

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIK ALÇI(LEVHA)LARIN YAPI ÜRÜNLERİNDE KONU
EDİLDİĞİ ÇALIŞMALARIN ANALİZİ

ZEYNEP BEDİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2021

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATIK ALÇI(LEVHA)LARIN YAPI
ÜRÜNLERİNDE KONU EDİLDİĞİ
ÇALIŞMALARIN ANALİZİ

ZEYNEP BEDİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2021

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

**ANALYSIS OF THE STUDIES WASTE
GYPSUM(BOARD) IN BUILDING
PRODUCTS**

ZEYNEP BEDİR
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. CAHİDE AYDIN İPEKÇİ

GEBZE
2021

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
----------------------------------	--------------------------------------

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 17/06/2021 tarih ve 2021/27 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 01/07/2021 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Zeynep BEDİR'in tez çalışması MİMARLIK Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

[TEZ DANIŞMANI] : Doç. Dr. Cahide İPEKÇİ

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi Seher GÜZELÇOBAN MAYUK

ÜYE

: Dr. Öğr. Üyesi N. Volkan GÜR

ONAY

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

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Ülkemizin önemli hammadde kaynaklarından bir tanesi olan alçıtaşı'nın işlenmesiyle elde edilen alçı yapı sektöründe yoğunlukla kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak üretim ve kullanım miktarı da çoğunlukla bu alanda olmaktadır. Alçının sektördeki yoğun kullanımıyla hem var olan hammadde kaynakları azalmakta hem de atık oluşumu gözlenmektedir. Hem bu sorunların çözümüne hem de sürdürülebilir yapı ürünlerinin üretimine olanak sağladığı için bu atıkların geri dönüştürülerek kullanılmalarının yararlı olabileceği düşünülmektedir. Yapısal atıklar içerisinde geri dönüşüm açısından yüksek potansiyele ve önemli bir yere sahip olan atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde konu edildiği literatür incelendiğinde uluslararası alanda birçok yayına rastlanırken ülkemizdeki yayın sayısının yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu bağlamda konu ile ilgili genel durumun ortaya konması amacıyla yapılan tez çalışması kapsamında belirlenen veri tabanlarında “gypsum waste /alçı atığı”, “gypsum board waste /alçı levha atığı”, “waste gypsum board/atık alçı levha”, “recycled gypsum/geri dönüştürülmüş alçı” anahtar kelimeleriyle ulusal ve uluslararası literatürde yapılan araştırma sonucunda 90 adet yayına (makale, bildiri, tez, rapor ve kitap bölümü) ulaşılmıştır. Yayınlar meta analizi yönteminde belirlenen ana ve alt kategori başlıkları üzerinden değerlendirilmiştir. Analiz çalışmasında yayınların %74'ünün makale türünde olduğu, %36'sına Google Scholar veri tabanından ulaşıldığı ve %83'ünün deneysel yöntemle yapıldığı sonucuna varılmıştır. Atık bilgisi bulgularına bakıldığında ise çalışmaların %30'unda inşaat atığı ve %64'ünde atık alçı levha kullanıldığı belirlenmiştir. Yapılan bu tez çalışmasının konu ile ilgili eksik ve güçlü yönlerin görülmesine katkı sağlayacağı ve ulusal çalışmaların sayısının çoğalması için önemli bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Malzemesi, Alçı, Alçı Levha, Atık, Geri Dönüşüm, Meta Analizi.

SUMMARY

Mineral gypsum obtained by processing gypsum, which is one of the important raw material resources of our country, is used extensively in the building sector. Accordingly, the amount of production and use is mostly in this area. With the intensive use of gypsum in the sector, both the existing raw material resources are decreasing and waste generation is observed. It is thought that it would be beneficial to use these wastes by recycling, as it allows both the solution of these problems and the production of sustainable building products. When the literature on waste gypsum (board), which has a high potential and an important place in terms of recycling among structural wastes, is examined in construction products, it is seen that while many publications are found in the international arena, it is seen that the number of publications in our country is not sufficient. In this context, “gypsum waste/ alçı atığı”, “gypsum board waste/ alçı levha atığı”, “waste gypsum board/ atık alçı levha”, “recycled gypsum/ geri dönüştürülmüş alçı” as a result of the research carried out in the national and international literature with the keywords, 90 publications (articles, papers, thesis, reports and book chapters) were reached. The publications were evaluated through the main and sub-category titles determined in the meta-analysis method. In the analysis study, it was concluded that 74% of the publications were in the article type, 36% were accessed from the Google Scholar database, and 83% were made by experimental method. Considering the waste information findings, it was determined that 30% of the studies used construction waste and 64% of waste plasterboard was used. It is thought that this thesis study will contribute to the detection of deficiencies and strengths related to the subject and will be an important source for the increase in the number of national studies.

Key Words: Building Material, Gypsum, Gypsum Board, Waste, Recycling, Meta-Analysis.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince değerli fikir ve düşüncelerini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Cahide AYDIN İPEKÇİ' ye,

Yapıcı ve yönlendirici fikirlerini paylaşarak tezime katkı sağlayan jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Seher GÜZELÇOBAN MAYUK ve Dr. Öğr. Üyesi Volkan GÜR'e,

Her zaman maddi ve manevi olarak beni destekleyen ve başarılarımda en büyük paya sahip olan sevgili aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMA DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLOLAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Kapsamı ve İçeriği	2
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Alçıtaşı ve Alçı	4
2.1.1. Tarihçe	6
2.1.2. Özellikler ve Kullanım Alanları	6
2.2. Alçı Levha	9
2.3. Atıkları Değerlendirme Yöntemleri	11
2.3.1. Depolama	12
2.3.2. Geri Dönüşüm	13
2.4. Atık Alçı(Levha)ların Oluşumu ve Değerlendirilmesi	14
3. YAPI ÜRÜNLERİNDE ATIK ALÇI(LEVHA)LARIN KONUSU EDİLDİĞİ ÇALIŞMALARA YÖNELİK META ANALİZİ	17
3.1. Meta Analizi Kavramı	17
3.2. Metodoloji	18
3.3. Meta Analiz Çalışması	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Genel Bulgular	22
4.2. Teknik Bulgular	36
5. SONUÇLAR	45
KAYNAKLAR	51

ÖZGEÇMİŞ	62
EKLER	63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ABNT	: The Brazilian Association of Technical Standards
ACI	: American Concrete Institute
ASTM	: American Society for Testing Materials
Alçıder	: Alçı Üreticileri Derneği
BRE	: Building Research Establishment
BS	: British Standards
C&D	: Construction and Demolition Waste (İnşaat ve Yıkım Atığı)
CEN	: European Committee for Standardization
CLSM	: Controlled Low Strength Materials
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EN	: European Standards
EPA	: United States Enviromental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
GB/T	: Chinese Standards
GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
GtoG	: Gypsum to Gypsum
GW	: Gypsum Waste (Atık Alçı)
IS	: Indian Standards
ISO	: International Organization for Standardization
İMSAD	: İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği
JCAS	: Japan Cement Association Standard
JIS	: Japanese Industrial Standards
KS	: Korean Standards
NF	: French Standards
UNE	: Spanish Association for Standardization
USGS	: U.S Geological Survey
WRAP	: Waste and Resources Action Programme

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Alçı levha şematik kesiti.	10
4.1: İncelenen çalışmaların yayın türü ve yayınlanma yerine göre dağılımı.	22
4.2: İncelenen çalışmaların yayın türüne göre dağılımı.	23
4.3: İncelenen çalışmaların yayınlanma yerine göre dağılımı.	24
4.4: İncelenen çalışmaların yayınlanma yılı ve yayın türüne göre dağılımı.	24
4.5: İncelenen çalışmaların yayınlandığı yıl aralıklarına göre dağılımı.	25
4.6: İncelenen çalışmaların yayınlanan ülkelere göre dağılımı.	26
4.7: İncelenen çalışmaların konu kapsamının yayın türüne göre dağılımı.	27
4.8: İncelenen çalışmaların konu kapsamına göre dağılımı.	28
4.9: İncelenen çalışmaların araştırma yöntemine göre dağılımı.	29
4.10: İncelenen çalışmaların atık alçı oluşum aşamalarının yayın türüne göre dağılımı.	30
4.11: İncelenen çalışmaların atık alçı oluşum aşamasına göre dağılımı.	31
4.12: İncelenen çalışmaların atık alçı türlerinin yayın türlerine göre dağılımı.	31
4.13: İncelenen çalışmaların atık alçı türüne göre dağılımı.	32
4.14: İncelenen çalışmaların geri dönüşüm döngüsünün yayın türüne göre dağılımı.	33
4.15: İncelenen çalışmaların geri dönüşüm döngüsüne göre dağılımı.	33
4.16: Kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidinin yayın türüne göre dağılımı.	34
4.17: Kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidine göre dağılımı.	34
4.18: Kapsamı açık döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidinin yayın türüne göre dağılımı.	35
4.19: Kapsamı açık döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidine göre dağılımı.	36
4.20: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen sıcaklık değerlerinin yayın türüne göre dağılımı.	37

4.21: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen sıcaklık değerine göre dağılımı.	38
4.22: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen elek/partikül boyutlarının yayın türüne göre dağılımı.	39
4.23: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen elek/partikül boyutlarına göre dağılımı.	40
4.24: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda uygulanan standart türlerinin yayın türüne göre dağılımı.	41
4.25: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların uygulanan standart türüne göre dağılımı.	42
4.26: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen numune türlerinin yayın türüne göre dağılımı.	43
4.27: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen numune türüne göre dağılımı.	44

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
3.1: Meta analizi sınıflandırma çerçevesi.	21
4.1: İncelenen çalışmalarda kullanılan araştırma yönteminin yayın türüne göre dağılımı.	28

1. GİRİŞ

Alçıtaşının işlenmesiyle elde edilen alçı eski zamanlardan beri birçok sektörde farklı işlev ve amaçlarla kullanılmaktadır. Yapı sektöründe sıklıkla kullanılan alçının alçı levha, alçı sıva gibi farklı ürün çeşitleri bulunmaktadır. Sektör için önemli olan bu ürünlerin üretimi sırasında mevcut hammadde tüketilirken aynı zamanda atık oluşumu gözlenmektedir. Üretilen bu ürünlerin uygulama aşaması ve sonrasında oluşturduğu atıkların tamamı uluslararası literatürde “Construction and Demolition Waste/ C&D” olarak tanımlanırken ülkemizdeki ilgili 25406 sayılı Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü adlı yönetmelikte “inşaat ve yıkıntı atıkları” olarak ifade edilmektedir [Web 1, 2021], [ResGaz 1, 2004]. Bu atıklar ilgili yönetmelikte

“Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı, tamirati, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı esnasında veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıklar” olarak tanımlanmıştır.

Ancak bu tanımlamaya yapı malzemelerinin üretimi sırasında oluşan atıklar dahil edilmemiştir. Üretim aşamasında oluşan atıkların dahil edilmesiyle ortaya çıkan “yapısal atık” kavramı ise Coşgun ve arkadaşları (2009) tarafından

“Yapı malzemesi üretimi, yapıların yapım, yenileme, onarım ve yıkım faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan beton, metal, ahşap, seramik, plastik gibi yapı malzemeleri/bileşenleri” şeklinde ifade edilmektedir.

Farklı aşamalarda ortaya çıkan bu tür atıkların değerlendirilmesi gerek mevcut hammaddenin korunması gerekse çevre kirliliğinin önlenmesi açısından önemli bir konudur. Bu anlamda uygulanan yöntemlerden biri olan “geri dönüşüm” atığın değerlendirilerek yeniden kullanımını ifade etmektedir. Geri dönüştürülen atık farklı bir ürün eldesinde değerlendirilebileceği gibi atık alçı ve levha ürünlerindeki benzer şekilde aynı ürün eldesinde kullanılabilmekte olup oluşan bu ürünlerden birçok farklı sektörde yararlanılmaktadır. Ülkemiz için önemli bir kaynak olan alçıtaşının korunumuna yönelik atık alçı ve levhaların değerlendirme şekillerinden birisi de geri dönüştürülerek yapı ürünlerinde kullanımıdır. Bu değerlendirme şekillerinin anlaşılması konu ile ilgili yapılan çalışmaların varlığı ve incelenmesi ile mümkün olabilmektedir.

1.1. Tezin Amacı, Kapsamı ve İçeriği

İlgili ulusal literatür incelendiğinde yapısal atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde konu edildiği yayınların sayısının yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun konu ile ilgili yapılan yayınların genel bir değerlendirmesinin olmaması, yeterince irdelenmemesi ya da yeterli bilgiye sahip olunmamasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Bu çıkarımlardan hareketle konu ile ilgili eksik ve güçlü yönlerin neler olduğunun belirlenmesine yönelik ulusal ve uluslararası yayınlar üzerinden analiz yapılarak genel durumun değerlendirilmesi tezin amacını oluşturmaktadır.

Buna yönelik yapılan incelemenin kapsamı atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde konu edildiği bilimsel yayınlar (tez, makale, bildiri,.....) olarak sınırlandırılmıştır. İlgili literatürde yer alan yayınların kendi içlerinde ayrı ayrı değerlendirilmesinin genel durumun ifade edilmesinde yetersiz kalacağı düşünülmüştür. Bu anlamda literatür taraması sonucunda ulaşılan yayınların tez kapsamında belirlenen kriterler doğrultusunda meta analizi ile incelenmesi tezin yöntemi olarak belirlenmiştir.

Bu doğrultuda hazırlanan tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde konuya genel bir giriş yapılarak tezin amaç, kapsam, yöntemiyle birlikte içeriğinden bahsedilmiştir.

İkinci bölümünde alçıtaşı, alçı ve alçı levha hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Atıkların değerlendirilme yöntemlerinin genel olarak ifade edildiği bu bölümde ayrıca yapı inşaa sürecinin (üretim, yapım, yenileme, yıkım vb.) farklı aşamalarında oluşan atık alçı türleri ve değerlendirilme yöntemlerine değinilmiştir.

Tezin özgünlüğünü ifade eden üçüncü bölümde meta analizi kavramından ve Bölüm 3.2’de detaylı olarak tez çalışmasının metodolojisinden bahsedilmiştir. Tez kapsamında ulaşılan bilimsel yayınların meta analiz yöntemiyle incelenmesinde yararlanılan kategoriler ve alt kategoriler bu bölümde yer almaktadır.

Bütün çalışmalar üzerinden yapılan genel analiz ve deneysel çalışmalar özelinde gerçekleştirilen teknik analiz bulguları sayısal ve yüzdelik anlatımlarla dördüncü bölümde ifade edilmiştir.

Bulgular ve tartışma kısmında ayrı ayrı ifade edilen analizlerden elde edilen genel sonuçlar ve buradan hareketle ileride yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülen öneriler tezin beşinci bölümü olan sonuçlar kısmında verilmiştir.

Meta analizi çalışmasına konu olan yayınların detaylı listesine (bkz. Ek Tablo B1.1) ekler bölümünde yer verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

Alçı çeşitli işlev ve amaçlarla birçok sektörde kullanılan bir malzemedir. Yoğunlukla kullanıldığı yapı sektöründe ise alçıdan alçı levha gibi ürünlerin eldesinde yararlanılmaktadır. Üretim sonucu oluşan atık alçı ve levhalar ise alçının geri dönüşüm sırasında kimyasal yapısında bozulma gözlenmemesinden dolayı değerlendirilebilir bir kaynak konumundadır. Sadece üretim aşaması ile sınırlı kalmayan bu atık oluşumu ürünün kullanımı veya kullanım sonrası aşamalarında da oluşabilmektedir.

Tüm aşamalarda oluşan atık alçı ve levhaların yapı ürünlerinde değerlendirilmesinin çevre korunumu ve hammadde ihtiyacı açısından önemi dikkate alınarak hazırlanan tez çalışmasının bu bölümünde öncelikle alçıtaşı, alçı ve alçı levha ile ilgili temel bilgiler verilmiştir.

Atıkların değerlendirilme yöntemi ile ilgili bölümde atık yönetimi hiyerarşisi (waste management hierarchy) içerisinde yer alan yöntemlerden genel olarak bahsedilmiştir. Bu yöntemlerden atık alçı ve levhaların değerlendirilmesinde daha çok tercih edilmesi nedeniyle depolama (landfill) ve geri dönüşüm (recycle) ise ayrıca alt başlıklarda detaylı olarak ele alınmıştır.

2.1. Alçıtaşı ve Alçı

Alçıtaşı kimyasal bileşimi kalsiyum sülfat (CaSO_4) olan bir mineraldir [DPT, 2008]. Genellikle beyaz ve renksiz yapıda olan alçıtaşının içeriğinde yabancı madde bulunması halinde, bu maddelerin çeşit ve miktarına bağlı olarak rengi sarı, pembe, gri veya kahverengi tonlarda da olabilir [Herbold, 2003], [Gürdal, 2010]. Doğada bulunan çeşitleri Anhidrit, Bassanit, Jips, Albatr, İpek Jipsi ve Selenittir [DPT, 2008]. Bünyesinde iki molekül su içeren ve alçıtaşının ana minerali olan jipsin ($\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$) bileşiminde %79,1 kalsiyum sülfat ve %20,9 su bulunmaktadır [Gürdal, 2010]. Jipsin bünyesinde su bulunmaması halinde ise anhidrit olarak isimlendirilmektedir [Çayırılı ve Baş, 1991]. Sülfürik asit, gübre sanayii ve kükürt eldesinde tüketilen anhidritin kullanımı jips kadar yaygın değildir. İçerikleri farklı olsa da jips ve anhidrit için genellikle ayırım yapılmaksızın alçıtaşı ifadesi kullanılmaktadır [Erdoğan, 1997].

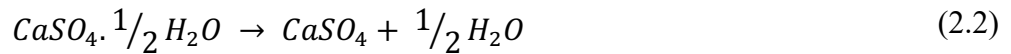
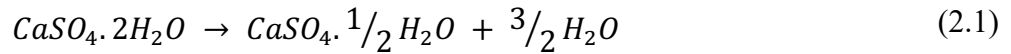
Doğal ve yapay olmak üzere iki şekilde elde edilen jipsin doğal oluşumunun büyük çoğunluğunu lagüner tortullar meydana getirmektedir. Ayrıca tuzlu sulardaki

çökelmeler ve kalsiyumlu minerallerin üzerine sülfat etkisiyle de jips oluşumu gözlenmektedir. Sülfürik asit yardımı ile fosforik asit ve borik asit üretimi esnasında oluşan yan ürün ise yapay olarak elde edilen jipse örnektir. Bu tür jipsler doğal rezervi yeterli olmayan bazı ülkelerde alçı üretiminde kullanılmaktadır [Gürdal, 2010].

Dünyada doğal alçıtaşı rezervinin büyük çoğunluğuna sahip olan ülkeler sırasıyla ABD, Kanada, Brezilya, Fransa ve Türkiye'dir [Crangle, 2021]. Ülkemizde doğal alçıtaşı rezervinin yoğunlukta olduğu bölgeler İç Anadolu, Güney ve Doğu Anadolu'dur [DPT, 2008]. Bu rezervlerin başlıcaları arasında Ankara-Bâlâ, Çankırı, Çorum ve Sivas alçıtaşı yatakları gelmektedir [Gürdal, 2010].

Ülkemizde alçı sektörü, uluslararası alanda yerini alabilmek amacıyla 1995 yılında Türkiye Alçı Üreticileri Derneği (Alçıder) adı altında toplanmış, Avrupa Alçı Üreticileri Derneğinin (Eurogypsum) asli üyesi olmuştur [Web 2, 2021].

Alçıtaşının yarım molekül suyu kalacak şekilde kızdırılarak suyunun uçurulması ve öğütülmesi ile elde edilen kalsiyum kökenli yapı malzemesine alçı denir. Alçıtaşının suyunun uçurulması (2.1) ve (2.2) reaksiyonlarında görüldüğü gibi iki aşamada gerçekleşir ve bu olay dehidratasyon olarak tanımlanır [Sümer, 1997]. Birinci aşamada reaksiyona giren maddeye kalsiyum dihidrat, reaksiyon sonucu oluşan ve alçının ana maddesini oluşturan maddeye ise kalsiyum sülfat yarımhidrat denir. Reaksiyonun ikinci aşamasında ise anhidrit oluşumu gözlenmektedir [Gürdal ve Güzel, 1991].



Dehidratasyon işlemi sırasında oluşan kalsiyum sülfat yarımhidratın alfa ve beta olmak üzere iki farklı çeşidi vardır [Gürdal ve Güzel, 1991]. Kimyasal yapı açısından aynı olan bu iki alçıdan alfa alçısının kristal yapısı daha düzgün olduğu için az suya ihtiyaç duyar ve yüksek bir mekanik dayanıma sahiptir [Avdan, 1997], [Gürdal, 2010]. Üretim sırasında alçıtaşının farklı sıcaklıklarda ayrışması ile çeşitli ürünler elde edilmektedir. Bu sıcaklık değerlerinin farklılaşmasını alçının kristal yapısındaki değişiklikler, içeriğindeki yabancı maddeler, tortullaşma süresindeki ortam şartları ve üretim yöntemleri etkilemektedir [Gürdal, 2010].

2.1.1.Tarihçe

Alçının tarihteki bilinen en eski kullanım yeri olan Çatalhöyük'te konutlarda dış sıva olarak alçı-kireç karışımının kullanıldığı bilinmektedir. Benzer bir kullanıma ise M.Ö 350-400 yıllarında Eski Yunan ve Roma'da alçı ile sıvanmış iç duvar ve ahşap tavanlarda rastlanılmaktadır [Albayrak, 1991]. Eski zamanlarda iç ve dış mekanlarda kullanılan alçının Mısırlılar tarafından harç olarak piramitlerde taş blokları kaydırma amacıyla kullanıldığı bilinmektedir [Ingham, 2013]. Bu kullanım piramitlerin günümüze kadar ulaştığı göz önüne alındığında alçının uzun ömürlü olduğunun bir göstergesidir [Pressler, 1979].

1666 yılında Londra'da gerçekleşen yangında alçının ahşap yapıları ısıdan koruduğu görülmüştür. Sonrasında Paris' de zorunlu hale getirilen alçı kullanımı ile sıva alçısı "Paris alçısı" adıyla anılmaya başlanmıştır [Web 2, 2021]. Kayıtlara geçen ilk üretimi İngiltere de 1633-1701 tarihleri arasında olan alçı sıvanın bilinen ilk kullanımı 13. yüzyılın başındadır ve bu tarihten sonra da kireç sıvaya ek veya alternatif olarak daha nadir olarak kullanılmıştır [Pressler, 1979], [Ingham, 2013].

Yapı sektörü dışında geçmişte farklı sektörlerde de tercih edildiği bilinen alçı 1700'lerden itibaren tarımda kalsiyum ve kükürt sağlayıcı doğal gübre olarak kullanılmaya başlamıştır. 18. yüzyıla gelindiğinde ise alçı üzerine yapılan ilk bilimsel çalışma Fransız Kimyacı Lavoiser tarafından yayınlanmıştır. Takip eden yüzyıllarda alçı kullanımına olan ilgi giderek artmıştır [Web 2, 2021].

Alçı sıvanın yapı sektöründe kullanımına izin verilmesi priz süresini geciktirmede katkı sağlamasının keşfedilmesiyle olmuştur. Bu geleneksel yöntem yapı sektörü için önemli bir etkiye sahiptir [Pressler, 1979]. Yaşanan bu gelişmeyle birlikte 20. yüzyılda alçı sıva iç mekân uygulamalarında rağbet gören bir ürün haline gelmiştir. Bu kadar tercih edilen bir ürün olmasında alçı sıvanın çabuk kurumasından dolayı katlar arasında geçen zamanı kısaltması, kuruma esnasında büzülme gerçekleşmemesi ve yüksek yangın direncine sahip olmasının etkisi vardır [Ingham, 2013].

2.1.2. Özellikler ve Kullanım Alanları

Yaygın olarak kullanılan mineral bağlayıcılardan olan alçının kalsinasyon işlemi çimento ve kirece kıyasla daha düşük sıcaklıkta gerçekleştiğinden enerji tasarrufu

sağlayan malzeme olarak tanımlanmaktadır [Lushnikova and Dvorkin, 2016]. İlk priz alma süresinin birkaç dakikada ve son priz alma süresinin 30 dakikada gerçekleşmesi alçı uygulamalarından hızlı sonuç alınmasını sağlamaktadır [Li and Ren, 2011]. Doğal halde beyaz renkte olan alçı dekorasyon açısından esnek tasarım imkânı sunmaktadır [Lushnikova and Dvorkin, 2016].

Hava ile temas ettiğinde katılaşabilen bir yapıya sahip olan alçının genleşme oranı az olduğu için katılaşma sırasında çatlak oluşturmamaktadır. Bu durum alçının herhangi bir katkıya ihtiyaç duymadan tek başına kullanılmasını sağlarken aynı zamanda kompakt yüzeye sahip yapı elemanı üretimine imkân vermektedir [Zhang, 2011].

Alçının katılaşırken genleşmesi ve tamamıyla katılaşmadan önce büzülmesi kalıp üretimi için uygun bir malzeme olmasını sağlamaktadır. Genellikle tel, ağ veya diğer malzemelerden üretilmiş olan bir formun üzerine yayılarak elde edilen alçı kalıplardan yapı sektörü haricinde sağlık alanında da kırık tedavilerinde yararlanılmaktadır [WRAP, 2006].

Katılaşan alçının gözenek miktarında artış olması sonucu ısı iletkenlik katsayısı düşmektedir [Li and Ren, 2011]. Bu durum alçı ürünlerin hafif, yalıtkan ve ses emici olmasına katkıda bulunsa da aynı zamanda su emme oranında artış ve mukavemette düşüş gibi olumsuz etkiler de oluşturabilmektedir [Zhang, 2011]. Düşük mukavemete bağlı olarak alçı ve alçıdan elde edilen ürünlerin yüke maruz kalabilecek durumlarda kullanılmasının uygun olmadığı söylenebilir.

Konu ile ilgili olarak Khalil ve arkadaşları (2018) farklı katkı maddeleri ilavesinin alçı sıvanın (gypsum plaster) mekanik ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Oluşturdukları sıva kompozitlerin mekanik özelliklerinde fazla gelişim gözlenmediği ancak yük taşımayan hafif uygulamalarda kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Sahip olduğu gözeneklerden ortamdaki buharı emen alçı, iç mekandaki havanın nem durumunu ayarlayabilmektedir [Li and Ren, 2011]. Bu durum iç ortam kalitesinin ve kullanıcının konforunun artırılması açısından önemlidir. Diğer bir yararı ise alçının sahip olduğu gözenekler aracılığıyla üzerine gelen ses dalgalarını azaltarak yansıtması sonucunda hacimler arası ses geçişinin kontrolünün sağlanabilmesidir [Sümer, 1997]. Gözenekli ve hidroskopik olan alçı su emen bir yapıya sahiptir. Emilen suyun sıcaklık düşüşü sonucu donarak parçalanması alçının suya ve donmaya karşı direncinin düşük olduğunu göstermektedir. Bu nedenle açık havada kullanılması gereken durumlar için

uygun bir malzeme olmadığını söylemek mümkündür [Li and Ren, 2011], [Zhang, 2011]. Suya karşı direncin iyileştirilmesine yönelik yaptıkları çalışmalarında Pervyshin ve arkadaşları (2017) çeşitli katkı ilaveleriyle katı alçı yapısının değiştirilmesinin basınç ve su emme kapasitesinde olumlu değişikliklere yol açtığı sonucuna ulaşmışlardır. Yine benzer bir çalışmada da Kondratieva ve arkadaşları (2017) mikro katkı maddelerinin b-hemihidrat (beta) alçısının performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. İlavelerle birlikte hidrasyon hızının artması ve yoğun kristal dokunun oluşmasına bağlı olarak mukavemette ve suya karşı dirençte iyileşmeler olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Sulu ve susuz bileşik çeşitleri bulunan alçı, ısı ile temas ettiğinde su buharı oluşturmaktadır. Isının yayılmasını engelleyen bu buhar yangına karşı dayanım özelliğinin oluşmasında etkilidir [Li and Ren, 2011].

