

T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLYESTER ESASLI TANELİ KOMPOZİTLERİN
(MERMERİT) BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK
ÖZELLİKLERİNE BİLEŞENLERİNİN ETKİSİ

Oktar SOYKAN

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2012

TEZ ONAYI

Oktar SOYKAN tarafından hazırlanan “**Polyester Esaslı Taneli Kompozitlerin (Mermerit) Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Bileşenlerinin Etkisi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖZEL
Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

(İmza)

Jüri Üyeleri :
Doç. Dr. Serdal TERZİ
Süleyman Demirel Üniversitesi Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

(İmza)

Yrd. Doç. Dr. Osman GENÇEL
Bartın Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

(İmza)

Prof. Dr. Mehmet Cengiz KAYACAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Kompozit Malzeme Tanımları	3
2.1.1. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması.....	4
2.1.2. Kompozit malzemelerin gelişimi ve kullanım alanları	4
2.2. Mermerit.....	5
2.3. Polimer Beton	8
2.3.1. Polimer betonların yapısı	9
2.3.2. Polimer betonların özellikleri.....	12
2.3.3. Polimer betonların kullanım alanları.....	14
2.4. Polimer Beton Üretiminde Kullanılan Minerallerle İlgili Yapılmış Çalışmalar .	15
2.4.1. Mermer ile ilgili yapılmış çalışmalar	15
2.4.2. Andezit ile ilgili yapılmış çalışmalar	19
2.4.3. Arduvaz ile ilgili yapılmış çalışmalar	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	27
3.1. Mineral Tozların Seçimi ve Sağlanması	30
3.2. Polyester.....	30
3.3. Kimyasal Katkılar	32
3.3.1. Mekp	32
3.3.2. Kobalt.....	33
3.3.3. Kalıp Ayırıcı	34
3.4. Karışım Metodu	35
3.5. Polimer Beton Deneyleri ve Kullanılan Cihazlar.....	36

3.5.1. Kırma-öğütme makinesi.....	36
3.5.2. Elektronik terazi	36
3.5.3. Karıştırıcı (mikser).....	37
3.5.4. Reaksiyon sıcaklık ölçümü deneyi.....	37
3.5.5. Birim hacim ağırlık deneyi	38
3.5.6. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi.....	38
3.5.7. Kapiler su emme	39
3.5.8. Ultrases geçiş hızı tayini	40
3.5.9. Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi	41
3.5.10. Basınç dayanımının belirlenmesi	41
3.5.11. Eğilme dayanımının belirlenmesi	42
3.5.12. Aşınma dayanımının belirlenmesi	42
3.5.13. Donma çözünme dayanımının belirlenmesi.....	43
3.5.14. Çizilme deneyi	44
3.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	45
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	48
4.1. Minerallerin Fiziksel Özellikleri.....	48
4.2. Minerallerin Los Angeles Deney Sonuçları.....	49
4.3. Karışım Oranları.....	50
4.4. Teorik Birim Hacim Ağırlık.....	51
4.5. Üretilen Numunelerin Deney Sonuçları.....	51
4.5.1. Yaş birim hacim ağırlık.....	51
4.5.2. Kuru birim hacim ağırlık.....	52
4.5.3. BHA'lar arasındaki ilişkiler	53
4.5.4. Reaksiyon sıcaklıkları	54
4.5.5. Basınç mukavemeti	56
4.5.6. Schmidt yüzey sertliği.....	61
4.5.7. Ortam sıcaklığındaki değişimin basınç mukavemetine etkisi.....	64
4.5.8. Eğilme mukavemeti	75
4.5.9. Aşınma dayanımı deney sonuçları	79
4.5.10. Kapiler su emme deney sonuçları	80
4.5.11. Ultrases geçiş hızı tayini	80

4.5.12. Donma çözünme sonrası basınç mukavemeti	80
4.5.13. Çizilme yüzey sertliği deneyi.....	81
4.6. Bulanık Mantık Modeli	81
5. SONUÇLAR	87
6. KAYNAKLAR	90
EKLER.....	98
ÖZGEÇMİŞ	105

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

POLYESTER ESASLI TANELİ KOMPOZİTLERİN (MERMERİT) BAZI FİZİKSEL VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE BİLEŞENLERİNİN ETKİSİ

Oktar SOYKAN

**Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖZEL

Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan atıkların miktarı ve çeşitleri de her geçen gün artmaktadır. Günümüzde bu atıkların oluşturduğu çevre kirliliği ve bu ürünlerin üretilmesinde kullanılan hammaddelerin hızla tükenmesi bu atıklardan tekrar yararlanmayı zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışmada mermer atık parçaları, andezit atık parçaları ve arduvaz atık parçalarının farklı elek aralıkları kullanılarak iki farklı polyester tipi ile (P-3455, P-314) polyester esaslı kompozit malzeme üretiminde değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Polyester esaslı kompozitlerin (mermerit) mekanik ve fiziksel özelliklerine polyester tipinin (2 farklı), mineral tipinin (3 farklı) ve agrega çapının (7 farklı) etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda polyester tipinin, mineral tipinin ve agrega çapının Polyester esaslı kompozitlerde etkili olduğu belirlenmiştir. Üretilen numunelere taze (taze birim hacim ağırlık(BHA), reaksiyon sıcaklığı) ve sertleşmiş (basınç mukavemeti, eğilme mukavemeti, sertleşmiş BHA, schmidt yüzey sertliği, ultrases geçiş hızı tayini, farklı sıcaklıklar altındaki basınç mukavemeti değişimi, aşınma dayanımı, çizilme, kapiler su emme) deneyler uygulanmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda polyester tipi, mineral tipi ve tane çapına göre Polyester esaslı kompozitlerin taze ve sertleşmiş özelliklerinin değiştiği, mineral tipinin ve tane çaplarının bu değişimlerle yüksek derecede ilişkili olduğu, bununla birlikte bu parametrelerin tek başlarına doğrudan etkili olmadığı polyester tipinin minerallerle girdiği reaksiyonunda etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Polyester, mermer, andezit, arduvaz, mermerit.

2012, 116 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

EFFECT OF COMPONENT SPECIFICITY ON SOME PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF GRANULATED COMPOSITES WITH POLYESTER MATRIX (ARTIFICIAL MARBLE)

Oktar SOYKAN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Construction Education**

Supervisor : Assit. Prof. Dr. Cengiz ÖZEL

The amount and types of wastes emergent from developing technology is increasing every day. Today environmental pollution and the waste formed the rapid depletion of raw materials used in the manufacture of these products benefit these wastes requires again.

In this study, waste pieces of marble, waste pieces of andesite and slate waste fragments and pieces have been used different mesh ranges of different mesh polyester type (P-3455, P-314) to evaluate the production of polyester-based composite material. Polyester resins (mermerit), mechanical and physical properties of polyester type (2 different), mineral type (3 different), and the diameter of aggregates (7 different) the effect have been investigated. As a result of the scientific study polyester type of the mineral type and aggregate diameter of the polyester-based composites are effective. Composites produced fresh (fresh BHA, the reaction temperature) and hardened (compressive strength, flexural strengthhard BHA, schmidt surface hardness, ultra-sound determination of the transition rate, change in compressive strength under different temperatures, abrasion resistance, scratch, capillary water absorption) tests were applied. As a result of experimental studies, the type of polyester, polyester-based composites based on mineral type and particle diameter changes of fresh and hardened properties, mineral type and particle diameter is associated with a high degree of these changes, but polyester is not effective alone directly into the type of minerals are found to be effective in the reaction.

Keywords: Polyester, marble, andesite, slate, artificial marble

2012, 116 pages

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımı yönlendirmesinde, araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar insani ilişkilerde de sonsuz desteğiyle gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Cengiz ÖZEL'e, en derin saygılarımla teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sürecinde bilgi ve tecrübelerini esirgemedен paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Mümin FİLİZ'e teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmasının deney aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Bayram YILDIRIM ve Alper TOPSAKAL'a teşekkür ederim.

2983-YL-11No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına teşekkür ederim.

Ayrıca Yüksek Lisans çalışmasının her aşamasında özveri ile emek veren ve her zaman yanımda olarak beni yalnız bırakmayan sevgili ailem babam İzzettin SOYKAN'a ve annem Gülnar SOYKAN'a, nişanlım Tuba AK'a ve arkadaşlarım Yunus EKİZ, Burak AKSÖZ ile Hasan POLAT'a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Oktar SOYKAN
ISPARTA, 2012

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Üretilen numunelerde kullanılan malzemelere ait akış şeması.....	29
Şekil 3.2. Numune üretimi aşamaları.....	35
Şekil 3.3. Çeneli kırıcı.....	36
Şekil 3.4. Elektronik teraziler.....	36
Şekil 3.5. Karıştırıcı (mikser).....	37
Şekil 3.6. Kızılötesi termometre.....	38
Şekil 3.7. Ultrases cihazı.....	40
Şekil 3.8. Schmidt cihazı ve kalibrasyon örsü	41
Şekil 3.9. Beton basınç presini	42
Şekil 3.10. Böhme yüzey aşındırma cihazı	43
Şekil 3.11. Donma-çözünme deneyinde kullanılan cihazlar	44
Şekil 3.12. Metkon mikro sertlik ölçüm cihazı	44
Şekil 3.13. Klasik sistem	46
Şekil 3.14. Bulanık mantığın temel elemanları	46
Şekil 4.1. Tane çapına göre özgül ağırlıklar	49
Şekil 4.2. Polimer betonların ağırlıkça karışım oranları	50
Şekil 4.3. Teorikte numunelerin BHA değerleri	51
Şekil 4.4. Mermer için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri. 53	
Şekil 4.5. Andezit için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri. 53	
Şekil 4.6. Arduvaz için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri 54	
Şekil 4.7. P-3455 Matrisli numunelerin reaksiyon sıcaklıkları.....	55
Şekil 4.8. P-314 Matrisli numunelerin reaksiyon sıcaklıkları.....	55
Şekil 4.9. Basınç mukavemeti değerleri.....	57
Şekil 4.10. Mermer serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi	58
Şekil 4.11. Andezit serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi	58
Şekil 4.12. Arduvaz serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi	59
Şekil 4.13. P-3455 Matrisli numuneler için basınç mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişim.....	60
Şekil 4.14. P-314 Matrisli numuneler için basınç mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişim	60

Şekil 4.15. Mineral tip ve boyutunun polyester tipi üzerindeki etkisi	61
Şekil 4.16. Schmidt yüzey sertliği değerleri	62
Şekil 4.17. Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi	63
Şekil 4.18. Farklı sıcaklık altındaki basınç mukavemeti değerleri	64
Şekil 4.19. P-3455 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	65
Şekil 4.20. P-3455 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri.....	66
Şekil 4.21. P-314 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	67
Şekil 4.22. P-314 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri	67
Şekil 4.23. P-3455 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	68
Şekil 4.24. P-3455 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri.....	69
Şekil 4.25. P-314 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	69
Şekil 4.26. P-314 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri.....	70
Şekil 4.27. P-3455 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	71
Şekil 4.28. P-3455 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri.....	71
Şekil 4.29. P-314 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi	72
Şekil 4.30. P-314 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri.....	73
Şekil 4.31. Eğilme mukavemeti değerlerinin değişimleri	76
Şekil 4.32. Basınç - Eğilme mukavemeti ilişkileri.....	77
Şekil 4.33. P-3455 Matrisli numuneler için eğilme mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişimleri	77

Şekil 4.34. P-314 Matrisli numuneler için eğilme mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişimleri.....	78
Şekil 4.35. Mineral tip ve boyutunun polyester tipi üzerindeki etkisi	79
Şekil 4.36. Aşınma sonrası kalınlık kaybı.....	80
Şekil 4.37. Geliştirilen modelin genel yapısı	81
Şekil 4.38. BHA ait üyelik fonksiyonları.....	82
Şekil 4.39. Minerallerin özgül ağırlıklarına ait üyelik fonksiyonları.....	82
Şekil 4.40. Polyesterlerin özgül ağırlıklarına ait üyelik fonksiyonları.....	83
Şekil 4.41. Basınç mukavemetine ait üyelik fonksiyonları.....	83
Şekil 4.42. Eğilme mukavemetine ait üyelik fonksiyonları	84
Şekil 4.43. Ağırlık merkezi hesaplama sistemi.....	84
Şekil 4.44. Kuralların bir kısmı.....	84
Şekil 4.45. Basınç dayanımı için deneysel – model sonuçları ilişkisi	85
Şekil 4.46. Basınç dayanımı için deneysel – model sonuçları dağılımı.....	85
Şekil 4.47. Eğilme dayanımı için deneysel – model sonuçları ilişkisi.....	86
Şekil 4.48. Eğilme dayanımı için deneysel – model sonuçları dağılımı	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Polimer betonların özellikleri	12
Çizelge 3.1. Deneilerde takip edilen standart ve yöntemler.....	28
Çizelge 3.2. P 3455 özellikleri	31
Çizelge 3.3. P 3455 özellikleri	31
Çizelge 3.4. Mekp özellikleri	32
Çizelge 3.5. Kobaltın özellikleri	33
Çizelge 3.6. Wax özellikleri	34
Çizelge 4.1. Minerallerin özgül ağırlıkları.....	48
Çizelge 4.2. Kimyasalların özgül ağırlıkları	49
Çizelge 4.3. Los Angeles deney sonuçları	50
Çizelge 4.5. Yaş birim hacim ağırlık değerleri	52
Çizelge 4.6. Kuru birim hacim ağırlık değerleri	52
Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklardaki basınç mukavemeti schmidt değeri belirleyicilik katsayıları	74

SİMGELER DİZİNİ

A	Mineral elek aralığı 0.075-0.150 (mm)
B	Mineral elek aralığı 0.150-0.180 (mm)
C	Mineral elek aralığı 0.180-0.425 (mm)
D	Mineral elek aralığı 0.425-0.600 (mm)
E	Mineral elek aralığı 0.600-1.180 (mm)
F	Mineral elek aralığı 1.180-2.360 (mm)
G	Mineral elek aralığı 2.360-4.000 (mm)
P-3455	Dolgu tipi polyester
P-314	Dolgu tipi polyester (yanmaya karşı dirençli)
US	Ultrases geçiş hızı (km/sn)
h_w	Atmosfer basıncı altında hacimce su emme, %
Mekp	Metil Etil Keton Peroksit

1. GİRİŞ

İnsanların malzemeyle tanışması insanlık tarihi kadar eskidir. İnsanlığın varoluşundan itibaren malzemeye ihtiyaç duyulmuştur. İnsanoğlu malzemeyi ilk başta doğada var olduğu gibi kullanmaya çalışmıştır. İnsanoğlunun malzeme kullanma yetisi arttıkça doğada var olan malzemelere ve hazır bulunan malzemeye şekil verme ihtiyacı duymuştur. Doğada var olan malzemeler tek başına yetersiz kalmıştır. Gelişen teknoloji ile de ihtiyaçlar doğrultusunda doğada bulunan malzemeler bir araya getirilerek yeni özelliklere sahip kompozit malzeme elde edilmiştir.

Sanayi devrimiyle gelişen dünyamızda ise artık doğada bulunan malzemelerin özelliklerinin tek başına yetmediği, bu doğrultuda birden çok malzeme bir araya getirilerek kompozit malzemeler üretilmeye başlanmıştır. Sanayi devrimi kompozit malzeme devriminin de başlangıcı olarak nitelendirilebilir.

Teknolojinin de gelişmesiyle ortaya çıkan endüstriyel atıkların miktarı ve çeşitleri her geçen gün artmıştır. Günümüzde bu atıkların oluşturduğu çevre kirliliği ve bu ürünlerin üretilmesinde kullanılan hammaddelerin hızla tükenmesi bu atıklardan tekrar kullanılmasını gerektirmiştir. Toplanan atıkların tamamı geri dönüştürülmemektedir. Bununla birlikte bu malzemelerin geri dönüştürülmesi için gelişmiş teknoloji gerekmektedir. Özellikle endüstriyel atıkların geri dönüştürülmesi yerine alternatif malzeme geliştirilmesinde kullanılarak ekonomiye kazandırma çalışmaları uzun süredir devam etmektedir.

Gelişen hızlı kentleşme ve sanayileşmede açığa çıkan bu malzemelerin yapı sektöründe değerlendirilip geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yapı sektörü, kullanılan (taşıyıcı, kaplama, yalıtım, dekoratif vb. amaçlı) malzeme çeşitliliğinin en yüksek olduğu sektörlerden biridir. Üretilen yeni malzemenin hammaddeden üstün ve farklı özellikler göstermesi amaçlanır. Bu sayede ekolojik denge sağlanıp, işlevselliği farklı yeni malzemeler üretilmiştir.

Mermerit (yapay mermer), polyester (reçine) içinde mermer tozunun homojen dağıtılmasıyla elde edilmektedir. Bununla birlikte üretiminde standart yöntem ve metotlar bulunmamakla birlikte daha ziyade geleneksel yöntemlerle üretilmektedir. Polyester üretim sürecinde akışkan bir malzeme olup karışımda sertleştirici madde kullanımı ile Metil Etil Keton Peroksit (mekp) zamanla sertleşmektedir. Sertleşme sürecini kontrol etmek için ayrıca priz hızlandırıcılar da (kobalt) kullanılabilir. Mermer tozunun karışıma dahil edilmesi ile de iki fazlı bir kompozit malzeme elde edilmektedir. Literatürde mermerit konusunda yapılmış çok fazla akademik çalışma bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, polyester esaslı taneli kompozitler (mermerit) araştırılmış olup polyester, mineral toz, kobalt, mekp bileşiminden polimerli kompozit malzeme üretilmiştir. Polyester esaslı taneli kompozitin (mermerit) fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde mineral toz boyutunun, mineral tipinin ve polyester tipinin etkisi araştırılmıştır. Deneysel veriler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Üretilmiş olan mermeritlerin mekanik özellikleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde konunun genel açıklamasına değinilmiştir.

İkinci bölümde araştırma ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Üçüncü bölüm olan materyal ve yöntem kısmında çalışmanın deneysel aşamasında kullanılan malzemeler, bu malzemeler üzerinde yapılan tanımlayıcı ön deneyler ve araştırma deneylerinde kullanılan cihazlar ve deneylerin yapıları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler sunulmuştur.

Beşinci bölümde ise, elde edilen verilere göre çıkarılan sonuçlar tartışılmış ve öneriler yapılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kompozit Malzeme Tanımları

İnsanoğlunun ihtiyaçlarına göre malzeme kullanımı artmış ve değişen doğa şartlarına göre biçimlendirilip geliştirilmiştir. Malzemelerin tek başına gösterdikleri özellikler ihtiyacı karşılamayınca, iki veya daha fazla malzemeyi bir araya getirerek malzemelere yeni özellikler kazandırılmıştır. Böylelikle kompozit malzemelerin üretilmesine başlanılmıştır. Günümüzde her alanda kullanılan kompozit malzemeler oluşum şekillerine, bağlayıcı malzemesine ve işlevine göre ayrılmıştır.

Kompozit malzeme “mevcut ve/veya ayrı iki veya daha çok malzemeyi fiziksel olarak karıştırmak yoluyla elde edilen ve kendisini oluşturan malzemenin her birinden farklı özelliklere sahip olan çok bileşenli malzeme” olarak tanımlanmaktadır (Ersoy, 2005).

Teknolojide kompozit malzemeler 1940’lı yıllarda havacılık sektörüne hizmet vermek üzere geliştirilmeye başlanmıştır. Amaç, çelik ve alüminyum alaşımları gibi konvansiyonel malzemelerin yerine daha düşük ağırlıklı ancak daha mukavemetli, sertlik değeri, aşınma dayanımı ve kırılma tokluğu yüksek malzemelerin geliştirilmesidir (Özdemir, 2006).

Kompozit malzemede aranan özellikler; insan yapısı olmaması, dolayısıyla doğal bir malzeme olması, kimyasal bileşimleri birbirinden farklı belirli ara yüzeylerle ayrılmış en az iki malzemedен oluşması, farklı malzemelerin üç boyutlu olarak bir araya getirilmesi, bileşenlerin hiç birinin tek başına sahip olmadığı özellikleri taşımasıdır. Buna göre malzeme, mikroskobik açıdan heterojen bir malzeme özelliği göstermekle birlikte makroskobik açıdan da homojen bir malzeme gibi davranmaktadır (Askeland, 1998).

2.1.1. Kompozit malzemelerin sınıflandırılması

Kompozitlerin gruplandırılmasında kesin sınırlar çizmek mümkün olamamakla birlikte, yapıdaki malzemelerin formuna göre bir sınıflama yapmak mümkündür (Özdemir, 2006).

Kompozitlerin sınıflandırılması;

- Fiber takviyeli,
- Parçacık takviyeli,
- Tabakalı,
- Karma (hibrid).

Bununla birlikte farklı sınıflandırmalarda literatürde mevcuttur (Ersoy, 2005).

2.1.2. Kompozit malzemelerin gelişimi ve kullanım alanları

Kompozit malzemelerin bilinen en eski ve en geniş kullanım alanı inşaat sektörüdür. Yapıda ilk kompozit malzeme örneğine saman ile liflendirilmiş çamurdan yapılan duvarlarda rastlanabilir. Bugün taş, kum, kireç, demir ve çimento ile oluşturulan kompozit malzeme evlerimizi oluşturmaktadır. Kompozit malzemeye en güncel örneklerden biri de kağıttır. Selüloz ve reçineden oluşan kağıt, günümüzde yaşamımızın her alanında eşsiz bir kullanım aracı olarak insanlığın hizmetine sunulmuştur (Yıldızhan, 2008).

Günümüzde kompozit malzemelerin kullanım alanı çok geniş boyutlara ulaşmıştır. Kompozit malzemelerin başlıca kullanım alanları ve bu alanlarda sağlanan avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- **İnşaat Sektörü:** Cephe korumaları, tatil evleri, büfeler, otobüs durakları, soğuk hava depoları, inşaat kalıpları birer kompozit malzeme uygulamalarıdır. Tasarımı esnek ve kolay olmakta, nakliye ve montajda büyük avantajlar sağlamaktadır. İzolasyon problemi çözülmekte ve bakım giderleri azalmaktadır.

İnşaat sektöründe büyük kullanım alanı bulan kompozitlerden biri de polimer betonlardır. Polimer betonlar ayrıca mühendisliğin her dalında da büyük kullanım alanına sahip bir kompozit malzemedir.

➤ **Diğer Sektörler;** şehircilik, ev aletleri, elektrik ve elektronik sanayi, havacılık sanayi, otomotiv sanayi, iş makineleri ve tarım sektörüdür (Ersoy, 2001).

2.2. Mermerit

Mermer olarak kullanılan taşlar, mineralojik ve oluşum şekillerine göre üç kısımda toplanabilirler. Bunlar; kökensel olarak sedimanter, magmatik ve metamorfik mermerlerdir.

Sedimanter (tortul) Mermerler, kireçtaşları, travertenler ve konglomeralar oluşturmaktadır. Bunlar her üç kayaç grubunun ayrışıp taşınması, yerin çukur kısımlarında depolanması ve daha sonra diyajenez geçirmesi sonucu meydana gelmişlerdir (Şentürk vd., 1996).

Magmatik mermerler, sedimanter olanlara göre daha dayanıklı olup çıkartılmaları ve işlenmeleri daha zordur. Magmatik kayaçlar kendi aralarında yüzey, damar ve derinlik kayaçları olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bu kayaçlar içerisinde mermer olarak değerlendirilenler; granit, siyenit, gabro ve serpantin gibi derinlik kayaçlarıdır. Yüzey kayacı olarak en çok kullanılanları; Trakit ve andezitler oluşturmaktadır. Bazaltlar ise; boşluklu olmaları nedeni ile mermer olarak değerlendirilememektedir. Magmatik mermerler çıkarılma ve işlenme zorluklarına rağmen basınç ve aşınma dirençlerinin yüksek olması, kristal yapısı ve içerisindeki minerallere bağlı olarak zengin renk ve desene sahip olmaları ve uzun süre cilalarını korumaları gibi nedenler dolayı tercih edilmektedirler (Özel vd., 2012).

Metamorfik Mermerler, kireçtaşlarının kontak ve bölgesel metamorfizma geçirmeleri sonucu kireçtaşlarına vücut veren kalsit minerallerinin yeniden kristallenmesi sonucu oluşmuş olan asıl mermerlerdir. Yer kabuğundaki her çeşit kayacın kimyasal

bileşimini koruyarak sıcaklık, basınç ve kimyasal olaylar sonucu yeni doku kazanmasıyla oluşan kayalardır. Bunların dokuları masif, şistik ve porfiroplastik dokulardır. Bunların içinde en önemli olanı bilimsel mermer tanımına uygun olan kireçtaşı ve dolomitlerin sıcaklık ve basınç altında yeniden kristalleşmeleri ile oluşan hakiki mermerlerdir. Diğerleri ise kristalin şistler olup volkanik ve sedimanter kayaların yapı ve bileşimlerinin değişmesi ile meydana gelir. Bunlar gnays, şist, kuvarsit, fillit, anfibolit gibi kayalar olup, bunlar ülkemizde gnays mermer olarak değerlendirilmektedir (Şentürk vd., 1996).

Mermer Tozu

Gelişen endüstri ve teknoloji ile mermer hemen hemen her yerde kullanılabilir hale geldiği ve buna paralel olarak da mermer üretiminin arttığı bilinmektedir. Dünyadaki kaliteli ve en zengin mermer yataklarının büyük bölümü Akdeniz ülkelerinde yer almaktadır. Mermer ve diğer yapı taşları (granit, siyenit, andezit, arduvaz, bazalt, gabro, diyabaz, gnays, mika şist, traverten, oniks mermer vb) ülkemizde her bölgede bulunan yer altı zenginliklerindedir. Mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi gerekmektedir. Kesme işlemi sonunda mermer tozu (MT) ortaya çıkmaktadır. Mermerlerin kesiminde soğutma suyu kullanıldığından ve toz bastırıcı olarak sulu kesim yapıldığından, mermer kesiminden çıkan ince şlam boyutundaki parçacıklar başlangıçta ıslak olarak depo edilmekte veya doğrudan araziye bırakılmaktadır. Dolayısıyla çevre kirlenmesi söz konusudur. Mermer atıkları, oluşum yerlerine göre ocakta oluşan ve fabrikada oluşan atıklar olarak, boyutlarına göre ise; Molozlar, Kapaklar, Paledyenler ve Tozlar olarak gruplandırılır. Mermer tozu, en küçük boyutlu mermer atıklarıdır. Mermer işleme tesislerinde blokların ve plakaların kesilmesi sırasında oluşan, öğütme işlemine tabi tutulmadan kolloidal yapıda bulunan ve büyük çoğunluğu da 250 µm'nin altında olan mermer tanecikleridir. Mermer atıkları ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda, MT tane boyutlarının tamamına yakın bir kısmının 0.2 mm'nin altında olduğunu göstermiştir (Görhan vd., 2008).

Yapay mermer, mekanik dayanımı yüksek, farklı kimyasal ve sıcaklık şartlarına dayanımlı, polyester ile mineral dolgulardan oluşmuş üç boyutlu işlenebilen, son derece sağlıklı ve albenisi olan homojen bir yapı malzemesidir. Kalsit, dolomit, kuvars ve diğer mineral türlerinin, değişik polyester (reçine) grupları ile belirli döküm metotları kullanılarak yapılan yapay mermerler, doğal mermer ve granite göre daha elastik ve mekanik olarak da daha dayanıklıdır. Yapay mermer çeşitleri, renk ve desen olarak sınırsız bir zenginlik sunmaktadır.

Ayrıca tasarlanabilen her şekil ve ebatta kalıplanarak fabrikasyon olarak üretimi yapılabilmektedir. Uygulanacak mekanın boyutları, mimari özellikleri, birlikte kullanılacağı diğer eşyalarla tam bir uyumluluk sağlanabilir. Renkli yapay mermer üretiminde kullanılacak pigmentler inorganik kökenli olmalı ve kullanılacak pigmentin miktarının malzeme ağırlığının % 6'sını aşmamalıdır (Yüçetürk, 2010).

Mermerit (Yapay Mermer) polyester (reçine) içinde mermer tozunun homojen dağıtılmasıyla elde edilir. Bununla birlikte üretiminde standart yöntem ve metotlar bulunmamakla birlikte daha ziyade geleneksel yöntemlerle üretilmektedir. Polyester üretim sürecinde akışkan bir malzeme olup karışımda sertleştirici madde kullanımı ile (mekp) zamanla sertleşmektedir. Sertleşme sürecini kontrol etmek için ayrıca priz hızlandırıcılar da (kobalt) kullanılabilir. Mermer tozunun karışıma dahil edilmesi ile de iki fazlı bir kompozit malzeme elde edilmektedir.

Literatürde Mermerit konusunda yapılmış çok fazla akademik çalışma bulunmamaktadır. Yapılmış olan iki çalışma aşağıda sunulmuştur.

Yüçetürk (2010), Göller bölgesindeki kayaçların minerolojik ve petrografik özelliklerinin yapay mermer kalitesine etkileri ile Isparta ve yöresindeki mermer atıklarının yapay mermer üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada 9 farklı ocaktan elde edilen mermer atığı, 1 adet andezit (traki) atığı, 2 adet traverten atığının Mermerit üretiminde kullanılabilirliğini araştırmıştır. Çalışmasında polyester reçine/mineral toz (PR/MT) oranını tüm karışımlar için sabit (0.31) olarak kullanmıştır. Çalışma sonucunda yapay mermerin fiziko-mekanik

özelliklerinin doğal taşlardan elde edilen mermerlerden daha iyi sonuçlara sahip olduğunu, bünyesine su almayı, özgül ağırlığının düşük olması ile yapıya getireceği zati yükün doğal mermerlere oranla çok daha düşük olduğunu, tek eksenli basınç dayanımının mermerler için standartlaştırılmış değerlerin üstünde olduğu belirtmiştir. Ayrıca Mermerit işlenebilirliğinin beton gibi kalıplama tekniği kullanılarak istenilen özellikte ve şekilde döküle bilmeye imkan vermesi ve ülkemizde çıkartılan mermerlerin % 40'nın atık olarak atıl durumdan endüstriye kazandırılması ile ülke ekonomisine katkı sağlayacağı için mermer üretiminde kullanılmasının faydalı olacağını belirtmiştir.

Gökalp (2006), yaptığı çalışmada saf termoset polyester levha ile odunsu materyal kullanılarak üretilen polyester esaslı levhaların (Mermerit) fiziksel, mekanik ve bazı yüzey özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen Mermerit'lerin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerinde, farklı elek boyutlarındaki odunsu materyalin ve kullanım oranlarının etkili olduğu belirlenmiştir. Odunsu levhaların, birim hacim ağırlık, kalınlık artışı, su alma, eğilme direnci, eğilmede elastikiyet modülü ve vida tutma direnci gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. Ancak yüzey özellikleri üzerine etkisinin olmadığını, Mermerit'in fiziksel ve mekanik özelliklerinin, saf polyester levhalara göre daha düşük olmasına karşılık fiziksel ve mekanik özelliklerinin yonga levha (MDF, OSB vb.) kompozit levhalara göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir.

Literatürde mermerit üretimi ile ilgili çalışmanın çok olmamasına karşılık kullanılan malzemeler ve üretim süreci açısından polimer beton teknolojisiyle yüksek oranda benzerlik göstermektedir. Bu nedenle yapılan bu çalışmada polimer betonla ilgili literatürde araştırılmıştır.

2.3. Polimer Beton

Beton, çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb.) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal

reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir (Özel, 2007).

Beton gibi çimento esaslı malzemelerin düşük basınç altında malzeme bütünlüğünü koruması için kırılğan ve zayıf olması gerekir. Bunun için gelişen teknolojiden yararlanılması gerekmektedir (Gregory, 1995; Chin ve Xiao, 2009).

Kompozit malzeme olan betonun çeşitli bağlayıcıları bulunmaktadır. Bu bağlayıcılarına göre farklı beton türleri oluşabilmektedir. Asfalt ve benzeri malzemelerin bağlayıcı olarak kullanılmasıyla; asfalt betonu ve polimer betonu elde edilmektedir. Polimer beton, sürekli polimer matris içinde filler ve agregadan oluşan dağılı faza sahip bir kompozit malzemedir (Ohama, 1997).

Betonun dayanıklılık özelliklerini geliştirmek için polimer kullanımı tüm dünyada giderek ilgi uyandırmaktadır. Betonda polimer kullanımı üç farklı şekilde olmaktadır. Bunlar; polimer katkılı betonlar, sadece bağlayıcı fazın polimer olduğu betonlar ve polimer emdirilmiş betonlar (Chandra, 1994).

Polimer katkılı betonların performansı birçok etkene bağlıdır; polimerin türü, mineral tipi, kür koşulu, kimyasal tipi etkisi gibi etkenler elde edilecek numune özelliklerini büyük ölçüde değiştirir (Feldman, 1989; Parcek vd., 1993).

Polimerlerin beton teknolojisine girmesi 1950'li yıllarda olmuştur. 1965'den sonra polimerin betonda kullanımı artmış ve bugünde sürekli gelişmektedir.

2.3.1. Polimer betonların yapısı

Polimer betonlar faz ve matristen oluşmaktadır. Polimer betonda matrisin üç temel fonksiyonu vardır. Bunlar, faz malzemeleri bir arada tutmak, yükü faz malzemelere dağıtmak ve faz malzemeleri çevresel etkilerden korumaktır. İdeal bir matris malzemesi başlangıçta düşük viskoziteli bir yapıda iken daha sonra faz malzemeleri sağlam ve uygun şekilde çevreleyebilecek katı forma kolaylıkla geçebilmelidir.

