



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



[DOKTORA TEZİ]

**[DURABİLİTE ORTAMLARINDA KÜRLENEN MİNERAL
KATKILI HARÇLARIN POROZİTE ÖZELLİKLERİ |**

[Özlem ÜSTÜNDAĞ]

**[DANIŞMAN
Doç. Dr. Özlem SOLA]**

[İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı |

[İnşaat Mühendisliği Programı |

[İSTANBUL-2020]

Bu çalışma, [28.05.2020] tarihinde aşağıdaki jüri tarafından [İnşaat Mühendisliğı Anabilim Dalı, İnşaat Mühendisliğı Programında] [Doktora tezi] olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

[Doç. Dr.] [Özlem SOLA] (Danışman)
[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi]

[Prof. Dr.] [Cengiz Duran ATİŞ]
[Erciyes Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi]

[Prof. Dr.] [Namık Kemal ÖZTORUN]
[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi]

[Prof. Dr.] [Mehmet Fatih ALTAN]
[İstanbul Aydın Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi]

[Doç. Dr.] [Savaş ERDEM]
[İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi]



[20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 33536 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Bu tez, 33536 numaralı Doktora Tez (DKT) projesi ile desteklenmiştir.]

ÖNSÖZ

Tez çalışmalarım sırasında engin bilgilerini esirgemeyen ve her konuda destek olan kıymetli hocam Doç. Dr. Özlem SOLA' ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Bu süreci benim için kolaylaştıran ve destek olan diğer tüm öğretim üyelerine ve mesai arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Tez çalışması sırasında desteklerini esirgemeyen Limak Çimento Yenibosna Beton Tesisi'ne teşekkürlerimi sunuyorum.

Bugüne dek gösterdikleri teşvik, sabır ve manevi destek için sevgili aileme minnet ve şükranlarımı sunarım |

Mayıs 2020

Özlem ÜSTÜNDAĞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ.....	xi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xii
ÖZET	xiv
SUMMARY	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1. SİLİS DUMANI.....	2
2.1.1. Silis Dumanının Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri.....	2
2.1.2. Silis Dumanının Fiziksel Özellikleri	3
2.1.3. Silis Dumanının Dayanıma Etkileri.....	3
2.2. UÇUCU KÜL.....	4
2.2.1. Uçucu Küllerin Sınıflandırılması	4
2.2.2. Uçucu Küllerin Kimyasal, Mineralojik ve Morfolojik Özellikleri.....	5
2.2.3. Uçucu Küllerin Fiziksel Özellikleri.....	5
2.2.4. Uçucu Külün Dayanıma Etkileri	6
2.3. ÇİMENTO.....	8
2.3.1. Çimento Hamurunun Prizi ve Hidratasyon Reaksiyonları	9
2.3.2. Çimento Harçlarının Basınç ve Eğilme Dayanımı	10
2.3.3. Çimento Harçlarında Dayanıklılık	11
2.3.3.1. Sülfat Etkisi ile Harçların Dayanıklılığı.....	11
2.3.3.2. Islanma - Kuruma Döngüsü ile Harçların Dayanıklılığı	11
2.3.3.2. Donma-Çözülme Döngüsü ile Harçların Dayanıklılığı.....	12
2.3.4. Çimento Harçlarında Termal İletkenlik.....	14
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	21
3.1. KULLANILAN MALZEMELER	21

3.1.1. Portland Çimentosu	21
3.1.2. Uçucu Kül.....	22
3.1.3. Silis Dumanı	23
3.1.4. Kum	23
3.1.5. Aerojel	24
3.1.6. Lityum Karbonat	24
3.2. KULLANILAN KARIŞIM ORANLARI VE HARÇ ÜRETİMİ	24
3.2.1. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Çimento Pastalarında Kullanılan Karışım Oranları	24
3.2.2. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Harçlarda Kullanılan Karışım Oranları.....	25
3.2.3. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Harç Üretimi	27
3.3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	28
3.3.1. Çimento Hamurunda Priz Süresi Tayini.....	29
3.3.2. Çimento Harçlarında Dayanım Deneyleri	29
3.3.2.1. Basınç Dayanımı Deneyleri.....	29
3.3.2.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyleri.....	29
3.3.3. Çimento Harçlarında Dayanıklılık Deneyleri.....	29
3.3.3.1. $MgSO_4$ Çözeltisi - Etüv Döngüsü Dayanıklılık Deneyleri	29
3.3.3.2. Suda Islanma - Havada Kuruma Döngüsü Dayanıklılık Deneyleri	30
3.3.4. Cıva Porozimetresi Cihazı ile Porozimetre Analizi.....	30
3.3.5. Termal İletkenlik Analizi	31
4. BULGULAR.....	32
4.1. PRİZ SÜRELERİNE AİT DENEY SONUÇLARI.....	32
4.2. DAYANIM DENEY SONUÇLARI	35
4.2.1. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları.....	35
4.2.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deney Sonuçları	40
4.3. TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARI	45
4.4. CİVA POROZİMETRESİ ANALİZ SONUÇLARI.....	51
4.4.1. Cıva Porozimetresi Por Çapı - Kümülatif Por Hacmi - Termal İletkenlik İlişkisi	51
4.4.2. Cıva Porozimetresi Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi	65
4.4.2.1. Silis Dumanı İlaveli Harçların Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi.....	65
4.4.2.2. Uçucu Kül İlaveli Harçların Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi.....	67
4.4.3. Cıva Porozimetresi Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi	68

4.4.3.1. Silis Dumanı İlaveli Harçlarda Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi	68
4.4.3.2. Uçucu Kül İlaveli Harçlarda Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi	73
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	85
5.1. PRİZ SÜRESİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	85
5.2. BASINÇ DAYANIMI DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	86
5.3. EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIMI DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	87
5.4. TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	88
5.5. CİVA POROZİMETRESİ ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	89
5.5.1. Civa Porozimetresi Por Çapı - Kümülatif Por Hacmi - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi	89
5.5.2. Civa Porozimetresi Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi	90
5.5.2.1.Silis Dumanı İlaveli Harçlarda Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi.....	90
5.5.2.2. Uçucu Kül İlaveli Harçlarda Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi.....	91
KAYNAKLAR.....	94
EKLER	98
EK - 1 TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARI	98
EK - 2 POROZİMETRE ANALİZ SONUÇLARI	114
ÖZGEÇMİŞ	138

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Silis dumanının x-ışın difraktogramı.	3
Şekil 3.1: Deney programı.....	28
Şekil 3.2: Civa porozimetresi cihazı.....	30
Şekil 3.3: Termal iletkenlik cihazı.....	31
Şekil 4.1: Silis dumanı ilaveli pastaların priz süreleri.	33
Şekil 4.2: Uçucu kül ilaveli pastaların priz süreleri.....	34
Şekil 4.3: Silis dumanı ilaveli harçlarda arojel katkı oranı - basınç dayanımı ilişkisi.....	37
Şekil 4.4: Uçucu kül ilaveli harçlarda arojel katkı oranı - basınç dayanımı ilişkisi.	39
Şekil 4.5: Silis dumanı ilaveli harçlarda arojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.	41
Şekil 4.6: Uçucu kül ilaveli harçlarda arojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.	42
Şekil 4.7: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş harçların arojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.....	43
Şekil 4.8: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenmiş harçların arojel katkı oranı - eğilme dayanımı ilişkisi.....	44
Şekil 4.9: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş harçların arojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.	44
Şekil 4.10: Silis dumanı ilaveli numunelerin arojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.	46
Şekil 4.11: Uçucu kül ilaveli numunelerin arojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.	47
Şekil 4.12: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş numunelerin arojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.....	48
Şekil 4.13: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenmiş numunelerin arojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.....	49

Şekil 4.14: Uçucu kül ilaveli suda kürlenene numunelerin arojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.	50
Şekil 4.15: Silis dumanı ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenene numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	51
Şekil 4.16: Silis dumanı ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenene numunelerin por çapı- kümülatif por hacmi ilişkisi.	52
Şekil 4.17: Silis dumanlı numunelerin suda kürlenene por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	53
Şekil 4.18: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma grubu numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	54
Şekil 4.19: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenene arojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	55
Şekil 4.20: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenene % 0.25 arojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	56
Şekil 4.21: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenene % 0.50 arojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	57
Şekil 4.22: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenene numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	58
Şekil 4.23: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenene arojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	59
Şekil 4.24: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenene % 0.25 arojel katkılı numunelerin por çapı -kümülatif por hacmi ilişkisi.	60
Şekil 4.25: Uçucu kül ilaveli MgSO ₄ ortamında kürlenene % 0.50 arojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	61
Şekil 4.26: Uçucu kül ilaveli suda kürlenene numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.	62
Şekil 4.27: Uçucu kül ilaveli suda kürlenene arojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.	63
Şekil 4.28: Uçucu kül ilaveli suda kürlenene % 0.25 arojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.	64
Şekil 4.29: Uçucu kül ilaveli suda kürlenene % 0.50 arojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.	65
Şekil 4.30: Silis dumanı ilaveli harçların arojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.	69
Şekil 4.31: Silis dumanı ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.	71

Şekil 4.32: Silis dumanı ilaveli harçların arojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.	72
Şekil 4.33: Uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.	73
Şekil 4.34: Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.	74
Şekil 4.35: MgSO ₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.	75
Şekil 4.36: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.	76
Şekil 4.37: Uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.	77
Şekil 4.38: Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.	78
Şekil 4.39: MgSO ₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.	79
Şekil 4.40: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.	80
Şekil 4.41: Uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.	81
Şekil 4.42: Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.	82
Şekil 4.43: MgSO ₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.	83
Şekil 4.44: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.	84

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1: Silis dumanının kimyasal analizi (Çelik, 2004).	2
Tablo 2.2: Çimento türleri.	9
Tablo 3.1: CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu kimyasal bileşimi.....	21
Tablo 3.2: CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu bazı fiziksel özellikleri.	22
Tablo 3.3: Uçucu külün kimyasal özellikleri.....	22
Tablo 3.4: Silis dumanının kimyasal özellikleri.	23
Tablo 3.5: Rilem kumu elek analizi.....	23
Tablo 3.6: Deneylerde kullanılan arojelin özellikleri.	24
Tablo 3.7: Çimento pasta bileşenlerine ait karışım oranları (% ağırlıkça).	25
Tablo 3.8: Çimento pasta bileşenleri ve su için kullanılan miktarlar (g).....	25
Tablo 3.9: Çimento harçlarına ait karışım oranları (% ağırlıkça).....	26
Tablo 3.10: Çimento harçlarına ait karışım miktarları (g).....	26
Tablo 4.1: Çimento hamurlarının bazı fiziksel özellikleri.....	32
Tablo 4.2: Çimento harçlarına ait basınç dayanımları.....	35
Tablo 4.3: Çimento harçlarına ait eğilmede çekme dayanımları.....	40
Tablo 4.4: Çimento harçlarına ait termal iletkenlik katsayısı sonuçları.	45
Tablo 4.5: Silis dumanı ilaveli harçların jel por seviyeleri (%).	66
Tablo 4.6: Silis dumanı ilaveli harçların kapiler por seviyeleri (%).	66
Tablo 4.7: Silis dumanı ilaveli harçların makro por seviyeleri (%).	66
Tablo 4.8: Uçucu kül ilaveli harçların jel por seviyeleri (%).	67
Tablo 4.9: Uçucu kül ilaveli harçların kapiler por seviyeleri (%).	67
Tablo 4.10: Uçucu kül ilaveli harçların makro por seviyeleri (%).	68

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
Al	: Alüminyum
Al₂O₃	: Alüminyum oksit
CaSO₄.2H₂O	: Alçıtaşı
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum oksit
Ca(OH)₂	: Kalsiyum hidroksit
C₂S	: Dikalsiyum silikat
C₃S	: Trikalsiyum silikat
C₃A	: Trikalsiyum alüminat
C₄AF	: Tetra kalsiyum alümino ferrit
Fe	: Demir
FeO	: Demir oksit
Fe₂O₃	: Demir trioksit
Li₂CO₃	: Lityum karbonat
K₂O	: Potasyum oksit
Na	: Sodyum
Na₂O	: Sodyum oksit
Mg	: Magnezyum
MgSO₄	: Magnezyum sülfat
P₂O₅	: Fosfor pentaoksit
Si	: Silisyum
SO₃	: Sülfat
TiO₂	: Titanyum dioksit

Kısaltmalar**Açıklama**

ASTM	: Amerikan Test ve Malzeme Topluluğu
TS EN	: Türk Standartları Enstitüsü
PÇ	: Portland çimentosu
C - S - H	: Kalsiyum silikat hidrat



ÖZET

[DURABİLİTE ORTAMLARINDA KÜRLENEN MİNERAL KATKILI HARÇLARIN POROZİTE ÖZELLİKLERİ]

[DOKTORA TEZİ]

[Özlem ÜSTÜNDAĞ]

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

[İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı]

[Danışman : Doç. Dr. Özlem SOLA]

Bu çalışmada silika bazlı aerojel kullanılarak üretilen harç numunelerinde termal yalıtkanlık sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, çimento karışımlarına % 0.25 ve % 0.50 oranlarında aerojel ilave edilmiştir. Endüstriyel atık malzeme olan silis dumanı, çimento karışımlarına %10 sabit oranında katılmıştır. Diğer endüstriyel atık olan uçucu kül ise, %30, 40 ve 50 oranlarında çimento karışımlarına ilave edilmiştir. Uçucu külün yüksek oranlarda kullanılması nedeniyle, çimento karışımlarına Li_2CO_3 aktivatör olarak katılmış ve kullanım oranı % 0,07 olarak sabit tutulmuştur. Bu karışım oranları kullanılarak 15 farklı karışım oranına sahip ve 4x4x16cm boyutunda olan numuneler üretilmiştir. Üretilen çimento harç numuneleri, suda kürlenmenin dışında $MgSO_4$ çözeltisinde ve ıslanma - kuruma döngüleri kullanılarak da kürlenmiştir.

Çimento harç numunelerinin kürlenme işlemleri; su, $MgSO_4$ ve ıslanma - kuruma ortamlarında 112 gün sonunda tamamlanmıştır. $MgSO_4$ çözeltisinde kürlenme işlemi; 1 hafta çözeltide bekletme - 1 hafta etüvde kurutma süreçlerini kapsamaktadır. Islanma- kuruma çevrimleri ise; 1 hafta suda bekletme - 1 hafta havada kurutma olarak gerçekleştirilmiştir. Kürlenme işleminin tamamlanmasından sonraki süreçte numunelere basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri ile termal iletkenlik katsayısı analizi ve civa porozimetresi analizleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar hem kendi deneysel kategorilerinde hem de diğer deneysel sonuçlarla

detaylı olarak tartışılmıştır. Porozite-termal iletkenlik ilişkisinden ne çıkan sonuçlar dikkate alınarak en düşük termal iletkenlik değerlerine karşılık gelen porozite aralıkları net olarak sunulmuştur. |

Mayıs 2020, |138| sayfa.

Anahtar kelimeler: |silis dumanı, uçucu kül, arojel, termal iletkenlik, porozite |



SUMMARY

POROSITY PROPERTIES OF CEMENT MORTARS WITH MINERAL ADDITIVE CURED IN DURABIL MEDIUM

Ph.D. THESIS

Özlem ÜSTÜNDAĞ

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Civil Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Özlem SOLA

In this study, thermal insulation was tried to be achieved in mortar samples produced using silica-based aerogel. For this purpose, aerogel at the rates of 0.25% and 0.50% was added to cement mixtures. Silica fume, an industrial waste material, was added to cement mixtures at a constant rate of 10%. Fly ash, another industrial waste, was added to cement mixtures at the rates of 30, 40 and 50%. Due to the high utilization of fly ash, cement mixtures were supplemented with Li_2CO_3 as an activator and its usage rate was kept constant at 0.07%. Using these mixing ratios, samples having 15 different mixing ratios measuring 4x4x16cm were produced. Cement mortar samples produced were cured in MgSO_4 solution and using wetting-drying cycles in addition to curing in water.

Curing processes of cement mortar samples, soaking in water and in MgSO_4 solution, and subjecting to wetting-drying cycles, have been completed after 112 days. Curing process in MgSO_4 solution includes soaking samples in solution for one week and drying in the oven for one week. Wetting-drying cycles were carried out by soaking samples in water for one week and air drying for one week. Following the completion of the curing processes, compressive strength and flexural strength tests along with thermal conductivity coefficient and mercury

porosimetry analyses were applied to the samples. The results obtained were discussed in detail both in their own experimental categories and with other experimental categories. Taking into account the results that stand out from the porosity-thermal conductivity relationship, porosity range corresponding to the lowest thermal conductivity values have been presented in a clear well-defined form.

May 2020, [138] pages.

Keywords: [silica fume, fly ash, aerogel, thermal conductivity, porosity]



1. GİRİŞ

İnşaat sektöründeki gelişmelerin hızlanmasıyla rekabet ortamının üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Bu durum yapıların daha sürdürülebilir, çevresel koşullara daha dayanıklı ve maliyet açısından da daha tasarrufu sağlamaya yönelik adımların atılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu zorunluluklara ilaveten, dünyadaki doğal kaynak rezervlerinin durdurulamaz bir hızla tüketiminin devam etmesi ise yapılarda hem üretim hem de ısıtma aşamalarında doğal kaynak kullanımının kısıtlanması gerekliliğini de açıkça ortaya çıkarmış bulunmaktadır. Ayrıca, küresel ısınma nedeniyle artan CO₂ emisyonunun düşürülmesi ihtiyacı, yapılarda fosil yakıt kullanımının sınırlandırılması gerekliliğini de açıkça ortaya koymaktadır. Bu konu ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Yapıların ısıtılması ile elde edilen ısının ve yılın her mevsimindeki termal yalıtkanlığın korunabilmesi önem arz etmektedir. Bu durumdan hareketle, geleneksel yöntemlere alternatif olarak; çimento içeriği endüstriyel atık malzemeler ile ikame edilmiş, termal yalıtkanlığı yüksek, çevreye dost, ısıtma ve malzeme maliyetleri normal harçlara göre düşük olan çimento harcı üretilmiştir. Çalışmada kullanılan endüstriyel atık malzemeler, Yumurtalık İlçesi Sugözü Köyü termik santrali kaynaklı uçucu kül ile Antalya Ferrookrom tesislerinden temin edilen silis dumanıdır.

Kullanılan mineral kökenli endüstriyel atıklar sayesinde hem doğal kaynak rezervlerinden %50'ye varan oranlarda tasarruf sağlanması öngörülmüş hem de kullanılan Li₂CO₃ aktivatörü ile harçların mekanik dayanımlarındaki düşüşün önüne geçilmeye çalışılmıştır. Çalışmanın en özgün kısmı ise üretilen harç numunelerinin farklı ortamlarda kürlenerek elde edilen sonuçlar üzerinden termal iletkenlik ve porozite özellikleri aralarındaki ilişkilerin kurulması olmuştur. Bu sayede hangi termal iletkenlik değerleri hedefleniyorsa, üretilecek harçların hangi porozite özelliklerine sahip olması gereklilikleri ortaya açık olarak konulmaktadır.]

2. GENEL KISIMLAR

2.1. SİLİS DUMANI

Silis dumanı, silisyum veya ferrosilisyum alaşımlarının üretiminde kullanılan elektrik ark fırınlarından elde edilen yan üründür. Üretim sırasında çıkan gazın hızlıca soğuyarak yoğunlaştırılması sonucunda elde edilmektedir ve % 85 - 98 aralığında yoğunlaşmış SiO₂ içermektedir. Alaşımın silisyum içeriği değiştikçe silis dumanındaki SiO₂ miktarı da değişmektedir (Yeğinobalı, 2009; Erdoğan, 2003).

Çok ince taneli bir yapıya sahip olan silis dumanı ayrıca oldukça yüksek puzolonik aktiviteye de sahiptir, kalsiyum hidroksitle hidrasyon reaksiyonu gerçekleştirerek hidrolik bağlayıcılık özelliği de göstermektedir (Baradan ve diğ., 2012).

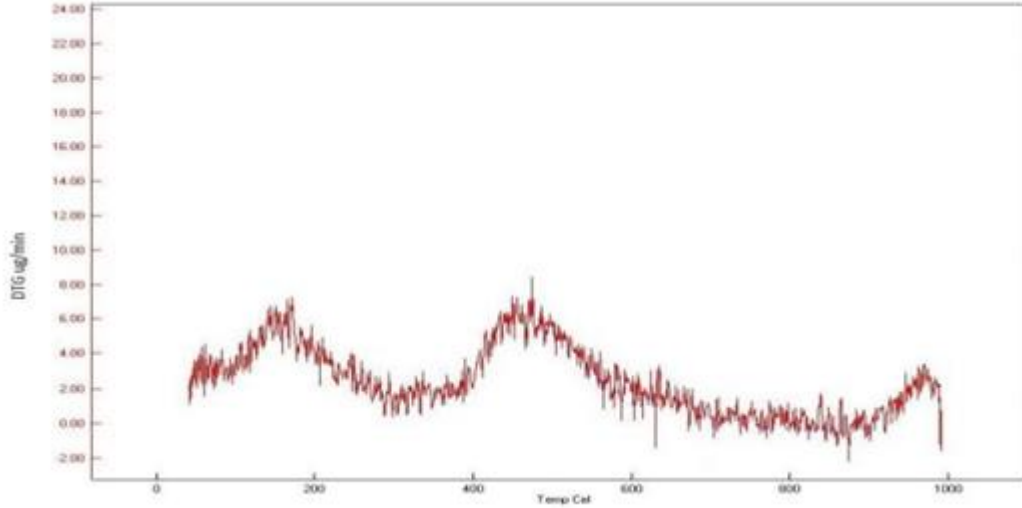
2.1.1. Silis Dumanının Kimyasal ve Mineralojik Özellikleri

Silis dumanı adından da anlaşıldığı gibi esas içeriği SiO₂ olan malzemedir. Bileşiminde düşük oranlarda Fe₂O₃ ve Al₂O₃ mevcuttur. İçeriğinde MgO, S ve Alkali oksit oranları çok az bulunduğu için genellikle betonda genleşme problemine neden olmazlar. Silis dumanı içeriğindeki C oranı ve kızdırma kaybı değerleri birbirine genellikle yakındır (Erdoğan, 2003). Silis dumanına ait örnek oluşturabilecek kimyasal analiz değerleri Tablo 2.1' de sunulmuştur.

Tablo 2.1: Silis dumanının kimyasal analizi (Çelik, 2004).

Kimyasal Özellik	% Bileşen
SiO ₂	90.02
Al ₂ O ₃	-
Fe ₂ O ₃	0.30
CaO	0.33
MgO	2.36
SO ₃	0.85
Na ₂ O	0.29
K ₂ O	3.72
TiO ₂	-
P ₂ O ₅	-

Silis dumanı morfolojik olarak amorf yapıya sahip bir malzemedir. Mineralojik yapısı X-ışın difraktamı ile incelendiğinde bu durum açıkça ortaya çıkmaktadır (Sola ve diğ, 2017).



Şekil 2.1: Silis dumanının x-ışın difraktogramı.