Isı yalıtımı ile ilgili yaptıkları çalışmalarında Biçer ve arkadaşları (1997) ambalaj sanayinden elde edilen bir atık olan styroporun (polistren köpük) çimento ve alçı içerisine katılmasıyla oluşan etkileri incelemişlerdir. Styropor içeren çimento ve alçı bağlayıcı malzemelerin ısı ve ses yalıtımında kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Alçının özelliklerine yönelik yapılan bu çalışmalar özellikle yapı elemanı olarak kullanıma yönelik olsa da farklı sektörlerde de çeşitli işlevlerde kullanım örnekleri bulunmaktadır. Yüksek saflıkta alçının az miktarının şeker pancarı rafinasyonunda ve bira endüstrisinde mayalama amaçlı kullanılması gıda sektöründeki kullanımlarına birer örnektir. Kil içeriği yüksek toprakların yumuşatılmasını sağlaması ve toprak asitliğinin nötralize edilmesine yardımcı olması nedeniyle alçının özellikle ağır killi topraklarda düzenleyici olarak kullanıldığı bilinmektedir [WRAP, 2006], [Prasad, 2016]. Alçı kükürt kaynağı görevi görmesi sebebiyle yapay gübre üretiminde hammadde olarak da kullanılmaktadır. Beyaz ekmek, un, tofu, dondurma vb. birçok farklı gıda ve evcil hayvanların yemlerinde kullanılan alçı ayrıca diş macununda dolgu maddesi olarak da değerlendirilmektedir [WRAP, 2006]. Sağlık alanında kırık tedavisinde, dişçilikte kalıp hazırlamada, yazı tebeşiri ve heykel yapımında, kozmetik, gıda ve ilaç sektörlerinde katkı maddesi olarak alçıdan yararlanılmaktadır [Herbold, 2003]. Alçı kömür işletmelerinde kömür tozlarındaki kül oranının artırılması amacıyla da değerlendirilmektedir [Web 2, 2021]. Cam imalatında inceltici ve oksitleyici olarak kullanılan alçı ayrıca boya endüstrisinde pigment mineral veya dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır [WRAP, 2006].

Birçok farklı sektörde kullanılan alçının seramik endüstrisinde vitrifiye ürünlerin döküm yöntemi ile şekillendirilmesinde kalıp hazırlığında ve çimento üretiminde kullanımı ise yapı sektörüne yönelik diğer uygulama örneklerindendir [Web 2, 2021]. Çimentonun içerisine alçı katılması hem priz alma hızının kontrol edilmesine hem de son ürünün güçlendirilmesine katkı sağlamasındandır [WRAP, 2006].

Alçının sahip olduğu olumlu özellikler yapı malzemesi olarak birçok farklı formda kullanılmasında rol oynamaktadır. Örneğin kireç ve çimentonun yerine kullanılan sıvı haldeki alçı işlenebilirliğe katkı sağladığından özellikle yapıda kullanılan sıvaların imalatında tercih edilmektedir [Lushnikova and Dvorkin, 2016], [Prasad, 2016]. Bölgenin iklimine göre iç ve dış mekânda uygulanabilmektedir [Herbold, 2003]. Basit ekipmanlarla kolaylıkla üretilen alçı sıvanın benzer bir türü ise çimento sıvasıdır. Kurduğunda rötre çatlağı oluşturmeyen alçı sıva bu özelliği ile çimento sıvadan ayrılmaktadır [Allen and Iano, 2013], [Herbold, 2003].

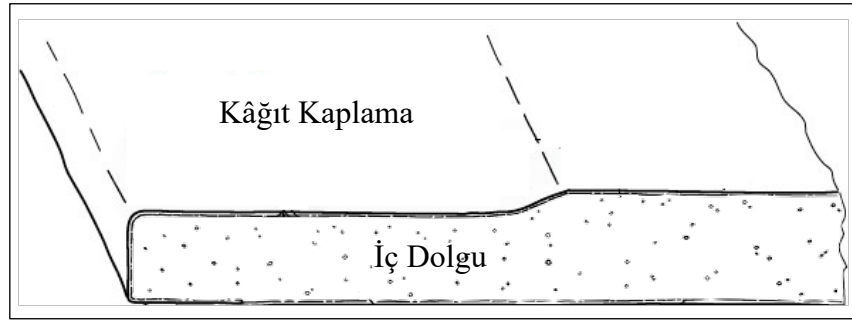
Kuru haldeki alçı ise pano ve prefabrik yapı elemanlarının imalatında tercih edilmektedir [Schultz and Wiedemann-Tokarz, 2016]. Üretilen bu elemanlar bölme ve iç duvarlarda seramik tuğla (ceramic bricks), hücresel beton blok ve diğer ilgili ürünler yerine kullanılabilir [Lushnikova and Dvorkin, 2016].

2.2. Alçı Levha

Uluslararası literatürde “drywall, wallboard, plasterboard, gypsum board” gibi kavramlarla ifade edilen alçı levhanın patenti 1894 yılında Amerika’da alınarak 1915 yılında kaplama malzemesi olarak kullanılmaya başlanmıştır [Ingham, 2013], [Simmons, 2011]. İlerleyen yıllarda üretim tekniklerinin gelişmesiyle birlikte alçı levhanın yüzey görünümünde iyileşmeler olması yapı sektöründeki kullanımının artmasını sağlamıştır [Simmons, 2011].

Alçı levha hızla katılan bir alçı ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) dolgusu ve herhangi bir yapıştırıcıya ihtiyaç duymadan preslenerek birleştirilmiş iki karton tabakadan oluşmaktadır [Schultz and Wiedemann-Tokarz, 2016]. Alçı levhanın şematik kesiti Şekil 2.1’ de verilmiştir (Web 3, 2021). Şekilde görülen bu tabakaların kalınlığı levhanın kullanım yerine göre değişiklik gösterebilmektedir. İç kısım dolgusuna eklenen katkı maddeleriyle farklı özelliklerde alçı levhalar üretilmektedir [WRAP, 2008b]. Su buharı geçirgenliği, yangın dayanımı, eğilme dayanımı, termal direnç ve

darbe dayanımına sahip alçı levha türleri bunlara örnektir [Schultz and Wiedemann-Tokarz, 2016].



Şekil 2.1: Alçı levha şematik kesiti.

Yumuşak, hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olan alçı levha ısıyla temas etmesi halinde içeriğindeki suyun buharlaşması sonucunda ısı aktarımının gecikmesini sağlamaktadır. Aynı zamanda ortamdaki nemi depolayabilme özelliği sayesinde alçı levha, iç ortamın havasında kuruluk olduğunda topladığı nemi kendiliğinden serbest bırakarak doğal bir nem dengeleyici görevi görmektedir [Asakura, 2013]. Çatı, döşeme, tavan ve duvarların kaplamasında kullanılabilen alçı levha ayrıca montaj kolaylığı sağlaması sebebiyle iç duvar yüzeyi olarak da değerlendirilmektedir [Asakura, 2013]. Alçı levhanın maliyetinin düşük olması, ses yalıtımı sağlaması ve toksik özellikte olmaması diğer olumlu yanlarıdır. Ancak kavisli yüzeylerde uygulanmasının zor olması ve aşınma durumunda dayanıklılığının düşmesi ise olumsuz özellikleri arasında sayılabilir [Kubba, 2017].

Dünya genelinde sahip olduğu özellikler ve kullanım alanının çeşitliliği ile yapı sektöründe önemli bir yere sahip olan alçı levha üretiminin büyük çoğunluğunun Avrupa, ABD ve Japonya'da gerçekleştiği bilinmektedir [Ahmed et al., 2011b]. Ülkemizdeki genel oranlara bakıldığında 2018 yılındaki üretim ve ihracat miktarının 1.450 milyon ton olduğu görülmektedir [Web 2, 2021]. Alçı levha üretim ve kullanımındaki artış dolayısıyla atık miktarının da artmasına sebebiyet vermektedir. Örneğin Japonya için bu değer 1.700.000 ton olarak ifade edilirken dünya genelinde ise 15 milyon tondan fazla olduğu bilinmektedir [Kojima and Yasue, 2006], [Ahmed et al, 2011b], [Ahmed et al., 2015].

2.3. Atıkları Değerlendirme Yöntemleri

Yapı sektöründe atıkların değerlendirilmesinin ana unsuru farklı atıkların sınıflandırılarak nakliye ve üretim maliyetlerinin azaltılmasına yönelik kaynağında üretilebilen yüksek hacme sahip uygulamalarda değerlendirilmesidir. Bunun sonucunda hem doğal malzemeye olan ihtiyacın hem de inşaat ve enerji gibi endüstrilerin doğa üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına katkı sağlanmaktadır [Wright, 2016]. Bu duruma yönelik uygulanan yaklaşım modeli Sürdürülebilir İnşaat Malzemeleri Terimler Sözlüğünde [İMSAD, 2019] “atık yönetimi” (waste management) olarak

“Atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, ara depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içeren yönetim şekli” biçiminde ifade edilmiştir.

Atık yönetimi sisteminde yer alan yöntemlerin kullanım önceliğine göre yapılan sıralaması ise atık yönetimi hiyerarşisi olarak adlandırılmaktadır. Yöntemlerin uygulanması en çok tercih edilenden en az tercih edilene doğru sıralaması azaltma/önleme (reduce), yeniden kullanım (reuse), geri dönüşüm (recycle), kurtarma/enerji sağlama/geri kazanım (recovery) ve bertaraf/imha (disposal) şeklindedir [Al-Ansary et al., 2004], [Awasthi et al., 2019].

İlk sırada yer alan azaltma/önleme daha az malzeme kullanımıyla üretim ve nakliyeden kaynaklanan kirliliğin azaltılmasında, bunun yanı sıra enerji ve su tasarrufunun sağlanmasında etkilidir [Awasthi et al., 2019]. Ülkemizde konu ile ilgili 29314 sayılı Atık Yönetimi adlı yönetmelikte “önleme” olarak ifade edilen yöntemin tanımı ürünlerin yeniden kullanılması veya işlev ömrünün uzatılması yoluyla atık miktarının azaltılması, aynı zamanda çevre ve insan sağlığına karşı olumsuz etkilerin azaltılmasına yönelik olarak alınacak tedbirler şeklinde ifade edilmektedir [ResGaz 2, 2015].

Yeniden kullanım ürünler veya atık olmayan bileşenlerin işlevine uygun olarak aynı amaçla kullanılmasını ifade etmektedir [ResGaz 2, 2015]. Bu yöntemle mevcut malzemelerin kullanım ömrü uzatılarak yeni kaynak arama ihtiyacının azaltılması sağlanmaktadır [Awasthi et al., 2019].

Geri dönüşüm atıkların işlenmesi ile ana kullanım amacı ile aynı, ya da farklı amaçlarla kullanılmak üzere malzemeye, maddeye ya da ürüne dönüştürülme işlemini tanımlamaktadır [ResGaz 2, 2015]. Yeniden kullanım yönteminde olduğu gibi kaynak korunumunu sağlanmasında etkili olan geri dönüşüm ayrıca atıkların depolama sahalarından uzaklaştırılmasında da etkilidir [Awasthi et al., 2019].

Geri kazanım azaltılamayan, yeniden kullanılamayan veya geri dönüştürülemeyen atıklardan enerji üretilme işlemi olarak tanımlanmaktadır [Al-Ansary et al., 2004]. Bu aşama için atıktan enerji (waste to energy) ifadesi de kullanılmaktadır [Web 4, 2021].

Sıralamanın son basamağı olan bertaraf geri dönüştürülemeyen atıkların imha edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Yöntemin kompostlaştırma, biyometanizasyon, yakma, piroliz ve gazifikasyon gibi birçok çeşidi mevcuttur [Web 5, 2021]. Özellikle katı atıklar için ekonomik olması sebebiyle düzenli depolama (landfill) yaygın olarak uygulanmaktadır. [Awasthi et al., 2019], [Web 5, 2021].

2.3.1. Depolama

Atıkların düzensiz bir şekilde depolanması görüntü, hava, yeraltı/yüzeysel su kirliliği ve heyelan riski gibi olumsuz sonuçlar oluşturabileceğinden düzenli bir şekilde depolanması gerekmektedir [Web 5, 2021]. Bu işlemin yapıldığı tesisler ilgili 27533 sayılı Atıkların Düzenli Depolanması adlı yönetmelikte

“Atıkların olduğu tesis içinde geri kazanım, ön işlem veya bertarafa gönderilmek üzere geçici depolandığı birimler, atığın geri kazanım veya ön işleme tabi tutulmak amacıyla üç yıldan daha kısa süreli ara depolandığı tesisler ile atığın bertaraf işlemine tabi tutulmak üzere bir yılı geçmeyecek şekilde ara depolandığı tesisler hariç olmak üzere atıkların yeraltı veya yer üstünde belirli teknik standartlara göre bertaraf edildiği sahalar” şeklinde ifade edilen düzenli depolama tesisi (DDT) olarak tanımlanmaktadır.

İşlemin düzenli depolama olarak nitelendirilmesi için alt-üst taban geçirimsizliği, sızıntı suyu ve depo gazı yönetiminin olması gerekmektedir [Web 5, 2021]. Bunun haricinde depolama sahalarının tasarımında konum, rüzgârın etkisi, konumun iklimi, yerleşim yerlerine uzaklık gibi kriterlere dikkat edilmesinin gerekliliği yönetmeliklerde belirtilmiştir [ResGaz 3, 2010].

2.3.2. Geri Dönüşüm

Bir malzemeyi önceki haline geri döndürme işlemi veya atıkların yeniden kullanılabilir bir malzemeye dönüştürülmesi olarak tanımlanan geri dönüşümün farklı şekillerde sınıflandırılan birçok çeşidi mevcuttur [EPA, 2019]. İşlevsellik veya değer yönünden yapılan sınıflandırma ileri dönüşüm (upcycle) ve aşağı dönüşüm (downcycle) olarak ikiye ayrılmaktadır. İlgili sözlükte [İMSAD, 2019] ileri dönüşüm;

“Bir malzemenin ikinci hayatında ilkinin (orijinal hali) benzer veya daha büyük bir değere dönüştürme süreci”

olarak tanımlanırken aşağı dönüşüm ise;

“Bir malzemeyi ikinci hayatında ilkinin (orijinal hali) oranla daha düşük değere ve işlevselliğe dönüştürme süreci” olarak ifade edilmektedir.

Sonuç ürüne göre yapılan sınıflandırma ise “açık çevrim geri dönüşüm” (open loop recycling) ve “kapalı çevrim geri dönüşüm” (closed loop recycling) başlıkları altında ele alınmakta olup literatürde açık döngü geri dönüşüm ve kapalı döngü geri dönüşüm olarak da ifade edilmektedir. Açık döngü geri dönüşüm eski ürün ve malzemelerin farklı ürünün eldesinde kullanılması olarak tanımlanırken kapalı döngü geri dönüşüm ise atık ürünün aynı ürün eldesinde kullanılması şeklinde ifade edilmektedir [İMSAD, 2019].

Farklı sınıflandırmalarla ifade edilen geri dönüşüm sistemlerinin çevreye ve ekonomiye olan katkıları ortaktır. Yapı ürünleri üretiminde geri dönüştürülmüş içerik kullanımıyla hammadde ihtiyacında ve dolayısıyla hammadde temini sırasında tüketilen enerji miktarında azalma yaşanmaktadır. Bu durum çevresel tahribatın önüne geçilmesinde önemli bir yere sahiptir.

Olumlu ve olumsuz özellikleri üzerinden irdelendiğinde atık alçı(levha)ların değerlendirilmesinde geri dönüşüm yöntemi depolama için gereken alan ihtiyacını ortadan kaldırdığı için ekonomik olarak çok daha uygun olduğu söylenebilir [Ruiz et al., 2020].

2.4. Atık Alçı(Levha)ların Oluşumu ve Değerlendirilmesi

Alçı yapı sektöründe alçı levha, alçı sıva gibi birçok farklı ürün eldesinde kullanılan bir kaynak görevi görmektedir. Gerek üretim sürecinde gerekse üretilen alçı ürünlerin kullanımı sonucunda atık oluşumu gözlenmektedir. Bu atıklar oluşum nedenlerine göre üç başlık altında toplanabilir.

- Üretim Atıkları; malzemenin üretilmesi aşamasında ortaya çıkan atıklar,
- İnşaat Atıkları; yeni yapı yapımı sırasında şantiyede oluşan atıklar,
- Yıkım (yıkıntı) Atıkları; ömrünü veya işlevini tamamlamış yapıların yıkım ya da yenilenme aşamasında ortaya çıkan atıklar [GtoG, 2013].

Farklı aşamalarda oluşan ve tehlikesiz (non hazardous) atık grubu içerisinde yer alan atık alçı(levha)lar normal şartlarda çevreye ve insan sağlığına karşı bir tehdit oluşturmamaktadır. Ancak bu atıkların organik atıklarla karışık halde bulunması ve su ile temas etmesi halinde toksik bir gaz olan H_2S (hidrojen sülfür) salınımı canlılar için tehlike arz etmektedir. [ResGaz 2, 2015], [Asakura, 2013]. Bu durumun oluşmasında atıkların depolama alanlarında biriktirilmesi rol oynamaktadır. Alçı içeriğindeki sülfat yağmur veya yer altı suyu ile temas ettiğinde çözülmeğe [Asakura, 2013]. Bu durumda yeraltı katmanının durumu anaerobik (üremesi ve yaşaması için oksijene ihtiyaç duymayan) olarak değişmektedir. Sonuçta sülfat indirgeyen bakteriler hem bu anaerobik koşullar hem de sülfat ve organik madde varlığıyla birlikte çoğalarak sülfatı H_2S gazına dönüştürürler [Asakura, 2013]. Yüksek sülfat içeriğine sahip olan atıkların tek başlarına bertaraf edilmesinin daha uygun olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle hem çevre korunumu hem de farklı türde atıkların kirletilmemesi adına atık alçı ve levhaların farklı türde atıklarla birlikte depolanmasının ve değerlendirilmesinin uygun olmadığını söylemek mümkündür [WRAP, 2008b].

Geri dönüşüm sırasında alçıtaşının kimyasal bileşimlerinde değişiklik olmaması alçının birçok defa dönüştürülebilmesine olanak vermektedir. Bu sebeple alçı ürünler kapalı döngü geri dönüşümünün uygulanabildiği sınırlı sayıdaki yapı malzemeleri arasındadır [GtoG, 2013]. Saf alçıdan kaynaklanan atık alçılar genellikle tarım, inşaat ve diğer endüstriyel alanlarda değerlendirilmektedir. Alçı, beton ve alçı sıvaların büyük işletmelerdeki toplu atıkları öğütme işleminden geçirilerek imalat sürecine

tekrar geri döndürülebilmektedir. Toz toplama sistemlerinde birikmiş olan alçı tozu, priz düzenleyici olarak karışımlarda kullanılabildiği gibi aynı zamanda homojenleştirme esnasında alçı bağlayıcılara eklenebilmektedir [Lushnikova and Dvorkin, 2016].

Konu ile ilgili uluslararası kaynaklarda yer alan çalışmalardan atık alçının dolgu malzemesi olarak kullanımını inceleyen Rahman ve arkadaşları (2008) çalışmalarında basınç dayanımı, dayanıklılık ve sülfat seviyeleri açısından incelemeler gerçekleştirmişlerdir. Belirtilen bu testler doğrultusunda atık alçının dolgu malzemesi olarak kullanılabileceğini saptamışlardır. Ayrıca elde ettikleri karışımların akışkan yapıda olması sebebiyle kullanım sırasında herhangi bir sıkıştırma işlemine gerek olmayacağını da belirtmişlerdir.

Benzer bir çalışmada ise Ngamsurat ve arkadaşları (2011) seramik üretiminde kullanılan alçı kalıplardan elde edilen atık alçının kauçuk içerisinde dolgu maddesi olarak kullanılabileceğini tespit etmişlerdir.

Ahmed ve arkadaşları (2015) atık alçı levhanın hafriyat projelerinde katkı malzemesi olarak kullanımının sebep olduğu çevresel etkileri incelemişlerdir. Yaptıkları değerlendirmede katılaştırma ajanı eklenmeden hafriyat projelerinde katkı malzemesi olarak atık alçı levha kullanımının uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Atık alçı levhanın betonda kullanımı sonucu oluşan etkileri inceleyen Raghavendra ve arkadaşları (2016) yaptıkları çalışmada atık miktarına bağlı olarak su ihtiyacının artış gösterdiğini saptamışlardır.

Atık alçı levhanın çimento içerisinde kullanımını inceleyen Medina ve arkadaşları (2016) geri dönüştürülmüş kalsiyum sülfatın çimentonun ilk ve son dayanımını azalttığını tespit etmişlerdir. Buna rağmen 150° C'ye kadar ısıtılarak işlem görmüş alçı levhalardan elde edilen çimento numunelerinin Avrupa standartlarına göre mukavemet gelişimi gösterdiğini saptamışlardır. Geri dönüştürülmüş alçı ve ticari alçıyı birlikte kullanan de Moraes Rossetto ve arkadaşları (2016) atık ilavesinin alçı üzerindeki değişimini incelemişlerdir. Sonuçta geri dönüştürülmüş alçının ticari alçıdan daha iyi bir mekanik performansa sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Geri dönüştürülmüş alçı sıvadan (recycled gypsum plaster) tuğla üretimini araştıran Geraldo ve arkadaşları (2018) iyi mekanik performansa sahip ve çevre dostu bir malzeme üretebilmenin teknik açıdan mümkün olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Erbs ve arkadaşları (2018) alçı levhanın geri dönüştürülme sayısının özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Üçüncü döngüye kadar geri dönüşümün alçı levhanın

özelliklerinde olumsuz bir etki oluşturmadiğını tespit etmişlerdir. Hansen ve Sadeghian (2019) sürdürülebilir ve çevre dostu bir çözüm arayışıyla yaptıkları çalışmalarında geri dönüştürülmüş alçının çimentonun yerine kısmi olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Sonuç olarak numunelerin basınç dayanımında azalmalar olduğunu gözlemlemişler ve uçucu kül ilavesiyle birlikte iyileşmelerin olduğunu tespit etmişlerdir.

3. YAPI ÜRÜNLERİNDE ATIK ALÇI(LEVHA) LARIN KONU EDİLDİĞİ ÇALIŞMALARA YÖNELİK META ANALİZİ

Atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde konu edildiği uluslararası alanda yapılmış birçok yayına rastlanırken ülkemizde bu alanda yapılan yayın sayısının yeterli düzeyde olmadığı görülmüştür. Bu durumda ilgili literatürün taranması güncel konu başlıklarının belirlenmesinde, alanla ilgili eksik ve güçlü yönlerin görülmesinde uygulanabilecek adımlardan biri olsa da kendi içlerinde değerlendirilen yayınlar genel bir çerçeve oluşturulması aşamasında yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı alandaki yayınların bütünsel bir şekilde ele alınarak analiz edilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Literatürde “analizin analizi” olarak ifade edilen meta analizi bu sebeple tezin yöntemi olarak seçilmiştir. Bu kapsamda öncelikle meta analiz kavramı açıklanmış, sonrasında tezin metodolojisinden ve tez kapsamında ulaşılan yayınların meta analiz yöntemiyle değerlendirilmesinden bahsedilmiştir.

3.1. Meta Analizi Kavramı

Bir teorinin desteklenmesi veya çürütülmesi, uzun zamandır devam eden bir tartışmanın çözüme kavuşturulması bilimsel araştırmanın amacını oluşturmaktadır [Eysenck, 1995]. Yapılan araştırmada ilgili literatürün taranması ise bu çözüm sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır. Literatürü oluşturan bu çalışmalar kendi başlarına incelendiğinde ayrı bir sonucu ifade etseler de benzerleriyle birlikte değerlendirildiklerinde anlamlı bir bütünü oluşturmaktadırlar.

Bu amaca yönelik olarak uygulanan meta analizi yöntemi, bireysel çalışmalardan elde edilen bulguların bütünleştirilerek istatistiksel olarak ifade edilmesi olarak tanımlanmaktadır [Glass, 1976]. Yöntem, araştırmacıları tüm resmi görmeye teşvik etmesi ve farklı yaklaşımlarla yürütülen analizlerde belirsiz kalan yönlerin ve ilişkilerin bulunmasına katkı sağlamasıyla öne çıkmaktadır [Shelby and Vaske, 2008]. Ayrıca tek bir veri üzerinden yapılan incelemeye kıyasla mevcut bütün verilerin değerlendirilmesi çalışmanın istatistiksel gücünün artırılmasında etkili olmaktadır [Çarkungöz ve Ediz, 2009].

Ülkemizde konu ile ilgili mimarlık alanındaki tezlere bakıldığında yapım projelerinde tasarım yönetimi, yalın inşaat yöntemlerinden biri olan Last Planner sistemi ve uyum gösteren cepheler gibi konu başlıkları üzerinden genel durumun analiz edilmesine yönelik olarak meta analizi yönteminin uygulandığı görülmektedir [Serin, 2016], [Aydın, 2019], [Karaağaç, 2020].

3.2. Metodoloji

Yapı ürünlerinde atık alçı(levha)ların konu edildiği ulusal ve uluslararası bilimsel çalışmalar (tez, makale, bildiri, rapor, kitap bölümü) tez kapsamında incelenen yayın türü olarak belirlenmiştir. Konu kapsamında YÖK Ulusal Tez Merkezi, Google Scholar, ScienceDirect, Springer, Ebsco, Taylor&Francis, ProQuest veri tabanlarında ve Google arama motorunda tarama yapılmıştır.

Veri tabanlarında “gypsum waste /alçı atığı”, “gypsum board waste /alçı levha atığı”, “waste gypsum board/atık alçı levha”, “recycled gypsum/geri dönüştürülmüş alçı” anahtar kelimeleri kullanılarak 2021 yılının Ocak ayından geçmişe dönük en eski tarihli yayınlara ulaşıncaya kadar tarama yapılmıştır.

Yapı ürünleri olarak sınırlandırılan taramada atık alçı(levha)ların gerek zemin iyileştirme gerekse tarımsal amaçlı olarak topraktaki kullanımının konu edildiği yayınlara rastlanıldığından yapı sektörünü ilgilendiren bu alanlar da meta analize dahil edilmiştir. Geri dönüşüm tanımında malzeme veya atığın dönüştürülmesinin esas alındığı ifade edilmektedir. Bu sebeple tarama sırasında karşılaşılan ve saf alçının geri dönüştürülmesinin konu edildiği bazı yayınlar analiz kapsamında ele alınmıştır.

Yapılan taramada alçı levhanın karşılığı olarak ingilizcede birden çok kelime olması sebebiyle aynı kavramı tanımlayan farklı ifadelerin yayınlarda yer aldığı görülmüştür. Buna yönelik olarak tarama sürecine “waste drywall”, “waste wallboard” ve “waste plasterboard” anahtar kelimeleri de katılmıştır.

Veri toplama sürecinde başlığında/anahtar kelimelerinde bu kelimeleri bir veya birden fazla içeren 76 adet yayına ulaşılmıştır. Başlığında belirtilen kelimeleri “waste” veya “gypsum” şeklinde ayrı ayrı içeren 14 adet yayın incelenmiş ve konu kapsamında yer aldığı için analize dahil edilmiştir (bkz. Ek Tablo B1.1). Yapılan tarama sonucunda konu ile ilgili tez kapsamına giren ve bazı örneklerine tezin ilgili bölümlerinde daha önce yer verilen 90 adet yayın meta analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir.