Polimer betonların üretiminde kullanılan matris malzeme tipleri epoksi, polyester, vinilester ve fenolik reçinelerdir. Yüksek mukavemet göstermeyen durumlarda en çok kullanılan matris malzeme polyester reçinedir. Gelişmiş kompozitlerin üretiminde ise genellikle epoksi reçinesi kullanılmaktadır. Matris iyileştirme çalışmaları özellikle yüksek sıcaklıkta kullanıma uygun ve düşük nem duyarlılığına sahip yapıların üretilmesi doğrultusundadır (Bağcı, 2010).

Polimer betonlar, ilk defa Çekoslovak Bilimler Akademisinde 1959 yılında keşfedilmiştir. O yıllarda teorik olarak birçok çalışma yapılmış fakat pratik ve deneysel çalışma yapılmamıştır. İlk olarak A.B.D’de kullanılmaya başlayan polyester ve epoksi günümüze kadar gelişimine devam etmiştir. Bağlayıcı olarak poliyesterstyrene, poliüretan, uran, epoksi ve metil metakrilat polimerleri kullanılmıştır. Polimer bağlayıcısını az kullanıp, agregalar arasındaki boşluğun aza indirebilmek için granülometrik bileşimi iyi ayarlanmalıdır (Dikeou ve Fowler, 1981).

Polimer betonların özelliklerinden biriside yapışma özelliğidir. Bu özellik sayesinde bakım yapıp tamir edilebilirlerdir. Su ile üretimi olmamasından malzemenin rötre çatlakları sorunu minimum olmaktadır ve standart (dış yüzey boşluksuz) üretim sayesinde malzemenin su emmesi minimum değerlerdedir. Polimer betonlar bu özellikleri sayesinde dona ve kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Dona ve kimyasal etkilere maruz kalacak yapılarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Ağırlıklarının az olmasından dolayı ise ölü yükleri azaltacağından hafif yapı kullanımı gerektiren durumlarda kullanım kolaylığı sağlayacaktır (Sağlıyan, 1999).

Polimer betonların yapısında en çok kullanılan matris malzemeler aşağıdaki verilmiştir.

I. Epoksi reçine matrisler; Epoksi reçine matrislerin yapısında karbon bulunur. Epoksiler iki ya da daha fazla epoksit içeren bileşenlerden oluşmaktadırlar. Viskoz ve açık renkli bir sıvı halindedirler. Epoksilere uygulanan kür işlemleri ile yüksek sıcaklıklara dayanımları 150-200 °C seviyelerindedir. Tüm polimerler düşük sıcaklıkta saydamlaşırlar ve yüksek sıcaklıkta kauçuklaşmaktadır. Geçisin meydana

geldiği sıcaklık aralığına cam geçiş sıcaklığı adı verilmektedir. Cam geçiş sıcaklığı, en yüksek çalışabilme sıcaklığının bir lutüdür. 100 C’de uygulanan bir kr işlemi ile en yüksek çalışma sıcaklığı 90-100 C arttırılabilir. 150-250 C arasında uygulanacak bir kr ile 150-250 C arasında uygulanan en yüksek çalışma sıcaklığı sağlanabilmektedir. Kr işlemleri uygun katalizörlerin kullanılmasıyla hızlandırılmaktadır (elik, 2007).

II. Polyester reçine matrisler; Polyester reçine matrislerin yapısında karbon bulunur. Polyester matrisler dibazik asitlerin, dihidrik alkoller (glikol) ya da dihidrik fenollerle karışımının yoğuşması ile Şekil almaktadır. Polyesterlerin ana tipleri polyester bileşeninin doymuş asitle ya da alternatif malzeme olarak glikolle modifikasyonu temeline dayanmaktadır. Ayrıca kr işlemi ile matrisin esnekliği iyileştirilerek kopma gerilmesi arttırılmaktadır. Polyester reçine matrisler, takviyelerin nemini dışarı kolayca atabilmesini sağlayan düşük viskoziteye, düşük maliyete ve iyi çevresel dayanıma sahiptir (Bağcı, 2010).

Genel olarak polyester dikarboksilik asit ile dioln esterifikasyonu ile elde edilen polimerlerdir. Yapıdaki halkalı veya alifatik bulunmasına bağlı olarak farklı özellik göstermektedir. Alifatik tipte olan polyester daha yumuşak bir özellik sunarken aromatik olan ise daha sert, kırılđan ve tok özelliği sunmaktadır. Diğer taraftan çapraz bağlanma, kristalizasyon, plastikleştirme ve dolgu maddesi ekleyerek de polyesterin özelliklerinin artması sağlanabilir (Neville, 2000).

III. Vinilester reçine matrisler; Vinilester reçine matrislerin yapısında karbon bulunur. Vinilester reçine matrisler polyester reçine matrislere benzemektedir. En önemli avantajları elyaf ve matris arasında iyileştirilmiş bir bağ mukavemetine sahip olmalarıdır. Polyesterle glikolün bir kısmının yerine doymamış hidrosilik bileşenlerin kullanılması ile elde edilmektedir. Korozif ortamlardaki kullanımlar için donatılı plastik bileşenlerin üretiminde yararlanılmaktadır. Bu polimerler kimyasal dayanım gerektiren kimya tesislerinde, borularda ve depolama tanklarında kullanılmaktadır (Bağcı, 2010).

IV. Fenolik reçine matrisler; Fenolik reçinelerin yapısında karbon bulunur. Fenolik reçineler yaklaşık yüz yıldır kullanılmaktadır. Sertleşme, ısı enerjisiyle gerçekleşmekte iken laminant ve kalıplama için basınç gerekmektedir. Fenolik reçinelerin ısı stabiliteleri, elektrik özellikleri, suya ve alkaliler dışındaki kimyasal maddelere dayanımları çok iyidir. Bu reçineler 300 °C'ye kadar sürekli, asbest elyaflarıyla donatılmaları halinde ise kısa süreli olarak 1000 °C'ye kadar kullanılabilirler (Çelik, 2007).

V. Silikon reçineler; Silikon reçineler, diğerlerinden farklı olarak yapılarında karbon yerine inorganik esaslı silikonlar bulunan malzemelerdir. Mekanik ve elektriksel özelliklerini çok az değişikliklerle 300 °C'ye kadar koruyabilen silikon esaslı reçinelerin kullanımları, mekanik dayanımlarının diğer reçinelere göre daha düşük ve maliyetinin de genelde daha yüksek olması nedeniyle kısıtlıdır. İyi donanımlı arabalarda kullanılmaktadır (Bağcı, 2010).

2.3.2. Polimer betonların özellikleri

Polimer betonların üstün yanları malzeme kombinasyonunun sonsuz sayıda olmasıdır. Kompozitlerin bu avantajları onlara malzeme özelliklerini istenildiği gibi değiştirme imkanı tanımaktadır. Polimer betonların bazı özellikleri Çizelge 2.1'de verilmiştir (Sağlıyan, 1999).

Çizelge 2.1. Polimer betonların özellikleri (Sağlıyan, 1999)

Özellikler	Polimer Beton
Basınç Mukavemeti	40-140 Mpa
Eğilme Mukavemeti	8-35 Mpa
Elastisite Modülü	700-35000 Mpa
Isıl Genleşme Katsayısı	$5-10 \times 10^{-6}/c$
Su Emme	< % 1
Dona Dayanıklılık	İyi
Asite dayanıklılık	Çok İyi

Bağcı (2010), Polimer betonların yapıda kullanım özellikleri aşağıdaki gibi özetlemiştir;

- **Yüksek Mukavemet:** Doğada yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir.
- **Hafiflik:** Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadır.
- **Tasarım Esnekliği:** Tasarımcının aklına gelebilecek her türlü karmaşık, basit, geniş, küçük, yapısal, estetik, dekoratif ya da fonksiyonel amaçlı olarak tasarlanabilir.
- **Boyutsal Stabilite:** Çeşitli mekanik, çevresel baskılar altında termoset kompozit ürünler şekillerini ve işlevselliklerini korumaktadırlar.
- **Yüksek Dielektrik Direnimi:** Kompozitlerin göze çarpan elektrik yalıtım özellikleri, birçok kompozit'in üretimi konusunda açık bir tercih nedenidir.
- **Korozyon Dayanımı:** Antikoroziv özelliği, diğer üretim malzemelerinden üstün olan niteliklerinden biridir.
- **Kalıplama Kolaylığı:** Çelik türündeki geleneksel malzemelerde karşılaşılan birçok parçanın birleştirilmesi ve sonradan monte edilmesi işlemini tek parçada kalıplama olanağı ile ortadan kaldırmaktadır.
- **Yüzey Uygulamaları:** Kompozit ürünlerde kullanılan polyester reçine, özel pigment katkıları ile renklendirilmek suretiyle, amaca uygun kendinden renkli olarak da üretilebilir.
- **Şeffaflık Özelliği:** Cam kadar ışık geçirgenliğine sahip olabilir. Tam şeffaf olması nedeni ile ışığı yayması sayesinde, diffüze ışığın önem kazandığı seralarda ve güneş kolektörü yapımında önemli avantaj sağlar.
- **Beton Yüzeyle Uygulama İmkani:** Beton yüzeylere, kompozitler mükemmel yapışır. Özellikle, betonun gözenekli olması nedeniyle, kompoziti oluşturan ana malzemelerden polyester reçinenin beton gözeneklerinden sızması ve beton kütle içinde sertleşmesinden dolayı mükemmel bir yapışma sağlanır.
- **Ahşap Yüzeyle Uygulama İmkani:** Kompozitler ahşap yüzeylere yapışma özelliğine sahiptir. Ancak ahşabın kuru olması ve stiren ihtiva eden polyester reçine ile iyi bir şekilde emdirilmesi gerekir.

- **Demir Yüzeylere Uygulama İmkani:** Demir yüzeydeki pas ve yağ kalıntıları temizlendikten sonra kompozitlerle kaplanabilir. Bu sayede demir ve çelik yüzeyler, kompozitlerle kaplanarak korozyon etkilerinden korunmaktadır.
- **Yanmazlık Özelliği:** Kompozitlerin alev dayanımı, kullanılan polyesterin özelliğine bağlıdır. Alev dayanım özelliğinin arandığı yerlerde “Alev dayanımlı” polyester kullanılmalıdır.
- **Yüksek Sıcaklığa (ısıya) Dayanıklılık:** Kompozit ürünler, termoset plastikler grubundan polyster reçineler ile yapıldığında yumuşamaz ve şekil değiştirmez. Isı dayanıklılığı kullanılan polyster reçinenin cinsine bağlıdır.
- **Farklı Malzemelerle kullanılabilirlik:** Kompozitlerin içine demir, ahşap, halat, tel, mukavva, poliüretan sert köpük gibi malzemelerle birlikte uyumlu bir şekilde kullanılabilir.
- **Tamir Edilebilirlik Özelliği:** Polimer betonların bakım ve onarımı kolay yapılabilen eski ve yeni üretimler arasında yüksek aderans sağlanabilmektedir. Ancak tamir izlerinin görünmemesi için onarımın bir kalıp üzerinde yapılması ya da onarımdan sonra zımpara veya boya yapılması gerekir.
- **İşlenebilirlik:** Kompozitler, tahta gibi kolayca kesilir, delinir, zımparalanır. Bu amaçla kullanılan aletlerin sert çelik veya elmas uçlu olması halinde daha iyi sonuç alınmaktadır.

2.3.3. Polimer betonların kullanım alanları

Polimer betonların geniş bir kullanım alanları bulunmaktadır. Bu sayede polimer beton terimi tek bir üretim gurubunun üyesi olmadığı açıkça ortadır. Polimer betonların uygulanabilirliği ve performansı agreganın şekli ve boyutuna bağlıdır. Polimer özelliğine bağlı olarak farklı üretimler yapılabilmektedir. Polimer betonu üretebilmek için polimerlerin kimyasal özellikleri bilinmelidir (ACI 548, 1986).

Polimer betonların en yaygın kullanım alanlarını aşağıdaki gibi özetlemiştir.

- Portland çimentolu betonlara katkı malzemesi olarak,
- Beton yüzeylere uygulanması (aşınma ve kaymaya karşı),

- Yapısal ve dekoratif konstrüksiyon panellerinde,
- Kanalizasyon borularında, yer altı yapılarında, drenaj kanallarında, vb.,
- Jeotermal uygulamalarda karbon ve çelik boruların astarlanmasında,
- Yüzme havuzları, güverte ve deniz yapılar
- Barajlar, hendek, rezervuar ve iskeleler gibi hidrolik yapılarda (Rebeiz ve Fowler, 1991; Fowler, 2004).

Polimer beton kullanım özellikleri aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

- Beton üzerine uygulandığında bu tabaka kimyasal ve mekanik etkilere karşı koruma sağlamaktadır (Neville, 1981).
- Polimer beton aşınmaya karşı dirençli bir malzemedir (Rebeiz ve Fowler, 1991; Fowler, 2004).
- Çoğu polimer malzemeler UV radyasyonu ve agresif kimyasallara maruz kaldığında bozulmaya uğrarlar (Vipulanandan ve Paul, 1991).
- Polimer betonların durabilite özellikleri çok iyidir, beton yüzeylere uygulandığında betonun durabilitesini olumlu yönde etkilemektedir (Mindess ve Young, 1981).

2.4. Polimer Beton Üretiminde Kullanılan Minerallerle İlgili Yapılmış Çalışmalar

2.4.1. Mermer ile ilgili yapılmış çalışmalar

Mermer günümüzde en çok kullanılan inşaat hammaddesidir. Mermerin doğal bir malzeme oluşu çok kullanılma tercihinin en büyük nedenidir. Ülkemizde mermer ocağı işletmelerinde yüksek miktarda blok mermer üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu üretim miktarı ile Dünya blok mermer üretiminin % 12'sini karşılamaktadır (Kuşcu ve Bağcı, 2003).

Mermerlerin ocaktan çıkarılması, blok mermerin fabrikada işlenmesi esnasında ortaya çıkan ve mamul mermer üretiminden geriye kalan bütün mermer parça ve tozları mermer atığı olarak kabul edilmektedir (Lappa vd., 1997).

Mermer atıkları, oluşum yerlerine göre ocaklarda ve fabrikalarda oluşan atıklar, boyutlarına göre; molozlar, kapaklar, paledyenler ve toz atıkları olarak adlandırılıp sınıflandırılmaktadırlar (Çelik, 1996).

Mermer ocaklarındaki işletme faaliyetleri dekapaj ve mermer üretimini içermektedir. Bu faaliyetler sonucunda da arazide topoğrafik yapıyı bozan yığma tepeler ve derin çukurluklar oluşmaktadır. Bu manzaranın çevre görüntüsüne kattığı olumsuz imajdan dolayı psikolojik boyutta tepkilerin oluşmasına sebep olmuştur. Mermer ve taş ocaklarının çevreye olan zararları sorunun bilinmesi, zararlı etkilerin derecesi, bunlardan korunması ve giderilmesi kriterleri göz önüne alındığında diğer endüstrilere göre daha az zararlı olup sadece görsel etki yönünden dezavantajlı olduğu görülmektedir. Çünkü mermer atıklarının çevrede kalıcı bir etkisi bilinmemekte olup diğer kirletici unsurların da alınacak önlemlerle azaltılması veya tamamen bertaraf edilmesi mümkündür (Çelik vd., 2003).

Mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi gerekmektedir. Kesme işlemi sonunda mermer tozu ortaya çıkmaktadır. Mermerlerin kesiminde soğutma suyu kullanıldığından ve toz bastırıcı olarak sulu kesim yapıldığından, mermer kesiminden çıkan ince lam boyutundaki parçacıklar başlangıçta ıslak olarak depo edilmekte veya doğrudan araziye bırakılmaktadır. Dolayısıyla çevre kirlenmesi söz konusudur. Son yıllarda yapılarda mermerin kullanımı giderek artmaktadır. Mermere olan talebi karşılamak amacıyla, ülkemizdeki mermer işleme tesislerinin sayısında da göreceli olarak bir artış gözlenmektedir. Mermer işleme tesislerinin yoğunlaştığı bölgelerdeki mermer atık sahaları, kamuoyu gözünde çevre ve doğal güzelliğe zarar verdiği gerekçesiyle tepkilere neden olmaktadır (Şentürk vd., 1996).

Değişik sanayi kollarında kullanım alanı bulabilen kırıntı mermer atıkları, alternatiflerinin yerine kullanıldığı takdirde çok daha ucuz bir girdi olabilmektedir. Mermer fabrikalarında üretim atığı olarak çıkan toz atıklar çevre kirliliği açısından da sorunlar yaratmaktadır (Akdağ ve Kırımhan,1999).

Dünya'daki çeşitli üniversitelerde ve sanayilerde toz mermer atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmasına rağmen özellikle ocaklarda blokların çıkarılması sırasında meydana gelen parça mermer atıklarının değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır (Gürer, 2005).

Suni Mermer olarak da bilinen yer karolarının imalatında ana hammadde olarak doğal mermerler kullanılmaktadır. Uygun boyutlardaki mermer parçalarının bağlayıcılar ile beraber mermer, agregalı karo üretiminin temelini oluşturmaktadır. Mermer parçalarının yanı sıra % 10-12 oranında, boyutu 0.5 mm altında olan mermer tozu da kullanılmaktadır. Mermer atıkları inşaat sektöründe; sıva harcı karışımlarında, dolgu malzemesi olarak, mozaik üretiminde, kaplama ve döşemelerde, kireç üretiminde, mıcır olarak paledyen olarak, kara ve demir yollarında, kullanım alanları bulmaktadır (Ceylan vd., 2001; Kanık, 2009).

Asfalt kaplama yollarda kullanılan malzemelerin ortalama % 95'i agregalardan oluşmaktadır. Yol inşaatında tüketilen bu agregalar civardaki agrega ocaklarından veya doğal agrega kaynaklarından temin edilmektedir. Dolayısı ile her geçen gün yeni agrega ocaklarına olan talep giderek artmakta ve bu ocaklardan dolayı yeryüzünün genel yapısı bozulmakta, çevremizde hoş olmayan görüntüler oluşmaktadır. Mermer ocaklarında önemli miktarlarda açığa çıkan parça mermer atıkları yol kaplamalarında agrega olarak değerlendirilebilmektedir (Akbulut ve Gürer, 2006).

Mermer atıklarının farklı sektörlerde kullanım alanlarının geliştirilmesiyle olumsuz yönlerinin çok düşük bir düzeye gerileyeceği ve mermer sektörüne büyük faydalar sağlayacağı bununla birlikte ekonomik kazanımları da beraberinde getirecektir. Bununla birlikte hem toz hem de parça atıkların büyük bölümünün geri kazanımının yapılamamakta, söz konusu atık ve atıkların daha yüksek oranda geri kazanımı için bu alanda yapılacak Ar-Ge çalışmaları önem taşımaktadır (Görhan vd., 2008).

Akbulut vd. (2003), atık mermer parçalarının değerlendirilmesi için Türkiye'de atık malzemelerin geri kazanılmasındaki zorluklar araştırılıp yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Geri kazanım oranları, Batı Avrupa ve Amerika birleşik devletlerinde %80'ler mertebesinde iken, ülkemizde bu oranın %20 civarlarında olduğu belirtilmiştir. Yol asfalt kaplama malzemesinde kullanılan agregalarının yeniden kullanımı yıllık 93 milyon tonun üzerinde olduğunu, %90 agregadan oluşan asfalt kaplama malzemesinin yeniden kullanımının ekonomik ve çevresel olarak büyük bir kazanç olduğunu belirtmişlerdir. Mermer ocaklarından çıkarılan mermer bloklarının yaklaşık %50'ye yakın bir oranı atık malzeme olarak açığa çıktığını, bu malzemelerin çok az bir maliyet ile geri dönüştürülen asfalt kaplama ve agregaya dönüştürülebileceğini belirtmişlerdir.

Özel vd. (2012), sabit çimento dozajı (400 kg/m^3), iki farklı Su/Çimento (S/Ç) oranı (0.50 ve 0.55) ve iki farklı çimento tipi (CEM I 42.5 R ve CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N) ile üretilen betonların içine farklı oranlarda filler olarak kullanılan mermer tozunun taze ve sertleşmiş betona etkisi incelenip bulanık mantık yöntemi uygunluğu araştırılmıştır. Taze beton özellikleri için çökme deneyi ve sertleşmiş beton özellikleri için; basınç dayanımı, elastisite modülü, yarma dayanımı, aşınma ve donma çözünme sonrası basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Mermer oranlarına bağlı olarak taze ve sertleşmiş beton özelliklerini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir. Taze beton değerleri ve sertleşmiş beton değerleri kullanılarak bulanık mantık modeli geliştirilmiştir. Bulanık mantığın geçerliliğini bu çalışmada da koruduğu belirtilmiştir.

Filiz vd. (2010), iki farklı çimento tipi ve iki farklı su/çimento oranında hazırlanmış olan karışımlara mermer tozunun hacim oranınca agrega ile yer değiştirmesinin, mekanik ve fiziksel özelliklere etkisi araştırılmıştır. Basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, elastisite modülü, su emme, aşınma kaybı ve donma çözünme deneyleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre mermer tozu kullanımı ile betonların mekanik ve fiziksel özelliklerinin şahit betona göre daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir (basınç dayanımını %32.3, yarmada çekme dayanımını %13.5 ve elastisite modülü değerleri %15.2 arttırılabilmekte, su emme %25.8,

aşınma kaybını %8.4 ve donma çözülme sonrası mukavemet kaybını %87.7 azaltılabilmektedir). Üretilen numunelerin ilgili standartta belirtilen şartları sağladığı ve mermer tozunun parke üretiminde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Üstüncöl ve Turabi (2009), yaptıkları çalışmada, mermer tozu, uçucu kül, fosfoaleci ve cam tozu gibi endüstriyel atıkların asfalt beton kaplama karışımlarında filler malzeme olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Çalışmada atık filler oranı arttıkça cam tozu atığı dışında bütün endüstriyel atıklarda boşluk oranı ve stabilite değerlerinin artmakta, akma değerlerinin ise azalmakta olduğunu belirtmişlerdir.

Terzi ve Kardeşahin (2003), Afyon-İscehisar bölgesi mermer atıklarının filler malzeme olarak yol betonlarda kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmada 3 farklı oranda hazırladıkları mermer tozlarını %60 asfalt içeren karışımlara ilave etmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda Afyon-İscehisar bölgesi mermer atıklarının yol betonlarında % 80 mukavemet arttırdığını belirtmişlerdir.

2.4.2. Andezit ile ilgili yapılmış çalışmalar

Civan (2006), Niğde yöresinin andezit taşlarının bordür taşı olarak kullanılmasını araştırılmıştır. Çalışmada iklim ve il koşullarına göre beton bordür taşı ile andezit bordür taşları arasındaki fiziksel özellikler ve ekonomikliğini incelemiştir. Sonuç olarak dayanım ve ekonomi açısından andezit bordür taşının beton bordür taşına göre kullanılmasının daha uygun olduğunu belirtmiştir.

Ergün (2009), Afyon ili, İscehisar ilçesinden temin edilen ve toplam alkali oksit oranı yüksek olan andezitin, yarı yaş ve yaş yöntemlerle şekillendirilebilen, 1160, 1180 ve 1200 °C'ler deki pişirim sonrası renk farklılıklarını ve ayrıca farklı sıcaklıklarda olgunlaşabilen sırlarda, sır bileşeni olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Andezit taşının ısı değişimlerine ve dona dayanıklı olması, yüksek aşınma direnci, sertliğinin yanı sıra dekoratif ve estetik özellikleri açısından önemli ve değerli olduğunu belirtilmiştir.

Uzun (2011), andezit atıklarını kireç taşı yerine asfalt betonunda agrega olarak kullanılmasını araştırmıştır. Ürettiği numunelerde andezit atıklarını % 5, 6, 7, 8 ve 9 oranlarında asfalt çimentosu ile kullanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda andezit taşının kireç taşı yerine asfalt betonda filler malzeme olarak kullanılabilir olduğu sonucuna varmıştır.

Korkanç ve Tuğrul (2003), bazaltik andezitin petrografik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerinin yanısıra, beton agregası olarak kullanım özelliklerini araştırmışlardır. Bazaltik andezit agregalarına ait özelliklerin standartlarda belirtilen kabul edilebilir limitler içinde bulunması veya bu limit değerlere çok yakın olması nedeniyle beton agregası olarak kullanılmalarının uygunluğunu belirtilmiştir.

Akbulut vd. (2009), alternatif bir agrega kaynağı olarak andezit kayaçlarının sıcak karışım asfalt kaplamalarda agrega olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla andezit örneği ile kireçtaşı kökenli agrega örneğini kullanılmıştır. Andezit numunesi çeneli bir kırıcıda kırmak suretiyle 16–25 mm, 6–16 mm ve 0–6 mm dane çaplarında laboratuvar ortamında üretmiştir. Agregası örnekleri üzerinde gradasyon analizi, özgül ağırlık, birim ağırlık, su emme, Los Angeles aşınma, darbelenme kaybı ve MgSO₄ donma-çözünme dayanıklılık deneyleri, sıcak karışım asfalt deneyi olarak da Marshall Stabilite ve akma deneylerini uygulanmıştır. Andezit kökenli agrega örneğine ait sonuçlar kireçtaşı kökenli agrega örneğiyle karşılaştırılmış ve elde edilen bulgulara göre andezit kökenli agregaların alternatif agrega kaynağı olarak sıcak karışım asfalt kaplamalarda kullanılabileceğini belirtmiştir.

2.4.3. Arduvaz ile ilgili yapılmış çalışmalar

Boztuğ (1992), Daday-Devrekani Masifi güneybatı kesiminde bulunan arduvaz yataklarıyla ilgili bir araştırma yapmıştır. Bu çalışmada arduvazın bulunduğu derinlikleri ve derinliklerine, yöresine bağlı renk değişimleri incelenmiştir.

Anonim (2001), arduvaz taşının genel olarak kullanım alanları ve rezerveleri incelenmiştir. Ülkemizde yeteri miktarda bulunan arduvazla yapılacak çalışmalar doğrultusunda alternatif malzeme olarak kullanılabilirliğinden bahsedilmiştir.

Aytekin (2007), ülkemizde Bodrum bölgesinde üretilen kayrak (arduvaz) taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi, yapı taşı olarak kullanılan kayrak (arduvaz) taşlarının uygulamalarının kullanılabilirliği ve kayrak (arduvaz) taşlarının değerlendirilmesi araştırılmıştır. Çalışmada Kayrak (arduvaz) taşlarının fiziksel ve mekanik özelliklerini belirleyebilmek amacıyla, sürtünme ile aşınma kaybı, basınç mukavemeti, birim hacim kütlesi, su emme, görünen porozite, don sonu basınç mukavemeti deneyleri yapılmıştır. Yapılan deney sonucunda yapı taşı olarak kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

2.5. Polimer Betonlarla İlgili Yapılan Çalışmalar

Polimer betonun güçlü bağ yapısına sahip olduğunu ve kaplama malzemesi tercihinde polimer betonun seçilmesiyle, polimer betonun iyi ses, ısı yalıtımına sahip ve düşük ısı iletkenlik, iyi bir nemlendirme özellikleri açısından yalıtım malzemesi olarak kullanabilmektedir (Fowler ,2004).

1960'larda başta Avrupa olmak üzere Asya, Kuzey Amerika ve Avustralya'da bazı belediyelerin atık su sistemlerinde polimer beton teknolojisini kullanmaya başlamışlardır. 1990'ların başında Orta Doğu'da kamuya açık yerlerde polimer beton borularını kullanmaya başlamıştır. Polimer beton moleküllerinin bileşenlerinden çoğu organikdir. Polimerin özellikleri, bu kimyasalın sahip olduğu çoklu reaksiyon özellikleri ve molekül ağırlığı oldukça düşüktür. Bu kimyasalın sahip olduğu bazı özelliklerine göre değişmektedir (Mehdi, 2011).

Amerika Birleşik Devletleri'nde, polimer beton en yaygın karayolu yüzeyleri, köprü tabliyeleri ve petrokimya endüstrisi gibi ortamlarda kullanılmaktadır. Kanada ve Japonya'da, polimer beton genellikle metro inşaatları ve yol yüzeylerinde kullanım alanı bulmuştur. Bunun nedeni şiddetli hava koşullarına polimer betonun gösterdiği dirençtir. Avrupa'da ise bununla birlikte, inşaat sektörü, metal-mekanik endüstrisinde döküm metaller için yedek parça, kimya endüstrisinde, gıda endüstrisinde, rezervuar ve kaplama malzemelerinin yapımında uygulama alanına sahiptir. Büyük bir bölümünü prekast malzemeleri ile temsil edildiğini belirtmiştir (Fowler, 2001).

Gorninski vd. (2004), iki tür polyester kullanarak polimer beton üretilmesi araştırılmıştır. Polyester tiplerini %12 ve %13 olarak kullanmıştır. Polyestere dolgu malzemesi olarak %8, %12, %16, %20 uçucu kül ilave etmişlerdir. Üretilen numuneler üzerinde elastisite modülü deneyleri yapılmıştır. Yaptıkları deneyler sonucunda elastisite modülü deneyinde polimer betonlar için bu bileşenlerin iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Czarnecki vd. (2006), polimer kompozitlerin beton yüzeylere yapışma özelliği incelenmiştir. Kaplanan beton yüzeylerde ultrasonik dalga geçişi üzerine deneyler yapmışlardır. Deneyler sonucunda polimer betonun bileşimi ve kalınlığının etkili olduğu tespit edilmiştir.

Cook ve Crookham (1981), çimentolu betonla polimer emdirilmiş beton arasındaki tahribat enerjisi araştırılmıştır. Aynı koşullarda 28 gün kürlenmiş numuneler 30 ve 50 N/mm² basınç dayanımları vermiştir. Yapılan deneyler sonucunda tahribat enerjisi sonuçlarında polimer emdirilmiş olan beton çimentolu betona nispeten daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir.

Morin vd. (2011), polimer betonlarda ince agreganın viskoelastik etkisini araştırılmıştır. En büyük tane çapı 10 mm olarak kullanmış ve bu numuneler üzerinde deneysel çalışmalar yapmıştır. Genel olarak yapılan deneyler sonucunda ince agregalı polimerlerin iri agregalılara göre daha olumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Elalaoui vd. (2012), polimer betonla normal çimento lu beton arasındaki farklılıkları araştırılmıştır. 150 °C ve 250 °C’de yapılan araştırmalara göre çimento esaslı beton epoksi esaslı betondan daha fazla dayanım göstermiştir. Çalışma sonucunda sıcaklık karşısında çimento esaslı betonun polimer betona göre daha dayanıklı olduğunun sonucuna varmışlardır.

Scarfato vd. (2012), beton yüzeye polimer kaplanmış betonların bazı durabilite özelliklerini incelenmişlerdir. Beton yüzeylere nano teknoloji ile ağırlıkça % 4 ve 6 olarak uygulanan polimer beton kaplamalı betonlarda sülfat etkisi, magnezyum etkisi özelliklerinin belirgin seviyede iyileştirmiş olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sonucu olarak da matris malzemenin sülfat ve magnezyum etkisi özelliklerine karşı kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir.

Ahmad vd. (2012), betonarme kirişlerdeki çatlakları tamir amaçlı, polimer beton modifiye harcı kullanılabilirliğini araştırmıştır. Tamir harcı uygulanan numuneler 3 gün süreyle kür edilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda kirişlerin güçlendirilmesinde önerdikleri tekniğin uygulanabilir düzeyde olduğunu belirtmiştir.

Haddad ve Kobaisi (2012), yaptıkları çalışmada, makinelerde kullanılmak üzere polimer beton üretimi yapmışlardır. Polimer beton agregası olarak 6 farklı faz malzeme denemişlerdir. Bunlar; bazalt, spodumene, uçucu kül, nehir çakıl, kum ve kireçtir. Matris malzemeyi %13, 15, ve 17 olarak kullanmıştır. Bu numunelerin eğilme dayanımlarına bakılmıştır. Matris malzeme oranının eğilme dayanımı üzerinde doğrudan etkisi olduğunun sonucuna varmıştır.

Shokrieh vd. (2012), epoksi matrisli polimerle üretilen betonun mekaniksel özellikleri araştırılmıştır. Beton üretiminin basınç, çekme, eğilme ve kırılma tokluklarını araştırmıştır. Yaptıkları deneyler sonucunda çekme ve eğilme modülü, basınç dayanımı ve tokluğunu, sırasıyla % 12.5, % 13.3, % 7.4 ve % 25.5 arttığı belirtilmiştir.

Sağlıyan (1999), prepakt betonlarda çimento ile polimer bağlayıcı arasındaki farklılıklar araştırılmıştır. Üretilen numunler üzerinde basınç, çekme, aşma dayanımı, su emme, dona dayanıklılık deneyleri yapılmıştır. Polimer bağlayıcı prepakt betonların çimento bağlayıcı prepakt betonlara göre daha iyi performans sağladığını saptamıştır. Bununla birlikte maliyet artışının da polimer betonlarda daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Ohama (1997), polimer beton üretim çeşitleri ile ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda polimer sistemleri onarım ve dayanıklılığı geliştirici malzemeler, beton yapılar, seri üretim sistemleri, otomatik dökme yerinde uygulama sistemleri, suni mermer ürünleri, makine yapıları ve alan sistemlerinde kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Gürü vd. (2005), polyester matrisli kompozit malzeme üretimini ve elde edilen malzemelerin mekanik özellikleri araştırılmıştır. Mermer/polyester oranları kütlece 3; 3.5; 4; 4.5 ve 5 olarak değiştirilmiştir. Deney sonuçları mermer/polyester oranının 4 olduğu durumda malzemenin diğer oranlara göre daha yüksek mukavemet ve sertlik değerlerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. En iyi SEM görüntüleri de bu oranda alınmıştır. Optimum oranda elde edilen numunedeki ölçülen sertlik Shore A cinsinden 96, Vickers sertliği 186.3 kg/mm^2 ve üç noktadan eğmede çekme mukavemeti değeri ise 60.17 N/mm^2 olarak bulunmuştur.

