



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

MERMER TOZU KATKILI PUR KOMPOZİT
MALZEMENİN ISI VE SES YALITIM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Yusuf EKİNCİ

BURDUR, 2019

**T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MALZEME TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERMER TOZU KATKILI PUR KOMPOZİT
MALZEMENİN ISI VE SES YALITIM
ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Yusuf EKİNCİ

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İ.İskender SOYASLAN

BURDUR, 2019

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Yusuf EKİNCİ tarafından Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN yönetiminde hazırlanan “Mermer Tozu Katkılı PUR Kompozit Malzemenin Isı ve Ses Yalıtım Özelliklerinin İncelenmesi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2019

Dr. Öğr. Üyesi İ. İskender SOYASLAN (Başkan)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.....

(İmza)

Dr. Öğr. Üyesi Devrim SOYASLAN (Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi

(İmza)

Dr. Öğr. Üyesi Cenk ÖCAL (Jüri Üyesi)

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi.....

(İmza)

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile Kabul Edilmiştir.

(İmza)

Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Mermer Tozu Katkılı PUR Kompozit Malzemenin Isı ve Ses Yalıtım Özelliklerinin İncelenmesi**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.


16/04/2019
(İmza)

Yusuf EKİNCİ

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi İ.İskender SOYASLAN'a teşekkürlerimi sunarım. Deneylerimi yapmam için laboratuvarlarını bana açan ve araştırmalarımnda hiçbir yardımı esirgemeyen Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Murat KORU'ya teşekkür ederim. Araştırmalarım sırasında yardımlarını gördüğüm Osman EKİNCİ ve Ali EKİNCİ'ye teşekkür ederim.

0517-YL-18 No`lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen anneme, babama ve Eşim Merve EKİNCİ'ye sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Ocak, 2019

Yusuf EKİNCİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Mermer Tanımı	3
2.2. Türkiye Mermer Potansiyeli	4
2.3. Burdur Yöresindeki Mermerlerin Mineralojik Özellikleri	5
2.4. Burdur Yöresi Mermer Sektörü	5
2.5. Mermer Oluşum Yerlerine Göre Mermer Artık Çeşitleri.....	8
2.5.1. Ocaklarda Oluşan Artıklar	8
2.5.2. Fabrikada Oluşan Artıklar.....	9
2.5.3. Molozlar	10
2.5.4. Kapaklar	10
2.5.5. Paledyenler.....	11
2.5.6. Tozlar	11
2.5. Mermer Artıklarının Değerlendirme Alanları.....	12
2.5.1. Kağıt Endüstrisi.....	12
2.5.2. Seramik Endüstrisi	12
2.5.3. Sır Sırça Endüstrisi.....	13
2.5.4. Yapı Malzemesi Üretimi	13
2.5.5. Çimento Endüstrisi.....	13
2.5.6. Boya Endüstrisi	13
2.5.7. Plastik Endüstrisi.....	13
2.5.8. Cam Endüstrisi	14
2.5.9. Yem Endüstrisi.....	14
2.5.10. Metalürji ve Çelik Üretimi	14
2.5.11. Kireç ve Dolomitik Kireç Üretimi	15
2.5.12. Soda Üretimi	15
2.5.13. Refrakter Tuğla Üretimi	15
2.5.14. Tarım Sektörü.....	15
2.5.15. Diğer Kullanım Alanları	15
2.6. Kompozit Malzemeler	15
2.6.1. Kompozit Malzemelerin Özellikleri	16
2.6.2. Kompozit Malzeme Bileşenleri ve İşlemleri.....	16
2.6.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması.....	18
2.6.4. Kompozit Malzemenin Sağladığı Yararlar	18
2.6.5. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları	20
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1.Materyal	22
3.1.1. Poliüretan	22

3.1.2. Mermer Tozu.....	23
3.1.3. Kalıplar.....	24
3.1.4. Kalıp Ayırıcı.....	25
3.1.5. Metil Etil Keton Peroksit (MEK-P)	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Elek Analizi.....	28
3.2.2. Malzemelerin Hazırlanması	30
3.2.3. Birim Hacim Ağırlık	34
3.2.4. Ses Yutum Katsayısı	35
3.2.5. Ses İletim Kaybı Katsayısı	38
3.2.6. Isıl İletkenlik Katsayısı	40
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	42
4.1. Birim Hacim Ağırlık.....	42
4.2. Ses Yutum Katsayısı.....	42
4.3. Ses İletim Kaybı Katsayısı.....	44
4.4. Isıl İletkenlik Katsayısı	45
5. SONUÇ.....	47
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Bademli köyü (Burdur) mermer ocağında oluşan artıklar	9
Şekil 2.2. Fabrika alanında depolanan mermer parça ve toz artığı	10
Şekil 2.3. Sayalama işleminden sonra oluşan kapak artıkları	10
Şekil 2.4. Mermerin fabrikadaki kesiminden sonra oluşan paledyen artık	11
Şekil 2.5. Mermer fabrikası arıtma tesisi çevresinde biriken toz artıklar.....	12
Şekil.3.1. Kullanılan poliüretan.....	23
Şekil 3.2. Mermer tozunun fabrikadan alınma işlemi	24
Şekil 3.3. Kompozit malzeme kalıpların ölçüleri	25
Şekil 3.4. Kompozit malzeme yapımında kullanılan kalıplar	25
Şekil 3.5. Kalıp ayırma işleminde birinci aşama kalıp ayırıcı Polivaks N.....	26
Şekil 3.6. Kalıp ayırma işleminde ikinci aşama kalıp ayırıcı Polivaks EKO PVA.....	26
Şekil 3.7. Metil etil keton peroksit (MEK-P)	27
Şekil 3.8. Etüvde 200°C’de kurutulmuş mermer tozu.....	28
Şekil 3.9. Elek sarsma makinesi.....	29
Şekil 3.10. Elek analiz sonucunda 300-355 µ tane boyutunda mermer tozu	29
Şekil 3.11. Karışımın tartılarak hazırlanması.....	32
Şekil 3.12. Hazırlanan malzemenin kalıplara dökülmesi	32
Şekil 3.13. Döküm işleminden sonra kürlenme için bekletilen kalıplar	33
Şekil 3.14. Kalıplardan çıkartılan kompozit numuneler	33
Şekil 3.15. Hazırlanan numunelere deneylerden önce numara verilmesi	34
Şekil 3.16. Malzemelerde bulunan boşluk türleri	35
Şekil 3.17. Yansıyan ses ve yutulan ses çizimi.....	36
Şekil 3.18. Ses yutum katsayısı ölçüm tüpü.....	37
Şekil 3.19. İçyapı elemanlarının kesiti	37
Şekil 3.20. Ses yutum katsayısı ölçüm cihazına malzemelerin yerleştirilmesi.....	38
Şekil 3.21. Ses iletim kaybı katsayısı ölçüm tüpü kesiti	39
Şekil 3.22. Ses iletim kaybı örneği.....	40
Şekil 3.23. Lasercomp Fox50 ısıl iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı	41
Şekil 4.1. Kompozit numunelerin düşük frekans (50-1600 Hz) aralığındaki ses yutum katsayıları grafiği.....	43

Şekil 4.2. Kompozit numunelerin yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığındaki ses yutum katsayıları grafiği.....	43
Şekil 4.3. Kompozit numunelerin düşük frekans (50-1600 Hz) aralığındaki ses iletim kaybı katsayıları grafiği.....	44
Şekil 4.4. Kompozit numunelerin yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığındaki ses iletim kaybı katsayıları grafiği.....	45
Şekil 4.5. Kompozit numunelerin ısıl iletkenlik katsayısı grafiği.....	46



ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. İllere göre firmaların ihracat performansı	6
Tablo 2.2. Burdur ilindeki firmaların sektör ihracat performansı.....	7
Tablo 3.1. Kullanılan poliüretanın fiziksel özellikleri	22
Tablo 3.2. Kullanılan mermer tozunun fiziksel özellikleri	23
Tablo 3.3. Kullanılan elek setinin göz açıklıkları	28
Tablo 3.4. Hacimce % 10 mermer tozu-%90 PUR karışım miktarları	30
Tablo 3.5. Hacimce % 15 mermer tozu-%85 PUR karışım miktarları	30
Tablo 3.6. Hacimce % 20 mermer tozu-%80 PUR karışım miktarları	31
Tablo 3.7. Hacimce % 25 mermer tozu-%75 PUR karışım miktarları	31
Tablo 3.8. Hacimce % 30 mermer tozu-%70 PUR karışım miktarları	31
Tablo 3.9. Numunelere verilen numaralar tablosu.....	34
Tablo 3.10. Malzemelerin farklı frekans değerlerinde, ses yutum katsayıları.....	36
Tablo 3.11. Bazı malzemelerin ses iletim kaybı değerleri.....	39
Tablo 3.12. Bazı maddelerin ısı iletkenlik katsayısı	40
Tablo 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlıkları.....	42
Tablo 4.2. Kompozit numunelerin ısı iletkenlik ölçüm değerleri.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BAKA	: Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
FBE	: Fen Bilimleri Enstitüsü
MAKÜ	: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
PUR	: Poliüretan
TİM	: Türkiye İhracatçılar Meclisi
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
μ	: Mikron

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mermer Tozu Katkılı PUR Kompozit Malzemenin Isı ve Ses Yalıtım Özelliklerinin İncelenmesi

Yusuf Ekinci

**Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Malzeme Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi İ.İskender SOYASLAN

Ocak, 2019

Teknolojik gelişmelerle birlikte mermer kullanımı ve mermer işletmeciliği madencilik sektörünün en önemli alanlarından birisi haline gelmiştir. Mermer üretimi yapan sanayi işletmelerinin başlıca sorunlarından birisi mermerin kesimi sırasında ortaya çıkan toz artıklardır. Ortaya çıkan bu artıklarının değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Burdur bölgesinde mermer üretimi yapan mermer işletmesine ait toz artıkların, poliüretan ile karıştırılarak, ısı ve ses yalıtım değerlerinin incelenmesi ve yapı malzemesi olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Çalışmada farklı hacimsel oranlarda mermer tozu ve poliüretan karışımlarının, ses yutum katsayıları, ses iletim kaybı katsayıları ve ısı iletkenlik değerleri deneyler yapılarak karşılaştırılmıştır. Deney sonuçlarında mermer tozunun karışımdaki hacimsel artışıyla, ses yutum katsayısı ve ses iletim kaybı katsayısı değerlerinde artış meydana gelmiştir, bunun yanı sıra ısı iletkenlik katsayısı değerlerinde azalma olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: mermer tozu, mermer artık, kompozit malzeme, poliüretan, burdur bej mermer

Hazırlanan bu Yüksek Lisans tezi Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 0517-YL-18 proje numarası ile desteklenmiştir.

SUMMARY

M. Sc. Thesis

Investigation of heat and sound insulation properties of PUR composite material with marble powder additive

Yusuf EKİNCİ

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Institute of Science and Technology
Engineering in Material Technologies**

Supervisor: Asst. Prof. İ. İskender SOYASLAN

January, 2019

With the technological developments, the use and production of marble has become one of the most important areas of the mining sector. One of the main problems of the industrial enterprises engaged in marble production is the dust that arises during the cutting of the marble. Evaluation of these wastes is important. The aim of this study is to investigate the heat and sound insulation values of the marble powder belong to marble producer in Burdur region with mixing with the polyurethane and provide usability as a building material. In this study, sound absorption coefficients, sound conduction loss coefficients, and thermal conductivity values of the mixtures of marble powder and polyurethane in different volumetric ratios were compared. In the experiment results, with the increase marble powder volumetrical in mix, sound absorption coefficient and the sound transmission loss coefficient increased but values in thermal conductivity coefficient decreased.

Keywords: marble powder, marble waste, composite material, polyurethane, burdur beige marble

The present M.Sc. Thesis was supported by Burdur Mehmet Akif Ersoy University Scientific Research Project Unit Under the Project number of 0517-YL-18.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimiyle birlikte mermer üretimi, madencilik sektörünün en önemli alanlarından biri olmuştur. Son yıllarda mermer kullanımı giderek artmaktadır. Buna bağlı olarak mermer işletmeciliği de yaygınlaşmaktadır. Mermer işletmeciliği ve ihracatı ülkeler açısından, önemli bir milli gelir kaynağı haline gelmiştir. Yüzyıllardan beri insan yaşamında barınma ve savunma amaçlı kale yapımında ve tapınak yapımında kullanılmasının yanı sıra, binaların iç ve dış kaplamalarında, taban döşemelerinde, merdiven basamaklarında, mutfak ve banyolarda, taşıyıcı sütunlarda, kullanılmıştır. Farklı alanlar olarak, iç dekorasyonlarda masa, sehpa, biblo, avize gibi heykel yapımında, süs eşyalarında önemli miktarlarda kullanılmaktadır. Mermerler, estetik görünüşlerinin yanı sıra dayanıklı oluşları, atmosferik koşullara uygun oluşu nedeniyle, genellikle alışveriş merkezlerinde, metro istasyonlarında, havaalanlarında, otobüs terminallerinde, gökdelen ve ticaret merkezlerinde yaygınca kullanılır. Mermer işletmeciliği, uzmanlık gerektiren ve zor koşullarda yapılan sektörler arasındadır. Mermer üreticilerinin en önemli sorunlarından birisi mermerlerin işlenmesi sırasında açığa çıkan artıklarıdır.

Mermer ocağında ve mermer fabrikasında, işleme sırasında oluşan mermer artığı, büyük hacimlere ulaşmaktadır. Mermer işletmeciliği devam ettiği sürece artıkların çoğalması da kaçınılmazdır. Birçok alanda sıkça kullanılan mermer, önemli miktarda katı artık çıkaran ve değerlendirilmesi gereken bir endüstri kolu haline gelmiştir. Mermerin işlenmesi sırasında genellikle dört farklı tür artık oluşmaktadır. Bunlardan ikisi mermer ocaklarında oluşmaktadır. Ocaklarda oluşan artıklardan ilki, ana kayaktan blok mermerin ayrılması sırasında çıkan her türlü boyutta ve ağırlıkta olabilen moloz ya da pasa adı verilen artıklardır. Ocaklarda oluşan diğer artık türü ise çıkartılan blokların, üst veya yan tarafından kesilerek daha düzgün şekle getirilmesi sırasında oluşan artıklardır. Bu artıklara kapak adı verilmektedir. Diğer iki artık türü ise mermer fabrikalarında ortaya çıkmaktadır. Bu artıklar mermerin kesilmesi, boyutlandırılması sırasında oluşan kırık mermer parçaları (paledyen) ve toz boyutlarındaki artıklardır. Üretim esnasında oluşan paledyen artıklar kısmen kaldırım ve duvar kaplamalarında dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Büyük işletmelerde bu artıklar kırıcı makinelerde daha küçük boyutlara getirilerek, yol yapım inşaatlarında kullanılmak üzere mıcır ve dolgu malzemesi şeklinde satılmaktadır. Herhangi bir alanda değerlendirilmeyen paledyenler ise fabrika alanlarında rahatsız edici görüntü kirliliği şeklinde büyük yığınlara neden olmaktadır.

Fabrikalarda oluşan diğer artık t¼r¼ toz artıklardır. Mermerlerin makinelerde kesimi sırasında oluşurlar. Toz artıklar, su ile karışarak kanallar aracılığıyla arıtma tesisine g¼nderilir. Suyun arıtılarak yeniden kullanılması için, arıtma tesisinde su ve mermer tozu ayrıştırılır.

Mermer işletmelerinde b¼y¼k hacimlerde oluşan toz artığın depolanabilmesi için geniş arazi ve alanlara olan ihtiyaç, işletmeler için y¼ksek maliyetlere neden olmaktadır. Mikron (μ) boyutlarındaki mermer tozları, toprağın hava almasını engellemekte ve tarım arazilerini verimsizleştirmektedir. Artıkların farklı alanlarda kullanılması hem işletmeler hem de ¼lke ekonomisi açısından ¼nemlidir (Yıldız, 2008).

