Alçı Levhalar Üzerine Bir Araştırma”, 4. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Bildiri Kitabı 2, 102-113, Yalova, Türkiye, 14-17 Şubat.

Ek B: Anket Çalışması Soruları

Tablo B1.1: İmalat ve atık oluşum süreçleri hakkında sorular.

	GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MİMARLIK ANABİLİM DALI
---	--

Bu çalışma Gebze Teknik Üniversitesi 2018-A-101-07 no'lu Bilimsel Araştırma Projesi kapsamında yapılmaktadır. Çalışma kapsamında yapım sürecinde oluşan atık alçı levhaların sürdürülebilir atık yönetimi bağlamında değerlendirilmesine yönelik araştırılması ve bilimsel bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır. Katılımınız için teşekkürler.

Lütfen aşağıdaki soruları cevaplayınız:

Soru	Temsilci	Cevap	
		Evet	Hayır
Atık yönetimine ilişkin eğitim aldınız mı?	Yöneticiler		
Gerekli gördüğünüz durumlarda işçilere atık yönetim eğitimi aldırınız mı veya aldirmek ister misiniz?	Yöneticiler		
Atık yönetimini izlemekten sorumlu tayin ettiğiniz bir kişi var mı?	Yöneticiler		
Alçı levha atıklarını imalat yerinde ayrı sınıflandırarak ayrıştırabilir misiniz?	İşçiler		
İmalat katlarına alçı levha temin yöntemi başarılı mı?	İşçiler		
Katlarda imalat sonrası oluşan alçı levha atıkları genellikle büyük parçalardan mı oluşmaktadır?	Yöneticiler ve İşçiler		
Temiz atık alçı levhalar aynı şantiyede farklı yeni imalatta kullanılmakta mıdır?	Yöneticiler ve İşçiler		
Temiz atık alçı levhalar başka bir şantiyede farklı yeni imalatta kullanılmakta mıdır?	Yöneticiler ve İşçiler		
İmalat katlarında ve ortak depolama alanlarında biriken atıklar belirli periyotlarda kontrol edilmekte mi?	Yöneticiler ve İşçiler		
İmalat katlarında temiz alçı levha atıkları kirleniyor mu?	İşçiler		
Ortak alanlarda biriken atıklar olumsuz hava şartlarına maruz kalmakta mıdır?	Yöneticiler		
Çalıştığınız projede alçı levha atıklara özel atık minimizasyon önlemleri aldınız mı?	Yöneticiler		
İmalatçı taşeronların sözleşmelerinde atık miktarlarına yönelik bir madde var mı?	Yöneticiler		
Şantiye yönetimi, imalat sıralaması ve revizyonlardan kaynaklanan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İşçiler		
Depolama sırasında oluşan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İşçiler		
Taşıma sırasında oluşan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İşçiler		

Tablo B1.2: Atık önleme aşamaları için zorluk seviyesi değerlendirmesi.

Lütfen aşağıdaki hususları zorluk açısından değerlendiriniz:

1 = Çok Kolay; 2 = Kolay; 3 = Orta; 4 = Zor; 5 = Çok Zor.

Görüş	Temsilci	Zorluk seviyesi				
		1	2	3	4	5
Atık önleme konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi					
Atıkların en aza indirilmesi konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi					
Atıkların ayrıştırılması ve yönetimi konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi					
Alçı levha atıkların yerinde ayrıştırılması	Hepsi					

Tablo B1.3: Atık oluşum önlemlerinin önemi.

Lütfen aşağıdaki hususları önem sırasına göre değerlendiriniz:

1 = Önem yok; 2 = Az Önemli; 3 = Kısmen Önemli; 4 = Önemli; 5 = Çok Önemli.

Görüş	Temsilci	Önem seviyesi				
		1	2	3	4	5
Alçı levha atıkların en aza indirilmesi.	Hepsi					
Alçı levha atıklarının diğer atıklardan imalat yerinde ayrıştırılması.	Hepsi					
Atık ayrıştırılması ve depolaması için eğitim	Hepsi					
Şantiye atık yönetim planı hazırlanması	Yöneticiler					
Atık tahmini	Yöneticiler					
Şantiye atık yönetim planının takibi	Yöneticiler					
Atıklardan sorumlu bir kişinin tayini	Yöneticiler					

• Atık toplama sistemi için en iyi seçenek sizce hangisidir?

- (1) Atık üretildiği anda küçük atık kazanlarını doldurmak veya,
- (2) Bir alandaki iş bitene kadar atıkları alanda bırakmak.

Ek C: Anket Sonuçları

Tablolarda verilen sonuçlar kişi sayılarını belirtmektedir.

Tablo C1.1: İmalat ve atık oluşum süreçleri hakkındaki sorulara verilen cevaplar

A. Lütfen aşağıdaki soruları cevaplayınız:

Tablo 1: İmalat ve atık oluşum süreçleri hakkında sorular.