Öztekin (2007), mermer atıklarıyla birlikte epoksi ve polyester kullanılarak üretilen kompozitin özellikleri araştırılmıştır. Deney sonuçları özellikle dış cephe kaplamalarında kullanılan mermer ve diğer doğal taşların montaj sonrası maruz kaldıkları atmosferik etkilere karşı malzeme tepkisi incelenmiştir. Üretilen numune deney sonuçları kıyaslandığında yapılarda dış cephe malzemesi olarak kullanılabilir bir malzeme olduğu sonucuna varılmıştır.

Yıldızhan (2008), karbon ve cam takviyeli düz dokumalı üretilen numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Karbon ve cam takviyeli düz dokumalı kompozitlerin özelliklerini belirleyebilmek için, dinamik davranışları, yorulma,

titreşim sönüm özellikleri, doğal frekans ölçümleri ve eğilme dayanımını deneylerle incelemiştir. Bu çalışmada yorulmada, çift bindirme bağlantılı kompozit malzemenin dayanımının, yapışmamış düz kompozit malzemeye göre daha düşük çıktığını tespit edilmiştir.

Ersoy (2005), polimerik lif takviyeli kompozit malzemenin üretim yöntemleri ve tasarım parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Toz formda olan fenolik reçinelerin, demet formda cam lifleri, iki farklı lif uzunluğu (6 mm ve 12 mm) ve üç farklı kütleli lif oranı (% 3, % 5, % 7) kullanılarak fenolik reçine cam lifleri ile takviyelendirilmiştir. Üretilen numunelerde baskı kalıplama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmasında lif oranının eğilme dayanımına etkisinin olduğunu fakat lif boyutunun eğilme dayanımına etkisinin olmadığını belirtilmiştir.

Hwang vd. (2007), atık mermer parçalarıyla polimer çimentolu bileşimlerin mekanik ve fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Bu çalışmada basınç dayanımlarında artış elde edilirken, sıcak su temas sonrası basınç ve eğilme dayanımlarında azalma olduğunu belirtilmiştir.

Reis (2009), polimer lifli betonların bozulmasını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Çoğu polimer malzemeler UV radyasyon ve saldırgan kimyasallara maruz kaldığında bozulmaya uğramıştır. Alkali çözeltilere daldırılmış polimer betonda önemli kayıplar olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmasında deniz suyu ve damıtılmış sülfürik asitinin polimer beton üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deniz suyu ve asitte karşı dayanımlarının makul düzeyde olduğunu belirtilmiştir.

Ateş vd. (2010), iki farklı polyester tipiyle üretilen dolgu malzemesiz kompozit malzemenin özellikleri firmanın verdiği oranlar baz alınarak karşılaştırılması araştırılmıştır. Numune üretiminde sertleştirici ve hızlandırıcı ise iki grup için aynı ürünler olarak farklı miktarlarda uygulanmıştır. Hazırlanan numunelerin basma deneyleri 7 gün sonra yapılmıştır. Deneylerden elde edilen sonuçlara göre, farklı polyester tipinin basınç dayanımını etkilediğini tespit etmişlerdir. Firma tavsiye değerlerinin altında ve çok üzerindeki sertleştirici ve hızlandırıcı oranlarındaki

numunelerde yapısal hasarlar gözlemiş ve sertleştiricinin üst sınırı olarak %3 değeri belirlenmiş ve sertleşme anında belirgin çatlamalara sebep olurken alt seviye olarak alınan %0.5 değerinde ise reaksiyonda problemler ortaya çıktığını tespit etmişlerdir. Reçine tipinin basma dayanımı ve yoğunluk değerlerini etkilediğini belirtilmişlerdir.

Ateş ve Aztekin (2011), matris yapı için belirlenen belli değerler (% 98.5 polyester, % 1 sertleştirici ve % 0.5 hızlandırıcı) kullanılmasıyla takviye malzemesi kırpık E cam elyafı 6 mm uzunlukta % 22'den % 88'e % 11 artımla 7 farklı hacim miktarı ve diğer takviye elemanı parçacık kuvars boyutları ise 0-0.125 mm aralığında % 5'ten % 45'e % 5 artımla 9 farklı hacim miktarı kullanılarak üretilen kompozit malzemenin dayanım özellikleri araştırılmıştır. Basma deney numune boyutları sırasıyla çap ve yüksekliği 50x100 mm'dir. Hazırlanan elyaf ve parçacık takviyeli kompozit numunelerin 7 gün bekleme süresi sonunda yoğunlukları belirlenmiş ve tek eksenli basınç deneylerini yapmışlar, deneyler sonucunda en yüksek basma dayanımı, elyaf kompozitte %55 hacim miktarıyla 45.190 N/mm² ve parçacık kuvars kompozitte ise % 10 hacim miktarıyla 131.009 N/mm² olduğunu belirtmişlerdir. Bu hacim miktarlarında en düşük yoğunluklar sırasıyla elyaf kompozitte 1.142 gr/cm³ ve parçacık kuvars kompozitte 1.351 gr/cm³ olarak elde edildiği belirtilmiştir.

Barbuta ve Harja (2008), polyester reçine (epoksi) kullanarak agregalı polimer kompozit malzeme üretimi yapılarak mekanik özellikleri incelenmiştir. Bileşim içinde dolgu maddesi olarak uçucu kül, selüloz elyaflar kullanılmıştır. Çalışmada, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve liflerin polimer beton mukavemetine etkisi gibi mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucuna göre uçucu kül ve selüloz oranı artıkça dayanım özelliğinin arttığı sonucuna varılmıştır.

Akın (2007), polyester ve mermer tozlarıyla birlikte uçucu kül takviyesiyle üretilen kompozit malzemenin mukavemet özellikleri araştırılmıştır. Numune üretiminde matris malzeme olarak polyester, takviye malzemesi olarak da mermer tozlarını kullanmıştır. Diğer taraftan puzolanik yapıdaki uçucu kül mermer tozu yer değişimi esasına yönelik olarak uçucu kül ilavesinin mukavemet üzerine etkisini incelenmiştir. Karışımdaki uçucu kül ilavesi mukavemeti artırdığı belirlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Literatürde mermerit ile ilgili kaynak yetersizliği ve kabul edilmiş standart bulunmadığı için deneysel çalışmalara esas olması açısından polimer beton teknolojisi kaynaklarından yararlanılmıştır. İlk çalışmalarda literatürlerdeki önerilere uygun polimer betonu karışımları tespit edilmiştir. Bu aşamada uygun polyester ve mineral tozların tespiti yapılarak üretim aşamasında çıkabilecek sorunların giderilmesine çalışılmıştır. Bu ön çalışmalar özellikle polimer betonların karışım dizaynı, tepkime süresi ve mineral tozların granülü ile olan bağlantısını ortaya koymuştur. Sonraki aşamada, polimer beton üretimine başlanmış ve üretilen numuneler arasındaki farklılıklar ortaya konmuştur.

Polimer betonda, mekanik özelliklerin yükseltilmesi ve uygun taze beton özelliklerinin elde edilebilmesi için, bağlayıcı ve dolgu malzemesi olarak polyester (314 – 3455), sertleştirici olarak mekp ve priz hızlandırıcı olarak kobalt kullanılmıştır.

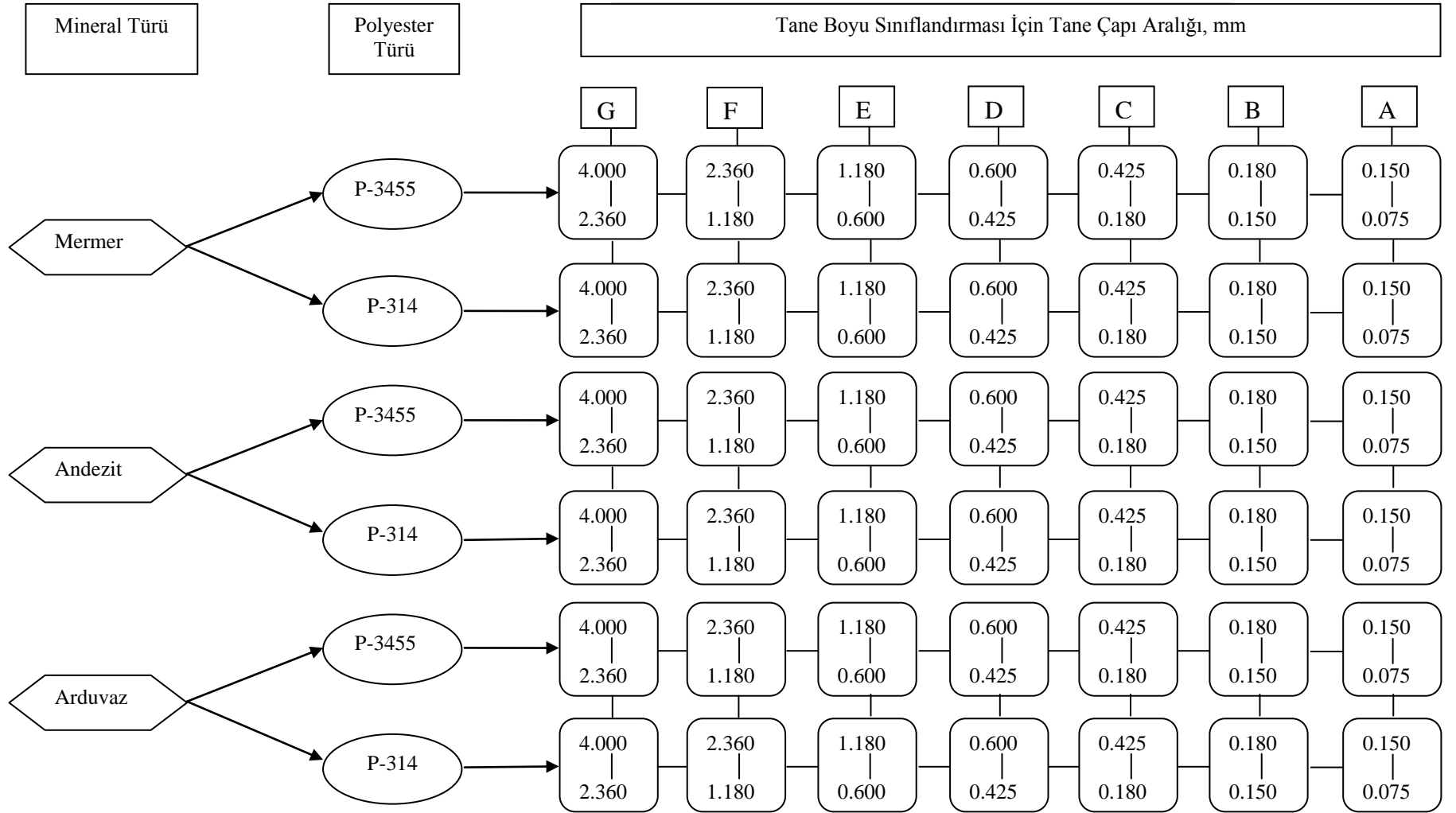
Üretilen numunelerin kalıptan düzgün bir şekilde ayrılması için kalıp ayırıcı olarak Wax kullanılmıştır. Bu sayede numunelere uygulanacak olan deneysel veriler numune üzerindeki etki farkları en aza indirgenmiştir.

Hedeflenen polimer beton özellikleri ise; Basınç dayanımı en az 45 MPa ve Priz süresi 28 gün olmasıdır.

Çalışma süresince yapılan deneysel çalışmalar ve bu deneyler için yararlanılan, uygulanan standart ve yöntemler Çizelge 3.1’de, deney şeması ise Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde takip edilen standart ve yöntemler

Deneyler	
Kuru – yaş birim hacim ağırlık	TS EN 1015 (2001)
Kapiler su emme analizi	TS 4045 (1984)
Basınç dayanımının belirlenmesi	TS EN 12390-3 (2003)
Ultrases geçiş hızı tayini	ASTM C 597 (1997)
Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi	TS 3260 (1978) (N tipi beton test çekici ile)
Eğilme dayanımı değerleri	TS EN 12390-5 (2002)
Aşınma dayanımının belirlenmesi	TS EN 2824 (2005)
Donma-çözünme deneyleri	TS 3449 (1980) ve ASTM C 666/C 666M (2003)
Çizilme deneyi	TS EN ISO 15695 (2003)



Şekil 3.1. Üretilen numunelerde kullanılan malzemelere ait akış şeması

3.1. Mineral Tozların Seçimi ve Sağlanması

Elek analizlerinde ASTM Elek Serisi kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanmak üzere 3 farklı mineral ve bu minerallerle 7 farklı elek analizi yapılmıştır. Eleklere ayrılan mineraller aşağıdaki gibidir.

Mermer; Afyonkarahisar ili işçehisar ilçesinden temin edilmiş olup 7 farklı (0.075-0.150-0.180-0.425-0.600-1.180-2.360-4.00) elek aralığına ayrılmıştır.

Andezit; Isparta bölgesinden temin edilmiş olup 7 farklı (0.075-0.150-0.180-0.425-0.600-1.180-2.360-4.00) elek aralığına ayrılmıştır.

Arduvaz; Uşak bölgesinden temin edilmiş olup 7 farklı (0.075-0.150-0.180-0.425-0.600-1.180-2.360-4.00) elek aralığına ayrılmıştır.

3.2. Polyester

Çalışmada iki farklı polyester çeşidi kullanılmıştır. Bunlar;

Poyla 3455 (P-3455); Polipol 3455 polyester, ortoftalik esaslı, polimer beton polyester olarak tasarlanmış pre-akselere doymamış polyester reçinedir. Bu polyesterin en yaygın kullanım yeri polimer beton ve suni mermer üretimidir. Dolgu oranı olarak %70-90 oranında dolgu kabuğu sağlar (kalsit, kuvars, dolomit, aliminyumhidroksit). İçerdiği hızlandırıcı sistemi sayesinde, kalıplardan sorunsuz şekilde seri ürün alma imkanı sağlar. Bu polyester, yüksek oranda dolgulandırıldığında aleve karşı dayanıklıdır (www.poliya.com.tr). Polyester 3455'in bazı özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. P 3455 özellikleri (POLYA, 2012)

Test	Metod	Değer
Renk	ISO 2211 -	maks. 150 Hazen
Yoğunluk	ISO 1675 ±%5	1.133 gr/cm ³
Asit Değeri	ISO 2114 ±%20	21 mg KOH/gr
Viskozite1 Brookfield®	ISO 2555 ±%30	450 cp
Jel Süresi	ISO 2535 ±%40	7'
Monomer Oranı	_ ±%12	%40
Parlama Noktası	Abel-Pernsky -	34 °C

Polya 314 (P-314); Polipol 314 polyester, H.E.T. (folik) asidi bazlı, dolgu ihtiva eden, tiksotropik, alev ilerletmeyen polyester reçinedir. Bu polyester, polimer beton veya döküm şeklinde uygulanabilir. En yaygın kullanım yeri cam elyafla takviye edilerek elektrik şalt sistemleri için taşıyıcı, bariyer ve koruma kapları-plakaları yapımıdır. Aleve karşı dayanımlı olduğundan, polimer beton, karavan, prefabrik konut ve büro mobilyası üretimi gibi her an alevlenme riski olan bütün alanlarda uygulanabilir. Mekanik ve kimyasal dayanıklılığının çok önemli olmadığı, yanmazlık gerektiren alanlar için Kullanımı oranı yüksek bir polyesterdir (www.poliya.com.tr). Polyester 314'in bazı özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. P 3455 özellikleri (POLYA, 2012)

Test	Metod	Değer
Renk	ISO 2211 -	Açık Gri,Opak
Yoğunluk	ISO 1675 ±%5	1.353 gr/cm ³
Asit Değeri	ISO 2114 ±%20	11 mg KOH/gr
Viskozite1 Brookfield®	ISO 2555 ±%30	1450 cp
Jel Süresi	ISO 2535 ±%40	16'
Monomer Oranı	_ ±%12	%33
Parlama Noktası	Abel-Pernsky -	34 °C

3.3. Kimyasal Katkılar

Numune üretimi için kimyasal katkı olarak mekp, kobalt ve Wax kullanılmıştır. Kullanılan kimyasal aşağıda açıklanmıştır.

3.3.1. Mekp

Bu ürün metil, etil, keton ve peroksit karışımıdır. Karışım olarak mekp polyester reçinelerinin kürleştirilmesi için kobalt hızlandırıcısı (Örn. Akcobalt % 6) varlığında, oda sıcaklığında ve yüksek sıcaklıklarda uygulanmaktadır. mekp kobalt hızlandırıcısı ile birlikte jelkot reçinelerinin, vinilester reçinelerin, düğme tipi reçinelerin, genel amaçlı reçinelerin ve verniklerin kürlenmesi için uygundur. Hızlı jelleşme ve kürleşme özelliğine sahip olduğundan özellikle jelkotlu uygulamalarda, boru üretiminde ve genel amaçlı uygulamalarda kullanılması tavsiye edilmektedir (Yüçetürk, 2010).

Genellikle ağırlığı itibari ile % 1 - % 2 oranında kullanımı önerilmektedir. Oda sıcaklığındaki uygulamaları için kobalt hızlandırıcılarla birlikte kullanılması gerekir.

Mekp'in özellikleri Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Mekp özellikleri (Yüçetürk, 2010)

Test	Değer
Yoğunluk 20 °C'de	1.17 gr/cm ³
Viskozite 20 °C'de	25 mPa.s
Görünüm	renksiz sıvı
Çözücü	DMP
Aktif Oksijen İçeriği	% 9.8 - % 10
Peroksit İçeriği	% 34 - % 36
SADT Sıcaklığı	≈ 60 °C

Malzemenin depolanma koşulları, +5 °C ile +30 °C arası sıcaklıklarda serin, iyi havalandırılmış yerlerde ve direk güneş ışığından uzakta orijinal ambalajında depolanmalıdır. Alev ve kıvılcım kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Statik elektrik birikimini engellemek için topraklama ve havalandırma yapılmalıdır. Kobalt hızlandırıcılardan uzakta, ayrı yerlerde depolanmalıdır. Uygun şartlarda depolanmış ve açılmamış ambalajlarda raf ömrü altı aydır. 5 kg ve 30 kg lık bidonlarda ambalajlanmaktadır.

3.3.2. Kobalt

Doymamış polyester reçinelerin oda sıcaklığında kürlenmesi için kobalt %1–%10'un organik peroksitlerle birlikte kullanımı tavsiye edilir. Kullanılan reçine türüne ve üretim tekniğine göre farklı konsantrasyonlarda kobalt tercih edilebilir. Bununla birlikte yaygın olarak uygulama % 1 – % 6'lık kullanımdır. Genellikle ağırlıkça %1– %2 oranında kullanılır. Polyesterle çalışırken kurutucular organik peroksitlerle direk temas etmemelidir (Yüctürk, 2010).

Kobaltın'ın bazı özellikleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Kobaltın özellikleri (Yüctürk, 2010)

Test	Değer
Yoğunluk 20 °C'de	0.92 gr/cm ³
Viskozite 20 °C'de	300 mPa.s
Görünüm	mavi – menekşe renkli sıvı
Çözücü	stren, toluen, TXIB
Diğer Solventler	aromatik solventler
pH	nötr
Kobalt İçeriği	% 6 (isteğe göre % 1 - % 10)
SADT Sıcaklığı	> 150 °C
Alevlenme Noktası	62 °C

+5 °C ile +30 °C arası sıcaklıklarda serin, iyi havalandırılmış yerlerde ve direk güneş ışığından uzakta orijinal ambalajında depolanmalıdır. Alev ve kıvılcım kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Statik elektrik birikimini engellemek için topraklama ve havalandırma yapılmalıdır.

Organik peroksitlerle ayrı yerlerde depolanmalıdır. Uygun şartlarda depolanmış ve açılmamış ambalajlarda raf ömrü bir yıldır. 5 kg ve 25 kg lık bidonlarda ambalajlanmaktadır.

3.3.3. Kalıp Ayırıcı (Wax)

Cam elyaf takviyeli ürünlerin yapımında, kalıplardan ürünlerin alınmasında yardımcı madde olarak kullanılır. İyi bir sonuç alabilmek için;

- Birleşme yerleri dâhil kalıbın bütün yüzeyine ince bir tabaka elde edecek şekilde daireler çizerek sürülür,
- İmalatın yapılacağı yerin sıcaklığına bağlı olarak malzemenin uçması beklenir (kış aylarında uçma süresi 15–20 dakika, yaz aylarında ise 2–5 dakika sürer).
- Kalıp 15 – 20 dakika kurumaya bırakılır.
- Bekleme süresi sonunda kalıp temiz ve kuru bir bezle parlatmak amacı ile silinir.

Bu işlemler sonunda kalıp, uygulama başlamak için hazırdır. Pürüzsüz ve parlak kalıplarda Wax'ı bir kez uygulayarak birçok defa ürün alınabilir. Su ve alkol bazlı kalıp ayırıcılar ile uyuşmadığı için birlikte kullanılamaz. Yüzeyleri boyanacak ürünlerde ürün yüzeyinin zımparalanması gerekir. Wax bileşimleri ile formüle edilmiş kompozit ürün üretiminde polyester reçine matrislerini kalıptan ayırmak amacıyla kullanılan katı kalıp ayırıcısı olarak da tanımlanabilir (Yüçetürk, 2010).

Wax'ın bazı özellikleri Çizelge 3.6'de verilmiştir.

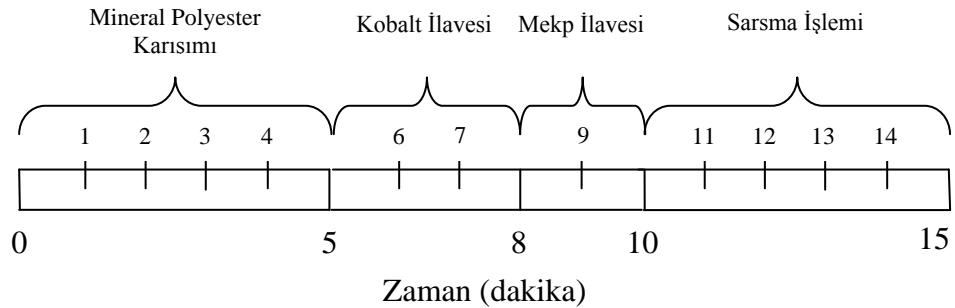
Çizelge 3.6. Wax özellikleri (Yüçetürk, 2010)

Test	Değer
Baz Wax'lar	Doğal, sentetik ve mineral Wax'ların karışımı
Solventler	Alifatik hidrokarbonlar
Görünüm	Pasta
Renk	Açık sarı, krem
Akışkanlık	45 °C'de sıvılaşır
Parlama noktası	37 °C

Wax'ı güneşten uzak, kuru ve oda sıcaklığında saklanmalıdır. Ürünün kutusu kullanım sonrası kapalı tutulmalıdır. Alev, elektrik kıvılcımı veya kıvılcım çıkaran cihazlar gibi ateş kaynaklarından uzak tutulmalıdır. Uygulama esnasında eldiven kullanılmalıdır. Saklama koşulları sağlandığında raf ömrü 18 aydır. 800 gr'lık teneke kutular içerisinde ambalajlanmaktadır.

3.4. Karışım Metodu

Şekil 3.2'de gösterilmiş olan karışım aşamaları her seri için standart olarak uygulanmıştır. Beş dakika faz malzeme ile matris malzeme karışımı, karışıma kobalt ilavesi yapıp üç dakika karışıma devam edilmiştir, mekp ilavesinden sonra iki dakika daha karışıma devam edilmiştir. Toplam on dakikada karışım tamamlanmıştır. Karışım işlemi biten kompozit malzemeler beş dakika boyunca sarsma tablasında kalıba yerleşmesi için sarsılmıştır.



Şekil 3.2. Numune üretimi aşamaları

3.5. Polimer Beton Deneyleri ve Kullanılan Cihazlar

3.5.1. Kırma-öğütme makinesi

Öğütme için çeneli kırıcı ve çekiçli kırıcı kullanılmıştır. Örnekler önce çeneli kırıcı yardımıyla 1 cm'den daha küçük bir boyuta indirilene kadar kırılmıştır. Daha sonra kırılan bu örnekler çekiçli kırıcı yardımıyla homojen bir şekilde dağıtılarak örneklerin ortalama sertliklerine göre belli bir devir ve süre ayarlanmış ve çekiçli kırıcıda öğütülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Çeneli kırıcı

3.5.2. Elektronik terazi

Elektronik Terazinin hassasiyetinin fazla olması çalışmamızda kullandığımız karışım oranlarının hassas dengeler içerisinde olması nedeni ile kapasitesi; 1-30 kg, hassasiyeti 0.2 - 0.001 gram, ve 30 gr kapasiteli 0.001 miligram hassas ölçümlü terazi kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Elektronik teraziler

3.5.3. Karıştırıcı (mikser)

Karışımın homojen olmasını sağlamak için boyutları 300 x 350 x 500 mm karıştırma kapasitesi: 1.5 – 2 lt, kap yüksekliği: 150 mm, motor gücü: 0.18 watt, karıştırma devri: 0 – 1000 devir/dk toplam güç: 0.09 watt, otomatik ayarlayabilme özelliğine sahip hız kontrollü cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.5). Motor devri (karıştırma hızı) hız kontrol cihazı üzerinde mevcut dijital göstergesi sayesinde izleme olanağı mevcuttur.



Şekil 3.5. Karıştırıcı (mikser)

3.5.4. Reaksiyon sıcaklık ölçümü deneyi

Malzemelerin reaksiyona girerken açığa çıkardıkları sıcaklıkları tespit etmek için 10-15-20-30-40-50. dakikalarda kızılötesi termometre “EXTECH 42570” ile sıcaklık değerleri alınmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kızılötesi termometre

3.5.5. Birim hacim ağırlık deneyi

Birim hacim kütle ve su emme oranı tayini deneyleri TS EN 1015 (2001)'e göre yapılmıştır. Sıkışık ve gevşek birim hacim kütle (yığın yoğunlukları) tayini ASTM C 29'a göre yapılmıştır. Deneyler her malzeme için üç kez tekrarlanmış ve ortalama değerleri alınmıştır.

3.5.6. Los Angeles aşınma dayanımı deneyi

Los Angeles deneyi ASTM C 131 (1992)'e göre yapılmıştır; Los Angeles aşınma deneyi mineral agregaların standart gradasyonunun bozulmasının ölçümü deneyidir. Alet iç çapı 711 ± 5 mm ve içten boyu 508 ± 5 mm olan iki tarafı kapalı çelikten yapılmış boş bir silindir şeklindedir. Silindir yatay konumda eksenini etrafında en fazla % 1'lik bir sapma ile döner. Bu deneyde, 14 mm deney eleğinden geçen ve 10 mm deney eleğinde kalan agregalara uygulanır. Deney kısmının kütlesi 500 ± 5 gramdır. Deney için 31 devir/dk ile 33 devir/dk arasında dönme yapabilen, 11 adet çelik bilye ile aşındırma yapabilen bir tambur kullanılır. Kullanılan değerlendirme formülü denklem 3.1'de verilmiştir.

$$\text{Aşınma Yüzdesi} = [(W_1 - W_{\text{son}}) / W_1] \times 100 \quad (3.1)$$

W_1 : Deney numunesinin ilk ağırlığı (gr)

W_{son} : 100 veya 500 devirden sonra elek üzerinde kalan malzeme ağırlığı (gr)

3.5.7. Kapiler su emme

Numuneler değişmez ağırlığa kadar gelinceye kadar hava dolaşımli ısıtıcı veya fırın olarak isimlendirilen etüvde numune 105 °C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra çıkarılıp etüv kurusu değişmez ağırlığa kadar kurutulup, oda sıcaklığına getirilip tartılmış ve numunenin kuru ağırlığı bulunmuştur (W_1).

Numune atmosfer basıncı altında 20 ± 5 °C sıcaklıkta damıtılmış su bulunan kaptaki yüksekliğinin 1/4'ü kadar, 1 saat sonra 3/4'üne kadar, 2 saat sonra tamamı su altında kalacak şekilde bırakılmış ve deney başlangıcından 24 saat tamamen su içinde bırakılmıştır.

24 saat sonunda sudan çıkartılıp üzerinde su damlaları kalmayacak şekilde bez ile kurulanıp tartılmış, tekrar su içine konulmuştur. Yine 24 saat beklenip su içerisinden çıkarılıp, kurulanıp tartılmış, ağırlık artışı bir önceki tartımın % 0.05'inden fazla değil ise son tartım suya doymuş değişmez ağırlık olarak 0.01 gr duyarlı terazi yardımı ile ağırlık belirlenmiştir (W_2).

Atmosfer basıncı altında hacimce su emme yeteneği denklem 3.2 ile hesaplanmıştır;

$$h_w = \frac{W_2 - W_1}{W_2 - W_3} \times 100 \quad (3.2)$$

Burada;

h_w : Atmosfer basıncı altında hacimce su emme, %

W_1 : Numunenin kuru ağırlığı, gr

W_2 : Numunenin 24 saat sonra suya doymuş kuru yüzey ağırlığı havada, gr

W_3 : Numunenin 48 saat sonra suya doymuş suda yüzey ağırlığı, gr

3.5.8. Ultrases geçiş hızı tayini

Ultrases geçiş hızı tayini deneyi (Şekil3.7), 250 ölçüm değerini hafızaya alma, 128x128 grafik likit kristal (LCD) ekranlı, RS 232 C bağlantı arabirimli, ölçüm değerlerini bilgisayara aktarma için gerekli donanım ve yazılımlı, ölçüm aralığı: 15~6550 µsn, çözümlüm Min. 0.1 µsn, Voltaj akımı 1 KV, Atım oranı Min. 3/sn, Direnç 1 MΩ ve kalibrasyon çubuğu olan ultrases pandit (S dalgalı proplu) cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.6). Ultrases geçiş hızı tayini ASTM C 597 (1997)'e göre yapılmıştır.

Ultrases geçiş hızı (t) µsn olarak ölçölmüştür. Ölçölen değerler, ölçömlüm alındığı mesafeye (L) bölünerek (denklem 3.3) ultrases geçiş hızı değerleri “V(km/sn)” hesaplanmıştır.

$$V(\text{km/sn}) = L / t \times 10^3 \quad (3.3)$$



Şekil 3.7. Ultrases cihazı

3.5.9. Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesi

Schmidt yüzey sertliğinin belirlenmesinde N tipi beton test çekici (Schmidt) kullanılmış olup (Şekil 3.8), deney TS 3260 (1978)'a göre yapılmıştır. Schmidt yüzey sertliği belirlenirken numunenin oynamaması ve geri sekmemesi için beton basınç presi altında 3~5 t'luk yükleme altında yapılmış olup (Özel, 2007), deneyler 90°'lik açıyla ve beş farklı noktadan alınmıştır. Beş değerın ortalaması bir numune için değer olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.8. Schmidt cihazı ve kalibrasyon örsü

3.5.10. Basınç dayanımının belirlenmesi

Basınç dayanımı tayini TS EN 12390-4 (2002)'e uygun olan manuel ve bilgisayarlı olarak kontrol edilebilen dijital göstergeli, 200 ton (2000 kN) kapasiteli tam otomatik beton basınç presi ile TS EN 12390-3 (2003)'e göre uygun olarak yapılmıştır (Şekil 3.9). Her polimer beton serisi için 3'er adet üretilen beton örneklerinde basınç mukavemetinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Beton basınç presi

3.5.11. Eğilme dayanımının belirlenmesi

Eğilme dayanımı tayini TS EN 12390-4 (2002)'e uygun olan manuel ve bilgisayarlı olarak kontrol edilebilen dijital göstergeli, 10 ton (100 kN) kapasiteli tam otomatik beton basınç presi ile eğilme dayanımı tayini TS EN 12390-5 (2002)'e göre uygun olarak eğilme aparatı ile yapılmıştır (Şekil 3.9).

3.5.12. Aşınma dayanımının belirlenmesi

Yapılan çalışmalarda hazırlanan numuneler TS EN 2824 (2005)'a göre, 5 kg sabit yük altında ve her bir yönünden 22 tur olmak üzere iki yönden deneye tabi tutulmuştur. Deneylerde demir tozu aşındırıcı madde olarak kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan Böhme yüzey aşındırma cihazı Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Böhme yüzey aşındırma cihazı

Her beton serisi için 7x7x4 cm boyutlarında 3'er adet beton örnekleri üzerinde deneyler yapılmış olup bu değerlerin ortalaması, o seri için aşınma değeri olarak kullanılmıştır.

3.5.13. Donma çözünme dayanımının belirlenmesi

Donma-çözünme deneyleri TS 3449 (1980)'a ve ASTM C 666/C 666M (2003)'a göre yapılmıştır. Her seri için hazırlanan 6'şar adet numune 28 gün oda sıcaklığında küre tabi tutulmuştur. 28 gün sonunda, 3'er adet numune 30 çevrimli donma çözünme deneyine (-18 ± 2 °C'de ve 2 saat donma ve 4 ± 1 °C su içinde 1 saat çözünme) tabi tutulup basınç mukavemeti belirlenmiş, 3'er adedi ise şahit olarak saklanıp basınç mukavemeti belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan dondurucu ve su tankı Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



a) Dondurucu

b) Çözmede kullanılan cihaz

Şekil 3.11. Donma-çözünme deneyinde kullanılan cihazlar

Yapılan tüm deneylerde seriyi temsil edecek mukavemet değerleri; üçü donma çözülme deneyine tabi tutulmuş, üçü şahit olarak saklanmış numune olmak üzere, toplam 6 numuneden elde edilmiştir. Donma çözülme sonrası mukavemet kaybı hesaplamalarında üçer numunenin ortalaması alınarak kullanılmıştır.

3.5.14. Çizilme deneyi

Çizilme deneyi (mikro sertlik) analizleri için Şekil 3.12’de görülen Metkon mikro sertlik cihazı ile mikro Vickers sertlik testine maruz bırakılmışlardır. Mikro sertlik testleri 100 g yük altında ve 10’ar saniye süre ile uygulanmıştır. Mikro sertlik test sonuçların sağlıklı alınabilmesi için her bir numune için farklı bölgelerden çok sayıda (en az 10) ölçüm alınmıştır.