2.1.2. Silis Dumanının Fiziksel Özellikleri

Silis dumanının rengi açık gri ile koyu gri arasında değişmektedir. Renginin koyulaşması içeriğindeki karbon miktarının yükseldiğine işaret etmektedir. Silis dumanı, çoğunluğunun boyutu 0.1-0.2 μm olan çok ince tanecikler içermektedir. Bu nedenle özgül alanı Blaine cihazı ile ölçülememektedir. BET (azot adsorpsiyon) yöntemi ile tespit edilebilmektedir (Yeğinobalı, 2009). Teknolojinin ilerlemesiyle lazerli ölçüm yöntemleri de özgül yüzey alanı ölçümlerinde kullanılmaktadır.

2.1.3. Silis Dumanının Dayanıma Etkileri

Silis dumanı içeriğindeki yüksek silis nedeniyle harç dayanımlarını artırır. Bu konu ile ilgili oldukça fazla sayıda çalışma mevcuttur. Bazı çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

Beycioğlu ve diğ (2010) ile Çağatay ve Özdemir (2009) tarafından yapılan çalışmalarda; % 5, 10, 15 ve 20 silis dumanı ilave oranlar kullanılarak üretilen pomza agregalı hafif betonların basınç dayanımlarının %20 karışım oranı haricinde arttığı tespit edilmiştir. Şimşek, (2020) tarafından yapılan ve lifli betonlarda optimum silis dumanı kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada 120 günün sonunda %7,5 silis dumanı katkısının basınç dayanımlarında en yüksek değeri verdiği tespit edilmiştir. Benli ve Karataş (2019) tarafından yapılan bir çalışmada;

kendiliğinden yerleşen harçlarda, 90 günlük kürlemenin ardından uçucu kül ve silis dumanının birlikte kullanıldığı karışımlardan elde edilen eğilmede çekme dayanımı değerinin % 20 uçucu kül ve % 10 silis dumanı ilaveli harçlardan % 18.9 MPa olarak elde edildiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca basınç dayanım sonuçlarının en yüksek tespit edildiği karışım oranının ise % 19.9 artış oranı ile % 20 uçucu kül ve % 6 silis dumanı ilaveli karışımlar olduğunu belirtmişlerdir. Demirel ve Yazıoğlu (2007); silis dumanının fiber takviyeli hafif betonun mekanik özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, karbon fiber ilavesinin mineral katkısız serilerde eğilmede çekme dayanımını % 21.91 artırdığını; silis dumanı ilaveli serilerde ise % 32.07 artırdığını ifade etmişlerdir. Silis dumanı ilavesinin fiberli serilerde basınç dayanımını % 31.12 artırdığını buna ilaveten eğilmede çekme dayanımını ise % 23.14 artırdığını ifade etmişlerdir.

2.2. UÇUCU KÜL

Ülkemizdeki termik santraller elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır. Bu santrallerde yakıt olarak linyit kömürü kullanılmaktadır. Kömürün yakılması ile elektrik üretimi gerçekleştirilirken baca gazları ile taşınan ve elektro filtreler yardımıyla santralde tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir. Endüstriyel bir atık olan bu küllere uçucu kül denmektedir Günümüzde artan enerji ihtiyacına bağlı olarak kömür tüketimi de artmakta ve sonuç olarak elde edilen kül miktarı da orantılı olarak artmaktadır.

Uçucu külün oluşmasında bazı parametreler etkilidir. Bunlar; kömürün türü ile fiziksel ve kimyasal yapısı, termik santralin elektrik üretim yöntemi ve şekli, kömürün yakılma türü etkin rol oynamaktadır.

2.2.1. Uçucu Küllerin Sınıflandırılması

Uçucu küller ASTM C 618 (2019) ve TS EN 197-1 (2012) standartları esas alınarak sınıflandırılırlar.

ASTM C 618 standardına göre uçucu küller F ve C sınıfı olmak üzere 2 gruba ayrılırlar:

- I. F Sınıfı: Bitümlü kömürden üretilen ve $(SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ oksitlerinin yüzdesi %70 'den fazla olan uçucu küller F sınıfı olarak nitelendirilirler. Bu kül grubu, puzolanik

özelliğe sahip olmasının yanı sıra, CaO yüzdesinin % 10'un altında olması sebebiyle de düşük kireçli olarak nitelendirilirler.

- II. C Sınıfı: Linyit veya yarı-bitümlü kömürden elde edilen ve toplam $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ yüzdesi % 50'den fazla olan küller bu gruba girmektedir. Bu kül grubu, puzolanik özelliğine ilaveten bağlayıcılık özelliği de bulunmaktadır. Aynı zamanda bu küllerde CaO yüzdesi % 10'dan fazla olduğu için bu küllere yüksek kireçli uçucu kül de denir (ASTM, 2015).

2.2.2. Uçucu Küllerin Kimyasal, Mineralojik ve Morfolojik Özellikleri

Uçucu küllere ait kimyasal bileşimler; uçucu külün elde edildiği kömürün bileşenleri ve jeolojik özellikleri arasında oldukça yakın bir ilişki vardır.

Uçucu küllerin kimyasal yapılarında Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, ve S bulunur. Bu elementler yanma işleminden kaynaklı olarak oksit bileşenleri olarak da elde edilebilirler: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 bu bileşenlere örnek olarak verilebilir.

Uçucu külün mineralojik bileşimi, kömürde bulunan minerallere ve işlem koşullarına bağlıdır. Uçucu külün mineralojik yapısı, külün tipine göre değişen dağılımda olmak üzere, camı (kristalsiz) ve kristal yapılu bileşenlerden meydana gelmektedir (Türker ve diğ., 2009).

Uçucu külün morfolojik yapısı ile ilgili olarak şunlar ifade edilebilir: C ve F tipi uçucu küllerin şekilsel özellikleri de birbirinden ayrılmaktadır. Örneğin F tipi uçucu küllerin süngerimsi bir yapısı mevcut iken C sınıfı uçucu küllerde daha pürüzsüz ve küresel yapılar söz konusu olmaktadır (Celik, 2004).

2.2.3. Uçucu Küllerin Fiziksel Özellikleri

Uçucu külün fiziksel özellikleri, genel olarak termik santralde kullanılan kömürün özelliklerine ve yanma sistemine bağlıdır. Uçucu kül koyu griden kahverengiye değişen bir renk skalasına sahip bir malzemedir. Külün içindeki yanmamış karbon miktarı uçucu külün rengini koyu griye dönüştürmektedir. İyi bir yanma işlemi sonucu oluşan uçucu külün rengi daha açıktır (Gani, 1997; Güler ve diğ., 2005).

Uçucu külün inceliği fiziksel özellikler açısından önemli bir parametredir. İncelikleri 6000 cm^2/g 'dan daha yüksek olabilmektedir. Uçucu külün tane şekli genellikle yuvarlaktır, yoğunluğu ise 2.2 – 2.4 gr/cm^3 civarındadır (Celik, 2004).

2.2.4. Uçucu Külün Dayanıma Etkileri

Çimento harçları için vazgeçilmez ikame malzemelerinden biri olan uçucu külün harçlardaki basınç ve eğilme dayanımları için çok sayıda çalışma mevcuttur. Çok geniş literatüre sahip olan bu konu belirli sayıda çalışma ile sunulmuştur. Çünkü çalışmaların sonuçları birbirlerine birçok benzerlik göstermektedir.

Uçucu kül ve Portland çimentosu ile üretilen harçlarda basınç dayanımının düştüğü, yüksek oranlarda uçucu kül kullanıldığında priz sürelerinde gecikme olduğu ve büzülme oranının arttığı yapılan bir çalışma sonucunda ifade edilmektedir (Turanlı ve diğ., 1997).

F ve C sınıfı uçucu küllerle yapılan detaylı çalışmalarda C sınıfına ait uçucu küllerin F sınıfına göre daha yüksek basınç dayanımları verdiği tespit edilmiştir. Ancak genel anlamda uçucu kül katkısının kontrol numunesine göre basınç dayanımlarının daha düşük olduğu bulunmuştur (Celik, 2004). Hatungimana ve diğ. (2019) yaptıkları çalışmada da % 15' e varan uçucu kül katkısının basınç dayanımını düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Sugözü uçucu külü kullanılarak yapılan çalışmada, araştırmacılar uçucu kül ilavesinin % 30'a kadar olan oranlarda basınç dayanımlarının 90. ve 365. günlerde kontrol beton numune dayanımına göre düşük olmakla birlikte kıyaslanabilir seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmada elde edilen eğilme dayanımı sonuçlarına göre uçucu kül katkısı % 30 ve 45 oranında kullanıldığında kontrol betonun eğilme dayanımının yaklaşık olarak % 80 ve üzerinde bir değere ulaştıkları tespit edilmiştir (Karahana ve Atiş, 2007). Delikurt ve Sevim (2015) yılında yaptıkları çalışmada % 30 ve 40 oranında kullanılan Sugözü uçucu külünün betondaki basınç ve eğilme dayanımlarını nispeten düşürdüğünü tespit etmişlerdir.

Kılıncarslan ve Tuzlak (2018) tarafından yapılan bir çalışmada araştırmacılar, uçucu kül katkılı köpük betonlarda dayanım ve ısı iletkenlik özelliklerini incelemişlerdir. Uçucu kül kullanımının köpük betonların basınç dayanımları üzerine olumlu bir etki yaptığını tespit etmişlerdir. Basınç dayanımı en yüksek uçucu kül ilaveli numuneden elde edilen değerin 1,18MPa olduğunu aynı numuneden ölçülen ısı iletkenlik değerinin ise 0.15 W/mK'nin

üzerinde olduğunu ifade etmişlerdir. Gezmen ve Türkel (2017) bor içeren kolemanit minerali ve uçucu kül ilaveli harçların mekanik özellikleri ile sülfata karşı dayanıklılıklarını incelemişlerdir. Sonuçlara göre; hem eğilme hem de basınç dayanımları açısından % 2 ve % 4 kolemanit katkı oranının çimentoya ilave edilebileceği önerilmektedir. İlerleyen yaşlarda en yüksek basınç dayanımına sahip olan numune % 10 uçucu kül içeren numune olduğu ifade edilmiştir. Eğilme dayanımları açısından da tek başına ve %2 0 uçucu kül ilaveli örneğin ilerleyen yaşlarda kontrol numunesine göre daha yüksek sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Tulga ve Kılınç (2018) tarafından yapılan bir çalışmada; uçucu kül kullanımının farklı dayanım sınıflarındaki betonların mekanik ve durabilite özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda C30/37 ve C35/45 sınıfı betonlardaki erken dayanım sonuçları için; uçucu külün erken dayanımları artırmadığı ifade edilmiştir. Uçucu kül kullanımının yarmada çekme dayanımlarını artırdığı tespit edilmiştir. Farklı dayanım sınıflarındaki betonlarda ve kendiliğinden yerleşen betonda uçucu kül kullanımının donma-çözünme direncini artırdığını da ilave etmişlerdir. Turgut 2016 yılında yaptığı bir çalışmada; C sınıfı uçucu kül, kireç ve cam tozu karışımları kullanarak blok üretimini araştırmıştır. Ayrıca uçucu kül tek başına da kullanılmıştır. Üretilen bloklar 70°C’de 24, 48, 72 ve 96 gün boyunca kürlenmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek basınç dayanım sonucunun 72 saat boyunca kürlenmiş UK10K1C4 kodlu numuneden elde edildiği gösterilmiştir. Bu numunede uçucu kül ve kireç miktarı en düşük, cam tozu ise en yüksek miktardaki karışım olduğu tespit edilmiştir. Çavuş ve Ağaoğlu (2019) yaptıkları bir çalışmada Kangal Termik Santral uçucu külünü kullanarak üretilen harçların fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada ayrıca çeşitli aktivatörler de kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek basınç dayanım değerlerini sodyum silikat kullanarak elde etmişlerdir. Akın, 2019 yılında yaptığı bir çalışmada mekanik ve durabilite özellikleri açısından tercih edilmesi gereken uçucu kül sınıfının F sınıfı olduğunu ifade etmiştir. Atış (2001) tarafından yapılan çalışmada %50 uçucu kül kullanımında normal betonun dayanımına eşdeğer olan dayanım geliştirilebileceği ifade edilmiştir. Aghabaglou ve diğ (2020) tarafından yapılan bir incelemede, yapılan çalışmalar sonucunda uçucu kül kullanımının silindirle sıkıştırılmış betonların mekanik ve durabilite özelliklerini iyileştirdiğini, Mehta ve Monteiro (2006)’nun uçucu külün çimento hidrasyonu ile açığa çıkan sodyum hidroksit ile birleşerek boşluk doldurduğunu ifade ettiğini belirtmiştir. Servatmand ve Şimşek (2018) tarafından yapılan bir çalışmada ise; yüksek performanslı harç üretimi için optimum nanomalzeme oranlarının

belirlenmesinde %1 nano silikat kullanımı ile en yüksek basınç dayanım sonuçları verdiğini tespit etmişlerdir. Bu değerin elde edilmesi için kullanılan uçucu kül miktarı ise 635kg/m^3 olarak sunulmuştur.

2.3. ÇİMENTO

Çimento, bağlayıcılık özelliği sayesinde beton bileşenlerinin birarada bulunmasını ve beton yapısının oluşmasını sağlayan en önemli malzemedir. Çimento genel adıyla bilinen Portland çimentosunun üretiminde hammadde kaynağı olarak kalkerli malzemeler grubundan kireçtaşı ve marn, killi malzemeler grubundan ise kil, şeyl ve şist kullanılmaktadır. Portland çimentosunun üretim aşamasında malzemeler öncelikle konkasör ünitesinde kırılarak belli boyutlara indirgenir. Daha sonra ince boyutlara öğütülür ve belli oranlarda karıştırılarak döner fırına beslenirler ve döner fırında sonuç reaksiyonları $1350-1450^\circ\text{C}$ 'de gerçekleşir. Kalker yapısından gelen CaO ile kil yapısından gelen SiO_2 (silis) Al_2O_3 (alümin) ve Fe_2O_3 'in (demir oksit) birleşmeleri sonucunda çimentoya mekanik özellikler kazandıran silikat ve alüminatlar oluşur (Mills ve diğ, 1955; By, 1983). Genel olarak karma oksit bileşenleri de denilen bu yapılar aşağıdaki formüllerle ifade edilirler:

C_2S : Dikalsiyum silikat

C_3S : Trikalsiyum silikat

C_3A : Trikalsiyum alüminat

C_4AF : Tetrakalsiyum alüminoferrit

Büyük çoğunluğu karma oksit bileşenlerini içeren ve döner fırın reaksiyonları sonrasında oluşan ve klinker adı verilen bu ürün ani olarak soğutulur ve depolama alanında toplanır. 1-25 mm topaklanmış tane boyut aralığına sahip, gri siyah renkli ve oldukça sert olan klinker % 3 - 6 oranında alçıtaşı ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ile birlikte çimento değirmeninde öğütülerek çimento boyutuna getirilir. Bu nihai ürün çimento adını alır (Erdoğan, 2003). Çimentonun TS EN 197-1 (2012) standardına göre türleri Tablo 2.2' de sunulmuştur.

Tablo 2.2: Çimento türleri.

Ana Tipler	Genel Çimento Tipleri		Bileşim (kütlece ¹) % olarak											
			Ana Bileşenler										Minör ilave Bileşenler	
			K	S	D ²⁾	P	Q	V	W	T	L	LL		
CEM I	Portlant Çimentosu	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portlant-Curufllu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20										0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35										0-5
CEM II	Portlant-Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	-	6-10									0-5
	Portlant-Puzolanlı Çimento	CEM II/A-P	80-94			6-20								0-5
		CEM II/B-P	65-79			21-35								0-5
		CEM II/A-Q	80-94				6-20							0-5
		CEM II/B-Q	65-79				21-35							0-5
	Portlant- Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	80-94					6-20						0-5
		CEM II/B-V	65-79					21-35						0-5
		CEM II/A-W	80-94						6-20					0-5
		CEM II/B-W	65-79						21-35					0-5
	Portlant-Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94							6-20				0-5
		CEM II/B-T	65-79							21-35				0-5
	Portlant-Kompoze Çimento ³⁾	CEM II/A-M	80-94	6-20										0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35										0-5
	CEM III	Yüksek Fırın Cürufllu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65	0-5								
CEM III/B			20-34		66-80									0-5
CEM III/C			5-19		81-95									0-5
CEM IV	Puzolanik Çimento ³⁾	CEM IV/A	65-89		-	11-35							0-5	
		CEM IV/B	45-64		-	36-55							0-5	
CEM V	Puzolanik Çimento ³⁾	CEM V/A	40-64		18-30	-	18-30					0-5		
		CEM V/B	20-38		31-50	-	31-50					0-5		

1) Çizelgedeki değerler ana ve minör ilave bileşenlerin toplamı ile ilgilidir.

2) Silis dumanının oranı %10'la sınırlanmıştır.

3) Portland kompoze çimento CEM II/A-M ve CEM II/B-M'de, Puzolanik Çimento CEM IV/A ve CEM IV/B'de, Kompoze Çimento CEM V/A ve CEM V/B'de klinkerin yanındaki diğer ana bileşenler ana bileşenler çimentoya ait işaretler çimentoya ait işaretlerle beyan edilmelidir.

K: Kılınker, S: Yüksek Fırın curufllu, D: Silis dumanı, P: Doğal puzolan, Q: Doğal kalsine edilmiş puzolan, V: Silisli uçucu kül, W: Kalkerli uçucu kül, T: Pişmiş Şist, L: Toplam organik karbon içeriği kütlece %0.50 aşmayan kalker, LL: Toplam organik karbon içeriği kütlece %0.20 aşmayan kalker.

2.3.1. Çimento Hamurunun Prizi ve Hidratasyon Reaksiyonları

Çimentonun su ile tepkimesi sonucunda hidratasyon reaksiyonları meydana gelir. Çimento ve suyun birleşmesiyle oluşan çimento hamuru başlangıçta plastik bir durumdadır ve hidratasyonun devam etmesiyle birlikte hamur zamanla daha viskoz bir hal alarak sertleşmektedir (Erdoğan, 2003; Postacıoğlu, 1975).

Hidratasyon reaksiyonlarının ilerlemesi sonucunda çimento hamurunun plastiklik özelliğinde azalma, viskozitesinde ise artış gözlenir. Çimentonun su ile temas ettiği ilk an ile plastiklik özelliğini kaybettiği bu süreye “priz alma süresi” denir. Bu süre priz başlangıç ve priz bitiş

süreleri olarak ifade edilir. Priz başlangıcı çimento ve suyun temas ettiği ilk an ile çimento hamurunun sertleşmeye başladığı an arasındaki süredir. Priz bitiş süresi suyla ilk temastan çimento hamurunun tamamen katılaştığı ana kadar geçen süredir.

2.3.2. Çimento Harçlarının Basınç ve Eğilme Dayanımı

Hidrate çimentonun dayanım kazanmasını açıklamak için öne sürülen teoriler içinde en kabul göreni; çimento hidrasyon ürünü olarak oluşan kristalitlerin bir doku oluşturarak dayanım sağladığı görüşüdür. Hidrasyonun ilerlemesiyle kristaller büyümekte ve belli noktalarda birbirlerine değmektedirler. Bu noktalarda gelişen fiziksel ve kimyasal olayların etkisiyle birbirleriyle birleşerek ya da kaynayarak bu dokuyu oluşturmaktadırlar. Hidrasyon ürünlerinin birbirlerine etkileşme olasılığı aşağıdaki koşullara bağlı olarak gelişir;

- Doygunluk derecesi
- Kristalitlerin temas süreleri
- Tanecikler arası uygulanan kuvvet

Ayrıca kristalit oluşumundan kaynaklanan bazı iç gerilmeler vardır. Bu gerilmeler dayanımı bazen arttırıcı bazen de azaltıcı yönde etki etmektedir.

Hidrasyon reaksiyonlarının zamana bağlı olarak sürmesi ve bunu sonucunda kristalitlerin büyümesinin önemli sonuçları aşağıdaki şekildedir.

1. Hidrasyon ürünlerinin temas noktalarının sayısındaki artış
2. Serbest suyun adsorbe su haline geçerek boşluğun azalması

Bu iki önemli faktörün sonucunda çimento harçlarının dayanımı zamanla artmaktadır. Çimentonun türüne, kür koşullarına ve kimyasal bileşimine bağlı olarak bu malzemelerdeki dayanım artışı uzun yıllar sürebilir (Baradan ve diğ., 2012; Neville, 1997).

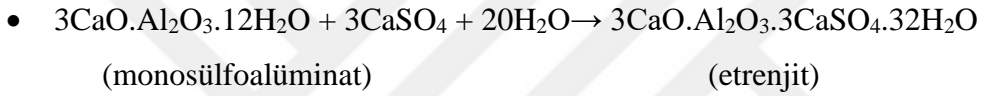
Çimento harçlarının mekanik deneyleri için temel olarak basınç ve eğilme deneyleri uygulanır. TS-EN 196-1 (2016) standardında deneyler ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2.3.3. Çimento Harçlarında Dayanıklılık

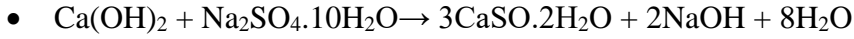
2.3.3.1. Sülfat Etkisi ile Harçların Dayanıklılığı

Sülfat ortamları yapıları gereği korozif koşullardır. Çimento harçlarının sülfat ortamlarında bulunması sonucunda yapılarının bu ortamlardan olumsuz yönde etkileneceği açıktır.

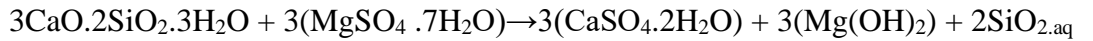
Çimento karma oksit bileşiklerinden olan C₃A (tri kalsiyum alüminat) çimentonun hidratasyon reaksiyonları sırasında ortamdaki alçı taşının da hidrate olarak reaksiyona eklenmesi sonucunda reaksiyon, önce monosülfoalüminat sonrasında etrenjit teşekkülü şeklinde ilerler. Etrenjit oldukça yüksek hacim içeren bir tuzdur. Bu durum, bünyesinde içerdiği 32 mol su bileşiğinden kaynaklanmaktadır. Bu yüksek hacimli molekül nedeniyle taze betonda hacim artışı kaçınılmazdır. Etrenjit oluşum reaksiyonu aşağıdaki gibidir:



Kalsiyum sülfat dışındaki sülfatlarla örneğin sodyum sülfat ile, sertleşmiş çimento fazındaki kalsiyum hidroksit reaksiyonlar oluşturabilir. Alçıtaşı oluşumu nedeniyle hacim artışı ve çimento pastasında sertlik ve mukavemet kaybı ile bozunma artar.



Magnezyum sülfat ile benzer reaksiyonlar gerçekleşir. Ancak, oluşan magnezyum hidroksitin, göreceli olarak çözünmeyen ve zayıf alkali bir yapısı vardır. Sülfat atağının şiddeti sülfat atağının türüne bağlıdır. Magnezyum sülfat sodyum sülfattan, sodyum sülfat ise kalsiyum sülfattan daha zararlıdır.



2.3.3.2. İslanma - Kuruma Döngüsü ile Harçların Dayanıklılığı

Betonun ıslanma kuruma ortamları su ve zararlı ortamlar olarak ifade edilebilir. Bu bağlamda; fiziksel etki olarak sadece su ortamı ve etüv ortamlarını içeren döngülerle yapılan çalışmalarda; ıslanma - kuruma döngüsü ile kürlenmiş atık asfalt ve atık lastik katkılı harçların basınç dayanımlarının, suda kürlenmiş aynı karışım oranlarına sahip olan harçlarla %5 katkı

oranı için yakın basınç dayanım değerleri verdiği tespit edilmiştir (Sola and Ozyazgan (2016); Sola and Ozyazgan (2016)).