Burdur b¼lgesinin jeolojik yapısından dolayı mermer yatakları geniş alanlara yayılmıştır. Mermer işletmeciliğine, her geçen yıl artan oranlarla b¼y¼k yatırımlar yapılmaktadır. Yatırımların hızlı artışı, mermer artıklarının da artmasına sebep olmaktadır. Artıkların değerlendirilmesinin, ekonomiye katkının yanı sıra çevresel sorunların ¼nlenmesi açısından b¼y¼k yararı olacaktır. Işletmelerde yığınlar halinde g¼r¼nen artıkların değerlendirilmesi, g¼r¼nt¼ kirliliğini azaltacak, depolanması konusunda geniş sahalarda kullanılmayacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Mermer Tanımı

Bilimsel anlamda mermer; kalker ve dolomitik kalkerlerin sıcaklık ve basınç altında başkalaşıma uğrayarak yeniden kristalleşmesi ile oluşan bir metamorfik kayadır. Kimyasal bileşiminde büyük oranda kalsiyum karbonat (CaCO_3), magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit (SiO_2) ve değişik metal oksitleri, silikat mineralleri bulunur. Mermer, saf kalsiyum karbonat bileşiminde ise beyaz ve yarı saydamdır. Mermerin sertliği mohs sertlik skalasına göre 3 ve yoğunluğu $2.5 - 3.5 \text{ gr/cm}^3$ arasında değişir. Ticari anlamda mermer ise blok verebilen kesilip cilalandığında parlayabilen dayanıklı ve estetik görünümlü her türden doğal taşların tamamı için kullanılan bir terimdir. Türk maden kanununda mermer kesilip parlatılarak kullanılabilen mermer, oniks mermer ve diğer taşlar şeklinde tanımlanmıştır. Görüldüğü üzere maden kanunundaki mermer tanımıyla ticari anlamda mermer tanımı neredeyse aynıdır. Taşın cinsi ne olursa olsun kesilip parlatılabiliyorsa mermer şeklinde tarif edilmektedir (Şentürk vd., 1996).

Türkiye’de mermerin tarihçesi oldukça eski zamanlara dayanmaktadır. Efes kazı çalışmalarında M.S. 2.yüzyılda doğal taş blok kesiminde kullanılan ilk lamalı katrik bulunmuştur. Selçuk (İzmir) yakınlarında antik ocaklarda tel kesme yönteminin ilk şekillerinin izleri görülmüştür. Bu bulgular Türkiye coğrafyasında 2000 yıldır doğal taş işleme teknolojisinin yani mermer kullanımının var olduğunu göstermektedir (Çetin, 2003).

Mermerler sıkı sıkıya bir kristal yapıya sahip olduğu için, çoğunlukla düşük gözenekliliğe sahiptirler. Gözeneklilik % 0.0002 ila 0.5 arasında değişmektedir. Mermerlerin kimyasal yapıları yerinden çıkmalarına karşın, su emmeye veya donmadan dolayı oluşan ayrışmaya karşı eğilimli değildirler. Mostra veren alanlar üstünde eriyebilirlik, kimyasal bileşim ve dokusu üzerindeki fonksiyonlar atmosferik şartlardaki özelliklere bağlıdır. Beyaz Carrara (İtalya) mermerleri tipik Akdeniz ikliminde yüzyıllarca bozulmadan kalabilmektedir. Ancak Amerika’nın kuzey bölgesinde mostra verenler 10 veya 20 sene gibi zamandan sonra korozyon gösterebilir (Kuşcu, 2001).

Mermeri oluşturan ağırlıklı mineral kalsittir. Minerallerin mikroskopla görüntülenmesinde kalsit kristallerinin yanında % 5 oranında karbonat harici maddeler veya ikincil maddeler tespit edilmiştir. Kuvars, mika, klorit, tremolit, vollastonit, diyopsit, ve hornblend mermerler içerisinde sıkça görülen silikatlardır. Kristal yapısı mozaik dokulu, romboedral dilinimli ve bol ikizlidir. Araştırmalarda kalsit kristallerinin boyutlarının 0.2 -

0.8 mm aralığında olduğu gözlemlenmiştir. Kristallerin ortalama ebatı 0.3 - 0.5 mm aralığındadır. Mermerlerde görülen kalsit dışı mineraller sebebiyle saflığını yitirmesi mermerlerin değerini azaltmaktan çok arttırmaktadır. Yani araya giren farklı kimyasallar ya da mineraller mermerlere farklı renkler katar ve genellikle dayanıklılığına olumlu yönde katkıda bulunurlar. Fazla sayıda olmasa da mermerlerde kalsit yerine dolomit etken mineral olabilmektedir. Böylelikle mermer birbiriyle aralanma gösteren kalsit ve dolomit tabakalarından veya bu iki mineralin farklı renkte, dokuda parlatmaya duyarlılıkları ve bozuşmaya dirençlerindeki farklılıklarından meydana gelmiştir (Kuşcu, 2001).

2.2. Türkiye Mermer Potansiyeli

Mermerler Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, Gürcistan, Türkiye, İran, Pakistan gibi ülkeler Alp - Himalaya hattı üzerinde oldukça yoğun bulunmaktadır. Jeolojik oluşumun neticesinde ise Türkiye’de farklı renk ve özellikte zengin mermer yataklarının bulunduğu bilinmektedir (DPT, 2001).

Türkiye’de mermer yatakları genelde Paleozoik yaşlı masiflerin olduğu bölgelerde görülmektedir. Bu bölgeler genelde ülkenin batı kısımlarında görülmekle birlikte doğu bölgelerinde de bulunmaktadır. Menderes masifi, İstiranca masifi, Menteşe masifi, Kazdağ masifi, Kırşehir masifi, İlgaz kristalin masifi ve Bitlis masifi en çok bilinenler arasındadır (Çetin, 2003).

Dünya mermer yataklarının yaklaşık %40’ı Türkiye’dedir. Özellikle 1985 yılından sonra Türkiye’de mermer üretimi artmaya başlamıştır. Her yıl artmaya devam etmektedir. Mermer üretiminde Türkiye dünya sıralamasında 6.sırada yer almaktadır. Üretimini neredeyse tamamı özel firmalar tarafından yapılmaktadır. Bu firmalarda 2.560 mermer ocağı, 1.500 fabrika 7.500 atölye mevcuttur. Bunun yanı sıra yaklaşık 250.000 kişi çalıştırılmaktadır. Üretilen mermerin yaklaşık %83’ü mermer ve %16’sı ise travertenden oluşmaktadır. Doğal taşlar 1,9 milyar dolarlık (6,5 milyon ton) ihracat ile 2015 yılının en çok ihraç edilen ürünüdür ve aynı yıl en fazla doğal taş ihracatı 727 milyon dolar ile Çin’e yapılmıştır (Korkmaz, 2016).

Türkiye’de pazarlama potansiyeli yüksek endüstriyel hammaddelerin başlarında olan mermer, ocaklardaki üretim kısmında ve işletmelerdeki işleme zorlukları düşünüldüğünde bu doğal malzemenin Türkiye’de en iyi koşullarda değerlendirilmesi ve kullanılması gereklidir. Mermer ve mermer üretiminde dikkat edilmesi gerekli hususlarla, doğal kaynağın yurtiçi pazarlamalarda ve yurt dışı ihracat hacmindeki payını olumlu yönde etkileyecektir.

Dolayısıyla, mermerin ocaklardan çıkarıldıktan sonra kullanılacağı yere kadar geçireceği aşamalar bilimsel olarak uygun şekilde analiz edilmelidir (Yüçetürk, 2010).

2.3. Burdur Yöresindeki Mermerlerin Mineralojik Özellikleri

Bilgin ve Özkahraman (2009)'a göre Burdur bölgesinde çok sayıda mermer ocakları dikkat çekmekte ve bu ocakların bulunduğu litolojiler, Likya Napları olarak bilinmektedir. Bölgenin yapısı nedeniyle masif kireçtaşlarından yaygın olup, bu litolojide yeni açılan mermer ocakları ülke ekonomisine büyük miktarlarda katkı sağlamaktadır. Bölgenin tektonik ve yapısal karakteristiklerinden dolayı fay hattından etkilenmesiyle blok verimi yüksek değildir. Dolayısıyla ocaklarda büyük miktarlarda mermer artıkları oluşturmaktadır. Burdur yöresi Güney Batı Anadolu da jeolojik açıdan Türkiye'nin komplike yapılarından biridir. Bundan dolayı jeolojik anlamda Burdur yöresindeki mermerler yüzyıllardan beri farklı bir öneme sahiptir. Bu kireçtaşlarından katmansız olanları, öteki ifadeyle masif yapılı kireçtaşlarından kapasiteli mermer üretimine imkân sağlamaktadır. Günümüzde ve ilerleyen yıllarda, gelişen teknolojiyle mermer ocağı sayısının artışıyla, mermer üretim miktarının artması beklenmektedir.

Mermer, Likya naplarını oluşturan karbonatlı kayaçlar ve Mesozoyik yaşlı diğer karbonat grubu yapıardan üretilen, blok denilen büyük hacimli kayaçlarla gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında işletmeye başlanılan ocakların çoğunluğu gerilme faylarını oluşturan horst ve graben bölgelerinde açılmasından dolayı, doğal taşlar tektonik olaylardan negatif yönde etkilenerek, meydana gelen kırık ve çatlaklar sebebiyle blok üretimi beklenen miktarlara ulaşamamıştır. Bu nedenle büyük miktarlarda pasa denilen artık mermer kütleleri oluşmaktadır (Bilgin ve Özkahraman,2009).

2.4. Burdur Yöresi Mermer Sektörü

Burdur, Türkiye'de bulunan mermer merkezleri arasındadır. Mermer rezervi bakımından zengindir. Burdur ilçelerinin neredeyse tümünde mermer bulunmaktadır. Burdur mermeri, dayanıklı ve sert olması nedeniyle talep gören ve aranan mermerlerdendir. Bölgede üretilen mermerlerin büyük oranı blok şeklinde ihraç edilmektedir (TMMOB, 2014).

Burdur'da faaliyet gösteren 100 adet mermer işleme fabrikası,70 adet mermer ocağı ve 7 adet mermer makinaları üreticisi bulunmaktadır. Burdur mermer sektöründe 4.250 kişi istihdam edilmektedir. İstihdamın %50'si ocaklarda diğer %50'si ise fabrikalarda çalışmaktadır. Üretilen ürünlerin %85'i ihraç edilmekte, %15'i iç piyasaya

pazarlanmaktadır. İhraç edilen ülkeler; Çin, Hindistan, ABD, Rusya, İsrail, Ürdün, Birleşik Arap Emirlikleri ve Suudi Arabistan'dır. Burdur'da 40 milyon ton mermer rezervi olduğu tahmin edilmektedir (BAKA, 2011).

Türkiye'de bulunan firmaların ihracat performansı göz önüne alındığında, Tim (2018)'den alınan illere göre ihracat yapan firmaların sektör bazında ihracat performansları Tablo 2.1'de verilmiştir. Burdur ilinin 2016 yılı verileriyle 2017 yılı verileri karşılaştırıldığında madencilik ihracatının %12,7 arttığı ve madencilik ürünleri payının %82,4 olduğu görülmektedir.

Tablo 2.1. İllere göre firmaların ihracat performansı (1000*\$) (Tim, 2018)

No	İller	Sektör	1 Ocak - 31 Aralık		Değişim (%)	Payı (%)
			2016	2017		
1	Denizli	Madencilik Ürünleri	201.153,55	229.335,99	14	7,5
		Toplam	2.764.036,31	3.067.302,60	10,9	
2	Antalya	Madencilik Ürünleri	222.939,32	270.173,85	21,2	22,6
		Toplam	985.067,06	1.195.711,18	21,4	
3	Muğla	Madencilik Ürünleri	41.122,03	50.307,58	22,3	11,7
		Toplam	386.598,00	429.280,85	11	
4	Afyon	Madencilik Ürünleri	170.646,13	185.432,03	8,7	59,2
		Toplam	291.727,04	313.441,57	7,4	
5	Isparta	Madencilik Ürünleri	58.802,69	69.978,60	19	26,4
		Toplam	230.392,80	265.512,61	15,2	
6	Burdur	Madencilik Ürünleri	137.210,74	154.649,76	12,7	82,4
		Toplam	170.763,64	187.678,27	9,9	

Burdur’da ihracat sektörünün 1 yıllık değişim oranlarının yüksek olmasının yanı sıra en fazla ihracat yapan sektörün madencilik olduğu görülmektedir (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. Burdur ilindeki firmaların sektör ihracat performansı (Tim, 2018)

No	Sektör	01 Ocak – 31 Aralık			
		2016 (1000 \$)	2017 (1000 \$)	Değişim (%)	Burdur Oran (%)
1	Madencilik Ürünleri	137.210,74	154.649,76	12,71	82,4
2	Savunma ve Havacılık Sanayii	15.678,41	13.382,52	-14,64	7,1
3	Çimento Cam Seramik ve Toprak Ürünleri	6.998,84	9.734,53	39,09	5,2
4	Makine ve Aksamları	3.412,15	3.017,90	-11,55	1,6
5	Mobilya, Kâğıt ve Orman Ürünleri	2.477,37	1.890,16	-23,70	1,0
6	Demir ve Demir Dışı Metaller	1.383,05	1.680,65	21,52	0,9
7	Hububat, Bakliyat, Yağlı Tohum ve Mamuller	689,17	1.435,58	108,30	0,8
8	Su Ürünleri ve Hayvansal Mamuller	1.126,85	854,74	-24,15	0,5
9	Çelik	256,08	249,57	-2,54	0,13
10	Süs Bitkileri ve Mamulleri	296,95	252,53	-14,96	0,13
11	Otomotiv Endüstrisi	252,70	124,83	-50,60	0,07
12	Kimyevi Maddeler ve Mamulleri	385,79	105,13	-72,75	0,06
13	İklimlendirme Sanayii	216,15	101,85	-52,88	0,06
14	Yaş Meyve ve Sebze	98,56	63,15	-35,92	0,03
15	Elektrik Elektronik ve Hizmet	114,71	49,01	-57,28	0,03
16	Hazır giyim ve Konfeksiyon	48,56	55,05	13,37	0,03
17	Tekstil ve Hammaddeleri	15,04	22,72	51,09%	0,01
18	Meyve Sebze Mamulleri	5,45	8,57	57,27%	0,01
19	Kuru Meyve ve Mamulleri	97,06	0,00	100,00%	0,00
BURDUR İLİ TOPLAM		170.763,64	187.678,27	9,91%	100
TÜRKİYE GENELİ TOPLAM		131.598.403,51	147.315.872,63	11,94	0,13

2.5. Mermer Oluşum Yerlerine Göre Mermer Artık Çeşitleri

2.5.1. Ocaklarda Oluşan Artıklar

Madencilik faaliyetleri doğada bulunan hammaddelerin uygun üretim metotlarıyla yeryüzüne çıkarılması ve bazı işlemlerden geçirilerek sanayi ürününe dönüştürülmesinden oluşmaktadır. İşlemlerin doğrudan doğal alanlarda yapılması nedeniyle de çeşitli etkiler meydana gelmektedir. Üretim yapıldığı doğal ortamlarda sıfır tahribatın olması mümkün değildir. Mermer ocaklarında var olan fay, çatlak, yarık vb. oluşumlar blok üretim zamanında blok çıkartılamamasına ve bu nedenle de irili ufaklı şekilsiz mermer yığınlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu artıklara genel olarak moloz adı verilmektedir. Ocakların jeolojik yapısına ve mineralojik yapısına uygun biçimde üretilmemesinden, ya da uygun üretim metodu uygulanmamasından meydana gelmektedir. Ocağın tektonik yapısına göre elde edilen iri hacimde ve şekilsiz ebatlardaki ürünlerin, altından, üstünden ve yanlarından kesimler yapılır. Bu kesimlerden sonra kalan artıklara kapak adı verilir. Moloz ve kapak artıklarına genel olarak pasa adı verilir. Ocaklardaki kapasitenin yaklaşık %50 gibi bir oranını meydana getiren pasaların tamamının değerlendirilmesi mümkün değildir. Mermer ocaklarının çevrelerinde büyük taş ve toprak yığını şeklinde kalmaktadır. Bu tür ocaklar, çevre koşullarına olumsuz etkiler ortaya çıkarmaktadır. Birçok ocak üretim işletmeleri görüntü kirliliğinin yanında bulunduğu çevrenin genel görünümünün olumsuz yönde etkilenmesine sebep olmaktadır (Lappa vd.,1997).

Açık ocak mermer işletmeciliği büyük ebatlarda blok üretebilmek için iş makineleriyle, kesme işleminden oluşur. İşletilen bölgelerin doğal çevre yapısı ve görüntüsü değişmektedir. Kesim işlemleri yapılırken uygulanan yöntemlerden dolayı çeşitli olumsuz etkilerin en aza indirilmesi, işletme yöntemlerinin önemli parametrelerinden biridir (TMMOB, 2014).