3.3. Meta Analiz Çalışması

Konu ile ilgili literatür incelendiğinde çalışmalarda meta analizinin “biçim” ve “içerik” olmak üzere iki ayrı kapsamda ele alınarak yapıldığı görülmektedir [Aydın, 2019]. Biçim, çalışmanın önceden belli olan bilgilerinin ele alındığı kısım olarak tanımlanabilir. İçerik kısmında ise çalışmalar detaylı bir şekilde incelendikten sonra benzer bilgilerin belirli kategoriler altında toparlanması ile daha genel bir şekilde ifade edilmesi sağlanmaktadır. Bu doğrultuda Tablo 3.1’de gösterilen meta analizi sınıflandırma çerçevesi, daha önce yapılan benzer çalışmalardan uyarlanarak oluşturulmuştur.

Ulaşılan yayınların künyesi biçim kısmında yayın türü, yayınlanma yeri, yayınlanma yılı ve yayınlandığı ülke olmak üzere dört alt kategoride incelenmiştir. İçerik başlığı altında yapılan incelemenin ana kategori başlıkları ise amaç, atık bilgisi, ürün bilgisi ve teknik bilgi şeklinde belirlenmiştir.

Amaç kategorisinde yayınlar konu kapsamı ve araştırma yöntemine göre iki alt kategoride değerlendirilmiştir. Konu kapsamını değerlendirmek üzere çalışmaların yapılış amaçları, atık alçı(levha)ların konu edildiği alanların çeşitliliğinin görülmesi açısından genelleme yapılmadan belirlenmeye çalışılmıştır. Ancak genel bir çerçevenin de oluşturulması amacıyla bu başlıkların belirlenmesinde benzer inceleme alanları esas alınmıştır. Örneğin atık alçı(levha)ların geri dönüşümü sırasında veya dönüşüm sonrasında yapılan incelemelerin işlendiği çalışmalar geri dönüşüm süreci ve sonrası başlığı altında toplanmıştır. Zemin ıslahı veya bitki üretiminin konu edildiği yayınlar tarımsal amaçlı kullanım olarak ele alınırken set oluşturma, kaldırım taşı gibi farklı uygulamalar yol çalışmalarında kullanım olarak genellenmiştir. Araştırma yöntemini incelemek üzere yayınlarda kullanılan birçok farklı yöntem çoklu metot, literatür taraması, örnek çalışma ve deneysel çalışma başlıkları altında genellenmiştir.

İçerik kısmının atık bilgisi kategorisinde atık alçı oluşum aşaması ve atık alçı türü alt kategorileri üzerinden inceleme yapılmıştır. Oluşum aşamaları üzerinden yapılan inceleme de geri dönüşüm tesisinden elde edilen atık kullanıldığı ifade edilen çalışmalar yıkım atığı, seramik üretimindeki kalıpların kullanıldığı çalışmalar ise üretim atığı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca net bir oluşum aşaması belirtilmeyen çalışmalar bilinmeyen başlığı altında ele alınmıştır. Atık bilgisine göre yapılan inceleme de saf alçının dönüşümünün incelendiği çalışmalar geri dönüştürülmüş alçı

başlığı altında toplanmıştır. Çalışmalarda “gypsum plaster/plaster/plaster of Paris/gypsum powder” ifadelerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu kelimeler dilimize çevirildiğinde alçı sıva olarak ifade edilse de herhangi bir anlam karışıklığı olmaması ve dil birliğinin sağlanması açısından atık türleri içerdikleri su oranlarına göre (hemihidrat/dihidrat) ifade edilmiştir. Buna göre atıklardan hemihidrat formda olanlar atık alçı sıva, dihidrat formda olanlar ise atık alçı olarak tanımlanmıştır.

Çalışmalarda incelenen ürüne göre yapılan değerlendirme ürün bilgisi kategorisi altında içerik kısmında ele alınmıştır. Geri dönüşüm döngüleri özelinde yapılan inceleme de atık alçı(levha)ların kullanım olanaklarını konu edinen çalışmalar öncelikle geri dönüşüm döngüsü açısından değerlendirilmiştir. Daha sonrasında geri dönüşüm döngüleri belirlenen çalışmaların ürünler özelindeki incelemesi kapalı döngü ürün çeşidi ve açık döngü ürün çeşidi alt kategorilerinde gerçekleştirilmiştir. İnceleme de ürün çeşitleri çalışmaların atık alçı(levha) kullanım amacı esas alınarak alt başlıklar oluşturulmuştur. Ayrıca alçı ürün çeşitleri tanımlanırken daha önceden atık alçı türü analizinde uygulandığı gibi içerdikleri su oranları esas alınmıştır.

İçerik kısmında araştırma yöntemi sadece deneysel olan çalışmaların analiz edildiği teknik bilgi kategorisinde sıcaklık, elek/partikül boyutu, standart türü ve numune türü olmak üzere dört alt kategori belirlenmiştir. Sıcaklık ve elek/partikül boyutu alt kategorilerinde atık alçı(levha)ların hazırlık aşamasında kabul edilen değerler esas alınmıştır. Sıcaklık değerlerine göre yapılan değerlendirmede ısıtılmamış atık alçı(levha)ların kullanıldığı çalışmalar 0 °C başlığı altında ele alınırken net bir bilgi belirtilmeyen çalışmalar ise bilinmeyen başlığı altında toplanmıştır.

Deneysel içerikli çalışmalarda boyut bilgisinin elek ve partikül boyutu olmak üzere iki şekilde ifade edildiği görülmüştür. Bu durumda genel bir değerlendirme yapmak için her iki değer birlikte ele alınmıştır. Elek veya partikül boyutu net olarak verilmeyen çalışmalar bilinmeyen olarak kabul edilmiştir. Boyut bilgileri mesh, elek no ya da inch olarak verilen çalışmaların genel bir değerlendirmesinin yapılması amacıyla tüm boyutların mm'ye dönüşümleri gerçekleştirilmiştir. Boyut bilgisi dönüşümleri gerçekleştirilemeyen ve net bir bilgi edinilemeyen çalışmalar ise bilinmeyen olarak değerlendirilmiştir.

Standart türüne göre yapılan değerlendirme de bazı çalışmalarda birden fazla standartın uygulandığı görülmüştür. Bu durumdan hareketle analizin alt başlıklarında genelleme yapılmadan ayrı ayrı tanımlanmıştır. Ayrıca bazı çalışmalardaki deneyin

yapılışında uygulanan metotlar bu değerlendirmeye katılmamış ve bu tür yayınların standart türleri bilinmeyen olarak ele alınmıştır.

Numune türüne göre yapılan değerlendirmede toprakla ilgili çalışmalarda deneyin yapıldığı alanla ilgili bilgilerin verildiği görülmüştür. Bu sayısal değerler numune türü olarak tanımlanamayacağı için bilinmeyen başlığı altında ele alınmıştır.

Tablo 3.1: Meta analizi sınıflandırma çerçevesi.

	Kategori	Alt Kategori	Özellikler
BİÇİM	Yayın Künyesi	Yayın Türü	Makale, Bildiri, Tez, Rapor, Kitap Bölümü.
		Yayınlanma Yeri	YÖK Ulusal Tez Merkezi, Ebsco, ProQuest, Taylor&Francis, Springer, ScienceDirect, Google Scholar, Google (arama motoru).
		Yayınlanma Yılı	1988,1993,1998, 2000,.....2017, 2018, 2019,2020,2021.
		Yayınlandığı Ülke	Avustralya, Fransa, İngiltere, Türkiye.....
İÇERİK	Amaç	Konu Kapsamı	Alçı Eldesi, Alçı Kalıp Üretimi, Bağlayıcı Madde Olarak Kullanım, Dolgu Maddesi Olarak Kullanım, Geri Dönüşüm Süreci ve Sonrası, Priz Geciktirici Madde Olarak Kullanım...
		Araştırma Yöntemi	Çoklu Metot, Literatür Taraması, Örnek Çalışma, Deneysel Çalışma.
	Atık Bilgisi	Atık Alçı Oluşum Aşaması	Bilinmeyen, Geri Dönüştürülmüş Alçı, İnşaat Atığı İnşaat-Yıkım Atığı, Üretim Atığı, Üretim-İnşaat Atığı, Üretim-İnşaat-Yıkım Atığı, Yenileme(renovation) Atığı, Yıkım Atığı.
		Atık Alçı Türü	Atık Alçı Kalıp, Atık Alçı Levha, Atık Alçı Levha-Atık Alçı Kalıp, Atık Alçı Levha, Atık Alçı, Atık Alçı Sıva, Geri Dönüştürülmüş Alçı.
	Ürün Bilgisi	Geri Dönüşüm Döngüsü	Kapalı Döngü (close loop recycle) Geri Dönüşüm, Açık Döngü Geri Dönüşüm (open loop recycle), Kapalı-Açık Döngü Geri Dönüşüm (close-open loop recycle)
		Kapalı Döngü Ürün Çeşidi	Alçı Blok, Alçı Kalıp, Alçı Levha, Alçı Tuğla-Alçı Levha, Alçı, Alçı-Alçı Sıva, Alçı Sıva.
		Açık Döngü Ürün Çeşidi	Agrega, Beton, Beton-Çimento, Çimento, Dolgu Malzemesi, Düşük Mukavemetli Malzeme (CLSM), Harç, Kauçuk, Plastik, Seramik, Toprak, Tuğla, Vollaştonit(wollastonite).
	Teknik Bilgi	Sıcaklık(°C)	(0), (0, 130, 250), (45, 180), (45, 140), (50), (110), ...
		Elek/Partikül Boyutu(mm)	(0,025-0,063), (0,036-0,044), (0,063), (0,07), (0,075), (0,09), (0,12), (0,125), (0,15), (0,2).....
		Standart Türü	ABNT, ABNT-ASTM, ABNT-ISO, ASTM, ASTM-ACI, ASTM-ACI-IS, ASTM-BS.....
		Numune Türü	Dikdörtgen Prizma, Dikdörtgen Prizma-Kare Prizma-Küp, Dikdörtgen Prizma-Kare Prizma-Silindir, Kare Prizma.....

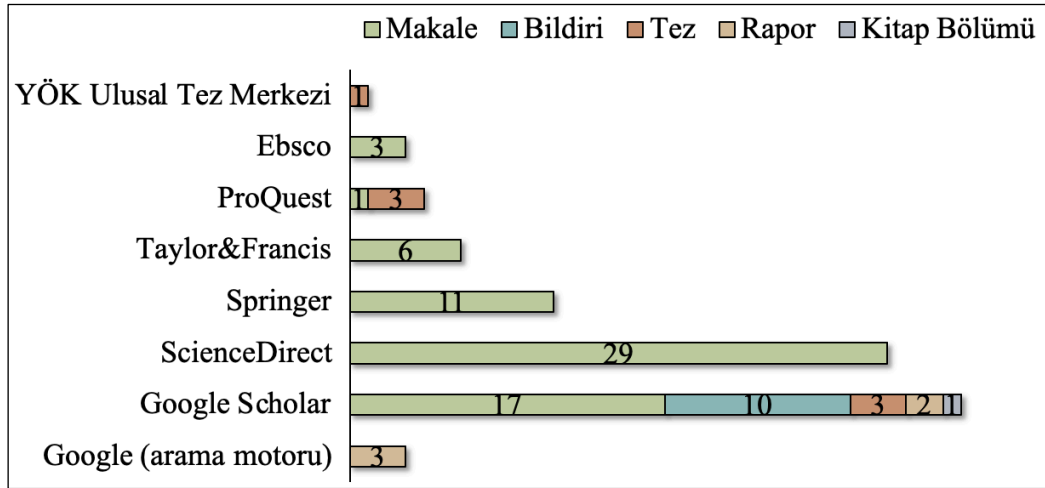
4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Belirtilen kategoriler ve alt kategoriler üzerinden yapılan meta analizi bulguları genel ve teknik olmak üzere iki başlık altında detaylı olarak anlatılmıştır.

4.1. Genel Bulgular

Biçim başlığı altında yer alan yayın künyesi kategorisinde çalışmalar sırasıyla yayın türü, yayınlanma yeri, yayınlanma yılı ve yayınlandığı ülke olmak üzere dört alt kategoride incelenmiştir.

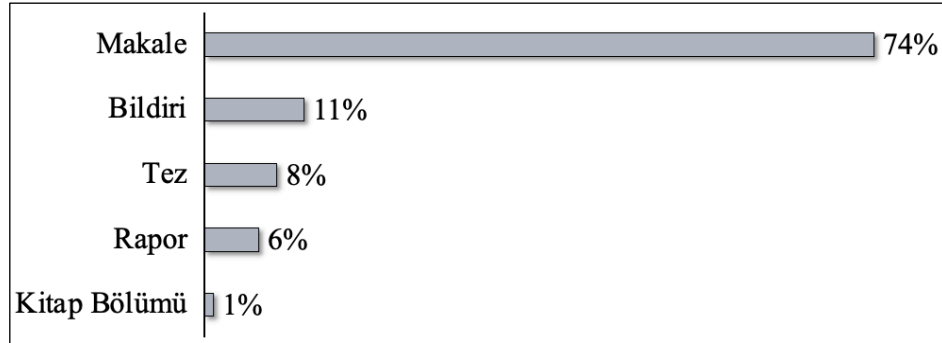
Belirlenen veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda bu tez kapsamına giren ve analize uygun olan 67 makale, 10 bildiri, yedi tez, beş rapor ve bir kitap bölümü olmak üzere toplam 90 adet bilimsel çalışmaya ulaşılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: İncelenen çalışmaların yayın türü ve yayınlanma yerine göre dağılımı.

Yayın türü açısından en fazla yayının %74 ile makale türünde olduğu görülmektedir. Ardından sırasıyla %11 tez, %8 bildiri, %6 rapor ve %1 kitap bölümü gelmektedir. Bu durum makale yayınlanma süresinin daha kısa olması ve birden çok yazarın ortaklaşa çalışma yapması ile ilişkilendirilebilir. Buna karşın tez çalışmasının tamamlanması ile yayın yapma süresinin uzunluğu ve tek yazarlı olması incelenen çalışmalar arasında daha az orana sahip olması ile açıklanabilir. Aynı şekilde bildiri türündeki yayınlar için de sunum şartının olması, kayıt, seyahat ve konaklama ücretlerinin yüksek olması, bildiri kitaplarına veri tabanlarında veya arama

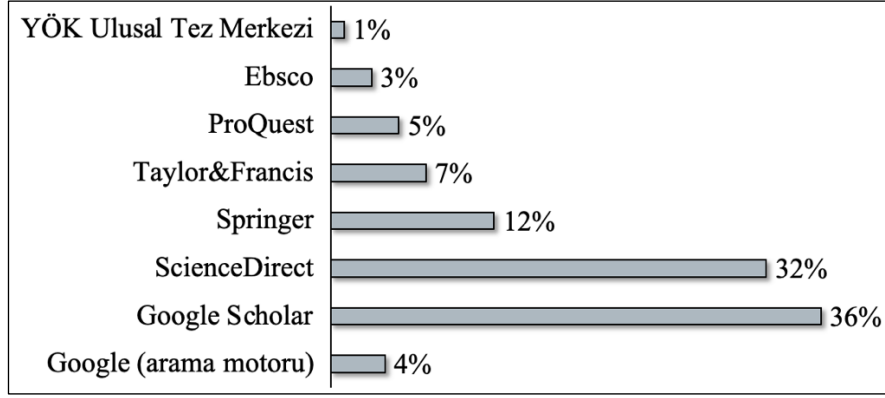
motorlarında kolay ulaşılamaması bu oranın daha az olmasının sebebi olabilir. Rapor ve kitap bölümünün bu değerlendirmede son sıralarda yer almasında raporun deneysel olarak yürütülmesi ve yürütülen bu deneylerin belli bir süreye ihtiyaç duyulmasından kaynaklı olduğu ve erişimin kısıtlı olmasından dolayı olduğu söylenebilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İncelenen çalışmaların yayın türüne göre dağılımı.

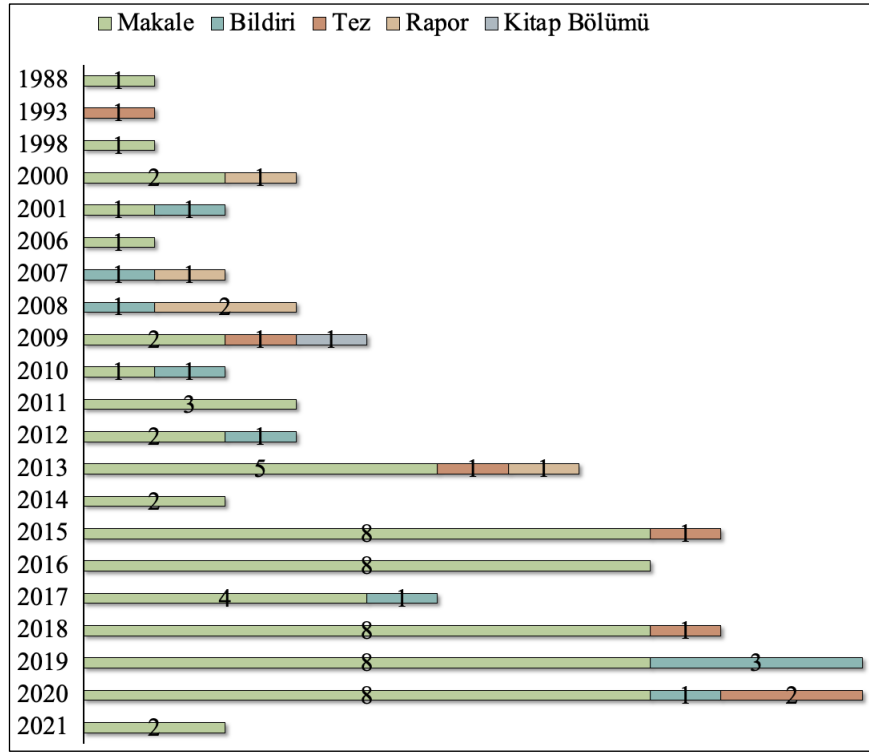
Yayınlanma Yeri açısından çalışmalar; bir adet YÖK Ulusal Tez Merkezi, üç adet Ebsco, dört adet ProQuest, altı adet Taylor&Francis, 11 adet Springer, 29 adet ScienceDirect, 33 adet Google Scholar veri tabanında ve üç adet Google arama motorunda yapılan tarama sonucunda elde edilmiştir. Google Scholar veri tabanından ulaşılan 33 adet çalışma bir kitap bölümü, iki rapor, üç tez, 10 bildiri ve 17 makaleden oluşmaktadır. Proquest veri tabanından bir makale ve üç tez çalışmasına ulaşılmıştır (Şekil 4.1).

Yayınlanma yeri açısından değerlendirme yapıldığında %36 ile en çok yayına Google Scholar veri tabanından ulaşıldığı görülmektedir. İkinci sırada %32 ile ScinceDirect gelmektedir. %1 ile YÖK Ulusal Tez Merkezi ve %3 ile Ebsco en az yayına ulaşılan veri tabanlarıdır. Google Scholar veri tabanının ilk sırada yer alması makale, rapor ve tez gibi farklı türdeki yayınlara açık erişim sağlamasıyla ilişkilendirilebilir. Son sırada YÖK Ulusal Tez Merkezi veri tabanının gelmesinin sadece ülkemizde yayınlanan tez türündeki yayınlara erişim sağlamasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3: İncelenen çalışmaların yayınlanma yerine göre dağılımı.

Yayınlanma Yılı olarak 2020 yılında 11, 2019 yılında 11, ve 2015 yılında dokuz adet çalışma yayınlanmıştır. 2020 yılına ait yayınlar sekiz makale, bir bildiri ve iki tez, 2019 yılına ait yayınlar sekiz makale ve üç bildiriden oluşmaktadır. 1988, 1993, 1998, 2006 yıllarında ise birer adet çalışma yayımlanmıştır (Şekil 4.4).

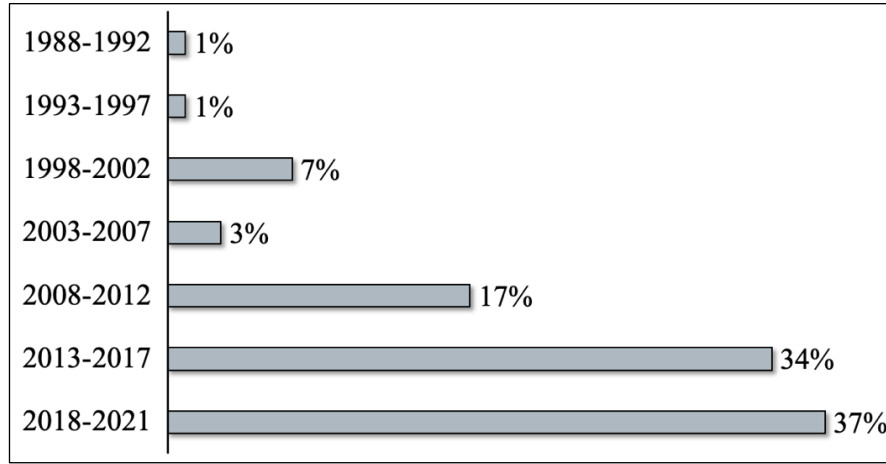


Şekil 4.4: İncelenen çalışmaların yayınlanma yılı ve yayın türüne göre dağılımı.

Yayınların yıllara göre dağılımları 1988 yılından başlayarak beşer yıllık tarih aralıklarına bölünerek incelenmiştir (Şekil 4.5). Tez kapsamında 2021 ocak ayında literatür taraması tamamlandığından en son yıl aralığı 2018-2021 olarak kabul edilmiştir. Buna göre %37 ile en çok 2018-2021 yıl aralığında (üç yıl 1 ay), bundan

sonraki beşer yıllık aralıklarda ise %34 ile 2013-2017 yıl aralığı, %17 ile 2008-2012 yıl aralığı, %3 ile 2003-2007 yıl aralığı ve %7 ile 1988-2002 yıl aralığında çalışmanın yayınlandığı görülmektedir. En az yayın yapılan yıl aralıkları ise %1 ile 1988-1992 ve 1993-1997 olarak tespit edilmiştir. Değerlendirme sonucuna genel olarak bakıldığında 2003-2007 yıl aralığı haricinde artarak ilerleyen bir dağılım olduğu gözlenmektedir. Bu durumdan hareketle atık alçı ve levhaların değerlendirilmesi konusuna olan ilginin giderek arttığını ve güncel bir başlık haline geldiğini söylemek mümkündür.

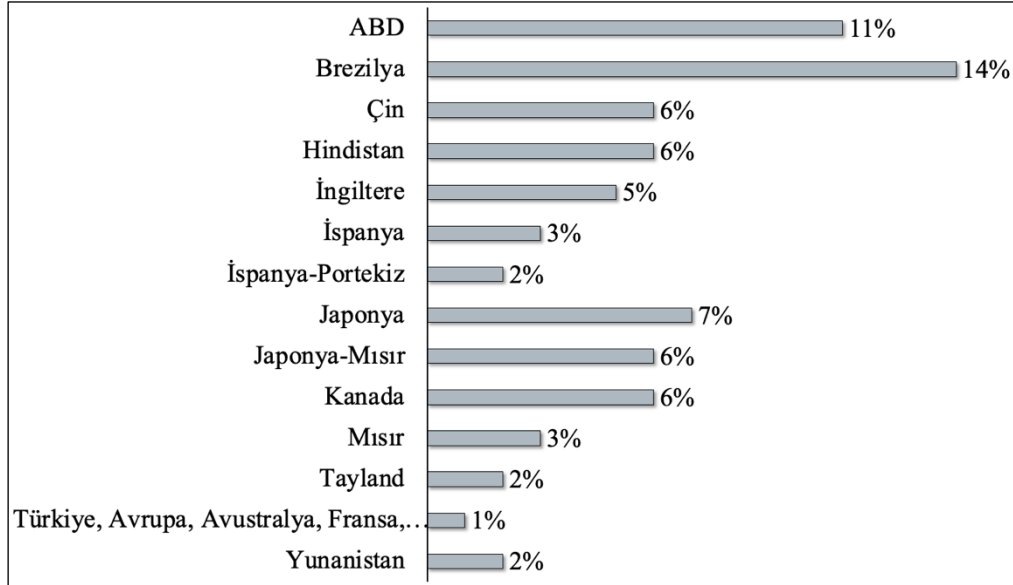
Bu çıkarıma ulaşılmasında sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte yapı tasarımında çevre dostu ürünlerin kullanımının etkisi olabileceği düşünülmektedir. Buradan hareketle ilerleyen yıllarda atık alçı(levha) ve diğer inşaat atıklarının değerlendirilmelerine verilecek önemin giderek artacağı yorumu yapılabilir.



Şekil 4.5: İncelenen çalışmaların yayınlandığı yıl aralıklarına göre dağılımı.

Yayınlanan ülkeye göre yapılan değerlendirmede ilk sırada Brezilya (%14) olduğu, onu ABD (%11) ve Japonya'nın (%7) takip ettiği görülmektedir (Şekil 4.6). Bu durum ABD ve Brezilya'nın 2020 verilerine göre en çok alçıtaşı rezervine sahip olan ilk dört ülke arasında yer almasıyla ilişkilendirilebilir [Crangle, 2021]. Japonya'nın bu değerlendirmede üçüncü sırada gelmesi alçı levha üretimi ve kullanımında dünyada ilk üç ülke arasında yer almasıyla bağdaştırılabilir. Ayrıca bu değerlendirme de birden fazla yazarın ortaklaşa yaptığı çalışmaların yayın ülkeleri birlikte ele alınmıştır. Buna göre dördüncü sırada yer alan Japonya-Mısır (%6) ile beraber ele alındığında Japonya'nın bu konuya ağırlık veren ülkeler arasında olduğu söylenebilir.

Alçıtaşı rezervi bakımından dünyada beşinci sırada yer alan ülkemizin ise en az yayın yapan ülkelerin bulunduğu %1’lik dilimde yer alması bu alandaki çalışmalara ağırlık ve hız verilmesi gerektiğinin bir göstergesidir.

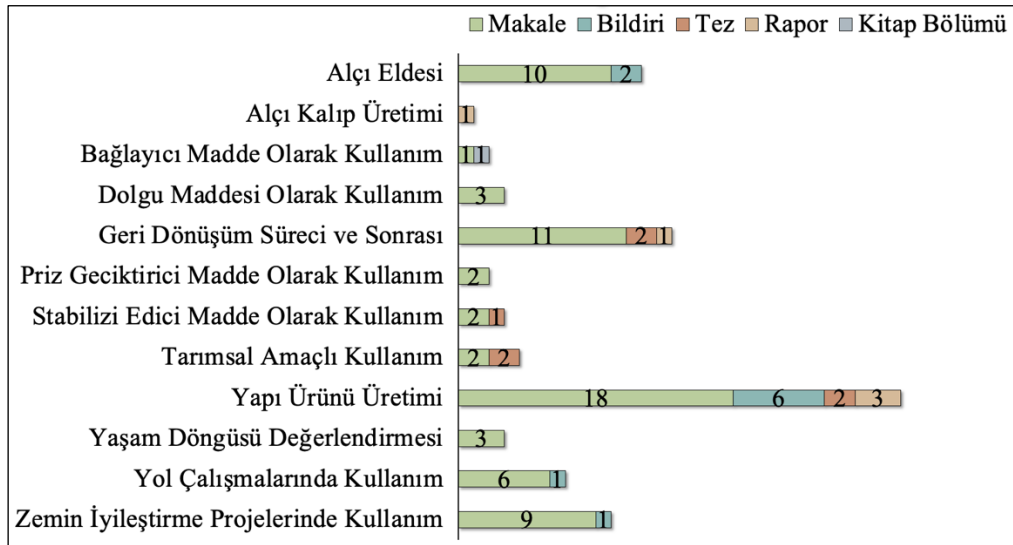


Şekil 4.6: İncelenen çalışmaların yayınlanan ülkelere göre dağılımı.