2.3.3.2. Donma-Çözülme Döngüsü ile Harçların Dayanıklılığı

Beton servis ömrü boyunca fiziksel, kimyasal, mekanik ya da fiziko-kimyasal etkilerle hasara uğrayabilmektedir. Bu çevresel etkiler betonun performansının zamanla azalmasına, servis süresinden önce işlevini ve dayanıklılığını tamamen yitirmesine yol açabilmektedir. Betonun tekrarlı donma - çözülme etkisinde kalması bu fiziksel etkilerden birisidir (Şahmaran ve Li, 2009). Bu tekrarlı etkilerin sonucunda betonun içindeki suyun beton yapısını hasara uğratarak mukavemet kayıplarına yol açtığı bilinen bir gerçektir. Tekrar sayılarının artmasıyla hasar etkisinin arttığı da açıktır.

Soğuk iklimlerde, don etkisi, yeterli önlemler alınmadığında betona zararın temel bir nedenidir. Kendisinden daha geniş boşluklarda bulunan serbest su donduğunda yaklaşık olarak %9 oranında genişler. Betonda bu genişlemeyi karşılamak için yeterli yer yoksa, o zaman potansiyel olarak hasar veren bir iç basınç ortaya çıkacaktır. Ardışık donma-çözülme döngüleri, başlangıçta beton yüzeyinde çatlama ve parçalanma şeklini alırken daha sonra kümülatif hasara neden olabilir. Hava sürüklenerek daha geniş olan kılcal boşluklardaki su ise daha kritik etkiye sahiptir. Çok daha küçük boyutlu olan jel boşluklarındaki su, CSH yüzeylerine adsorbe edilir ve sıcaklık yaklaşık -78°C 'ye düşene kadar donmaz. Bununla birlikte, kılcal su donduktan sonra, hala sıvı jel sudan daha düşük bir termodinamik enerjiye sahiptir, bu nedenle kılcal suyu takviye etme eğilimi gösterir, böylece bozulmayı artırır. İç basınç veren basınç ozmotik basınç ile de artar. Gözeneklerdeki su saf değildir, ancak kalsiyum hidroksit ve diğer alkalilerden oluşan bir çözeltilidir. İç basıncın büyüklüğü; kılcal gözenekliliğe bağlıdır. Bu basıncın azaltılması aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Malzeme geçirimsizliği
- Buzun oluşma hızı
- Buz oluşum noktasından kaçış sınırına olan mesafe

Çimento pastası veya betonun kapiler boşluğu nedeniyle don atağına olan hassasiyeti, su/çimento oranının azaltılması ve hidrasyonun düzgün şekilde kürlenme yapılarak sağlanması sayesinde ancak kontrol altına alınabilir. Hava sürükleyici kullanılarak üretilmiş bir betonun su/çimento oranı - çevrim sayısı etkileşimi şekilde gösterilmiştir. Don etkisine

duyarlı belirli agregalar vardır, dayanıklı bir beton elde edilecekse kullanımlarından kaçınılmalıdır. Donma-çözülme etkisine karşı hassas olan agregalar bazı kireçtaşları ile gözenekli kum taşlarını içerir. Bunlar genellikle yüksek su emme özelliğine sahiptirler. Ancak diğer yüksek su emme özelliği olan kayalar donma-çözülme etkisine duyarlı değildir. Yaklaşık 4 ila 5 mikrometrelik gözeneklerin kritik olduğu bulunmuştur, çünkü bunlar suyun girmesine izin verecek kadar büyük, ancak hasar veren iç basıncın dağılmasına izin verecek kadar büyük değildir. Agreganın boyutu da bir faktördür, daha küçük parçacıklar daha az bozulmaya neden olur, çünkü agreganın yüzeyindeki bir kaçış sınırına ortalama mesafe daha azdır.

Tekrarlı çevrimlerle yapılan çalışmalardan bazıları ve bunlara ilişkin çalışma sonuçları şu şekilde sıralanabilir: Guo ve diğ., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, sülfat hızlandırıcı erozyon altında betonun kurutma-ıslatma döngüsü test yöntemini keşfetmek için kuru-ıslak zaman oranının beton sülfat erozyonu üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bir döngü için 7 gün koşulu altında, beş farklı kuru-ıslak zaman oranı tasarlanmıştır: 1: 3, 1: 1, 3: 1, 5: 1 ve 10: 1. Betonun basınç dayanımı, yarıma çekme dayanımı ve dinamik elastik modülü gibi temel özellikler test edilmiştir. Erozyondan önce ve sonra betonun mikro yapısını analiz etmek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Test sonuçları, sülfat kurutma-ıslatma döngüsü erozyonu ortamında betonun mekanik özelliklerindeki değişimin üç aşamaya ayrıldığını göstermektedir: yükselen dönem, dalgalanma süresi ve hızlı inen dönem. Beton, ilk hasarın periyodik hasar işlemine tabi tutulur, ardından sırayla sıkıştırma sıkıştırma, çatlama, daha fazla doldurma ve tekrar çatlama gerçekleşir. Kuru - ıslak oranının beton sülfat saldırısı üzerinde önemli bir etkisi vardır. Aynı kurutma-ıslatma döngüsü periyodu altında, kuru-ıslak oran arttıkça, betonun sülfat saldırısı ile bozulma derecesi önce artar ve sonra azalır. Kuru-ıslak oran 5: 1 olduğunda, bozulma en etkilidir.

Abualgasem ve diğ. (2015) tarafından sülfat saldırısı nedeniyle betonun bozulmasına ilişkin kontroller üzerine yapılan bir çalışmada; portland çimentosu CEM-I ile yapılan harçlar (50 mm küpler ve 40 × 40 × 160 mm prizmalar) ve % 90 CEM-I + % 10 kireçtaşı harmanlanmıştır. Üretilen numuneler, 5 ° C'de 18 ay süreyle ıslatma ve kurutma döngüleri altında magnezyum sülfat ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) içerikli BREDS4 sülfat çözeltisine maruz bırakılmışlardır. Bu döngülerin taumasit oluşumu üzerindeki etkisi incelenmiş ve aynı çözeltilere sürekli olarak daldırılmış numunelerle karşılaştırılmıştır. Harçların bozulmasını

değerlendirmek için görsel gözlemler, kütle ve uzunluk değişiklikleri ile birlikte bozulma ürünlerinin mineralojisini belirlemek için kullanılan X-ışını kırınımı ve kızılötesi spektroskopisi kullanılmıştır. 5 ° C'de, ıslatma ve kurutma döngülerinin, kontrol örneklerine kıyasla taumasit oluşumunu önemli ölçüde geciktirdiği bulunmuştur.

Hewaydeve diğ. (2020) tarafından yapılan bir araştırmada, doğal kaba agreganın yerine magnezyum ve sodyum sülfat saldırılarına karşı çeşitli seviyelerde geri dönüştürülmüş agregaya sahip beton karışımlarının direnci araştırılmıştır. % 0, % 25, % 50, % 75 ve % 100 geri dönüştürülmüş agregaya ile yapılan beş karışım kısmen % 2.5, % 4.5 ve % 6.5 konsantrasyonlara sahip magnezyum ve sodyum sülfat çözeltilerine konulmuştur ve 10 hafta boyunca ıslanma - kuruma döngülerine tabi tutulmuştur. Sülfat çözeltilerinin saldırısı ve kurutma-ıslatma döngülerinin etkisi nedeniyle beton örneklerin kütle kayıpları haftalık olarak kaydedilmiştir. Sonuçlar, geri dönüştürülmüş agreganın dahil edilmesinin, betonun 7 ve 28 günlük yaşlarda basınç dayanımını azalttığı belirtilmiştir. Basınç mukavemetindeki azalma, değiştirme yüzdesi % 50'yi aştığında daha yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Geri dönüştürülmüş agregaya seviyesi arttıkça beton numunelerinin kütle kayıpları artmıştır. % 100 geri dönüştürülmüş agregaya sahip beton numunelerinin kütle kayıpları % 2.5, % 4.5 ve % 6.5 konsantrasyonlardaki magnezyum sülfat çözeltilerine 10 haftalık kısmi bekletme nedeniyle % 0 geri dönüştürülmüş agregaya sahip beton örneklerinin kütle kayıplarının yaklaşık iki katı olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlarda ayrıca basınç dayanımındaki azalmanın 0.937 R değerinin doğrusal bir denklemini takiben kütle kaybı ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur.

2.3.4. Çimento Harçlarında Termal İletkenlik

Sürdürülebilir yapı tasarımlarının artması, enerji maliyetlerinin çok yükselmesi ve bunun etkilerinin de inşaat sektöründe çok hissediliyor olması bu konu ile ilgili olarak çalışmaların artmasına sebebiyet vermiştir.

Serina ve diğ.(2016) tarafından yapılan bir çalışmada; ultra yüksek performanslı beton (UHPC) üretimi için formüle edilmiş arojel katkılı harç (AIM) numunelerinin depolanması ve kürlenmesi sırasında yüksek sıcaklığın etkisi araştırılmıştır. Optimize edilmiş depolama ve priz koşulları altında uygun termal ve mekanik özelliklere sahip AIM numuneleri üretmek için toplam hacminin% 60'ı kadar etkili bir arojel katkısının mümkün olduğu bulunmuştur. Yaklaşık 19 MPa'a kadar basınç mukavemetine sahip AIM numuneleri elde edilmiştir ve bu

basınca karşılık gelen termal iletkenlik 0.4 W/(m.K) olarak ölçülmüştür. Daha fazla yalıtım betonu için hacimce % 70 aerjel gerekliliği tespit edilmiştir ve termal iletkenliği 0.1 W/mK kadar düşük olan AIM numuneleri dökülmüştür. Genel olarak, 0.1 ila 0.2 W/mK arasında termal iletkenlik istendiğinde 5 MPa'ya kadar mukavemete sahip AIM numuneleri elde edilebildiği ifade edilmiştir.

Hanif ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada; hem mükemmel mekanik hem de termal yalıtım özelliklerine sahip ultra hafif çimentolu bir kompozitin geliştirilmesini hedeflenmiştir. Uçucu kül (FAC) ve silikadan yapılan nanoyapılı yüksek gözenekli bir malzeme olan aerjel, hafif agrega olarak kullanılmıştır. Çimentolu kompozitin mekanik davranışını geliştirmek için polivinil alkol fiberleri kullanılmıştır. Deney sonuçları, elde edilen kompozitlerin geleneksel hafif malzemelere kıyasla daha yüksek mukavemet (18 kPa) gösterdiğini ortaya koymuştur. FAC ve aerjel miktarına bağlı olarak, çimentolu kompozitin basınç ve eğilme mukavemetleri sırasıyla 23.54-18.63 MPa ve 4.94-3.666 MPa olarak bulunurken, ısıl iletkenlik 0.3197 W/mK'ye düşürülmüştür. Ayrıca, FAC / aerjel modifiyeli çimentolu kompozitin hidrasyon ürünleri ve mikroyapıları, SEM- (EDS) ile araştırılmıştır. Prizini alan matrisin termal kararlılığı termo-gravimetrik analizler kullanılarak incelenmiş ve kompozitlerin yüksek bir sıcaklık aralığında oldukça kararlı olduğu ortaya çıkarılmıştır. Ağırlık kaybı artan aerjel içeriğine göre değişmektedir. Sonuç olarak, hem FAC'nin hem de aerjelin mekanik üretim için mükemmel malzemeler olduğu ifade edilmiştir.

Maria de Fátima ve diğ.(2016) tarafından yapılan bir çalışmada; hafif agregaların çimentolu aerjel bazlı sıvaların higrotermal ve mekanik performansı üzerindeki rolü açıklanmıştır. Hafif agregalar, 1: 4'lük bir bağlayıcı: agrega hacim oranı ile tamamen silis kumu yerine katılmıştır. Çimento-uçucu kül (ağırlıkça % 50) bağlayıcı, hacimce % 60 subkritik silika esaslı aerjel, hacimce% 20 granül geliştirilmiş mantar, hacimce% 15 genişmiş kil ve hacimce % 5 perlit kullanılarak, düşük birim ağırlıklı (652 kg/m^3), termal iletkenliği 0.084 W/mK olan, kabul edilebilir mekanik mukavemet ve iyi deformasyon kapasitesi sağlayan termal renderler üretilmiştir. Bu renderörlerin özelliklerinin agregaların moleküler ve gözenek yapısı ile korelasyonunun, genel performanslarını iyileştirmek için son derece yararlı olduğu kanıtlanmıştır.

Gao ve diğ. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; silika aerjel partiküllerini beton matrisine dahil edilerek, düşük yoğunluklu ve ısı yalıtımlı bir beton malzeme hazırlanmıştır.

Aerojel katkılı beton, çalışmada (AIC) terimi ile ifade edilmektedir. AIC, 1.0 g/cm^3 yoğunluğa, yaklaşık 0.26 W/mK ısı iletkenliğe ve %60 aerojel içeriğinde yaklaşık 8.3 MPa basınç dayanımına sahiptir. Ayrıca, AIC'nin yoğunluğu, termal iletkenliği ve mekanik özellikleri aerojel içeriği değiştirilerek kontrol edilir. Taramalı elektron mikroskobu gözlemleri, çimentolu malzemelerin hidrasyonu sırasında aerojel parçacıklarının stabil olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Gomes ve diğ. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada; 17 adet harç karışımı üzerinde termal iletkenlik-nem etkisi arasındaki ilişki deneysel olarak araştırılmıştır. Sonuçlar, termal iletkenliğin nem içeriğine önemli ölçüde bağlı olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, bina standartlarının çoğu normalleştirilmiş koşullar için sabit iletkenlik değerleri kullanır. Bu nedenle, termal harçların termal iletkenliği üzerindeki ilgili etki faktörlerinin tartışılması, tasarımcıların ve profesyonellerin, gerçek maruz kalma koşullarına maruz kaldıklarında, hizmet içi bina cephelerinin termal harçlarla higrotermal performansını değerlendirmelerine yardımcı olabilir.

Serina ve diğ. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada; hacimce % 50 aerojel içeriğinde AIM (aerojel katkılı harç) örneği 20 MPa basınç dayanımına ve 0.55 W/mK termal iletkenliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. Aerojel içeriği hacimce % 70'e yükseltildiğinde bu dayanımda neredeyse 4 - 5.8 MPa 'lık bir kayıp yaşanmıştır ve termal iletkenlikte ise % 20'lik bir iyileşme elde edildiği tespit edilmiştir.

Bostancı, 2020 tarafından yapılan bir çalışmada; kumun belli bir kısmı yerine (ağırlıkça % 0, % 10 ve % 15) petrokok içeren ve çimento katkısı olarak çimento ağırlığının % 0.35, % 0.7 ve % 1.0'i oranlarında silika aerojel ilavesi kullanılarak hazırlanmış karışımların mekanik, por yapısı, termal iletkenlik özellikleri ve mikroyapı özelliklerini karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Sonuçlar, daha yüksek basınç, eğilme mukavemetleri ve tokluk kapasiteleri ile % 0.35'lik aerojel içeriğinin kullanılmasıyla, % 21.83'lük bir termal iletkenlik azalmasının belirlendiğini ifade edilmiştir. Ayrıca, petrokok içeren numunelerde % 15 ikame seviyesinde % 33'e kadar yalıtım artışı olduğu da belirtilmiştir. Bununla birlikte, eşdeğer termal iletkenlik durumunda, aerojel katkılı karışımların tokluk ve pik sonrası tokluk kapasiteleri, petrokok katkılı karışımlara kıyasla sırasıyla % 20 ve % 17'ye varan oranlarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Araştırma, silika aerojel tozu ve petrol koku içeren hibrit çimento harçlarının

tasarımında mekanik-ısı yalıtım özelliklerinin optimizasyonu ile yeni bir bakış açısı sunması açısından da önemlidir.

Bostancı, 2020, tarafından yapılan bir çalışmada; eşsiz yalıtım özellikleri nedeniyle silika aerogelin, çimento teknolojisinde diğer geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla çekici bir akıllı malzeme olduğunu ifade edilmiştir. Bununla birlikte, silika aerogelin yüksek üretim maliyeti, inşaat endüstrisindeki uygulamasını sınırladığı da belirtilmektedir. Çalışmada, alkali aktif cüruf (AAS) harçlarına silika aerogel (bağlayıcı ağırlığının % 0, % 0.3 ve % 0.6 oranlarında) ve atık kauçuğu (bağlayıcı ağırlığının % 0, % 1.5 ve % 3.0 oranlarında) ilavesinin kombine etkisi araştırılmıştır. Karışımlara az miktarda silika aerogel ve atık kauçuk eklenmesi, geliştirilmiş ısı yalıtımı ile mekanik özelliklerde azalmaları en aza indirmek amacıyla analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar, % 0.3 aerogel içerik oranında % 3.0 hurda kauçuk ilavesi durumunda, % 33'e kadar ısı yalıtımı açısından dikkate değer bir sinerjistik etkinin gözlenebileceğini gösterilmiştir.

2.3.5. Çimento Harçlarında Porozite – Termal İletkenlik İlişkisi

Çimento hamuru içine katılan silika aerogelin geçirim gözenekliliğini arttırdığını gösterilmiştir Khamidi ve diğ (2014). Geçirim gözenekliliğindeki artış, çimento referans hamuru ile karşılaştırıldığında; silika aerogelinin daha düşük geçirim gözenekliliğinden kaynaklanmaktadır. Ölçülen en yüksek geçirim gözenekliliği % 25.6' dir. Bu sonuç en yüksek silika aerogel içeriğine sahip M20 örneğinden elde edilmiştir.

Hanif ve diğ. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada (civa porozimetresi) MIP sonuçları şu şekilde açıklanmıştır: Üretilen kompozit numunelerin (harç) gözeneklilik içeriğinin referans numunede en az olduğu tespit edilmiştir. Aerogel içeriğinin artmasıyla gözenekliliğin arttığı bulunmuştur. Aerogel parçacıklarının açık (şeffaf) boşluklu yapılı içeriği ile porozite arasında doğrudan bir işbirliği olduğu ortaya koyulmuştur. Aerogel içeriğinin % 4 - 5 olduğu durumlarda porozitede bir artış mevcut olmakla birlikte bu artış çok yüksek değildir ve bunun parçacıkların bir araya toplanmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bu porların aerogel ilavesiyle doğrudan arttığı tespit edilmesine rağmen bunların genellikle birbirleriyle bağlantılı olmadığı düşünülmektedir ve bunun porlar arasında bariyer yapan aerogel parçacıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sözü edilen porlar; 2nm'den küçük olan mikro porlar ve 2 - 50nm aralığındaki mezoporlardır.

Bostancı ve Sola, 2018 tarafından yapılan bir çalışmada aerogel katkılı, alkali aktive edilmiş cüruf harçlarının basınç dayanımı, termal iletkenlik katsayısı ve porozimetre özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla % 0.75 ve % 1.0, aerogel katkı oranlarında cüruf harcı karışımları hazırlanmış ve oluşturulan harç karışımları % 0.03 ve % 1.50 dozajlarında lityum karbonat (Li_2CO_3) ile aktive edilmiştir. Harç numuneleri 2, 7 ve 28 gün boyunca suda kür işlemine tabi tutulmuş ve kür süresini tamamlayan numuneler basınç dayanımı testine tabi tutulmuştur. Basınç dayanımı testini takiben 28 günlük numuneler üzerinden MIP porozimetre analizi ve termal iletkenlik katsayısı ölçümü gerçekleştirilmiştir. Karışımlarda değişen aerogel katkı oranı ve Li_2CO_3 dozajının harç numunelerinin jel, kapiler ve makro por dağılımlarında meydana getirdiği değişiklikler ve değişen porozimetrik özelliklerin harcın basınç dayanımları ile termal iletkenlik katsayısı üzerindeki etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir. Deneysel çalışmalar kapsamında alkali aktive edilmiş cüruf harçlarında optimum % 0,75 aerogel katkı oranı ve % 0.03 Li_2CO_3 aktivasyonu ile 34.1 MPa basınç dayanımı ve 1.32 W/mK termal iletkenlik katsayısına ulaşılmıştır. Aerogel katkı oranı 2 günlük dayanımlarda maksimum %5 dayanım kaybına sebep olurken 7 ve 28 günlük dayanımlarda aerogel katkısı ile kısmi dayanım artışı sağlanmaktadır. Çalışmada poroziteye ait sonuçlar aşağıdaki şekilde belirtilmiştir; Toplam porozite yüzdeleri neredeyse eşit olan numunelerde termal iletkenlik katsayıları arasındaki farklılıklar, maksimum kapiler pore çapları kontrolünde değişmektedir. M2 numunesinde olduğu gibi maksimum kapiler por çapı büyük olan numunenin termal iletkenlik katsayısı daha düşüktür. Jel boşlukları ve termal iletkenlik katsayısı arasındaki ilişki, maksimum kapiler por çapları arasındaki ilişki ile paralellik göstermiştir. Termal iletkenlik katsayısı değeri en düşük olan M2, M4 ve M5 numaralı numunelerin basınç dayanımları birbirine çok yakın olup sırasıyla 32.2 MPa, 34.1 MPa ve 31.5 MPa'dır. Ancak, basınç dayanımları arasında nispi farklılıklar olmasına rağmen M2 kapiler, diğerleri ise makro boşluklara sahiptir.

Bostancı ve diğ., (2018) tarafından yapılan bir çalışmada farklı kür koşulları altındaki atık lastik katkılı harçların mekanik, termal ve porozite özellikleri deneysel olarak incelenmiştir. Bu amaçla % 0, % 1, % 5, % 10 ve % 18 atık lastik katkı oranları ilavesiyle çimento harçları hazırlanmış ve oluşturulan harçlar 14 hafta boyunca ıslanma - kuruma etkisi, MgSO_4 etkisi ve suda kürlenme koşullarına tabi tutulmuştur. Kürlenmiş numunelerin mekanik dayanımları ölçüldükten sonra porozimetre analizi ve termal iletkenlik katsayısı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Farklı kür ortamlarının; artan atık lastik katkısına bağlı olarak harçların

jel, kapiler ve makro por dağılımları ve çapları üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Farklı kür koşullarından kaynaklanan porozimetrik değerlerin termal iletkenlik katsayısı ve mekanik dayanımlar üzerindeki etkisi detaylı olarak analiz edilmiştir. En düşük termal iletkenlik değerleri suda ve ıslanma - kuruma kürlenme ile % 18 katkılı numunelerden 1.09 ve 1.14 W/mK olarak elde edilmiştir. Mekanik dayanım sonuçlarında ise basınç dayanımı olarak katkısız numuneden ıslanma - kuruma kürlenmesinden 61.5 MPa en yüksek sonuç olarak elde edilirken; eğilmede çekme dayanımları için ise ıslanma - kuruma kür koşullarında kürlenmiş katkısız ve % 1 katkılı numunelerden sırasıyla 8.91 ve 8.27 MPa olarak tespit edilmiştir. Çalışmaya ait MIP cihaz analiz sonuçları irdelendiğinde şu sonuçlar ortaya çıkmıştır; ıslanma kuruma etkisi altında harç por yapısında artan katkı oranına bağlı olarak jel por oluşumu azalmaktadır. MgSO₄ kürlenme için % 0 - 5 katkı oranı aralığında artan katkı oranına bağlı olarak jel por oluşumu giderek azalmakta ve devamındaki katkı oranı artışından etkilenmemektedir. Farklı kür koşulları altında harç por yapısında en yüksek kapiler por ve en düşük makro por miktarı % 1 atık lastik katkı oranında gözlemlenmektedir. Bu sebeple % 0 -18 katkı oranı çalışma aralığında suda kürlenme ve MgSO₄ kürlenmesi için % 1 atık lastik katkı oranında termal iletkenlik katsayısı en yüksek değerine ulaşmaktadır. Yapılan bu çalışmada; atık lastik katkı oranının % 18 olarak kullanılması ile; termal iletkenlik değerinde kendi kür koşullarındaki kontrol numunesine kıyasla çok önemli bir etki tespit edilmiştir. Bu etki MgSO₄ kürlenme için % 33.5, suda kürlenme için % 34.3 ve ıslanma - kuruma kürlenmesi için % 47.2 düşüş oranları olarak tespit edilmiştir.