Mermer ocaklarında zamanla üretim alanının genişlemesi, üretim yönteminde yapılan değişiklikler pasa oluşumunu ve miktarını doğrudan etkilemektedir. Her işletme bazı estetik kayıpların yanı sıra çevrenin kendine özgü niteliklerinin de yok olmasına sebep olur. Burdur il sınırları içerisinde birçok mermer ocağı bulunmakla birlikte bu ocaklarda üretim sonucunda oluşan bir çok farklı boyutta mermer artıkları açığa çıkmaktadır. Ortaya çıkan artıklar ocak bölgesinde geniş alanlara yayılmıştır. Bu atıkların tamamının değerlendirilmesi mümkün olmamakta ve mermer ocak işletmelerinin etrafında bir taş yığını olarak bekletilmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Bademli köyü (Burdur) mermer ocağında oluşan artıklar

2.5.2. Fabrikada Oluşan Artıklar

Fabrikada işlenen mermer bloklarından, belirli ölçülerde plaka adı verilen dilimlere ayrılmış mermer tabakaları üretilir. Ortaya çıkartılan plakalar, kullanım amacına uygun olarak istenilen ölçülerde boyutlandırılmaktadır. Boyutlandırılan plakalar sonrasında ise parlatma ve cilalama işlemlerine tabi tutulur. Tüm bu işlemler sırasında mikron boyutlarında mermer tozu artıkları ile kesimden kalan ve şekilli olarak elde edilemeyen paledyen adı verilen her boyuttaki mermer parçaları oluşur. Üretim işlemleri sulu olarak yapıldığından, açığa çıkan toz artıklar, su ile birlikte taşınmakta ve genellikle havuz yöntemi uygulanarak toplanmaktadır. Kullanılan suyun geri kazanılması sonucunda artık tozlar belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Üretim aşamasında kalan şekilsiz mermer parçaları ve havuz yöntemi uygulandıktan sonra oluşan mermer tozu artık yığınları fabrika sahalarında depolanmaktadır (Şekil 2.2).

Mermer işleme sırasına kesim yapılabilmesi için su, soğutma ve tozun yayılmasını engellemek amacıyla kullanılmaktadır. Kesim işlemlerinden sonra oluşan ince boyutlu parçacıklar öncelikle ıslak şekilde depolanmakta ya da doğrudan fabrika çevresindeki alanlara bırakılarak çevre kirliliğine yol açmaktadır. Mermer talebinin karşılanması amacıyla, ülkemizde mermer fabrikaları ve atölyelerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Mermer fabrikalarının yoğun olduğu bölgelerdeki mermer artık alanları, çevre ve doğal güzelliğe zarar vermesi nedeniyle bölge insanların tepkisini çekmektedir (Şentürk vd., 1996).



Şekil 2.2. Fabrika alanında depolanan mermer parça ve toz artığı

2.5.3. Molozlar

Mermer ocaklarında hâkim olan süreksizlik düzlemlerinin (fay, kırık ve çatlak), blok üretimi ve kesim aşamalarında sebep olduğu her boyutta oluşan ve belirli bir şekli olmayan artıklar moloz olarak tanımlanmaktadır. Bu artıklardan küçük boyutlarda ve düşük ağırlıklarda olanları mozaik ve karo üretiminde değerlendirilmektedir (Çelik, 1996).

2.5.4. Kapaklar

Kapaklar ise mermer işleme tesislerinde mermer blokları kesilirken bloğun yan, üst ve alt kısmından çıkan atıklar ile monolama ve monotel üretiminden sonra meydana gelen artıklar olarak tanımlanabilir. Oluşan artığın bir yüzeyi düzlemsel olan büyük boyuttaki mermer parçalarıdır. Bununla beraber ocaklardaki, büyük blokların sayalanması aşamasında yan, üst ve alt yüzeylerde ortaya çıkan parçalarda kapak olarak adlandırılır (Bilensoy, 2010). Mermer ocaklarında, mermer bloklarının boyutlandırılması amacıyla yapılan sayalama kesiminden sonra da kapaklar oluşmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Sayalama işleminden sonra oluşan kapak artıkları

2.5.5. Paledyenler

Mermer fabrikalarında, ocaklardan temin edilen bloklar katrik ve S/T adı verilen makinelerle plakalar şeklinde boyutlandırılmaktadır. Kesilen plakalar, yan ve baş kesme makinelerinde en fazla ürün elde edilecek şekilde ebatlandırılır. Paledyenler, üretim aşamasında kesimden kalan ve şekilli olarak elde edilemeyen her boyuttaki mermer parçalarıdır (Çelik, 1996). Satışı çok kısıtlı olan paledyenler, mermer fabrika alanlarında depolanmakta ve geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. Mermerin fabrikadaki kesiminden sonra oluşan paledyen artık

2.5.6. Tozlar

Mermer tozu, minimum boyutta mermer artıkları olarak bilinmektedir. Mermer fabrikalarındaki tüm üretim aşamalarında oluşan, öğütme işlemine gerek kalmadan koloidal yapıda olan, çoğunlukla 200-350 μ boyutlarında olan mermer partikülleridir. Üretim esnasında suyun kullanımı sebebiyle suyla beraber arıtma tesislerine taşınmaktadır. Arıtma tesisi çökeltme havuzu prensibiyle çalışmaktadır. Ortamdaki su tamamen uzaklaştırıldıktan sonra mermer tozu daha artık sahalarına alınmaktadır (Çelik, 1996). Artık sahalarına alınan mermer tozları zamanla büyük yığınlara dönüşmekte, daha uygun görülen farklı alanlara taşınarak mermer fabrikasından gelecek toz artıklara yer açılmaktadır (Şekil 2.5). Bu artıkların mikron boyutunda olması çevreye kolay yayılmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda havada uçmakta ve hava kirliliğine sebep olmaktadır.



Şekil 2.5. Mermer fabrikası arıtma tesisi çevresinde biriken toz artıklar

2.5. Mermer Artıklarının Değerlendirme Alanları

Mermer toz artığının birçok alanda kullanılması için öncelikle, kimyasal bileşimi, tane boyutunun yanı sıra renk ön plana çıkmaktadır. Mermer tozunda çoğunlukla bulunan CaCO_3 oranı, değerlendirme durumunu büyütmekte ve sanayide fazlaca ihtiyaç olan kalsitin yerine kullanılabilir olmasına imkân sağlamaktadır. İtalya'nın Carrara mermer artıkları ve blok sağlanamayan ocaklarında bulunan mermerler kalsit olarak üretilmekte ve sanayinin kullanılması sağlanmaktadır (Ceylan, 2000).

Ülkemizde ise mermer artıkları kağıt, seramik, sır sırça, çimento, boya, plastik, yapı malzemesi, cam, metalürji, çelik üretimi, kireç üretimi, soda üretimi, tuğla üretimi tarım ve yem sanayinde kullanılmaktadır.

2.5.1. Kağıt Endüstrisi

Mermer toz artığının, kâğıt endüstrisinde, dolgu ve kaplama materyali olarak kullanılabilir. Burada kullanılan mermer tozlarının % 30-98 arasında CaCO_3 içermesi 2 μ altı boyutunda olması gerekmektedir (Ceylan, 2000).

2.5.2. Seramik Endüstrisi

Seramik sanayinde kullanılabilen CaO , mermer tozunun ısıtma sonucu kullanılması gerekmektedir. Artık tozun seramik sanayinde kullanılması ve oluşan üründe leke olmaması için, içeriğinde düşük oranda demiroksit ve kromoksit bulunmalıdır (Şentürk vd.,1996).

2.5.3. Sır Sırça Endüstrisi

Mermer artık tozları saf feldspat ile birlikte ısıtıldığında feldspat emme sıcaklığı düşerek camsı bir görüntü oluşturmaktadır. Bundan dolayı mermer tozları sır, sırça endüstrisinde kullanılabilir (Yıldız ve Eskikaya, 1995). Ancak CaO ve SiO₂ yüzdeleri önemlidir. SiO₂ yüzdesi fazlaştıkça sıranın pişirilme sıcaklığı da artmasına neden olmaktadır. CaO yüzdesinin fazlaştığı ise yüzey sertliğini artırır (Şentürk vd., 1996).

2.5.4. Yapı Malzemesi Üretimi

Karo üretiminde % 10-12 oranlarında mermer tozu kullanılabilir. Mermer toz artığının boyutu 0.5 mm'nin altında olmalıdır. İtalya'daki yapı malzemesi üretiminde, bağlayıcı madde olarak çimento yerine polyeşter tercih edilmektedir. Belirlenen boyutta mermer toz artığı, minimum "polyester bağlayıcı/mermer tozu" oranında karıştırılarak 740 mm Hg sabit basınç altında vakumlanmaktadır ve kompakt blok oluşturulur (Yıldız ve Eskikaya, 1995).

2.5.5. Çimento Endüstrisi

Çimento sanayinde % 15-20 aralığında kireçtaşı olarak değerlendirilmektedir. Ancak, CaCO₃ oranı % 75'den fazla, MgO oranı % 5'den az, kil oranının % 1.2'den az ve organik madde oranının % 0.2'den az olması gerekmektedir (Şentürk vd., 1996).

2.5.6. Boya Endüstrisi

Boya endüstrisi, ince boyutta CaCO₃'ün fazlaca kullanıldığı alanlar arasındadır. Fakat mermer tozunun boya imalatında kullanılması için, CaCO₃ oranının en az % 97 olması ve ortalama tane boyutunun 0.77 µ, maksimum tane boyutunun ise 44 µ olmalıdır. Özellikle saf yapılı olmasının yanı sıra beyaz renkli olması önemlidir. Renk ve görünümünün dikkate alınmadığı boya yapımında dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Diğer dolgu maddelerine kıyasla ekonomik olması nedeniyle üretim maliyetini düşürmektedir (Şentürk vd., 1996).

2.5.7. Plastik Endüstrisi

Dünya genelinde plastik ihtiyacının artmasından dolayı, plastik üretimi yapanlar, maliyeti azaltmak adına 1970'li yıllardan bugüne mineralleri dolgu malzemesi değerlendirmeye başlamıştır. Bu alanda kullanılan minerallerden birisi de CaCO₃'dür. Fakat inorganik mineraller ve organik olan polimerlerin beraber kullanılması yüzey gerilim farklılıklarından dolayı bazı problemler ortaya çıkarmıştır. Bu problemlerin önüne geçilmesi amacıyla mineralleri kaplama fikri oluşmuştur. Bugün hemen hemen 100 farklı yüzey

kaplama metodu bulunmaktadır. CaCO_3 için yüzey kaplama işlemi genelde stearik asitle yapılabilmektedir. Kaplanan CaCO_3 'ün plastiğe getirmiş olduğu avantajlar şu şekildedir;

- Hidrofobik yapı,
- Düşük yüzey enerjisi,
- Bazı mukavemetleri arttırması,
- Daha parlak ve düzgün yüzey oluşumu sağlaması,
- Makina aşınmalarının olumlu yönde katkı sağlaması,
- Makina verimlerinin artması,

Plastik endüstrisinde dolgu malzemesi olarak %45 oranında CaCO_3 kullanılmaktadır. Fakat malzemenin polimerlerde deformasyona neden olabilen ağır metaller içermemesinin yanı sıra yüksek kimyasal saflığa sahip olmalıdır. Mermer tozlarının plastik endüstrisinde kullanılması için en az % 97 oranında CaCO_3 içermelidir (Ceylan, 2000).

2.5.8. Cam Endüstrisi

Cam endüstrisinde hammadde olarak CaO kullanılmaktadır. Mermer tozunun cam endüstrisinde kullanılabilmesi için demiroksit oranının % 1'in altında olması istenir. Ancak %1 üzerinde demiroksit içeren mermer tozları renkli cam imalatında kullanılabilir. Fakat mermer tozlarının içeriğinde fazla miktarda organik madde içermemesi gerekir (Şentürk vd., 1996).

2.5.9. Yem Endüstrisi

Mermer tozları tavuk yemi olarak kullanılmaktadır. Türk Standartları Enstitüsü'nün Aralık 1990 tarih ve 860 sayılı standardına göre, tavuk yemi olarak kullanılacak mermer tozunun minimum % 92 oranında CaCO_3 içermesinin yanı sıra ince boyutlu olması gerekmektedir (Ceylan, 2000).

2.5.10. Metalürji ve Çelik Üretimi

Metalürji ve çelik endüstrisinde, yüksek fırınlarda, çelikten fosfor ve silisin arındırılmasında, silisli minerallerin erime derecesinin azaltılmasının yanı sıra metallerin parlatılma işlemlerinde CaCO_3 kullanılabilir. Metalürji sanayinde kullanılacak toz artıklarının boyutunun 12.5-4.16 mm aralığında olmalı, % 0.5 sülfür, % 0.01 'den düşük fosfor ve % 10 MgCO_3 tercih edilir. Çelik endüstrisinde en fazla % 8 SiO_2 , % 1.5 MgCO_3 ve % 0.025 Kükürt içermelidir (Şentürk vd., 1996).

2.5.11. Kireç ve Dolomitik Kireç Üretimi

Mermer toz artıklarının ısıtılması sonucunda, kireç ve dolomitik kireç üretilmektedir. Mermer tozunda, MgO oranı % 5'in altında ise kireç, % 5'in üstündeyse dolomitik kireç üretimi mümkündür (Şentürk vd., 1996).

2.5.12. Soda Üretimi

Tuz ile CaCO₃ işlem yapılarak soda üretilmekte olup kimyasal formülü denklem 1'de verilmiştir.



Soda üretiminde kullanılacak mermer tozunun SiO₂ oranının az olması gerekmektedir (Ceylan, 2000).

2.5.13. Refrakter Tuğla Üretimi

Refrakter tuğla imalatında kullanılan mermer tozunun, tuğla prosesinde ısıtma neticesinde karbondioksit kaybetmesiyle CaO oluşur. CaO silika tuğlada silika tanelerinin ergime sıcaklığını azaltarak 1450 °C'de bütünleşmeyi sağlamaktadır (Şentürk vd., 1996).

2.5.14. Tarım Sektörü

Tarımda, asidik özelliği olan topraklarda kalsiyum içeren gübreler kullanılmaktadır. Gübre imalatında CaCO₃, CaMg(CO₃)₂, Ca(OH)₂ veya CaO kullanılmakla birlikte, en çok tercih edilen ise CaCO₃'tür (Şentürk vd., 1996).

2.5.15. Diğer Kullanım Alanları

Mermer toz artıkları bahsedilen kullanım alanlarının yanı sıra, kauçuk, patlayıcı madde, lastik, kimya sanayinde temizlik maddesi imalatında, şeker, süs eşyası yapımı ve biblo yapımında az da olsa kullanılmaktadır (Ceylan, 2000).

2.6. Kompozit Malzemeler

Kompozit malzeme, genel anlamıyla iki veya daha fazla farklı malzeme kullanılarak hazırlanmış birleşik malzemeye denir. Ortaya çıkan kompozit malzeme, değişik özellikler içeren ve yeni özellikleri olan malzeme olarak kullanılmaktadır. Malzemelerin kendi içeriklerinde ara yüzey bağlantısı oluşturacak biçimdeki bileşeni de kompozit malzeme olarak tanımlanmaktadır. Ortaya çıkan bileşen, kullanılan malzemelerden farklı, fiziksel ve mekanik özellik sergilemektedir. Sonuç olarak geliştirilmiş yeni bir endüstriyel malzeme

ortaya çıkmaktadır. Kompozit malzemenin yalnızca yapısal işlevlerinin yanı sıra, elektriksel, çevresel ve termal özellikleri sebebiyle de birçok alanda kullanılır (Şahin, 2000).

Kompozit malzeme yakın zamanda icat edilen bir malzeme olmayıp, tabiatta varlık gösteren yapılardan hareketle, değişik özellikleri olan malzemelerin birleştirilmesiyle ortaya çıkarılmaktadır. Kompozit malzemeler “iki veya daha fazla malzemenin makroskobik durumda karışımı” diye adlandırılır. Malzemeler genelde; metaller, seramikler ve organik malzemeler şeklinde gruplandırılır. Bu sınıflandırmanın birbirine kıyasla üstünlükleri ve zayıflıkları bulunur. Bu üç grubun yanı sıra, iki veya daha çok sayıda aynı ya da değişik grupta bulunan malzemelerin, fonksiyonlarını birleştirmek veya yeni bir özellik meydana getirmek için, bu malzemelerin bütünleştirilmesiyle oluşmuş kompozit malzemelerde öncelikle, bileşenlerin ayrı ayrı içeriğinde var olmayan özelliklerin bulunmasıdır. Başka bir tabirle hedeflenen doğrultuda daha üstün fonksiyonlara sahip malzeme imalatı amaçlanmaktadır (Sınıksaran, 2012).

2.6.1. Kompozit Malzemelerin Özellikleri

Kompozitler, özellikle polimer kompozitler boyut, termal kararlılık, sertlik, aşınmaya karşı dayanım ve yüksek mukavemet gibi konularda birçok endüstriyel maddeye göre avantajlı olmaktadır. Bazı kompozit malzemeler sertlik ve mukavemet olarak metallere yakın özellik göstermelerinin yanında çok daha hafiftir. Kompozit malzemelerin sahip oldukları özellikleri de içine alan genel bir tanımlama yapmak yararlı olacaktır. Bu bağlamda kompozit malzeme; kimyasal yapıları farklı malzemelerin, birbirleri arasında kimyasal reaksiyona girmemiş, iki veya daha fazla kristal, molekül ya da faz şeklinin birlikte olduğu, oluşan yeni bileşimin, bileşime katılan malzemelerden daha çok özelliği olan endüstriyel malzemedir. Kompozit malzemeler, birbirleri içerisinde kimyasal herhangi bir tepkimeye girmeyen ve birbirinden farklı şekil ve malzeme davranış ve özellikleri olan iki veya daha fazla malzemenin karıştırılmasından ya da birleştirilmesinden oluşan malzemeler bütünüdür. Kompozit malzemeler ihtiyaca uygun durumlarda mekanik ve fiziksel özellik bulmak amacıyla belirli kendine özgü konfigürasyonda farklı fazdaki malzemenin bir araya getirilmesiyle meydana gelen malzeme olduğu için çok fazlı malzeme şeklinde de adlandırılmaktadır (Şahin, 2000).