Şekil 3.12. Metkon mikro sertlik ölçüm cihazı

3.6. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi

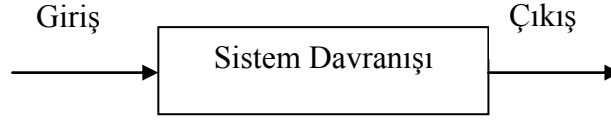
Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde MATLAB programıyla Bulanık Mantık analizi yapılmıştır.

Dünyada meydana gelen olayların bir sırası ya da bir kuralı yoktur. Bu olağan dışılık, düşünce ve karar merciğinden kaynaklanmaktadır. Bilgisayar ortamında olaylar belirsizliklerini yitirir. Bilgisayarın çalışması için kesin sayısal verilere ihtiyaç vardır. İnsanın özgür düşünme ve karar verme yetisi bilgisayarda yoktur. Bu nedenle; Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. Zadeh (1965), gerçek dünya sorunları ne kadar yakından incelemeye alınırsa, çözümün daha da bulanık hale geleceğini ifade etmiştir (Şen, 2001).

Bulanık mantık (fuzzy logic), adından anlaşılacağı gibi mantık kurallarının esnek ve bulanık bir şekilde uygulanmasıdır. Klasik (boolean) mantıkta, "doğru" ve "yanlış" ya da "1" ve "0"lar kombinasyonları bulunmaktadır, oysa bulanık mantıkta, ikisinin arasında bir yerde olan önermelere veya ifadelere izin verilebilir ki, gerçek hayata baktığımızda hemen hemen hiçbir şey kesinlikle doğru veya kesinlikle yanlış değildir. Gerçek hayatta önermeler genelde kısmen doğru veya belli bir olasılıkla doğru şeklinde değerlendirilir. Bulanık mantık klasik mantığın gerçek dünya problemleri için yeterli olmadığı durumlar dolayısıyla ihtiyaç duyulmuştur (Durmuş ve Can, 2009). Bulanık mantık (BM) kavramı ilk kez 1965 yılında California Berkeley üniversitesinden. Lotfi A. Zadeh'in (1965) bu konu üzerinde ilk makalelerini yayınlamasıyla duyulmuştur. Bulanık mantığın en geçerli olduğu iki durumdan ilki, incelenen olayın çok karmaşık olması ve bununla ilgili yeterli bilginin bulunmaması durumunda kişilerin görüş ve değer yargılarına yer vermesi, ikincisi ise insan muhakemesine, kavrayışlarına ve karar vermesine gereksinim gösteren hallerdir (Terzi, 2004).

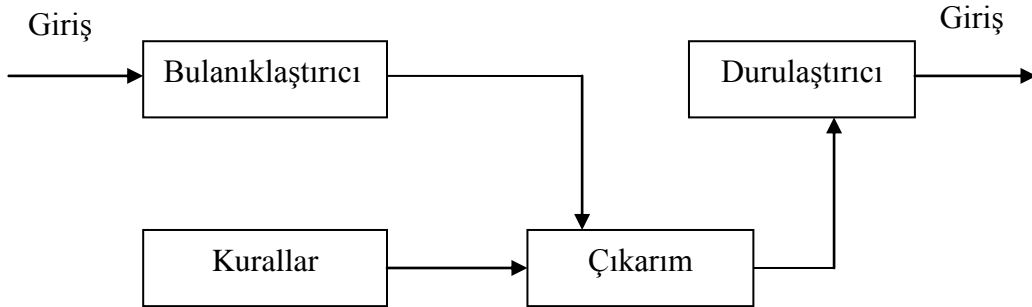
Genel olarak klasik bir sistem giriş, sistem davranışı ve çıkıştan meydana gelmektedir (Şekil 3.13). Mühendislikte birçok girdi çıktı değerinin belirsiz olduğu

boyutlandırmada emniyetli tarafta kalmak için emniyet katsayısı gibi değerler kullanılarak belirli hale getirilmektedir. Bulanık mantıkta ise bu değerlerin büyük bir çoğunluğunu ve oluşum derecelerini dikkate almak mümkün olmaktadır.



Şekil 3.13. Klasik sistem (Terzi, 2004)

Genel olarak bir bulanık mantık işlemindeki akış diyagramı Şekil 3.14'deki gibi verilebilir. Bunlar, giriş verileri veya veri tabanı, bulanıklaştırma, çıkarım motoru, kural tabanı ve durulaştırma işlemlerinden meydana gelmektedir (Terzi, 2004).



Şekil 3.14. Bulanık mantığın temel elemanları (Terzi, 2004)

Giriş/Veri Tabanı: İncelenecek olan olayın maruz kaldığı girdi değişkenlerini ve bunlar hakkındaki tüm bilgileri içerir. Buna veri tabanı veya kısaca giriş adı da verilir. Genel veri tabanı denilmesinin nedeni, buradaki bilgilerin sayısal ve/veya sözel olabilmesidir.

Bulanıklaştırıcı: Sistemden alınan denetim giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işleminin yapıldığı bölümdür.

Bulanık Kural Tabanı: Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal, EĞER-İSE (IF – THEN) türünde yazılabilen bütün kuralların tümünü içerir. Bu kuralların yazılmasında sadece girdi verileri ile çıktılar arasında olabilecek tüm aralık bağlantıları (rule base) düşünülür. Böylece, her bir kural girdi uzayının bir parçasını çıktı uzayına mantıksal olarak bağlar. İşte bu bağlamların tümü kural tabanını oluşturur.

Bulanık Çıkarım: Bulanık kural tabanında giriş ve çıkış bulanık kümeleri arasında kurulmuş olan parça ilişkilerin hepsini bir arada toplayarak sistemin bir çıkışlı davranmasını temin eden işlemler topluluğunu içeren bir mekanizmadır. Bu motor her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdileri altında nasıl bir çıktı vereceğinin belirlenmesine yarar.

Durulaştırma: Bulanık çıkarım motorunun bulanık küme çıkışları üzerinde ölçek değişikliği yapılarak gerçek sayılara dönüştürdüğü birimdir.

Çıkış: Bilgi ve bulanık kural tabanlarının bulanık çıkarım vasıtasıyla etkileşimi sonucunda elde edilen çıktı değerlerinin topluluğunu belirtir (Uygunoğlu ve Ünal, 2005).

Bulanık mantık ile girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişkilerin araştırılması birçok bilimsel alanda başarılı bir şekilde uygulanmış ve kurulan modellerin geçerliliği ispatlanmıştır (Dubois ve Prade, 1980; Do vd., 2005; Do, 2006; Topçu ve Sarıdemir, 2008; Ramezaniyanpour vd., 2009; Terzi vd., 2006; Chen ve Huang 2011; Özel ve Polat, 2011; Özel ve Soykan, 2012).

Geliştiren modelde taze özelliklerden sertleşmiş özellikler tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu modelde mineral tane çapı, polyester tipi, birim hacim ağırlık (BHA) ve reaksiyon sıcaklık sonuçları ayrı ayrı girdi parametresi olarak kullanılmış. Çıktı olarak basınç değerleri ve eğilme değerleri ile modeller kurulmuştur. Yukarıda açıklanan model için elde edilen veriler kullanılarak bu modellere ait determinasyon (belirleyicilik) katsayısı (R^2) değerleri belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Minerallerin Fiziksel Özellikleri

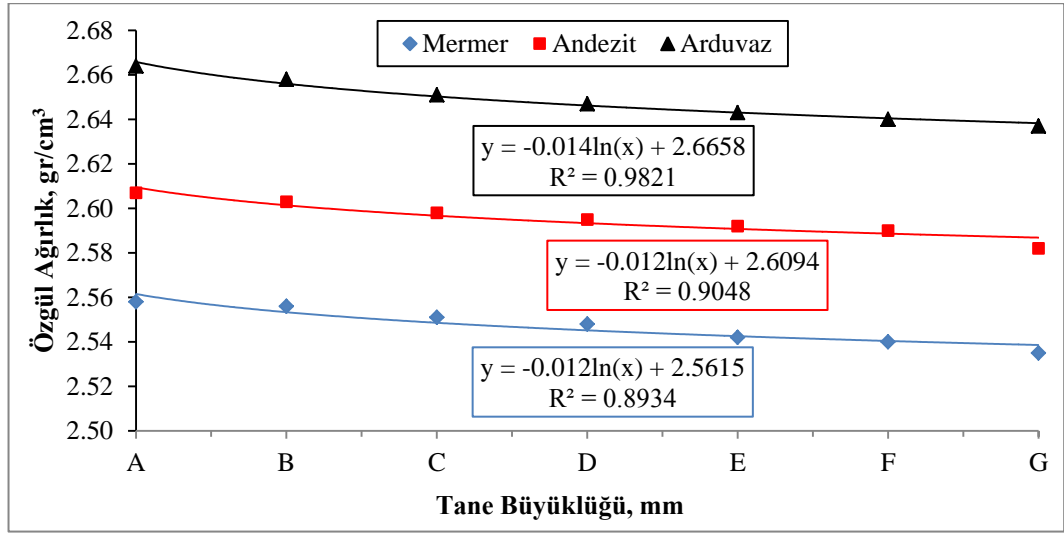
Bu çalışmada kullanılan malzemelerin özgül ağırlıkları bölüm 3.5.5’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Deneysel sonuçlar Çizelge 4.1 ve 4.2 ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1-Şekil 4.1’de bulunan özgül ağırlıklar karışım oranları belirlemede kullanılmıştır. Bu değerler neticesinde uygun polimer beton karışım hesabı oluşturulmuş ve oluşturulan karışım hesabı her seri için standart olarak uygulanmıştır.

Çizelge 4.1. Minerallerin özgül ağırlıkları

Mineral Tipi	Tane Çapı aralığı, mm	Özgül Ağırlık, gr/cm ³
Mermer	A (0.075-0.150)	2.558
	B (0.150-0.180)	2.556
	C (0.180-0.425)	2.551
	D (0.425-0.600)	2.548
	D (0.600-1.180)	2.542
	E (1.180-2.360)	2.540
	F (2.360-4.000)	2.535
Andezit	A (0.075-0.150)	2.607
	B (0.150-0.180)	2.603
	C (0.180-0.425)	2.598
	D (0.425-0.600)	2.595
	D (0.600-1.180)	2.592
	E (1.180-2.360)	2.590
	F (2.360-4.000)	2.582
Arduvaz	A (0.075-0.150)	2.664
	B (0.150-0.180)	2.658
	C (0.180-0.425)	2.651
	D (0.425-0.600)	2.647
	D (0.600-1.180)	2.643
	E (1.180-2.360)	2.640
	F (2.360-4.000)	2.637

Çizelge 4.2. Kimyasalların özgül ağırlıkları

Kimyasal	Tane Çapı aralığı, mm	Özgül Ağırlık, gr/cm ³
P-3455	-	1.133
P-314	-	1.353
Kobalt	-	0.92
Mekp	-	1.17



Şekil 4.1. Tane çapına göre özgül ağırlıklar

Mineral parçalar çeneli ve çekiçli kırıcı yardımıyla kırılıp, ASTM 0.075-4.00 elek aralığında bulunan 7 farklı elek aralığında elenmiştir.

4.2. Minerallerin Los Angeles Deneysel Sonuçları

Minerallerin Los Angeles aşınma deneyleri bölüm 3.5.6'de belirtildiği gibi yapılmıştır. Deneysel sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Los Angeles deney sonuçları

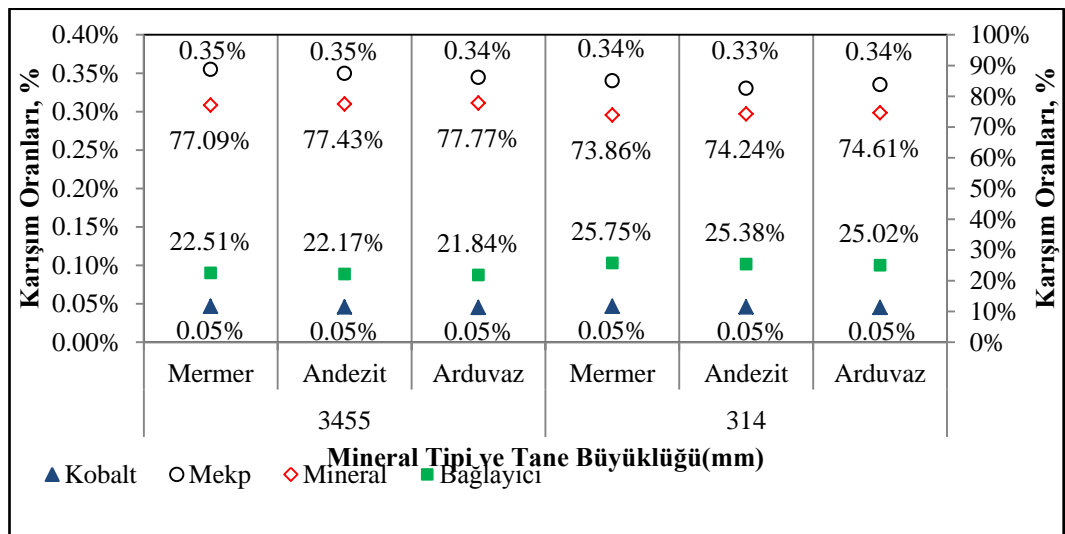
	Aşınma Kaybı %
Mermer	21.38
Andezit	24.46
Arduvaz	14.71

Deneysel sonuçlara bakıldığında en az aşınma kaybı arduvaz mineralinde olmuştur. Mermer ve andezit mineralleri yüzdece aşınma kayıpları birbirine yakın iken arduvaz minerali ile aralarında önemli ölçüde fark vardır.

4.3. Karışım Oranları

Şekil 4.2’de verilen karışım değerleri ön deneyler sonucunda belirlenen oranlardır. Ön deneylerde mineral tipi, bağlayıcı tipi ve kimyasalların hacimce bileşimleri farklı oranlarda denenmiştir. İri taneli G (4.000-2.360 mm) ve ince A (0.075-0.150 mm) taneli minerallerle denenilen karışım hesapları içerisinde optimum kıvamlı ve reaksiyon süresi kısa olan karışım seçilmiştir.

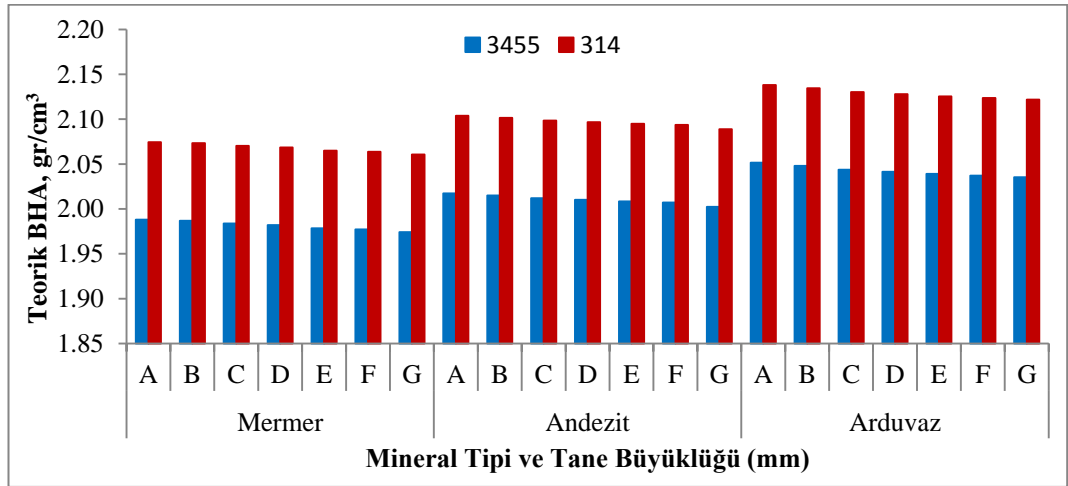
Polimer beton karışım oranları Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Polimer betonların ağırlıkça karışım oranları, %

4.4. Teorik Birim Hacim Ağırlık

Karışım hesabı hacimsel metot yöntemine göre yapılmıştır. Karışım hesabı sonucunda hesaplanan teorik birim hacim ağırlıklar Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Bileşenlerin toplam ağırlık değerleri toplam hacim oranına bölünerek hesaplanmıştır. Teorik Birim hacim ağırlığı mineral tipine bağlı olarak incelendiğinde; arduvaz mineraliyle üretilen karışımın teorik BHA en fazla olduğu (2.14 gr/cm^3 - 2.04 gr/cm^3), en az teorik BHA ise mermer mineraliyle üretilen karışımlarda (2.07 gr/cm^3 - 1.97 gr/cm^3) olduğu ve andezit mineraliyle üretilen teorik BHA arada kaldığı (2.1 gr/cm^3 - 2.00 gr/cm^3) tespit edilmiştir. Tane boyut aralığının (A, B, C, D, E, F ve G) artmasıyla birlikte teorik BHA değerlerinde minerallerin özgül ağırlık değerlerine bağlı olarak azalma elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Teorikte numunelerin BHA değerleri

4.5. Üretilen Numunelerin Deney Sonuçları

4.5.1. Yaş birim hacim ağırlık

Yaş birim hacim ağırlık deneyleri bölüm 3.5.5'de belirtildiği gibi yapılmıştır. Üretilen numunelerde (Çizelge 4.5) yaş birim hacim ağırlık değerlerinde en yüksek değer arduvaz A (0.075-0.150 mm) faz malzemeliyle birlikte P-314 matrisli numuneden alınmıştır. En düşük değer mermer G (2.360-4.000 mm) faz malzemesiyle birlikte üretilen P-3455 matrisli numuneden elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Yaş birim hacim ağırlık değerleri, gr/cm³

Elek Çapı mm	Mermer		Andezit		Arduvaz	
	P-3455	P-314	P-3455	P-314	P-3455	P-314
A	2.11	2.28	2.19	2.25	2.25	2.30
B	2.08	2.21	2.16	2.20	2.19	2.26
C	2.04	2.17	2.15	2.18	2.14	2.24
D	2.00	2.15	2.10	2.17	2.10	2.19
E	1.98	2.12	2.04	2.15	2.09	2.15
F	1.97	2.09	2.03	2.14	2.07	2.10
G	1.96	2.04	1.99	2.11	2.06	2.08

4.5.2. Kuru birim hacim ağırlık

Kuru birim hacim ağırlık deneyleri bölüm 3.5.5’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Üretilen numunelerin (Çizelge 4.6) kuru birim hacim ağırlık değerlerinde en yüksek değer mermer A (0.075-0.150 mm) faz malzemeli, P-314 matrisli numuneden alınmıştır. En düşük değer mermer G (2.360-4.000 mm) faz malzemeli, P-3455 matrisli numuneden elde edilmiştir.

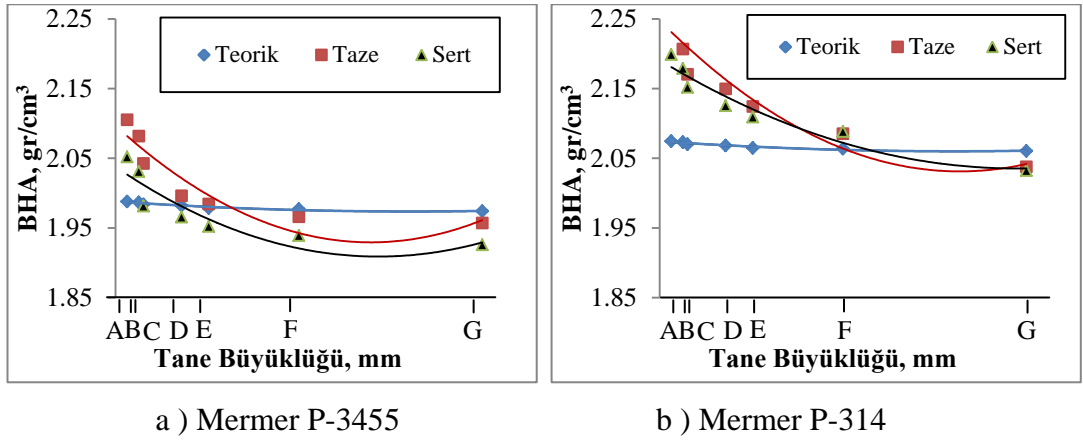
Çizelge 4.6. Kuru birim hacim ağırlık değerleri, gr/cm³

Elek Çapı mm	Mermer		Andezit		Arduvaz	
	P-3455	P-314	P-3455	P-314	P-3455	P-314
A	2.05	2.20	2.12	2.14	2.13	2.15
B	2.03	2.18	2.09	2.10	2.10	2.12
C	1.98	2.15	2.07	2.08	2.06	2.09
D	1.97	2.13	2.03	2.07	2.01	2.08
E	1.95	2.11	1.99	2.04	2.00	2.05
F	1.94	2.09	1.98	1.99	1.99	2.00
G	1.93	2.03	1.97	1.98	1.98	1.99

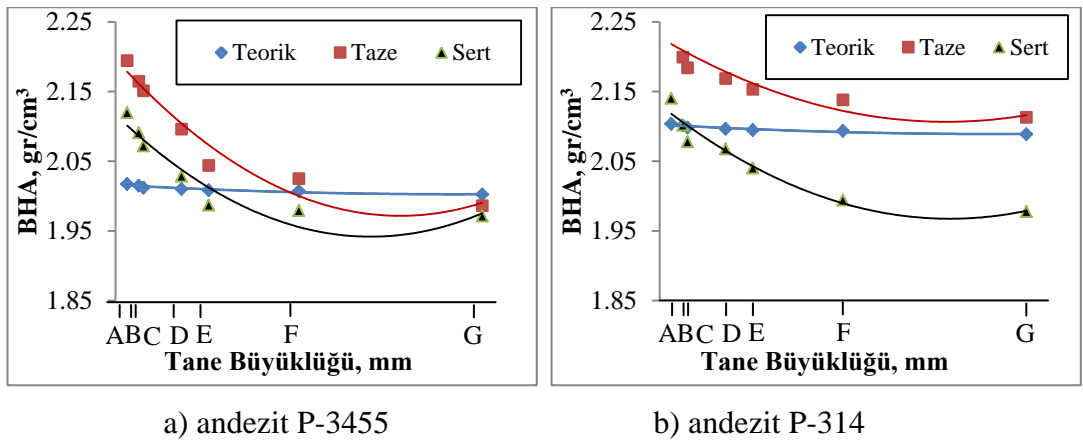
4.5.3. BHA'lar arasındaki ilişkiler

Hesaplanan teorik BHA, taze BHA ve sert BHA arasındaki ilişki mermer faz malzemeli seriler için Şekil 4.4'de, andezit faz malzemeli seriler için Şekil 4.5'de, arduvaz faz malzemeli seriler için Şekil 4.6'da verilmiştir.

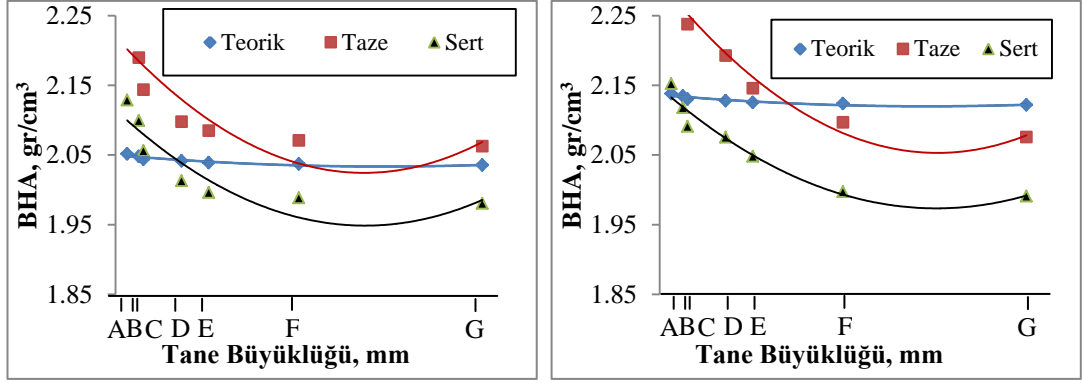
Şekil 4.4 -4.5 ve 4.6'da P-3455'li ve P-314' li serilerde mineral (mermer, andezit ve arduvaz) faz malzemeli numunelerle hesaplanan teorik BHA, taze BHA ve sertleşmiş BHA tane çapına göre ilişkilendirilmiştir. Buna göre tane çapına bağlı olarak BHA'larda düşüş gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Mermer için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri



Şekil 4.5. Andezit için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri



a) arduvaz P-3455

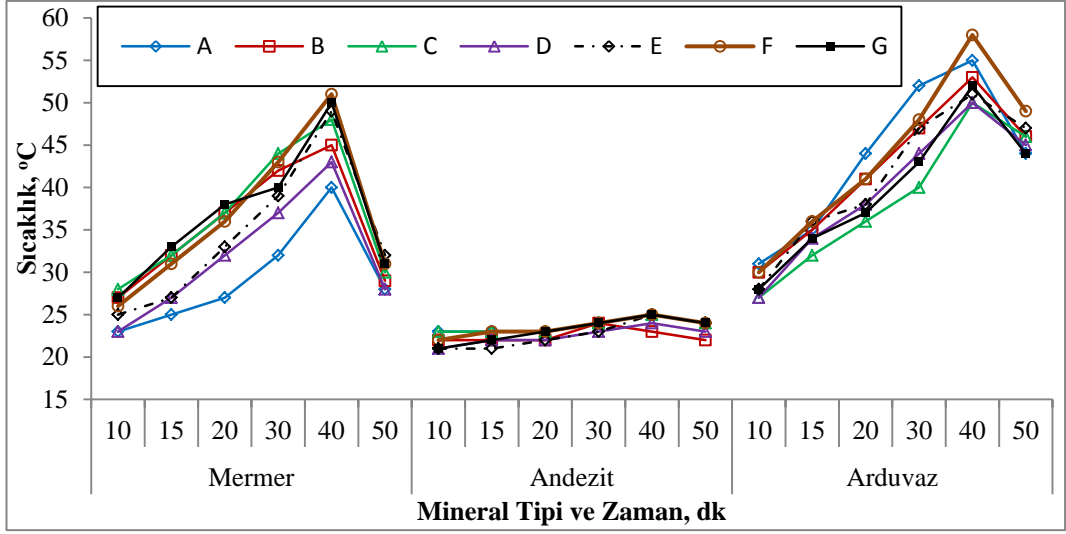
b) arduvaz P-314

Şekil 4.6. Arduvaz için tane çapına bağlı olarak polimer betonun BHA değişimleri

4.5.4. Reaksiyon sıcaklıkları

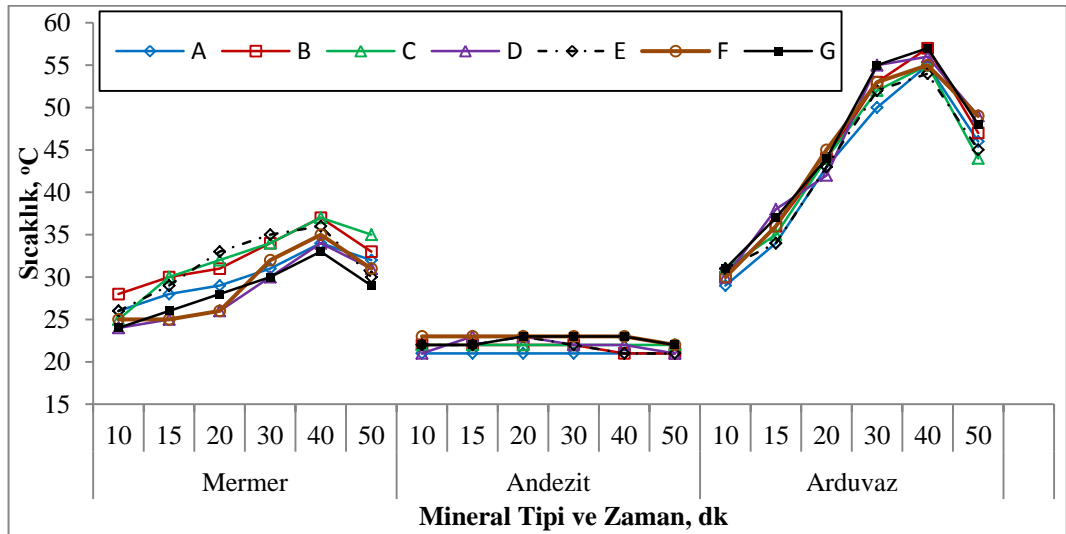
Reaksiyon sıcaklığı deneyleri bölüm 3.5.4’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Üretilen numunelerin 50 dk’lık reaksiyon süreleri Şekil 4.7- Şekil 4.8’de verilmiştir. Yapılan çalışmada reaksiyon sıcaklıklarına genel olarak bakıldığında 10. ile 40. dakikalar arasında artış göstermiş 40. dakikadan sonra düşmeye başlamıştır.

P-3455 matrisli serilerde (Şekil 4.7), mermer fazlı numunelerde reaksiyon sıcakları arasında benzer davranış gözlenmiştir. En yüksek sıcaklığa F (1.180-2.360 mm) çaplı numune ulaşmıştır. Andezit fazlı numuneler arasında benzer davranış gözlenmiştir. Fakat reaksiyon sıcaklık değişimleri çok az olmakla birlikte andezit fazlı numunelerde reaksiyon süresi artmaktadır. Arduvaz fazlı numunelerde reaksiyon sıcakları arasında benzer davranış gözlenmiştir. En yüksek sıcaklığa F (1.180-2.360 mm) çaplı numuneden elde edilmiştir.



Şekil 4.7. P-3455 Matrisli numunelerin reaksiyon sıcaklıkları

P-314 matrisli serilerde (Şekil 4.8), mermer fazlı numunelerde reaksiyon sıcaklıkları arasında benzer davranış gözlenmiştir. En yüksek sıcaklığa B (0.150-0.180 mm) çaplı numuneler ulaşmıştır. Andezit fazlı numuneler arasında benzer davranış gözlenmiştir. Reaksiyon sıcaklık değişimleri çok az olmakla birlikte andezit fazlı numunelerde reaksiyon süresi artmaktadır. Arduvaz fazlı numunelerde reaksiyon sıcaklıkları arasında benzer davranış gözlenmiştir. En yüksek sıcaklığa B (0.150-0.180 mm) çaplı numune ulaşmıştır.



Şekil 4.8. P-314 Matrisli numunelerin reaksiyon sıcaklıkları

Yapılan çalışmada reaksiyon sıcaklıkları 10. ile 40. dakikalar arasında artış göstermiş 40. dakikadan sonra düşmeye başladığı tespit edilmiştir. Mermer ve arduvaz serilerinde 10. dakikadan itibaren numunelerin mukavemet göstermeye başladığı ön deneylerle tespit edilmiştir. Bu süre andezitli serilerde 24 saatte gerçekleşmiştir.

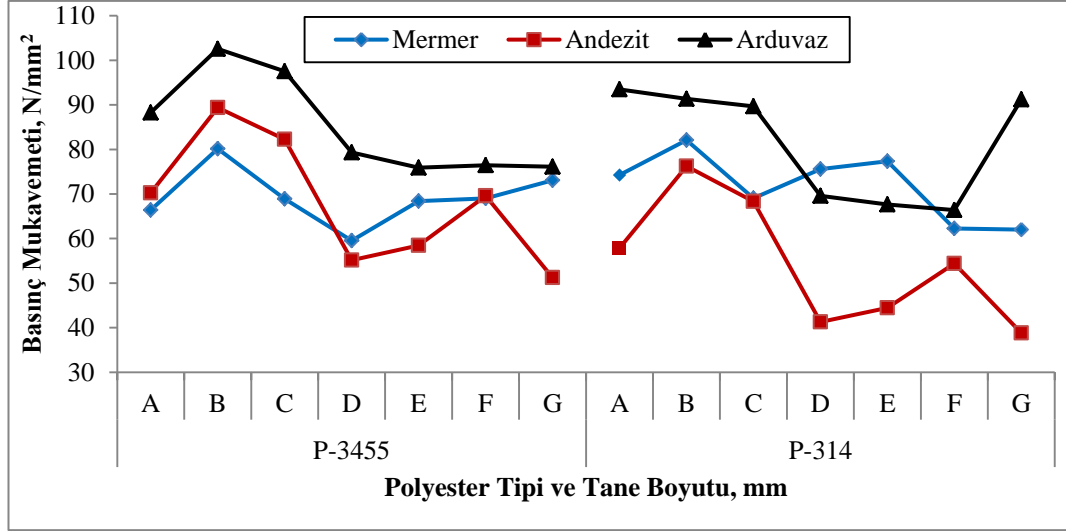
4.5.5. Basınç mukavemeti

Basınç mukavemeti deneyi bölüm 3.5.10'da belirtildiği gibi yapılmıştır. Polyester tipi, mineral tipi ve tane büyüklüğünün basınç mukavemeti üzerindeki etkisi Şekil 4.9'da verilmiştir.

Üretilen numunelerin (Şekil 4.9) basınç mukavemeti değerlerinde en yüksek değer arduvaz B (0.150-0.180 mm) faz malzemeli, P-3455 matrisli numuneden alınmıştır. En düşük değer andezit G (2.360-4.000 mm) faz malzemeli, P-314 matrisli numuneden alınmıştır. Bu iki numune arasındaki basınç mukavemeti farkı %147.68'dir.

P-3455 matrisli polimer betonlarda; mermer, andezit ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değer B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer sırası ile mermer D (0.425-0.600 mm) agrega dağılımlı, andezit G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımlı, arduvaz E (0.600-1.180 mm) agrega dağılımlı numuneden elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı %33.83, andezit agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı %60.02, arduvaz agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı ise %29.91'dir.

P-3455 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer arduvaz fazlı B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı G (2.36-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasındaki basınç mukavemeti farkı %84.74'dür.