Bostancı ve diğ., 2018 tarafından yapılan bir diğer çalışmada, ıslanma - kuruma, magnezyum sülfat ve suda kürlenmiş arojel katkılı harçların termal, porozite ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. En yüksek basınç dayanımı % 0.5 arojel katkılı ve ıslanma - kuruma ve MgSO₄ koşullarına maruz bırakılan numunelerden basınç dayanımları 60.8 MPa ve 44.3 MPa olarak elde edilmiştir. Çalışmada porlara ait elde edilen sonuçlara ilişkin yorumlar ise şu şekildedir. ıslanma - kuruma kür grubunda 0.7 arojel katkı oranında diğer katkı oranlarından farklı olarak yüksek seviyede jel por oluşumu gözlemlenmiştir. Yüksek düzeydeki jel por oluşumu etkisiyle kür grubunun minimum seviyesine inen en düşük toplam porozite değeri (% 12.17) ve en düşük ortalama hacimsel por çapı (47 nm) vasıtasıyla kür grubunun en yüksek basınç dayanımı (60.6 MPa) tespit edilebilmiştir. Suda kürlenme grubunda ise jel por oluşumunun en yüksek seviyede olduğu numuneden kür grubunun en yüksek basınç dayanımı 57 MPa tespit edilebilmiştir. Suda kürlenmiş numune grubunda maksimum kapiler por (% 85)

oluşumunun gözlemlendiği % 0.5 arojel katkıli numunede oluşan en düşük toplam porozite değeri (% 2.4) ve en yüksek termal iletkenlik katsayısı (2.13 W/mK) tespit edilmiştir. Bu kür grubu içerisinde % 0.5 ve % 0.7 arojel katkıli numunelerde mekanik dayanımları benzer olmasına karşılık kapiler por oluşum miktarları termal iletkenlik katsayısı üzerinde belirleyici rol üstlenmiştir. Islanma - kuruma etkisi altında kürlenene numune grubunda minimum kapiler por oluşumu %0,7 arojel katkıli numunede tespit edilmiştir. Bu numunede gözlemlenen kür grubunun en düşük toplam porozite değeri (% 12.17) ve en düşük hacimsel ortalama por çapı (47.2 nm) vasıtasıyla maksimum eğilme dayanımına (7.5 MPa) ve yüksek basınç dayanımına (60.6 MPa) ulaşılmıştır. MgSO₄ etkisi altında kür işleme gerçekleştirilen arojel katkıli harç numunelerinde artan arojel katkısına bağlı olarak hacimce kapiler por oluşumu sınırlı değişim aralığında gelişmekte olup bu sebeple hacimsel ortalama por çap değişimleri ve basınç dayanımları değişimi katkı oranı artışına karşı hassas değildir. Tüm kür ortamlarında numunelerin kendi kür ortamlarında en yüksek hacimsel ortalama por çapları ile hacimce makro por oluşumu en yüksek olan numunelerde yüksek korelasyon mevcuttur. Suda kür ortamında 10000 nm ve üzerindeki çap dağılımları incelendiğinde en yüksek kümülatif por hacim davranışını sergileyen % 0.3 ve % 0.7 arojel katkıli numuneler ilgili kür ortamının en düşük termal iletkenlik katsayısına (1.56 W/mK) ve (1.70 W/mK) sahiptirler. |

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. KULLANILAN MALZEMELER

Deneyleerde kullanılmak üzere üretilen harç numuneleri TS EN 197-1 (2012) standardına göre Rilem standart kumu, çimento ve su içermektedir. Harçlarda mineral katkı malzemesi olarak uçucu kül ve silis dumanı kullanılmıştır. Harç numunelerinin termal iletkenlik davranışını izleyebilmek amacıyla hidrofilik silika bazlı aerjel ilave edilmiştir. Mineral katkı ile harç aktivasyonunun sağlanabilmesi için de Li_2CO_3 kullanılmıştır.

3.1.1. Portland Çimentosu

Deneysel çalışmalar sürecinde TS EN 197-1 (2012) standardına uygun olarak üretilmiş Limak Çimento Yenibosna Tesisleri'nde üretilen CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu kullanılmıştır. Tablo 3.1'de deneyleerde kullanılan çimentonun kimyasal bileşimi, Tablo 3.2'de ise bazı fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.1: CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu kimyasal bileşimi.

Bileşenler	Ağırlıkça (%)
SiO_2	19.19
Al_2O_3	4.71
Fe_2O_3	3.03
CaO	62.31
MgO	2.41
SO_3	2.98
K_2O	0.66
Na_2O	0.19
Cl ⁻	0.0095
Kızdırma kaybı	3.65
Çözünmeyen kalıntı	0.33
Toplam alkali	0.53
C_3A	7.29

Bu çalışmada toplam 15 adet karışım oranı kullanılmıştır. Bu karışımlarda çimento oranı % 0 - 50 arasında değişmektedir. Kullanılan çimentonun TS EN 197-1 (2012) uyarınca kapsadığı basınç dayanım değerleri (MPa);

2 günlük > 10.0

28 günlük > 42.5 ve < 62.5

Priz başlangıç süresi (dk.) > 60 olarak verilmiştir.

Tablo 3.2: CEM I 42.5 R tipi Portland çimentosu bazı fiziksel özellikleri.

Priz Süresi (dk.)		Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Özgül Yüzey Alanı (cm ² /g)
Başlangıç	Bitiş		
141	198	3.03	3755

3.1.2. Uçucu Kül

Deneysel çalışmaların tamamında Yumurtalık İlçesi Sugözü Köyü termik santralinden temin edilen uçucu kül kullanılmıştır. ASTM C-618 (2019) standardına göre F sınıfı uçucu kül olarak sınıflandırılmıştır. Kullanılan uçucu külün kimyasal özellikleri Tablo 3.3' de sunulmuştur.

Tablo 3.3: Uçucu külün kimyasal özellikleri.

Bileşenler	(% Ağırlıkça)
SiO ₂	54.60
Al ₂ O ₃	23.80
Fe ₂ O ₃	5.45
CaO	7.66
MgO	2.60
SO ₃	0.22
K ₂ O	0.97
Na ₂ O	0.47
Cl ⁻	0.002
Kızdırma kaybı	3.40
Özgül ağırlık (g/cm ³)	2.27
Özgül yüzey alanı (cm ² /g)	2870

3.1.3. Silis Dumanı

Antalya-Etibank Ferrokrom Tesisi yan ürünü olarak elde edilen silis dumanı deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Özgül ağırlığı 2.29 kg/m^3 olan silis dumanına ait kimyasal özellikler Tablo 3.4'te sunulmuştur.

Tablo 3.4: Silis dumanının kimyasal özellikleri.

Bileşenler	(% Ağırlıkça)
SiO ₂	87.63
Al ₂ O ₃	0.72
Fe ₂ O ₃	0.29
CaO	0.75
MgO	3.95
SO ₃	0.60
K ₂ O	-
Na ₂ O	-
Cl ⁻	-
Kızdırma kaybı	2.59

3.1.4. Kum

Bu çalışmada Limak Çimento Yenibosna Tesisleri'nden temin edilen TS EN 197-1 (2012) standartına uygun Rilem kumu kullanılmıştır. Deneysel çalışmalarda kullanılan kumun elek analizi sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Rilem kumu elek analizi.

Elek açıklığı (mm)	Elek üzeri (%)
0,08	98 ± 2
0,16	87 ± 2
0,5	67 ± 2
1,0	33 ± 2
1,6	9 ± 2
2,0	0

3.1.5. Aerojel

Tez çalışmasında kullanılan silika bazlı aerojel, karışımlara % 0.25 ve 0.50 oranlarında katılmıştır. Malzeme, Alison Aerojel Hong Kong firmasından satın alma yoluyla temin edilmiştir. Firma, tarafımızdan talep edilen özellikler doğrultusunda malzemeyi üretmiştir. Aerojelerle ait özellikler Tablo 3.6' da sunulmuştur.

Tablo 3.6: Deneylerde kullanılan aerojelin özellikleri.

Özellik	Değer Aralığı
Yüzey alanı (m ² /g)	750-850
Gözenek çapı (nm)	8-10
Porozite (%)	> 95
Görünür Yoğunluk (kg/m ³)	90-100
Yüzey grupları	OH ⁻

3.1.6. Lityum Karbonat

DeneySEL çalışmalarda aktivatör olarak birim ağırlığı 0.85 - 0.90 g/cm³ ve kimyasal bileşimi minimum % 99 olan lityum karbonat (Li₂CO₃) kullanılmıştır. Kontrol ve silis dumanlı karışımlar hariç deneySEL programın tamamında lityum karbonat (Li₂CO₃), % 0.07 sabit oranında kullanılmıştır. Bu ürün Sorel Sanayi Ürünleri Tic. Ltd. Şti.'den satın alma yoluyla temin edilmiştir.

3.2. KULLANILAN KARIŞIM ORANLARI VE HARÇ ÜRETİMİ

Bu çalışma kapsamında; kum hariç tutularak üretilen çimento pastalarının priz süreleri, alkali ile aktive edilmiş ve edilmemiş, normal ve durabil kür ortamlarında kürlenmiş harçlardaki basınç dayanımı, eğilme dayanımı, termal iletkenlik ve porozite özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla 15 farklı bileşime sahip karışım oranları hazırlanmıştır.

3.2.1. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Çimento Pastalarında Kullanılan Karışım Oranları

DeneySEL programın yürütülmesi aşamasında öncelikle priz deneylerini gerçekleştirmek amacıyla çimento pastaları için karışım oranları belirlenmiştir. Çimento bileşenlerine ait karışım oranları Tablo 3.7'de % ağırlıkça, Tablo 3.8'de gram cinsinden sunulmuştur.

Tablo 3.7: Çimento pasta bileşenlerine ait karışım oranları (% ağırlıkça).

Karışım	Aerojel	Li ₂ CO ₃	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Çimento	Su (% hac.)
1	-	-	-	-	100	30.6
2	-	-	-	10	90	31.6
3	-	0.07	30	-	70	31.6
4	-	0.07	40	-	60	31.6
5	-	0.07	50	-	50	32.0
6	0.25	-	-	-	100	32.2
7	0.25	-	-	10	90	31.0
8	0.25	0.07	30	-	70	32.0
9	0.25	0.07	40	-	60	32.2
10	0.25	0.07	50	-	50	32.6
11	0.50	-	-	-	100	33.4
12	0.50	-	-	10	90	32.0
13	0.50	0.07	30	-	70	32.6
14	0.50	0.07	40	-	60	33.0
15	0.50	0.07	50	-	50	33.4

Tablo 3.8: Çimento pasta bileşenleri ve su için kullanılan miktarlar (g).

Karışım	Aerojel	Li ₂ CO ₃	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Çimento	Su (ml)
1	-	-	-	-	500	153
2	-	-	-	50	450	158
3	-	0.35	150	-	350	158
4	-	0.35	200	-	300	158
5	-	0.35	250	-	250	160
6	1.25	-	-	-	500	161
7	1.25	-	-	50	450	155
8	1.25	0.35	150	-	350	160
9	1.25	0.35	200	-	300	161
10	1.25	0.35	250	-	250	163
11	2.50	-	-	-	500	167
12	2.50	-	-	50	450	160
13	2.50	0.35	150	-	350	163
14	2.50	0.35	200	-	300	165
15	2.50	0.35	250	-	250	167

3.2.2. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Harçlarda Kullanılan Karışım Oranları

Çimento harç üretimi için gereken karışım oranları Tablo 3.9’da, karışım miktarları ise Tablo 3.10’da verilmiştir. Harç üretimleri TS EN 197-1 (2012) standardına göre 4x4x16 cm numune boyutlarında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.9: Çimento harçlarına ait karışım oranları (% ağırlıkça).

Karışım	Aerojel	Li ₂ CO ₃	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Çimento	Su (% hac.)
1	-	-	-	-	100	50
2	-	-	-	10	90	50
3	-	0.07	30	-	70	50
4	-	0.07	40	-	60	50
5	-	0.07	50	-	50	50
6	0.25	-	-	-	100	50
7	0.25	-	-	10	90	50
8	0.25	0.07	30	-	70	50
9	0.25	0.07	40	-	60	50
10	0.25	0.07	50	-	50	50
11	0.50	-	-	-	100	50
12	0.50	-	-	10	90	50
13	0.50	0.07	30	-	70	50
14	0.50	0.07	40	-	60	50
15	0.50	0.07	50	-	50	50

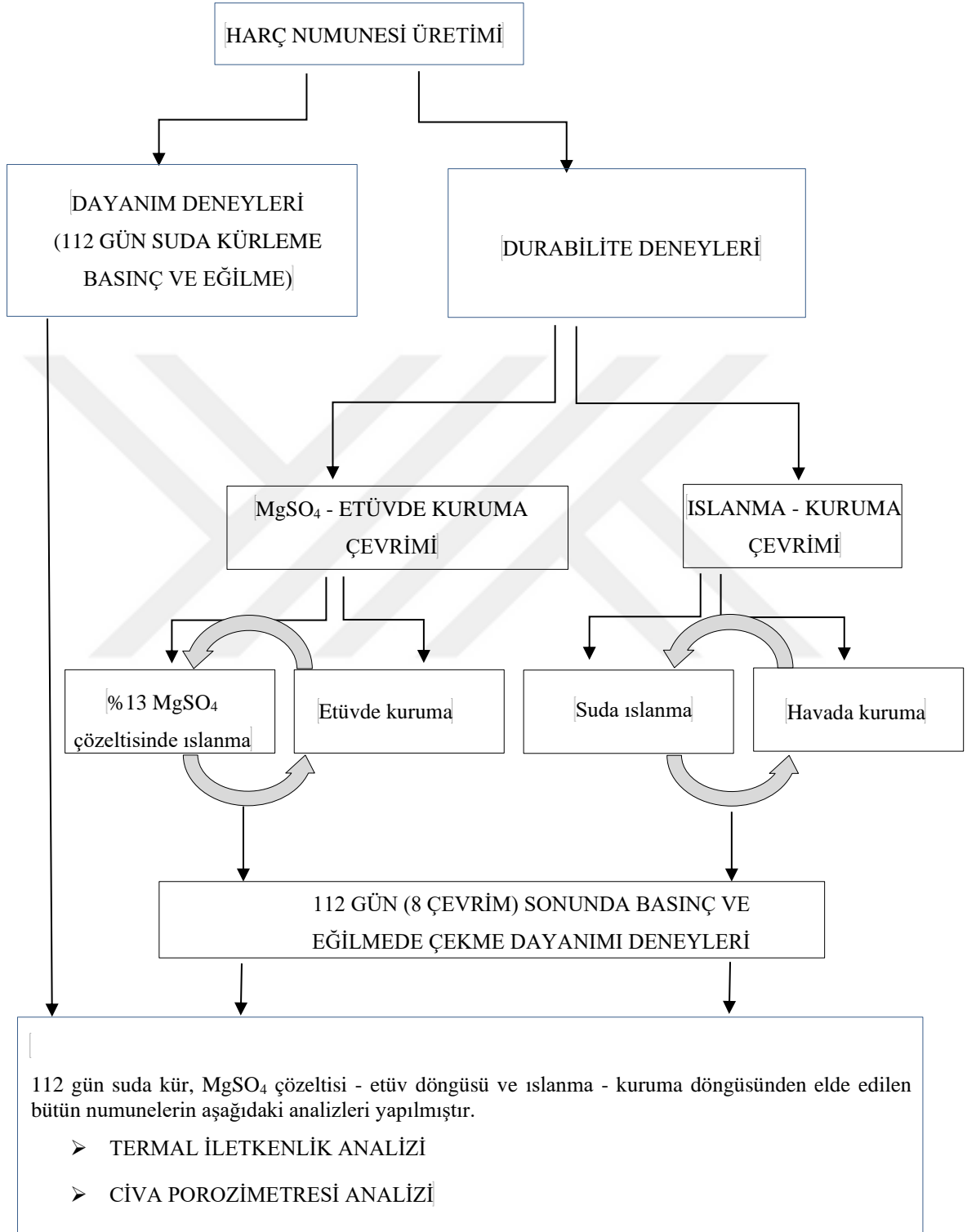
Tablo 3.10: Çimento harçlarına ait karışım miktarları (g).

Karışım	Aerojel	Li ₂ CO ₃	Uçucu Kül	Silis Dumanı	Çimento	Kum	Su (ml)
1	-	-	-	-	450	1350	225
2	-	-	-	45	405	1350	225
3	-	0.32	135	-	315	1350	225
4	-	0.32	180	-	270	1350	225
5	-	0.32	225	-	225	1350	225
6	1.13	-	-	-	450	1350	225
7	1.13	-	-	45	405	1350	225
8	1.13	0.32	135	-	315	1350	225
9	1.13	0.32	180	-	270	1350	225
10	1.13	0.32	225	-	225	1350	225
11	2.25	-	-	-	450	1350	225
12	2.25	-	-	45	405	1350	225
13	2.25	0.32	135	-	315	1350	225
14	2.25	0.32	180	-	270	1350	225
15	2.25	0.32	225	-	225	1350	225

3.2.3. Uçucu Kül ve Silis Dumanı İlaveli Harç Üretimi

Basınç dayanımı, eğilme dayanımı, termal iletkenlik ve porozite deneylerinde kullanılmak üzere TS EN 197-1 (2012) standardına uygun olarak 15 farklı karışım oranında harç numuneleri üretilmiştir. Harçların termal iletkenlik katsayılarındaki değişimleri izlemek için harçlara % 0.25 ve 0.50 oranlarında silika aerojel ilave edilmiştir. Harçlarda alkali aktivasyonunun gerçekleşmesi için kullanılan lityum karbonat (Li_2CO_3) % 0.07 sabit oranında kullanılmıştır ve sadece uçucu kül içeren harçlara katılmıştır. Silis dumanının % 10 oranında harçlara ilave edilmesi nedeniyle bu harçlara aktivatör eklenmesine gerek görülmemiştir. Mineral katkı malzemesi olarak kullanılan uçucu kül, % 30, 40 ve 50 oranlarında harçlara ilave edilmiştir. Kullanılan diğer mineral katkı malzemesi olan silis dumanı ise % 10 sabit oranında harçlara katılmıştır. Kullanılan çimento bileşenlerinin toplamı 450 g'dır. Kullanılan harç karma suyu ise 225 ml sabit miktarda tutulmuştur.

3.3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR



Şekil 3.1: Deney programı.

3.3.1. Çimento Hamurunda Priz Süresi Tayini

Limak Çimento Yenibosna Tesisleri'nde bulunan laboratuvardaki Vicat cihazı kullanılarak çimento hamurlarının prize başlama ve sona erme süreleri tespit edilmiştir. Priz deneyleri TS EN 196-3 (2010) standardına uygun olarak yapılmışlardır. Vicat cihazı kullanılarak priz sürelerinin tayin edilebilmesi ve çimento hamurlarının normal kıvamının elde edilebilmesi için gereken su miktarı tespit edilir. Priz süreleri tayin edilirken deney 10 dakikalık aralıklarda tekrar edilir. Cihazın çalışma prensibi; cihazın batma iğnesi ile taban plakasının arasındaki mesafe 4 ± 1 mm oluncaya kadar ki geçen sürenin ilk tespit anının priz başlangıcı, iğnenin 0,05 mm kadar çimento hamuruna batma süresinin priz sonu olarak ölçümüne dayanmaktadır.

3.3.2. Çimento Harçlarında Dayanım Deneyleri

3.3.2.1. Basınç Dayanımı Deneyleri

Üretilen çimento harç numunelerinin kür süreleri 112 gün olarak belirlenmiştir ve bu süre sonunda basınç dayanım testleri yapılmıştır. Testler TS EN 196-1 (2016) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneyler Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarındaki basınç cihazı kullanılarak yapılmıştır. Basınç dayanım cihazının numune ölçümlerinde kullanılan düşey yükleme hızı 2400 ± 100 N/s 'dir.

3.3.2.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deneyleri

Üretilen çimento harç numunelerinin 112 günlük kür sürelerinin dolmasının ardından numuneler 3 noktalı eğilmede çekme dayanımı deneyine tabi tutulmuşlardır. Testler TS EN 196-1 (2016) standardına uygun şekilde yapılmıştır. Deneyler Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Yapı Malzemesi Laboratuvarındaki eğilme cihazı kullanılarak yapılmıştır. Eğilme dayanım cihazının numune ölçümlerinde 50 ± 10 N/s yükleme hızı uygulanmıştır.

3.3.3. Çimento Harçlarında Dayanıklılık Deneyleri

3.3.3.1. $MgSO_4$ Çözeltisi - Etüv Döngüsü Dayanıklılık Deneyleri

Üretilen çimento harç numuneleri dayanıklılık deney planının ilk aşaması olan $MgSO_4$ çözeltisinde kürlenme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bunun için prosedürel olarak ağırlıkça %13 $MgSO_4$ içeren çözelti kullanılmıştır. Deneyler TS EN 1367-2 (2010) standardına uygun olarak

yapılmıştır. Numuneler çözelti içinde bir hafta bekletildikten sonra etüvde 105° C’de bir hafta süreyle tutulmuştur. Bu birer haftalık süreçlerin toplamı bir çevrim olarak kabul edilmiştir ve çevrim sayısı 8 olarak uygulanmıştır.

3.3.3.2. Suda Islanma - Havada Kuruma Döngüsü Dayanıklılık Deneyleri

Islanma - kuruma deneyleri için üretilen harç numuneleri bir hafta suda bekletildikten sonra bir hafta süreyle de laboratuvarında havada kurutulmuştur. Toplamda iki haftalık olan bu süreç bir çevrim olarak kabul edilmiştir ve çevrim sayısı 8 olarak uygulanmıştır.

3.3.4. Civa Porozimetresi Cihazı ile Porozimetre Analizi

Civa porozimetresi cihazı harç numunelerinin por dağılımlarını tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ölçüm yapılırken belli bir basınçta civa gibi reaksiyona girmeyen ve ıslatma niteliği olmayan bir sıvının porlardan geçişi hedeflenir. Por boyutlarının hesaplanması basıncın bir fonksiyonudur. Por analizlerinin tamamı Şekil 3.2’de gösterilen Micromeritics marka cihaz kullanılarak Afyonkarahisar’da bulunan Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde (TUAM) gerçekleştirilmiştir Cihazın teknik özellikleri; düşük basınçta 50 psia, yüksek basınçta 60000 psia ile çalışılır, ayrıca cihaz 3nm - 360 mikro metre aralığındaki iç gözenekleri ölçebilir.