2.6.2. Kompozit Malzeme Bileşenleri ve İşlemleri

Kompozit malzemeler, takviye malzemeleri ve bu takviye malzemelerinin çevresini sararak güçlü biçimde bağ meydana getiren matriks malzemesinden yapılmaktadır.

Matriksin işlevi ise matriks içinde bulunan takviye elemanlarını bir arada tutarak onların malzemeye gelen gerilmelere en iyi seviyede karşı koymasını için düzenlenmiş yerleşimini korumaktır. Malzemeye gelen tüm yükler, matriksler ile takviye elemanına aktarılmaktadır. Bununla birlikte uygulanan takviye malzemelerini birbirlerinden ayırarak, malzemelere daha çok destek verebilmesine imkân vermektedir. Takviye malzemeler genellikle katı malzemedir. Bu malzemelerin matriks içerisinde ayrı bir ürün şeklinde davranışları bütünüyle oluşturmuş oldukları destekten daha çok destek olmalarına imkân tanır. Dolayısıyla malzemelerin yüzeyindeki çatlaklar birbirilerinin üstünde temas geçiren takviye elemanların üstünden ilerleyemez. Matriksteki takviye malzemesinin aşınmaya, çevresel etkiye ve korozyon etkiye karşı korunması gereklidir. Kırılmış olan takviye elemanları, bünyesinde bulunan çatlakların durmasına ya da yavaşlamasına imkân veren etki göstermelidir. Matriks takviye elemanı ile güçlü bir bağ kuvveti ortaya çıkararak, kompozit malzemenin mukavemetine olumlu katkılar sağlamaktadır.

Takviye malzemesi; takviye elemanlarının kompozit malzemelerde tekdüze dağılarak, matriksin karşıladığı gerilmeleri desteklemek ve kompozit malzemenin mukavemetinin artmasına yardımcı olmaktadır. Takviye elemanları matriks ile etkileşime girdikten sonra beklenmeyen ürün ortaya çıkmamalıdır. Matriks ve takviye elemanları termal genleşmeleri aynı olmalıdır. Isı değişkenliklerinde birbirlerine olumsuz yönde etkilememelidir (Yıldırım, 2005).

Kompozit malzemeler, bileşime katılan maddelerin sahip olduğu, kendine has özellikleri tek malzeme birleştirilerek çok faydalı bir üstünlük oluşturmaktadırlar. Son yıllarda, kullanıldığı koşullardaki güçlü çalışma şartlarına göre içeriklerindeki en iyi özelliklerine uygun şekilde imal edilmektedir. Kompozit malzemedeki istenilen özelliklerin,

- Yüksek mukavemet,
- Yüksek yorulma dayanımı,
- Mükemmel aşınma direnci,
- Yüksek sıcaklık kapasitesi,
- Yüksek korozyon direnci,
- Yüksek ısı iletkenliği,
- Kolay biçimlendirilebilmesi,
- Düşük yoğunluk ve estetik görünüşüdür.

Yerinde kullanılan matriks ve takviye malzemenin, üretim yöntemi, karışıma giren malzemelerin dayanım özellikleri ve diğer etmenler dikkate alınarak üretim yapılması durumunda, kompozit malzemenin yukarıda anlatılan özelliklerin tamamını sağlamak zor

değildir. Yine yerinde kullanılan matriks ve takviye malzemenin seçilmesinin, mekanik ve fiziksel özellik bakımından sisteme etkisi fazladır. Kompozit malzemelerde, matriks aracılığıyla yüklerin takviye elemanlarına ulaşması için, takviye elemanlarıyla matriks içindeki ara yüzey bağının da güçlü olması gerekir. Ara yüzey bağının güçlü olması, çiftlerin uyumlu ve matriksin ıslatabilir olmasına bağlıdır. Bununla birlikte üretim yöntemi haricinde, takviye elemanının matriks içerisinde homojen dağılması, matriks bileşimi ve takviye elemanının en iyi şekilde seçilmesine bağlıdır. Yukarıda belirtildiği gibi malzemenin beklenen uygun özellikleri sağlayan kompozit malzemelerin bu özelliklerin yanında klasik malzemelere oranla olumlu tarafları (Sınıksaran, 2012);

- Yüksek mukavemetin ağırlığa oranındaki azalma,
- Hedeflenen çalışmaya uygun malzemenin tasarlanabilmesi,
- Korozyona karşı dayanıklılık,
- Üretimin pahalı olmaması,
- Isı ve elektrik iletkenliğinin artmasıdır.

Bu özelliklerin yanı sıra olumsuz özellikleri de vardır;

- Üretimin zor olması,
- Maliyeti yüksek olması,
- Biçimlendirmenin kolay olmaması ve biçimlendirme masraflarının pahalı olması,
- Beklenen yüzey pürüzlülüğünün oluşturulmasının zor olması,
- Geri dönüşümünün çok kolay olmamasıdır.

2.6.3. Kompozit Malzemelerin Sınıflandırılması

Kompozit malzemeler içeriklerine ve özelliklerine göre birçok yöntemle sınıflandırılabilir. Ancak genellikle aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır (Sınıksaran, 2012);

- 1) Polimer Matriksli kompozitler,
- 2) Seramik Matriksli Kompozitler,
- 3) Metal Matriksli Kompozitlerdir.

2.6.4. Kompozit Malzemenin Sağladığı Yararlar

Kompozit malzemelerin amaca uygun yapılmasıyla, aşağıdaki özelliklerde kompozit malzemeler üretilmektedir.

1. Yüksek dayanım: Kompozit malzemeler yüksek mukavemet ölçütleri sağlayan malzemeler içerisinde kullanıma en uygun olanlardır.

2. Hafif olması: Kompozit malzemeler birim ağırlığında plastik malzemelere ve metal malzemelere oranla daha yüksek mukavemet ölçütlerine sahiptir.
3. Tasarımın esnek olması: Kompozit malzemeler, isteğe uygun biçimde tasarlanarak, basit, küçük, geniş, kompleks, estetik veya fonksiyonel şekilde yapılabilmektedir.
4. Yüksek dielektrik direnci: Kompozit malzemeler, elektrik yalıtkanlığı özelliği nedeniyle genellikle en çok tercih nedenidir.
5. Korozyon dayanımı: Kompozit malzemelerin antikorozyif özellikleri olması nedeniyle, diğer malzemelere göre üstünlük sağlamaktadır.
6. Kalıplamanın kolay olması: Kompozit malzemeler, alüminyum, çelik gibi malzemelerde görülen birden fazla bileşenin birleştirilmesi ve daha sonra montajlama işlemini bir parçada kalıplama imkânı sunar.
7. Yüzey uygulamaları: Kompozit malzemelerin içeriğine koyulan polyester reçine, özel pigmentlerle renklendirilerek, isteğe uygun renkte imal edilebilmektedir.
8. Şeffaflık özelliği: Kompozit malzemeler, çok iyi ışık geçirebilir. Tam şeffaf olduğu durumlarda ışığı yaymasıyla, ışığın önemli olduğu durumlarda, ışığın kullanılması gereken seralarda ve güneş kollektörü imalatında avantajlı olmaktadır.
9. Betonlarda kullanım imkânı: Beton yüzeylere, kompozit malzemeler çok iyi tutunmaktadır. Beton yüzeylerinin gözenekli oluşu sebebiyle, kompozit malzemeyi meydana getiren temel malzemelerden polyester reçinenin beton gözeneklerine sızması ve beton içerisinde sertleşme davranışından dolayı çok iyi yapışma sağlamaktadır.
10. Demir yüzeylere uygulanabilmesi: Demirdeki pas ve yağ bileşenleri arındırıldıktan sonra kompozit malzemeyle kaplanabilmektedir. Kaplanan yüzeyler, kompozit malzemelerle kaplanarak korozyona karşı korunabilmektedir.
11. Yanmazlık özelliği: Kompozit malzemelerin aleve dayanıklılığı, polyester malzemenin özelliklerine bağlıdır. Bilhassa halojenürlerin, kimi metallerin ve borun kullanılması aleve dayanıklı olmasına büyük katkı sağlamaktadır. Alev dayanımının gerekli olduğu durumlarda “Alev dayanımlı” polyester tercih edilmelidir.
12. Yüksek sıcaklık dayanıklılığı: Kompozit malzemeler, termoset plastik ürünler grubundan polyester reçinelerle yapıldığı durumlarda yumuşamaz ve şekil değiştirmesi çok güçtür. Yüksek sıcaklık dayanımında kullanılacak polyester reçinenin türüne ilgilidir.

13. Farklı malzeme eklenebilirliği: Kompozit malzemelerin içeriğine değişik türde maddeler eklenebilir. Ahşap, demir, tel, halat, mukavva, poliüretan, mukavva, sert köpük gibi malzemeler eklenerek mekanik özellikleri değiştirilebilmektedir.
14. Tamir edilebilir olması: Tamirat izinin görünmemesi için, onarma işlemlerinin kalıp içinde uygulanması, veya onarma işleminden sonra zımparalanması ve boyanması gereklidir.
15. Kompozit malzemeler delinip kesilebilirliği: Ahşap gibi delinip, zımparalanıp veya kesilebilirler. Özellikle bu işlemleri yapacak aletlerin sert çelik veya elmas uçlu olması sonucu olumlu yönde etkiler.
16. Değişik oranda bileşimlerden ve katmanlardan farklı mekanik özelliklere sahip kompozit malzeme üretilebilir.
17. Kompozitler hava koşullarına, korozyona ve kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır.
18. Kompleks parçaların tek tek imal edilebilmesinden ötürü kullanılan maddelerin azalmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle ara birleştirme ayrıntı malzemelerin azalmasıyla imalat süresi kısa olmaktadır (Akın, 2007).

2.6.5. Kompozit Malzemelerin Dezavantajları

1. Genellikle ucuz olmaması en büyük olumsuz yönüdür.
2. Isı ve basınç altında kullanılan kompozit malzemeler her koşulda uygun değildir, kalınlığa bağlı dayanıklılığın düşük olması ve düşük kesim işlemine dayanıklılık gibi özellikleri vardır.
3. Kompozitlerin kalitesi imalat şekline bağlıdır, standartlaştırılmış kalite ölçütü bulunmamaktadır.
4. Kompozit malzemeler genellikle gevrek (kırılgan) malzemeler olduğu için kolayca zarar görebilir, tamiratları veya yeniden kazandırılmaları kolay olmayabilmektedir.
5. Kompozit malzemelere sıcak kurutma işlemi yapılmalıdır.
6. Kompozit malzemelerin onarılması gerekirse temizlenmesi ve kurutulması çok iyi yapılmalıdır. Bazı koşullarda bu işlemlerin yapılması kolay değildir.
7. Kurutma işlemleri çok zaman alabilmektedir.

Günümüzde en çok kullanılan kompozitlerden biri betondur. Çimento ve kumdan meydana gelen malzeme matriks çelik çubuklar ile desteklenir. Bir diğer tanınmış kompozit ise kerpiçtir. Çamur ve samanın karıştırılması ile oluşturulan bu malzeme oldukça eskiden beri bilinen belki de insanlık tarihinin en eski yapı malzemesidir. Kompozit malzeme

teknolojisi bugün hızla gelişmektedir ve hemen her gün piyasaya yeni ürünler sunulmaktadır. İhtiyaçlar ve imalatların paralelinde, düşük maliyetli kompozitler, alışlagelmiş endüstriyel malzemelere kıyasla kimyasal ve fiziksel avantajları ve hafif olmaları sebebiyle yapıların ve konstrüksiyonların ana malzemeleri olacaktır (Akın, 2007).



3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Materyal

3.1.1. Poliüretan

Poliüretan (PUR), düşük yoğunluklu kauçuk, köpük, vernik, kauçuk veya cam görünümünde lastiğe benzeyen malzemedir. PUR karbonat bağlantılarıyla birleştirilen organik üniteler zincirinden oluşmuş polimerlerdir. PUR farklı amaçlar için diğer katkıları ve monomerler kullanılarak farklı sertliklerde üretilebilmektedir. PUR 'dan araba direksiyonları, köpükler, su izolasyon ürünleri, zemin kaplamaları, ayakkabı tabanları, yapıştırıcılar, elastomerler gibi ürünler üretilmektedir (URL-1).

Kompozit malzeme yapımında PUR olarak Fixa yapı kimyasallarından polymers fluid kullanılmıştır (Tablo 3.1). Bu PUR, hibrid teknolojisi ile üretilen, tek bileşenli, kendiliğinden akışkan ve sıvı kıvamda, ultraviyole ışınlar karşı dayanıklı, kaplama ve su yalıtım maddesidir. Polymers Ms Fluid. yatay ve düşey yüzeylerde su izolasyonu ve 3 mm'ye kadar olan kılcal çatlakların düzenlenmesi için kullanılmaktadır. Düşey yüzeylerin su yalıtımı veya lokal tamirinde ve beton, taş, mermer, seramik, fayans, her türlü ahşap, cam, metal, kiremit, tuğla, gazbeton vb. mineral esaslı yüzeyler olmak üzere hemen hemen her yüzeyde kullanılabilir. Su yalıtımı gerektiren balkon, teras veya eğimli çatılarda, ahşap ve metal yüzeylerde; baca, havalandırma ve içme suyu deposu, havuz ve sarnıçlarda, banyo, mutfak gibi ıslak hacimlerde, temel, garaj, bodrum gibi toprak seviyesi altında kalan yerlerde basınçsız suya ve zemin nemine karşı kullanılmaktadır (Anonim a., 2018).

Tablo 3.1. Kullanılan poliüretanın fiziksel özellikleri (Anonim a., 2018)

Görünüş	Orta viskoziteli akışkan elastomerik sıvı kaplama
Renk	Gri, Saydam, Beyaz
Yoğunluk	1,47 ± 0,05 kg/lt
Uygulama Sıcaklığı	+5°C ile +35°C arası
Shore A Sertliği	35 ± 5
Çekme Dayanımı	≥ 2,0 MPa (EN 1542)
Kopmada Uzama	> %300 (7 gün)
Film Oluşturma Süresi	150 ± 30 dakika
Kürlenme Hızı	2 mm / 24 saat
Servis Sıcaklığı	-30°C / +80°C

Poliüretanın kullanılmadığı zamanlarda havayla temasının kesilmesi için kapağının sıkıca kapatılması gerekmektedir. Aksi takdirde havayla temasıyla 1-2 gün içerisinde tamamen katılaştığı görülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil.3.1. Kullanılan poliüretan

3.1.2. Mermer Tozu

Kimyasal bileşiminde çoğunlukla kalsiyum karbonat (CaCO_3), magnezyum karbonatın yanı sıra silisyum dioksit (SiO_2) ve değişik metal oksitleri, silikat mineralleri bulunan mermer tozu Burdur ili organize sanayi bölgesinde bulunan bir firmadan alınmış olup mermer tozlarına ait fiziksel özellikler Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kullanılan mermer tozunun fiziksel özellikleri

Birim hacim ağırlık	2,68 gr/cm ³	(Gündüz vd., 2013)
Gözeneklilik	%0,47	(Gündüz vd., 2013)
Su emme	% 0,19	(Gündüz vd., 2013)
Isıl iletkenlik değeri	3,15 W/mK	(Gündüz vd., 2013)
Ses yutum katsayısı (500 Hz için)	0,01	(Aksoy, U.T. ve Toktaş, S., 2011)
Özgül ısı kapasitesi	0,248 kcal/kg°C	(Gündüz vd., 2013)
Tek Eksenli Basınç Dayanımı	83,7	(Çopur vd, 2008)
Dolaylı Çekme Dayanımı	8,50	(Çopur vd, 2008)

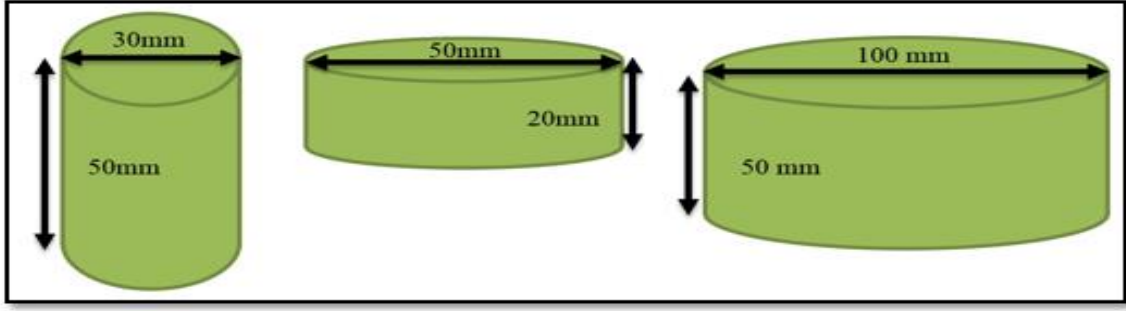
Kompozit malzeme yapımında kullanılan mermer tozu Burdur'da Organize Sanayi Bölgesinde bulunan bir fabrika sahasındaki arıtma alanından alınmıştır (Şekil 3.2). Bu işlem madencilikte, alındığı yere göre numune alma yöntemlerinden, yığın halinde bulunan cevherden numune alma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Rüzgâr, yağmur gibi hava koşullarının etkisi düşünülerek, en üst tabaka ayrıştırılmıştır. Mermer tozunun homojen özellik göstermesi açısından numuneyi azaltmak için, madencilikte kullanılan, numune azaltma yöntemlerinden konileme-dörtleme yöntemi kullanılmıştır. Konileme dörtleme yönteminde öncelikle düz bir yüzeye koni şeklinde yığın yapılmaktadır. Daha sonra tepeden kürek yada herhangi bir alet yardımıyla bastırılır. Bastırılan malzeme 4 eşit parçaya bölünecek şekilde çizilir. Karşılıklı (1-3 ve 2-4) parçalar alınarak numune azaltılmış olmaktadır.