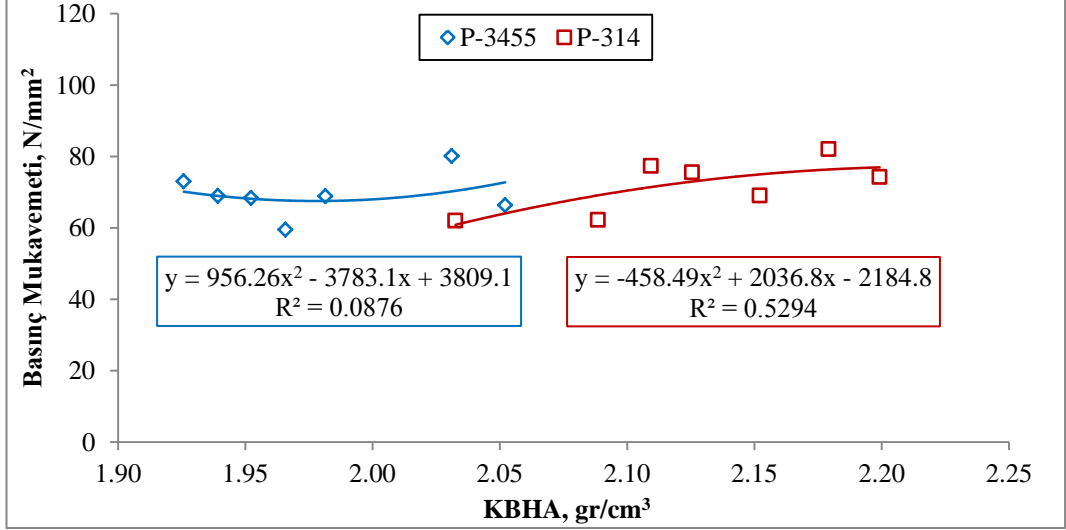
Şekil 4.9. Basınç mukavemeti değerleri

P-314 matrisli polimer betonlarda; mermer, andezit ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değer sırasıyla B (0.150-0.180 mm), B (0.150-0.180 mm), G (2.360-4.00 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer mermer F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı, andezit G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımlı, arduvaz F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı numuneden elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı %25.76, andezit agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı %85.30, arduvaz agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki basınç mukavemeti farkı ise %39.79'dur.

P-314 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer arduvaz fazlı G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasında ki basınç mukavemeti farkı %136.03'dür.

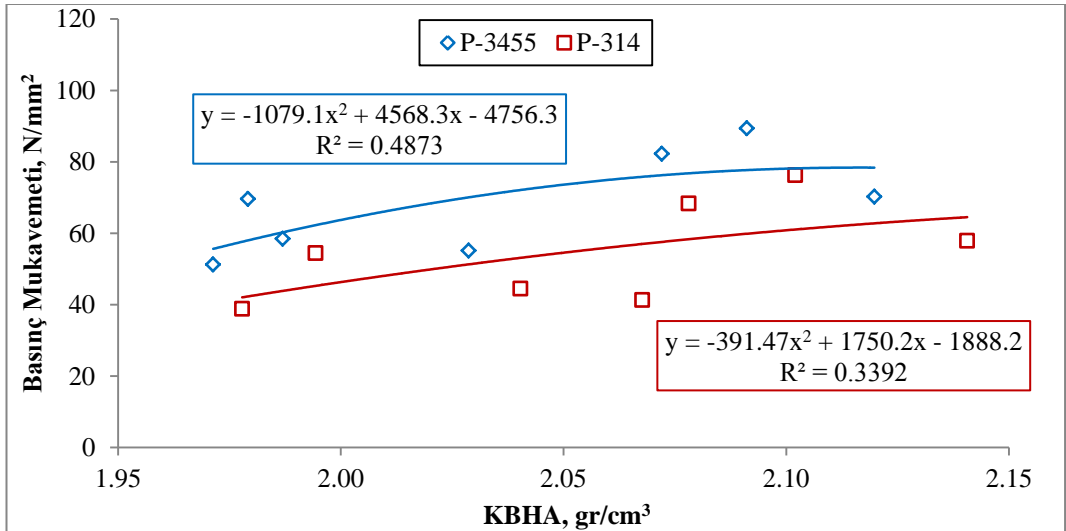
Basınç mukavemeti değerleri ile BHA'lık arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerden çıkarılan belirleyicilik katsayıları mermer için Şekil 4.10'da, andezit için Şekil 4.11'de, arduvaz için Şekil 4.12'de verilmiştir.

Faz malzemesi mermer olan numunelerde BHA ile basınç mukavemeti arasında düşük bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.10). Bu ilişki P-314 serilerinde P-3455 serilerine göre daha yüksektir.



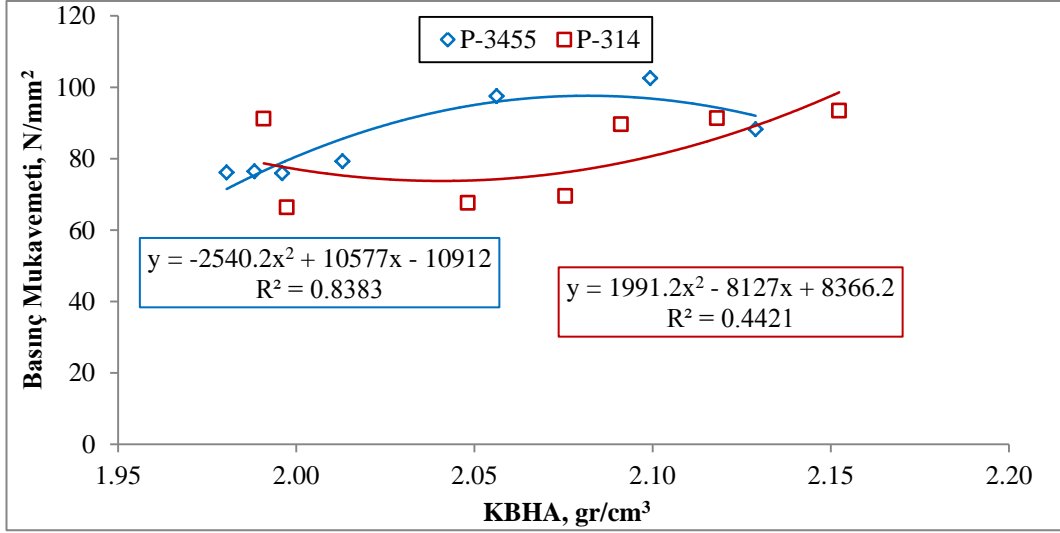
Şekil 4.10. Mermer serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi

Faz malzemesi andezit olan numunelerde BHA ile basınç mukavemeti arasında da düşük bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Bu ilişki faz malzemesi mermer olan serilerdekinin tersine P-3455 serilerinde P-314 serilerine göre daha yüksektir.



Şekil 4.11. Andezit serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi

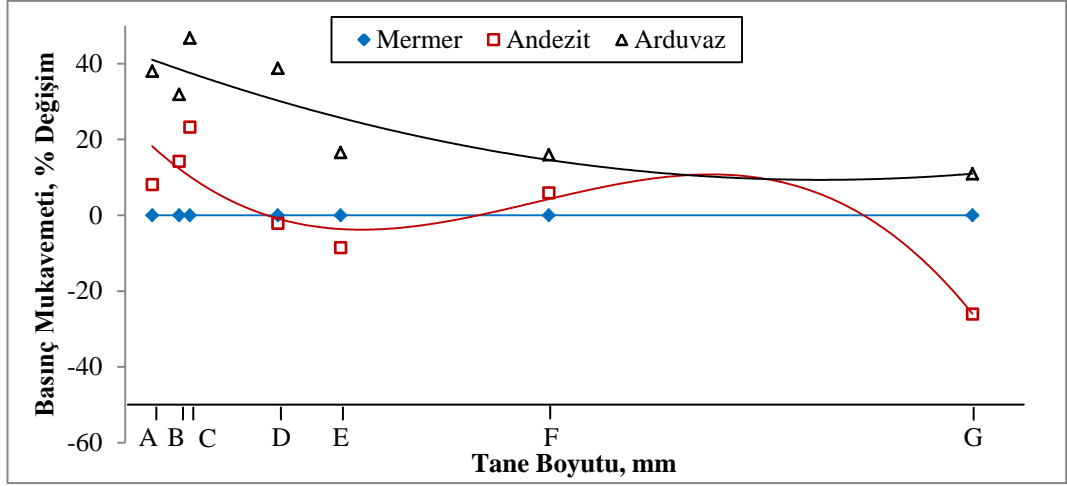
Faz malzemesi arduvaz olan numunelerde BHA ile basınç mukavemeti arasında diğer mineral tiplerine göre daha yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.12). Bu ilişki andezit serilerine benzer olarak P-3455 serilerinde P-314 serilerine göre daha yüksektir.



Şekil 4.12. Arduvaz serileri için KBHA-basınç mukavemeti değişimi

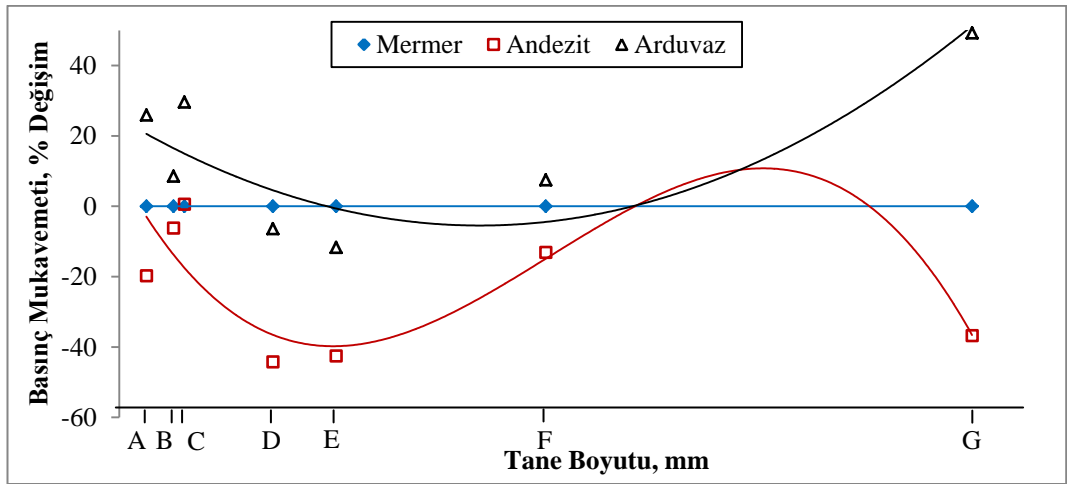
Basınç mukavemeti değerlerinin mineral boyutuna göre değişimleri (Şekil 4.13-4.14-4.15) aşağıda verilmiştir.

Mermer numuneleri şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.13) P-3455 polyester tipinin etkisiyle birlikte arduvaz mineralinin mermere göre çok daha yüksek değer verdiği tespit edilmiştir. Andezit mineralinde ise bazı tane büyüklüklerinde (A, B, C ve F) daha yüksek dayanım elde edilmesine rağmen bazı tane büyüklüklerinde (D, E ve G) mermer fazlı numunelerden düşük dayanım elde edilmiştir. En fazla dayanım farkını B (0.180-0.425 mm) tane boyutundaki arduvaz mineralli numuneden elde edilmiştir (%47). En düşük dayanım G (2.36-4.000 mm) çapındaki andezit mineralli numuneden elde edilmiştir (%26).



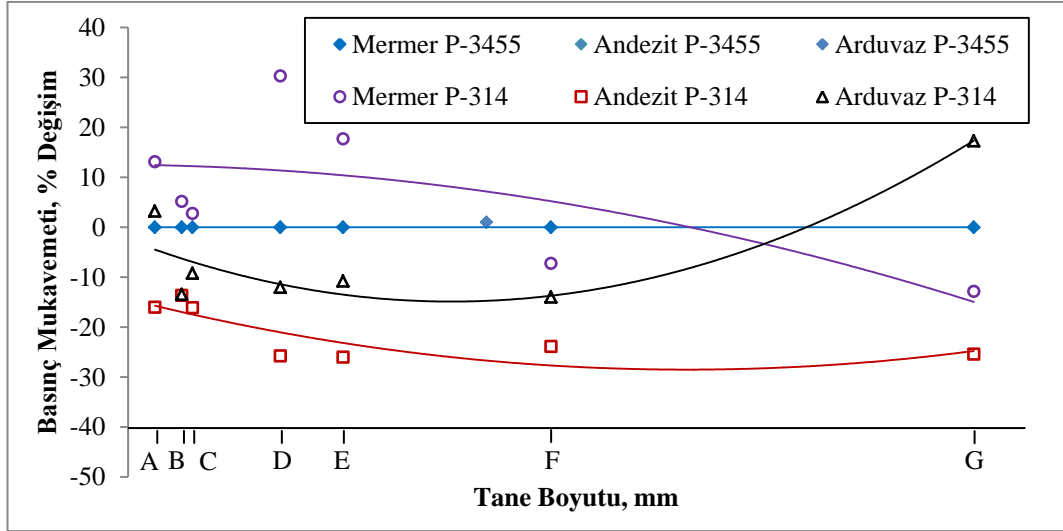
Şekil 4.13. P-3455 Matrisli numuneler için basınç mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişim

Mermer numuneleri şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.14) P-314 polyesterin kullanıldığı karışımlarda andezit mineralinin mermere göre daha düşük dayanımı olduğu gözlemlenmiştir. Arduvaz mineralinde ise bazı tane büyüklüklerinde (A, B, C, F ve G) daha yüksek dayanım olsa da bazı elek aralıklarında (D ve E) mermer fazlı numunelerden düşük dayanım elde edilmiştir. En az dayanım farkını D (0.425-600 mm çapındaki andezit mineralli numuneden elde edilmiştir (%44)). En yüksek dayanım G (2.36-4.000 mm çapındaki arduvaz mineralli numuneden elde edilmiştir (%49)).



Şekil 4.14. P-314 Matrisli numuneler için basınç mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişim

P-3455 polyester tipinin şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.15) andezit P-314'lü serilerde basınç mukavemetinde azalma (%26), Arduvaz P-314'lü serilerde basınç mukavemetinde A ve G tane boyutuna sahip numunelerde artış (%17), diğer tane boyutlu numunelerde azalma (%14), Mermer P-314'lü serilerde ise basınç mukavemetinde B ve G tane boyutuna sahip numunelerde azalma (%13) ve diğer elek çaplarında artış (%31) elde edilmiştir.



Şekil 4.15. Mineral tipi ve boyutunun polyester tipi üzerindeki etkisi

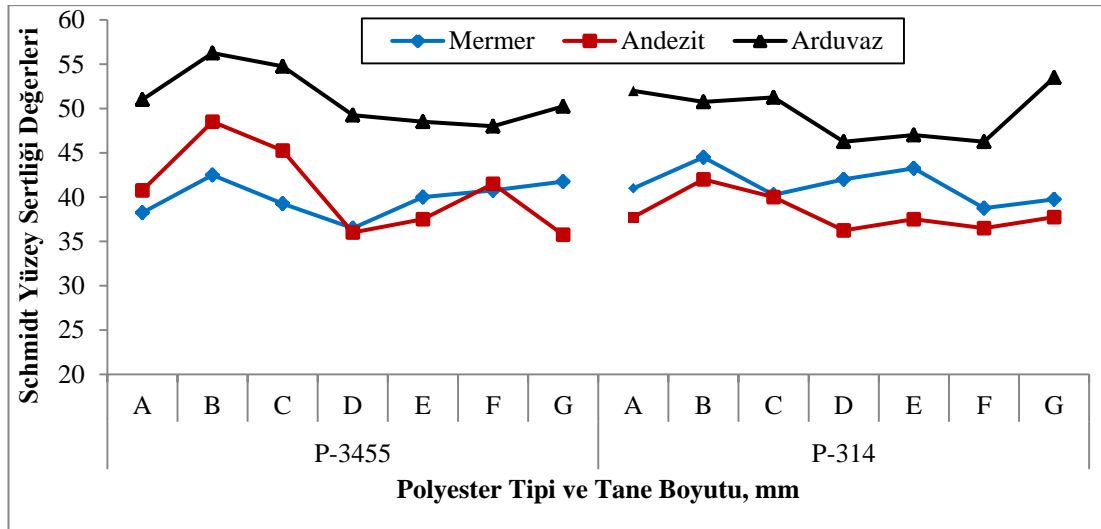
4.5.6. Schmidt yüzey sertliği

Schmidt yüzey sertliği deneyi bölüm 3.5.9'da belirtildiği gibi yapılmıştır. Polyester tipi, mineral tipi ve tane büyüklüğünün Schmidt yüzey sertliği üzerindeki etkisi Şekil 4.13'de verilmiştir.

Üretilen polimer beton serileri (Şekil 4.16) Schmidt sertlik değerlerinde en yüksek değer arduvaz B (0.150-0.180 mm) faz malzemeli, P-3455 matrisli numuneden alınmıştır. En düşük değer andezit D (0.425-0.600 mm) faz malzemeli, P-314 matrisli numuneden alınmıştır. Bu iki numune arasındaki Schmidt sertlik farkı %55.17'dir.

P-3455 matrisli polimer betonlarda; mermer, andezit ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değer B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer mermer D (0.425-0.600 mm) agrega dağılımlı, andezit G (2.360-4.00 mm) agrega dağılımlı, arduvaz F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı numuneden elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki Schmidt sertlik farkı %16.44, andezit agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki Schmidt sertlik farkı %35.66, arduvaz agregalı numunelerdeki en yüksek değerle en düşük değer arasındaki Schmidt sertlik farkı ise %17.19'dur.

P-3455 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer arduvaz fazlı B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasındaki Schmidt sertlik farkı %84.74'dür.



Şekil 4.16. Schmidt yüzeysel sertliği değerleri

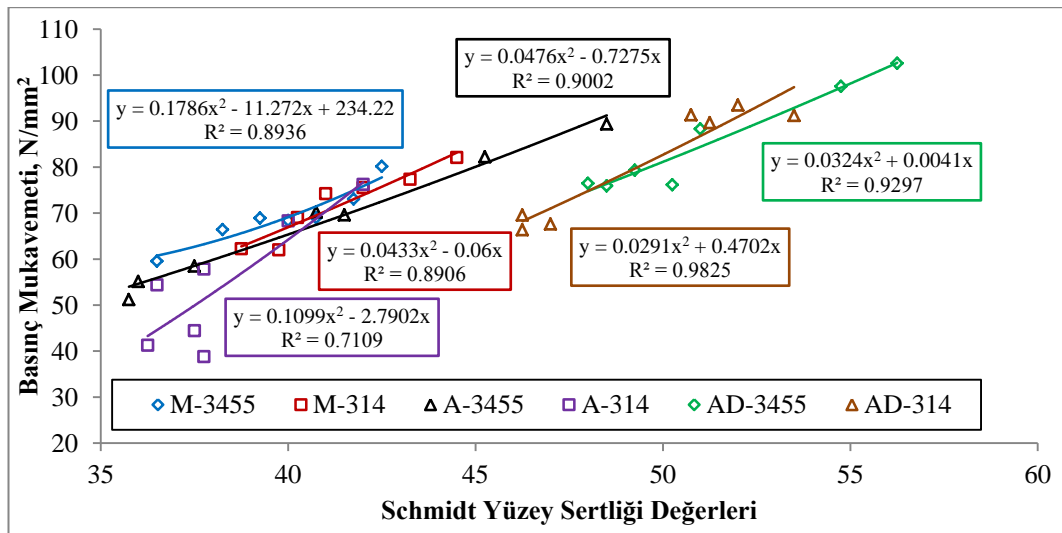
P-314 matrisli polimer betonlarda; mermer, andezit ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değerler sırasıyla B (0.150-0.180 mm), B (0.150-0.180 mm), G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer mermer F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı, andezit D (0.425-0.600 mm) agrega dağılımlı, arduvaz F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı numuneden

elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki Schmidt ertlik farkı %14.84, andezit agregalı numunelerdeki Schmidt ertlik farkı %15.86, arduvaz agregalı numunelerdeki schmidt sertlik farkı ise %15.68'dir.

P-314 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer arduvaz fazlı G (2.36-4.00 mm) agregada dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı D (0.425-0.600 mm) agregada dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasındaki Schmidt sertlik farkı %47.59'dur.

Sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen basınç mukavemeti ile Schmidt yüzey sertliği verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda en yüksek ilişki arduvaz faz malzemeli P-314 matrisli numuneden, en düşük ilişki andezit faz malzemeli P-314 matrisli numuneden elde edilmiştir (Şekil 4.17).

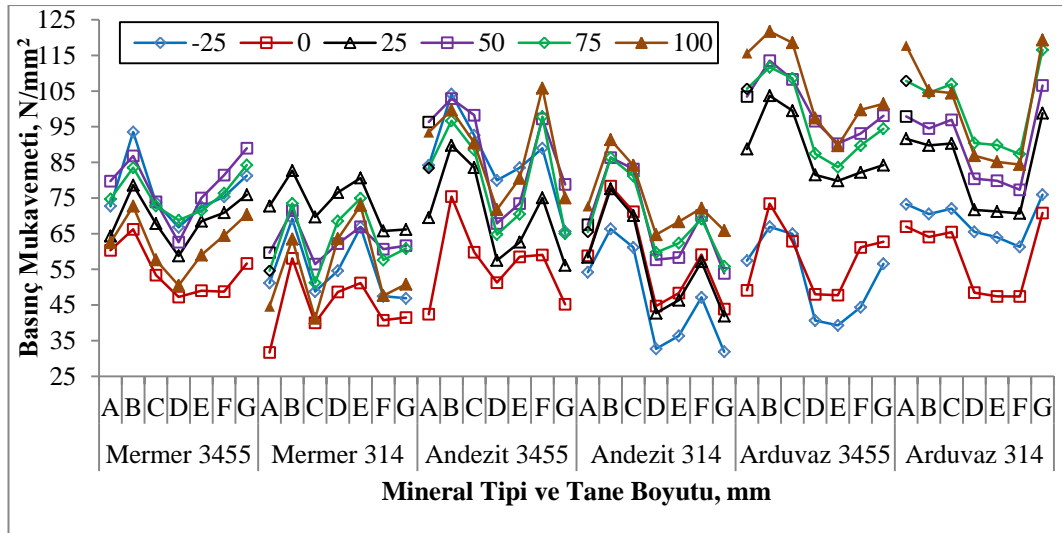
Sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği verileri arasındaki ilişki incelendiğinde bu iki deney arasında çok yüksek bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. En yüksek belirleyicilik katsayısı AD P-314 ($R^2=0.9825$) den elde edilmişken en düşük belirleyicilik katsayısı A P-314 ($R^2=0.7109$) den elde edilmiştir.



Şekil 4.17. Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi

4.5.7. Ortam sıcaklığındaki değişimin basınç mukavemetine etkisi

Basınç mukavemeti deneyi bölüm 3.5.10'da belirtildiği gibi yapılmıştır. Bu bölümde basınç dayanımına sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Sıcaklık etkisinin tespiti için seriler 24 saat sabit sıcaklıkta bekletildikten sonra basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Tüm serilerin (mermer P-3455, mermer P-314, andezit P-3455, andezit P-314, arduvaz P-3455 ve arduvaz P-314) ortam sıcaklıklarındaki (-25 °C, 0 °C, 50°C, 75 °C ve 100 °C) değişiminin basınç mukavemetine etkisi Şekil 4.18'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Farklı sıcaklık altındaki basınç mukavemeti değerleri

Mermer faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde 25 °C deki basınç mukavemeti 0 °C ve 100 °C basınç mukavemeti değerlerinden yüksek -25 °C, 50 °C ve 75 °C deki numunelerden düşük elde edilmiştir. Mermer faz malzemeli P-314 matrisli numunelerin hepsinden 25 °C deki basınç mukavemeti değerlerinin altında basınç mukavemeti değeri elde edilmiştir.

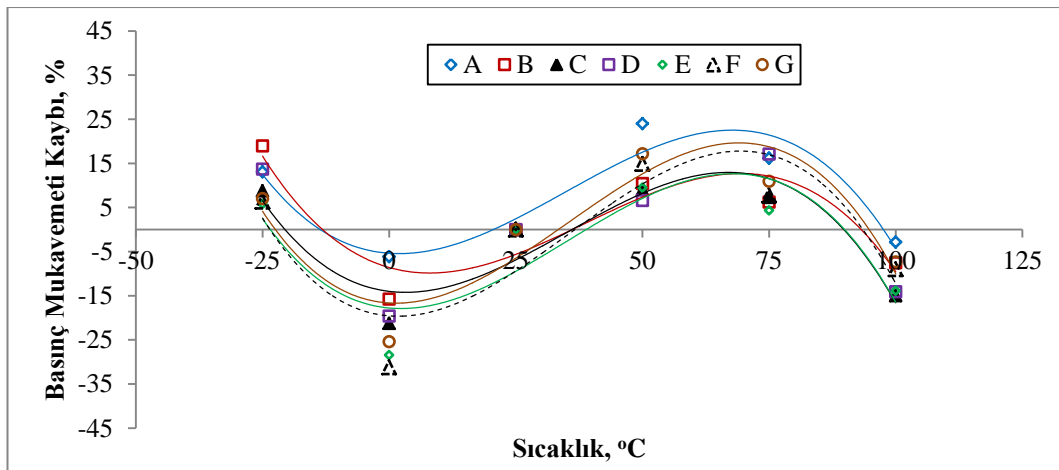
Andezit faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde 0 °C deki basınç mukavemeti değerleri 25 °C deki numunelerden düşük elde edilmiştir. Diğer serilerin hepsinden 25 °C den yüksek basınç mukavemeti değeri elde edilmiştir. Andezit faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde -25 °C deki basınç mukavemeti değerleri 25 °C den

düşük basınç mukavemet değerleri elde edilmiştir, diğer serilerin hepsinden 25 °C den yüksek basınç mukavemeti değerleri elde edilmiştir.

Arduvaz faz malzemeli P-3455 ve P-314 matrisli numunelerde -25 °C ve 0 °C deki basınç mukavemeti değerleri 25 °C den düşük basınç mukavemet değerleri elde edilmiştir. 25 °C den yüksek basınç mukavemeti 50 °C, 75 °C ve 100 °C deki numunelerden elde edilmiştir.

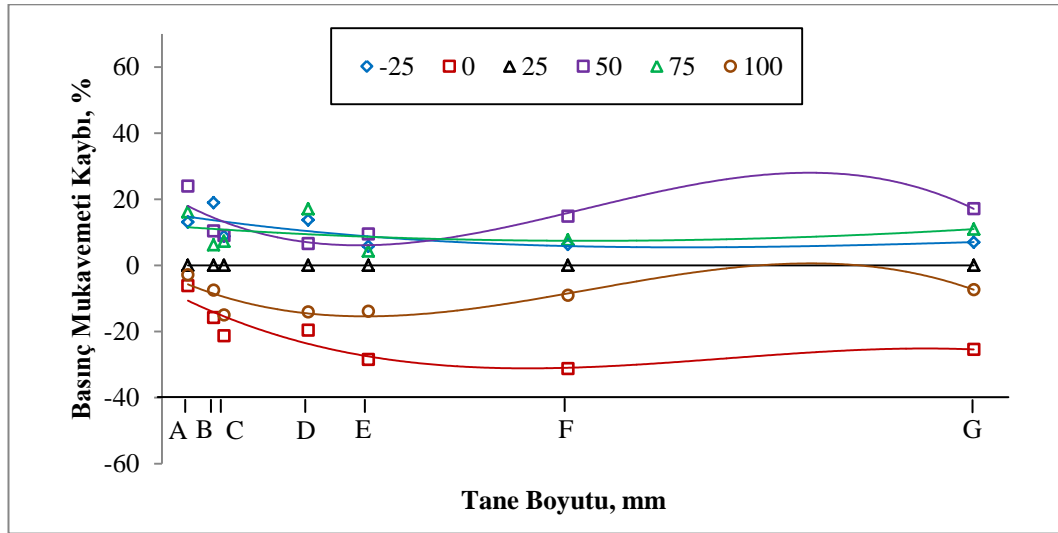
Yapılan deneysel inceleme sonucunda, sıcaklığın basınç dayanımı üzerinde etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu etki mineral tipi ve polyester tipine göre farklılık göstermektedir. Polyester türü mineral boyutu ve tipine göre sıcaklığın etkisi Şekil 4.19-4.30'da deneysel sonuçlara göre sıcaklığın etkisi verilmiştir.

P-3455 mermer mineralli numunelerde mineral boyutuna göre sıcaklığa bağlı basınç mukavemeti kaybı değişimi şekil 4.19'da verilmiştir. 25 °C deki basınç mukavemeti değerlerine göre mineral boyutuna bağlı olarak 0 ve 100 °C'de genel olarak azalma diğer sıcaklıklarda artış elde edilmiştir. En yüksek basınç değerleri A (0.075-0.150 mm), en düşük basınç değeri ise F (1.180-2.360 mm) serisinden elde edilmiştir.



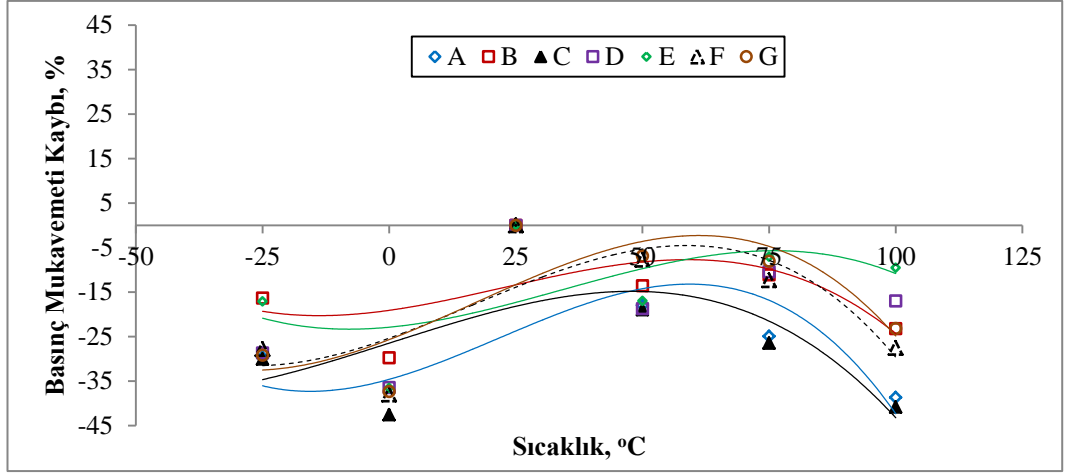
Şekil 4.19. P-3455 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Mermer faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi üretilen serilerde tane çapına göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.20’de görüldüğü gibi 0 °C’de tüm serilerde en düşük dayanım elde edilmiştir. Diğer bir düşük dayanım 100 °C’de elde edilmiştir. Diğer üç sıcaklığın dayanımı attırdığı gözlenmiştir. Dayanım azalışında en yüksek değer F (1.180-2.360 mm) boyutlu numune de % 31 olarak tespit edilmiştir. Dayanım artmasında en yüksek değer ise A (0.075-0.150 mm) boyutlu numuneden %24 olarak tespit edilmiştir.



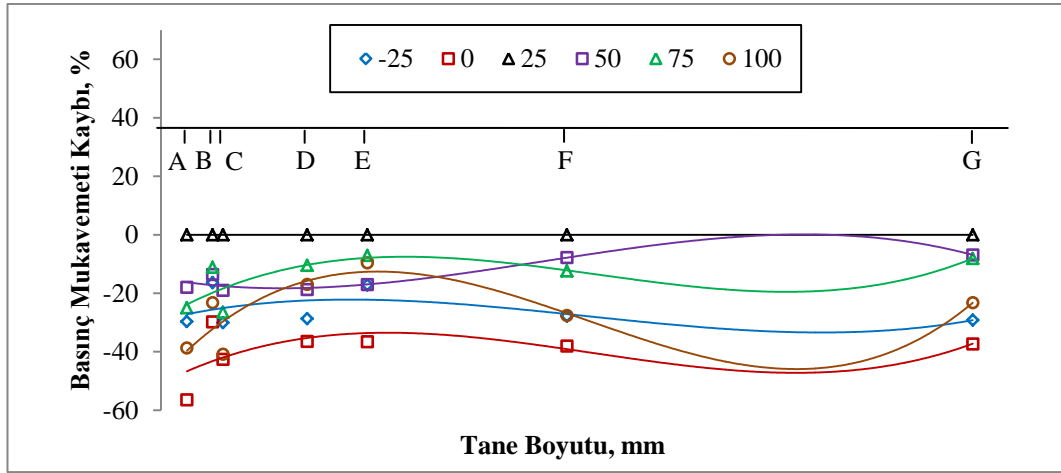
Şekil 4.20. P-3455 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri

Mermer faz malzemeli P-314 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi (Şekil 4.21) tüm serilerde basınç mukavemetinde azalma göstermiştir. En düşük basınç mukavemetine 0 °C’de (%57) C (0.180-0.425 mm) serisinden tespit edilmiştir. En az azalma ise 50 °C’de (%7) B (0.150-0.180 mm) serisinden elde edilmiştir. Üretilen bu malzeme tipinin sıcaklık artışı ve azalışı ile birlikte basınç mukavemetinde azalma gözlenmiştir. Ortam sıcaklığı basınç mukavemetini etkilemektedir. 25 °C ‘ye göre Genel olarak en yüksek kayıplar A (0.075-0.150 mm) serisinden elde edilmişken en düşük kayıplar 25 °C’ye kadar B (0.150-0.180 mm)serisinden 25 °C’den sonra ise G (2.360-4.000 mm) serisinden elde edilmiştir.