Şekil 3.2: Civa porozimetresi cihazı.

3.3.5. Termal İletkenlik Analizi

Termal iletkenlik cihazı termal iletkenlik katsayısının λ (W/mK) ölçümünde kullanılır. Bu cihaz katı yapıya sahip cisimler için uygundur. Cihazda ölçüm yapılabilmesi için numune boyutunun en kısa boyutunun 3 cm ve pürüzsüz bir yüzeyde olması yeterlidir. Deney cihazı Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Ölçümü yapılacak malzemenin pürüzsüz olan yüzeyi cihaz sensörüne temas ettirilir, numunenin termal iletkenlik geçişinin ölçülmesi ile katsayı tespit edilmesi prensibine dayalı ölçüm yapılır. Termal iletkenlik analizlerinin tamamı Şekil 3.3.'de gösterilen C-Therm/ Tci marka termal iletkenlik cihazı kullanılarak Afyonkarahisar'da bulunan Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (TUAM) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3: Termal iletkenlik cihazı. |

4. BULGULAR

4.1. PRİZ SÜRELERİNE AİT DENEY SONUÇLARI

Deneysel çalışmaların ilk aşaması olan fiziksel deney sonuçlarına ait değerler Tablo 4.1.'de verilmiştir. Çimento hamurlarının üretilmesi ile tespit edilen su ve priz değerleri, kullanılan katkı oranlarına bağlı olarak farklılık göstermiştir.

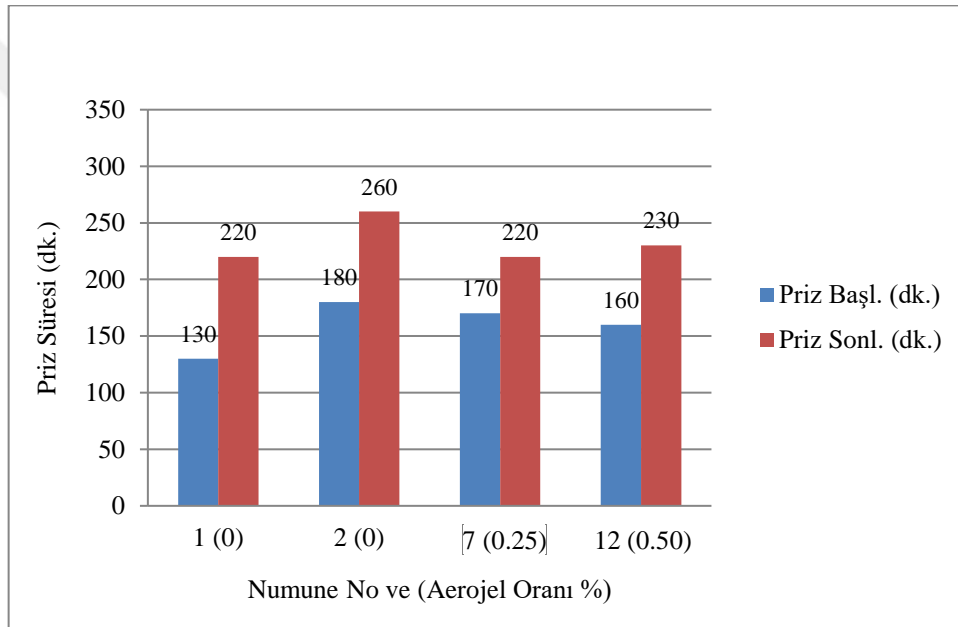
Tablo 4.1: Çimento hamurlarının bazı fiziksel özellikleri.

No	Priz Başlangıç Süresi (dk.)	Priz Sona Erme Süresi (dk.)
1	130	220
2	180	260
3	230	370
4	250	380
5	270	410
6	130	230
7	170	220
8	200	300
9	220	310
10	220	340
11	130	220
12	160	230
13	210	310
14	210	320
15	230	320

Prize en erken başlayan numuneler sırasıyla 1, 6 ve 11 numaralı numunelerdir. Üç numunenin de priz başlangıç süresi 130 dakikadır. Bu numunelerin priz sona erme süreleri ise sırasıyla 220 dk., 230 dk. ve 220 dk.'dır.

Silis dumanı ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı ile priz süreleri arasındaki ilişki Şekil 4.1.'de sunulmuştur. Silis dumanı katkılı 2, 7 ve 12 numaralı numuneler incelendiğinde, aerojel katkı oranının artmasıyla priz başlangıç süreleri sırasıyla 180, 170 ve 160 dk. olarak 10'ar dk. azalmaktadır. Aerojel katkısız 2 numaralı numune ile aerojel katkılı 7 ve 12

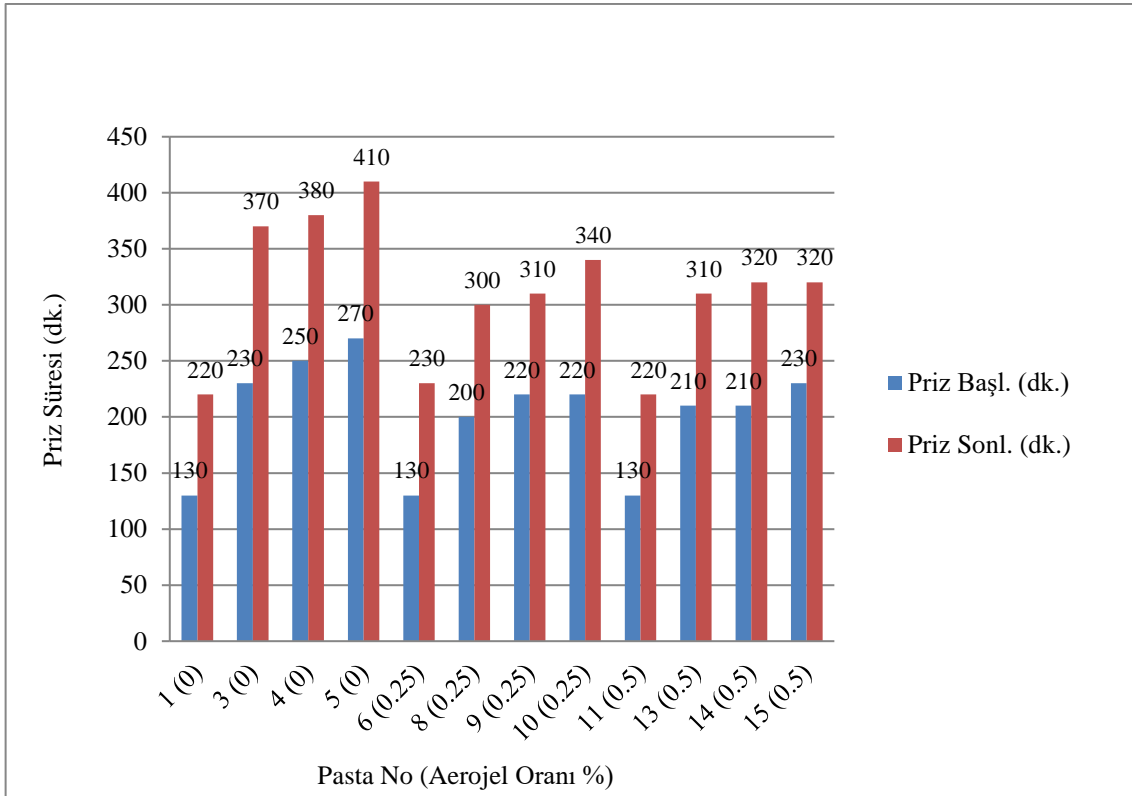
numaralı numunelerin referans numunesine göre prize başlama süreleri sırasıyla 50, 40 ve 30 dakika daha yüksektir. Aynı numunelerin priz sona erme süreleri sırasıyla 260, 220 ve 230 dk.'dır. Aerojel katkılı 7 ve 12 numaralı numunelerden, 12 numaralı numunenin priz sona erme süresi referans numunesinden 10 dk. daha uzundur. 7 numaralı numunenin priz sona erme süresi referans numunesi ile eşittir. Aerojel katkısız silis dumanı ilaveli 2 numaralı numunenin priz sona erme süresi ise referans numuneye göre 40 dk. daha uzundur. Silis dumanı ilaveli numunelerde, silis dumanı referans numunesine göre, priz başlangıç süresini uzatma yönünde bir etki yaparken numunelerdeki aerojel katkı oranının artmasıyla bu etki azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.1: Silis dumanı ilaveli pastaların priz süreleri.

Uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı ile priz süreleri arasındaki ilişki Şekil 4.2.'de sunulmuştur. Uçucu küllü numunelerden 3, 4, 5 numaralı numuneler dikkate alındığında priz başlangıç süreleri 20 dk.'lık düzenli artış sergilemiştir. Uçucu kül ilavesinin artmasıyla ise priz sonlanma süreleri düzenli olmamakla birlikte artış göstermiştir. Priz sona erme süreleri sırasıyla 370, 380 ve 410 dk. olarak tespit edilmiştir. 8, 9, 10 numaralı numuneler dikkate alındığında; priz başlangıç süreleri 3, 4, 5 numaralı numunelere göre düşük seyretmiştir. Bu süreler sırasıyla 200, 220 ve 220 dk.'dır. Priz başlangıç sürelerine aerojel katkısının süreyi azaltma yönünde bir etkisi olduğu bu grupta gözlenmektedir. Priz sonlanma süreleri için de benzer durum söz konusudur. Uçucu kül katkısının artmasıyla priz süreleri uzamakla beraber 3, 4, 5 numaralı numunelere göre daha düşük priz sonlanma sürelerine

sahiptirler. Bu değerlendirmeden yola çıkarak priz sonlanma sürelerine de arojel katkısının etkisi olduğu söylenebilir. Priz sonlanma değerleri sırasıyla 300, 310 ve 340 dk'dır. 13 - 15 numaralı numuneler dikkate alındığında 8 - 10 numunelerden elde edilen priz başlangıç ve sonuç değerleri ile yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu noktada arojel oranının 0.25' den 0.50' ye yükseltilmesinin priz süreleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir. Uçucu küllü numunelerde aktivasyon için kullanılan Li_2O_3 katkısının 0,07 olarak sabit tutulması nedeniyle priz süreleri üzerindeki etkisi dikkate alınmamıştır.



Şekil 4.2: Uçucu kül ilaveli pastaların priz süreleri.

4.2. DAYANIM DENEY SONUÇLARI

4.2.1. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Harç numunelerinden tespit edilen basınç dayanım değerleri Tablo 4.2' de verilmiştir.

Tablo 4.2: Çimento harçlarına ait basınç dayanımları.

Basınç Dayanımı Deney Sonuçları (112 Gün)						
Numune No	Islanma - Kuruma		MgSO ₄		Suda Kürleme	
	Max Gerilme (MPa)	% Değişim	Max Gerilme (MPa)	% Değişim	Max Gerilme (MPa)	% Değişim
1	69.3	0.0	52.9	0.0	58.1	0.0
2	71.6	3.3	62.2	17.6	56.6	-2.6
3	56.4	-18.6	43.9	-17.0	47.8	-17.7
4	48.8	-29.6	38.4	-27.4	42.1	-27.5
5	40.1	-42.1	34.6	-34.6	34.0	-41.5
6	69.6	0.4	56.0	5.9	54.3	-6.5
7	71.5	3.2	65.9	24.6	57.8	-0.5
8	58.5	-15.6	45.1	-14.7	46.6	-19.8
9	49.8	-28.1	26.5	-49.9	39.5	-32.0
10	42.8	-38.2	34.3	-35.2	34.2	-41.1
11	70.4	1.6	53.8	1.7	59.7	2.8
12	74.5	7.5	65.7	24.2	40.4	-30.5
13	63.6	-8.2	43.6	-17.6	50.0	-13.9
14	34.8	-49.8	34.5	-34.8	40.4	-30.5
15	43.0	-38.0	30.9	-41.6	36.9	-36.5

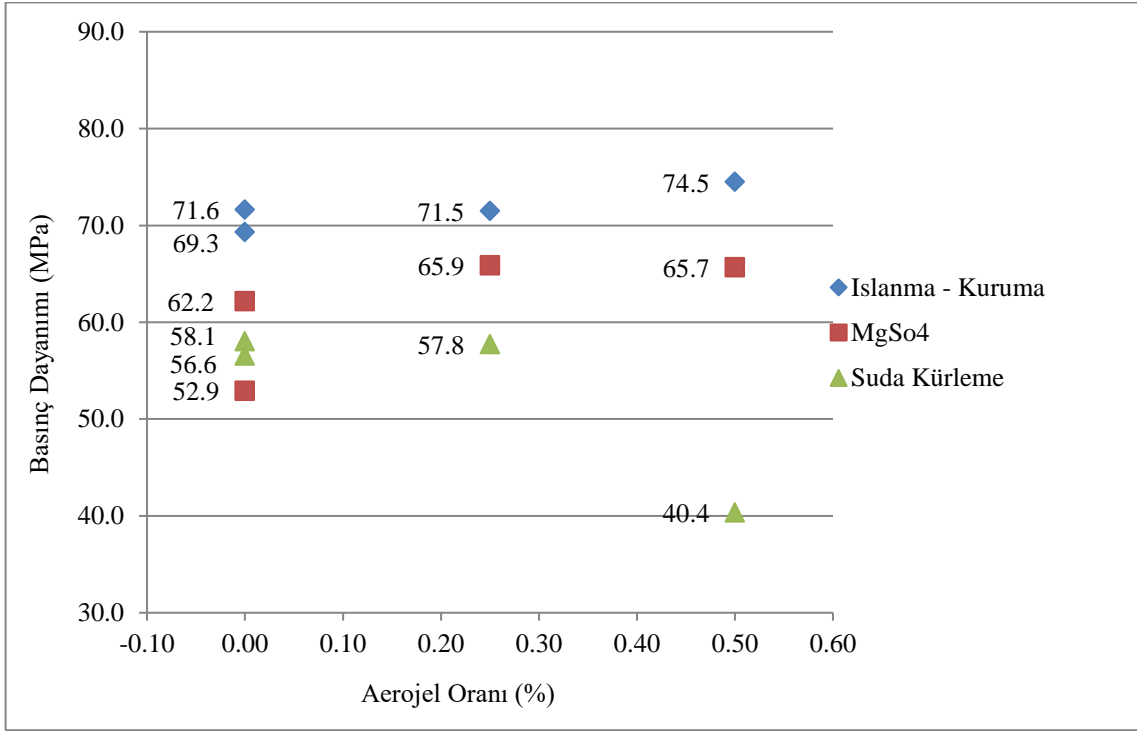
Çimento harçlarından tespit edilen basınç dayanım sonuçları incelendiğinde; ilk olarak silis dumanı ilaveli 2, 7 ve 12 numaralı numuneler için, ıslanma - kuruma grubu numunelerdeki basınç dayanım değerlerinin tamamı referans değerinin (69.3 MPa) üstünde olduğu görülmektedir. Aerojel katkısının % 0.25'den % 0.50' ye çıkmasıyla basınç dayanımlarındaki artış % 7.5 olarak hesaplanmıştır. Bu artış % 0.50 aerojel katkılı ve silis dumanı ilaveli 12 numaralı numuneden elde edilmiştir. Bunun nedeni; silis dumanının boşluk doldurma yeteneğinin yüksek olmasının yanı sıra aerojel katkısının artmasıyla da oluşan yeni boşluklara, silis dumanının puzolanik reaksiyon ürünlerinin girişindeki artış olarak da ifade edilebilir.

Silis dumanı ilaveli 2, 7 ve 12 numaralı numuneler için, $MgSO_4$ ortamı incelendiğinde; katkısız % 0.25 ve 0.50 arojel katkılı numuneler, referans numuneye göre sırasıyla % 17.6, % 24.6 ve % 24.2 basınç dayanım artışı göstermişlerdir. Burada arojel katkı oranının % 0.25'ten 0.50' ye yükseltilmesinin basınç dayanımları üzerindeki etkisinin neredeyse olmadığı söylenebilir.

Silis dumanı katkılı numuneler irdelendiğinde; son olarak suda kürlenmiş numuneler için arojel katkısız 2 numaralı numunenin basınç dayanımının 56.6 MPa olduğu bulunmuştur. Aerojel oranı % 0.25'den % 0.50' ye yükseldiğinde basınç dayanımları 57.8 MPa'dan 40.4 MPa'a düştüğü tespit edilmiştir. Bu gruptaki en yüksek değer arojel ve silis dumanının bulunmadığı referans numunesinden (1 numaralı numune) elde edilmiştir. Silis dumanı ilaveli numunelerden 2 numaralı numunenin basınç dayanımı ise referansa göre % 2.6 oranında bir düşüş hesaplanmıştır. En belirgin düşüş ise % 30.5 oranı ile 12 numaralı numuneden elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak arojel katkısının numune içerisinde boşluk oluşturması söylenebilir.

Basınç dayanımlarını etkileyen parametreler irdelendiğinde, bunların silis dumanı ilavesi, Li_2CO_3 katkı oranı ve arojel katkı oranıdır. Ancak silis dumanı ve Li_2CO_3 karışımlara sabit oranda katıldıkları için arojel katkı oranının numunelerin basınç dayanımlarına etkisi incelenmiştir. Silis dumanı ilaveli numunelerin basınç dayanımlarının arojel içeriği ile değişimini gösteren grafik Şekil 4.3'de sunulmuştur.

Şekil 4.3 incelendiğinde silis dumanı ilaveli numunelerde suda kütleme hariç kendi içinde nispi artışlar göstererek lineer davranış sergilemiştir.



Şekil 4.3: Silis dumanı ilaveli harçlarda aerogel katkı oranı - basınç dayanımı ilişkisi.

Uçucu kül katkılı numuneler incelendiğinde; ilk olarak ıslanma - kuruma numunelerinde aerogel katkısız numuneler için basınç dayanımlarının 56.4 MPa'dan 40.1 MPa'a düştüğü anlaşılmaktadır. Buradaki 3, 4 ve 5 numaralı numunelerin basınç dayanımları referans numuneye göre sırasıyla % 18.6, 29.6 ve 42.1 oranında azaldığı hesaplanmıştır. Aerogel katkısız olan bu grupta uçucu kül yüzdesi arttıkça basınç dayanımlarının önemli oranda düştüğü belirlenmiştir. Aerogel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 58.5 MPa'dan 42.8 MPa'a düştüğü gözlenmiştir. Bu gruptaki basınç dayanım değerleri yine referans numuneye göre sırasıyla % 15.6, 28.1 ve 38.2 oranında azalmıştır. Aerogel katkısız gruba göre basınç dayanımlarındaki azalma daha azdır. Aerogel katkı oranı % 0.5 olan grupta (13, 14, 15 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 63.6 MPa'dan 43.0 MPa'a düştüğü belirlenmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 8.2, 49.8, ve 38.0 olarak hesaplanmıştır. Genel anlamda ıslanma - kuruma grubu numuneler için uçucu kül ilavesinin % 30'dan % 50'ye artırılmasıyla basınç dayanımlarında beklenen bir düşüş gerçekleştiği söylenebilir. Bu durum 14 numaralı numunede farklılık göstermiştir. Aerogel katkı oranının artmasıyla ıslanma - kuruma grubu numunelerde yine 14 numaralı numune hariç basınç dayanımlarının arttığı söylenebilir.

İkinci olarak uçucu kül katkılı numunelerde $MgSO_4$ çözeltili ortamlarında kürlenmiş numunelerde arojel katkısız numuneler için basınç dayanımlarının 43.9 MPa'dan 34.6 MPa'a düştüğü görülmüştür. Buradaki 3, 4 ve 5 numaralı numuneler için azalma değerleri % 17.0, 27.4 ve 34.6 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 45.1 MPa'dan 34.3 MPa'a düştüğü gözlenmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 14.7, 49.9 ve 35.2 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkısız gruba göre basınç dayanımlarındaki azalma % 30 UK ilaveli numune hariç daha azdır. Aerojel katkı oranı % 0.50 olan grupta (13, 14, 15 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 43.6 MPa'dan 30.9 MPa'a düşüş göstermiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 17.6, 34.8 ve 41.6 olarak belirlenmiştir. % 0.50 arojel katkılı gruptaki numunelerin (13, 14, 15 numaralı numuneler) basınç dayanım değerlerinde diğer gruplara göre 9 numaralı numune hariç daha fazla düştüğü tespit edilmiştir. $MgSO_4$ ortamındaki numuneler diğer kür ortamındaki numunelere göre daha dengesiz basınç dayanımı düşüşlerine sahip olduğu görülmüştür. En zararlı ortamda kürlenmiş numuneler olmaları nedeniyle basınç dayanım sonuçlarında düzensizlik tespit edilmesinin olağan olduğu sonucuna varılmıştır.

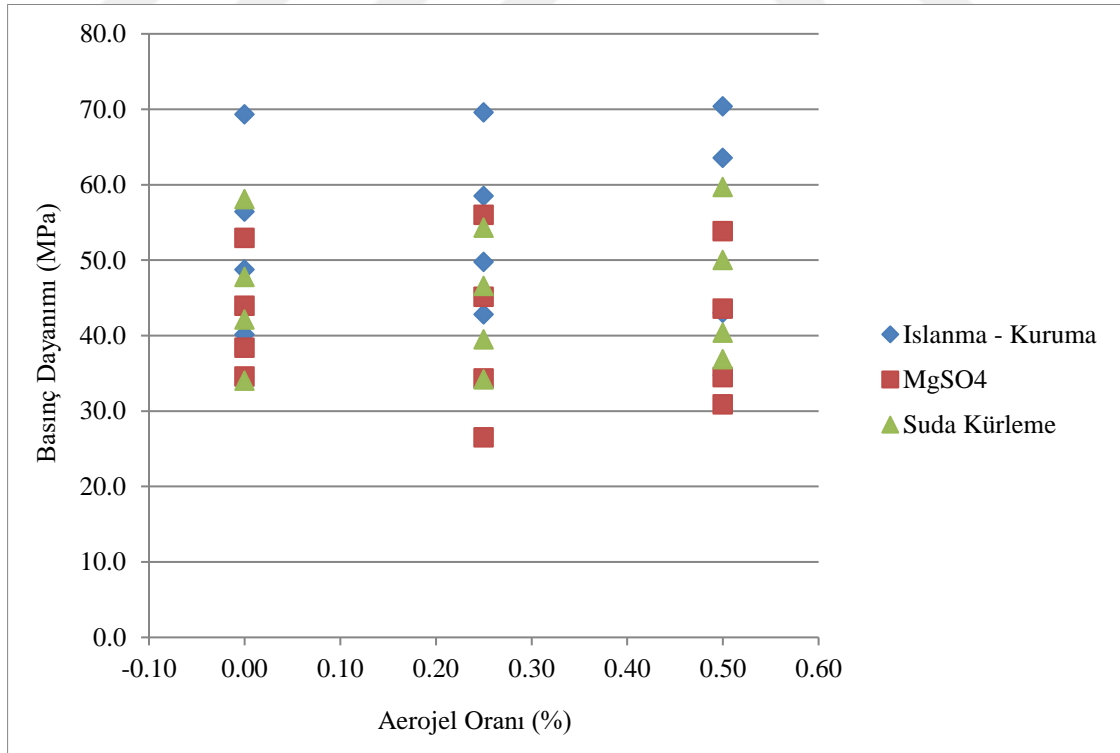
Uçucu kül katkılı numuneler irdelendiğinde; son olarak suda kürlenmiş numunelerde arojel katkısız numuneler için basınç dayanımlarının 47.8 MPa'dan 34.0 MPa'a düştüğü görülmektedir. Buradaki 3, 4 ve 5 numaralı numuneler için azalma değerleri % 17.7, 27.5 ve 41.5 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkısız olan bu grupta uçucu kül yüzdesi arttıkça basınç dayanımlarının önemli oranda düştüğü tespit edilmiştir. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 46.6 MPa'dan 34.2 MPa'a düştüğü tespit edilmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 19.8, 32.0 ve 41.1 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan numunelerin için arojel katkısız gruba göre basınç dayanımı değerlerinde azalma mevcuttur. Uçucu kül ilavesi % 50 olan 5 ve 10 numaralı numunelerde nispi bir değişim söz konusudur. Aerojel katkı oranı % 0,5 olan grupta (13, 14, 15 numaralı numuneler) basınç dayanımlarının 50.0 MPa'dan 36.9 MPa'a düştüğü belirlenmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 13.9, 30.5 ve 36.5 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkı oranının % 0.50 olduğu grupta; arojel katkısız ve % 0.25 arojel katkılı gruba göre basınç dayanım değerlerindeki azalmanın daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle basınç dayanımlarının daha yüksek olduğu söylenebilir.