Şekil 3.2. Mermer tozunun fabrikadan alınma işlemi

3.1.3. Kalıplar

Hazırlanan kompozit numuneler üzerinde yapılacak deneyler için 30x50 mm, 50x20mm ve 100x50 mm olmak üzere 3 farklı boyutta kalıp kullanılmış (Şekil 3.3) ve bu kalıplar poliamit içerikli sert plastik kullanılarak üretilmiştir (Şekil 3.4). Poliamit, peptid bağları tarafından bağlanmış monomerler içeren bir polimerdir. Doğal olarak proteinler, yün, ipekde oluşabilirler, suni olarak naylon, kevlar, sodyum poli aspartatda yapılabilirler. Sert, rijit, kaygan ve iyi mekanik dayanıma sahip, yüksek aşınmaya ve kimyasallara karşı dirençlidir. Bunların haricinde darbe emme özelliği, elektriksel yalıtkanlık, kaydırıcılık özelliklerine sahiptir (Anonim c., 2018).



Şekil 3.3. Kompozit malzeme kalıpların ölçüleri



Şekil 3.4. Kompozit malzeme yapımında kullanılan kalıplar

3.1.4. Kalıp Ayırıcı

Kalıplara dökülen kompozit malzemenin sertleşmesinden sonra kalıptan çıkarılabilmesi için kalıp ayırıcı olarak 2 farklı ürün kullanılmıştır. Bu kalıp ayırıcılar Poliya firması tarafından üretilen Polivaks N ve Polivaks Eko Pva ürünleri olup, bu iki kalıp ayırıcı birbiriyle koordineli olarak uygulanmaktadır. Ürünlerin kullanım talimatlarına uygun olarak önce Polivaks N daha sonra Polivaks Eko PVA uygulanmıştır.

Kalıp Ayırıcı (Polivaks N): Polivaks N, yeni veya tamirat görmüş, riskli model ve kalıplarda kullanılır. Polivaks N ürünleri kalıptan ayırmak için Polivaks EKO PVA'dan önce kalıba uygulanan vakstır (Şekil 3.5). Kalıplara veya modellere ince bir film şeklinde sürülerek 15 dakika uygulandıktan sonra Polivaks EKO PVA sürülerek uygulama yapılabilme olup, Polivaks N vaksı tek başına kullanılamamaktadır (Anonim b., 2018).



Şekil 3.5. Kalıp ayırma işleminde birinci aşama kalıp ayırıcı Polivaks N

Kalıp Ayırıcı (Polivaks EKO PVA): Polyester ve cam elyaf takviyeli plastik malzemelerin üretiminde, ürünleri kalıptan ayırmak için Polivaks N uygulamasından sonra kullanılan, PVA içeren sıvı kalıp ayırıcıdır (Şekil 3.6). Sürekli sıvı kalıp ayırıcı ile ürün alınan kalıplar için uygundur. Hiç kullanılmamış, alışmamış veya tamirat görmüş riskli model ve kalıplarda, Polivaks N, uygulandıktan sonra Polivak EKO PVA kalıp ayırıcı bir sünger ile kalıp yüzeyine sürülür ve kuruması için 12-20 dakika beklenir. Kalıptaki çukur kısımlara dolan kalıp ayırıcı, kuruma süresini uzatacağı için dikkatli sürülmeli ve akıtılmamalıdır. Tüm kalıp yüzeyindeki ıslak görüntü kaybolduktan sonra polyester döküm veya jelkot uygulamasına geçilir. Kurumayı hızlandırmak için kalıbı 40-50 °C ye ısıtmak veya hava akımı olan bir yerde bırakmak yararlıdır (Anonim b., 2018).



Şekil 3.6. Kalıp ayırma işleminde ikinci aşama kalıp ayırıcı Polivaks EKO PVA

3.1.5. Metil Etil Keton Peroksit (MEK-P)

Sertleştiriciler, reçine ile reaksiyona girerek sıvı formdan katı forma dönüşmesini (sertleşmesini) sağlamaktadır. Hazırlanan kompozit malzemelerin sertleşme sürelerinin kısaltılması amacıyla MEK-P sertleştirici kullanılmıştır (Şekil 3.7). MEK-P peroksit organik olup, bu karışımlar kararsız yapıda olduğu için asal (inert) maddeler ile karışım şeklinde ve sıvı formda bulunmaktadır. Sertleştiriciler reçine ve kompozit malzemelerin içerisine değişiklik göstermekle birlikte genellikle % 1-2 oranlarında katılır. Karışım yapıda oldukları için değişik özelliklere, etken maddelere ve farklı jel süreleri veren tipte olabilirler. Polyester ve vinilester reçineler için birçok sertleştirici çeşidi bulunmaktadır. MEK-Peroksit, oda sıcaklığında, temas kalıplama ile polyester ve vinilesterin sertleşmesinde kullanılan en genel sertleştiricidir (Sınıksaran, 2012).



Şekil 3.7. Metil etil keton peroksit (MEK-P)

3.2.Yöntem

3.2.1. Elek Analizi

Deneyleerde kullanılacak mermer tozu 200° C etüvde 24 saat bekletilmiş ve nemden tamamen arındırılmıştır (Şekil 3.8). Nemden arındırılan yaklaşık 3500-4500 g. mermer tozu, Amerikan ASTM standartlarında kullanılan elek analize tabi tutulmuştur (Tablo 3.3). Elek analiz aşamasında, elek sarsma makinesi kullanılmıştır (Şekil 3.9). Elek sarsma makinesi; elle yapılan eleme işleminin daha kolay bir şekilde yapılmasını sağlayan mekanik bir titreşim veren cihazdır. Cihaz en iyi sonuç için eleme işlemini tek bir elek yardımıyla değil, bir kaç eleği aynı anda kullanarak yapmaktadır. Eleme işlemi sonunda yaklaşık 2500-3000 g mermer tozu 300 µ göz açıklığı olan elek üstünde kalmıştır. Numune olarak alınan mermer tozunun %70 oranda 300-355 µ aralığında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.10). Bu tane boyut aralığının fazla olması nedeniyle, deneyleerde kullanılmasına karar verilmiştir.



Şekil 3.8. Etüvde 200°C’de kurutulmuş mermer tozu

Tablo 3.3 Kullanılan elek setinin göz açıklıkları

Elek No (ASTM)	Elek Göz Açıklığı
18	1000 µ
20	850 µ
30	600 µ
35	500 µ
45	355 µ
50	300 µ
60	250 µ
120	125 µ
200	75 µ



Şekil 3.9. Elek sarsma makinesi



Şekil 3.10. Elek analiz sonucunda 300-355 μ tane boyutunda mermer tozu

3.2.2. Malzemelerin Hazırlanması

Kalıplar nemli bez yardımıyla her kompozit malzeme dökümünde temizlenmiş olup, iç yüzeyinde yabancı madde ve tozdan arınması sağlanmıştır. Kalıpların iç yüzeylerine Polivaks N sürülerek 20 dakika süreyle bekletildikten sonra Polivaks EKO PVA uygulanmıştır. Bu işlemden sonra kalıplar malzeme dökümü için hazır hale gelmiştir. Tane boyutu 300-355 μ aralığındaki mermer tozu hacimce %10-%15-%20-%25-%30 oranlarında PUR karıştırılmıştır. Sertleştirici olarak her ölçüye sabit olarak 1 g MEK-P karıştırılmıştır. PUR'nın ses yutum katsayısı, ses iletim kaybı katsayısı ve ısıl iletkenlik katsayısının mermer tozu ilavesiyle değişimini değerlendirebilmek için, sadece poliüretan malzemesi, kalıplara dökülmüş ve referans numunesi olarak hazırlanmıştır. Mermer tozu ve PUR karışım oranlarının gram ağırlıkları, %10 mermer tozu-%90 poliüretan oranı tablo 3.4'de, %15 mermer tozu-%85 PUR oranı tablo 3.5'te, %20 mermer tozu-%80 PUR oranı tablo 3.6'da, %25 mermer tozu-%75 PUR oranı tablo 3.7'de, %30 mermer tozu-%70 PUR oranı tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.4. Hacimce % 10 mermer tozu-%90 PUR karışım miktarları

Kalıplar	Mermer Hacim (%10) (cm ³)	Mermer Yoğunluk (gr/cm ³)	Poliüretan Hacim (%90) (cm ³)	Poliüretan Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık Mermer (gr)	Ağırlık Poliüretan (gr)	Toplam Ağırlık + 1 gr Sertleştirici (gr)
30 mm Çaplı	3,53	2,7	31,81	1,45	9,53	46,12	56,65
50 mm Çaplı	3,93	2,7	35,34	1,45	10,61	51,24	62,85
100 mm Çaplı	39,27	2,7	353,42	1,45	106,03	512,46	619,49

Tablo 3.5. Hacimce % 15 mermer tozu-%85 PUR karışım miktarları

Kalıplar	Mermer Hacim (%15) (cm ³)	Mermer Yoğunluk (gr/cm ³)	Poliüretan Hacim (%85) (cm ³)	Poliüretan Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık Mermer (gr)	Ağırlık Poliüretan (gr)	Toplam Ağırlık + 1 gr Sertleştirici (gr)
30 mm Çaplı	5,30	2,7	30,05	1,45	14,31	43,57	58,88
50 mm Çaplı	5,89	2,7	33,38	1,45	15,90	48,40	65,30
100 mm Çaplı	58,90	2,7	333,78	1,45	159,03	483,98	644,01

Tablo 3.6. Hacimce %20 mermer tozu-%80 PUR karışım miktarları

Kalıplar	Mermer Hacim (%20) (cm ³)	Mermer Yoğunluk (gr/cm ³)	Poliüretan Hacim (%80) (cm ³)	Poliüretan Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık Mermer (gr)	Ağırlık Poliüretan (gr)	Toplam Ağırlık + 1 gr Sertleştirici (gr)
30 mm Çaplı	7,07	2,70	28,27	1,45	19,09	40,99	61,08
50 mm Çaplı	7,85	2,70	31,42	1,45	21,20	45,56	67,76
100 mm Çaplı	78,54	2,70	314,15	1,45	212,06	455,52	667,58

Tablo 3.7. Hacimce %25 mermer tozu-%75 PUR karışım miktarları.

Kalıplar	Mermer Hacim (%25) (cm ³)	Mermer Yoğunluk (gr/cm ³)	Poliüretan Hacim (%75) (cm ³)	Poliüretan Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık Mermer (gr)	Ağırlık Poliüretan (gr)	Toplam Ağırlık + 1 gr Sertleştirici (gr)
30 mm Çaplı	8,84	2,70	26,51	1,45	23,87	38,44	63,31
50 mm Çaplı	9,82	2,70	29,45	1,45	26,51	42,70	70,21
100 mm Çaplı	98,17	2,70	294,52	1,45	265,06	427,05	693,11

Tablo 3.8. Hacimce %30 mermer tozu-%70 PUR karışım miktarları

Kalıplar	Mermer Hacim (%30) (cm ³)	Mermer Yoğunluk (gr/cm ³)	Poliüretan Hacim (%70) (cm ³)	Poliüretan Yoğunluk (gr/cm ³)	Ağırlık Mermer (gr)	Ağırlık Poliüretan (gr)	Toplam Ağırlık + 1 gr Sertleştirici (gr)
30 mm Çaplı	10,60	2,70	24,74	1,45	28,62	35,87	65,49
50 mm Çaplı	11,79	2,70	27,49	1,45	31,83	39,86	72,69
100 mm Çaplı	117,81	2,70	274,88	1,45	318,09	398,58	717,67

Belirlenen oranların hazırlanması için, kap içerisine öncelikle mermer tozu, daha sonra poliüretan ve son olarak sertleştirici eklenerek karıştırılmıştır (Şekil 3.11). Malzemenin homojen özellik göstermesi için, karışımlar kalıba dökülmeden önce 10-20 dakika arasında karıştırılmıştır.



Şekil 3.11. Karışımın tartılarak hazırlanması

Hazırlanan malzemeler, kayıp ayırıcı ürünlerin uygulandığı kalıplara dökülmüştür (Şekil 3.12). Döküm işleminden sonra 24-72 saat aralığında kalıplarda kürlenmesi amacıyla bekletilmiştir. Kalıpların altından malzeme sızıntısı olmaması için alt bölgesi kapatılmıştır. Dökme işleminin sonlarında, kalıptaki malzemenin üst yüzeyini düzenleyici materyaller kullanılmıştır. Kürlenme işlemi için kompozit malzemeler güneş ışığından uzak oda sıcaklığında bekletilmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Hazırlanan malzemenin kalıplara dökülmesi



Şekil 3.13. Döküm işleminden sonra kürlenme için bekletilen kalıplar

Kompozit numuneler, hacimce büyük olan kalıp içinde 48-72 saat aralığında küçük kalıplarda ise 24 saatte kürlenmiştir. Kalıptan çıkarma işlemi vakslama yapıldığından dolayı kolayca gerçekleşmiştir. Hacimce aynı oranlara sahip olanlar kompozit malzemeler gruplandırılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Kalıplardan çıkartılan kompozit numuneler

Hacimsel olarak gruplanan numunelere, deneylerde kolaylık sağlaması açısından numara verilmiştir (Tablo 3.9). Numara arttıkça malzeme içindeki mermer tozu oranı da artmaktadır. Kompozit numunelerin üzerlerine numune numarası verilerek deneyler için laboratuvara gönderilmiştir (Şekil 3.15).

Tablo 3.9. Numunelere verilen numaralar tablosu

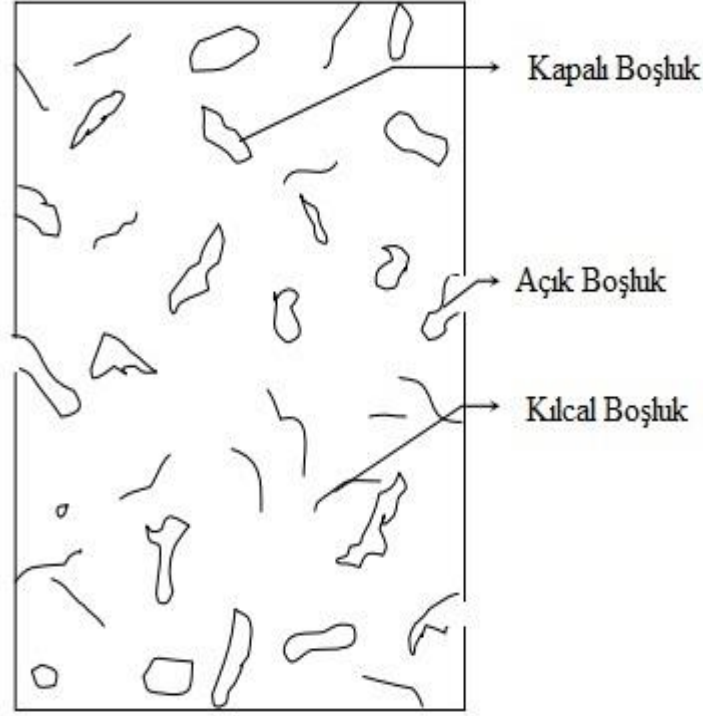
Numune No	Kompozit Oranları (%)	
	Mermer Tozu (%)	Poliüretan (%)
1	0	100
2	10	90
3	15	85
4	20	80
5	25	75
6	30	70



Şekil 3.15. Hazırlanan numunelere deneylerden önce numara verilmesi

3.2.3. Birim Hacim Ağırlık

Kompozit malzemelerde göze ile belirgin bir şekilde görülemeyen boşluklar bulunmaktadır. Genellikle seramikler sınıfına giren kompozit malzemeler, hafif yapı malzemeleri ve taş yapı malzemelerde farklı büyüklük ve türde boşluklar bulunmaktadır. Bu boşluklar, kapalı boşluk, açık boşluk ve kılcal boşluk olarak adlandırılır (Şekil 3.16).