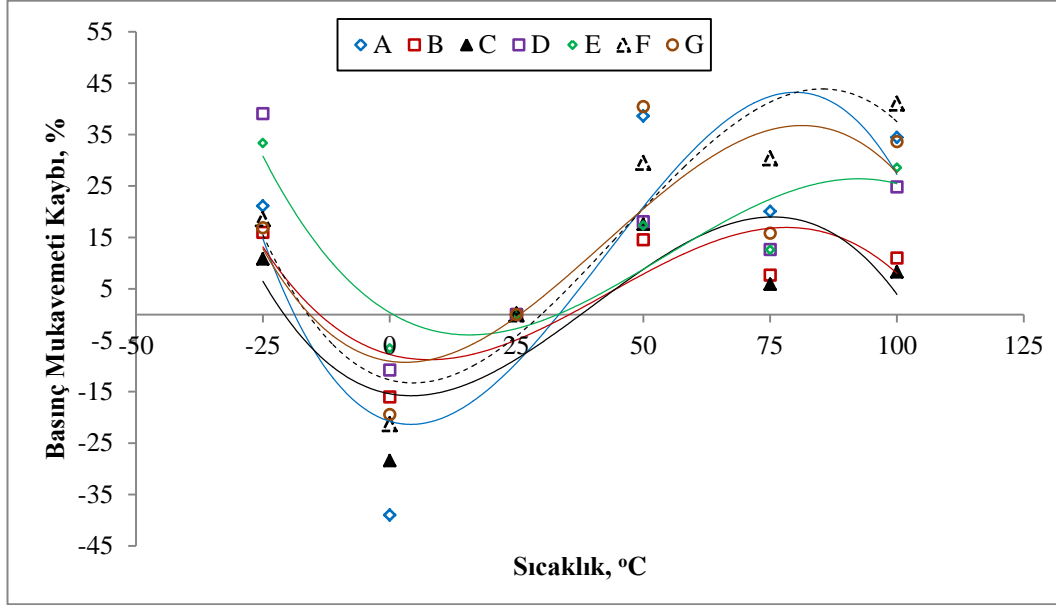
Şekil 4.21. P-314 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Mermer faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi, üretilen serilerde tane boyutuna göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişmesinden kaynaklanabilir. Şekil 4.22'de görüldüğü gibi 25°C'ye göre en yüksek basınç kayıpları 0 °C'de en düşük basınç kayıpları ise E (0.600-1.180 mm) serisine kadar 75 °C'de elde edilmişken 75 °C'de ve üzerinde 100 °C'den elde edilmiştir.



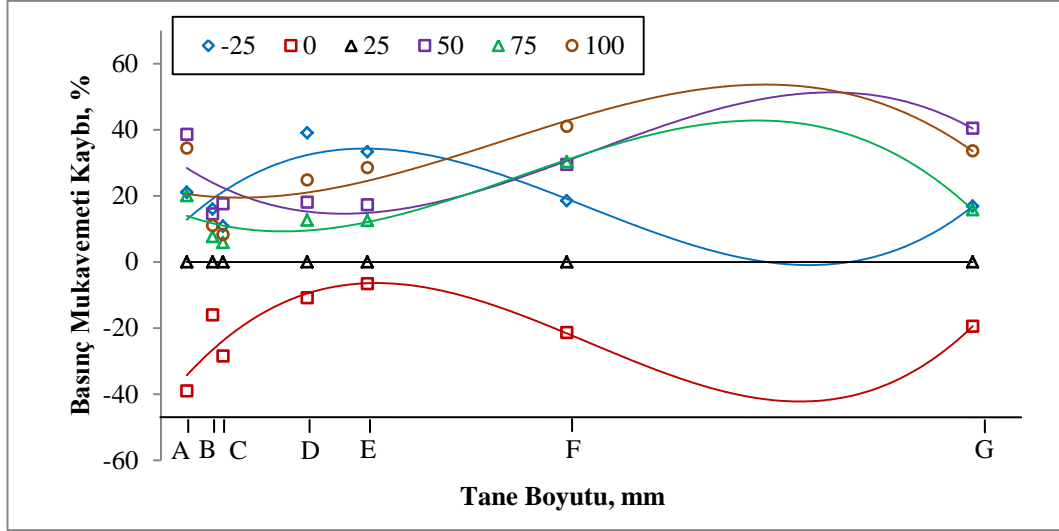
Şekil 4.22. P-314 Matris malzemeli mermer minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklarının etkileri

Şekil 4.23’de görüldüğü gibi 25 °C’ye göre genel olarak en yüksek kayıplar D (0.425-0.600 mm) serisinden elde edilmişken en düşük kayıplar 25 °C’ye kadar A (0.075-0.150 mm) serisinden elde edilmiştir.



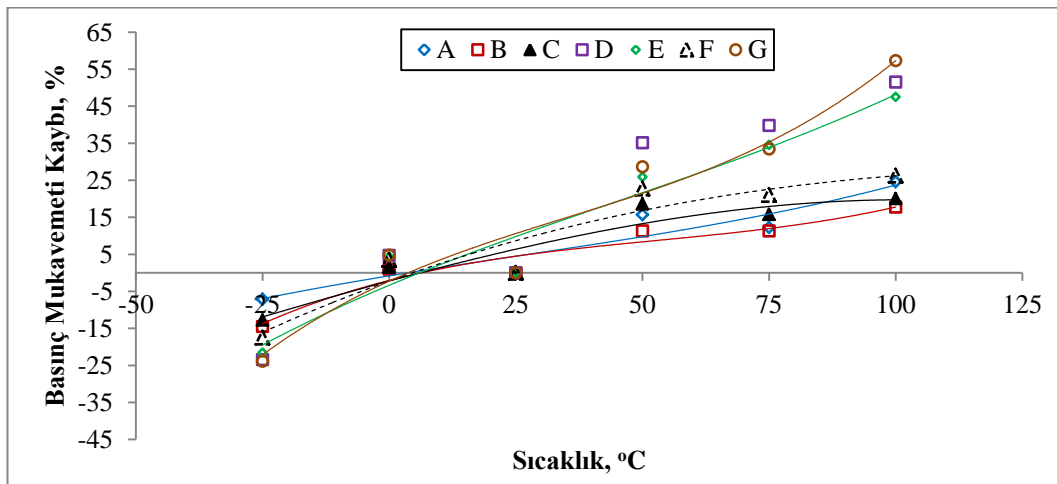
Şekil 4.23. P-3455 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Andezit faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi üretilen serilerde tane çapına göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişmesinden kaynaklanabilir. Şekil 4.24’de görüldüğü gibi tüm serilerde en düşük dayanım 0 °C’de elde edilmiştir. genel olarak en yüksek dayanım kaybı F (1.180-2.360 mm) serisinden elde edilmişken en düşük dayanım kaybı A (0.075-0.150 mm) serisinden elde edilmiştir.



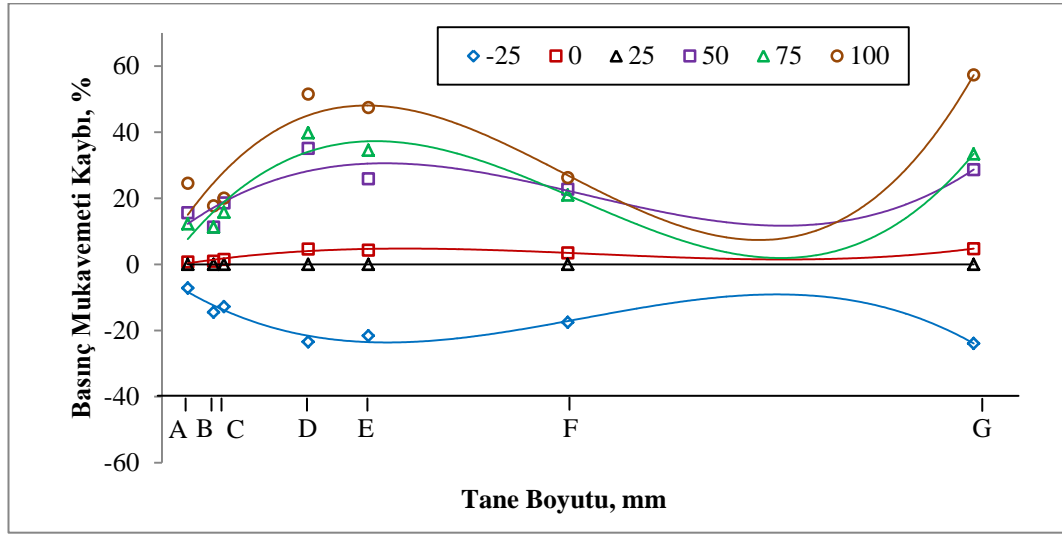
Şekil 4.24. P-3455 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri

Andezit faz malzemeli P-314 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi Şekil 4.25’de görüldüğü gibi 25 °C’ye göre en yüksek basınç kayıpları -25 °C’de, en düşük basınç kayıpları ise 100 °C’den elde edilmiştir. Diğer dört sıcaklık ta dayanımın arttığı (%1-57) ve bu malzemelerin kullanım sıcaklığının sınırları ortaya çıkmıştır. Ortam sıcaklığı basınç mukavemetini etkilemektedir.



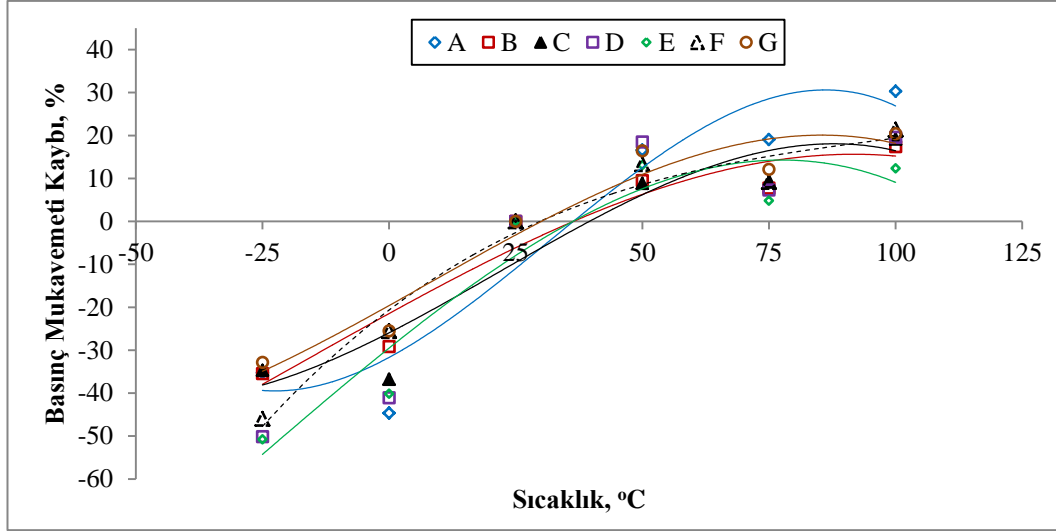
Şekil 4.25. P-314 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Andezit faz malzemeli P-314 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi üretilen serilerde tane çapına göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişmesinden kaynaklanabilir. Şekil 4.26'da görüldüğü gibi tüm serilerde en düşük dayanım -25 °C'den elde edilmiştir. Genel olarak en yüksek ve en düşük dayanım kaybı G (2.360-4.000 mm) serisinden elde edilmiştir.



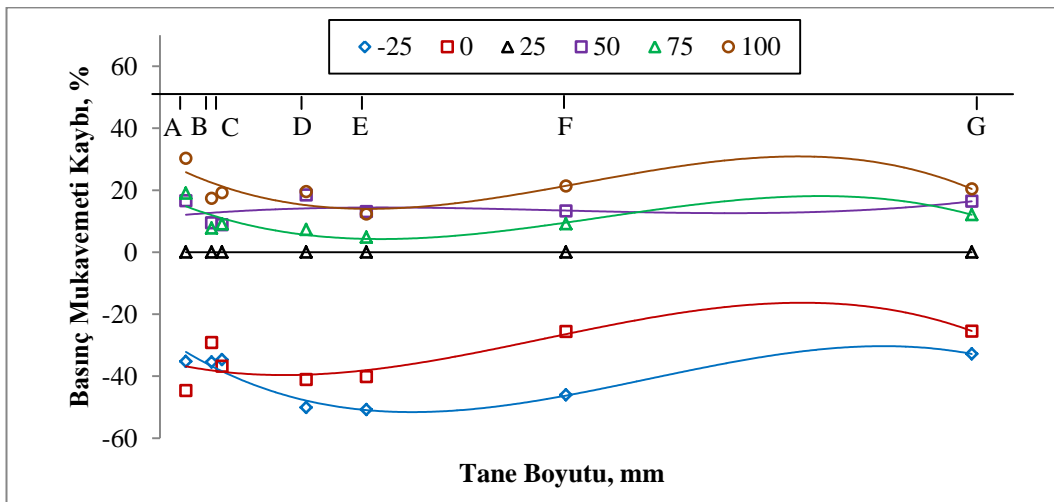
Şekil 4.26. P-314 Matris malzemeli andezit minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri

Andezit faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi Şekil 4.27'de görüldüğü gibi 25 °C'ye göre en yüksek basınç kayıpları -25 °C'de, en düşük basınç kayıpları ise 0 °C'den elde edilmiştir. Diğer dört sıcaklık ta dayanımın arttığı (%5-30) ve bu malzemelerin kullanım sıcaklığının sınırları ortaya çıkmıştır. Ortam sıcaklığı basınç mukavemetini etkilemektedir.



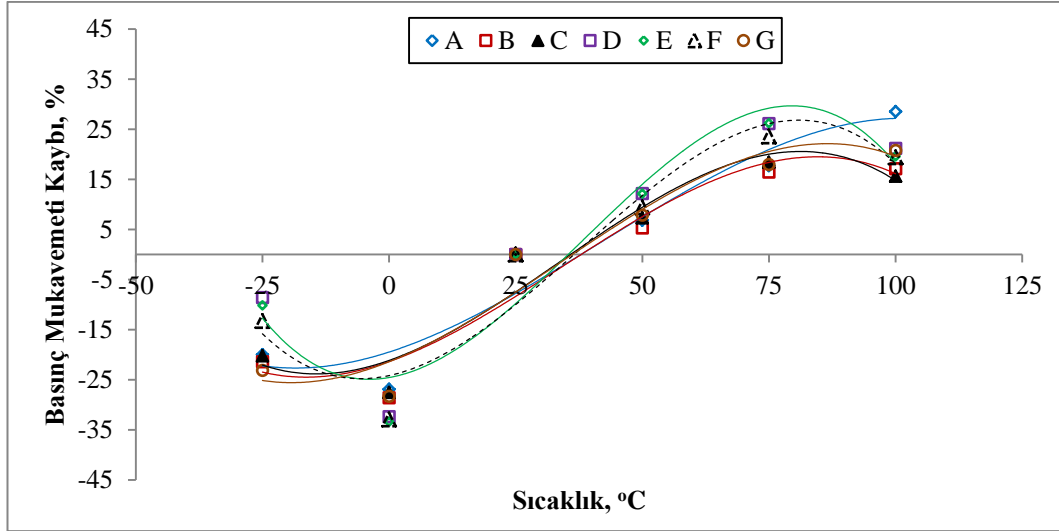
Şekil 4.27. P-3455 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Arduvaz faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi üretilen serilerde tane çapına göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 4.28’de görüldüğü gibi tüm serilerde en düşük dayanım -25 °C’den elde edilmiştir. Genel olarak en yüksek D (0.425-0.600 mm) serisinden, en düşük dayanım kaybı A (0.075-0.150 mm) serisinden elde edilmiştir.



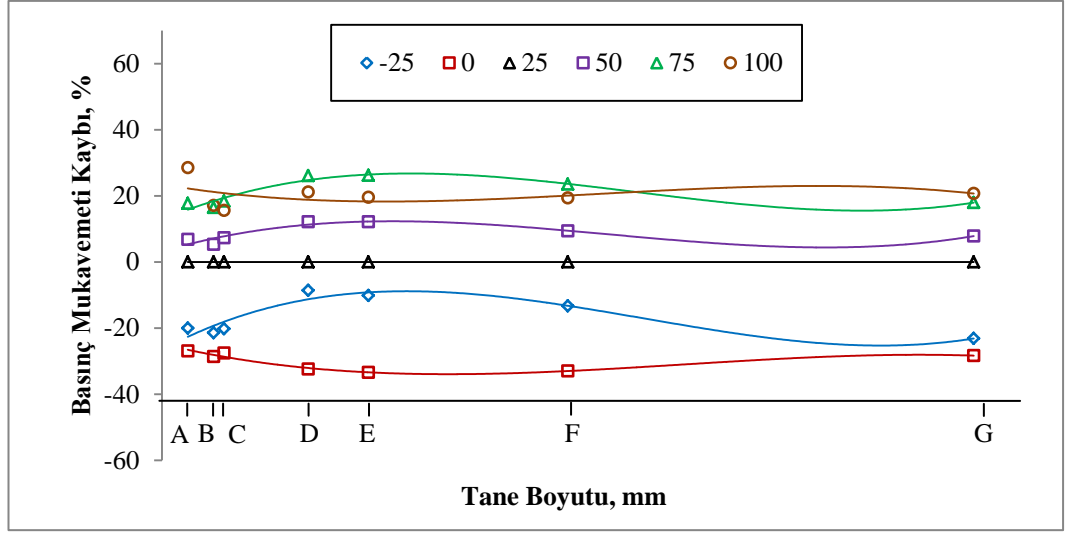
Şekil 4.28. P-3455 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri

Arduvaz faz malzemeli P-3455 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi Şekil 4.29'da görüldüğü gibi 25 °C'ye göre en yüksek basınç kayıpları 0 °C'de, en düşük basınç kayıpları ise -25 °C'den elde edilmiştir. Diğer dört sıcaklık ta dayanımın arttığı (%5-29) ve bu malzemelerin kullanım sıcaklığının sınırları ortaya çıkmıştır. Ortam sıcaklığı basınç mukavemetini etkilemektedir.



Şekil 4.29. P-314 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine mineral boyutunun etkisi

Arduvaz faz malzemeli P-314 matrisli numunelerde sıcaklık etkisi üretilen serilerde tane çapına göre farklılık göstermektedir. Bu farklılığın taneler arasında ki boşluk ve matris malzemenin bu boşlukları doldurmasına göre değişmesinden kaynaklanabilir. Şekil 4.30'da görüldüğü gibi tüm serilerde en düşük dayanım 0 °C'den elde edilmiştir. Genel olarak en yüksek E (0.600-1.180 mm) serisinden, en düşük dayanım kaybı A (0.075-0.150 mm) serisinden elde edilmiştir.



Şekil 4.30. P-314 Matris malzemeli arduvaz minerali içeren karışımların basınç mukavemeti üzerine ortam sıcaklıklarının etkileri

Farklı sıcaklıklardaki basınç mukavemeti schmidt ilişkisi Çizelge 4.6'da verilmiştir. Belirleyicilik katsayılarının grafikleri EK1'de verilmiştir. İlişkilere bakıldığında tüm sıcaklıklarda basınç mukavemeti ile Schmidt yüzey sertliği arasında belirleyicilik katsayıları dikkate değer şekilde yüksek elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklardaki basınç mukavemeti schmidt değeri belirleyicilik katsayıları

Değişkenler	İlişkiler	Sıcaklık °C	Mermer 3455	Andezit 3455
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	-25	$y = 0.0231x^2 + 0.8253x$	$y = 0.0185x^2 + 1.0058x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9941$	$R^2 = 0.9344$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	0	$y = 0.0353x^2 + 0.3384x$	$y = 0.0516x^2 - 0.2891x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9878$	$R^2 = 0.9772$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	25	$y = 0.0385x^2 + 0.201x$	$y = 0.0216x^2 + 0.8434x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.986$	$R^2 = 0.9826$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	50	$y = 0.0219x^2 + 0.8963x$	$y = 0.0189x^2 + 1.015x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9869$	$R^2 = 0.984$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	75	$y = 0.0261x^2 + 0.6971x$	$y = 0.0183x^2 + 1.0131x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9769$	$R^2 = 0.9897$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	100	$y = 0.0353x^2 + 0.3994x$	$y = 0.0218x^2 + 0.8687x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9029$	$R^2 = 0.9873$
			Mermer 314	Andezit 314
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	-25	$y = 0.0357x^2 + 0.2731x$	$y = 0.0226x^2 + 0.9694x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9915$	$R^2 = 0.9021$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	0	$y = 0.0617x^2 - 0.6275x$	$y = 0.1235x^2 - 2.5509x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9889$	$R^2 = 0.9502$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	25	$y = 0.0358x^2 + 0.2943x$	$y = 0.106x^2 - 2.5913x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9686$	$R^2 = 0.7181$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	50	$y = 0.0265x^2 + 0.6501x$	$y = 0.0139x^2 + 1.1626x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9705$	$R^2 = 0.79$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	75	$y = 0.0396x^2 + 0.1535x$	$y = 0.0167x^2 + 1.1179x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9872$	$R^2 = 0.8847$
y değişkeni	Basınç Mukavemeti	100	$y = 0.0478x^2 - 0.1427x$	$y = 0.006x^2 + 1.4442x$
x değişkeni	Schmidt		$R^2 = 0.9883$	$R^2 = 0.8678$

4.5.8. Eğilme mukavemeti

Eğilme mukavemeti deneyi bölüm 3.5.11’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Polyester tipi, mineral tipi ve tane büyüklüğünün eğilme mukavemeti üzerindeki etkisi Şekil 4.31’de verilmiştir.

Üretilen polimer beton serileri (Şekil 4.31) eğilme mukavemeti değerlerinde en yüksek değer mermer B (0.150-0.180 mm) faz malzemeli, P-3455 matrisli numuneden alınmıştır. En düşük değer andezit G (2.360-4.000 mm) faz malzemeli, P-314 matrisli numuneden alınmıştır. Bu iki numune arasındaki eğilme mukavemeti farkı %137.09’dur.

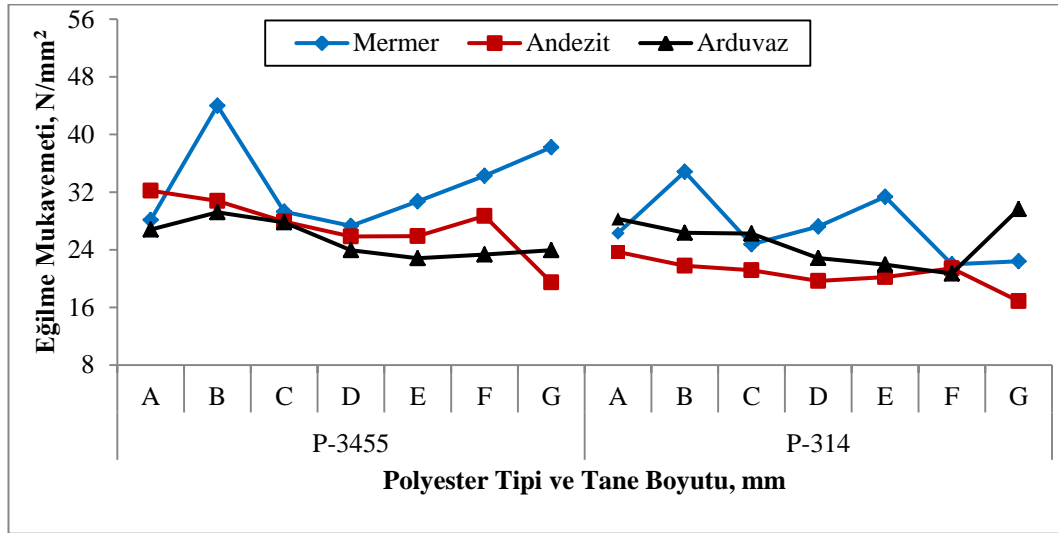
P-3455 matrisli polimer betonlarda; mermer ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değer B (0.150-0.180 mm) andezit’te ise B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer mermer D (0.425-0.600 mm) agrega dağılımlı, andezit G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımlı, arduvaz E (0.600-1.180 mm) agrega dağılımlı numuneden elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı %60.12, andezit agregalı numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı %49.45, arduvaz agregalı numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı ise %23’dür.

P-3455 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer mermer fazlı B (0.150-0.180 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasındaki eğilme mukavemeti farkı %102.34’dür.

P-314 matrisli polimer betonlarda; mermer, andezit ve arduvaz fazlı numunelerde en yüksek değer sırasıyla B (0.150-0.180 mm), A (0.075-0.150 mm), G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımına sahip numunelerden elde edilmiştir. En düşük değer mermer F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı, andezit G (2.360-4.000 mm) agrega dağılımlı, arduvaz F (1.180-2.360 mm) agrega dağılımlı numuneden elde edilmiştir. Mermer agregalı numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı %51.18, andezit agregalı

numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı %31.33, arduvaz agregalı numunelerdeki eğilme mukavemeti farkı ise %45.75'dir.

P-314 matrisli tüm serilerde, en yüksek değer mermer fazlı B (0.150-0.180 mm)agrega dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. En düşük değer ise andezit fazlı G (2.360-4.000 mm) agregada dağılımına sahip numuneden elde edilmiştir. Bu iki numune arasındaki eğilme mukavemeti farkı %92.70'dir.

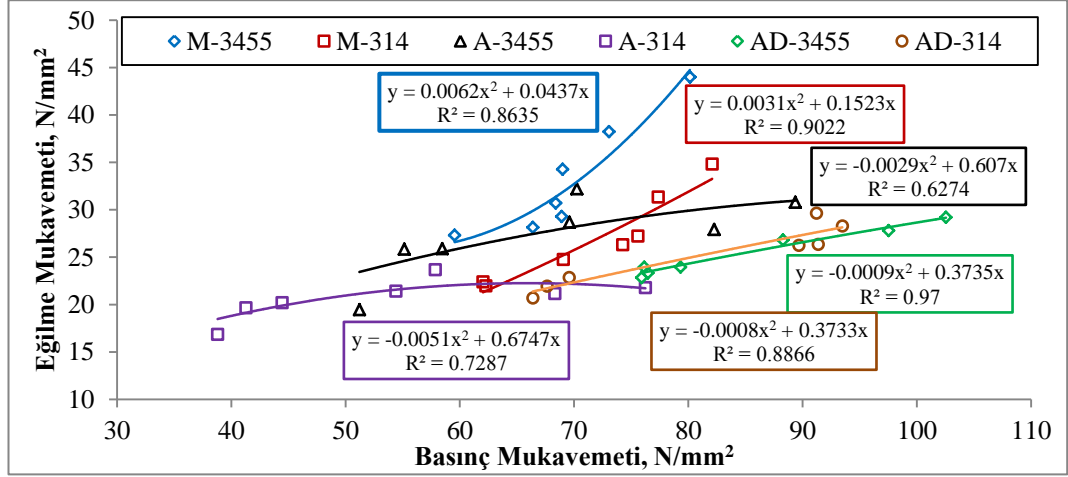


Şekil 4.31. Eğilme mukavemeti değerlerinin değişimleri

Sertleşmiş beton deneylerinden elde edilen basınç mukavemeti ile eğilme mukavemeti verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda en yüksek ilişki arduvaz faz malzemeli P-3455 matrisli numuneden, en düşük ilişki andezit faz malzemeli P-3455 matrisli numuneden elde edilmiştir (Şekil 4.32).

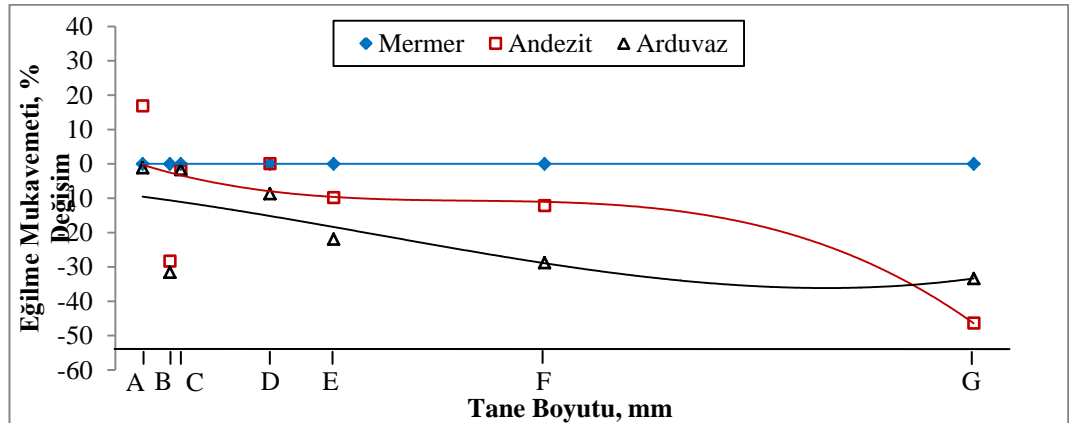
Yapılan incelemeler sonucunda mermer faz malzemeli, P-3455 matrisli numunelerde en yüksek determinasyon katsayısı ($R^2= 0.8635$), mermer faz malzemeli, P-314 matrisli numunelerde en yüksek belirleyicilik katsayısı ($R^2= 0.9022$) olarak elde edilmiştir. Andezit faz malzemeli, P-3455 matrisli numunelerde en yüksek determinasyon katsayısı ($R^2= 0.6274$), andezit faz malzemeli, P-314 matrisli numunelerde en yüksek belirleyicilik katsayısı ($R^2= 0.7287$) olarak elde edilmiştir.

Arduvaz faz malzemeli, P-3455 matrisli numunelerde en yüksek belirleyicilik katsayısı ($R^2= 0.9700$), arduvaz faz malzemeli, P-314 matrisli numunelerde en yüksek belirleyicilik katsayısı ($R^2= 0.8866$) olarak elde edilmiştir (Şekil 4.32).



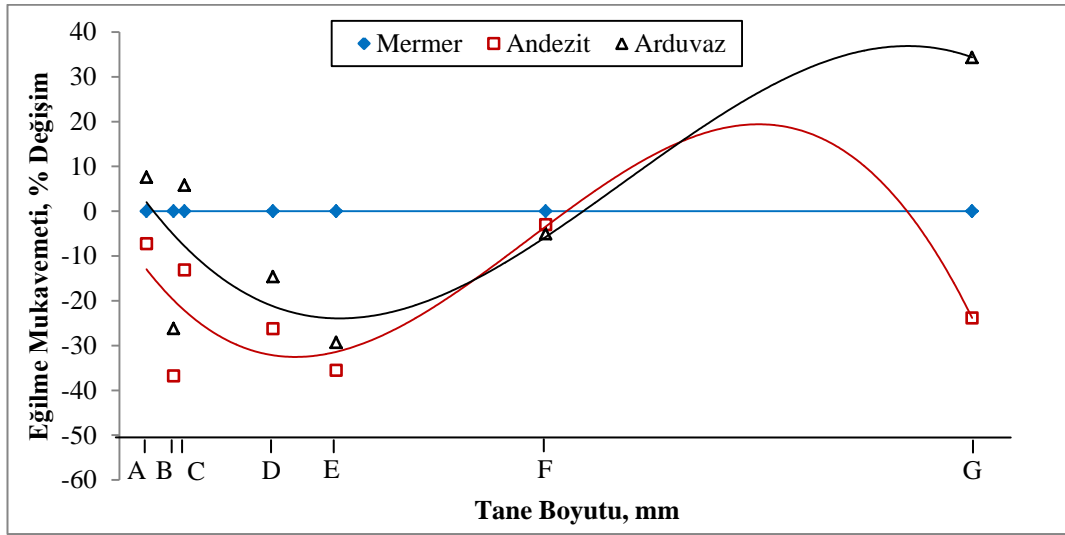
Şekil 4.32. Basınç - Eğilme mukavemeti ilişkileri

Mermer numuneleri şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.33) P-3455 polyester tipinin etkisiyle birlikte andezit ve arduvaz mineralli numunelerden mermer mineralli numunelere göre daha az eğilme dayanımı gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte A (0.075-0.150 mm) boyutlu andezit mineralinde ise artış elde edilmiştir (%17). en düşük dayanım G (2.360-4.000 mm) boyutlu andezit mineralinde (%46) elde edilmiştir.



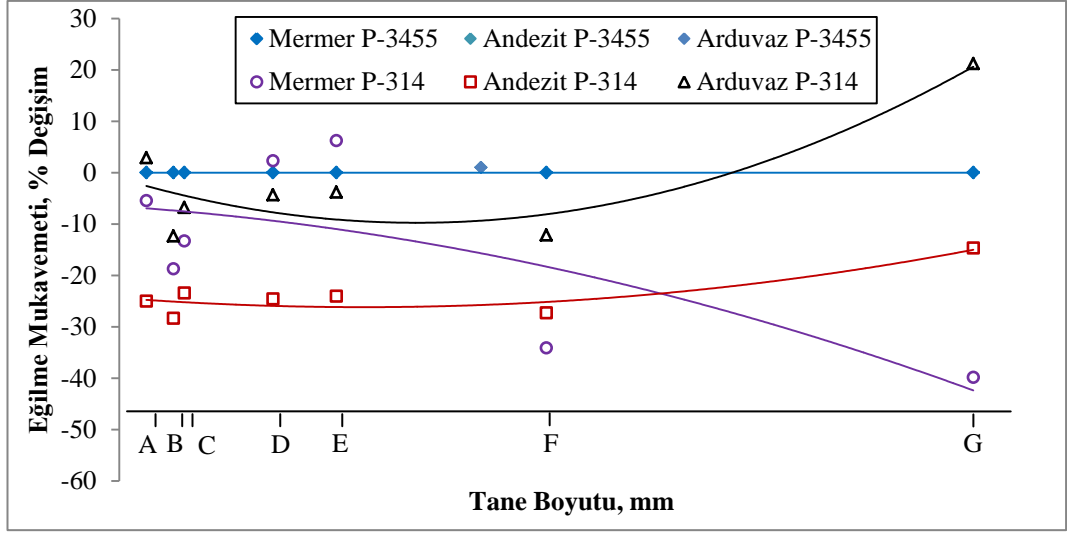
Şekil 4.33. P-3455 Matrisli numuneler için eğilme mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişimleri

Mermer numuneleri şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.34) P-314 polyester tipinin kullanıldığı andezit mineralli numunelerde mermer mineralli numunelere göre eğilme mukavemetinde daha düşük eğilme dayanımı olduğu elde edilmiştir. Arduvaz mineralinde ise bazı elek aralıklarında (A, C ve G) daha yüksek dayanım olsa da B,D, E ve F elek aralıklarında mermer fazlı numunelerden düşük dayanım vermiştir. En düşük dayanım farkını A (0.150-0.180 mm) boyutundaki andezit mineralli numuneden elde edilmiştir (%37). En yüksek dayanım G (2.360-4.000 mm) boyutundaki arduvaz minerali numuneden elde edilmiştir (%34).