İçerik kısmının ikinci başlığı olan amaç kategorisi altında incelenen çalışmaların konu kapsamı ve araştırma yöntemine göre değerlendirilmesi yapılmıştır. İnceleme sırasında bazı çalışmaların kapsamının aynı anda birkaç konu başlığı ile ifade edilebileceği görülmüştür. Bu durumdan hareketle oluşturulan konu kapsamı değerlendirme başlıkları incelenen çalışmalardaki ana odak noktaları üzerinden belirlenmiştir.

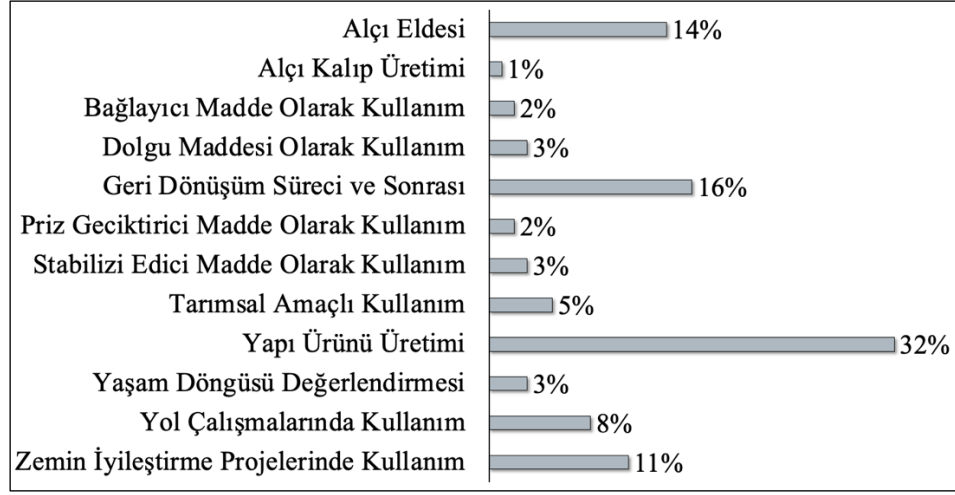
Çalışmaların 12 adeti alçı eldesi, bir adeti alçı kalıp üretimi, iki adeti bağlayıcı madde olarak kullanımı, üç adeti dolgu maddesi olarak kullanımı, 14 adeti geri dönüşüm süreci ve sonrasını, iki adeti priz geciktirici madde olarak kullanımı, üç adeti stabilize edici madde olarak kullanımı, dört adeti tarımsal amaçlı kullanımı, 29 adeti yapı ürünü üretimini, üç adeti yaşam döngüsü değerlendirmesini, yedi adeti yol çalışmalarında kullanımı ve 10 adeti zemin iyileştirme projelerinde kullanımı incelemişlerdir. Alçı eldesi konulu yayınlar 10 makale ve iki tez, geri dönüşüm süreci ve sonrasını ele alan çalışmalar ise 11 makale, iki tez ve bir rapordan oluşmaktadır. Stabiliz edici malzeme olarak kullanımı işleyen iki makale ve bir tez, tarımsal amaçlı kullanım ele alan yayınlar ise iki makale ve iki tez şeklinde dağılım göstermektedir.

Ayrıca yapı ürünü üretimi konulu çalışmaları 18 makale, altı bildiri, iki tez ve üç rapor oluşturmaktadır (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: İncelenen çalışmaların konu kapsamının yayın türüne göre dağılımı.

Konu kapsamına göre yapılan değerlendirme de yapı ürünü üretimi (%32) başlığı ilk sırada gelmektedir. Alçının farklı ürün eldesinde yararlanılan bir kaynak olmasının bu durumun oluşmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca son sıralarda yer alan bağlayıcı madde (%2), priz geciktirici madde (%2) ve dolgu madde (%3) kullanımı başlıklarının yapı ürünü üretimiyle ilgili olmaları konunun farklı inceleme alanları üzerinden araştırıldığını göstermektedir. Alçı sınırsız sayıda geri dönüştürülebilme özelliğine sahip olsa da bu dönüşüm süreçleri sonrası alçının var olan özelliklerindeki değişimlerin incelenmesi konu edildiği ürünün performansı açısından önemli bir meseledir. Geri dönüşüm süreci ve sonrası (%16) konu başlığının ikinci sırada yer alması bu duruma gerekli önemin verildiği şeklinde yorumlanabilir. Yine benzer bir konu başlığı olan alçı eldesinin (%14) üçüncü sırada yer alması alçının kapalı döngü geri dönüşüm sistemine sahip olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu başlıklar üzerinden genel olarak bakıldığında çalışmaların atık alçı ve levhaların geri dönüşüm potansiyeli konusu üzerinde yoğunlaştığı yorumu yapılabilir. Zemin iyileştirme projelerinde kullanımın (%11) üçüncü ve yol çalışmalarında kullanımın (%8) dördüncü sırada yer alması farklı alanları ilgilendiren konularında çalışmalarda incelendiğini göstermektedir. (Şekil 4.8).



Şekil 4.8: İncelenen çalışmaların konu kapsamına göre dağılımı.

Birçok farklı konu başlığı altında incelenen çalışmaların yürütülmesinde çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Buna göre yapılan inceleme de saha araştırması, alan çalışması, benzetim, vaka çalışması, örnek olay gibi yöntemler için örnek çalışma başlığı altında toplanmıştır.

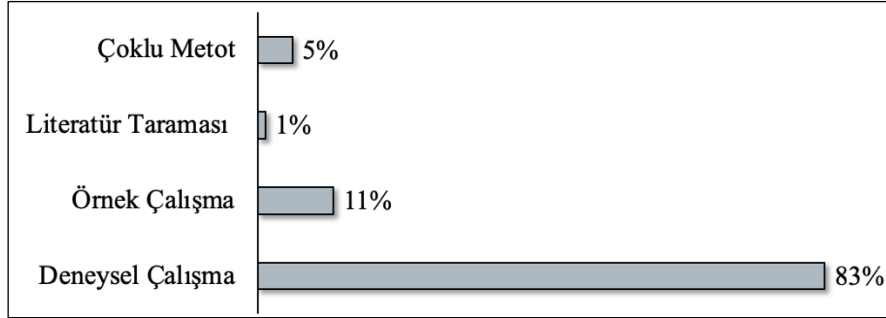
Ayrıca bazı çalışmalarda örnek çalışma-deneysel çalışma, örnek çalışma-anket ve örnek çalışma-röportaj gibi birden çok yöntemin uygulandığı görülmüş ve bu yayınların tanımlanmasında çoklu metot başlığı kullanılmıştır.

İncelenen 90 adet yayından dört adeti çoklu metot, bir adeti literatür taraması, 10 adeti örnek çalışma ve 75 adeti ise deneysel çalışma yöntemi ile yapılmıştır. Yayın türü açısından bakıldığında çoklu metot uygulanan çalışmaların iki makale ve iki tezden oluştuğu deneysel içerikli çalışmaların ise 56 makale, 10 bildiri, beş tez, üç rapor ve bir kitap bölümü şeklinde dağılım gösterdiği görülmektedir. Örnek çalışma başlığı altında ele alınan yayınlar ise sekiz makale ve iki rapordan oluşmaktadır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: İncelenen çalışmalarda kullanılan araştırma yönteminin yayın türüne göre dağılımı.

Araştırma Yöntemi	Makale	Bildiri	Tez	Rapor	Kitap Bölümü	TOPLAM
Çoklu Metot	2		2			4
Literatür Taraması	1					1
Örnek Çalışma	8			2		10
Deneysel Çalışma	56	10	5	3	1	75
TOPLAM	67	10	7	5	1	90

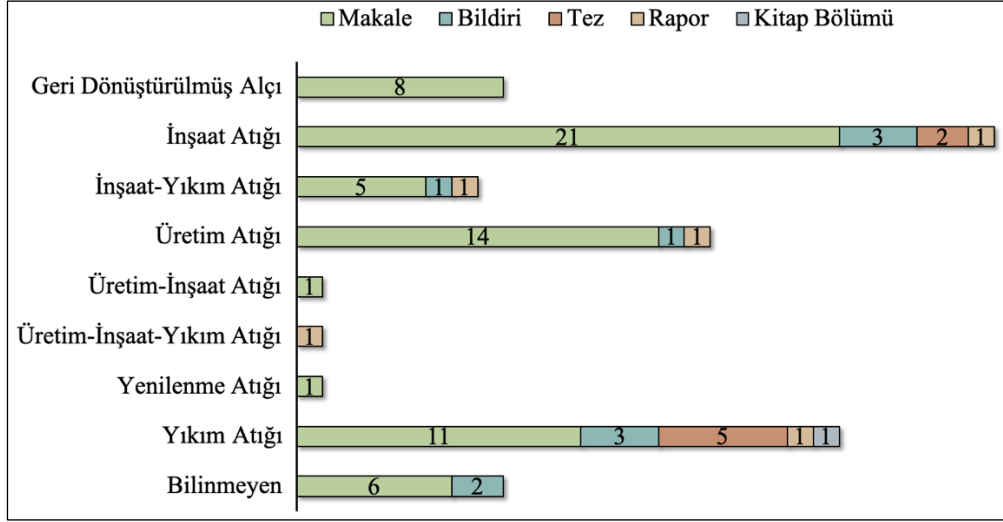
Araştırma yöntemine göre yapılan değerlendirmede ilk sırada deneysel yöntemin (%83) yer aldığı görülmektedir. Örnek çalışmaların %11 oranıyla ikinci sırada geldiği onu %5 oranıyla çoklu metotun takip ettiği belirlenmiştir. En az kullanılan yöntem olan literatür taraması (%1) ise son sırada yer almaktadır (Şekil 4.9). İncelenen çalışmaların yayın türlerine ve kullanılan yönteme göre detaylı bilgileri ekler kısmında verilmiştir (bkz. Ek Tablo B1.1)



Şekil 4.9: İncelenen çalışmaların araştırma yöntemine göre dağılımı.

Konu kapsamı ve yöntem incelemesinden sonra çalışmalar atık bilgisi kategorisi altında atık alçı oluşum aşaması ve atık alçı türüne göre değerlendirilmiştir. Atık alçı oluşum aşamasına göre yapılan değerlendirme de tezin kapsamına girdiği için analize dahil edilen saf alçının kullanıldığı çalışmalar geri dönüştürülmüş alçı başlığı altında toplanmıştır. Ayrıca birden çok aşamadan elde edilen atıkların kullanıldığı çalışmalar için başlıklar genelleme yapılmadan ayrı ayrı ifade edilmiştir.

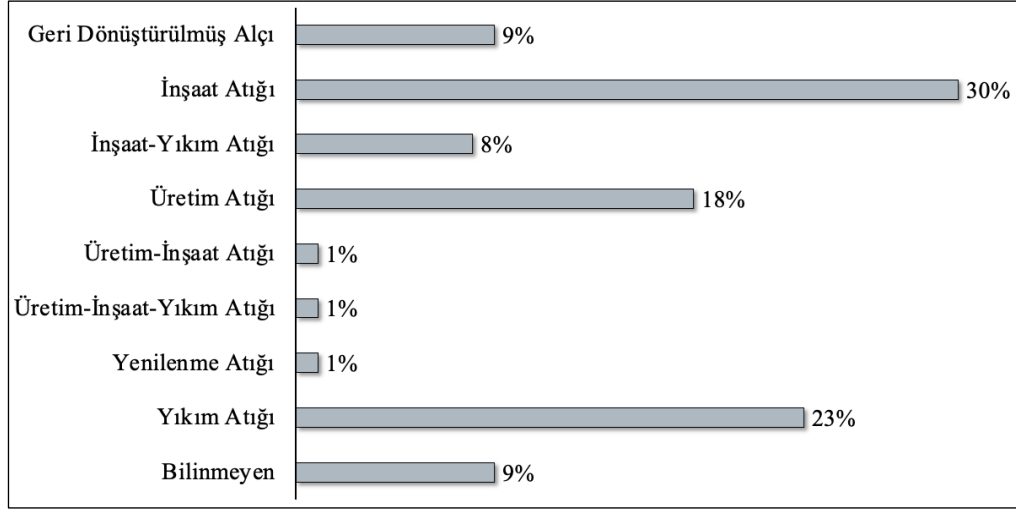
Buna göre çalışmalardan sekiz adeti geri dönüştürülmüş alçı, 27 adeti inşaat atığı, yedi adeti inşaat-yıkım atığı, 16 adeti üretim atığı, bir adeti üretim-inşaat atığı, bir adeti üretim-inşaat-yıkım atığı, bir adeti yenilenme atığı ve 21 adeti yıkım atığı kullanmıştır. Sekiz adet çalışmada ise bu bilgi bilinmemektedir. İnşaat atığı kullanılan çalışmalar 21 makale, üç bildiri, ik, tez ve bir rapordan oluşurken inşaat-yıkım atığının beş makale, bir bildiri ve bir raporda kullanıldığı belirlenmiştir. Üretim atığı kullanılan çalışmaların türleri 14 makale, bir bildiri ve bir rapor şeklinde dağılım göstermektedir. Yıkım atığı kullanılan çalışmalar ise 11 makale, üç bildiri, beş tez, bir rapor ve bir kitap bölümünden oluşmaktadır. Atık alçı oluşum aşaması bilinmeyen altı makale ve iki bildiri mevcuttur (Şekil 4.10).



Şekil 4.10: İncelenen çalışmaların atık alçı oluşum aşamalarının yayın türüne göre dağılımı.

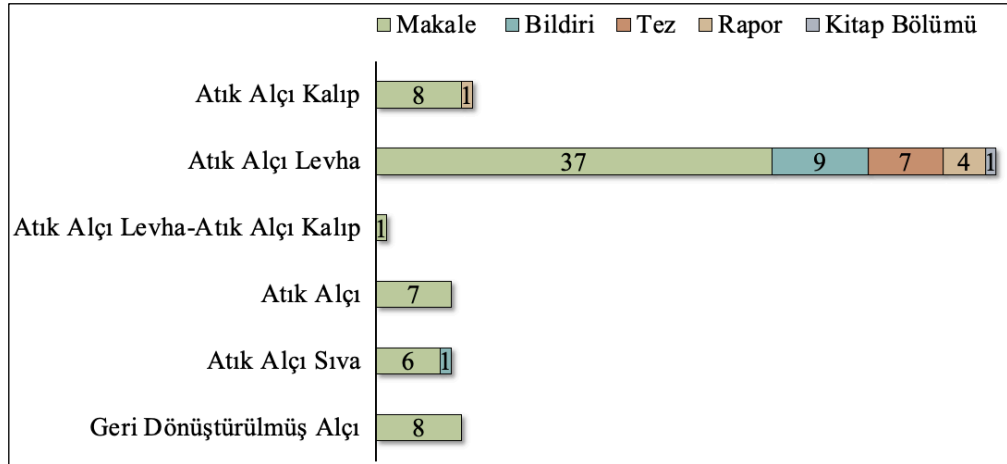
Atık alçı oluşum aşamasına göre yapılan değerlendirme de inşaat atığının (%30) ilk sırada geldiği ve onu yıkım atığının (%23) takip ettiği görülmektedir. Bu durumdan hareketle inşaat ve yıkım aşamalarında oluşan atık alçı ve levha miktarının diğer aşamalardan daha fazla olduğu yorumu yapılabilir. İnşaat sürecinde atık oluşumunu etkileyebilecek malzeme-boyut analizi, yanlış uygulama veya yanlış işçilik gibi birçok etkenin bulunmasının da bu sonuca ulaşılmasında etkili olduğu söylenebilir.

İşlevini veya ömrünü tamamlayan birçok yapının bulunması yıkım aşamasının bu değerlendirme de ikinci sırada olmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu değerlendirme de en son sıralarda üretim-inşaat atığı (%1), üretim-inşaat-yıkım atığı (%1) ve yenilenme atığı (%1) gelmektedir. Yenilenme atığının son sırada yer alması yenilenme çalışmalarının sayıca az olduğu, işlem sonucun da fazla atık oluşmadığı ya da oluşan atıkların farklı alanlarda değerlendirildiği şeklinde yorumlanabilir. Geri dönüştürülmüş alçı ve bilinmeyen başlıklarının %9 ile dördüncü sırada yer aldığı görülmektedir. Geri dönüştürülmüş alçının bu dağılımda bazı atık alçı oluşum aşamalarından daha büyük oranlara sahip olması alçıların gerek saf gerekse atık hallerinin değerlendirilmesine önem verildiği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca genel dağılıma bakıldığında atık alçı oluşum aşamasının çalışmaların büyük çoğunluğunda belirtildiği görülmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11: İncelenen çalışmaların atık alçı oluşum aşamasına göre dağılımı.

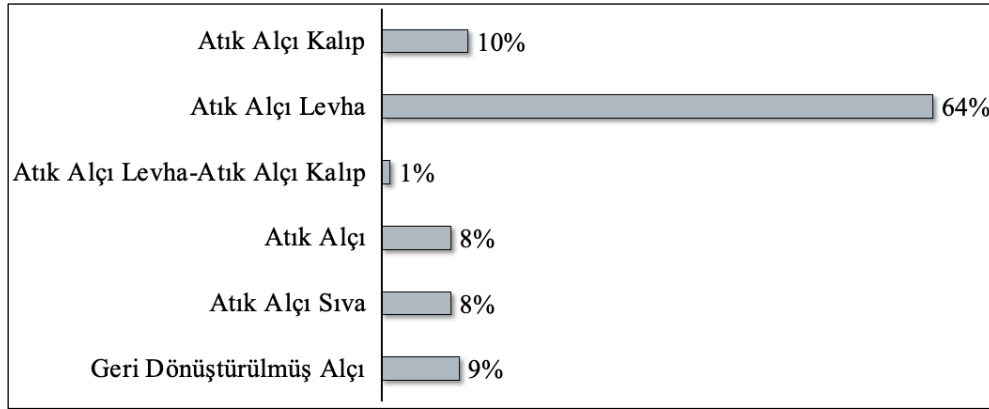
Farklı aşamalardan elde edilen atıkların türlerine bakıldığında ise incelenen çalışmaların dokuz adeti atık alçı kalıp, 58 adeti atık alçı levha, bir adeti atık alçı levha-atık alçı kalıp, yedi adeti atık alçı, yedi adeti atık alçı sıva, yedi adeti atık ve sekiz adeti geri dönüştürülmüş alçı kullandığı görülmektedir. Atık alçı kalıp kullanılan çalışmalar sekiz makale ve bir rapordan oluşurken atık alçı levhanın kullanıldığı çalışmaları 37 makale, dokuz bildiri, yedi tez, dört rapor ve bir kitap bölümü oluşturmaktadır. Altı makale ve bir bildiride ise atık alçı sıva kullanılmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12: İncelenen çalışmaların atık alçı türlerinin yayın türlerine göre dağılımı.

Atık alçı türüne göre yapılan incelemede ilk sırada atık alçı levha (%64) gelmektedir. Bu durum alçı levhanın inşaat sektöründeki kullanımının fazlalığı ile ilişkilendirilebilir. Ayrıca bu başlığa dahil olan, atık alçı levhaların ısıtılmasıyla elde

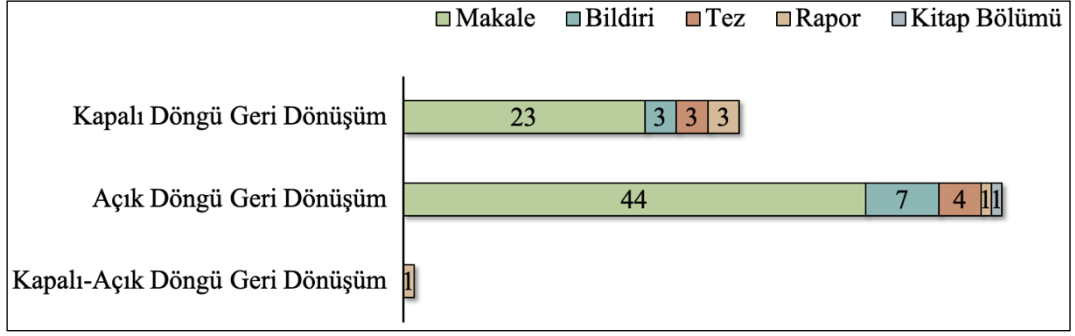
edilen basanitin(bassanite) çalışmalardaki kullanım sıklığı bu durumun diğer bir sebebi olabilir. İkinci sırada atık alçı kalıpların (%10) yer alması ise seramik ürünün yapı sektöründeki kullanım sıklığı ile bağdaştırılabilir. Atık alçı oluşum aşaması değerlendirmesinde olduğu gibi bu incelemede de geri dönüştürülmüş alçının (%9) bazı atık türlerinden daha yüksek oranlara sahip olduğu görülmektedir. Değerlendirmenin dördüncü sırasında yer alan iki başlık ise %8 ile atık alçı ve atık alçı sıvadır. Yapılan bu inceleme ile atık alçının birçok farklı türü olduğu ve bu türlerin incelenen çalışmalara konu edildiği söylenebilir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13: İncelenen çalışmaların atık alçı türüne göre dağılımı.

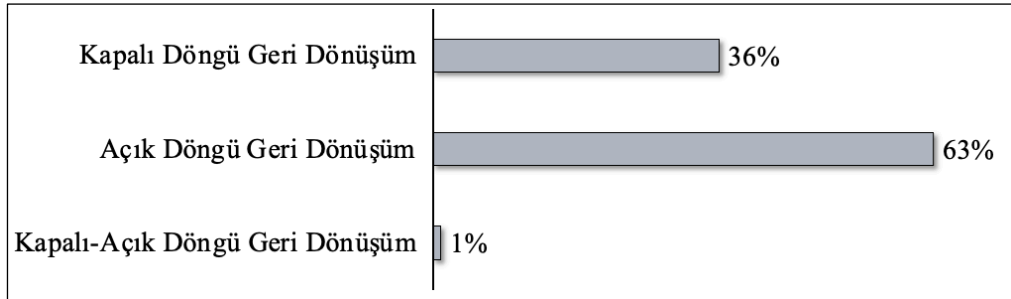
Türü ve oluşum aşamaları açısından değerlendirilen atık alçıların incelenen çalışmalarda çeşitli ürünlere konu edildiği görülmüştür. Ancak bu çalışmaların sadece konu edilen ürün üzerinden değerlendirilmesinin çıkarım yapma kısmında yetersiz kalacağı düşünülmüştür. Buna göre içerik kısmının son kategorisi olan ürün bilgisinde ilk olarak geri dönüşüm döngüleri üzerinden bir inceleme yapılmıştır. Sonrasında geri dönüşüm kapsamı belirlenen bu yayınların ürün çeşitleri tespit edilmiştir.

Çalışmaların 32 adeti kapalı döngü geri dönüşüm, 57 adeti açık döngü geri dönüşüm ve bir adeti kapalı-açık döngü geri dönüşüm kapsamına girmektedir. 23 makale, üç bildiri, üç tez ve üç rapor kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan yayınları oluştururken 44 makale, yedi bildiri, dört tez, bir rapor ve bir kitap bölümü açık döngü geri dönüşüm kapsamında yer almaktadır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14: İncelenen çalışmaların geri dönüşüm döngüsünün yayın türüne göre dağılımı.

Geri dönüşüm döngüsüne göre yapılan değerlendirmede ilk sırada açık döngü geri dönüşüm (%63) gelmektedir. Bu durumun oluşmasında alçının farklı sektörler için kaynak görevi görmesinin ve çeşitli malzemelerin üretiminde kullanılmasının etkisi olduğu söylenebilir. İkinci sırada ise kapalı döngü geri dönüşüm (%36) yer almaktadır. Buna göre atık alçıların aynı ürün eldesinde kullanımına incelenen çalışmalarda yer verildiği söylenebilir. Atık alçı ve levhaların birden fazla üründe kullanımını konu alan kapalı-açık döngü geri dönüşüm ise %1 ile son sırada yer almaktadır (Şekil 4.15).

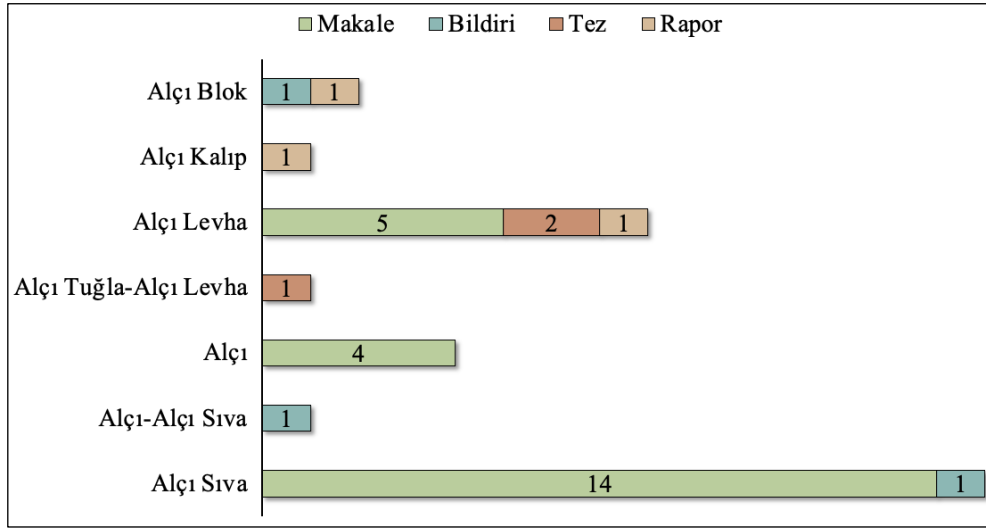


Şekil 4.15: İncelenen çalışmaların geri dönüşüm döngüsüne göre dağılımı.

Yapılan inceleme sonucunda çalışmaların geri dönüşüm döngüsü kapsamaları belirlenmiştir. Sonrasında sırasıyla her bir geri dönüşüm döngüsünün kendi içinde ürün çeşitleri tespit edilmiştir.