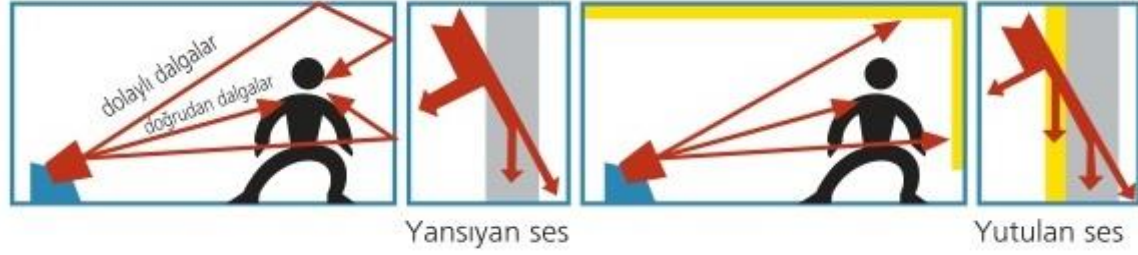
Şekil 3.16. Malzemelerde bulunan boşluk türleri (URL-2)

Kompozit malzemenin birim hacim ağırlığı, malzemenin ağırlığının birim hacmine oranı olarak tanımlanmakta olup, malzemenin boşlukları birim hacme dâhil edilmektedir. Birim hacim ağırlığın düşük olması o cismin boşluklu ve gözenekli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Bir malzemenin birim hacim ağırlığı o malzemenin kuru ağırlığının toplam hacme bölünmesiyle bulunur. Örneğin polistiren (strafor) köpük gibi ısı tutucu malzemelerde birim hacim ağırlık yaklaşık 0.035 gr/cm^3 iken betonarme de bu değer yaklaşık $2,4 \text{ gr/cm}^3$ civarındadır (URL-2).

Mermer tozuna ait dane birim hacim ağırlığı ise; ortalama boyutu 300μ olan dane kısmının boşluksuz birim hacim ağırlığı olarak tanımlanmakta olup, ağırlığının danelerin toplam boşluksuz hacmine oranı olarak ifade edilir.

3.2.4. Ses Yutum Katsayısı

Ses yutum katsayısı; bir yüzeyde yutulan ses enerjisinin o yüzeye gelen toplam ses enerjisine oranına yüzeyin ses yutma katsayısı denir. Bir alanın ses yutma katsayısı, malzemenin özelliğine, kalınlığa ve frekansa bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3.17). Bir yüzeyin alanıyla o yüzeyin ses yutum katsayısının çarpılmasıyla elde edilen değer yüzeyin ses yutum katsayısı olarak tanımlanmaktadır (Vidinlimen, 2010).



Şekil 3.17. Yansıyan ses ve yutulan ses çizimi (URL-3)

Bir malzemenin ses yutum katsayısı yüksek olması, o malzeme iyi bir ses yalıtım özelliğine sahip olduğunun bir göstergesidir. Halı, kaba beton, parke, tuğla, cam ve cam yünü gibi farklı malzemelerin ses yutum katsayıları incelendiğinde içlerinde en yüksek ses yutum katsayısına sahip malzemenin cam yünü olduğu görülmektedir (Tablo 3.10.). Bundan dolayı cam yünü ses ve ısı yalıtımında en yaygın kullanılan malzemeler arasında yer almaktadır.

Tablo 3.10. Malzemelerin farklı frekans değerlerinde, ses yutum katsayıları (URL-4)

Malzeme	Frekans Değerleri					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Halı	0,01	0,02	0,06	0,15	0,25	0,45
Kaba Beton	0,01	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
Parke zemin	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Tuğla Duvar	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Cam	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Cam Yünü	0,06	0,2	0,65	0,9	0,95	0,98
Yetişkin İnsan	0,25	0,35	0,42	0,46	0,5	0,5

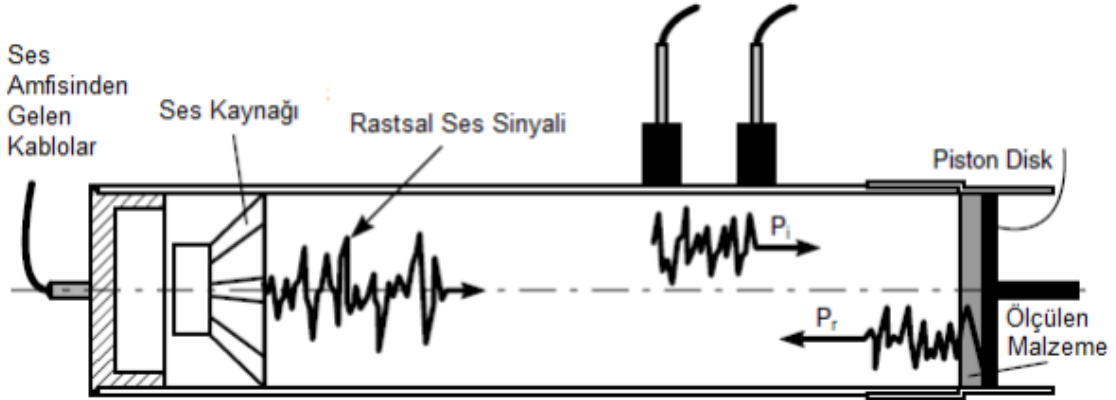
Ses yutum katsayısı empedans tüpü olarak adlandırılan ölçüm tüpüyle ölçülmektedir (Şekil 3.18). İki mikrofonlu empedans tüpüyle, ISO 10534-2 standardına uygun olarak akustik malzemelerin ses yutum katsayısı ölçülebilmektedir. Kullanılan tüpte göre 50-1600 Hz veya 200-6400 Hz arası ölçüm yapmak mümkündür. Bu ölçüm, rastsal (random) karakterli bir akustik tahriğin ses kaynağı tarafından üretilmesi ve malzeme üzerindeki yansıyan-iletelen ses bileşenlerinin tespiti ile yapılmaktadır. Yansıyan ses bileşeni, malzemenin akustik özelliklerine göre belirlenmektedir. Ses yutum kaybı tüpleri şu

bileşenlerden oluşmaktadır: Ön bölüm, büyük çaplı ölçüm tüpü, kayar pistonlu malzeme tutucu ve küçük çaplı ölçüm tüpü.



Şekil 3.18. Ses yutum katsayısı ölçüm tüpü (Anonim d., 2018)

Ön bölüm: Ses üretimini sağlayan hoparlör ünitesini içeren ve hem büyük hem de küçük çaplı tüpe monte edilebilen kısımdır. Büyük çaplı ölçüm tüpü: İki adet mikrofon tutucusuna sahip düşük frekanslı ölçüm tüpüdür. Kayar pistonlu malzeme tutucu: Büyük ve küçük çaplı tüp için malzemenin yerleştirilmesini sağlayan iki farklı boyuttaki aparatır. Küçük çaplı ölçüm tüpü: İki adet mikrofon tutucusuna sahip yüksek frekanslı ölçüm tüpüdür. Ses yutum katsayısı ölçüm tüpüne ait içyapı elemanlarının kesiti Şekil 3.19'da verilmiştir (Anonim d., 2018).



Şekil 3.19. İçyapı elemanlarının kesiti (Anonim d., 2018).

Ses yutum katsayısı, empedans ölçüm tüpünde 2 farklı frekans aralığında ölçülmektedir. İlk ölçüm 50-1600 Hz aralığında yapılmakta olup, bu ölçüm düşük frekans olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta 50 Hz'den başlayan ölçümler 2 Hz artarak 1600 Hz birimine geldiğinde deney tamamlanmaktadır. Ölçümler 100 mm çapında 50 mm yüksekliğinde hazırlanan numuneler ile yapılmıştır. İkinci ölçüm ise 200-6400 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmekte olup, bu ölçüm aralığı ise yüksek frekans aralığı olarak

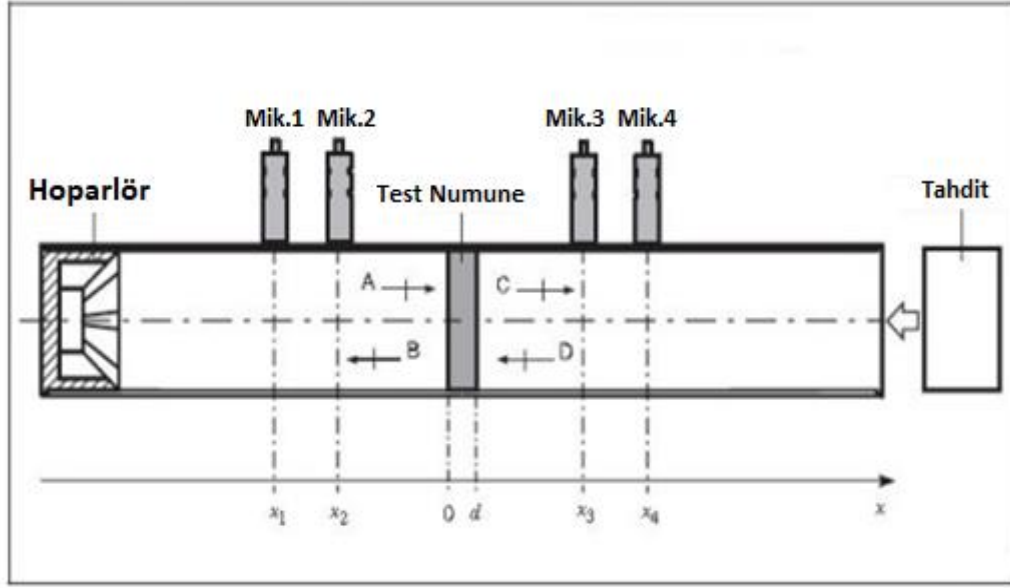
tanımlanmaktadır. Yüksek Frekansta 200 Hz den başlayan ölçümler 2 Hz artarak 6400 Hz birimine geldiğinde tamamlanmaktadır. Ölçümler 30 mm çapında 50 mm yüksekliğinde hazırlanan numuneler ile yapılmıştır. Ölçüm işlemi Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Ses yutum katsayısı ölçüm cihazına malzemelerin yerleştirilmesi

3.2.5. Ses İletim Kaybı Katsayısı

Ses iletim kaybı, bir malzemenin, ses yalıtma kapasitesini desibel cinsinden veren özelliğidir. Ses iletim kaybı, ses yalıtımı açısından en önemli parametrelerden birisidir. Ses iletim kaybı empedans tüpüyle ölçülmektedir. Tüpün bir ucuna ses kaynağı ve ortasına ses iletim kaybı ölçülecek malzeme yerleştirilir (Şekil 3.21). Ses kaynağından gelen düzlemsel ses dalgaları test edilecek malzemeye çarpmaktadır. Sesin bir kısmı yansyarak geri döner, diğer bir kısmı ise malzeme tarafından yutulmaktadır. Bir kısım malzeme ise malzeme içerisinden geçerek tüpün diğer ucuna ilerlemektedir. Malzemedan geçen ses dalgalarından bir kısmı ise tüpün diğer ucundan geriye doğru yansımaktadır. Bir kısmı ise dışarı yönelmektedir. Dört mikrofona ses basınçları ölçüldükten sonra dört kanallı dijital frekans analizörü ile karmaşık transfer matris fonksiyonu hesaplanarak malzemenin ses iletim kaybı elde edilmektedir (Vidinlimen, 2010).



Şekil 3.21. Ses iletim kaybı katsayısı ölçüm tüpü kesiti (URL-5)

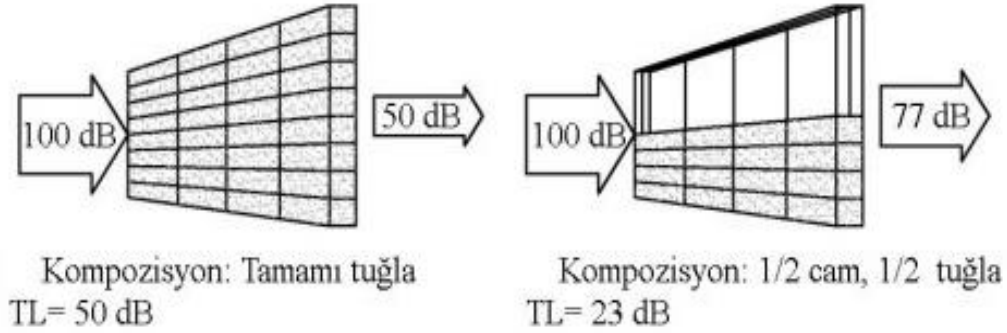
Ses iletim kaybı empedans ölçüm tüpünde ses yutum katsayısının belirlenmesinde olduğu gibi 2 farklı frekans aralığında ölçülmektedir. İlk ölçüm aralığı 50-1600 Hz olup, bu ölçüm düşük frekans olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta 50 Hz'den başlayan ölçümler 2 Hz artarak 1600 Hz birimine geldiğinde deney tamamlanmaktadır. Ölçümler 100 mm çapında 50 mm yüksekliğinde hazırlanan numuneler ile yapılmıştır. İkinci frekans aralığı ise 200-6400 Hz olup, bu ölçüm aralığına ise yüksek frekans aralığı denilmektedir. Yüksek Frekansta 200 Hz den başlayan ölçümler 2 Hz artarak 6400 Hz birimine geldiğinde tamamlanmaktadır.

Bazı yapı elemanlarından tuğla, klinker ve hafif betona ait ses iletim kaybı değerleri karşılaştırıldığında en yüksek değer hafif betona ait olup en düşük değerler ise tuğla için elde edilmiştir (Tablo 3.11).

Tablo 3.11. Bazı malzemelerin ses iletim kaybı değerleri (Demirkale, 2008)

Malzeme	Frekans Aralığı (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
Tuğla	30	36	37	37	37	43
Klinker	33	33	33	39	45	51
Hafif Beton	38	36	40	45	50	56

Ses iletim kaybı ölçümlerinde kompozit malzemelerden 30 mm çapında 50 mm yüksekliğinde hazırlanan numuneler kullanılmıştır. Ölçüm işlemi Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Tamamı tuğla olan ve %50 cam-%50 tuğla olan duvarlara gelen 100 desibel sesin, ses iletim kaybı tamamı tuğla olanda 50 dB, %50 cam-% 50 tuğla olan duvarda 23dB olarak gerçekleşmektedir (Şekil 3.22). Ses iletim kaybı (Transmission loss-TL) olarak ifade edilmiş olup birimi desibel cinsinden verilmektedir.



Şekil 3.22. Ses iletim kaybı örneği (Demirkale, 2008)

3.2.6. Isıl İletkenlik Katsayısı

Isıl iletkenlik katsayısı; birim kalınlıktaki malzemelerin birbirine paralel olan iki yüzeyindeki sıcaklık farkının 1°C olması durumunda iletme yoluyla transfer edilen enerji miktarıdır. Isıl iletkenlik katsayısı birimi W/m.K'dır. Isıl iletkenlik katsayısı azaldıkça malzemenin ısı yalıtımı artmaktadır. Dolayısıyla, ısıl iletkenlik katsayısı düşük olan malzemelerin yapı malzemesi olarak kullanılması daha avantajlıdır.