Şekil 4.34. P-314 Matrisli numuneler için eğilme mukavemetinin mineral tipi ve tane boyutuna göre değişimleri

P-3455 polyester tipi şahit olarak değerlendirildiğinde (Şekil 4.35) andezit P-314'lü serilerde eğilme mukavemetinde azalış (%28) elde edilmiştir. Arduvaz P-314'lü serilerde eğilme mukavemetinde A (0.075-0.150 mm) ve G (2.360-4.000 mm) tane boyutlu numunede artış (%21) ve diğer elek çaplarında azalma (%12) gözlemlenmiştir. Mermer P-314'lü serilerde eğilme mukavemetinde D (0.425-0.600 mm) ve E (0.600-1.180 mm) tane boyutlu numunede artış (%6) ve diğer elek çaplarında azalma (%40) gözlemlenmiştir.

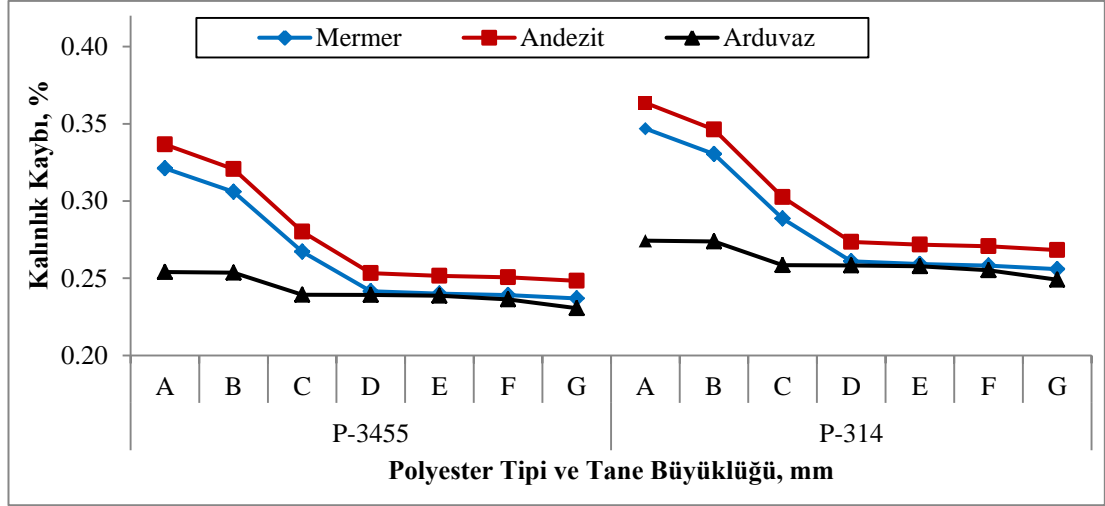


Şekil 4.35. Mineral tip ve boyutunun polyester tipi üzerindeki etkisi

4.5.9. Aşınma dayanımı deney sonuçları

Aşınma dayanımı deneyi bölüm 3.5.12’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Polyester tipi, mineral tipi ve tane büyüklüğünün aşınma üzerindeki etkisi Şekil 4.36’da verilmiştir.

Şekil 4.36’da görüldüğü gibi kalınlık kayıpları en yüksek % 0.36 andezit A (0.075-0.150 mm) faz malzemeli P-314 matrisli numuneden elde edilmiştir. Tüm serilerde mineralin tane boyutunun artmasıyla aşınma kaybı azalırken D (0.425-0.600 mm) mineral boyutlarında aşınma kaybı diğer boyutlara göre daha az değişim göstermektedir. Tüm P-3455 ve P-314 matrisli serilerde en çok aşınma ya maruz kalan mineral andezit en az aşınmaya maruz kalan mineral ise arduvazdır. Minerallerin Los Angeles aşınma değerlerine bakıldığında (Bakınız Çizelge 4.2) arduvaz mineralinin en az aşınan mineral olduğu görülmektedir. Arduvaz minerali ile üretilen polimer betonların daha az aşınma kaybı göstermesinde bu değer etkili olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4.36. Aşınma sonrası kalınlık kaybı

4.5.10. Kapiler su emme deney sonuçları

Kapiler su emme deneyi bölüm 3.5.7’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda ölçülebilecek düzeyde olmadığı (0) tespit edilmiştir. Polimer betonlarla ilgili daha önce yapılmış olan (Sağlıyan, 1999) çalışmalarda da polimer betonların su emme özelliğinin çok az hatta düzgün yüzey sayesinde sıfır (0) olduğundan bahsedilmiştir.

4.5.11. Ultrases geçiş hızı tayini

Ultrases deneyi bölüm 3.5.8’de belirtildiği gibi yapılmıştır. Deneysel çalışma sonucunda elde edilen veriler tüm serilerde 3.33 km/sn’dir. Bu değer aynı çıkmasının nedeni kullanılan mineral miktarının tüm numunelerde hacimsel olarak aynı miktarda olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.5.12. Donma çözünme sonrası basınç mukavemeti

Üretilen numuneler üzerinde yapılan su emme deneyleri sonucunda su emme miktarlarının ölçülebilecek düzeyde olmamasından dolayı donma çözünme sonrası

basınç dayanımları alınmamıştır. Donmanın etkisi -25 °C sıcaklıkta basınç mukavemeti değerlerine göre değerlendirilmiştir.

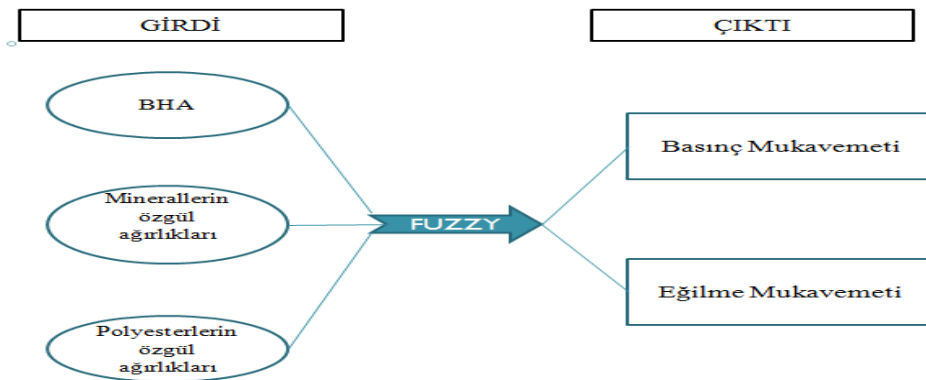
4.5.13. Çizilme yüzey sertliği deneyi

Çizilme yüzey sertliği deneyi bölüm 3.5.14'de belirtildiği gibi yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda çizilme yüzey sertliği değerleri P-3455'li serilerde 39.6, (Hv) P-314'lü serilerde ise 32.3 (Hv) ölçülmüştür. P-3455'li serilere göre P-314'lü seriler çizilmeye karşı daha dayanıklıdır. Bu deneylerde elde edilen değerlerin aynı çıkma nedeni ultraser deneyinde olduğu gibi mineral miktarlarının tüm numunelerde hacimsel olarak aynı miktarda olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

4.6. Bulanık Mantık Modeli

İki farklı polyester tipi ile (P-3455 – P-314) birlikte üç farklı mineralin (mermer, arduvaz ve andezit) farklı tane çaplarına göre üretilen yedi seri numunenin basınç mukavemeti ve eğilme mukavemeti modellenmiştir.

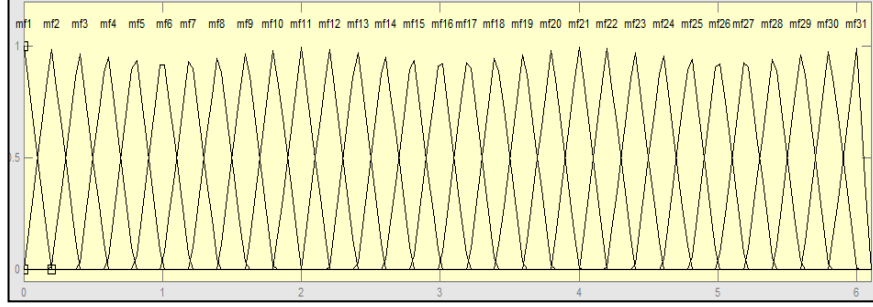
Yapılan deneysel çalışma sonuçlarına göre mermerlerin özelliklerindeki en etkili parametreler olan; BHA, minerallerin özgül ağırlıkları (mineral tipi ve boyut aralığına göre değişmektedir) ve polyesterlerin özgül ağırlıklarının girdi olarak kullanıldığı, basınç ve eğilme mukavemetlerinin çıktı olarak kullanıldığı bulanık mantık modeli geliştirilmiştir (4.37).



Şekil 4.37. Geliştirilen modelin genel yapısı

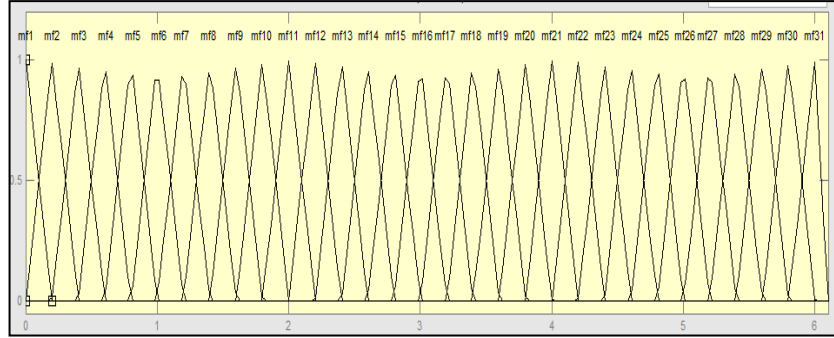
Geliştirilen model üyelik fonksiyonları girdi parametreleri;

BHA; en yüksek BHA değeri ile en düşük BHA'lık değeri arasında 31 üyelik fonksiyonuna ayrılmış olup üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 4.38).



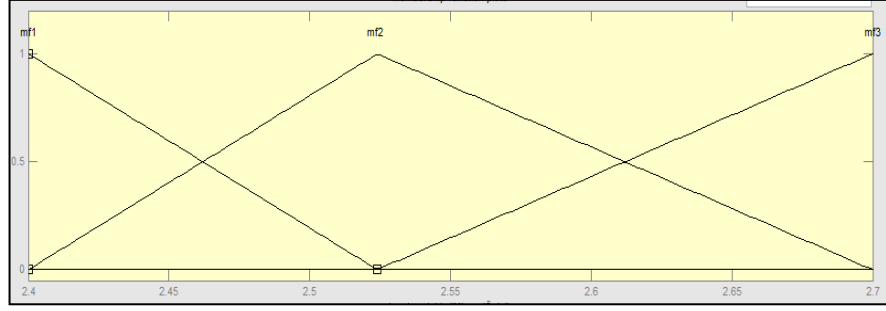
Şekil 4.38. BHA ait üyelik fonksiyonları

Minerallerin özgül ağırlıkları; en yüksek minerallerin özgül ağırlıkları değeri ile en düşük minerallerin özgül ağırlıkları değeri arasında 31 üyelik fonksiyonuna ayrılmış olup üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 4.39).



Şekil 4.39. Minerallerin özgül ağırlıklarına ait üyelik fonksiyonları

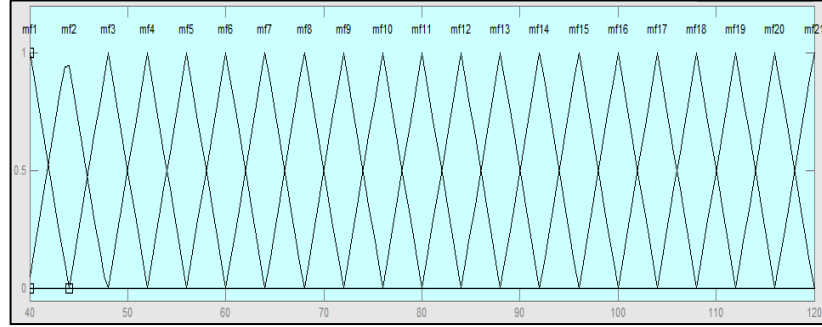
Polyesterlerin özgül ağırlıkları; en yüksek Polyesterlerin özgül ağırlık değeri ile en düşük Polyesterlerin özgül ağırlık değeri arasında 3 üyelik fonksiyonuna ayrılmış olup üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. Polyesterlerin özgül ağırlıklarına ait üyelik fonksiyonları

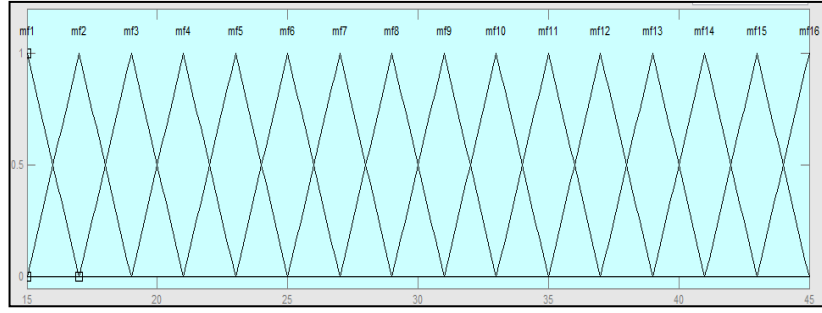
Geliştirilen model üyelik fonksiyonları çıktı parametreleri;

Basınç mukavemeti; en yüksek basınç mukavemeti değeri ile en düşük basınç mukavemeti değeri arasında 21 üyelik fonksiyonuna ayrılmış olup üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 4.41).



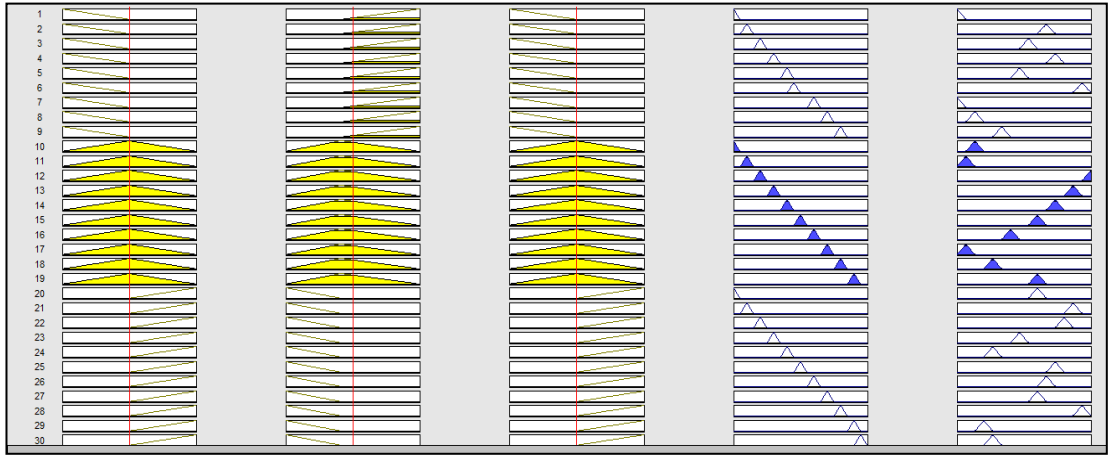
Şekil 4.41. Basınç mukavemetine ait üyelik fonksiyonları

Eğilme mukavemeti; en yüksek eğilme mukavemeti değeri ile en düşük eğilme mukavemeti değeri arasında 42 üyelik fonksiyonuna ayrılmış olup üçgen üyelik fonksiyonu kullanılmıştır (Şekil 4.42).



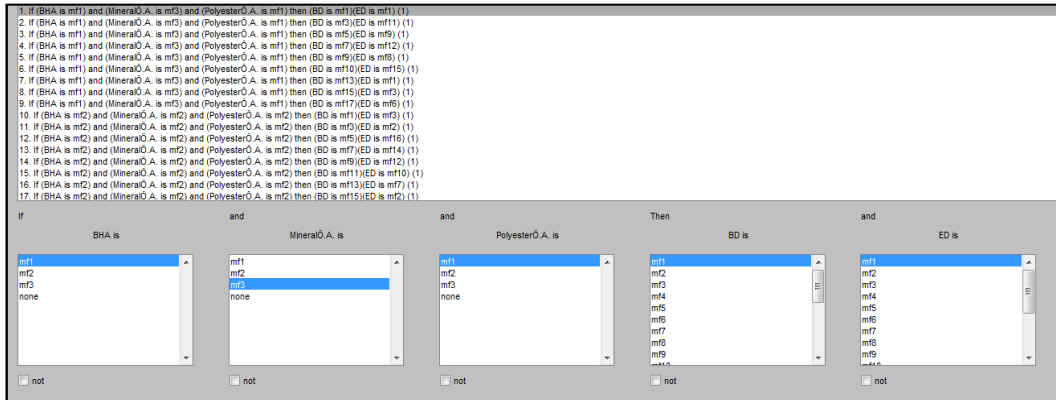
Şekil 4.42. Eğilme mukavemetine ait üyelik fonksiyonları

Geliştirilen modelde ağırlık merkezi yöntemi ile çözümleme yapılmıştır (Şekil 4.43).



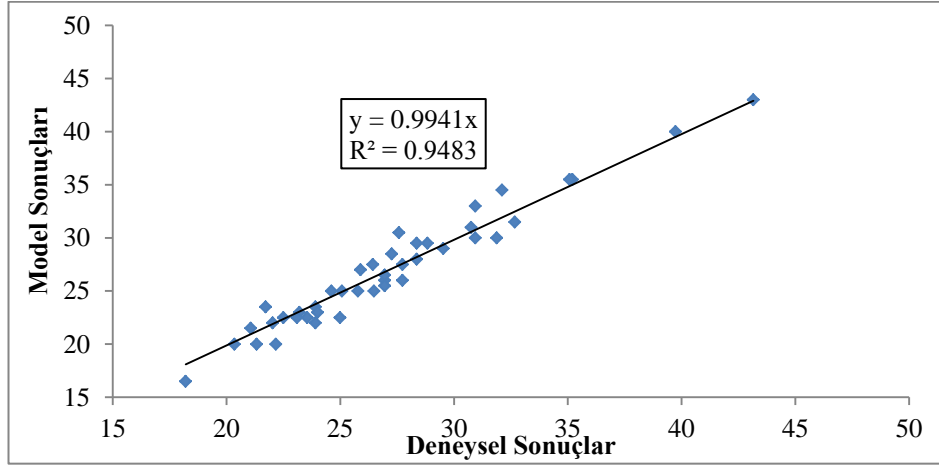
Şekil 4.43. Ağırlık merkezi hesaplama sistemi

Geliştirilen modelde toplamda 78 kural oluşturulmuş olup kuralların bir kısmı Şekil 4.44’de gösterilmiştir.

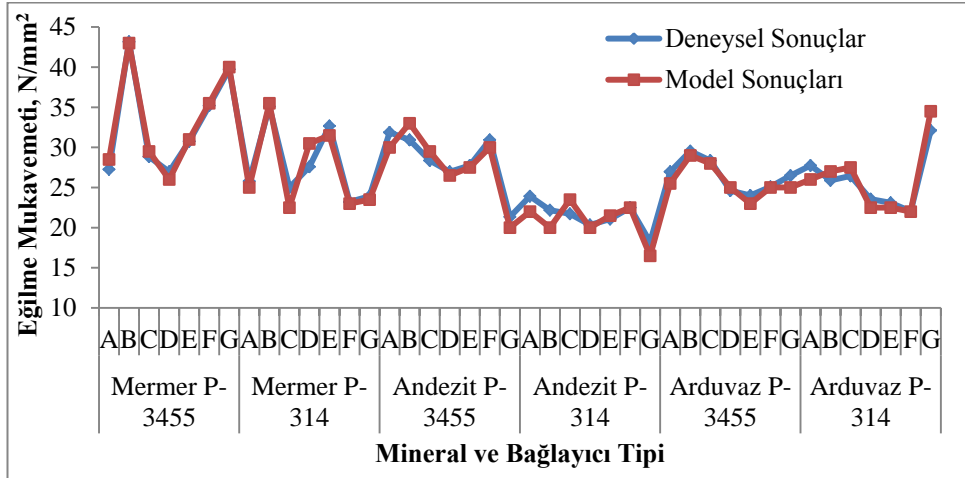


Şekil 4.44. Kuralların bir kısmı

%0.02–10.60 aralığında farklılıklar elde edilmiştir. En yüksek farklılık değeri Mermer P-314-D (0.425-0.600 mm) içeren seriden elde edilmiştir. Bununla birlikte diğer serilerde daha yakın sonuçlar elde edilmiştir.



Şekil 4.47. Eğilme dayanımı için deneysel – model sonuçları ilişkisi



Şekil 4.48. Eğilme dayanımı için deneysel – model sonuçları dağılımı

Bulanık mantık kullanılarak geliştirilen model ile deneysel sonuçlar arasındaki ilişkiyi gösteren belirleyicilik katsayıları, basınç dayanımı için $R^2 = 0.9788$, eğilme dayanımı için $R^2 = 0.9483$, yüksek elde edilmiştir. Taze özelliklerden sertleşmiş özelliklerin tahmin edildiği bulanık mantık çözümlemesinin doğru sonuca ulaşmada kullanılabilecek bir yaklaşım olduğu bu çalışmada görülmüştür.

5. SONUÇLAR

Mermeritlerin taze ve sertleşmiş deney yöntemlerine göre değerlendirilmesinin ana konu olarak araştırıldığı bu çalışmada, farklı konularda da bulgu ve bağıntılar elde edilmiştir. Bu çalışmada mermerit üretimine farklı bir açıdan (polimer beton) bakılmış ve değerlendirilmeler yapılmıştır.

Araştırmada üretilen numunelerde 3 farklı mineral 7 farklı elek aralığında kullanılmıştır. Bu mineraller, oluşturulan kompozit malzemenin faz malzemesini oluşturmaktadır. Üretilen numuneler 2 farklı özellikteki matris malzeme (polyester türü) ile üretilmiştir. Karışım hesabı olarak hacimsel hesap kullanılmıştır.

Üretilen numunelerin karışım oranları; mineral tipi ve boyutu (iri taneli G “4.000-2.360 mm” ve ince A “0.075-0.150 mm” taneli mineraller), bağlayıcı tipi (polyester türü) ve diğer kimyasalların (Kobalt ve Mekp) hacimce birleşme oranına bağlı olarak ön deneylerle belirlenmiştir. Tüm karışımlarda hacimce % 60 mineral, %39.3 polyester, %0.1 Kobalt, %0.6 Mekp sabit olarak kullanılmıştır.

Üretilen numunelerin teorik BHA değerlerine göre taze ve sertleşmiş BHA değerlerinde azda olsa azalma, tane boyutu artışına bağlı olarak ise tane boyutu arttıkça mermeritlerin BHA değerlerinde azalmalar elde edilmiştir. En yüksek değer arduvaz A faz malzemeli (0.075-0.150 mm) P-314 matrisli numuneden elde edilmiş, en düşük değer ise mermer G faz malzemeli (4.000-2.360 mm) P-3455 matrisli numuneden elde edilmiştir. Mineral özgül ağırlıklarıyla üretilen numunelerin özgül ağırlıkları doğrusal olarak değişmektedir.

Üretilen numunelerin sertleşme sürecinde sıcaklık değişimleri incelendiğinde 10. dk ile 40. dk arasında tüm serilerde sıcaklığın arttığı, bununla birlikte artış oranının ve sıcaklık değerlerinin mineral tipi, tane boyutu ve polyester çeşidine göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklık değerleri arduvaz mineralli numunelerden, en düşük sıcaklık değerleri ise andezit mineralli numunelerden elde edilmiştir.

Üretilen numunelerde en yüksek basınç mukavemetini arduvaz faz malzemeli B tane boyutlu (0.150-0.180 mm) P-3455 matris'li numuneden elde edilmiştir. Genel olarak tüm serilerde basınç mukavemetleri B tane boyutlu serilerde diğer tane boyutlarına göre daha yüksek çıkmaktadır. Yine tüm serilerde en iri tane boyunun olduğu G tane boyutlu (4.000-2.360 mm) serilerde basınç mukavemeti, diğer tane boyutlarına göre en düşük değerlerde elde edilmiştir. BHA değerlerinde olduğu gibi basınç mukavemeti değerlerinde de mineral tipi, tane boyutu ve polyester çeşidinin etkisin olduğu sonucuna varılmıştır. BHA değerleri arttıkça basınç mukavemetinin de arttığı tespit edilmiştir.

Schmidt yüzey sertliği deney sonuçları basınç mukavemetine benzer sonuçlar vermiştir. Basınç mukavemeti arttıkça Schmidt yüzey sertliği değerleri de artmıştır.

Basınç mukavemetine ortam sıcaklığının doğrudan etkisi olduğu yapılan deneysel çalışmalar sonucunda tespit edilmiştir. 25 °C'ye göre -25, 50, 75 °C'ler de dayanımda artış 0 ve 100 °C'ler de ise düşüş gözlemlenmiştir. Bu artış ve düşüş miktarlarına mineral tipinin, tane boyutunun ve polyester çeşidinin etkili olduğu tespit edilmiştir.

Üretilen numunelerde en yüksek eğilme mukavemetini mermer faz malzemeli B tane boyutlu (0.150-0.180 mm) P-3455 matris'li numuneden elde edilmiştir. Genel olarak eğilme mukavemetleri B tane boyutlu serilerde yüksek çıkmaktadır. G tane boyutlu (4.000-2.360 mm) serilerde mukavemetin genelde en düşük çıktığı tespit edilmiştir. Basınç mukavemeti değerleri arttıkça eğilme mukavemetin de arttığı tespit edilmiştir. Eğilme mukavemeti deney sonuçlarında mineral tipi, tane boyutu ve polyester çeşidinin etkisin olduğu sonucuna varılmıştır.

Üretilen numunelerin aşınma dayanımı sonuçları incelendiğinde minerallerin Los Angeles aşınma dayanımlarına (aşınma dayanımı sırlaması mermer<andezit<arduvaz) benzer sonuçlar verildiği tespit edilmiştir. En düşük aşınma kaybı arduvazlı serilerde olmuştur.

Üretilen numunelerde su emme miktarı önceden yapılmış olan çalışmalara paralel olarak sıfır olarak bulunmuştur. Üretilen numunelerin ultrases geçiş hızları hacimsel olarak matris malzemenin aynı değerde kullanılması ve polyester malzemenin kısmi hacim değerinin yüksek olmasından kaynaklı olarak sabit çıkmıştır.

Çizilme yüzey sertliği değerlerinde mineral tipi ve boyutundan bağımsız olarak, polyester tipine göre değiştiği tespit edilmiştir. Bu durumun ultrases geçiş hızındaki nedenlere bağlı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalara göre belirlenen, mermeritin sertleşmiş özellikleri üzerinde en etkili parametrelerin (BHA, reaksiyon sıcaklıkları, minerallerin ve polyesterlerin özgül ağırlıkları) girdi, sertleşmiş mukavemet değerlerinin çıktı olarak kullanılmasıyla geliştirilen bulanık mantık sonuçlarına göre, bu özelliklerinin üretim öncesinde belirlenmesinin yüksek belirleyicilik katsayısıyla ($R^2 = 0.9788$) tahmin edilebilir olduğu bulunmuştur.

6. KAYNAKLAR

- ACI 548, 1986. Guide For The of Polymers in Concrete. American Concrete Institute Committee. USA.
- Ağdağ, O.N., Kırımhan, S., 1999. Denizli Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Katı Atık Durumu ve Geri Kazanımı. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi. 1 (2), 47-58.
- Ahmad, S., Elahi, A., Barbhuiya, S., A., Farid, Y., 2012. Use of Polymer Modified Mortar in Controlling Cracks in Reinforced Concrete Beams. Construction and Building Materials, 27 (1), 91-96.
- Akbulut, H., İçağa, Y., Gürer, C., 2003. Atık Agregaların Asfalt Yol Kaplamalarında Tekrar Kullanım İmkanları ve CEN Standartları. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu. 271-277. İstanbul.
- Akbulut, H., S., Çetin, S., ve Gürer, C., 2009. Andezit Agregasının Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
- Akın, E., 2007. Mermer Tozları ve Uçucu Kül İle Polimer Esaslı Kompozit Malzeme Üretimi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s. Ankara.
- Akbulut, H., Gürer, C., 2006. Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregada Olarak Değerlendirilmesi. İMO Teknik Dergisi. 3943-3960.
- Anonim, 2001. Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri II (Mermer-Granit-Yapı Taşları-Arduvaz(Sleyt)) Çalışma Grubu Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Ateş, E., Aztekin, K., Çakır R., 2010. Determination of The Density and Compression Strength Optimization of Without Filling Material Composites. Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma 28, 287-297.
- Ateş, E., Aztekin, K., 2011. Parçacık ve Fiber Takviyeli Polimer Kompozitlerin Yoğunluk ve Basma Dayanımı Özellikleri. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 26 (2), 479-486. Ankara.
- Askeland, D.R. (Çev. Mehmet Erdogan), 1998. Malzeme Bilimi ve Mühendislik Malzemeleri, Nobel Yayınları, Ankara.
- ASTM C 597, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 4p. USA.

- ASTM C 666/C 666M, 2003. Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing. Annual Book of ASTM Standards, 6p. USA.
- Aytekin, R., 2007. Bodrum Yalıçiftlik Beldesi Alazeytin Koyu Kayrak Taşlarının Fiziko Mekanik Özellikleri ve Değerlendirilebilirliği. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 96s. Eskişehir.
- Bağcı, M., 2010. Cam Elyaf Takviyeli Kompozit Malzemelerin Erozyon Aşınma Davranışının İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 178s. Konya.
- Barbuta, M., Harja, M., 2008. Properties of Fiber Reinforced Polymer Concrete. Buletinul Institutului Politehnic Din Ias, I Publicat de Universitatea Tehnică, Gheorghe Asachi” din Ias, Î. Tomul LIV (LVIII), Fasc. 3.
- Boztuğ, D., 1992. Daday-Devrekani Masifi Güneybatı Kesiminin Litostratigrafi Birimleri ve Tektoniği. M.T.A., 114, 1-20.
- Çelik, M.Y., 1996. Mermer Atıklarının Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 119s. Afyonkarahisar.
- Çelik, M.Y., Sarıışık, A., Gürcan, S., 2003. Mermer ve Taş Ocaklarının Çevreye Olan Görsel Etkileri Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (mersem'2003) Bildiriler Kitabı 18-19.
- Çelik, M., E., 2007. Pim Bağlantılı Kompozit Malzemelerin Dizaynı. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü. Bitirme Projesi, 87s. İzmir.
- Ceylan, H., Saraç, S, Özkahraman, H.T., 2001. Mermer Toz Atıklarının Derz Dolgu Malzemesi (fuga) Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Türkiye III. Mermer Sempozyumu. 297-307.
- Chandra, S., Ohama, Y., 1994. Polimer in Concrete. CRC Pres, Boca Ration
- Chen, C.W. Huang, S.T., 2011. Implementing KM Programmes Using Fuzzy QFD. Total Qual Man Business Excel:22(4), 387-406.
- Chin, C., S., Xiao, R., Y., 2009. Experimental and Computational Analysis of Fibre Reinforced Concrete Beams. Proceedings of the 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies (NOCMAT 2009) 6-9 September 2009, Bath, UK.
- Civan, M., A., 2006. Niğde Yöresi Andezitlerinin Bordür Taşı Olarak Kullanılabilirliği ve Beton Bordür Taşlarıyla Dayanım Yönünden

- Karşılaştırılması. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 110s. Niğde.
- Cook, D., J., ve Crookham, G., D., 1981. Evaluation of Polymer Concretes Using The Method of Energy Dissipated in Damage. International Journal of Cement Composites and Lightweight Concrete, 3 (4), 247-254.
- Czarnecki, L., Garbacz, A., ve Krystosiak, M., 2006. On The Ultrasonic Assessment of Adhesion Between Polymer Coating and Concrete Substrate. Cement and Concrete Composites, 28 (4), 360-369.
- Demir, F., 2005. Normal ve Yüksek Dayanımlı Betonların Elastisite Modüllerinin Belirlenmesi İçin Bir Bulanık Yaklaşım. Deprem Sempozyumu: 1353-1358.
- Dikeou, J., T., Fowler, D., W., 1981. Polymer Concrete Uses, Materials and Properties ACI, Detroit.
- Durmuş, G. ve Can, Ö., 2009. Polikarboksilat Bazlı Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Betonun Yüksek Sıcaklıktaki Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini. Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergisi:8 (3), 272 – 286.
- Do, J.Y., Song, H., So, S., Soh, Y., 2005. Fuzzy Methodology Application for Modeling Uncertainties in Chloride Ingress Models of RC Building Structure. Computers and Concrete, 2 (4), 325-343.
- Do, J.Y., 2006. Fuzzy İnference Based Cover Thickness Estimation of Reinforced Concrete Structure Quantitatively Considering Salty Environment Impact. Computers Concrete, 3 (2), 145-162.
- Dubois, D. and Prade, H., 1980. Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications. Academic Pres. Inc. Ltd: London.
- Elalaoui, O., Ghorbel, E., Mignot, V., Ouezdou, M., B., 2012. Mechanical and Physical Properties of Epoxy Polymer Concrete After Exposure to Temperatures Up to 250 C⁰. Construction and Building Materials, 27 (1), 415-424.
- Ergün, H., 2009. Afyonkarahisar Bölgesi Andezitlerinin Seramik Çamur ve Sır Bünyelerinde Değerlendirilmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s. Afyon.
- Ersoy, H., Y., 2001. Kompozit Malzeme. Literatür Yayıncılık, 1, 227s. İstanbul.
- Ersoy, M., S., 2005. Lif Takviyeli Polimerik Kompozit Malzeme Tasarımı. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 92s. Kahramanmaraş.
- Feldman, D., 1989. Polimeric Building Materials. Elsevier Science Publishers.

- Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., Ekiz, Y., 2010. Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (2) 57-72.
- Fowler, D.W., 2001. Polymers in Concrete – Where Have We Been and Where Are We Going. *Proceedings of The 10th International Congress on Polymers in Concrete*, Hawaii, USA.
- Fowler, D.W., 2004. State of The Art in Concrete-Polymer Materials in The U.S. *Proceedings of The 11th International Congress on Polymer in Concrete*, ed. M. Maultzsch, 597–603. Berlin.
- Gorninski, J., P., Molin, D., C., D., Kazmierczak, C., S., 2004. Study of The Modulus of Elasticity of Polymer Concrete Compounds and Comparative Assessment of Polymer Concrete and Portland Cement Concrete. *Cement and Concrete Research*, 34 (11), 2091-2095.
- Gökapl, E., 2006. Odunsu Materyal Kullanımının Polyester Esaslı (Mermerit) Levhaların Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkisi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 131s. Trabzon.
- Görhan, G., Kahraman, E., Demir, İ., Başpınar, M.S., 2008. Mermer Tozu ve Atıklarının kullanım Alanlarının Araştırılması, *Mersem’2008 Türkiye VI. Mermer ve Doğal Taş Sempozyumu*, 327-338. Mersin.
- Gürer, C., 2005. Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi*. 91s. Afyon.
- Gürü, M., Akyüz, Y., Akın, E., 2005. Mermer Tozu/Polyester Kompozitlerde Dolgu Oranının Mekanik Özelliklere Etkileri. *Journal of Polytechnic*. 8 (3) 271-274.
- Haddad, H., Kobaisi, M., A., 2012. Optimization of The Polymer Concrete Used for Manufacturing Bases for Precision Tool Machines. *Composites Part B: Engineering*, (In Press).
- Hwang, E., H., Ko. Y., S., Jeon. J., K., 2007. Effect of Polymer Cement Modifiers on Mechanical and Physical Properties of Polymer-Modified Mortar Using Recycled Artificial Marble Waste Fine Aggregate. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 14, 265–271.
- Kanık, M., 2009. Ayvalı (Olur, Erzurum) Baraj Yerindeki Andezitlerin Jeoteknik Özelliklerinin Araştırılması. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 113s. Trabzon.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2003. Niğde Yöresi Bazaltlarının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. *III Ulusal Kırma taş Sempozyumu*, 100-106. İstanbul.

- Kuşçu, M., Bağcı, M., 2003. Afyon Mermer Sektörü ve Türkiye Mermer Sektöründeki Yeri. Türkiye IV. Mermer Sempozyumu. Sempozyum Kitabı. 127-137. Afyon Kocatepe Üniversitesi. Afyon.
- Lappa, S., Yıldız, A., Demirbilek, Ö., 1997. Mermercilikte Atık Sorunu. Atıkların Değerlendirilmesi ve Çevre İlişkileri. Mermercilik Semineri Raporu. 9s. Afyonkarahisar.
- Mehdi, A., 2011. Structural Reinforcement of Building Materials using Polymer Concrete. American Journal of Scientific Research ISSN 1450-223X Issue 24 (2011), 135-143 © EuroJournals Publishing, Inc.
- Mindess, s., Young, J., F., 1981. Concrete. Englawood Cliffs. New York.
- Morin, V., Moevus, M., Dubois-Brugger, I., Gartner, E., 2011. Effect of Polymer Modification of The Paste–Aggregate Interface on The Mechanical Properties of Concretes. Cement and Concrete Research, 41 (5), 459-466.
- Neville, A., M., 1981. Properties of Concrete. New York.
- Neville, A., M., 2000. Properties of Concrete. 4th Ed., Pearson Education. England.
- Ohama, Y., 1997. Recent Progress in Concrete-Polymer Composites. Advanced Cement Based Materials 5 (2), 31–40.
- Özdemir, Z., 2006. Değişik Uç Şekline Sahip Fiberlerle Güçlendirilmiş Polyester Kalsit Kompozitin Dayanımına Farklı Kür (Fırınlama) Şartlarının Etkisi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 72s. Ankara.
- Özel, C., 2007. Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 249s. Isparta.
- Özel, C., Soykan, O., Zengin, B., 2012. Filler Olarak Mermer Tozu İçeren Beton Özelliklerinin Bulanık Mantık Kullanılarak Belirlenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy, NWSA-Technological Applied Sciences, 2A0075, 7 (2), 28-46.
- Özel, C., Soykan, O., 2012. Betonun Basınç Mukavemetinin Taze Beton Özelliklerinden Tahmini için ANFIS Modeli, SDU International Journal of Technological Sciences, 2012, (Basım Aşamasında)
- Özel C. Polat H., 2011. Polipropilen Fiber İçeren Betonlarının Elastisite Modülünün Bulanık Mantık Kullanılarak Belirlenmesi. e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences: 1A0197, 6, (4), 89-807.
- Öztekin, L., 2007. Mermerlerde Uygulanan Kimyasallar, Epoksi ve Polyester Uygulanmış Mermerlerde Çekme ve Eğilme Dayanım - Sıcaklık İlişkisi.

İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 80s. İstanbul.

Parceck, S., N., Ohama, Y., Demura, K., 1993. Adhesion of Bonded Mortar to Polymer-Cement Paste Coated Mortar Substrates. Interface in Cementitious.

Ramezaniyanpour, A.A., Shahhosseini, V., and Moodi, F., 2009. A Fuzzy Expert System for Diagnosis Assessment of Reinforced Concrete Bridge Decks. Computers Concrete, 6 (4), 281-303.

Rebeiz, K.S. Fowler, D.W., 1991. Recycling Plastics in Polymer Concrete Systems for Engineering Applications. Polymer Plastics Technol Eng, 30, 809–825.

Reis, J., M., L., 2009. A Comparative Assessment of Polymer Concrete Strength After Degradation Cycles H.S. da Costa Mattos and Marcílio Alves (Editors) Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, ISBN 978-85-85769-43-7. Brazil.

Sağlıyan, S., 1999, Polimer Bağlayıcılı Prepakt Agregalı Betonların Mekanik ve Ekonomik Yönünden İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 115s. Elazığ.

Scarfato, P., Maio, L., D., Fariello, M., L., Russo, P., Incarnato, L., 2012. Preparation and Evaluation of Polymer/Clay Nanocomposite Surface Treatments for Concrete Durability Enhancement. Cement and Concrete Composites, 34 (3), 297-305.

Shokrieh, M., M., Kefayati, A., R., Chitsazzadeh, M., 2012. Fabrication and Mechanical Properties of Clay/Epoxy Nanocomposite and Its Polymer Concrete. Materials and Design, 40, 443-452

Şen, Z., (2001). Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri. Bilge Kültür Sanat:İstanbul.

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

TS 3260, 1978. Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini Kuralı. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 1015-10 2001. Kâgir Harcı-Deney Metotları- Bölüm 10: Sertleşmiş Harcın Boşluklu Kuru Birim Hacim Kütlesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-3, 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri-Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

- TS EN 12390-5, 2010. Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinin Eğilme Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN ISO 15695, 2003. Camsı ve Porselen Emayeler - Emaye Mamullerin Çizilmeye Dayanıklılığının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 2824 EN 1338, 2005. Zemin Döşemesi İçin Beton Kaplama Blokları - Gerekli Şartlar ve Deney Metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 3449, 1980. Çabuk Donma ve Çözülme Kosulları Altında Betonda Dayanıklılık Faktörü Tayini. TürkStandartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 4045, 1984. Yapı Malzemelerinde Kapiler Su Emme Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Terzi, S., 2004. Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Karayolu Üstyapı Bakım Yönetim Modeli Geliştirilmesi. Doktora Tezi. Isparta:Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 187s. Isparta.
- Terzi, S., Kardeşahin, M., 2003. Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu Karışımında Filler Malzemesi Olarak Kullanımı. T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi. 14 (2), 2903-2923.
- Terzi, Ö., Keskin, M.E., Taylan, E.D., 2006. Estimating Evaporation Using ANFIS. J. Irrigation Drainage Eng, 132 (5), 503-507.
- Topçu, I.B. and Saridemir, M., 2008. Prediction of Compressive Strength of Concrete Containing Fly Ash Using Artificial Neural Networks and Fuzzy Logic. Computational Materials Science, 41 (3), 305-311.
- Uygunoğlu, T. Ünal, O., 2005. Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınç Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (1) 13-20.
- Uzun, İ., 2011. Andezitin Asfalt Betonunda Agrega Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 61s. Isparta.
- Üstüncöl, F., N., Turabi, A., 2009. Endüstriyel Atıkların Karayolu Üstyapısında Değerlendirilmesi. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11 (1), 15-27.
- Vipulanandan, C. & Paul, E., 1991. Performance of Epoxy and Polyester Polymer Concrete. ACI Materials Journal, 241-251.

Yüçetürk, G., 2010. Göller Bölgesindeki Kayaçların Mineralojik ve Petrografik Özelliklerinin Yapay Mermer Kalitesine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 107s. Isparta.

Yıldızhan, H., 2008. Polimer Matrisli Kompozitlerin Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s. Isparta.

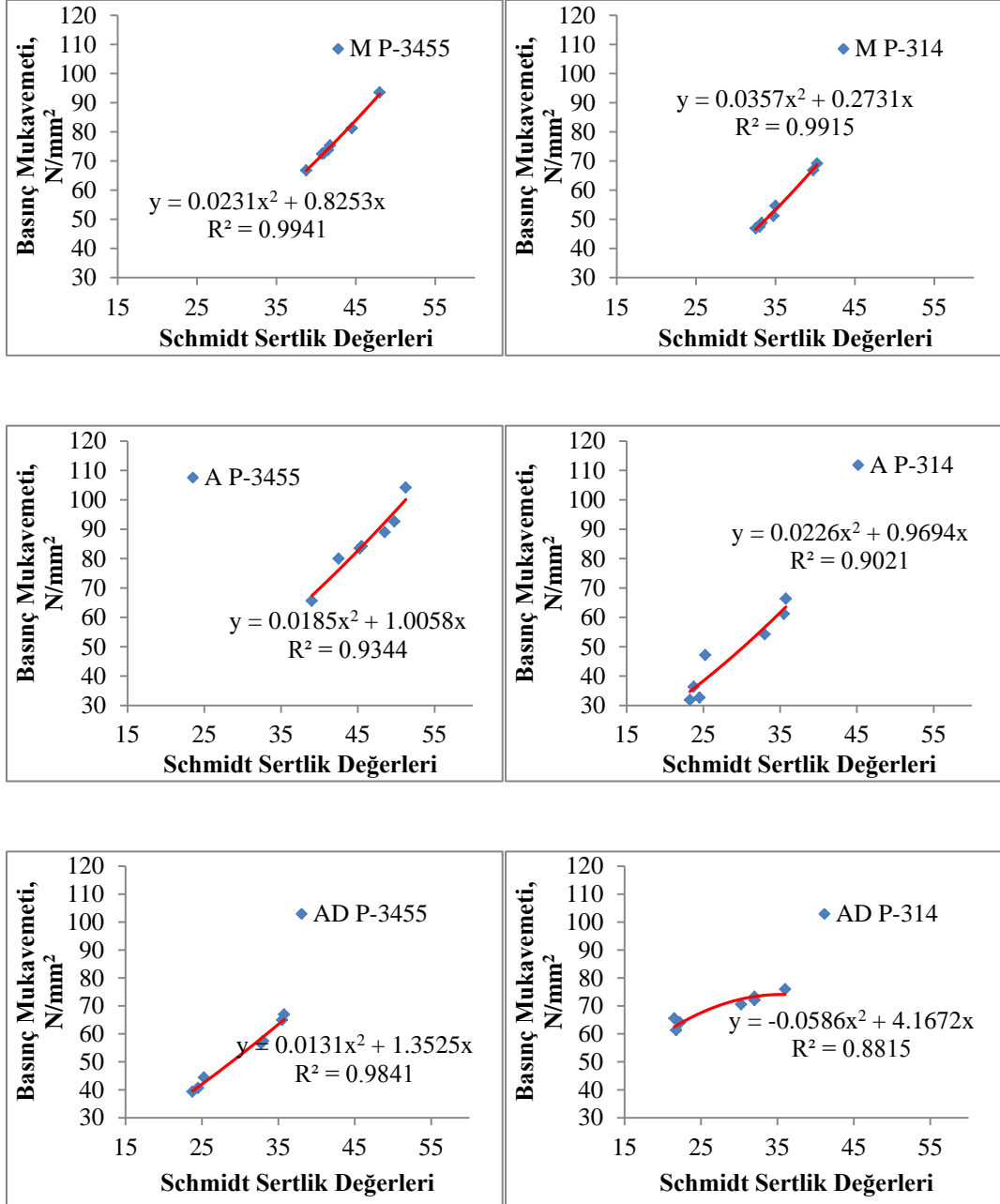
Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. Inform Control, 8:338–353.

www.polya.com

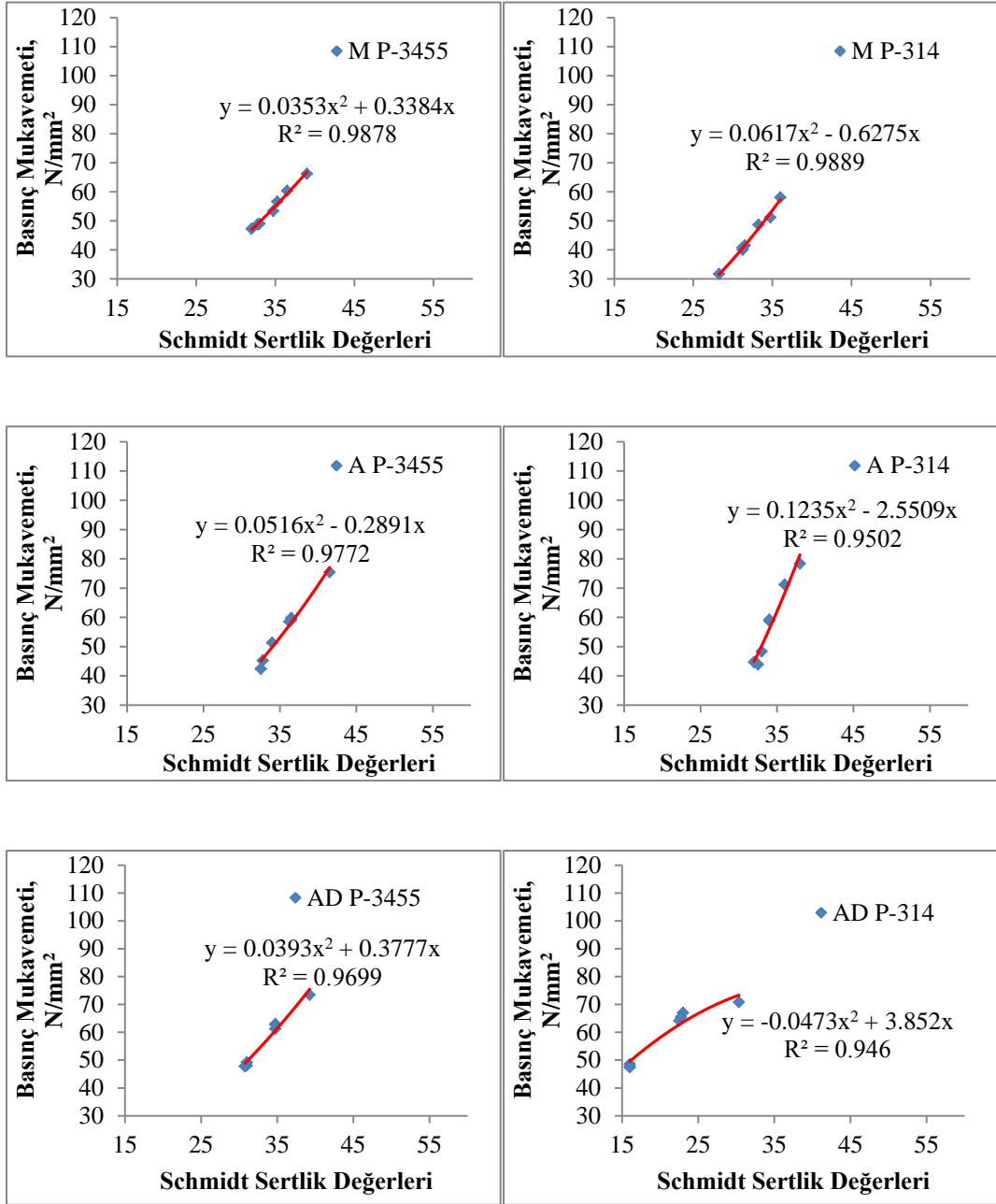
EKLER

EK-1 Farklı Sıcaklık Etkisi Altında Basınç Mukavemeti Schmidt İlişkisi

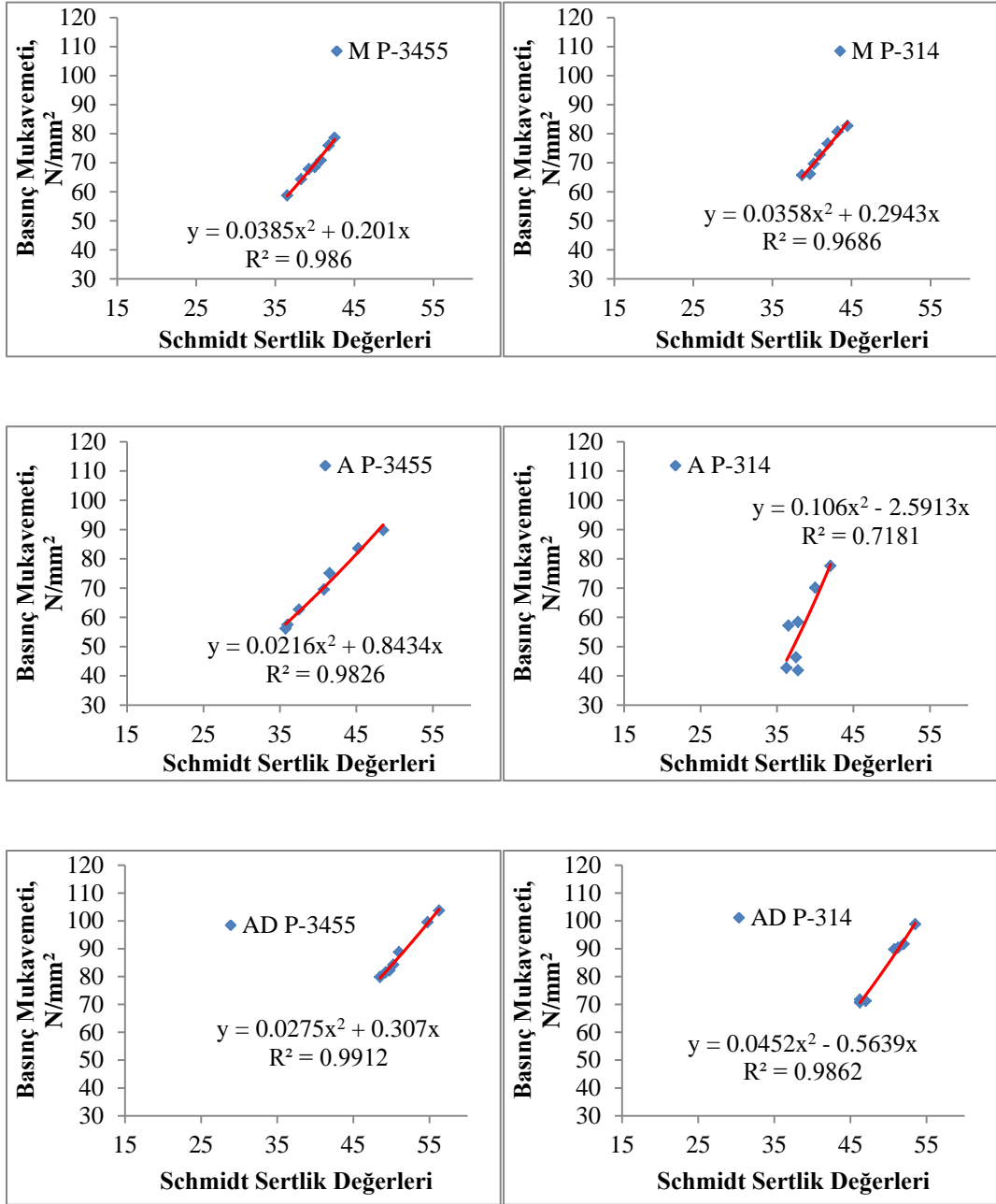
-25 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



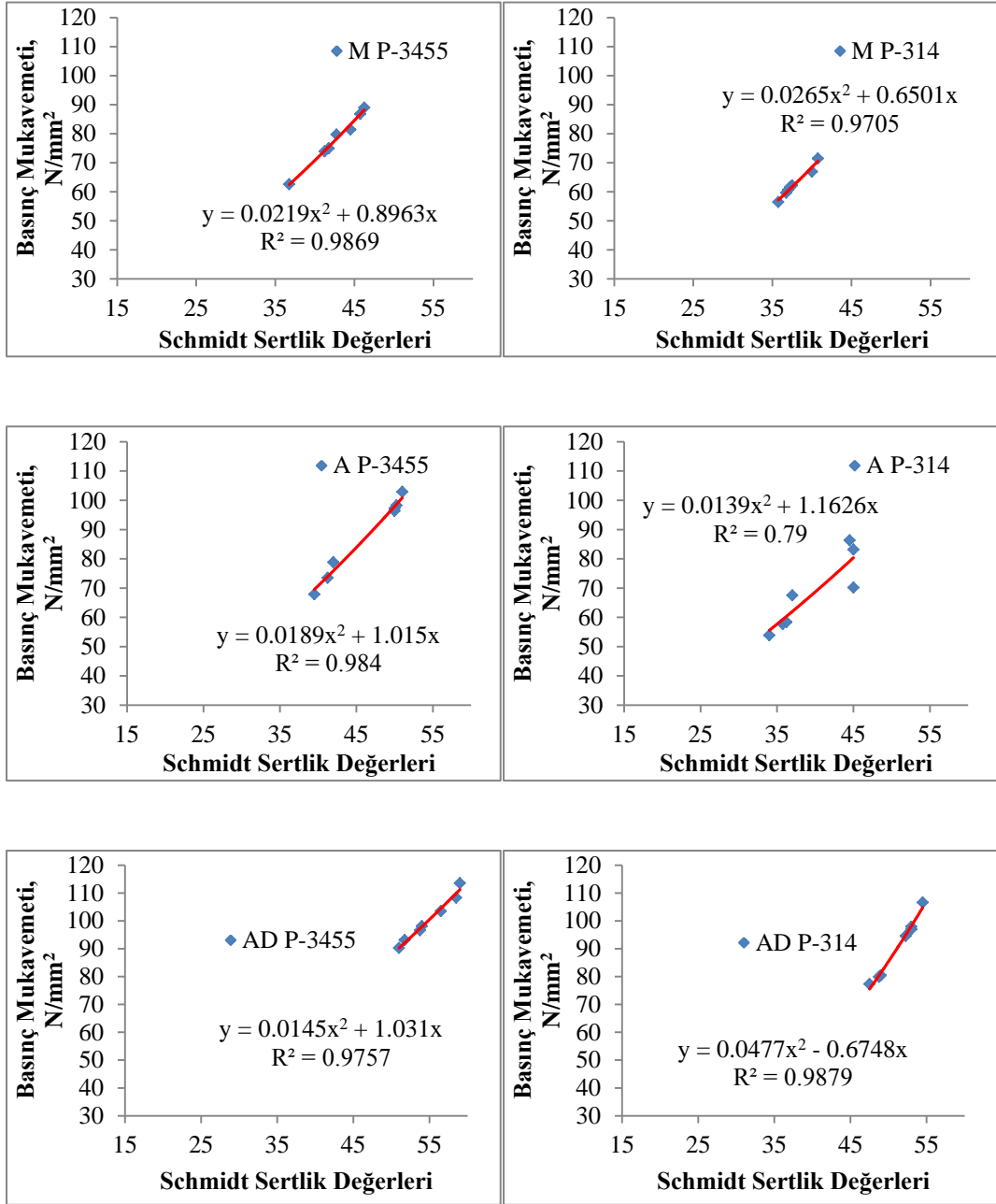
0 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



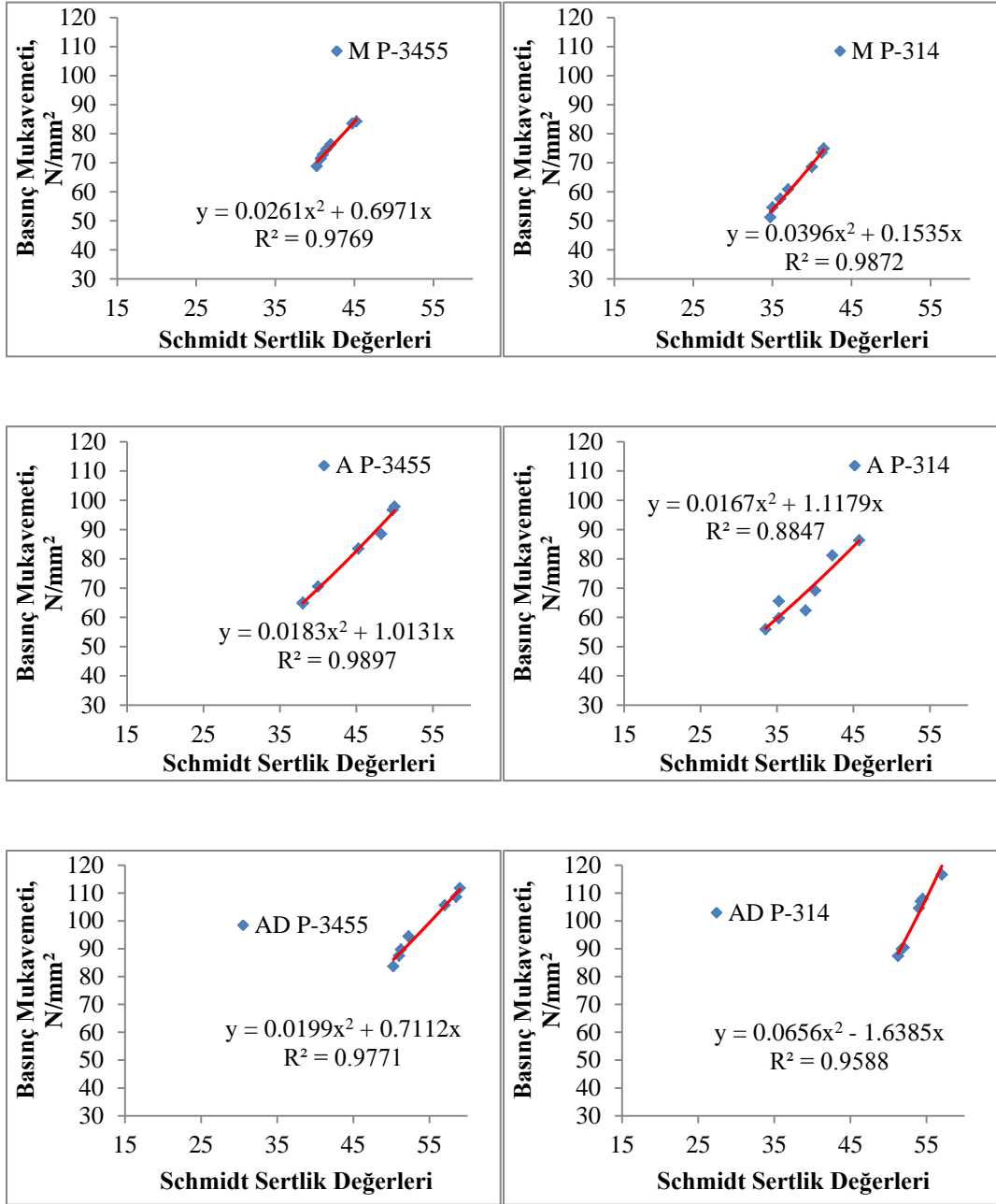
25 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



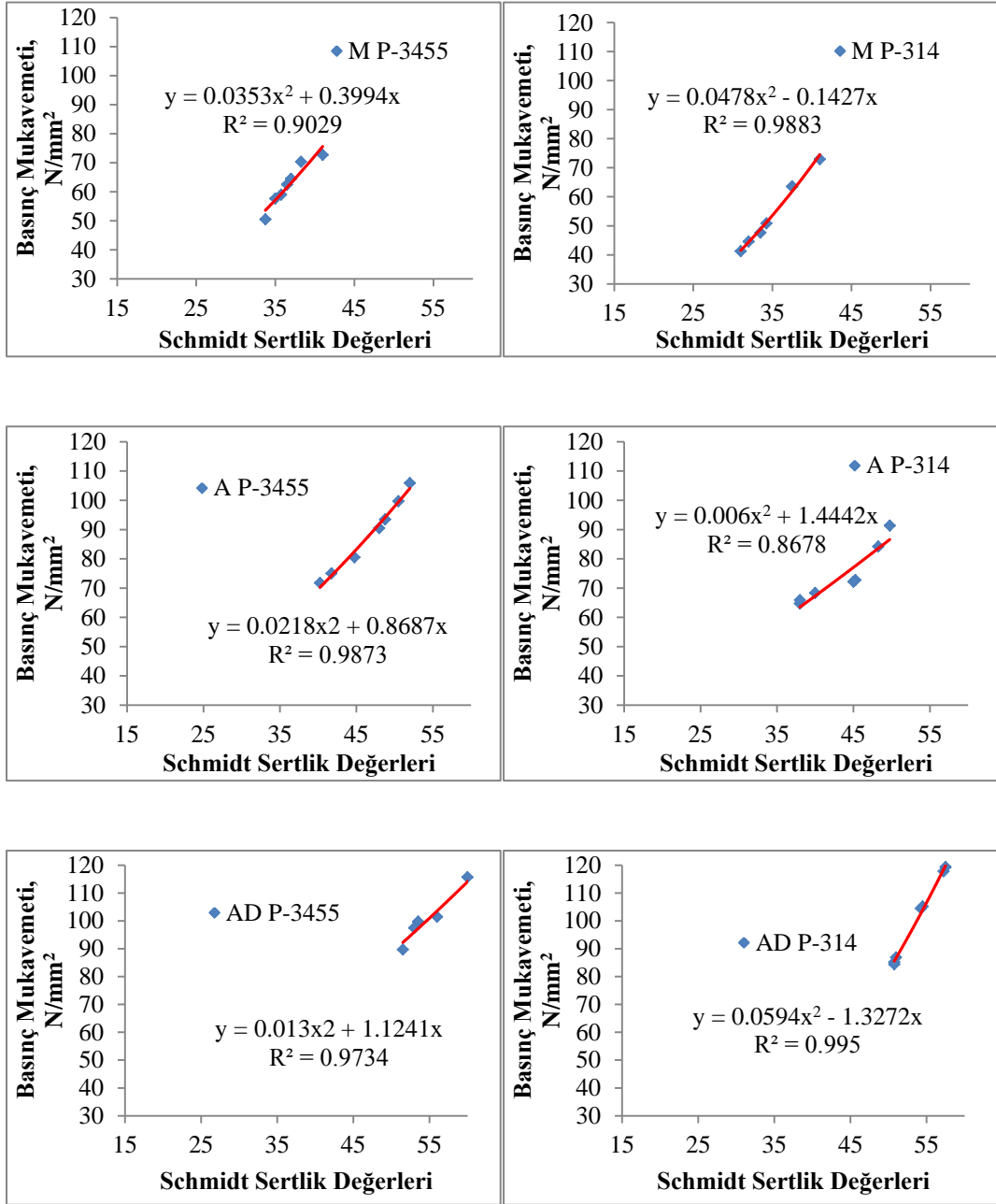
50 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



75 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



100 °C'deki Basınç dayanımı ile Schmidt yüzey sertliği ilişkisi



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Oktar SOYKAN

Doğum Yeri ve Yılı: ANKARA - 1986



Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce (Orta seviye)

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Yüksek Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yapı Eğitimi
Anabilim Dalı (2010-2012)

Lisans: Süleyman Demirel Üniversitesi - Yapı Öğretmenliği (2006-2010)

Lise: Batıkent lisesi (2000-2003)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Adnan Menderes Üniversitesi Aydın Meslek
Yüksek Okulu İnşaat Bölümü Öğretim Elemanı (ücretli)

Yayımları

- 1- Özel, C., Soykan, O., 2012. Betonun Basınç Mukavemetinin Taze Beton Özelliklerinden Tahmini için ANFIS Modeli, SDU International Journal of Technological Sciences, 2012, (Basım Aşamasında)
- 2- Özel, C., Soykan, O., ve Zengin B., 2012. Filler Olarak Mermer Tozu İçeren Beton Özelliklerinin Bulanık Mantık Kullanılarak Belirlenmesi, e-Journal of New World Sciences Academy, NWSA-Technological Applied Sciences, 2A0075, 7, (2), s;28-46.
- 3- Filiz, M., Özel, C., Soykan, O., ve Ekiz, Y., 2010. Atık Mermer Tozunun Parke Taşlarında Kullanılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(2) s;57-72.