Referans numunenin kür ortamları incelendiğinde; en düşük basınç dayanım değerinin $MgSO_4$ ortamında kürlenene numuneden elde edildiği anlaşılmaktadır (52.9 MPa). Bütün gruplar içinde en düşük basınç dayanım değeri % 49.9 azalma ile $MgSO_4$ ortamında kürlenene 9 numaralı numuneden elde edilmiştir.

Gruplar içinde ise en düşük basınç dayanım değerleri $MgSO_4$ ortamında kürlenene numunelerden tespit edilmiştir. En yüksek değerler ise ıslanma - kuruma grubundan elde edilmiştir.

Uçucu kül ilaveli numunelerin basınç dayanımlarının aerjel içeriği ile değişimini gösterene grafik Şekil 4.4'de sunulmuştur. Şekil 4.4 incelendiğinde basınç dayanım değerleri, ıslanma - kuruma grubu numunelerde daha yüksek seyretmişken, $MgSO_4$ ve suda kürlenene numunelerde birbirine daha yakın olduğu görülmüştür.

Uçucu kül ilaveli numunelerde, Li_2CO_3 sabit oranda tutulduğu için numunelerin basınç dayanımını etkileyene parametreler uçucu kül ilave oranı ve aerjel katkı oranı üzerinden değerlendirilmiştir.



Şekil 4.4: Uçucu kül ilaveli harçlarda aerjel katkı oranı - basınç dayanımı ilişkisi.

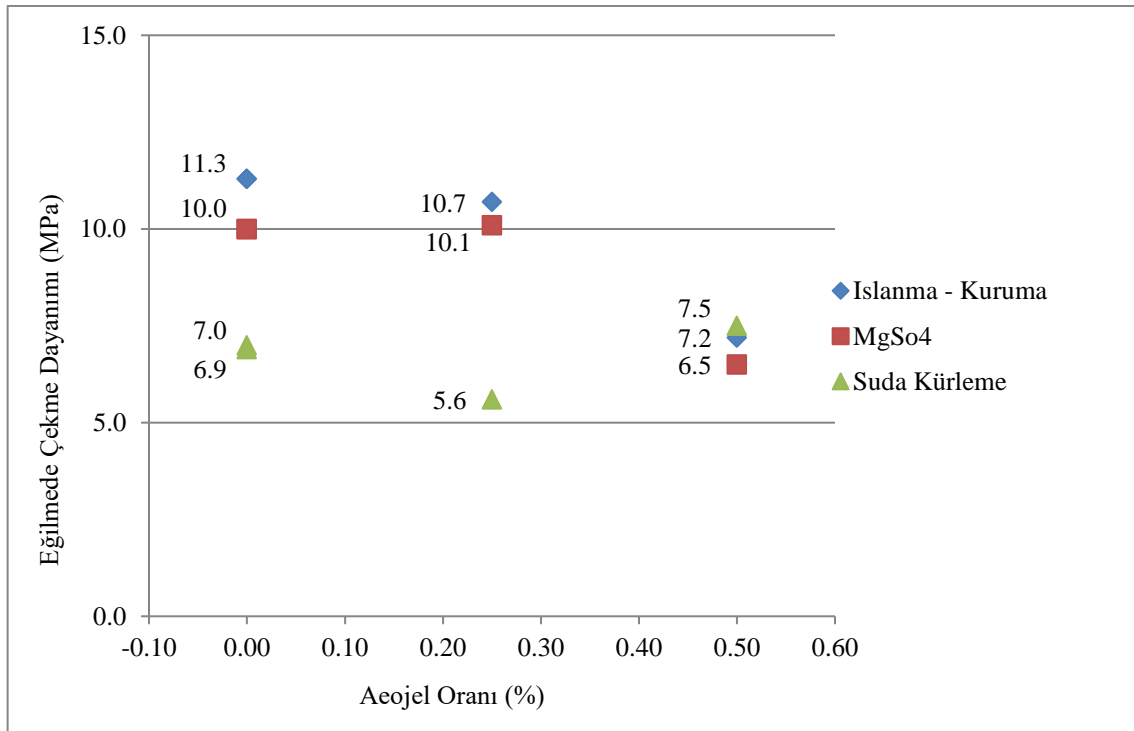
4.2.2. Eğilmede Çekme Dayanımı Deney Sonuçları

Bütün harç numunelerinden tespit edilen eğilmede çekme dayanımı değerleri Tablo 4.3' de verilmiştir. İlk olarak; referans ve silis dumanı ilaveli numuneler (1, 2, 7, 12 numaralı numuneler) incelendiğinde; ıslanma - kuruma grubu numunelerdeki eğilmede çekme dayanımı değerlerinin tamamı 2 nolu numune hariç referans değerinin (MPa) altında olduğu görülmektedir. Aerojel katkısının % 0.25' den % 0.50' ye çıkmasıyla çekme dayanımları referans numunesine göre sırasıyla % 5.3 ve % 36.3 oranlarında azaldığı belirlenmiştir. Islanma - kuruma numunelerinde aerojel katkısındaki artış, numunelerin çekme dayanım değerlerinde düşüşe sebep olmuştur. $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş referans ve silis dumanı ilaveli numuneler (1, 2, 7, 12 numaralı numuneler) incelendiğinde; aerojel katkısız ve % 0.25 aerojel katkılı 2 ve 7 numaralı numuneler referans numunesinin eğilmede çekme dayanımı değeri ile eşdeğer sonuçlar verirken, % 0.50 aerojel katkılı 12 numaralı numune ise % 35 oranında azalma göstermiştir.

Tablo 4.3: Çimento harçlarına ait eğilmede çekme dayanımları.

Eğilmede Çekme Dayanımı Deney Sonuçları (112 Gün)						
Numune No	Islanma - Kuruma		$MgSO_4$		Suda Kütleme	
	Max Gerilme (MPa)	% Değişim	Max Gerilme (MPa)	% Değişim	Max Gerilme (MPa)	% Değişim
1	11.3	0.0	10.0	0.0	7.0	0.0
2	11.3	0.0	10.0	0.0	6.9	-1.4
3	10.7	-5.3	9.1	-9.0	6.7	-4.3
4	8.4	-25.7	7.7	-23.0	6.5	-7.1
5	8.2	-27.4	7.3	-27.0	5.7	-18.6
6	9.2	-18.6	7.7	-23.0	5.7	-18.6
7	10.7	-5.3	10.1	1.0	5.6	-20.0
8	10.8	-4.4	9.5	-5.0	7.3	4.3
9	10.1	-10.6	9.5	-5.0	6.9	-1.4
10	7.2	-36.3	7.4	-26.0	6.8	-2.9
11	9.0	-20.4	7.4	-26.0	7.5	7.1
12	7.2	-36.3	6.5	-35.0	7.5	7.1
13	8.4	-25.7	8.2	-18.0	7.5	7.1
14	8.5	-24.8	7.7	-23.0	7.8	11.4
15	8.5	-24.8	7.4	-26.0	7.8	11.4

Son olarak; suda kürlenmiş referans ve silis dumanı ilaveli numuneler (1, 2, 7, 12 numaralı numuneler) için, aerojel katkısız numunelerden ölçülen eğilme dayanımının 6.9 MPa olduğu bulunmuştur ve referans numunenin eğilmede çekme dayanım değeri ile çok yakın bir değere sahiptir. Aerojel oranı % 0.25’de ise eğilme dayanım kaybı % 20 olarak tespit edilmiştir. Aerojel oranı % 0.50’ye yükseldiğinde ise eğilme dayanım değeri referans numunenin değerine göre % 7.1 oranında bir yükselme görülmüştür. Bu gruptaki en yüksek değer aerojel katkı oranının % 0.50 olduğu 12 numaralı numuneden elde edilmiştir.

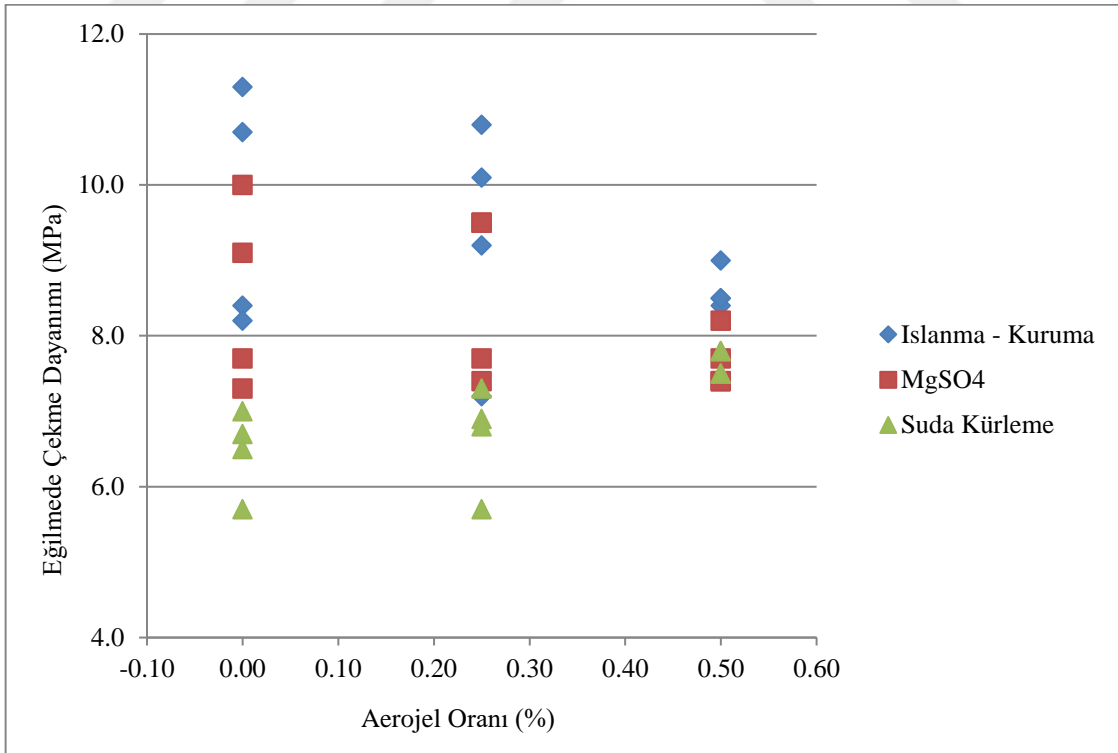


Şekil 4.5: Silis dumanı ilaveli harçlarda aerojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.

Uçucu kül katkılı numuneler incelendiğinde; ilk olarak ıslanma - kuruma numunelerinde aerojel katkısız numuneler için uçucu kül oranı arttıkça çekme dayanımlarının 10.7 MPa’dan 8.2 MPa’a düştüğü görülmektedir. Buradaki 3, 4 ve 5 numaralı numuneler için azalma değerleri % 5.3, 25.7 ve 27.4 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkısız olan bu grupta uçucu kül yüzdesi arttıkça eğilme dayanımlarının düştüğü belirlenmiştir. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) yine uçucu kül oranının artmasıyla çekme dayanımlarının 10.8 MPa’dan 7.2 MPa’a düştüğü gözlenmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 4.4, 10.6 ve 36.3 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkı oranı % 0.50 olan grupta (13, 14, 15 numaralı numuneler) çekme dayanımları birbirlerine çok yakın olup 8.4 - 8.5 MPa

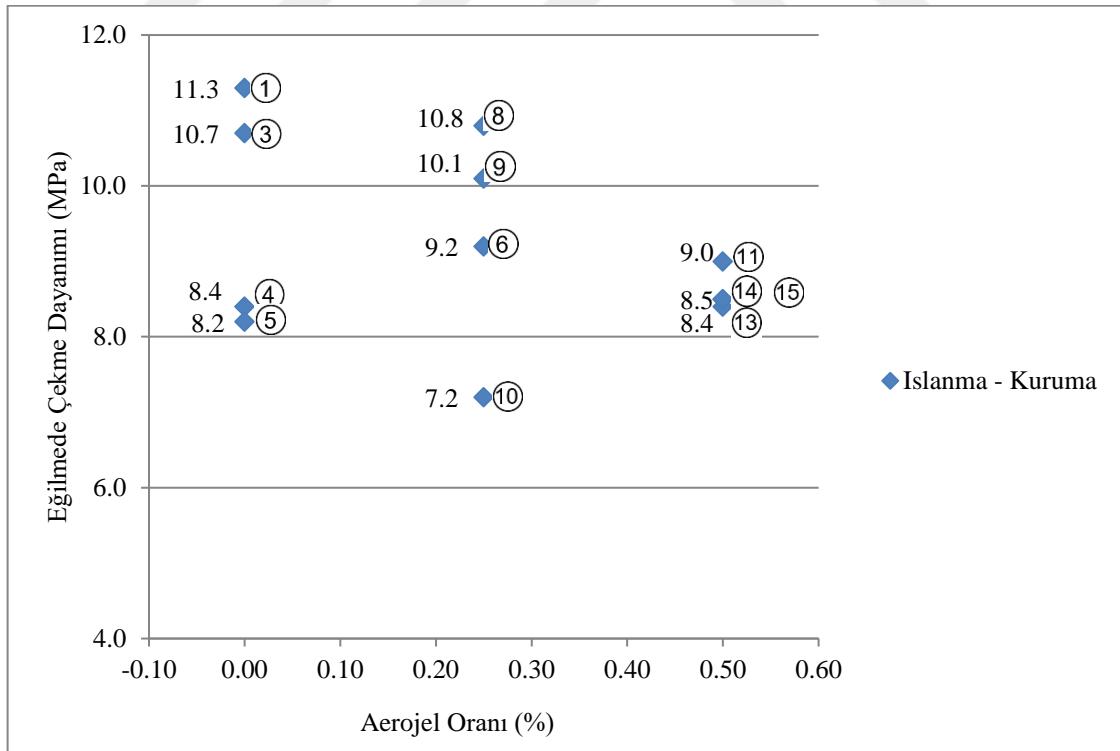
aralığındadır. Bu numuneler için referans numuneye göre eğilmede çekme dayanımlarındaki azalma oranları % 25.7, 24.8 ve 24.8'dir.

İkinci olarak uçucu kül katkılı numunelerde $MgSO_4$ çözelteli ortamlarında kürlenmiş numuneler incelendiğinde, arojel katkısız numuneler için (3, 4, 5 numaralı numuneler) çekme dayanımlarının sırasıyla 9.1 MPa, 7.7 MPa ve 7.3 MPa olduğu görülmüştür. Aynı numuneler için çekme dayanımlarındaki azalma değerleri % 9, % 23 ve % 27 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkısız olan bu grupta uçucu kül yüzdesi arttıkça çekme dayanımlarının düştüğü belirlenmiştir. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) çekme dayanımlarının 9.5 MPa'dan 7.4 MPa'a düştüğü gözlenmiştir. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 5.5 ve 26 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkı oranı % 0.5 olan grupta ise (13, 14, 15 numaralı numuneler) çekme dayanımları 8.2 MPa'dan 7.4 MPa'a düşmüştür. Bu gruptaki azalma değerleri sırasıyla % 18, % 23 ve % 26 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan hareketle bu grupta arojel katkı oranının artmasıyla eğilmede çekme dayanımlarında azalmalar olduğu anlaşılmaktadır. $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş bütün numunelerin çekme dayanım değerleri referans numunesinin altında kalmıştır.

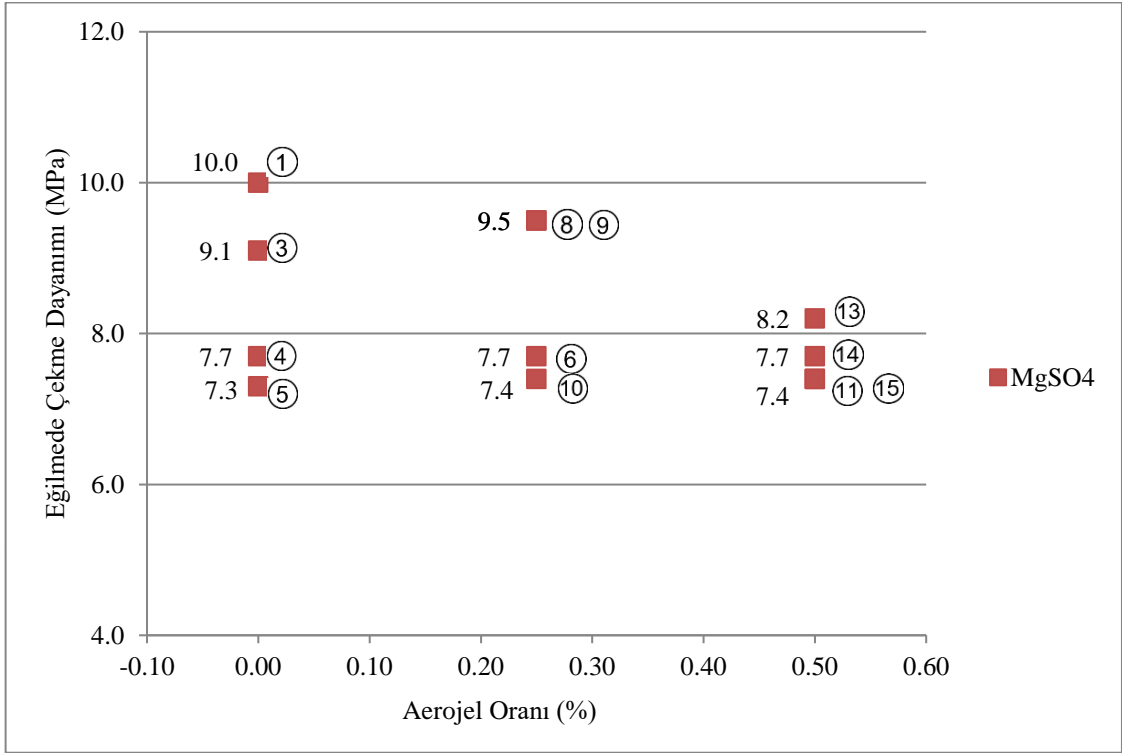


Şekil 4.6: Uçucu kül ilaveli harçlarda arojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.

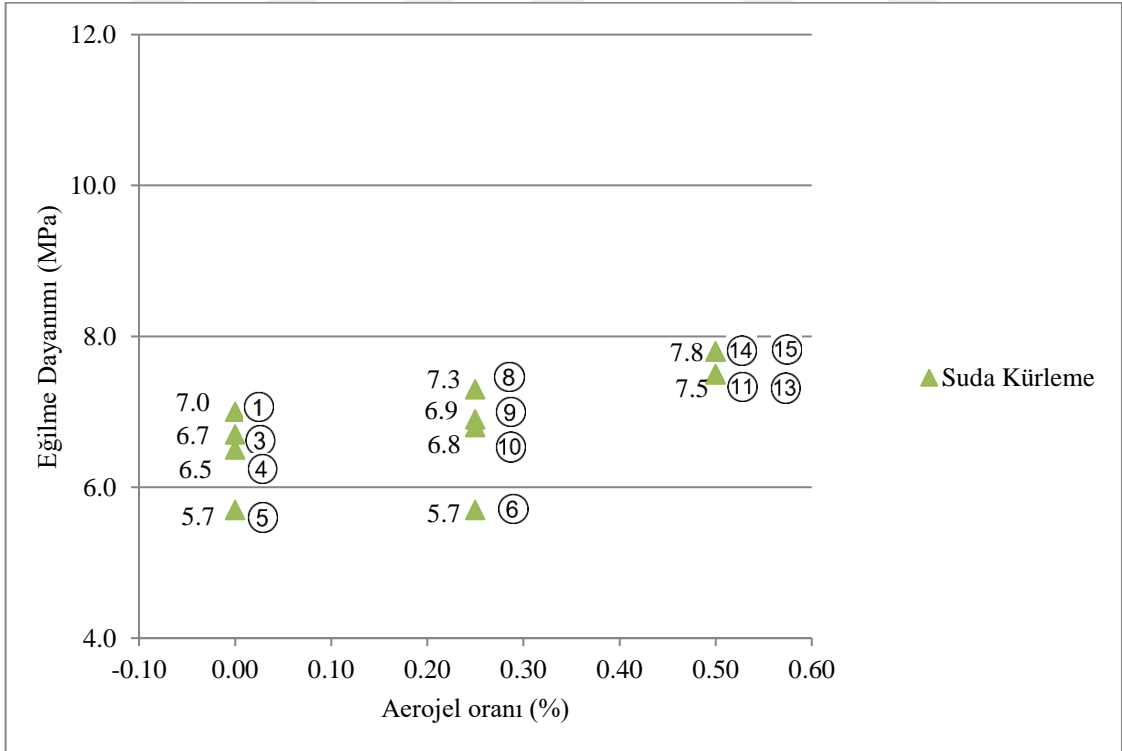
Uçucu kül katkılı numuneler irdelendiğinde; son olarak suda kürlenmiş numunelerde aerojel katkısız numuneler için (3, 4, 5) eğilmede çekme dayanımlarının 6.7 MPa'dan 5.7 MPa'a düştüğü görülmüştür. Yine aynı numuneler için referans numunesine göre azalma değerleri % 4.3, 7.1 ve 18.6 olarak hesaplanmıştır. Aerojel katkısız olan bu grupta uçucu kül yüzdesi arttıkça çekme dayanımlarının azaldığı belirlenmiştir. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) çekme dayanımlarının 7.3 MPa'dan 6.8 MPa'a düştüğü gözlenmiştir. 8 numaralı numunenin çekme dayanım değeri referans numunenin % 4.3 üzerindedir. Bu gruptaki 9 ve 10 numaralı numuneler için azalma değerleri sırasıyla % 1.4 ve 2.9 olarak bulunmuştur. Bu grupta da uçucu kül miktarı arttıkça çekme dayanımlarında nispi azalmalar meydana geldiği anlaşılmaktadır. Aerojel katkı oranı % 0.5 olan gruptaki 13, 14, 15 numaralı numunelerin çekme dayanımları referans numunesinin üzerindedir. Çekme dayanımlarındaki bu artışlar sırasıyla % 7.1, 11.4 ve 11.4 olarak hesaplanmıştır. Uçucu kül katkılı harçlardan elde edilen eğilmede çekme dayanımı sonuçları bu üç kür grubu için değerlendirildiğinde; referans numunesine göre artış değerleri sağlandığı grup % 0.50 aerojel katkı oranına sahip suda kürlenmiş numune grubu olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.7: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş harçların aerojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.