Alüminyum, donatılı beton, tuğla ve gaz beton gibi malzemeler için ısıl iletkenlik katsayıları karşılaştırıldığı zaman en yüksek değer 204 W/m.K ile alüminyuma ait iken en düşük değer 0,15 W/m.K değeri ile iyi bir yalıtım özelliğine sahip yapı malzemesi olan gaz betona aittir (Tablo 3.12)

Tablo 3.12. Bazı maddelerin ısıl iletkenlik katsayısı (İzoder, 2013)

Malzeme	Isıl İletkenlik Katsayısı (W/m.K)
Alüminyum	204
Beton (Donatılı)	2,1
Tuğla (Yatay delikli)	0,45
Gaz Beton	0,15

Kompozit malzemelerin ısı iletkenlik katsayısı ölçümü için, 50 mm çapında ve 20 mm yüksekliğinde hazırlanan kompozit numuneler kullanılmıştır. Ölçümler, Süleyman Demirel Üniversitesi Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan Lasercomp Fox50 cihazında yapılmıştır (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Lasercomp Fox50 ısı iletkenlik katsayısı ölçüm cihazı

Lasercomp Fox50 cihazı 0.1W/m.K ile 10W/m.K iletkenlik aralığında malzemenin ısı iletkenlik ölçümü için yapılmıştır. Lasercomp Fox50 cihazı genellikle polimerler, kompozit malzemeler, düşük iletkenlik seramik ve camların ölçümleri için tasarlanmıştır. Cihaz 63 mm çapına ve 0 ile 25 mm yüksekliğine kadar olan numunelerle çalışabilmektedir. Numuneler herhangi bir sıcaklıkta tekrar tekrar test edilebilir. Alternatif olarak, her numune için dokuz değişik sıcaklık girilebilmektedir. Sıcaklık dengesi kurulduktan sonra otomatik olarak bir üst sıcaklığa geçer. Sıcaklık kontrolü doğruluğu $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 'dir (Anonim e., 2018).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Birim Hacim Ağırlık

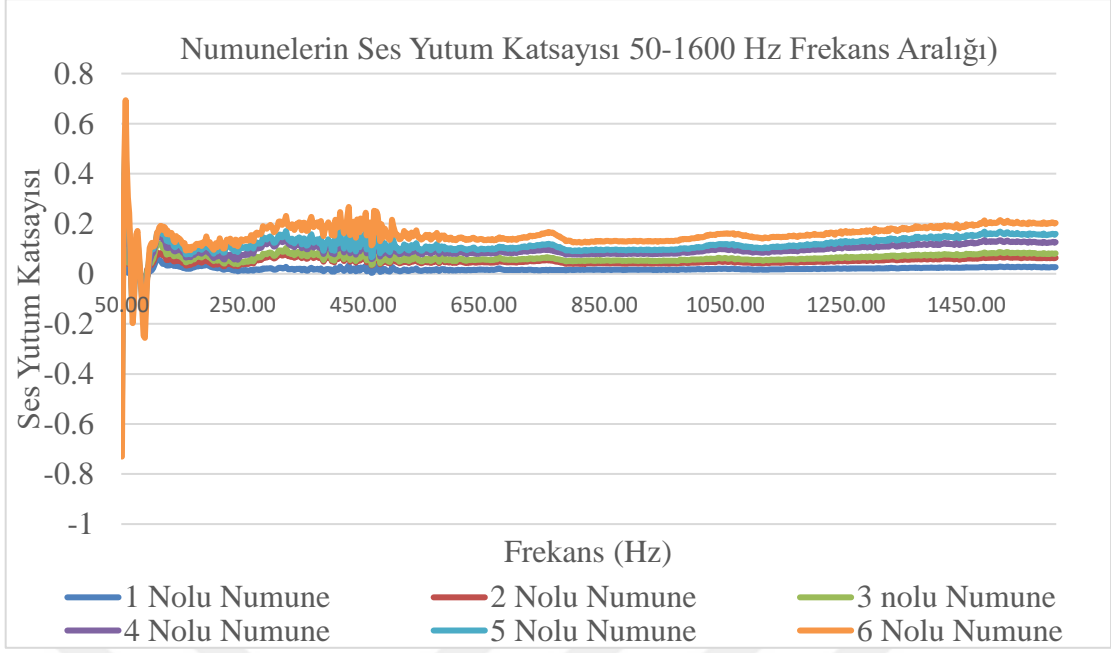
Hazırlanan kompozit numunelerde mermer tozunun karışımdaki miktarı arttıkça, birim hacim ağırlığı doğru orantılı olarak artmıştır. Tablo 4.1’de numune numaralarına ve numune çaplarına göre ölçülen birim hacim ağırlık değerleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Numunelerin birim hacim ağırlıkları

Numune No	Numune Çapı	Kompozit Oranları (%)		Kuru Ağırlık (gr)	Toplam Hacim (cm ³)	Birim Ağırlık (gr/cm ³)
		Mermer Tozu	Poliüretan			
1	30	0	100	51,44	35,34	1,46
1	50	0	100	57,12	39,27	1,45
1	100	0	100	566,42	392,70	1,44
2	30	10	90	56,69	35,34	1,60
2	50	10	90	62,88	39,27	1,60
2	100	10	90	619,75	392,70	1,58
3	30	15	85	58,90	35,34	1,67
3	50	15	85	65,33	39,27	1,66
3	100	15	85	644,30	392,70	1,64
4	30	20	80	61,11	35,34	1,73
4	50	20	80	67,79	39,27	1,73
4	100	20	80	668,86	392,70	1,70
5	30	25	75	63,32	35,34	1,79
5	50	25	75	70,24	39,27	1,79
5	100	25	75	693,41	392,70	1,77
6	30	30	70	64,52	35,34	1,82
6	50	30	70	72,24	39,27	1,84
6	100	30	70	717,96	392,70	1,83

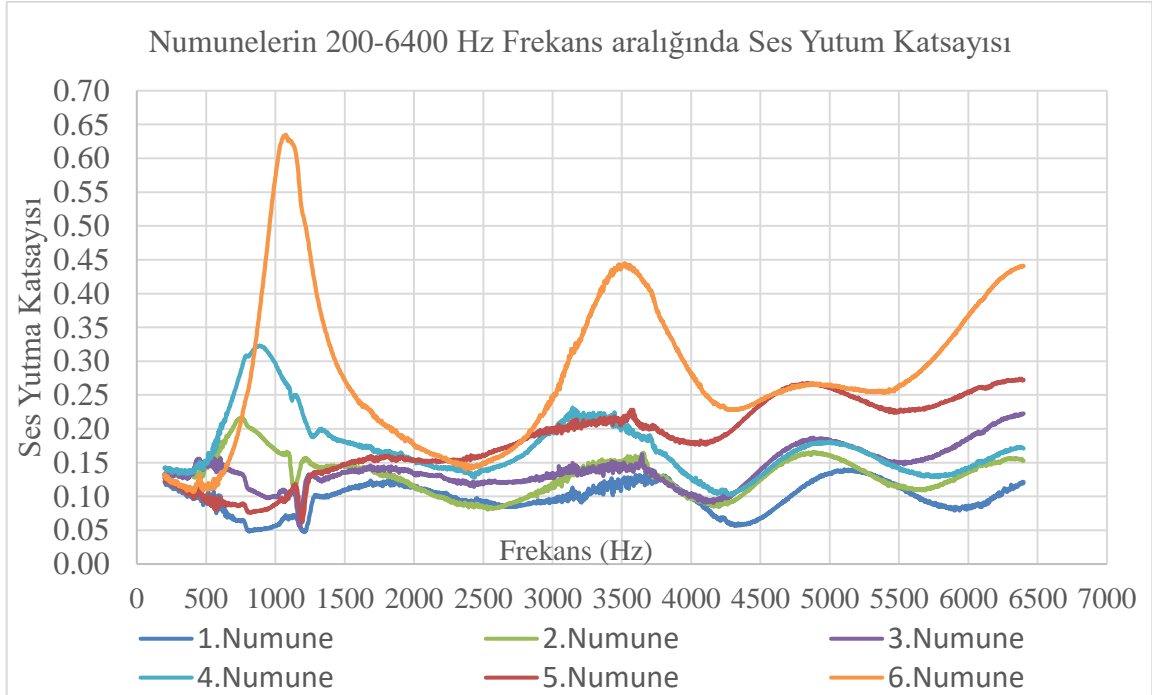
4.2. Ses Yutum Katsayısı

Ses yutum katsayısı düşük frekans (50-1600 Hz) aralığı deney sonuçlarında hazırlanan numuneler bu frekans aralığında istikrarlı grafik oluşturmuştur ve numuneler oldukça benzer davranışlar göstermiştir (Şekil 4.1). Numunelerin, ses yutum katsayısı değerleri, mermer tozu oranının artmasıyla birlikte artan bir grafik ortaya çıkarmıştır. Grafikte 6 numaralı %30 Mermer Tozu-%70 PUR numune 50 Hz-100 Hz frekans aralığında, gerçek davranış yansıtmadığı görülmektedir. Bunun temel sebebinin artan mermer tozu oranı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.1. Kompozit numunelerin düşük frekans (50-1600 Hz) aralığındaki ses yutum katsayıları grafiği

Ses yutum katsayısı yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığında yakın davranış gösteren grafik olduğu gözlenmiştir. Grafikte 6 numaralı %30 Mermer Tozu-%70 PUR numune 800-1500 Hz aralığında ve 3000-4500 Hz aralığında gerçek davranış göstermediği düşünülmektedir (Şekil 4.2).

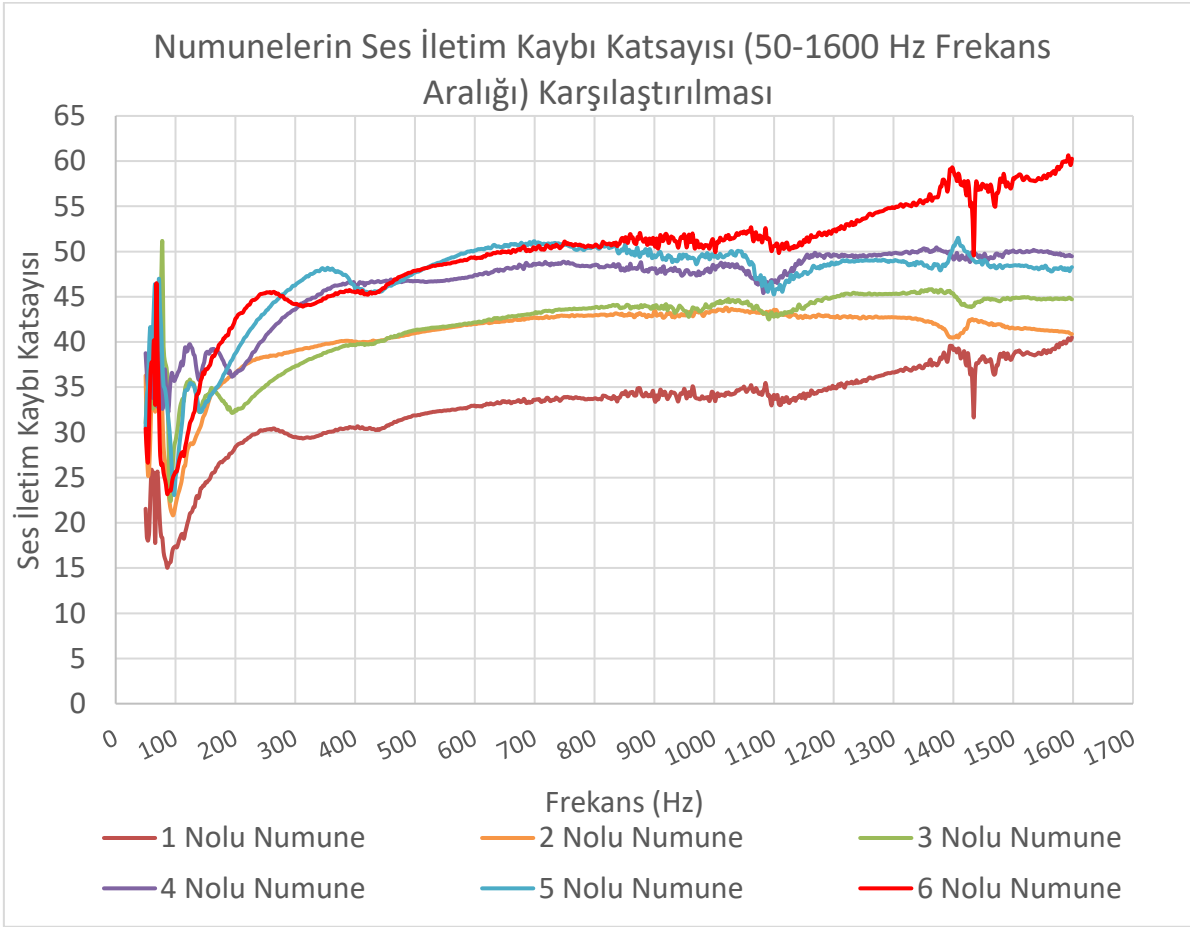


Şekil 4.2. Kompozit numunelerin yüksek frekans (250-6400 Hz) aralığındaki ses yutum katsayıları grafiği

4.3. Ses İletim Kaybı Katsayısı

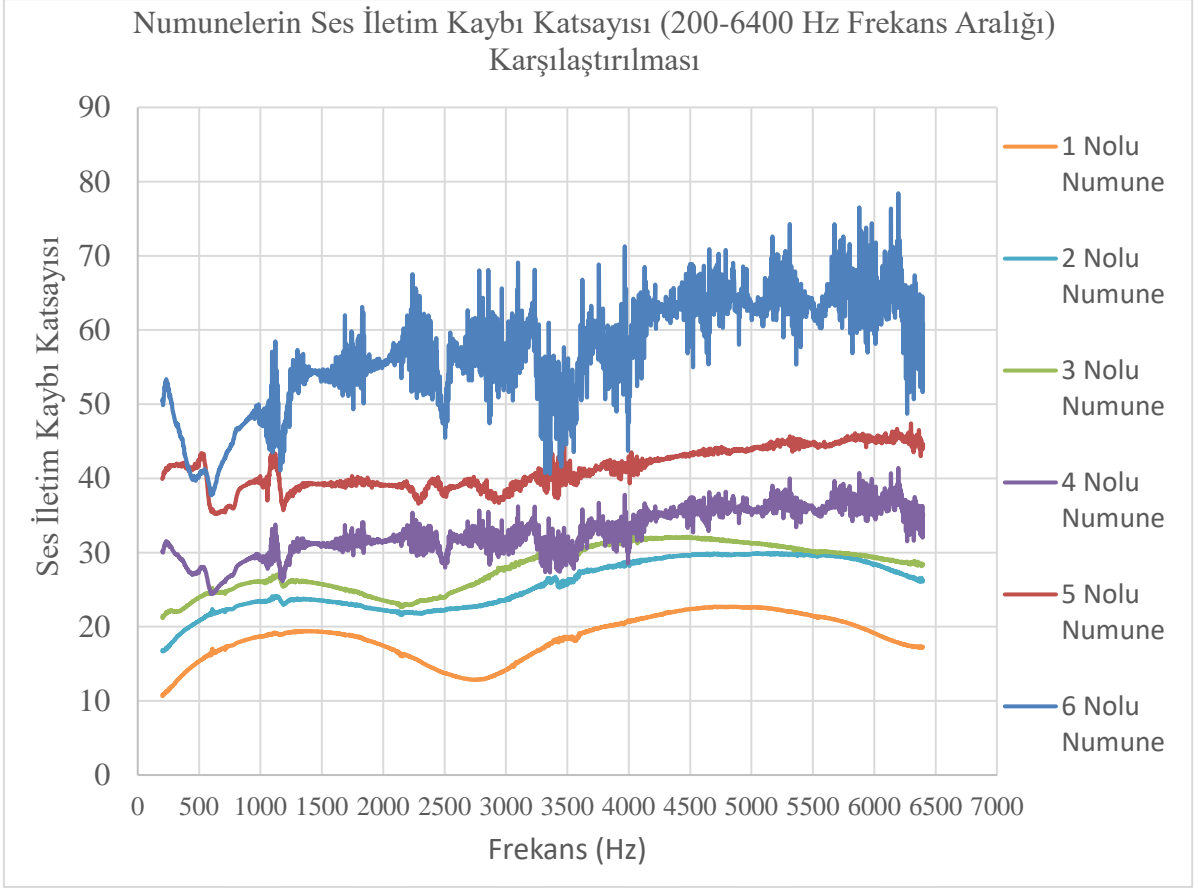
Ses iletim kaybı katsayısı deney sonuçlarından düşük frekans (50-1600 Hz) aralığına grafik şekil 4.3'te verilmiştir. Hazırlanan numuneler bu frekans aralığında birbirlerine benzer davranışlar göstermiştir.

Ses iletim kaybı katsayısı için yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığında gerçekleştirilen ses iletim kaybı katsayısı grafiği şekil 4.4'de verilmiştir. Hazırlanan numunelerden 1-2-3 numaralı olanlar, birbirlerine oldukça yakın davranışlar göstermektedir.



Şekil 4.3. Kompozit numunelerin düşük frekans (50-1600 Hz) aralığındaki ses iletim kaybı katsayıları grafiği

Numunelerden 4-5-6 numaralı olanlar, kendi aralarında benzer davranış göstermesine rağmen bu numunelerde artan-azalan değerler şeklinde dalgalanmalar görülmektedir. Bu dalgalanma, en fazla 6 numaralı %30 Mermer Tozu-%70 PUR içerikli numunede görülmektedir. Bunun sebebinin artan mermer tozu oranına bağlı olduğu düşünülmektedir.