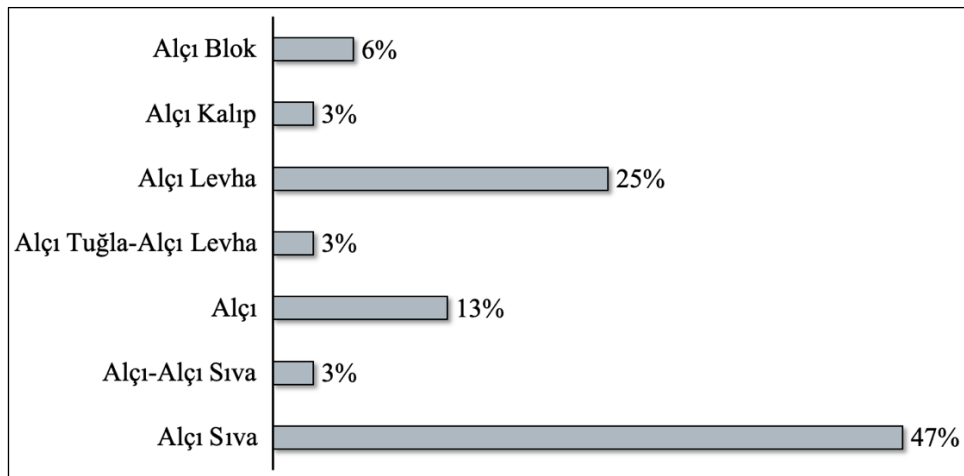
Buna göre kapalı döngü geri dönüşüm kapsamında değerlendirilen çalışmaların iki adeti alçı blok, bir adeti alçı kalıp, sekiz adeti alçı levha, bir adeti alçı tuğla-alçı levha, dört adeti alçı, bir adeti alçı-alçı sıva ve 15 adeti alçı sıva ürününü konu etmiştir. Alçı blok ürününü konu eden çalışmalar bir bildiri ve bir rapordan oluşurken, alçı

levhanın konu edildiği çalışmaların dağılımı beş makale, iki tez ve bir rapor şeklindedir. Ayrıca 14 makale ve bir bildiri de alçı sıva konu edilmiştir (Şekil 4.16)



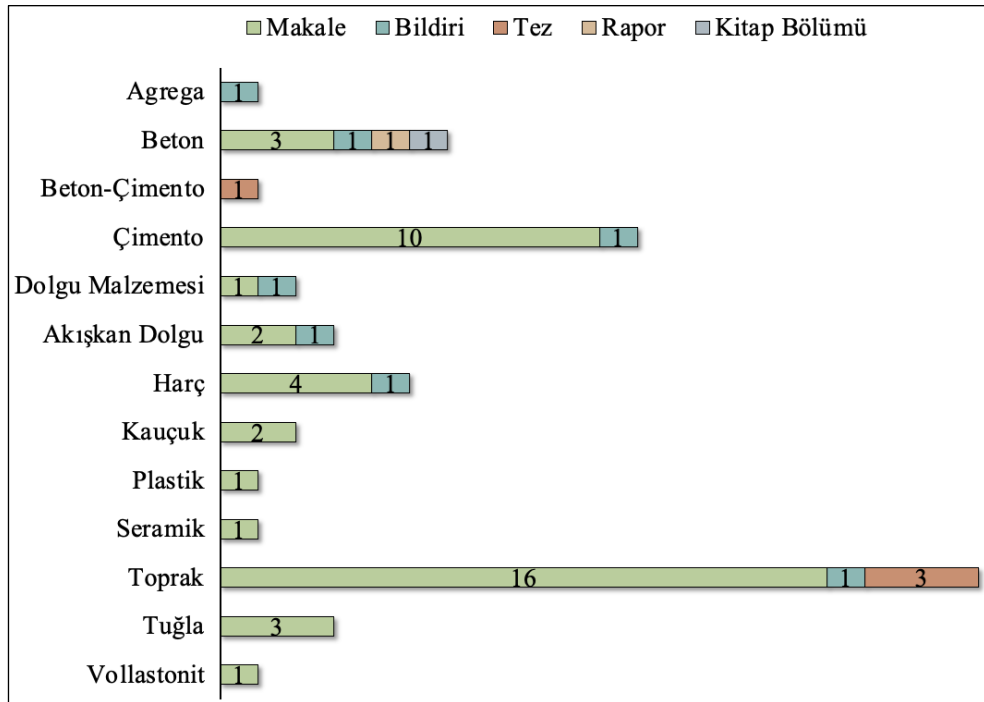
Şekil 4.16: Kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidinin yayın türüne göre dağılımı.

Kapalı döngü geri dönüşüm ürün çeşidi dağılımına bakıldığında ilk sırada alçı sıvanın (%47) geldiği onu alçı levhanın (%25) takip ettiği ve üçüncü sırada alçının (%13) yer aldığı görülmektedir. Değerlendirmenin son sıralarında ise alçı kalıp (%3), alçı tuğla-alçı levha (%3) ve alçı-alçı sıva (%3) gelmektedir. Genel olarak bakıldığında atık alçı ve levhaların aynı ürün eldesinde kullanılabileceği birçok seçenek olduğu görülmektedir (Şekil 4.17).



Şekil 4.17: Kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidine göre dağılımı.

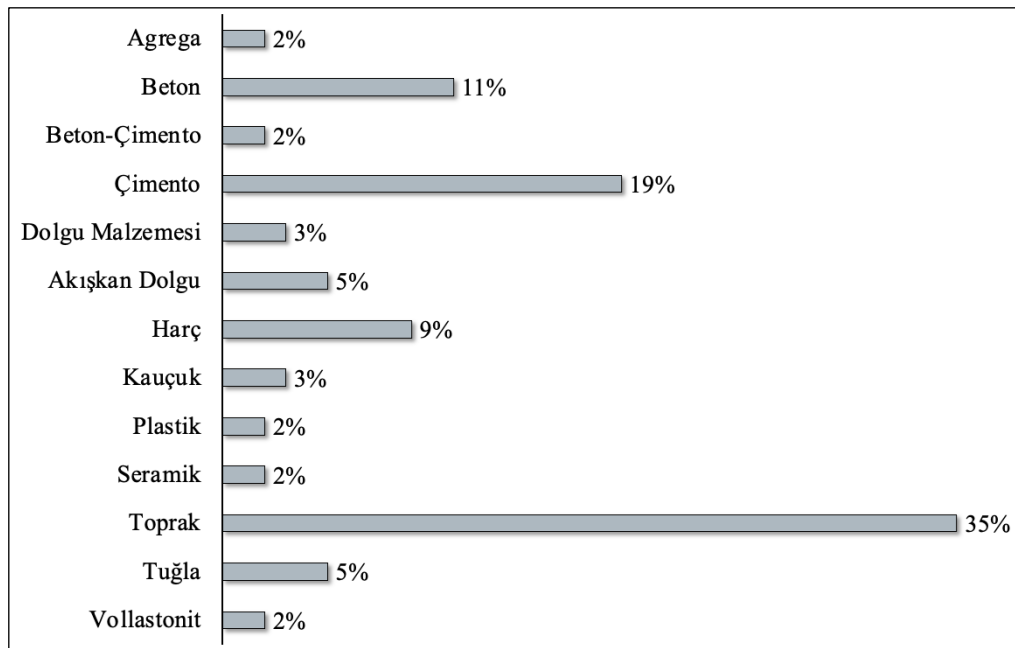
Kapsamı açık döngü geri dönüşüm olan çalışmaların bir adeti agrega, altı adeti beton, bir adeti beton-çimento, 11 adeti çimento, iki adeti dolgu malzemesi, üç adeti akışkan dolgu (CLSM, controlled low strength material), beş adeti harç, iki adeti kauçuk, bir adeti plastik, bir adeti seramik, 20 adeti toprak, üç adeti tuğla ve bir adeti vollastonit (wollastonite) ürününü konu etmiştir. Beton ürünün konu alan çalışmalar üç makale, bir bildiri, bir rapor ve bir kitap bölümünden oluşurken 10 makale ve bir bildiri de çimento ürünü konu edilmiştir. Dolgu malzemesini konu eden çalışmaların dağılımı bir makale ve bir bildiri şeklindeyken akışkan dolgu ürünü konu eden çalışmaları iki makale ve bir bildiriden oluşmaktadır. Harç ürünü konulu çalışmaları dört makale ve bir bildiri oluştururken toprak konulu çalışmaların dağılımı 16 makale, bir bildiri ve üç tez şeklindedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Kapsamı açık döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidinin yayın türüne göre dağılımı.

Açık döngü geri dönüşüm ürün çeşidi dağılımına bakıldığında ilk sırada toprağın (%35) yer aldığı görülmektedir. Bu durum toprakla ilgili çalışmalara konu olan zemin stabilizasyonun yapı üretim sürecine başlanmadan önce yapılması gereken bir uygulama olması ile açıklanabilir. Aynı zamanda alçının tarımsal olarak gübre üretimi ve besinlere kükürt sağlama amaçlı olarak kullanımı da bu durumla ilişkilendirilebilir. İlaveyen yol yapımında kullanımı konu alan çalışmaların bazılarında gerçekleştirilen

toprakla ilgili incelemelerde bu durumun diğ er bir sebebi olabilir. Çimento (%19) bu değerlendirme de ikinci sırada yer alması hem birçok yapısal kullanım  rneği olması hem de ana hammaddelerinden birinin alçı olması ile ilişkilendirilebilir. Çimentonun yapı ürünlerindeki kullanımına örnek olan beton da (%11) bu değerlendirmenin    nc u sırasında yer almaktadır. Son sıralarda ise agrega (%2), beton- imento (%2), plastik (%2) ve seramik (%2) gelmektedir. Ayrıca doğal kalsiyum metasilikat (CaSiO_3) olarak tanımlanan ve seramik, metal yapımı, boya dolgusu gibi farklı kullanım alanlarına sahip olan (Web 6, 2021) vollastonit de (%2) bu değerlendirmenin son sıralarda yer alan diğ er bir başlığıdır (şekil 4.19).

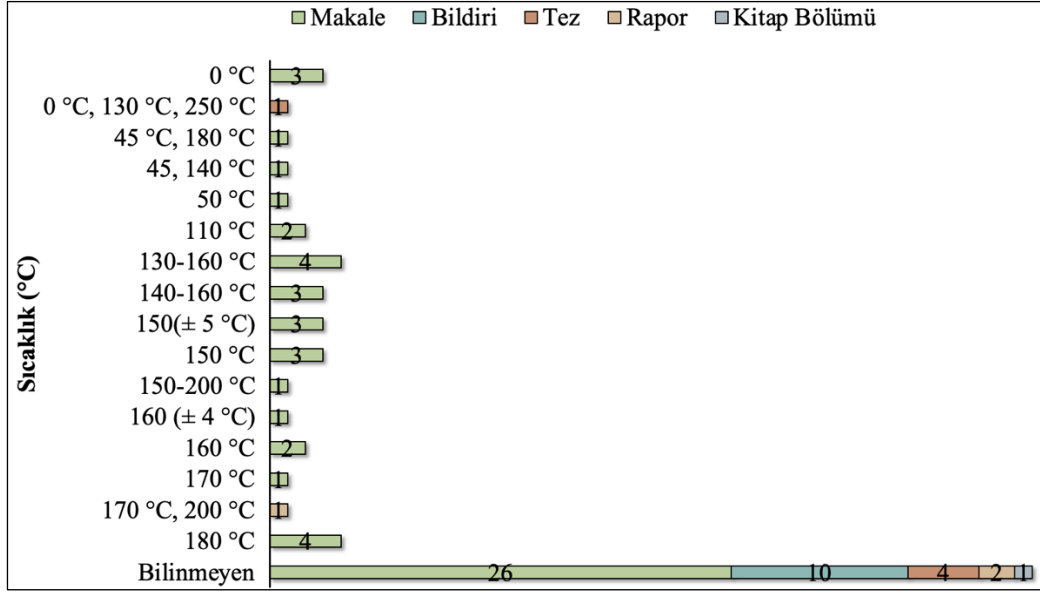


şekil 4.19: Kapsamı açık döngü geri dönüşüm olan çalışmaların ürün çeşidine göre dağılımı.

4.2. Teknik Bulgular

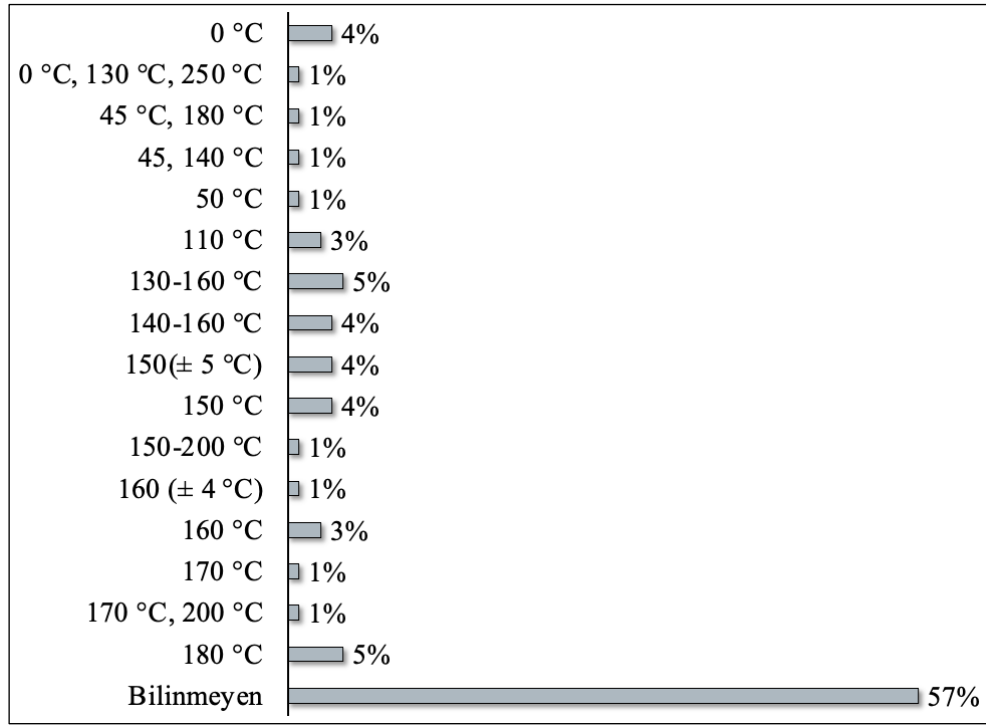
 erik başlığı altında yer alan teknik bilgi kategorisinde deneysel içerikli 75 çalışma sırasıyla sıcaklık, elek/partikül boyutu, standart türü ve numune türü olmak üzere dört alt kategoride incelenmiştir. İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen tüm değerlere ait detaylı bilgiler ekler kısmında verilmiştir (bkz. Ek Tablo B1.2).

Buna göre deneysel içerikli dörder çalışmada 130-160 °C ve 180 °C, üçer çalışmada ise 0 °C, 140-160 °C, 150(± 5) °C ve 150 °C sıcaklık değerleri kabul edilirken 43 çalışmadan ise bu bilgi edinilememiştir. Ayrıca 50, 160(± 4), 170 °C gibi farklı sıcaklıklar birer çalışmada kabul edilen değerlerdir. Sıcaklık değeri bilinmeyen 43 çalışma 26 makale, 10 bildiri, dört tez, iki rapor ve bir kitap bölümü şeklinde dağılım göstermektedir (Şekil 4.20).



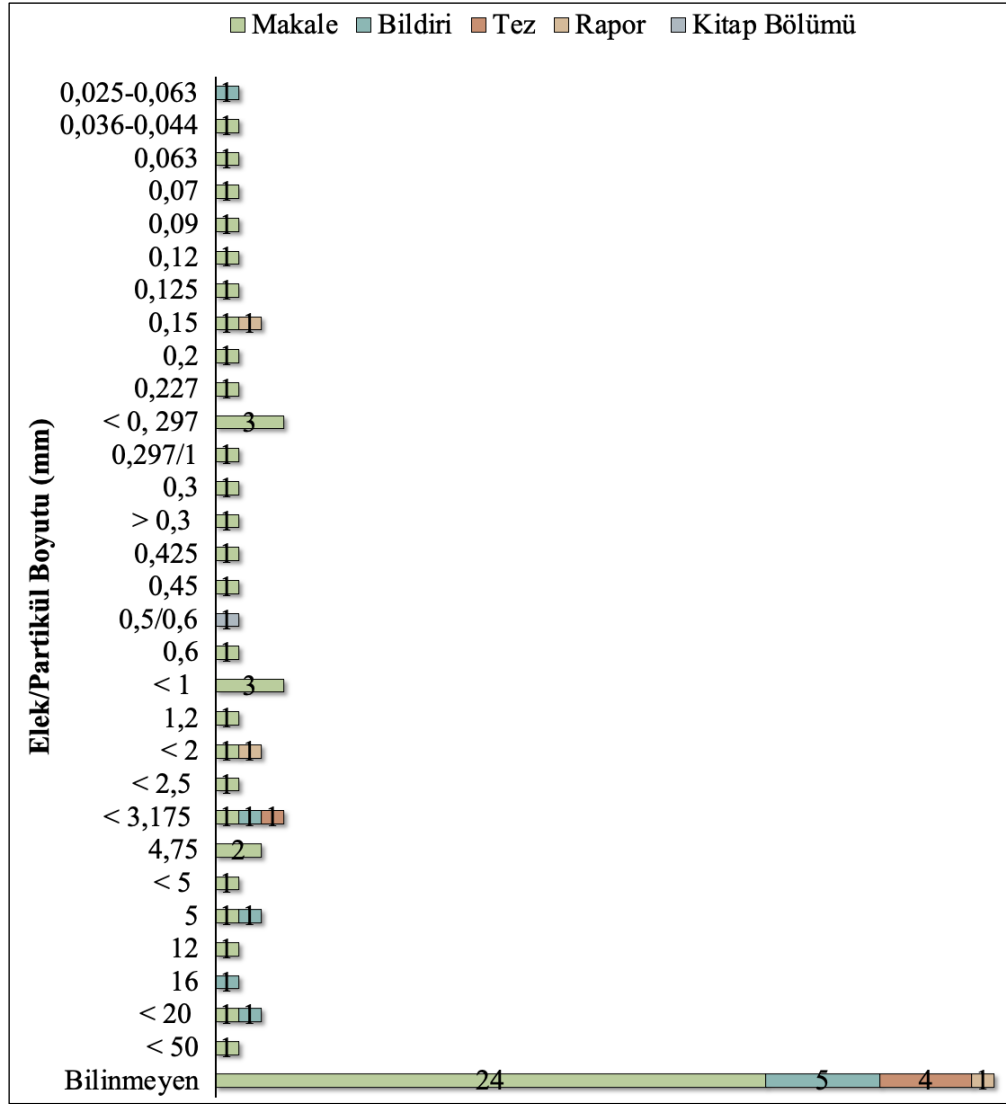
Şekil 4.20: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen sıcaklık değerlerinin yayın türüne göre dağılımı.

Sıcaklık değerlerine göre yapılan değerlendirme de ilk sırada bilinmeyen (%57) başlığının geldiği görülmektedir. Bu durum bazı çalışmalarda atık alçı ve levhaların hazır halde temin edilmesinden dolayı herhangi bir ısıtma işlemine ihtiyaç duyulmamasından kaynaklanabilir. Ancak ileride bu alanda araştırma yapmak isteyenlere örnek olabilmesi amacıyla sıcaklıkla ilgili bilgilerin yapılan çalışmalarda ifade edilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. %5 ile 130-160 °C ve 180 °C sıcaklıklarının değerlendirmenin ikinci sırasında yer alması aynı yazara ait olan çalışmalarda benzer değerlerin kullanılması ile ilişkilendirilebilir. Düşük sıcaklıkların bu değerlendirme de son sıralarda yer alması bazı çalışmalarda direk toz halde atık kullanılması ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen kalsinasyon işlemine ihtiyaç duyulmaması ile açıklanabilir. Farklı formlarda atık kullanımının aynı zamanda analizde ortaya çıkan sıcaklık değerlerindeki çeşitliliğin sebebi olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.21).



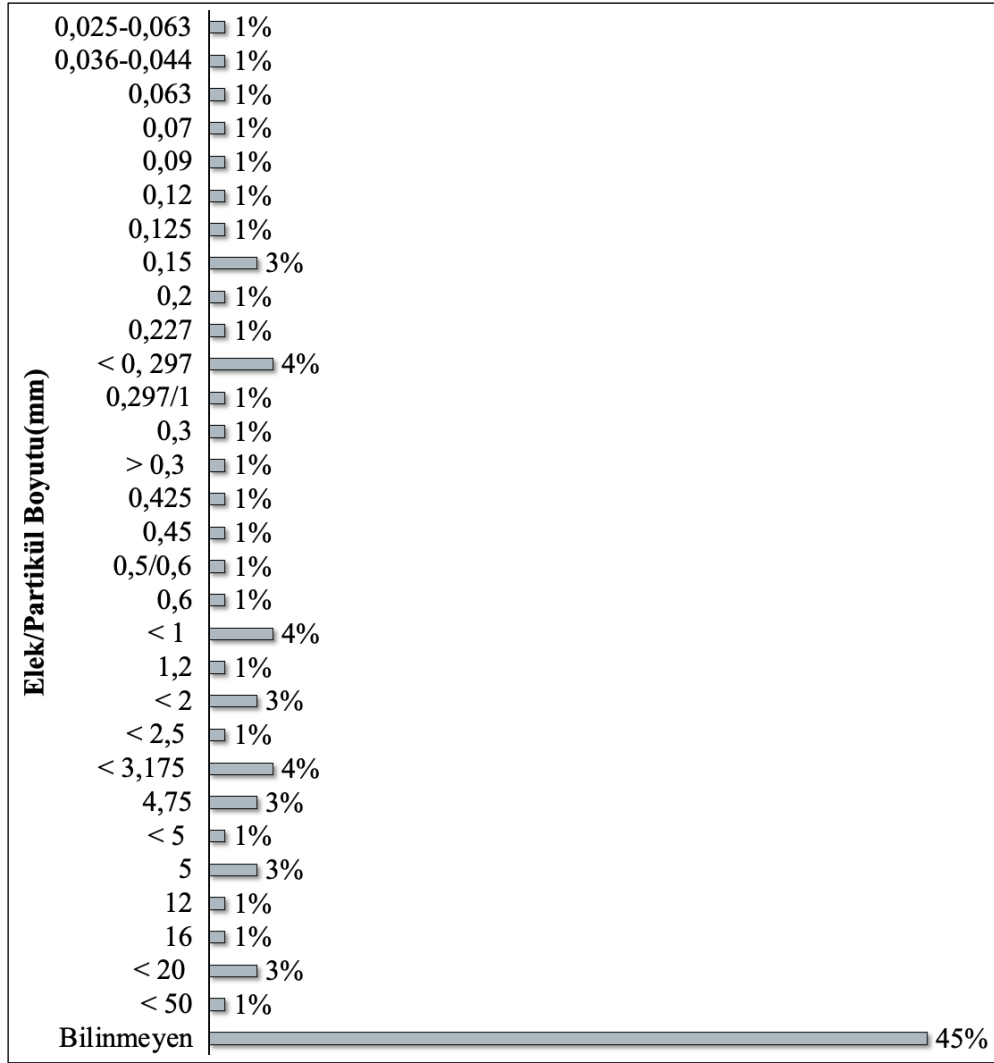
Şekil 4.21: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen sıcaklık değerine göre dağılımı.

Deneysel içerikli çalışmaların incelemesinde atık alçı(levha)ların her zaman temin edildikleri boyutlarda kullanılmadığı görülmüştür. Bu durum da atığın elenerek deneye hazır hale getirilmesi gerekmektedir. Buna göre yapılan incelemede deneysel içerikli çalışmalardan üçer adedi <0,297 mm, <1 mm ve <3,175 mm elek/partikül boyutu değerlerini kabul etmişlerdir. 34 çalışmada ise bu bilgi belirtilmemiştir. 0,15 mm elek/partikül boyutunu kabul eden çalışmalar bir makale ve bir rapordan oluşurken, <3,175 mm boyutunu kabul eden çalışmaların dağılımı bir makale, bir bildiri ve bir tez şeklindedir. Boyut bilgisi bilinmeyen çalışmalar 24 makale, beş bildiri, dört tez ve bir rapor şeklinde dağılım göstermektedir (Şekil 4.22).



Şekil 4.22: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen elek/partikül boyutlarının yayın türüne göre dağılımı.

Elek/partikül boyutuna göre yapılan değerlendirme de bilinmeyen (%45) başlığı ilk sırada gelmektedir. Bu durum bazı çalışmalarda yer alan ve net bir değer elde edilemediği için değerlendirmeye dahil edilmeyen elek/partikül boyutu grafikleri ile ilişkilendirilebilir. İkinci sırada boyut olarak <0,297 mm, <1 mm ve <3,175 mm (%4) değerleri gelmektedir. Bu durumun sebebi olarak aynı yazara ait çalışmalarda benzer boyut değerlerinin kullanılması gösterilebilir. Elek/partikül boyutlarında görülen çeşitlilik kullanılan atık alçı ve levhaların üzerindeki yabancı maddelerin temizlenmesi aşamasında farklı eleme işlemlerine ihtiyaç duyulması şeklinde yorumlanabilir. Dağılımın geneline bakıldığında ise elek/partikül boyutu açısından küçük değerlerin çoğunlukta olduğu görülmektedir (Şekil 4.23).

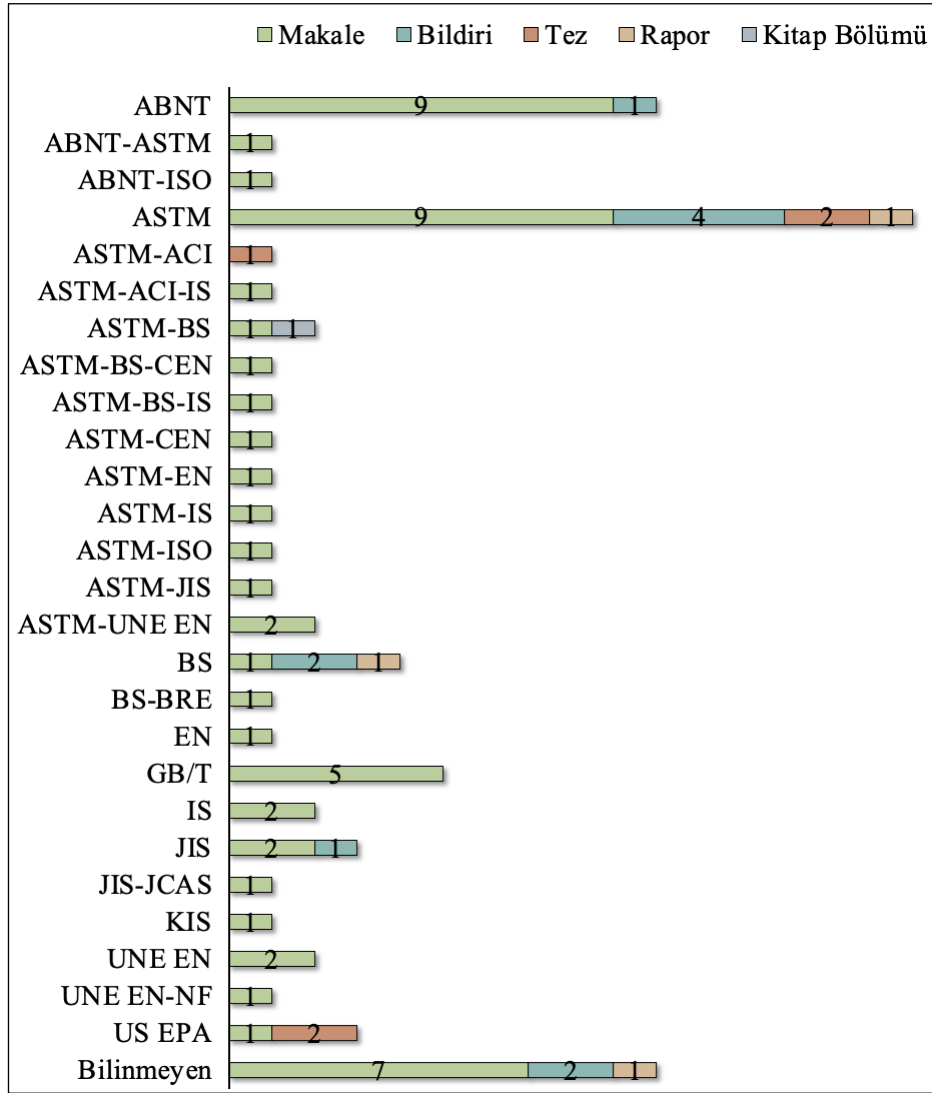


Şekil 4.23: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen elek/partikül boyutlarına göre dağılımı.