Soru	Temsilci	Cevap			
		Evet		Hayır	
		Yöneticiler	İmalatçılar	Yöneticiler	İmalatçılar
Atık yönetimine ilişkin eğitim aldınız mı?	Yöneticiler	3	0	7	0
Gerekli gördüğünüz durumlarda işçilere atık yönetimi eğitimi aldırınız mı veya aldirmek ister misiniz?	Yöneticiler	10	0	0	0
Atık yönetimini izlemekten sorumlu tayin ettiğiniz bir kişi var mı?	Yöneticiler	2	0	8	0
Alçı levha atıklarını imalat yerinde ayrı sınıflandırarak ayrıştırabilir misiniz?	İmalatçılar	0	19	0	1
İmalat katlarına alçı levha temin yöntemi başarılı mı?	İmalatçılar	0	13	0	7
Katlarda imalat sonrası oluşan alçı levha atıkları genellikle büyük parçalardan mı oluşmaktadır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	1	3	9	17
Temiz atık alçı levhalar aynı şantiyede farklı yeni imalatla kullanılmakta mıdır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	8	17	2	3
Temiz atık alçı levhalar başka bir şantiyede farklı yeni imalatla kullanılmakta mıdır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	2	0	8	20
İmalat katlarında ve ortak depolama alanlarında biriken atıklar belirli periyotlarda kontrol edilmekte mi?	Yöneticiler ve İmalatçılar	7	13	3	7
İmalat katlarına temiz alçı levha atıkları kirleniyor mu?	İmalatçılar	0	12	0	8
Ortak alanlarda biriken atıklar olumsuz hava şartlarına maruz kalmakta mıdır?	Yöneticiler	7	0	3	0
Çalıştığınız projede alçı levha atıklara özel atık minimizasyon önlemleri aldınız mı?	Yöneticiler	0	0	10	0
İmalatçı taşeronların sözleşmelerinde atık miktarlarına yönelik bir madde var mı?	Yöneticiler	7	0	3	0
Şantiye yönetimi, imalat sıralaması ve revizyonlardan kaynaklanan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	7	7	3	13
Depolama sırasında oluşan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	3	1	7	19
Taşıma sırasında oluşan alçı levha atık miktarı fazla mıdır?	Yöneticiler ve İmalatçılar	2	11	8	9

Tablo C1.2: Atık önleme aşamaları için zorluk seviyesi değerlendirmesi sonuçları

B. Lütfen aşağıdaki hususları zorluk açısından değerlendiriniz:

1 = Çok Kolay; 2 = Kolay; 3 = Orta; 4 = Zor; 5 = Çok Zor. (Yön. = Yöneticiler / İm. = İmalatçılar)

Tablo 2 : Atık önleme aşamaları için zorluk seviyesi değerlendirmesi.

Görüş	Temsilci	Zorluk Seviyesi									
		1		2		3		4		5	
		Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.
Atık önleme konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi	0	6	2	11	6	2	2	1	0	0
Atıkların en aza indirilmesi konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi	0	0	0	6	4	4	4	10	2	0
Atıkların ayrıştırılması ve yönetimi konusunda yöneticilerin sorumluluğu	Hepsi	0	0	2	10	3	10	2	0	3	0
Alçıpanel atıkların yerinde ayrıştırılması	Hepsi	0	14	4	6	4	0	0	0	2	0

Tablo C1.3: Atık oluşum önlemlerinin önemi ile ilgili sonuçlar

C. Lütfen aşağıdaki hususları önem sırasına göre değerlendiriniz:

1 = Önem yok; 2 = Az Önemli; 3 = Kısmen Önemli; 4 = Önemli; 5 = Çok Önemli. (Yön. = Yöneticiler / İm. = İmalatçılar)

Tablo 3 : Atık oluşum önlemlerinin önemi.

Görüş	Temsilci	Önem Seviyesi									
		1		2		3		4		5	
		Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.	Yön.	İm.
Alçı levha atıkların en aza indirilmesi.	Hepsi	0	0	0	0	0	0	5	10	5	10
Alçı levha atıklarının diğer atıklardan imalat yerinde ayrıştırılması	Hepsi	0	0	0	0	2	1	1	9	7	10
Atık ayrıştırılması ve depolaması için eğitim	Hepsi	0	0	0	0	0	0	5	15	5	5
Şantiye atık yönetim planı hazırlanması	Yöneticiler	0	0	0	0	0	0	4	0	6	0
Atık tahmini	Yöneticiler	0	0	2	0	4	0	0	0	4	0
Şantiye atık yönetim planının takibi	Yöneticiler	1	0	1	0	1	0	3	0	4	0
Atıklardan sorumlu bir kişinin tayini	Yöneticiler	3	0	0	0	1	0	3	0	3	0

Tablo C1.4: Atık toplama sistemi için en iyi seçenek sonuçları

D. Atık toplama sistemi için;	Cevap	
	Yöneticiler	İmalatçılar
En iyi seçenek sizce hangisidir?		
(1) Atık üretildiği anda küçük atık kazanlarını doldurmak	10	15
(2) Bir alandaki iş bitene kadar atıkları alanda bırakmak	0	5