Şekil 4.8: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş harçların aerojel katkı oranı - eğilme dayanımı ilişkisi.



Şekil 4.9: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş harçların aerojel katkı oranı - eğilmede çekme dayanımı ilişkisi.

4.3. TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARI

Islanma - kuruma, MgSO₄ çözeltisi ve su ortamlarında kürlenmiş aerojel katkı ve katkısız, silis dumanı ve uçucu kül ilaveli numunelerin termal iletkenlik katsayılarına ait sonuçlar Tablo 4.4'de sunulmuştur. Silis dumanı ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı- termal iletkenlik katsayısı ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.10'da, uçucu kül ilaveli numunelerin bütün kür ortamları için aerojel katkı oranı, termal iletkenlik ilişkisini gösteren grafik ise Şekil 4.11'de sunulmuştur.

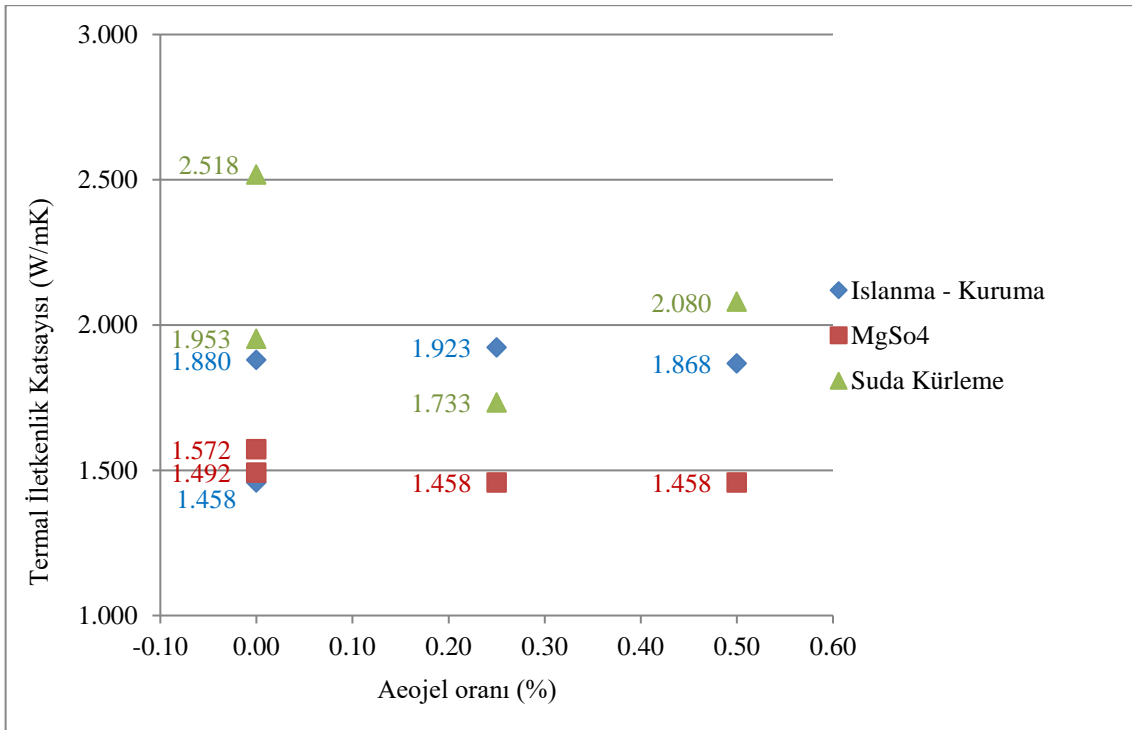
Tablo 4.4: Çimento harçlarına ait termal iletkenlik katsayısı sonuçları.

Numune No	Termal İletkenlik Katsayısı Sonuçları λ (W/mK)					
	Islanma - Kuruma		MgSO ₄		Suda Kütleme	
	λ	% Değişim	λ	% Değişim	λ	% Değişim
1	1.880	0.0	1.572	0.0	2.518	0.0
2	1.458	-22.4	1.492	-5.1	1.953	-22.4
3	1.965	4.5	1.340	-14.8	2.070	-17.8
4	1.758	-6.5	1.572	0.0	2.179	-13.5
5	1.769	-5.9	1.451	-7.7	2.128	-15.5
6	2.289	21.8	1.609	2.4	1.736	-31.1
7	1.923	2.3	1.458	-7.3	1.733	-31.2
8	1.569	-16.5	1.330	-15.4	1.654	-34.3
9	1.500	-20.2	1.268	-19.3	1.433	-43.1
10	1.456	-22.6	1.340	-14.8	1.726	-31.5
11	2.088	11.1	1.486	-5.5	2.104	-16.4
12	1.868	-0.6	1.458	-7.3	2.080	-17.4
13	2.053	9.2	1.638	4.2	1.577	-37.4
14	1.379	-26.6	1.567	-0.3	1.408	-44.1
15	1.372	-27.0	1.529	-2.7	1.493	-40.7

İlk olarak, referans ve silis dumanı ilaveli numuneler (1,2,7,12) irdelendiğinde; Islanma - kuruma grubu için; aerojel katkısız 2 numaralı numune % 22,4 oranı ile en düşük termal iletkenlik katsayısı değerine (1,458 W/mK) sahiptir. 0.25 aerojel katkı 7 numaralı numuneden elde edilen değer referans numunenin %2,3 üzerindedir. Islanma - kuruma grubunda aerojel katkısının silis dumanı ilaveli harçlarda önemli bir termal iletkenlik azalmasına neden olduğu söylenemez. Silis dumanının basınç dayanımı üzerindeki olumlu

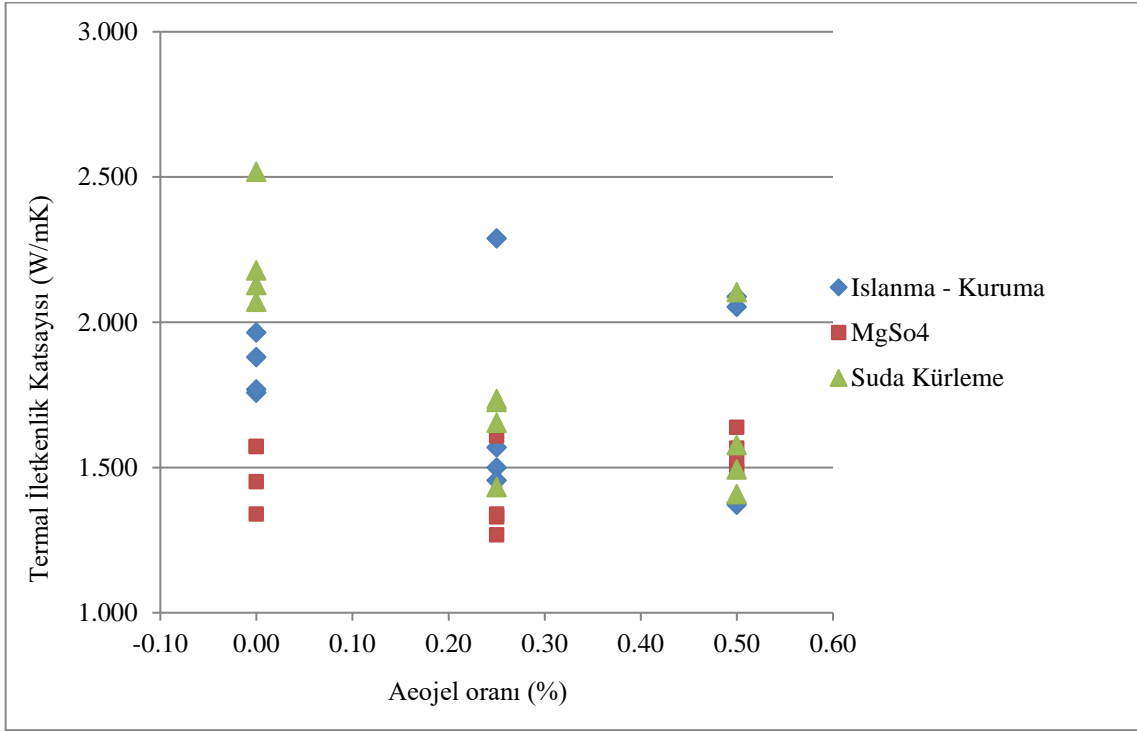
etkisi burada dikkate alınarak; dayanım artışı nedeniyle termal iletkenliklerdeki düşüşlerin önemli oranlarda olmasının beklenmediği söylenebilir.

İkinci olarak, $MgSO_4$ ortamında kürlenen referans ve silis dumanı ilaveli numuneler incelendiğinde bütün termal iletkenlik sonuçlarının referans numunenin altında kaldığı tespit edilmiştir. En fazla düşüş % 0.25 ve 0.50 aerojel katkıli numunelerden % 7.3 olarak ölçülmüştür. Bu grup için aerojel katkı oranının, termal iletkenlik üzerinde önemli bir azaltıcı etkisinin olmadığı söylenebilir. Silis dumanının basınç dayanımı üzerindeki olumlu etkisi burada da kendini göstermektedir.



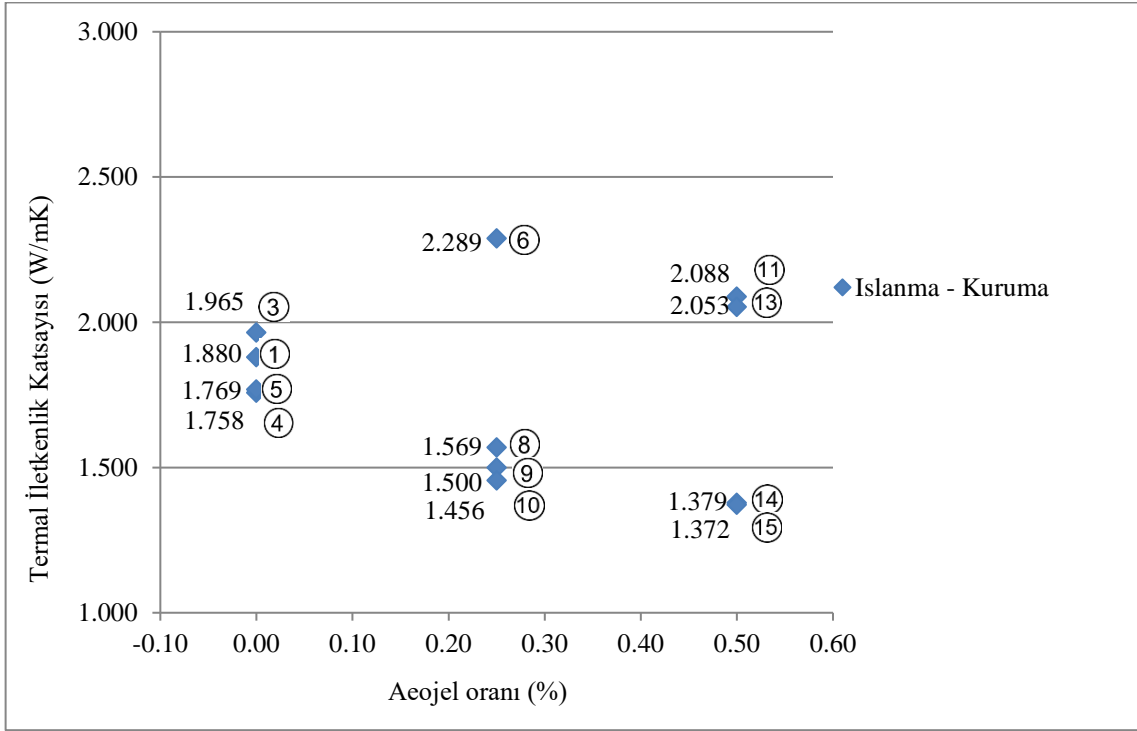
Şekil 4.10: Silis dumanı ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.

Son olarak, suda kürlenen referans ve silis dumanlı numuneler dikkate alındığında en fazla düşüş % 31.2 oranı ile 0.25 aerojel katkıli 7 numaralı numuneden tespit edilmiştir. Durabil ortamlarda silis dumanının basınç dayanım deney sonuçları, su ortamına göre daha yüksektir. Buradan hareketle, suda kürlenen silis dumanı ilaveli numunelerden elde edilen termal iletkenlik düşüşlerinin çok daha belirgin olması beklenen bir durumdur. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan 7 numaralı numune için bu durum gerçekleşirken, % 0.50 aerojel katkı oranına sahip 12 numaralı numune için farklılık göstermiştir.



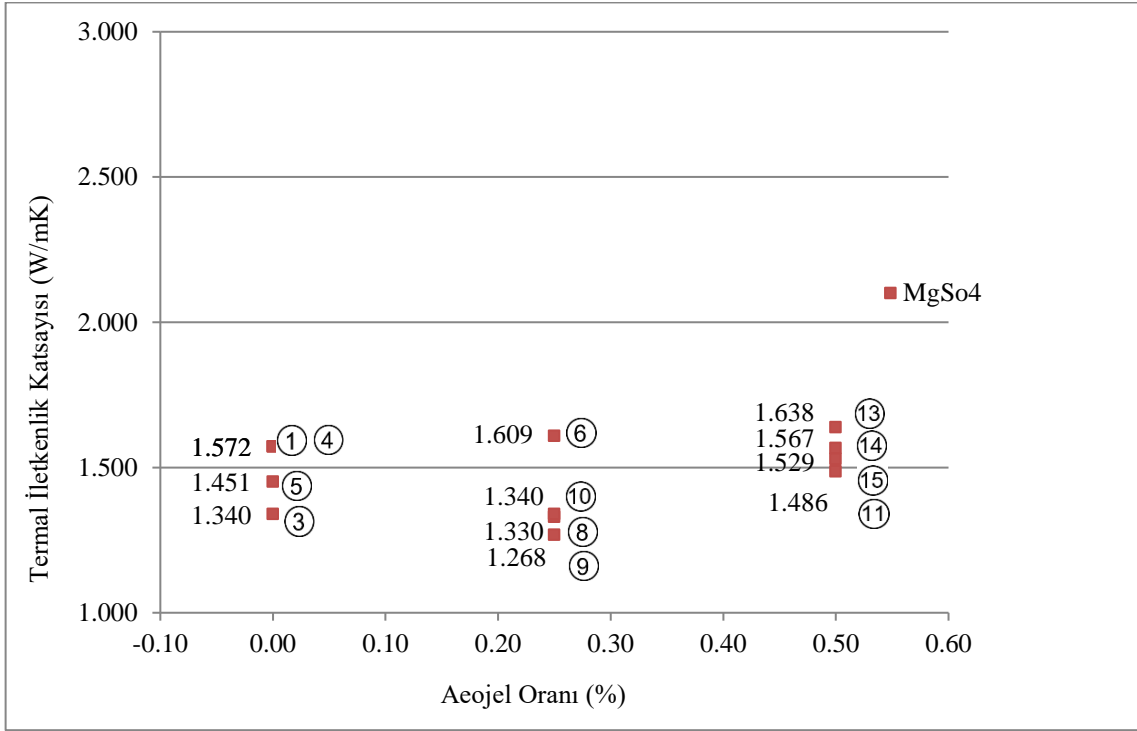
Şekil 4.11: Uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.

Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik katsayısı ilişkisi Şekil 4.12’de sunulmuştur. Referans ve uçucu kül ilave edilmiş numuneler, ıslanma - kuruma kür ortamı için dikkate alınarak incelendiğinde; aerojel katkısız gruptaki (1, 3, 4, 5 numaralı numuneler) en fazla termal iletkenlik düşüşü % 40 uçucu kül ilaveli 4 numaralı numuneden % 6,5 olarak ölçülmüştür. Bununla birlikte, % 50 uçucu kül ilaveli numuneden tespit edilen düşüş de % 5,9 olarak tespit edilmiştir. % 0.25 aerojel katkılı grupta (8, 9, 10 numaralı numuneler) en fazla düşüş % 50 uçucu kül ilavesi içeren numuneden % 22.6 olarak ölçülmüştür. % 0.50 aerojel içeren grupta ise (13, 14, 15) en fazla düşüş % 50 uçucu kül içeren numuneden % 27 olarak ölçülmüştür. Bu değer, ıslanma - kuruma grubundaki en düşük termal iletkenlik katsayısı değeri sahip 15 numaralı numuneden ölçülmüştür ($\lambda=1.372$ W/mK). Islanma - kuruma grubu numunelerde, % 0.25 ve 0.50 aerojel katkılı uçucu kül içermeyen numuneler (6 ve 11) referans numunesine göre sırasıyla % 21.8 ve % 11.1 oranında artış göstermişlerdir. Bu artışların uçucu kül ilavesiz numunelerden tespit edildiği göz önüne alındığında; uçucu kül ilavesinin artmasıyla termal iletkenliklerdeki bu artışların baskılandığı ve çok düştüğü ifade edilebilir. Ayrıca ıslanma - kuruma grubu uçucu kül ilaveli numuneler için, aerojel katkılı numunelerin aerojel katkısız numunelere göre daha düşük termal iletkenlik katsayısı sonuçları verdiği açıktır.



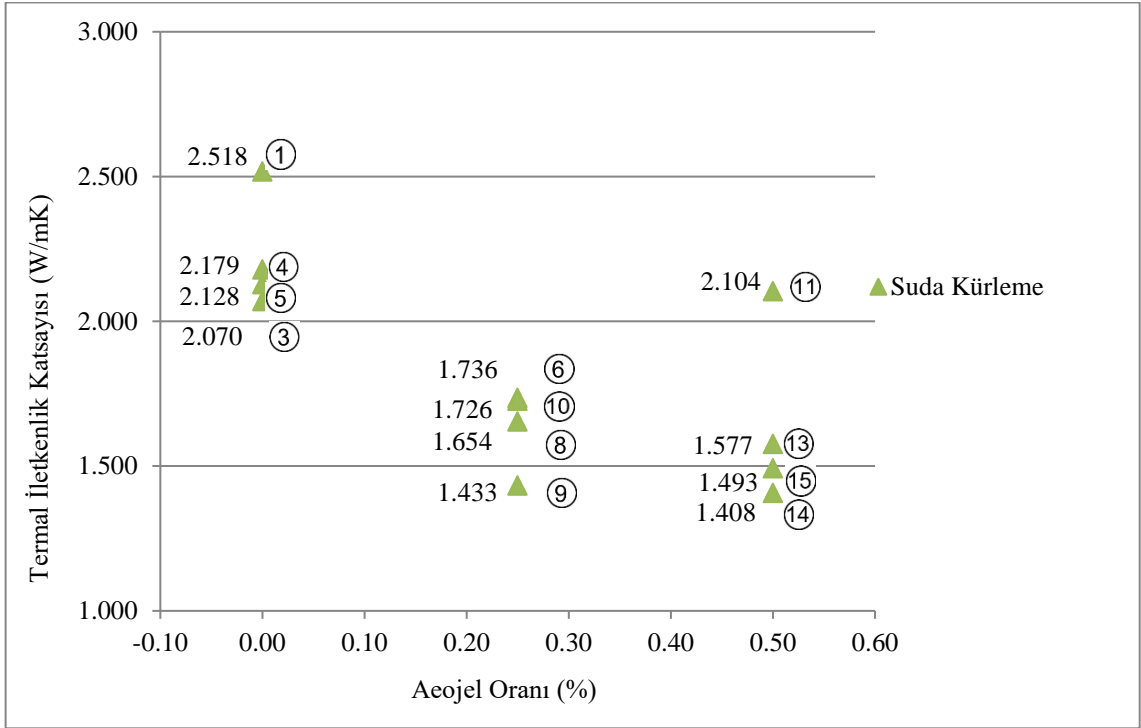
Şekil 4.12: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş numunelerin aerjel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerjel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi Şekil 4.13’de sunulmuştur. Referans ve uçucu kül ilave edilmiş numuneler; MgSO₄ ortamı için incelendiğinde; aerjel katkısız gruptaki (1, 3, 4, 5 numaralı numuneler) en fazla termal iletkenlik düşüşü % 14.8 ile % 30 uçucu kül ilaveli 3 numaralı numuneden ölçülmüştür. % 0.25 aerjel katkı grubunda (8, 9, 10) en fazla düşüş % 40 uçucu kül katkısı içeren 9 numaralı numuneden % 19.3 olarak ölçülmüştür. % 0.50 aerjel içeren grupta ise (13, 14, 15) en fazla düşüş % 50 uçucu kül içeren numuneden % 2.7 olarak ölçülmüştür. MgSO₄ grubundaki en fazla düşüş % 0.25 aerjel katkı oranında ve % 40 uçucu kül içeren 9 numaralı numuneden tespit edilmiştir ($\lambda=1.268$ W/mK). MgSO₄ grubu için en düşük termal iletkenlik katsayısı değerleri % 0.25 aerjel katkı numunelerden elde edilmiştir.



Şekil 4.13: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi Şekil 4.14’de sunulmuştur. Referans ve uçucu kül ilave edilmiş numuneler; suda kürlenme ortamı için incelendiğinde; aerojel katkısız gruptaki (1, 3, 4, 5 numaralı numuneler) en fazla termal iletkenlik düşüşü % 0.50 aerojel grubundaki % 40 uçucu kül ilaveli 14 numaralı numuneden % 44.1 olarak belirlenmiştir. Bu değer $\lambda=1.408$ W/mK’dir. Termal iletkenliklerdeki ikinci en düşük değer % 0.25 aerojel katkılı ve % 40 uçucu kül ilaveli 9 numaralı numuneden ölçülmüştür. Bütün kürlenme grupları içinde en düşük termal iletkenlik değerleri su grubu numunelerden elde edilmiştir. Termal iletkenliğin en düşük olduğu gruplar sırasıyla % 0.50 aerojel, % 0.25 aerojel ve % 0 aerojel katkılı gruplar olduğu görülmektedir.

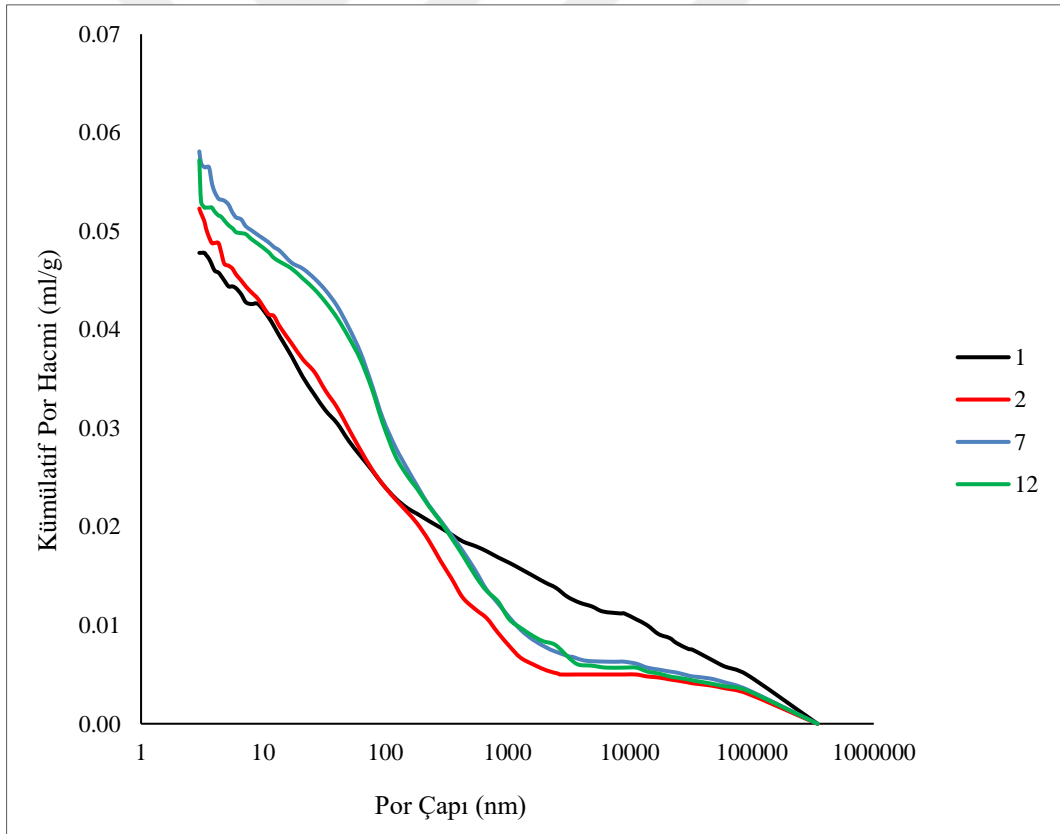


Şekil 4.14: Uçucu kül ilaveli suda kürlenen numunelerin aerojel katkı oranı - termal iletkenlik ilişkisi.