Gerekli görüldüğü durumlarda gerçekleştirilen bu ısıtma ve eleme işlemlerinden sonra atık alçı(levha)lar konu edildiği üründe gerçekleştirilecek deneyler için hazır hale gelmiş olurlar. Bu deneylerin yürütülmesinde ilgili standartlardan yararlanılmaktadır. Çalışmaların yayınlandığı ülkeye göre, uygulanan bu standartlar değişiklik gösterebilmektedir.

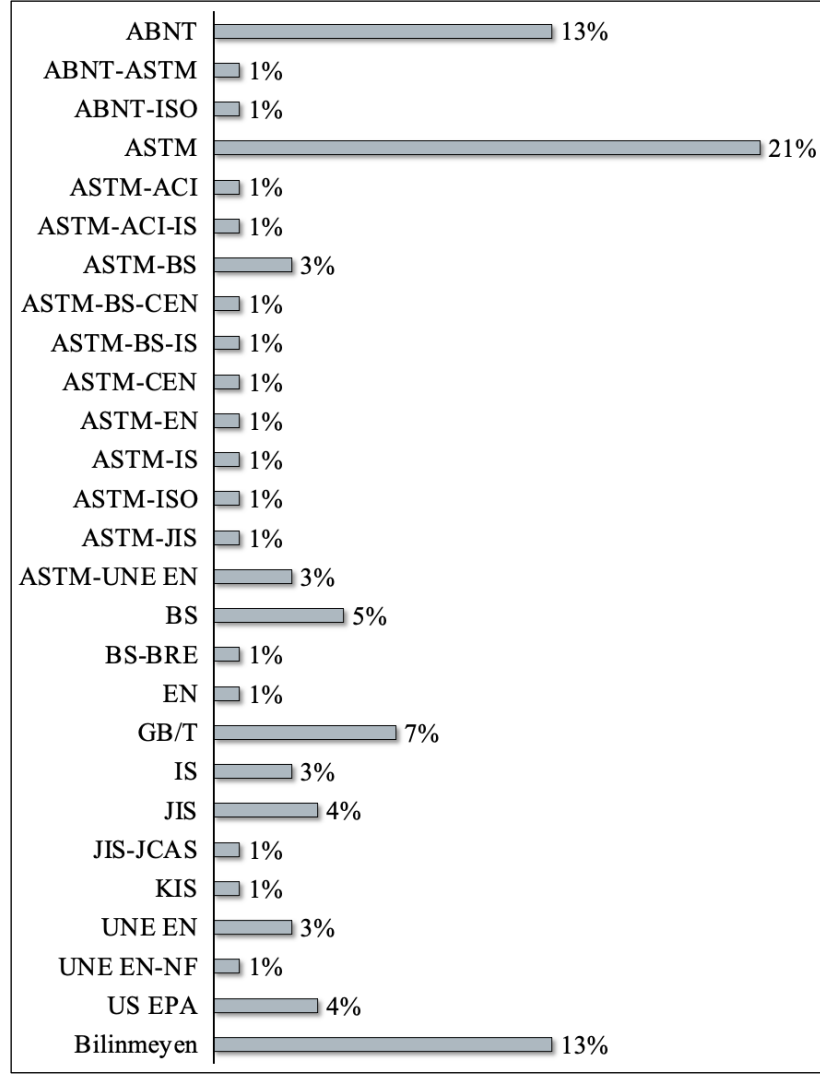
Buna göre deneysel içerikli çalışmaların 10 adeti Brezilya standartlarını (ABNT), 16 adeti Amerika standartlarını (ASTM), dört adeti İngiltere standartlarını (BS), beş adeti Çin standartlarını (GB/T) ve üç adeti Japonya standartlarını (JIS) uygulamışlardır. ASTM standartları dokuz makale, dört bildiri, iki tez ve bir raporda, ABNT standartları ise 10 makale ve bir bildiride uygulanmıştır. Uygulanan standartlarla ilgili bilgi verilmeyen 10 çalışma ise yedi makale, iki bildiri ve bir

rapordan oluşmaktadır. Birden fazla standart uygulanan çalışmalar bu grafikte ayrı başlıklar altında gösterilmiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda uygulanan standart türlerinin yayın türüne göre dağılımı.

Standart türüne göre yapılan değerlendirme de ilk sırada ASTM (%21) gelmektedir. Değerlendirmenin ikinci sırasında ABNT (%13) ve bilinmeyen (%13) başlığı gelmektedir. Deneysel içerikli çalışmaların belirli standartlara göre yapıldığı göz önüne alındığında bilinmeyen başlığının ikinci sırada gelmesinin beklenen bir sonuç olmadığı söylenebilir. Ancak bazı çalışmalardaki deneylerin belli metotlar üzerinden gerçekleştirilmesi ve verilen metot bilgilerinin bu analize dahil edilmemesi bu durumun açıklaması olabilir (Şekil 4.25).

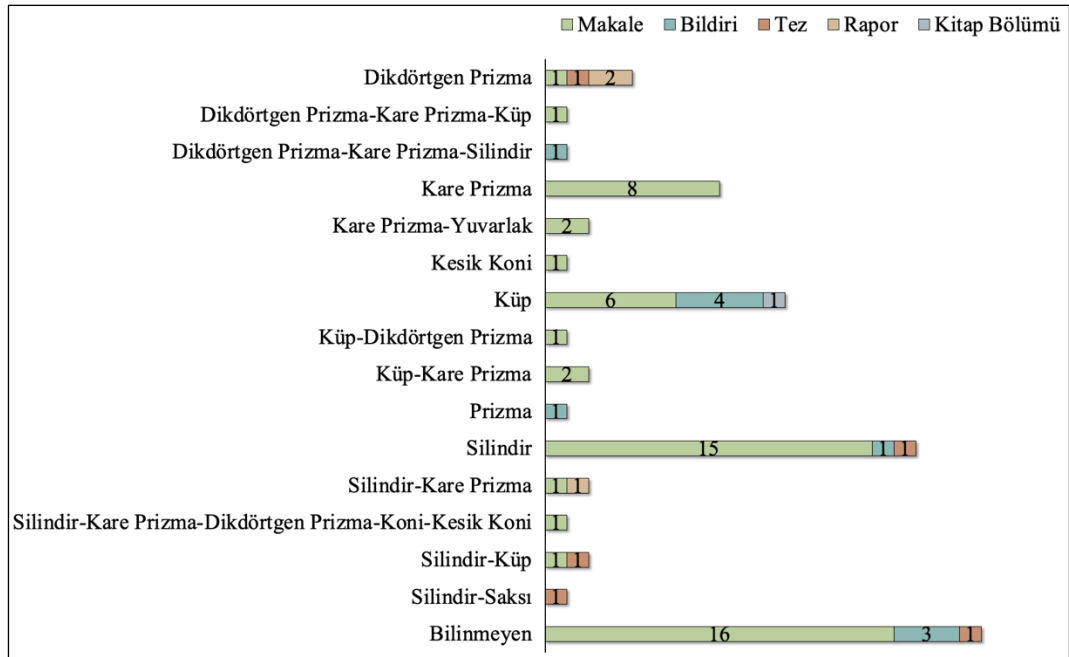


Şekil 4.25: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların uygulanan standart türüne göre dağılımı.

Ülkelere göre değişiklik gösterebilen bu standartlarda ilgili deneylerin yürütülmesinde kullanılacak olan numunelerin türü de belirtilmektedir. Buna göre yapılan inceleme de toprağı konu alan çalışmalarda numune türü yerine deneyin yapıldığı alan boyutunun verildiği görülmüştür. Bu çalışmalar bilinmeyen başlığı altında ele alınmıştır.

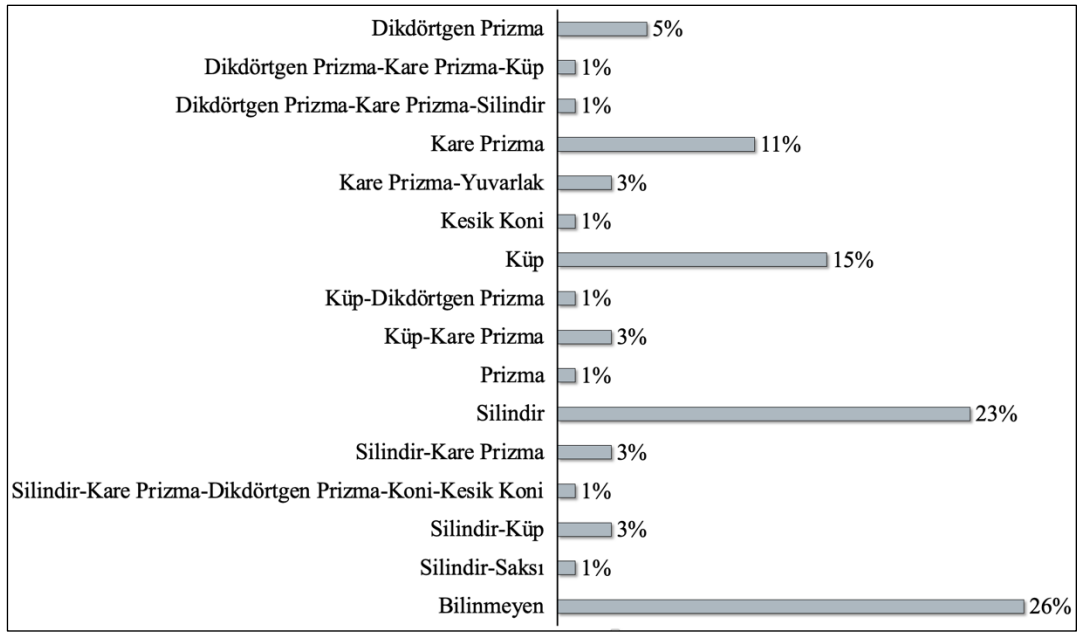
Deneysel içerikli çalışmaların dört adeti dikdörtgen prizma, sekiz adeti kare prizma, 11 adeti küp ve 17 adeti silindir numunelerini kullanırken 20 çalışmada bu bilgiye ulaşılamamıştır. Küp numunesi kullanılan çalışmalar altı makale, dört bildiri, bir kitap bölümünden oluşurken, silindir numunesi kullanılan çalışmaların dağılımı 15 makale, bir bildiri ve bir tez şeklindedir. Numune türü bilinmeyen çalışmalar ise 16

makale, üç bildiri ve bir tez şeklinde dağılım göstermektedir. Birden fazla numune türü kullanılan çalışmalar bu grafikte ayrı başlıklar altında gösterilmiştir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26: İncelenen deneysel içerikli çalışmalarda kabul edilen numune türlerinin yayın türüne göre dağılımı.

Numune türü dağılımına bakıldığında ilk sırada bilinmeyen başlığının (%26) geldiği görülmektedir. Toprağı konu alan çalışmaların sayıca fazla olmasının bu durumla ilişkili olduğu yorumu yapılabilir. Ayrıca bazı çalışmalarda yapılan deneylerde (morfoloji, karşılaştırma analizleri vb.) herhangi bir numuneye ihtiyaç duyulmaması bu sonucun sebebi olarak gösterilebilir. Değerlendirmenin ikinci sırasında silindir (%23) ve üçüncü sırasında küp (%15) numunesinin geldiği görülmektedir. Küp ve silindir numunelerinin çalışmalarda genel olarak su emme ve basınç deneylerinde kullanıldığı görülmüştür. Bu durum alçının düşük mukavemete sahip ve su emen bir malzeme olması ve konu edildiği ürünlerde de daha çok bu alanlarda inceleme yapıldığı şeklinde yorumlanabilir (Şekil 4.27). Genel olarak bakıldığında numune türünde görülen çeşitlilik için atık alçı ve levhaların farklı deneyler yapılarak incelendiği söylenebilir. Aynı zaman da bu çeşitlilik atık alçı ve levhaların konu edildiği ürünün kullanım amacıyla da ilişkilendirilebilir. Örneğin atık alçı taşıyıcı amaçlı kullanılan bir yapı ürününe katıldığında dayanım üzerinde bir inceleme gerçekleştirilirken, bu durum konu edilen ürün çimento olduğunda priz süresi olarak değişebilmektedir.



Şekil 4.27: İncelenen deneysel içerikli çalışmaların kabul edilen numune türüne göre dağılımı.

5. SONUÇLAR

Ülkemiz için önemli bir yere sahip olan alçıtaşıdan elde edilen alçı yapı sektörü başta olmak üzere çeşitli sektörlerde kullanılan bir hammadde. Bu kullanım sonucunda özellikle atık alçı ve levha oluşumunun giderek arttığı gözlenmektedir. Alçı ürünlerinin yapı sektöründeki kullanım yoğunluğu göz önüne alındığında sektörde oluşan bu atıkların yapı ürünlerinde değerlendirilmesinin hammadde ihtiyacının azaltılmasında ve çevre tahribatının önüne geçilmesinde etkin bir çözüm olacağı düşünülmektedir. Ülkemizde bu konuyla ilgili kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bu bağlamda konu ile ilgili genel durumun ortaya konması amacıyla ulusal ve uluslararası literatür üzerinden bir inceleme yapılmıştır.

Ancak atık alçı ve levhaların yapı ürünlerinde konu edildiği birçok çalışma olması, bunların kendi içlerinde ayrı ayrı değerlendirmenin mevcut durumun ifade edilmesinde yetersiz kalmasından dolayı bu inceleme meta analiz yöntemiyle bir gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizin bulguları Bölüm 4'te genel ve teknik olmak üzere iki ayrı başlıkta ifade edilirken, bu kısımda, ulaşılan bütün sonuçlar meta analiz çerçevesinde oluşturulan kategoriler özelinde ayrı ayrı belirtilmiştir.

Buna göre konu ile ilgili yayınların yayın künyesi kategorisinde yapılan analizden elde edilen sonuçlar;

- Çalışmaların %74'ünü makale, %11'ini ise bildiri türündeki yayınlar oluşturmaktadır.
- Google Scholar veri tabanından ulaşılan yayınların %36 ve YÖK Ulusal Tez Merkezinden ulaşılan yayınların %1'lik alana sahip olduğu görülmüştür.
- 2003-2007 yıl aralığı haricinde çalışmaların yayınlanma oranında düzenli artış gözlenmiştir. Bununla birlikte tüm yayınlar içerisinde %37 ile 2018-2021 yıl aralığı öne çıkmaktadır.
- Çalışmaların %14'ü Brezilya'da %11'i ABD'de, %7'si ise Japonya'da yayınlanmıştır. Ülkemizin bu dağılıma katkısı ise %1 oranındadır.

Konu ile ilgili yayınların amaç kategorisinde yapılan analizden elde edilen sonuçlar;

- Çalışmaların kapsamları 12 alt konu başlığı üzerinden ele alınmıştır. Bu başlıklardan yapı ürünü üretimi yayınların %32'sinde işlenmiştir. Buna ek olarak %16 ile geri dönüşüm süreci ve sonrası, %14 ile alçı eldesi işlenen diğer konulardandır. Alçı kalıp üretimi (%1), bağlayıcı madde olarak kullanım (%2), priz geciktirici madde olarak kullanım (%2) ise çalışmalarda daha az konu edilen başlıklar olmuştur.
- İncelenen çalışmaların araştırma yöntemleri dört başlıkta toplanmıştır. Yayınların %83'ünü deneysel çalışmaların ve %11'ini ise örnek çalışmaların oluşturduğu belirlenmiştir.

Konu ile ilgili yayınların atık bilgisi kategorisinde yapılan analizden elde edilen sonuçlar;

- Çalışmalarda ulaşılan verilere göre dokuz atık alçı oluşum aşaması belirlenmiştir. Bu başlıklardan inşaat atığı çalışmaların %30'unda ele alınmıştır. Buna ilaveten geri dönüştürülmüş alçı kullanılan (%9) ve atık alçı oluşum aşaması belirtilmeyen (%9) çalışmaların oranının eşit olduğu saptanmıştır.
- Yayın incelemesi sonucunda altı atık alçı türü belirlenmiştir. Bu atıklar içerisinde atık alçı levhanın konu edildiği çalışmaların oranı %64'tür.

Konu ile ilgili yayınların ürün bilgisi kategorisinde yapılan analizden elde edilen sonuçlar;

- Çalışmaların geri dönüşüm döngüsü kapsamı üç başlıkta ele alınmıştır. Çalışmaların %63'ünü kapsayan açık döngü geri dönüşüm bu başlıklardan birisidir. Diğer bir başlık olan kapalı döngü geri dönüşüm ise %36 oranındadır.
- Kapsamı kapalı döngü geri dönüşüm olan yayınlar için yedi ürün başlığı tanımlanmıştır. Bu ürünlerden alçı sıva çalışmaların %47'sinde, alçı levha ise %25'inde incelenmiştir.

- Açık döngü geri dönüşüm kapsamında ele alınan yayınlara 13 ürün başlığı konu olmuştur. Buna göre yayınların %35'i toprak, %19'u çimento ve %11'i beton ürününü konu etmiştir.

Konu ile ilgili deneysel içerikli yayınların teknik bilgi kategorisinde yapılan analizden elde edilen sonuçlar;

- Sıcaklık bilgisi bilinmeyen deneysel içerikli çalışmaların oranı %57'dir. Çalışmaların %5'inde 130-160 °C ve 180 °C sıcaklık değerleri kabul görmüştür.
- Deneysel içerikli çalışmaların %45'inde elek/partikül boyutu bilinmemektedir. Ayrıca <0,297 mm, <1 mm ve <3,175 mm elek/partikül boyutları çalışmaların %4'ünde kabul edilen değerlerdir.
- ASTM'nin deneysel içerikli çalışmaların %21'inde uygulandığı tespit edilmiştir. ABNT uygulanan (%13) ve standart türü bilinmeyen (%13) çalışmalar ise eşit oranlara sahiptir.
- Numune türü bilinmeyen çalışmalar deneysel içerikli yayınların %26'sını oluşturmaktadır. Numune türü bilinen yayınlar içerisinde silindir %23, küp ise %15 oranına sahiptir.

Ulaşılan bu sonuçlardan hareketle çalışmaların yakın tarih aralığında (2018-2021) %37 oranıyla en yüksek değere sahip olmasından kaynaklı olarak tezin kapsamına konu olan atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde değerlendirilmesinin güncel bir inceleme alanı olduğu söylenebilir.

Güncel bir başlık olan atık alçı(levha)ların yapı ürünlerinde incelenmesi sadece ilgili alandaki değil farklı alandaki birçok araştırmacının da dikkatini çekebilmektedir. Ancak analiz sürecinde bazı deneysel içerikli çalışmalarda birtakım bilgilerin yeterli düzeyde ifade edilmediği saptanmıştır. Bu da gerek ilgili alandan gerekse farklı alanlardan okuyucuların çalışma ile ilgili bilgi edinmeleri aşamasında zorluğa sebep olabilecek bir durumdur.

Deneysel içerikli çalışmalarda izlenen yol ve adımların daha kapsamlı bir şekilde ifade edilmesinin bu anlamda önemli olduğu düşünülmektedir. Örneğin bazı deneysel çalışmalarda ifade edilen ve deney sürecini tanımlayan şematik anlatımların bu konuda yararlı olması beklenmektedir. Ayrıca verilen bu detaylı bilgiler vasıtasıyla

ileride alanda yapılacak analiz çalışmalarının mevcut durumu daha iyi ifade edeceği varsayılmaktadır.

Karşılaşılan diğer bir durum ise atık hazırlık aşamasıyla ilgili yazar/yazarların daha önceki çalışma/çalışmalarına atıfta bulunması ve bu kaynaklara erişim sağlanamadığı durumlarda istenilen verilere ulaşılamamasıdır. İncelenen çalışmaların %74'ünün makale ve %11'inin bildiri türünde olduğu düşünülerek sınırlı sayfa sayısından dolayı böyle bir yaklaşımın izlendiği varsayılmıştır. Ancak yine de okuyucunun mevcut yayından en uygun şekilde faydalanabilmesi için bu bilgilerin çalışma içinde verilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

Ulaşılamayan bu verilerin deneysel içerikli çalışmalar üzerinden yapılan analizin sonuçlarına yansımaları ise çalışmaların %57'sinde sıcaklık değerinin, %45'inde elek/partikül boyutunun, %26'sında ise numune türünün ve %13'ünde standart türünün bilinmemesi şeklinde olmuştur.

Bilinmeyen olarak ifade edilen bu değerlerin tek sebebi sadece atıfta bulunulan çalışmaya ulaşılamaması şeklinde sınırlandırılmamalıdır. Bazı durumlarda çalışmalarda verilen genel bilgilerden net bir değere ulaşılamaması da ayrıca bir sebep olarak gösterilebilir. Örneğin atık alçı boyutuna göre yapılan incelemede çalışmalarda elek/partikül analizine dair grafiklerin verildiği görülmüştür. Grafiklerde ifade edilen bu elek/partikül boyut dağılımlarının gelecekte alanda inceleme yapmak isteyen araştırmacılar için yönlendirici olacağı düşünülmektedir. Ancak çalışmalardaki grafiklerin birçok değerden bahsetmesi analizin gerçekleştirilmesinde kullanılan net verilerin elde edilmesi kısmında yetersiz kalmaktadır. Bu durumda bu grafiklere ilaveten kullanılan atığın boyutuyla ilgili sonuç değere dair ifadelerin kullanılmasının yararlı olacağı varsayılmaktadır.

Çalışmaların bilinmeyen başlığı altında yer almasının yapılan analizler özelinde birçok farklı sebebi olabilmektedir. Örneğin numune türü analizinde durumun sebebi olarak toprak konulu çalışmaların %35 oranına sahip olması gösterilebilir. Çünkü toprağı konu edinen deneysel içerikli çalışmalarda genelde deneyin yapıldığı alan bilgisi verilmektedir. Bu alan ifadeleri de bir numune türünü ifade etmediği için bilinmeyen olarak ele alınmıştır.

Toprağın da içinde bulunduğu, atık alçının farklı ürün eldesinde kullanımını ifade eden açık döngü geri dönüşüm çalışmaların %63'ünün kapsamını oluşturmaktadır. Bu kapsam da yer alan ve çalışmalara konu olan diğer ürünler ise %19 ile çimento ve %11 ile betondur. Bu ürünlerin yapıdaki kullanım amaçları

düşünüldüğünde dayanımlarının yüksek olması aranan bir özelliktir. Bu durumda su emme ve basınç dayanımı düşük olan alçının, atığının konu edildiği üründe bu özelliklerin incelenmesi gerekmektedir. Buna yönelik olarak çalışmalarda su emme deneyinin yapıldığı silindir numunelerinin %23, basınç dayanımı gerçekleştirilen küp numunelerinin ise %15 oranında olduğu belirlenmiştir.

Belirtilen bu numune çeşitleri ve yapılan deneylerin işleyişine dair bilgilere standartlarda yer verilmektedir. Uygulanan standartlar üzerinden gerçekleştirilen inceleme de çalışmaların genelinde yayınlanma ülkesine bağlı olarak standart türünün değişiklik gösterdiği gözlenirken bazı çalışmalar için ise bu durumun geçerli olmadığı saptanmıştır. Bu anlamda 75 deneysel içerikli çalışmanın %21’inde ASTM uygulandığı tez kapsamında incelenen tüm çalışmaların ise (90 adet) %11’inin Amerika’ da yayınlandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte ABNT’nin uygulandığı (%13) deneysel içerikli çalışmaların tümünün yayınlanma ülkesi Brezilya olan (%14) yayınlardan oluştuğu bilgisine ulaşılmıştır.

Yayın ülkesi dağılımında öne çıkan diğer bir ülke ise %7 ile Japonya’dır. Konu ile ilgili yayınladığı çalışmalar haricinde Japonya hem alçı levhanın üretimi hem de atık oluşumunda dünya da önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Atık alçı levha miktarının sadece Japonya ile sınırlı kalmadığı ayrıca tüm dünya da yüksek oranlara sahip olan bir atık alçı türü olduğu bilinmektedir.

Bu durum alçı levhanın yapı sektöründeki yoğunluklu kullanımıyla ilişkilendirilebilir. Buna bağlı olarak tezde yapılan analizde atık alçı levhanın yayınların %64’ünde kullanıldığı belirlenmiştir. Seramik üretimi sırasında elde edilen atık alçı kalıplar (%10) ve geri dönüştürülmüş alçı (%9) ise değerlendirmenin diğer başlıklarındandır. Analize dahil edilen saf alçının geri dönüştürülerek kullanıldığı çalışmaların bazı atık alçı türlerinden daha fazla incelendiği de ulaşılan sonuçlar arasındadır.

Bu sonucun benzeri aynı zamanda atık alçı oluşum aşaması dağılımında da gözlenmiştir. Örneğin oluşum açısından geri dönüştürülmüş alçı %9 oranında iken, üretim-inşaat, üretim-inşaat-yıkım, yenilenme atığı gibi birçok aşamayı barındıran başlıkların %1 oranında olduğu görülmüştür. Değerlendirmenin geri kalan kısmında ise inşaat atığı (%30) ve yıkım atığının (%23) yüksek oranlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Görüldüğü üzere konu ile ilgili güçlü ve eksik yönler genel olarak ele alınsa da deneysel içerikli çalışmalar üzerinde daha fazla durulduğu söylenebilir. Anlatımın bu

yöne kayması incelenen yayınların %83'ünü deneysel içerikli çalışmaların oluşturmaktan kaynaklıdır. İleriye yönelik ülkemizde de konu ile ilgili deneysel yöntemle çalışmalara ağırlık verilmesi beklendiğinden ulaşılan bu çıkarımların araştırmacılara katkı sağlaması umulmaktadır.

Gelecek çalışmalar için olası diğer bir katkı ise konu önerisi kısmında yapılabilir. Bu anlamda incelenen çalışmalar 12 farklı konu başlığı altında toplanmıştır. Çalışmalarda daha az işlenen bağlayıcı madde olarak (%2) ve priz geciktirici madde olarak kullanım gibi konularda araştırmaların çoğalmasının genel anlamda yapı ürünü üretimi başlığına da (%32) katkı yapması beklenmektedir.

Özetle tez çalışması kapsamında elde edilen bu sonuçların konu ile ilgili güçlü ve eksik yönlerin görülmesi açısından yararlı olacağı ve ulusal çalışmaların sayısının artması için önemli bir kaynak oluşturacağı varsayılmaktadır. Analiz çalışmasının sonuçlarının konu ile ilgilenen araştırmacı ve eğitimcileri yeni konu başlıklarına ve çalışma alanlarına yöneltmesi umulmaktadır.

Kullanım alanının genişliğinin sonucu olarak atık alçıların farklı endüstrilerde oluşan çeşitleri bulunmaktadır. Bu atık alçı türlerinin incelendiği değerlendirmelerin yapılması tez çalışmasında ortaya konulan genel durumun daha kapsamlı bir ifadesini oluşturma da katkı sağlayabilir. Genel durumun ortaya konması zamanın ilerlemesiyle birlikte değişen bir olgu olduğundan yapılan bu tez çalışmasına benzer çalışmaların ileride tekrarlanması gerektiği düşünülmektedir. Bu sayede değişen zamanla birlikte güncellenen bilgilerin farklılaşan genel durumun daha iyi kavranmasında yararlı olacağı düşünülmektedir.