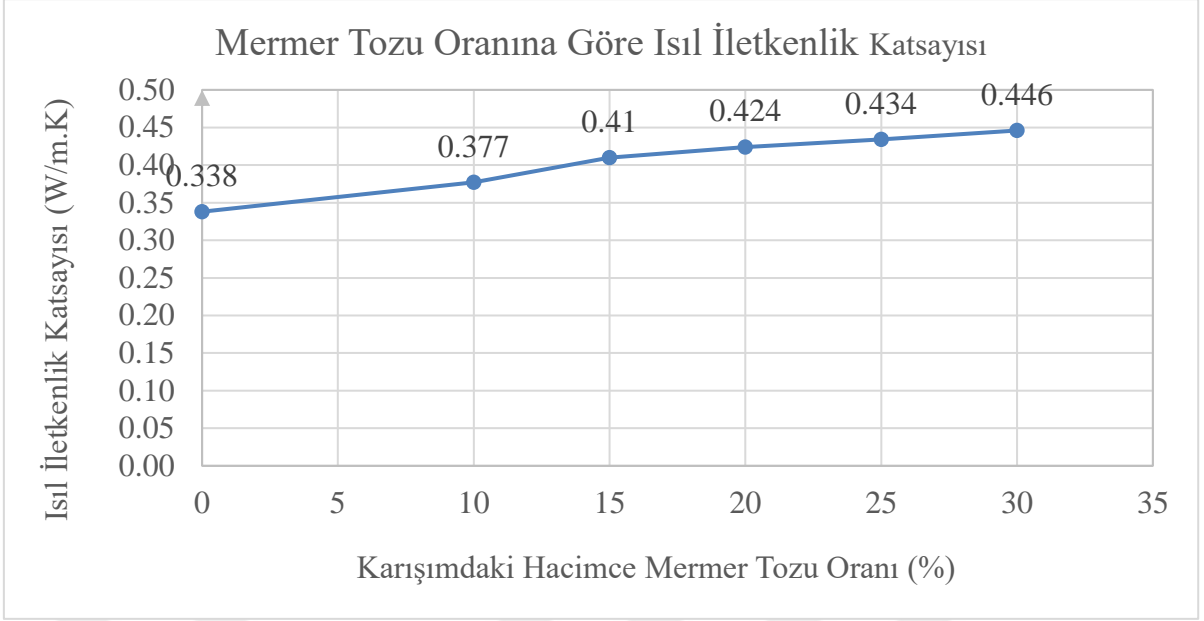
Şekil 4.4. Kompozit numunelerin yüksek frekans (250-6400 Hz) aralığındaki ses iletim kaybı katsayıları grafiği

4.4. Isıl İletkenlik Katsayısı

Kompozit malzemelere ait ısı iletkenlik katsayısı deney sonuçları, tablo 4.2’de verilmiş olup, ortaya çıkan değerler birbirlerine oldukça yakındır. Numunelerde mermer tozu oranının artmasıyla ısı iletkenlik katsayısı değeri artmıştır (Şekil 4.5).

Tablo 4.2. Kompozit numunelerin ısı iletkenlik ölçüm değerleri

Numune No	Kompozit Oranları (%)		Isıl İletkenlik Katsayısı (W/m.K)
	Mermer Tozu	Poliüretan	
1	0	100	0,338
2	10	90	0,377
3	15	85	0,410
4	20	80	0,424
5	25	75	0,434
6	30	70	0,446



Şekil 4.5. Kompozit numunelerin ısı iletkenlik katsayısı grafiği

5. SONUÇ

Üretim hızına paralel olarak, mermer fabrikası ve atölye sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu üretim noktalarında fazla miktarda mermer tozu açığa çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında, mermer üretimi sırasında açığa çıkan toz artıklar ile kaplama ve su yalıtım malzemesi olarak üretilen poliüretan malzeme karıştırılarak mermer tozu katkılı kompozit malzeme elde edilmiştir. Elde edilen kompozit malzemeye, ses yutum katsayısı, ses iletim kaybı katsayısı ve ısı iletkenlik katsayısı deneyleri uygulanmıştır. Böylelikle ses yalıtımı ve ısı yalıtımı incelenmiştir. Deneylerin yapılabilmesi için 3 farklı boyutta numune kalıbı yaptırılmıştır. Kalıplar 100 mm çapında 50 mm yüksekliğinde, 50 mm çapında 20 mm yüksekliğinde ve 30 mm çapında 50 mm yüksekliğinde poliamit içerikli silindirik sert plastikten yaptırılmıştır. Deneyler için yapılan karışımlarda 5 farklı hacimsel oran belirlenmiştir. Belirlenen mermer tozu-poliüretan oranı %10-%90 ,%15-%85, %20-%80, %25-%75 ve %30-%70 şeklindedir. Referans olması açısından %100 poliüretan malzeme, kalıpta bekletilerek referans numunesi olarak hazırlanmıştır. Referans numunesiyle birlikte 3 farklı kalıp boyutu için toplamda 18 adet numune hazırlanmıştır. Her karışıma ağırlıkça sabit 1 gr miktarda Metil etil keton peroksit (sertleştirici) eklenerek numunenin daha hızlı sürede katılaşması sağlanmıştır. Numunelerden 100 mm çapında, 50 mm yüksekliğinde olanlar düşük frekans (50-1600 Hz) aralığı ses yutum katsayısı ve düşük frekans (50-1600 Hz) aralığı ses iletim kaybı katsayısı için kullanılmıştır. Numunelerden 30 mm çapında, 50 mm yüksekliğindeki numuneler yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığı ses yutum katsayısı ve yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığı ses iletim kaybı katsayısı için kullanılmıştır. Isıl iletkenlik katsayısı ölçümünde ise 50 mm çapında, 20 mm yüksekliğindeki numuneler kullanılmıştır.

Mermer tozunun birim hacim ağırlığı yaklaşık $2,7 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Poliüretan malzemenin birim hacim ağırlığı ise yaklaşık $1,45 \text{ gr/cm}^3$ 'tür. Birim hacim ağırlığın düşük olması o malzemenin boşluklu ve gözenekli bir yapıda olduğunu gösterdiğinden poliüretan malzeme daha gözenekli ve boşluklu bir yapıya sahiptir. Hazırlanan mermer tozu poliüretan karışımında mermer tozunun hacimsel oranının artmasıyla birim hacim ağırlık artmıştır, Dolayısıyla malzemede ters orantılı olarak boşluk ve gözeneklilik azalmıştır.

Ses yutum katsayısı düşük frekans (50-1600 Hz) aralığı deney sonuçları incelendiğinde; mermer tozu bulunmayan 1 numaralı %100 PUR içerikli malzemede ses yutum katsayısı ortalama 0,013 birim, 2 numaralı %10 mermer tozu-%90 PUR içerikli numunede ortalama 0,019 birim, 3 numaralı %15 mermer tozu-%85 PUR içerikli numunede

ortalama 0,020 birim, 4 numaralı %20 mermer tozu-%80 PUR içerikli numunede ortalama 0,031 birim, 5 numaralı %25 mermer tozu-%75 PUR içerikli numunede ortalama 0,032 birim, 6 numaralı %30 mermer tozu-%70 PUR içerikli numunede ortalama 0,039 birim olarak ölçülmüştür. Düşük frekans (50-1600 Hz) aralığındaki deney sonuçlarına göre mermer tozunun, PUR malzemeye belirlenen tüm oranlarda eklenmesi ses yutum katsayısını düşük oranlarda artmıştır.

Ses yutum katsayısı deneylerinde frekans değeri arttıkça istikrarlı değerler yerine değişken değerler ortaya çıkmıştır. Ses yutum katsayısı yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığı deney sonuçları, düşük frekans (50-1600 Hz) aralığına göre artan-azalan şeklinde dalgalı bir grafik ortaya çıkmıştır. Grafikte 500-2000 Hz frekans aralığı ve 2800-4500 Hz frekans aralığı tüm grafiğe bakıldığında en istikrarsız kısımlardır. Frekans değeri 4500 Hz ve devamından sonra grafik daha kararlı hale geldiği görülmektedir. Deney sonuçlarına göre yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığında , % 20,%25 ve %30 hacim oranında mermer tozunun poliüretan malzemeye eklenmesinin ses yutum katsayısını arttırdığı söylenebilmektedir. Dolayısıyla % 20,%25 ve %30 oranlarında üretilecek mermer tozu katkılı poliüretan kompozit malzemeler iç mekanlarda ses yalıtımı sağlamak amacıyla kullanılabilir.

Ses iletim kaybı katsayısı deney sonuçları neticesinde, numunelerin 90 Hz-140 Hz frekans aralığında ses iletim kaybı katsayısı değerlerinde düşüş görülmektedir. Frekans 140 Hz ve sonrasında küçük artışlarla devam etmiştir. Frekans 250 Hz değerinden sonra mermer tozu oranı arttıkça ses iletim kaybı katsayısı doğrusal şekilde olmamasına rağmen artmaktadır. Yüksek frekans (200-6400 Hz) aralığında, düşük frekans (50-1600 Hz) aralığına göre daha belirgin farklar ortaya çıkmıştır. Değerlere bakıldığında, 1.numunede ses iletim kaybı 10-23 birim aralığında iken, 2.numune de 18-30 birim, 3.numunde 22-33 birim, 4.numunede 26-41 birim, 5.numunede 36-48 ve 6.numunede 38-78 birim aralığında olduğu tespit edilmiştir. Tuğlanın 250-4000 Hz frekans aralığındaki ses iletim kaybı katsayısı 36-43 birimdir. Numuneler tuğlaya göre avantajlı değildir. Ancak 6 numaralı numunenin ses iletim kaybı değeri tuğladan yüksek olabilmektedir. Binalarda ses yalıtımı amacıyla kullanılabilir.

Isıl iletkenlik katsayısı; Mermer tozu oranının artışı, hazırlanan numunelerin ısı iletkenlik katsayısını düşük oranlarda olmasına rağmen arttırmıştır. Isı yalıtımı ile ısı iletkenlik katsayısı arasında ters bir orantı bulunmaktadır. Tuğlanın ısı iletkenlik katsayısı (0,45) ile mermer tozu içerikli kompozit malzemelerin değerleri hemen hemen aynıdır. Ancak içeriğinde mermer tozu bulunmayan PUR'un ısı iletkenlik katsayısı (0,338) daha düşük olduğundan mermer tozunun ısı yalıtımı bakımından kullanılması gerekli değildir.

KAYNAKLAR

- Akın, E., 2007. Mermer Tozları ve Uçucu Kül ile Polimer Esaslı Kompozit Malzeme Üretimi, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,Türkiye
- Aksoy, U.T., ve Toktaş, S., 2011. Dış Duvar Uygulamalarında Ses Geçirimsizliği Ve Ses Yalıtımı Özellikleri. *e-Journal of New World Sciences Academy* 4, 30.
- Anonim, a. 2018. *MS Polimer Esaslı Akışkan Likit Membran Teknik Bilgi Formu*. http://fixa.com.tr/upload/2018/07/polymera-ms-fluid-ms-polimer-esasli-akis-kan-likit-membran_1.pdf (Erişim Tarihi:28.08.2018).
- Anonim, b., 2018. *2 Aşamalı Sistem Vaksları*. <https://www.poliya.com/tr/2-asamali-sistem-vakslari> (Erişim tarihi:02.09.2018).
- Anonim, c., 2018. *Mamüllerimiz Polyamid Naylon 6*. <http://www.nursanmakina.net/urun/polyamid-530.html> (Erişim Tarihi:17.08.2018).
- Anonim, d., 2018. *Testsens Kullanım Klavuzu*. <https://vdocuments.site/testsens-kullanim-klavuzu.html> (Erişim Tarihi: 22.10.2018).
- Anonim, e., 2018. *Termal İletkenlik Cihazları*. http://www.arma-ltd.com/tr/products/analytic/Termal_iletkenlik.htm (Erişim Tarihi:23.10.2018).
- BAKA., 2011. *Doğaltaş sektörü raporu*. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı http://baka.org.tr/uploads/1303486251_Dogaltas-TURKCE-KATALOG.pdf, (25.09.2018).
- Bilensoy, M., 2010. Mermer Fabrikaları Toz Atıklarının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
- Bilgin, A., Özkahraman, H.T., 2009. Marble potential of Isparta and some related problems. *International Symposium on Engineering and Architectural Sciences, Balkan Caucasus and Turkic Republics* Isparta,231-237.
- Ceylan, H., 2000. Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Çelik, M. Y., 1996. Mermer Artıklarının (Parça-Tozların) Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye.
- Çetin, T., 2003. Türkiye Mermer Potansiyeli Üretimi ve İhracatı, *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3,243-256.

Çopur, H., Bilgin, N., Balcı, C., Tumaç, D., 2008. *Doğal Taş Madenciliğinde Kullanılan Zincirli Kesme Makinelerinin Kazı Performanslarının Optimizasyonu*. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Proje No: 105M017, Ankara, Türkiye.

Demirkale, S. Y., 2008. *Yapı Elemanlarında Sesin Yayılması, Çeşitli Duvarların Ses Geçiş Kaybı Değerlerinin Karşılaştırılması*. <http://tukder.org.tr/wp-content/uploads/makaleler15.pdf>, (27.10.2018)

DPT., 2001. *Sekizinci Beş yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu* Devlet Planlama Teşkilatı Ankara. <http://www.sbb.gov.tr/Lists/zel%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/A> (30.07.2018).

Gündüz L., Şapçı. N. 2013. Mermerlerin Isıl Performansı ve Binalarda Enerji Verimliliğine Etkilerinin İncelenmesi. *Madencilik TMMOB Maden Mühendisleri Odası Dergisi*. 4,27-36.

İzoder., 2013. *İzoder Isı Su Ses ve Yangın Yalıtımcıları Derneği*. <https://www.izoder.org.tr/dosyalar/Bina-ve-Tesisatta-Isi-Yalitimi.pdf> (07/09/2018).

Korkmaz, E., 2016. Türkiye’de Doğal Taş ve Mermer Madenciliği İle Dış Ticaret İlişkisi. *Yalova Üniversitesi Paradigma Dergisi* 1,35.

Kuşcu, M. 2001. *Endüstriyel Kayaçlar ve Mineraller Kitabı*. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları, Isparta 10, 381.

Lappa Ş., Yıldız A., Demirbilek Ö., 1997. *Mermercilikte Atık Sorunu, Atıkların Değerlendirilmesi ve Çevre İlişkileri, Mermercilik Semineri Raporu*. Afyonkarahisar.

Sınıksaran, M., 2012. Volkanik Tüf Tozları ile Polimer Esaslı Malzeme Üretimi, Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.

Şahin, Y., 2000. Kompozit Malzemelere Giriş. *Ankara Gazi Kitabevi* Ankara, 1-16, 37-41, 65-68.

Şentürk, A., Gündüz, L., Tosun, Y.İ., Sarıışık, A., 1996. Mermer Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Yayını, Isparta, 242.

Tim., 2018. Türkiye İhracatçılar Meclisi (<http://www.tim.org.tr/tr/ihracat-rakamlari.html>, 01.02.2018).

TMMOB., 2014 *Burdur Gölü Havzası Mermer Ocakları Raporu* <https://www.tmmob.org.tr/sites/default/files/burdurkitap.pdf>, 54. (24.09.2018).

URL-1., 2018. *Polimer Malzemeler*, http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/70488/48708/termoset_poliuretan.pdf (Erişim Tarihi:1.11.2018).

- URL-2. 2017. http://kisi.deu.edu.tr/kamile.tosun/10.1._Fiziksel_ozellikler-web.pdf (Erişim Tarihi:17.11.2018).
- URL-3. 2018. <http://www.sesyalitimrehberi.com/teknik-bilgiler.htm> (Erişim Tarihi: 26.11.2018).
- URL-4. 2018. http://kisi.deu.edu.tr/abdullah.secgin/SGK_hafta_7.ppt (Erişim Tarihi:30.10.2018).
- URL-5. 2018. *Technical Review* <http://www.bksv.com/doc/bv0059.pdf> (Erişim Tarihi:1/12/2018).
- Vidinlimen, G. T., 2010. Otomotiv Endüstrisinde kullanılan Gözenekli Malzemelerin Akustik Özellikleri ve Analizi Yüksek Lisans Tezi . İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,Türkiye.
- Yıldırım, R., 2005. Ceviz Kabugundan Polimer Kompozit Levha Üretimi Ve Bazı Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi.Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara,Türkiye.
- Yıldız Ö., Eskikaya Ş., 1995. Afyon Mermeri Toz Atıklarının Değerlendirilmesi. *Türkiye I.Mermer Sempozyumu Kitabı*, 45–52.
- Yıldız, A. H., 2008. Mermer Toz Atıklarının Yol İnşaatında Değerlendirilmesi, Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.
- Yüçetürk, G. 2010. Göller Yöresindeki Kayaçların Minerolojik ve Petrografik Özelliklerinin Yapay Mermer Kalitesine Etkileri, Doktora tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, Türkiye.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Yusuf EKİNCİ
Doğum Yeri ve Yılı : Burdur 17.01.1985



<u>Eğitim Durumu</u>	<u>Yıl</u>
Lise : Burdur Anadolu Lisesi	2003
Lisans : Selçuk Üniversitesi/Maden Mühendisliği	2011
Yüksek Lisans :	

<u>Çalıştığı Kurum / Kurumlar</u>	<u>Yıl</u>
1- İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi	2012-2016
2- Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2016-