Çevresel kirliliğin ve doğanın korunmasının öneminin arttığı son yıllarda konu ile ilgili çözüm önerisi geliştirmek bu tezinde içinde yer aldığı arka planın sağlam temellere dayanmasıyla mümkün olmaktadır. Bu temellerin oluşmasında bilgi ve o bilgiye ulaşmak için seçilen kaynakların önemli bir yeri vardır. Teknolojinin ilerlemesi ve çağın ihtiyaçlarının değişmesiyle birlikte bilgiye ulaşmada yararlanılan araçlarda da değişiklik yaşanmıştır. Ayrıca zamanla bilgiye erişimde kolaylık yaşanması olumlu bir etki gösterse de doğru bilginin tespitini zorlaştırmıştır. Bu nedenle atık alçı ve levhalarla ilgili yapılacak çalışmaların sayı ve çeşitliliğin artmasıyla çevreci yaklaşımların desteklenmesi ve geliştirilmesinde gereken kuramsal arka planın doğru şekilde oluşturulmasında katkı sağlaması beklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Abidoye L. K., Bello R. A., (2010), "Restoration of Compressive Strength of Recycled Gypsum Board Powder", *Pacific Journal of Science and Technology*, 11(2), 42-50.
- Ahmed A., Ugai K., Kamei T., (2011a), "Laboratory and Field Evaluations of Recycled Gypsum as a Stabilizer Agent in Embankment Construction", *Soils and Foundations*, 51(6), 975-990.
- Ahmed A., Ugai K., Kamei T., (2011b), "Investigation of Recycled Gypsum in Conjunction with Waste Plastic Trays for Ground Improvement", *Construction and Building Materials*, 25(1), 208-217.
- Ahmed A., (2013), "Recycled Bassanite for Enhancing the Stability of Poor Subgrades Clay Soil in Road Construction Projects", *Construction and Building Materials*, 48, 151-159.
- Ahmed A., (2015), "Compressive Strength and Microstructure of Soft Clay Soil Stabilized with Recycled Bassanite", *Applied Clay Science*, 104, 27-35.
- Ahmed A., Soliman A. M., El Naggar M. H., Kamei T., (2015), "An Assessment of Geo-Environmental Properties for Utilization of Recycled Gypsum in Earthwork Projects", *Soils and Foundations*, 55(5), 1139-1147.
- Ahmed A., El Naggar M. H., (2018), "Effect of Cyclic Loading on the Compressive Strength of Soil Stabilized with Bassanite-Tire Mixture", *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(1), 525-532.
- Al-Ansary M. S., El-Haggar S. M., Taha M. A., (2004), "Sustainable Guidelines for Managing Demolition Waste in Egypt", *Proceedings of the International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Building and Structures*, 331-340.
- Albayrak İ. E., (1991), "Bölme Duvarlarında Alçı Kullanımı", *Ulusal Alçı Kongresi Bildiriler*, 4-5 Kasım.
- Allen E., Iano J., (2013), "Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods", 893-923, John Wiley & Sons.
- Antunes M. L. P., Sá A., Oliveira P. S., Rangel E. C., (2019), "Utilization of Gypsum From Construction and Demolition Waste in Portland Cement Mortar, *Cerâmica*, 65, 1-6.
- Asakura H., (2013), "Removing Gypsum From Construction and Demolition Waste (C&DW)", In F. Pacheco-Torgal, V.W.Y. Tam, J.A. Labrincha, Y. Ding, J. de Brito (Eds.), *Handbook of Recycled Concrete and Demolition Waste* (479-499), Woodhead Publishing.
- Avdan H. B., (1997), "Alçıtaşının Minerolojisi, Alçı Çeşitleri, Fazların Oluşumu ve Analizi", 2. Ulusal Alçı Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2- 3 Mayıs.

Aydın E., (2019), “Bir Yalın İnşaat Yöntemi Olarak Son Planlayıcı Sistem Yaklaşımlarına Yönelik Meta Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Awasthi M. K., Zhao J., Soundari P. G., Kumar S., Chen H., Awasthi S. K., Duan Y., Liu T., Pandey A., Zhang Z., (2019), “Sustainable Management of Solid Waste”, In M. Taherzadeh, K. Bolton, J. Wong, A. Pandey (Eds.), Sustainable Resource Recovery and Zero Waste Approaches, 79-99, Elsevier Science.

Bai Kamara KB., Ganjian E., Khorami M., (2019), “Optimisation of Secondary Waste Gypsum for Mechanical Stability in Road (Base) and Foundation”, In E. Ganjian, P. Claisse, M. Limbachiya, M. Bagheri (Eds.), Fifth International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies (SCMT5), Vol. 2, 318-328 International Committee of the SCMT Conferences.

Bai Kamara KB., Ganjian E., Khorami M., (2021), “The Effect of Quarry Waste Dust and Reclaimed Asphalt Filler in Hydraulically Bound Mixtures Containing Plasterboard Gypsum and GGBS”, Journal of Cleaner Production, 279, 123584.

Besnard F., (2013), “Evaluation of Reclaimed Drywall for Soil Amendment and Carbon Sequestration, Doctoral Thesis, The University Of North Carolina.

Biçer Y., Yıldırım Ş., Yıldız C., (1997), “Styropor İçeren Çimento ve Alçı Bağlayıcılı Malzemelerin. Isıl ve Mekanik Özellikleri”, ULIBTK’ 97 Uluslararası Katılımlı XI. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 67-73.

Buggakupta W., Tounchuen K., Panpa W., Jinawath S., (2020), “Early Production of High Strength and Improved Water Resistance Gypsum Mortars From Used Plaster Mould and Cullet Waste”, Journal of Materials in Civil Engineering, 32(6), 04020116.

Burger M. E, (1993), “Potential of Pulverized Construction Drywall Waste as a Soil Amendment”, Master’s Thesis, State University of New York College of Environmental Science and Forestry Syracuse.

Camarini G., Pinheiro S. M., (2014), “Microstructure of Recycled Gypsum Plaster by SEM”, Advanced Materials Research, 912, 243-246.

Camarini G., Pinto M. C. C., de Moura A. G., Manzo N. R., (2016), “Effect of Citric Acid on Properties of Recycled Gypsum Plaster to Building Components”, Construction and Building Materials, 124, 383-390.

Carr J., Munn D. A., (2001), “Agricultural Disposal Method of Construction Site Gypsum Wallboard Waste”, Journal of Construction Education, 6(1), 28-33.

Carson T. B., Hakimdavar R., Sjoblom K. J., Culligan P. J., (2012), “Viability of Recycled and Waste Materials as Green Roof Substrates”, GeoCongress 2012: State of the Art and Practice in Geotechnical Engineering, 3644-3653.

Chandara C., Azizli K. A. M., Ahmad Z. A., Sakai E., (2009), "Use of Waste Gypsum to Replace Natural Gypsum as Set Retarders in Portland Cement", *Waste Management*, 29(5), 1675-1679.

Chiang K. Y., Yen H. R., Lu C. H., (2019), "Recycled Gypsum Board Acted as a Mineral Swelling Agent for Improving Thermal Conductivity Characteristics in Manufacturing of Green Lightweight Building Brick", *Environmental Science and Pollution Research*, 26(33), 34205-34219.

Chun Y. M., Naik T. R., Kraus R. N., (2008), "Recycling Opportunity for Gypsum Wallboard in Concrete". Report No: CBU-2008-01, Solid Waste Research Program, University of Wisconsin, Milwaukee.

Cilli E., Bruneaux M. A., Chateau L., Lucatelli J. M., Peyratout C., Smith A., (2017), "Cleanliness of Mixed Fired Clay Bricks Coming From Construction and Demolition Waste", *Waste and Biomass Valorization*, 8(6), 2177-2185.

Cordon H. C. F., Cagnoni F. C., Ferreira F. F., (2019), "Comparison of Physical and Mechanical Properties of Civil Construction Plaster and Recycled Waste Gypsum From São Paulo", *Brazil, Journal of Building Engineering*, 22, 504-512.

Coşgun N., Güler T., Doğan, B., (2009), "Yapısal Atıkların Önlenmesinde/ Azaltılmasında Tasarımcının Rolü", *Mimarlık Dergisi*, 348, 75-78.

Crangle R. D., (2021), "Gypsum", U.S Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, USA.

Çarkungöz E., Ediz B., (2009), "Meta Analizi", *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28(1), 33-37.

Çayırılı H., Baş H., (1991), "Alçıtaşı ve Türkiye Alçıtaşı Yatakları", *Ulusal Alçı Kongresi Bildiriler*, 4-5 Kasım.

de Moraes Rossetto J. R., Santos Correia L., Henrique Geraldo R., Camarini G., (2016), "Gypsum Plaster Waste Recycling: Analysis of Calcination Time", *Key Engineering Materials*, 668, 312-321.

Dobrescu C. F., Calarasu E. A., (2020), "Engineering and Environmental Benefits of Using Construction Wastes in Ground Improvement Works", *MATEC Web of Conferences*, 310, 00024.

DPT (2008), DPT: 2773, ÖİK:703, Özel İhtisas Komisyonu Raporu (Taş ve Toprağa Dayalı Sanayiler), Dokuzuncu Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara.

Drake D., Ramadhan F. Z., Sze P. F., Miyasaka T., (2019), "Drywall Waste Blocks: a Novel Masonry Material Utilizing Recycled Construction & Demolition Waste", *Modular and Offsite Construction (MOC) Summit Proceedings*, 293-300, Banff, Ab, Canada, 21-24 May.

EPA, (2019), “Advancing Sustainable Materials Management: 2017 Fact Sheet”, Washington DC.

Erbs A., Nagalli A., de 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.

Erdoğan, M., (1997), “Türkiye Alçıtaşı Yatakları ve Özellikleri”, 2. Ulusal Alçı Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2- 3 Mayıs.

Escalante-Garcia J. I., Magallanes-Rivera R. X., Gorokhovsky A., (2009), “Waste Gypsum–Blast Furnace Slag Cement in Mortars With Granulated Slag and Silica Sand as Aggregates”, *Construction and Building Materials*, 23(8), 2851-2855.

Eysenck H., (1995), “Meta-Analysis or Best-Evidence Synthesis?”, *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 29-36.

Ferreira S. B., Domingues P. C., Soares S. M., Camarini G., (2015), “Recycled Plaster and Red Ceramic Waste Based Mortars”, *International Journal of Engineering and Technology*, 7(3), 209.

Ganjian E., Sadeghi-Pouya H., Claisse P. A., (2009), 'Plasterboard and Gypsum Waste in a Novel Cementitious Binder for Road Construction', In J.T. Sentowski (Ed.), *Concrete Materials: Properties, Performance and Applications* (1-115), Nova Science Publishers.

Ganjian E., Jalull G., Sadeghi-Pouya H., (2015), “Using Waste Materials and By-Products to Produce Concrete Paving Blocks”, *Construction and Building Materials*, 77, 270-275.

Geraldo R. H., Pinheiro S. M., Silva J. S., Andrade H. M., Dweck J., Gonçalves J. P., Camarini G., (2017), “Gypsum Plaster Waste Recycling: a Potential Environmental and Industrial Solution”, *Journal Of Cleaner Production*, 164, 288-300.

Geraldo R. H., Souza J. D., D Campos S. C., Fernandes L. F., Camarini G., (2018), “Pressured Recycled Gypsum Plaster and Wastes: Characteristics of Eco-Friendly Building Components”, *Construction and Building Materials*, 191, 136-144.

Glass G. V., (1976), “Primary, Secondary and Meta-Analysis of Research”, *Educational Researcher*, 5(10), 3-8, American Educational Research Association.

Godinho-Castro A. P., Testolin R. C., Janke L., Corrêa A. X., Radetski C. M., (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(1), 153-157.

Gürdal E., Güzel A.G., (1991) “Değişik Buhar Basınçları Altında Alçının Dezidratasyonu”, *Ulusal Alçı Kongresi Bildiriler*, 4-5 Kasım.

Gürdal E., (2010), “Bir Yapı Malzemesi Olarak Alçı”, Restorasyon ve Konservasyon Çalışmaları Dergisi, (4), 37-43.

GtoG, (2013), “A Circular Economy For The Construction Sector: Layman’s Report”, LIFE11 ENV/BE/001039.

Hansen S., Sadeghian P., (2019), “Application of Recycled Gypsum Wallboards in Cement Mortar”, 7th International Conference on Engineering Mechanics and Materials, Laval (Greater Montreal), 12-15 June.

Hansen S., (2020), “Gypsum Powder Recycled From Waste Drywalls as a Partial Cement Replacement in Concrete”, Master’s Thesis, Dalhousie University.

Hansen S., Sadeghian P., (2020), “Recycled Gypsum Powder From Waste Drywalls Combined with Fly Ash for Partial Cement Replacement in Concrete”, Journal of Cleaner Production, 274, 122785.

Herbold R. F., (2003), “Construction”, In B. Hazeltine, C. Bull (Ed.), Field Guide to Appropriate Technology (545-607), Academic Press.

Inazumi S., Sano H., Yamada M., (2016), “Estimation of Gypsum Hemihydrate Content in Recycled Gypsums Derived From Gypsum Boards”, Journal of Material Cycles and Waste Management, 18(1), 168-176.

Ingham J. P., (2013), “Mortar, Plaster and Render”, In Geomaterials Under the Microscope: A Color Guide, (137-162), Academic Press

Issa U. H., Ahmed A., Ugai K., (2013), “A Decision Support System for Ground Improvement Projects Using Gypsum Waste Case Study: Embankments Construction in Japan”, Journal of Civil and Environmental Research, 4(1), 74-84.

Iqbal K., Hussain S., Farooq A., (2020), “Influence of Waste Gypsum on The Microstructural Characteristics and Strength Behavior of Unfired Mud Block”, Arabian Journal for Science and Engineering, 45(10), 8551-8560.

İMSAD, (2019), Sürdürülebilir İnşaat Malzemeleri Terimler Sözlüğü (Güncellenmiş 2. Baskı).

Jadhao L. S., Jadhao A. P., Chavhan V. S., Sahir U. M., Thakare S. D., Inamdar M. M., (2019), “Stabilization of Black Cotton Soil by Using Waste Gypsum”, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 6(5), 867-871.

Jikan S. S., Arshat I., Badarulzaman N. A., (2013), “Melt Flow and Mechanical Properties of Polypropylene/Recycled Plaster of Paris”, Applied Mechanics and Materials, 315, 905-908.

Kamei T., Ahmed A., Ugai K., (2013), “Durability of Soft Clay Soil Stabilized with Recycled Bassanite and Furnace Cement Mixtures”, Soils and Foundations, 53(1), 155-165.

Kamei T., Ahmed A., Horai H., Ugai K., (2015), “A Novel Solidification Technique for Fluorine-Contaminated Bassanite Using Waste Materials in Ground Improvement Applications”, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(2), 380-390.

Karaağaç S., (2020), “Uyum Gösteren Cepheler: Bir Meta Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Karami S., Claisse P., Ganjian E., Sadeghi H., Greaves R., (2007), “Use of Waste Gypsum as Construction Low Strength Materials”, *Proceedings of the International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, 203-208, Coventry, UK, 11-13 June.

Khalil A. A., Tawfik A., Hegazy A. A., (2018), “Plaster Composites Modified Morphology with Enhanced Compressive Strength and Water Resistance Characteristics”, *Construction and Building Materials*, 167, 55-64.

Kim J., Tae S., Kim R., (2018), “Theoretical Study on the Production of Environment-Friendly Recycled Cement Using Inorganic Construction Wastes as Secondary Materials in South Korea”, *Sustainability*, 10(12), 4449.

Kojima Y., Yasue T., (2006), “Synthesis of Large Plate-Like Gypsum Dihydrate From Waste Gypsum Board”, *Journal of the European Ceramic Society*, 26, 777-783.

Kondratieva N., Barre M., Goutenoire F., Sanytsky M., (2017), “Study of Modified Gypsum Binder”, *Construction and Building Materials*, 149, 535-542.

Kotake N., Sano H., (2018), “Hardening Performance of Reclaimed Gypsums for Stabilizing Agent to Improve Soft Clayey Ground”, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 766-776.

Kubba S., (2017), “Green Building Materials and Products”, In *Handbook of Green Building Design and Construction: LEED, BREEAM, and Green Globes (Second Edition)*, (257-351), Butterworth-Heinemann.

Kuttah D. K., Sato K., Koga C., (2015), “Evaluating the Dynamic Stabilities of Asphalt Concrete Mixtures Incorporating Plasterboard Wastes”, *International Journal of Pavement Engineering*, 16(10), 929-938.

La Spina V., Grau Giménez C. J., (2020), “Uses of Gypsum in Spanish Architectural Heritage: Typologies and Some Unique Construction Techniques”, *International Journal of Architectural Heritage*, 14(2), 176-195.

Li Y., Ren S., (2011), “Building Decorative Materials”, *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering*, 54-74, ISBN 9780857092571, Woodhead Publishing.

Li Z., Peng J., Zhao H., Qiu X., Zhao M., (2016), “Grindability, Grading and Wettability of Recycled Plaster”, *Transactions of Tianjin University*, 22(5), 480-485.

Li Z., Xu K., Peng J., Wang J., Ma X., Niu J., (2018), “Study on Hydration and Mechanical Property of Portland Cement-Blended Recycled Plaster Materials”, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol 2018.

Li Z., Xu K., Peng J., Wang J., Ma X., Niu J., (2019), “Study on Hydration and Mechanical Property of Quicklime Blended Recycled Plaster Materials”, *Construction and Building Materials*, 202, 440-448.

Li Z., Xu K., Wang J., Zhang J., Ma X., Niu J., (2020), “Mechanism of Degradation of the Properties of Recycled Plaster Mixed Aluminate Cement”, *Advances in Materials Science and Engineering*, vol 2020.

Lokuliyana K., Perera J., Gunawardane P., (1988), “Studies on the Production of Plaster of Paris From Discarded Moulds”, *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 16(1), 53-65.

Lou E. C., Lee A., Welfle A. J., Abdullahi, A. L., (2021), “Testing the Nexus Between C&D Waste Management Strategies & GHG Emission Performances: The Case of UK Student Accommodation Refurbishment Projects”, *Journal of Building Engineering*, 34, 101812.

Lushnikova N., Dvorkin L., (2016), “Sustainability Of Gypsum Products As A Construction Material”, In Jamal M. Khatib (Ed.), *Sustainability of Construction Materials* (643-681), Woodhead Publishing.

Marvin E., (2000), “Gypsum Wallboard Recycling and Reuse Opportunities in the State of Vermont”, *Waste Management Division: Vermont Agency of Natural Resources*.

Mcdonald B., Smithers M., (1998), “Implementing a Waste Management Plan During the Construction Phase of a Project: A Case Study”, *Construction Management & Economics*, 16(1), 71-78.

Medina N. F., Hernández-Olivares F., Arroyo X., Aguilera A., Fernandez F., (2016), “Characterization of a More Sustainable Cement Produced with Recycled Drywall and Plasterboards as Set Retarders”, *Construction and Building Materials*, 124, 982-991.

Naik T. R., Kumar R., Chun Y. M., Kraus R. N., (2010), “Utilization of Powdered Gypsum-Wallboard in Concrete”, *Proceedings of the Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, Italy, 28-30 June.

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(3), 311-320.

Ngamsurat S., Boonkerd K., Leela-adisorn U., Potiyaraj P., (2011), “Curing Characteristics of Natural Rubber Filled with Gypsum”, *Energy Procedia*, 9, 452-458.

Onishi K., Fujino T., Kondo Y., Ikami H., Asaeda T., (2012), “Applicability of Recycled Gypsum Composite Mortar as Raw Material for Foundation Work of Single-

Family Houses”, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 11(1), 119-124.

Özdoğan H. A., (2020), “Yapım Şantiyesinde Alçı Levha Kullanımı ve Oluşan Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyelinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Papailiopoulos N., Grigoropoulos H., Founti M., (2017), “Energy Analysis of the Effects of High-Level Reincorporation of Post-Consumer Recycled Gypsum in Plasterboard Manufacturing”, *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1829-1839.

Papailiopoulos N., Grigoropoulos H., Founti M., (2019), “Techno-Economic Impact Assessment of Recycled Gypsum Usage in Plasterboard Manufacturing”, *Journal of Remanufacturing*, 9(3), 141-167.

Pedreño-Rojas M. A., Flores-Colen I., De Brito J., Rodríguez-Liñán C., (2019), “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-Colen I., Pereira M. F. C., Rubio-de-Hita P., (2020a), “Influence of Gypsum Wastes on the Workability of Plasters: Heating Process and Microstructural Analysis”, *Journal of Building Engineering*, 29, 101143.

Pedreño-Rojas M. A., Rodríguez-Liñán C., Flores-Colen I., de Brito J., (2020b), “Use of Polycarbonate Waste as Aggregate in Recycled Gypsum Plasters”, *Materials*, 13(14), 3042.

Pervyshin G. N., Yakovlev G. I., Gordina A. F., Keriene J., Polyanskikh I. S., Fischer H. B., Buryanov A. F., (2017), “Water-Resistant Gypsum Compositions with Man-Made Modifiers”, *Procedia Engineering*, 172, 867-874.

Pinheiro S. M., Camarini G., (2015), “Characteristics of Gypsum Recycling in Different Cycles”, *International Journal of Engineering and Technology*, 7(3), 215.

Prasad M. N. V., (2016), “Resource Potential of Natural and Synthetic Gypsum Waste”, In M.N.V. Prasad, Kaimin Shih (Ed.), *Environmental Materials and Waste: Resource Recovery and Pollution Prevention* (307-337), Academic Press.

Pressler J. W., (1979), “Mineral Commodity Profiles”, Bureau of Mines, United States Department of The Interior, Washington D.C.

Ragab N., (2015), “Recycling of Waste Gypsum Boards To Produce New Drywalls and Non-Load Bearing Bricks”, Master’s Thesis, American University in Cairo, AUC Knowledge Fountain.

Raghavendra T., Udayashankar B. C., (2015), “Engineering Properties of Controlled Low Strength Materials Using Flyash and Waste Gypsum Wall Boards”, *Construction and Building Materials*, 101, 548-557.

Raghavendra T., Siddanagouda Y. H., Jawad F., Adarsha C. Y., Udayashankar B. C., (2016), “Performance of Ternary Binder Blend Containing Cement, Waste Gypsum Wall Boards and Blast Furnace Slag in CLSM”, *Procedia Engineering*, 145, 104-111.

Rahman M. W., Ghataora G. S., Chapman D. N., Tyrer M., Claisse P., Ganjian, E., (2008), “Gypsum Waste Reduction Through Stabilization for Trench Backfill”, *GeoCongress 2008: Geotechnics of Waste Management and Remediation*, 320-327.

Rahman M., Ghataora G., (2011), “Use of Waste Gypsum for Trench Backfill”, *International Journal of Geotechnical Engineering*, 5(4), 405-413.

ResGaz 1, (2004), Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, 18 Mart 2004 tarih ve 25406 sayılı Resmî Gazete.

ResGaz 2, (2015), Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2 Nisan 2015 tarih ve 29314 sayılı Resmî Gazete.

ResGaz 3, (2010), Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, 26 Mart 2010 tarih ve 27533 sayılı Resmî Gazete.

Roy K., Debnath S. C., Bansod N. D., Pongwisuthiruchte A., Wasanapiarnpong T., Potiyaraj P., (2020), “Possible Use of Gypsum Waste From Ceramics Industry as Semi-Reinforcing Filler in Epoxidized Natural Rubber Composites”, *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(1), 285-294.

Ruiz L. A. L., Ramón X. R., Domingo S. G., (2020), “The Circular Economy In The Construction And Demolition Waste Sector—A Review and an Integrative Model Approach”, *Journal of Cleaner Production*, 248, 119238.

Sağnak M., (2018), “Stabilization of Bentonite and Kaolinite Clays Using Recycled Gypsum and Liquid Sodium Silicate”, Master’s Thesis, University of Delaware.

Savi O., Souza R. A., Mascia N. T., Souza, M. H., (2017), “The Physical and Mechanical Properties of Recycled Gypsum and Potential Application of Pre-Molded Panels”, *Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade*, 4(2), 21-27.

Schultz K., Wiedemann-Tokarz H., (2016), “Light Spaces: Designing and Constructing with Plasterboard”, 62-81, Walter de Gruyter GmbH.

Serin F. P., (2016), “Yapım Projelerinde Tasarım Yönetimi Konu Alanına Yönelik Meta Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Shelby L. B., Vaske J. J., (2008), “Understanding Meta-Analysis: A Review”, *Leisure Sciences: An Interdisciplinary Journal*, 30(96-110).

Simmons H. L., (2011), “Olin's Construction: Principles, Materials, and Methods” 668-693, John Wiley & Sons Incorporated.

Song Y. J., Yotsumoto H., (2001), “Recover of Gypsum From Waste Plaster Board and the Refining Process”, The 6th International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, 342-348, Gyeongju, Korea, 23-25 October.

Suárez 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.

Sugate R. G., Wakchaware N. P., Shrivastav S. B., Sakhare A. R., Datey C. H., Jain N. S., (2018), “Comparative Study of Stabilization of Soil Using Fly Ash, Silica Fumes and Waste Plaster of Paris”, International Journal of Pure and Applied Mathematics, 118(24).

Sümer M., (1997) “Alçıdan Duvar Elemanları Üretimi ve Teknolojisi”, 2. Ulusal Alçı Kongresi, Bildiriler Kitabı, İstanbul, 2- 3 Mayıs.

Thenmuhil D., Vignaswaran K. V., Pavithra T., (2014), “Preparation of Wollastonite From Used Plaster of Paris and Quartz Through Solid-State Reaction”, International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI), 1(8), 540-543.

Thormark C., (2000), “Including Recycling Potential in Energy Use Into the Life-Cycle of Buildings”, Building Research & Information, 28(3), 176-183.

van de Merwe S., (2009), “Gypsum Wallboard: A Study Examining Wallboard Waste Management Options for Southern Ontario”, Master's Thesis, University of Waterloo.

Vieira G. L., Trovão A. P., Teles C. R., (2017), “Perspective of Environmental Sustainability with Waste Recycling Plaster in Construction”, 16th International Waste Management and Landfill Symposium, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 2-6 October.

WRAP, (2006), “Review of Plasterboard Material Flows and Barriers to Greater Use of Recycled Plasterboard”, Project Code: PBD0004.

WRAP, (2007), “Use Of Recycled Plasterboard In Unfired Clay-Gypsum Blocks”, Project Code: PBD6-403.

WRAP, (2008a), “Plaster Moulds Using Recycled Gypsum From Waste Plasterboard”, Project Code: PBD005001.

WRAP, (2008b), “Plasterboard Technical Report: Life Cycle Assesment of Plasterboard”, Banbury, Oxon, UK.

Web 1, (2021), <https://www.epa.gov/smm/sustainable-management-construction-and-demolition-materials>, (Erişim Tarihi: 01/06/2021).

Web 2, (2021), <http://www.alcider.org.tr/index.html>, (Erişim Tarihi:15/06/2021).

Web 3, (2021), <https://www.finehomebuilding.com/project-guides/drywall/an-introduction-to-drywall>, (Erişim Tarihi: 05/08/2021).

Web 4, (2021), <https://www.epa.gov/smm/sustainable-materials-management-non-hazardous-materials-and-waste-management-hierarchy>, (Erişim Tarihi:13/07/2021).

Web 5, (2021), <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/atiklar-20180222082452.pdf>, (Erişim Tarihi: 14/07/2021).

Web 6, (2021), <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/wollastonit>, (Erişim Tarihi: 07/08/2021).

Wolkowski R. P., (2000), “Land Application of Crushed Gypsum Wallboard Waste for Alfalfa”, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 31(1-2), 187-199.

Wright L., Khatib J. M., (2016), “Sustainability of Desulphurised (fgd) Waste in Construction”, Sustainability of Construction Materials, 683-715, Woodhead Publishing.

Yamashita M., Tanaka H., Sakai E., Tsuchiya K., (2019), “Mineralogical Study of High SO₃ Clinker Produced Using Waste Gypsum Board in a Cement Kiln”, Construction and Building Materials, 217, 507-517.

Zhang H., (2011), “Building Materials in Civil Engineering: Air Hardening Binding Materials”, Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Chapter 3, 29-45, Woodhead Publishing.

Zhu C., Zhang J., Yi W., Cao W., Peng J., Liu J., (2018), “Research on Degradation Mechanisms of Recycled Building Gypsum”, Construction and Building Materials, 173, 540-549.

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep BEDİR 2013 yılında başladığı Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık Bölümünü 2018 yılında başarıyla tamamlayarak aynı yıl yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında başladı.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Bedir Z., Aydın İpekçi C., (2020), “Yapı Malzemesi Özelinde Atık Alçılara Yönelik Bir İnceleme”, Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (1), 13-21. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ucbad/issue/60915/850187>

Ek B: Tablolar

Tablo B1.1: Meta analizinde kullanılan yayınlar.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
1	Studies On The Production Of Plaster Of Paris From Discarded Moulds	1988	Makale	Üç	Belirtilmemiş	Deneysel
2	Potential of Pulverized Construction Drywall Waste As A Soil Amendment	1993	Tez	Bir	Belirtilmemiş	Deneysel
3	Implementing A Waste Management Plan During The Construction Phase Of A Project: A Case Study	1998	Makale	İki	Recycling, Waste, Audit, Landfill.	Örnek Çalışma
4	Gypsum Wallboard Recycling And Reuse Opportunities In The State Of Vermont	2000	Rapor	Bir	Belirtilmemiş	Örnek Çalışma
5	Including Recycling Potential In Energy Use Into The Life-Cycle Of Buildings	2000	Makale	Bir	Recycling, Life-Cycle Analysis, Embodied Energy, Environment, Building Materials, Demolition, Sweden	Örnek Çalışma
6	Land Application of Crushed Gypsum Wallboard Waste For Alfalfa	2000	Makale	Bir	Belirtilmemiş	Deneysel
7	Agricultural Disposal Method of Construction Site Gypsum Wallboard Waste	2001	Makale	İki	Gypsum Wallboard, Drywall, Recycling, Tipping Fees, Disposal, Agricultural Uses	Deneysel
8	Recover Of Gypsum From Waste Plaster Board And The Refining Process	2001	Bildiri	İki	Belirtilmemiş	Deneysel
9	Synthesis Of Large Plate-Like Gypsum Dihydrate From Waste Gypsum Board	2006	Makale	İki	Large Plate-Like Gypsum Dihydrate	Deneysel
10	Use Of Waste Gypsum As Construction Low Strength Materials	2007	Bildiri	Beş	Belirtilmemiş	Deneysel
11	Use Of Recycled Plasterboard In Unfired Clay-Gypsum Blocks	2007	Rapor	Bir	Belirtilmemiş	Deneysel
12	Recycling Opportunity For Gypsum Wallboard In Concrete	2008	Rapor	Üç	Belirtilmemiş	Deneysel
13	Gypsum Waste Reduction Through Stabilization For Trench Backfill	2008	Bildiri	Altı	Belirtilmemiş	Deneysel
14	Plaster Moulds Using Recycled Gypsum From Waste Plasterboard	2008	Rapor	Bir	Belirtilmemiş	Deneysel
15	Use Of Waste Gypsum To Replace Natural Gypsum As Set Retarders In Portland Cement	2009	Makale	Dört	Belirtilmemiş	Deneysel

Tablo B1.1: Devam.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
16	Waste Gypsum –Blast Furnace Slag Cement In Mortars With Granulated Slag And Silica Sand As Aggregates	2009	Makale	Üç	Waste Gypsum , Blast Furnace Slag, Alternative Cements, Low Energy Cements, Hydration, Strength	Deneyisel
17	Plasterboard And Gypsum Waste In A Novel Cementitious Binder For Road Construction	2009	Kitap Bölümü	Üç	Belirtilmemiş	Deneyisel
18	Gypsum Wallboard: A Study Examining Wallboard Waste Management Options For Southern Ontario	2009	Tez	Bir	Belirtilmemiş	Çoklu Metot
19	Restoration Of Compressive Strength Of Recycled Gypsum Board Powder	2010	Makale	İki	Gypsum Board, Drywall, Plaster Of Paris, Calcinations, Restoration, Compressive Strength, Recycling, Manufacturing	Deneyisel
20	Utilization Of Powdered Gypsum-Wallboard In Concrete	2010	Bildiri	Dört	Belirtilmemiş	Deneyisel
21	Laboratory And Field Evaluations Of Recycled Gypsum As A Stabilizer Agent In Embankment Construction.	2011a	Makale	Üç	Embankment, Environment, Gypsum Waste Plasterboard , Recycled Gypsum , Soil Stabilization	Çoklu Metot
22	Investigation Of Recycled Gypsum In Conjunction With Waste Plastic Trays For Ground Improvement	2011b	Makale	Üç	Soil Improvement, Gypsum Waste , Plasterboard Waste , Plastic Trays, Compressive Strength, Capillary Rise	Deneyisel
23	Curing Characteristics Of Natural Rubber Filled With Gypsum	2011	Makale	Dört	Curing, Filler, Gypsum , Natural Rubber.	Deneyisel
24	Applicability Of Recycled Gypsum Composite Mortar As Raw Material For Foundation Work Of Single-Family Houses	2012	Makale	Beş	Flat Plate Loading Test, Foundation Work, Recycled Gypsum Board , Recycled Gypsum Composite Mortar (RGCM)	Çoklu Metot
25	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	2012	Makale	Beş	Solid Waste Recycling, Gypsum Waste , Ceramic Block, Ecotoxicity Tests	Deneyisel
26	Viability Of Recycled And Waste Materials As Green Roof Substrates	2012	Bildiri	Dört	Belirtilmemiş	Deneyisel
27	Recycled Bassanite For Enhancing The Stability Of Poor Subgrades Clay Soil In Road Construction Projects	2013	Makale	Bir	Recycled Bassanite, Subgrade Soil, Clay Soil, Strength, Cbr, Waste Materials	Deneyisel
28	Evaluation Of Reclaimed Drywall For Soil Amendment And Carbon Sequestration	2013	Tez	Bir	Belirtilmemiş	Deneyisel
29	Gypsum To Gypsum	2013	Rapor	Bir	Belirtilmemiş	Örnek Çalışma
30	Durability Of Soft Clay Soil Stabilized With Recycled Bassanite And Furnace Cement Mixtures	2013	Makale	Üç	Soil Stabilization, Soft Clay Soil, Wetting-Drying Durability, Compressive Strength, Recycled Bassanite, Gypsum Waste	Deneyisel
31	Use Of Waste Gypsum For Trench Backfill	2013	Makale	Bir	Trench Backfill, Recycling Gypsum , Quarry Fines	Deneyisel
32	A Decision Support System For Ground Improvement Projects Using Gypsum Waste Case Study: Embankments Construction In Japan	2013	Makale	Üç	Ground Improvement; Decision Making, Embankment Construction, Gypsum Waste , Gypsum- Cement Stabilizer, Multi-Criteria Analysis	Örnek Çalışma

Tablo B1.1: Devam.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
33	Melt Flow And Mechanical Properties Of Polypropylene/ Recycled Plaster Of Paris	2013	Makale	Üç	Belirtilmemiş	Deneysel
34	Microstructure Of Recycled Gypsum Plaster By SEM	2014	Makale	İki	Gypsum Plaster, Recycling, Thermal Analysis, Microstructure.	Deneysel
35	Preparation Of Wollastonite From Used Plaster Of Paris And Quartz Through Solid-State Reaction	2014	Makale	Dört	Plaster Of Paris, Quartz, Wollastonite, Solid-State Reaction.	Deneysel
36	Compressive Strength And Microstructure Of Soft Clay Soil Stabilized With Recycled Bassanite	2015	Makale	Bir	Soft Clay Soil, Soil Stabilization, Recycled Bassanite Compressive Strength, Sem, Xrd	Deneysel
37	An Assessment Of Geo-Environmental Properties For Utilization Of Recycled Gypsum In Earthwork Projects	2015	Makale	Dört	Geo-Environment, Gypsum Wastes , Earthworks, Stabilization, Soft Clay Soil	Deneysel
38	Engineering Properties Of Controlled Low Strength Materials Using Flyash And Waste Gypsum Wall Boards	2015	Makale	İki	Clsm, Gypsum Wallboard , Flyash, Quarry Dust, Phenomenological Model	Deneysel
39	Recycling Of Waste Gypsum Boards To Produce New Drywalls And Non-Load Bearing Brick	2015	Tez	Üç	Belirtilmemiş	Deneysel
40	Using Waste Materials And By-Products To Produce Concrete Paving Blocks	2015	Makale	Üç	Paving Blocks, Fibre Concrete, Waste Materials, By-Products, Split Tensile Strength	Deneysel
41	A Novel Solidification Technique For Fluorine-Contaminated Bassanite Using Waste Materials In Ground Improvement Applications	2015	Makale	Dört	Gypsum Wastes , Recycled Bassanite, Ettringite, Solidification Agent, Ground Improvement	Deneysel
42	Recycled Plaster And Red Ceramic Waste Based Mortars	2015	Makale	Dört	Ceramic Waste, Construction And Demolition Waste, Plaster, Recycling.	Deneysel
43	Evaluating The Dynamic Stabilities Of Asphalt Concrete Mixtures Incorporating Plasterboard Wastes	2015	Makale	Üç	Asphalt Concrete Mixtures, Bassanite, Dynamic Stability, Gypsum, Plasterboard Wastes , Rut Depth, Wheel Tracking Test	Deneysel
44	Characteristics Of Gypsum Recycling In Different Cycles	2015	Makale	İki	Gypsum Plaster , Physical Properties, Recycling, Waste.	Deneysel
45	Effect Of Citric Acid On Properties Of Recycled Gypsum Plaster To Building Components	2016	Makale	İki	Recycling, Gypsum Plaster , Admixtures, Citric Acid, Setting Time, Compressive Strength, Microstructure	Deneysel
46	Characterization Of A More Sustainable Cement Produced With Recycled Drywall And Plasterboards As Set Retarders	2016	Makale	Beş	Recycled Calcium Sulphates, Plaster Of Paris, Gypsum, Set Retarder, Drywall, Plasterwork	Deneysel
47	Performance Of Ternary Binder Blend Containing Cement, Waste Gypsum Wall Boards And Blast Furnace Slag In CLSM	2016	Makale	Beş	Clsm, Gypsum Wallboard , Ggbs, Stone Dust.	Deneysel
48	Estimation Of Gypsum Hemihydrate Content In Recycled Gypsums Derived From Gypsum Boards	2016	Makale	Üç	Density, Gypsum Dihydrate, Gypsum Hemihydrate, Thermal Behavior	Deneysel

Tablo B1.1: Devam.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
49	Product-Specific Life Cycle Assessment Of Recycled Gypsum As A Replacement For Natural Gypsum In Ordinary Portland Cement: Application To The Spanish Context	2016	Makale	Üç	Waste, Ordinary Portland Cement, Recycling, Gypsum , Impact, Construction	Örnek Çalışma
50	Grindability, Grading And Wettability Of Recycled Plaster	2016	Makale	Beş	Recycled Plaster , Grindability, Grading, Wettability.	Deneysel
51	Drywall (Gyproc Plasterboard) Recycling And Reuse As A Compost-Bulking Agent In Canada And North America: A Review	2016	Makale	İki	Drywall Recycling , Construction And Demolition Waste, Bulking Agent, Composting.	Literatür Taraması
52	Gypsum Plaster Waste Recycling: Analysis Of Calcination Time	2016	Makale	Dört	Gypsum Plaster Waste , Recycling , Calcination Time, Mechanical Properties, Workability.	Deneysel
53	Gypsum Plaster Waste Recycling: A Potential Environmental And Industrial Solution	2017	Makale	Yedi	Plaster Of Paris, Gypsum Plaster Waste , Gypsum Plaster Recycling, Recyclability, Building Materials, Sustainability	Deneysel
54	Cleanliness Of Mixed Fired Clay Bricks Coming From Construction And Demolition Waste	2017	Makale	Altı	Fired Clay Bricks, Gypsum , Demolition Waste, Leaching Tests, Electrical Conductivity	Deneysel
55	Energy Analysis Of The Effects Of High-Level Reincorporation Of Post-Consumer Recycled Gypsum In Plasterboard Manufacturing	2017	Makale	Üç	Recycled Gypsum , Plasterboard Manufacturing Process, Thermal Energy, Electrical Energy	Örnek Çalışma
56	Physical And Mechanical Properties Of Recycled Gypsum And Potential Application For Precast Panels	2017	Makale	Dört	Gypsum Panels, Mixed Pastes, Sustainability, Gypsum Pastes.	Deneysel
57	Perspective Of Environmental Sustainability With Waste Recycling Plaster In Construction	2017	Bildiri	Üç	Gypsum Waste , Gypsum Plaster, Recycled Gypsum , Workability, Mechanical Properties, Retarder Additives	Deneysel
58	Pressured Recycled Gypsum Plaster And Wastes: Characteristics Of Eco-Friendly Building Components	2018	Makale	Beş	Gypsum Plaster, Recycled Gypsum Plaster , Gypsum Plaster Waste , Composite, Red Ceramic Waste, Porcelain Waste, Sustainability	Deneysel
59	Effect Of Cyclic Loading On The Compressive Strength Of Soil Stabilized With Bassanite–Tire Mixture	2018	Makale	İki	Recycled Bassanite, Gypsum Waste , Scrap Tire, Strength, Dynamic Cyclic, Fatigue	Deneysel
60	Hardening Performance Of Reclaimed Gypsums For Stabilizing Agent To Improve Soft Clayey Ground	2018	Makale	İki	Reclaimed Gypsum , Soil Stabilization, Stabilizing Agent, Needle Penetration, Field Execution Test	Deneysel
61	Theoretical Study On The Production Of Environment-Friendly Recycled Cement Using Inorganic Construction Wastes As Secondary Materials In South Korea	2018	Makale	Üç	Recycled Cement , Inorganic Waste , Construction Waste, Secondary Materials	Deneysel
62	Study On Hydration And Mechanical Property Of Portland Cement-Blended Recycled Plaster Materials	2018	Makale	Altı	Belirtilmemiş	Deneysel

Tablo B1.1: Devam.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
63	Stabilization Of Bentonite And Kaolinite Clays Using Recycled Gypsum And Liquid Sodium Silicate	2018	Tez	Bir	Belirtilmemiş	Deneyssel
64	Comparative Study Of Stabilization Of Soil Using Fly Ash, Silica Fumes And Waste Plaster Of Paris	2018	Makale	Altı	Stabilization, Black Cotton Soil, Fly Ash, Silica, Waste Plaster Of Paris, Liquid Limit, Plastic Limit, Dry Density And Moisture Content.	Deneyssel
65	Properties Of Recycled Gypsum From Gypsum Plasterboards And Commercial Gypsum Throughout Recycling Cycles	2018	Makale	Altı	Plaster , Microstructure, Recycling, Construction Waste, Cycles	Deneyssel
66	Research On Degradation Mechanisms Of Recycled Building Gypsum	2018	Makale	Altı	Recycled Gypsum , Powder Physical Properties, Water Requirement, Mechanical Strength, Pore Structure Characteristic, Microstructure	Deneyssel
67	Utilization Of Gypsum From Construction And Demolition Waste In Portland Cement Mortar	2019	Makale	Dört	Construction And Demolition Waste , Gypsum , Mortar, Portland Cement.	Deneyssel
68	Recycled Gypsum Board Acted As A Mineral Swelling Agent For Improving Thermal Conductivity Characteristics In Manufacturing Of Green Lightweight Building Brick	2019	Makale	Üç	Sintering, Gypsum Board , Drinking Water Purification Sludge, Construction And Demolition Waste , Lightweight Building Brick	Deneyssel
69	Comparison Of Physical And Mechanical Properties Of Civil Construction T Plaster And Recycled Waste Gypsum From São Paulo, Brazil	2019	Makale	Üç	Plaster, Recycled Plaster X-Ray Powder Diffraction, Physical Properties, Mechanical Properties	Deneyssel
70	Drywall Waste Blocks: A Novel Masonry Material Utilizing Recycled Construction & Demolition Waste	2019	Bildiri	Dört	Construction & Demolition Waste, Drywall Recycling, Drywall Waste Blocks, New Technologies & Materials, Blast Furnace Slag, Insulative Masonry Systems.	Deneyssel
71	Application Of Recycled Gypsum Wallboards In Cement Mortar	2019	Bildiri	İki	Belirtilmemiş	Deneyssel
72	Stabilization Of Black Cotton Soil By Using Waste Gypsum	2019	Makale	Altı	California Bearing Ratio (Cbr), Waste Gypsum (Wg), Unconfined Compressive Strength (Ucs).	Deneyssel
73	Study On Hydration And Mechanical Property Of Quicklime Blended Recycled Plaster Materials	2019	Makale	Altı	Recycled Plaster , Quicklime, Hydration, Mechanical Property	Deneyssel
74	Techno-Economic Impact Assessment Of Recycled Gypsum Usage In Plasterboard Manufacturing	2019	Makale	Üç	Recycled Gypsum , Plaster Board Manufacturing Process, Techno-Economic Impact, Plasterboard Manufacturing Costs	Örnek Çalışma
75	Influence Of The Heating Process On The Use Of Gypsum Wastes In Plasters: Mechanical, Thermal And Environmental Analysis	2019	Makale	Dört	Gypsum Waste , Mechanical And Thermal Performance, Plasters, Heating Process, Environmental Analysis	Deneyssel
76	Mineralogical Study Of High SO ₃ Clinker Produced Using Waste Gypsum Board In A Cement Kiln	2019	Makale	Dört	Cement Clinker, Cement Manufacture, Waste Gypsum , So ₃ , Anhydrite Xrd/Rietveld, Mineral Composition	Deneyssel

Tablo B1.1: Devam.

No	Yayın Adı	Yayın Yılı	Yayın Türü	Yazar Sayısı	Anahtar Kelimeler	Kullanılan Yöntem
77	Optimisation Of Secondary Waste Gypsum For Mechanical Stability In Road (Base) And Foundation	2019	Bildiri	Üç	Gypsum , Reclaimed Asphalt Filler, Quarry Waste Duct, Ggbs, Hydraulically Bound Mixtures, Pavement	Deneyssel
78	Early Production Of High Strength And Improved Water Resistance Gypsum Mortars From Used Plaster Mould And Cullet Waste	2020	Makale	Dört	Belirtilmemiş	Deneyssel
79	Engineering And Environmental Benefits Of Using Construction Wastes In Ground Improvement Works	2020	Bildiri	İki	Belirtilmemiş	Deneyssel
80	Recycled Gypsum Powder From Waste Drywalls Combined With Fly Ash For Partial Cement Replacement In Concrete	2020	Makale	İki	Concrete, Drywall Gypsum , Fly Ash, Cement, Recycling	Deneyssel
81	Gypsum Powder Recycled From Waste Drywalls As A Partial Cement Replacement In Concrete	2020	Tez	Bir	Belirtilmemiş	Deneyssel
82	Influence Of Waste Gypsum On The Microstructural Characteristics And Strength Behavior Of Unfired Mud Block	2020	Makale	Üç	Compressive Strength, Waste Gypsum , Sem, Edax, Stability	Deneyssel
83	Uses Of Gypsum In Spanish Architectural Heritage: Typologies And Some Unique Construction Techniques	2020	İspanya	İki	Construction Techniques, Gypsum , Spanish Architectural Heritage, Structural Function, Traditional Plaster, Typologies	Örnek Çalışma
84	Mechanism Of Degradation Of The Properties Of Recycled Plaster Mixed Aluminate Cement	2020	Makale	Altı	Belirtilmemiş	Deneyssel
85	Yapım Şantiyesinde Alçı Levha Kullanımı ve Oluşan Atıkların Geri Dönüşüm Potansiyelinin Araştırılması	2020	Tez	Bir	Alçı, Alçı Levha, Atık, Geri Dönüşüm, Yapım Şantiyesi.	Çoklu Metiot
86	Influence Of Gypsum Wastes On The Workability Of Plasters: Heating Process And Microstructural Analysis	2020a	Makale	Beş	Gypsum Waste , Workability, Plasters, Heating Process, Microstructural Analysis	Deneyssel
87	Use Of Polycarbonate Waste As Aggregate In Recycled Gypsum Plasters	2020b	Makale	Dört	Recycled Gypsum , Gypsum Plaster, Plastic Waste, Mechanical Properties, Sem	Deneyssel
88	Possible Use Of Gypsum Waste From Ceramics Industry As Semi-Reinforcing Filler In Epoxidized Natural Rubber Composites	2020	Makale	Altı	Rubber, Gypsum Waste , Waste Management, Filler, Mechanical Properties	Deneyssel
89	The Effect Of Quarry Waste Dust And Reclaimed Asphalt Filler In Hydraulically Bound Mixtures Containing Plasterboard Gypsum And GGBS	2021	Makale	Üç	Gypsum, Reclaimed Asphalt Filler, Quarry Waste Dust, Ggbs, Hydraulically Bound Mixtures, Pavement	Deneyssel
90	Testing The Nexus Between C&D Waste Management Strategies & GHG Emission Performances: The Case Of UK Student Accommodation Refurbishment Projects	2021	Makale	Dört	Refurbishment, Waste Management, Student Accommodation, Greenhouse Gas, Sustainability Management	Örnek Çalışma

Tablo B1.2: Deneysel içerikli yayınlarda kabul edilen değerler.

Numune Türü	Uygulanan Standart	Elek/Partikül Boyutu(mm)	Sıcaklık(°C)						Yayın
			Bilinmeyen	200	170	160	130-160	110	
Dikdörtgen Prizma	Bilinmeyen								Lokuliyana ve ark. (1988)
	Silindir								Burger (1993)
	Küp								Wolkowski (2000)
	Prizma								Carr ve Mun (2001)
	Kare Prizma								Song ve Yotsumoto (2001)
	Dikdörtgen Prizma								Kojima ve Yasue (2006)
	Silindir								Karami ve ark. (2007)
	Bilinmeyen								WRAP (2007)
Küp	Bilinmeyen								Chun ve ark. (2008)
	Silindir								Rahman ve ark. (2008)
	Prizma								WRAP (2008a)
	Dikdörtgen Prizma								Chandara ve ark. (2009)
	Kare Prizma								Escalante-Garcia ve ark. (2009)
	Silindir								Ganjan ve ark. (2009)
	Dikdörtgen Prizma								Abidoye ve Bella (2010)
	Bilinmeyen								Naik ve ark. (2010)
Silindir	Bilinmeyen								Ahmed ve ark. (2011b)
	Silindir								Ngamsurat ve ark. (2011)
	Küp								Godinho Castro ve ark. (2012)
	Prizma								
	Dikdörtgen Prizma								
	Kare Prizma								
	Silindir								
	Bilinmeyen								

Tablo B1.2: Devam.

	Sıcaklık(°C)	Elek/Partikül Boyutu(mm)	Uygulanan Standart	Nümunne Türü	Araştırmacılar ve Yılı
	0	0,036-0,044	ABNT	Dikkörtgen	Carson ve ark. (2012)
	130		ASTM	Prizma	Ahmed (2013)
	130-160		ACI	Kare Prizma	Besnard (2013)
	150	>0,3	BS	Küp	Kamei ve ark. (2013)
	150-200	4,75	BRE	Silindir	Rahman ve Ghataora (2013)
	140-160	<5	EN	Saksı	Jikan ve ark. (2013)
	250	16	ISO	Bilinmeyen	Camarini ve ark. (2014)
	Bilinmeyen	<50	IS		Thenmuhil ve ark. (2014)
		Bilinmeyen	JIS		Ahmed (2015)
			UNE EN		Ahmed ve ark. (2015)
			US EPA		Raghavendra ve Udayasankhar (2015)
			Bilinmeyen		Ragab (2015)
					Ganjian ve ark. (2015)
					Kamei ve ark. (2015)
					Ferreira ve ark. (2015)
					Kuttah ve ark. (2015)
					Pinheiro ve Camarini (2015)
					Camarini ve ark. (2016)
					Medina ve ark. (2016)

Tablo B1.2: Devam.

		Raghavendra ve ark. (2016)	İnazumi ve ark. (2016)	Li ve ark. (2016)	Rosetto ve ark. (2016)	Geraldo ve ark. (2017)	Cilli ve ark. (2017)	Savi ve ark. (2017)	Vieira ve ark. (2017)	Geraldo ve ark. (2018)	Ahmed ve Naggat (2018)	Kotake ve Sano (2018)	Kim ve ark. (2018)	Li ve ark. (2018)	Sagnak (2018)	Sugate ve ark. (2018)	Erbs ve ark. (2018)	Zhu ve ark. (2018)	Antunes ve ark. (2019)	Chiang ve ark. (2019)
Sıcaklık(°C)	45			●																
	110		●																	
	130-160																			
	150(± 5)				●	●				●										
	160(± 4)																	●		
	170							●												
	180			●										●			●			
	Bilinmeyen	●					●		●			●	●		●	●			●	●
Elek/Partikül Boyutu(mm)	0,09																			
	0,12																			
	0,125						●													
	<0,297				●	●				●										
	0,425																			
	<1							●												
	<2											●								
	<2,5		●																	
	4,75	●																		
	<20																	●		
	Bilinmeyen			●					●	●				●	●		●		●	
Uygulanan Standart	ABNT				●	●		●	●	●							●		●	
	ASTM	●								●	●				●					●
	CEN																			●
	GB/T			●										●				●		
	IS	●														●				
	JIS		●									●								
	KS												●							
	NF						●													
	UNE EN						●													
	Bilinmeyen																			
Numune Türü	Dikdörtgen																			
	Prizma			●						●										
	Kare Prizma					●		●		●							●	●	●	●
	Küp				●	●			●	●			●	●			●			
	Silindir	●	●				●				●	●		●	●			●		
	Bilinmeyen						●						●	●						

Tablo B1.2: Devam.

		Cordon ve ark. (2019)	Drake ve ark. (2019)	Hansen ve Sadeghian (2019)	Jadhao ve ark. (2019)	Li ve ark. (2019)	Pedreno-Rojas ve ark. (2019)	Yamashita ve ark. (2019)	Kamara ve ark. (2019)	Buggakupta ve ark. (2020)	Dobrescu ve Calarasu (2020)	Hansen ve Sadeghian (2020)	Hansen (2020)	Iqbal ve ark. (2020)	Li ve ark. (2020)	Pedreno-Rojas ve ark. (2020a)	Pedreno-Rojas ve ark. (2020b)	Roy ve ark. (2020)	Kamara ve ark. (2021)
Sıcaklık(°C)	0						●									●	●		
	45									●									
	50																	●	
	140									●									
	160	●																	
	180					●									●				
	Bilinmeyen		●	●	●			●	●	●	●	●	●	●					●
Elek/Partikül Boyutu(mm)	0,025-0,063									●									
	0,063									●									
	0,15																	●	
	0,227													●					
	0,6																		●
	<1	●														●	●		
	1,2			●								●	●						
	<3,175		●					●											
	5				●	●	●		●						●				
	Bilinmeyen	●			●	●	●		●						●				
Uygulanan Standart	ABNT	●																	
	ASTM		●	●			●			●	●	●	●					●	●
	ACI								●	●		●		●					●
	BS								●	●				●					●
	CEN																		●
	GB/T					●									●				
	IS				●			●		●									
	JIS							●											
	JCAS							●											
	UNE EN						●									●	●		
	Bilinmeyen									●									
Numune Türü	Dikdörtgen Prizma		●			●								●					
	Kare Prizma		●			●	●								●		●		
	Kesik Koni					●										●			
	Koni					●													
	Küp	●		●					●	●			●						●
	Silindir		●			●					●	●	●						
	Yuvarlak						●										●		
	Bilinmeyen				●			●										●	