4.4. CİVA POROZİMETRESİ ANALİZ SONUÇLARI

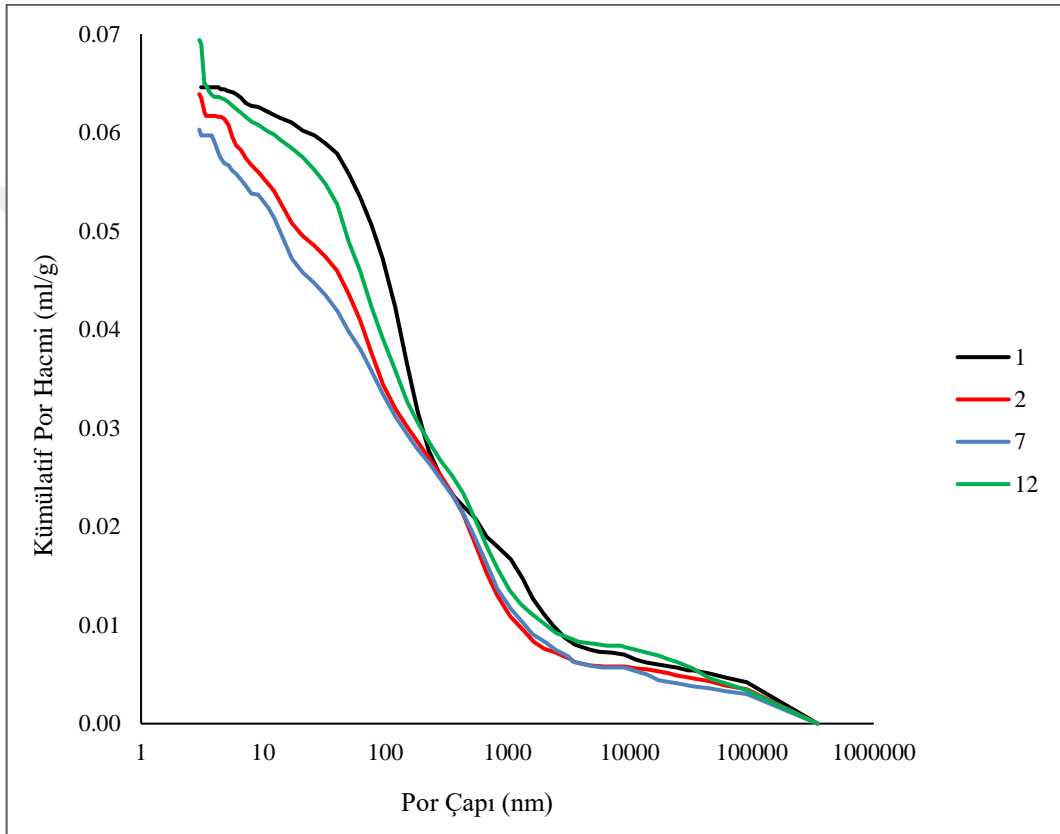
4.4.1. Civa Porozimetresi Por Çapı - Kümülatif Por Hacmi - Termal İletkenlik İlişkisi

Silis dumanı ilaveli harçlarda; ıslanma - kuruma grubu numuneler için por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler Şekil 4.15’de sunulmuştur. Islanma - kuruma grubu numuneler içinde kümülatif por hacim değerleri en düşük olan 2 numaralı numuneye ait termal iletkenlik katsayısı bu gruptaki en düşük değerdir (1.458 W/mK). 7 ve 12 numaralı numunelere ait kümülatif por hacim eğrileri yakın seyretmekte olup termal iletkenlik katsayısı sonuçları da (1.923 ve 1.868 W/mK) birbirine yakındır. Referans numunesi ise 10nm civarında en düşük termal iletkenlik katsayısı değerine sahip 2 numaralı numune eğrisi ile çok yakın bir davranış sergilemişken 100 nm den sonraki por çaplarında daha yüksek por hacim sonuçları vermiştir.



Şekil 4.15: Silis dumanı ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

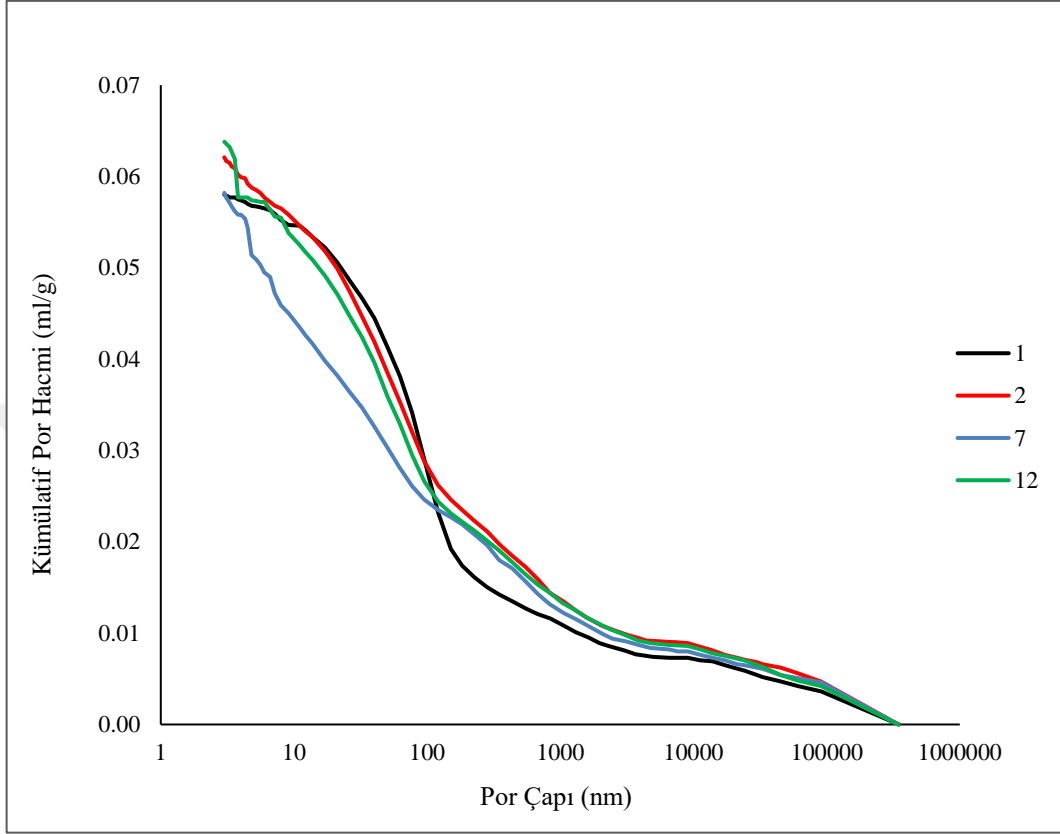
Silis dumanı ilaveli harçlarda; $MgSO_4$ grubu numuneler için por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi Şekil 4.16'da sunulmuştur. $MgSO_4$ grubu numunelerden termal iletkenlik katsayısı değerleri birbiri ile aynı olan 7 ve 12 numaralı numuneler (1.458W/mK) birbirine yakın eğrisel davranış sergilerken 2 numaralı numunenin de termal iletkenlik katsayısı (1.492 W/mK) diğer silis dumanı ilaveli numunelere çok yakın olması nedeniyle benzer bir davranış sergilemiştir.



Şekil 4.16: Silis dumanı ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerin por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisi.

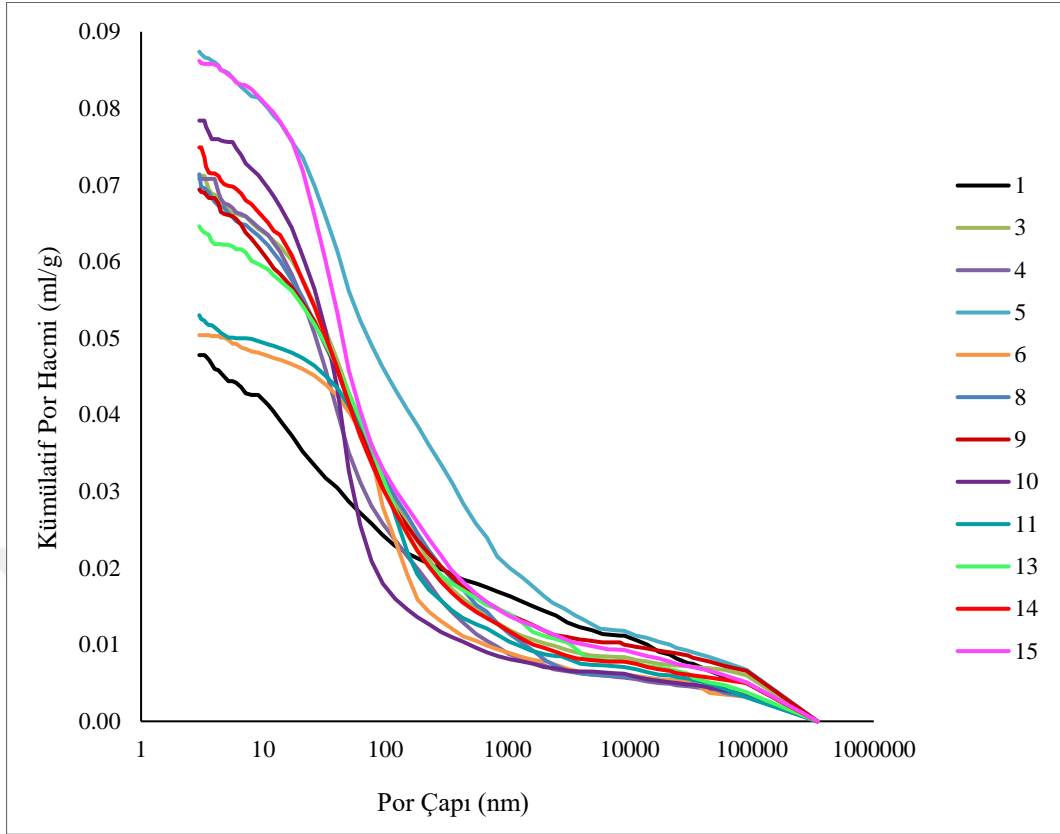
Silis dumanı ilaveli harçlarda; suda kürlenmiş numuneler için por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler Şekil 4.17'de sunulmuştur. Suda kürlenmiş numuneler için termal iletkenlik katsayısı en düşük olarak tespit edilen 7 numaralı numune (1.733 W/mK) kümülatif por dağılım eğrisinin 10 nm ye kadar olan bölümünde en yüksek por hacim bölgesine sahiptir. 10-100 nm aralığında da bu durum sürmektedir. Eğrinin geri kalan bölümünde ise genel olarak yine termal iletkenlik katsayısı en yüksek olan 1 numaralı referans numunesinin (2.518 W/mK) en düşük kümülatif por hacim değerlerine sahip olduğu söylenebilir. Diğer iki numune olan 2 ve 12 numaralı numunelere ait termal iletkenlik katsayısı değerleri (1.953 ve

2.080 W/mK) birbirine yakın olup eğrisel davranışlarının da birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.



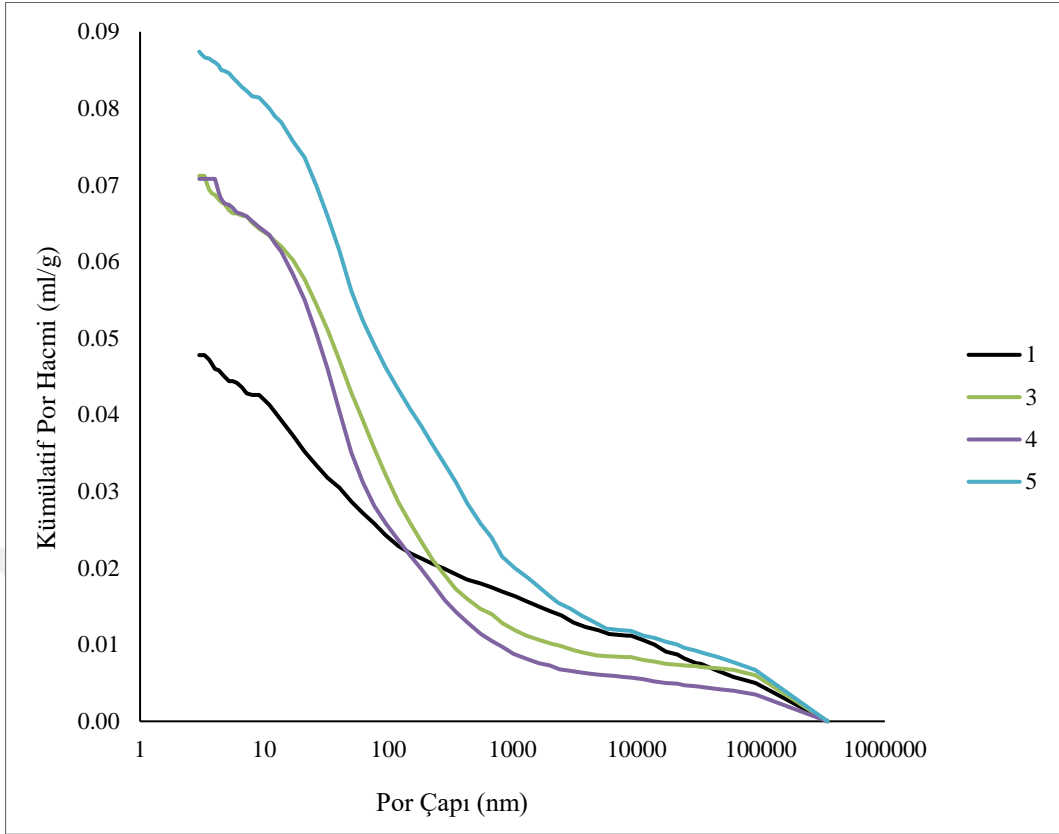
Şekil 4.17: Silis dumanlı numunelerin suda kürlenmiş por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Uçucu kül ilaveli harçlarda; ıslanma - kuruma grubu numuneler için por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren grafikler Şekil 4.18'de sunulmuştur. Şekil 4.19'da aerojel katkısız 1, 3, 4 ve 5 numaralı numunelere ait por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.20' da % 0.25 aerojel katkılı 6, 8, 9 ve 10 numaralı numunelere ait por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.21'de % 0.50 aerojel katkılı 11, 13, 14 ve 15 numaralı numunelere ait por çapı -kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler verilmiştir.



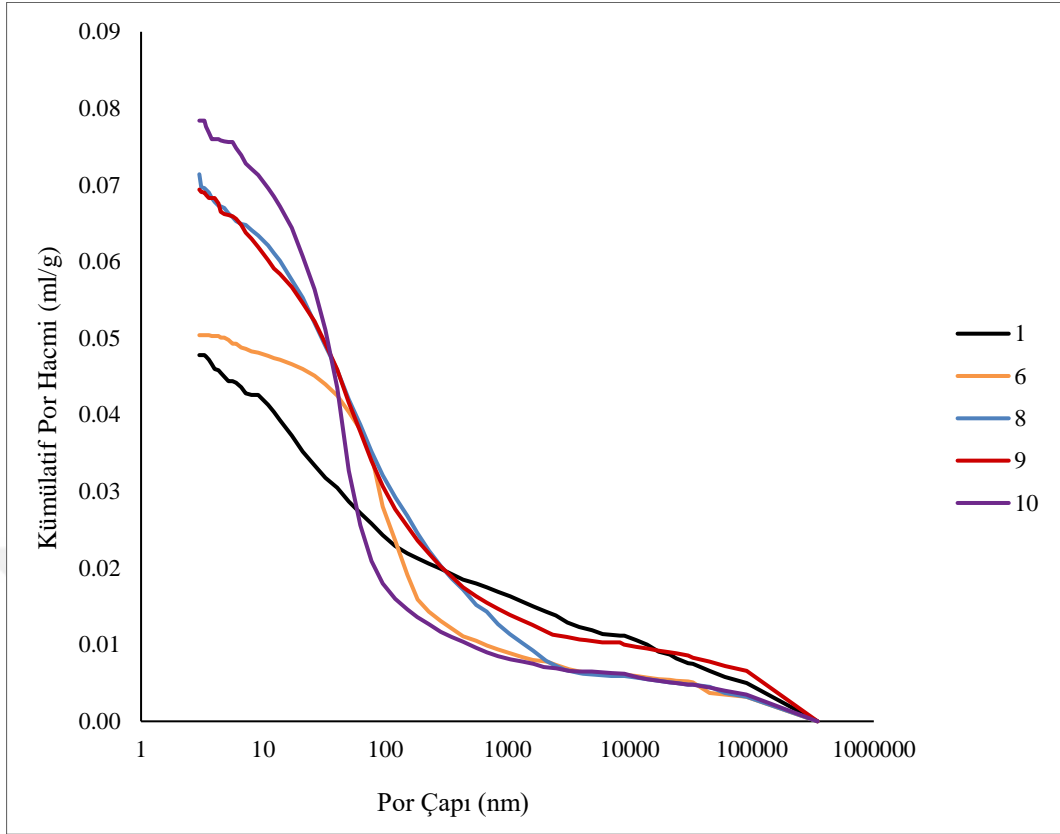
Şekil 4.18: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma grubu numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Aerojel katkısız numunelerde 3 ve 4 numaralı numuneler çok benzer davranış sergilemiş iken 5 numaralı numune farklı davranış göstermiştir. Bu numunelerin termal iletkenlik katsayısı değerleri sırasıyla 1.965 W/mK, 1.758 W/mK ve 1.769 W/mK'dır. Burada, 5 numaralı numune en fazla uçucu kül ilavesine sahip numune olup kümülatif por hacminin diğer numunelerden yüksek olması beklenen bir durum olup grafikten de anlaşılmaktadır.



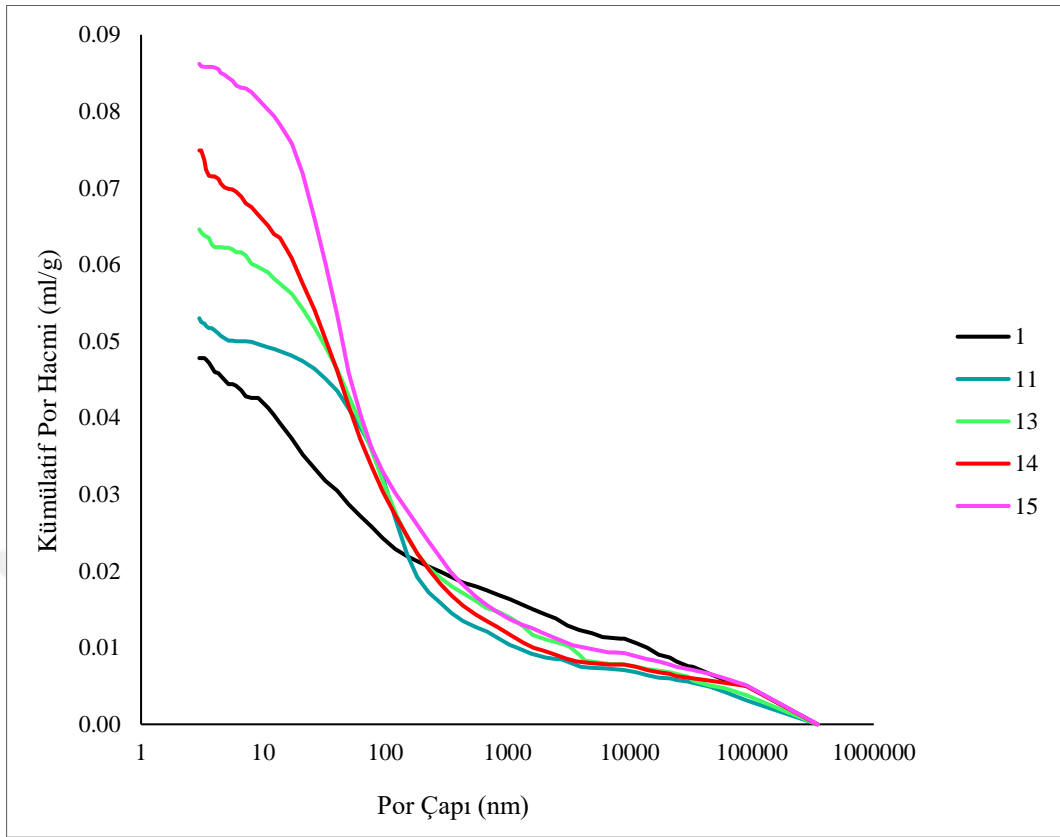
Şekil 4.19: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş arojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Islanma - kuruma grubu numuneler içinde % 0.25 arojel katkılı 8, 9, 10 numaralı numunelerin uçucu kül ilavesi arttıkça termal iletkenlik değerlerinde düşme tespit edilmiştir. Bu numunelerin termal iletkenlik katsayısı değerleri sırasıyla 1.569 W/mK, 1.500 W/mK ve 1.456 W/mK olarak ölçülmüştür. Eğrisel davranış bakımından da bu durum desteklenmektedir. Arojel katkı oranının artmasıyla termal iletkenlikte meydana gelen düşüş eğilimi % 0.50 arojel katkılı grupta da aynıdır.



Şekil 4.20: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş % 0.25 arojel katkıli numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Islanma - kuruma grubu numuneler içinde % 0.50 arojel katkıli 13, 14 ve 15 numaralı numuneler 0 - 10 nm ye kadar uçucu kül katkısının artmasıyla kümülatif por hacim değerleri de artmıştır. 100 nm de ise bütün numuneler birbirlerine çok yakın kümülatif por hacim değerleri vermişlerdir. Bu numunelerin termal iletkenlik katsayıları sırasıyla 2.053 W/mK, 1.379 W/mK ve 1.372 W/mK'tir. 13 numaralı numunenin termal iletkenlik değerinin 14 ve 15 numaralı numunelerden yüksek olmasının sebebi, 0 - 100 nm aralığındaki % 0.50 arojel katkıli numuneler için por hacmi düşüğe termal iletkenliğin artması olarak açıklanabilir.

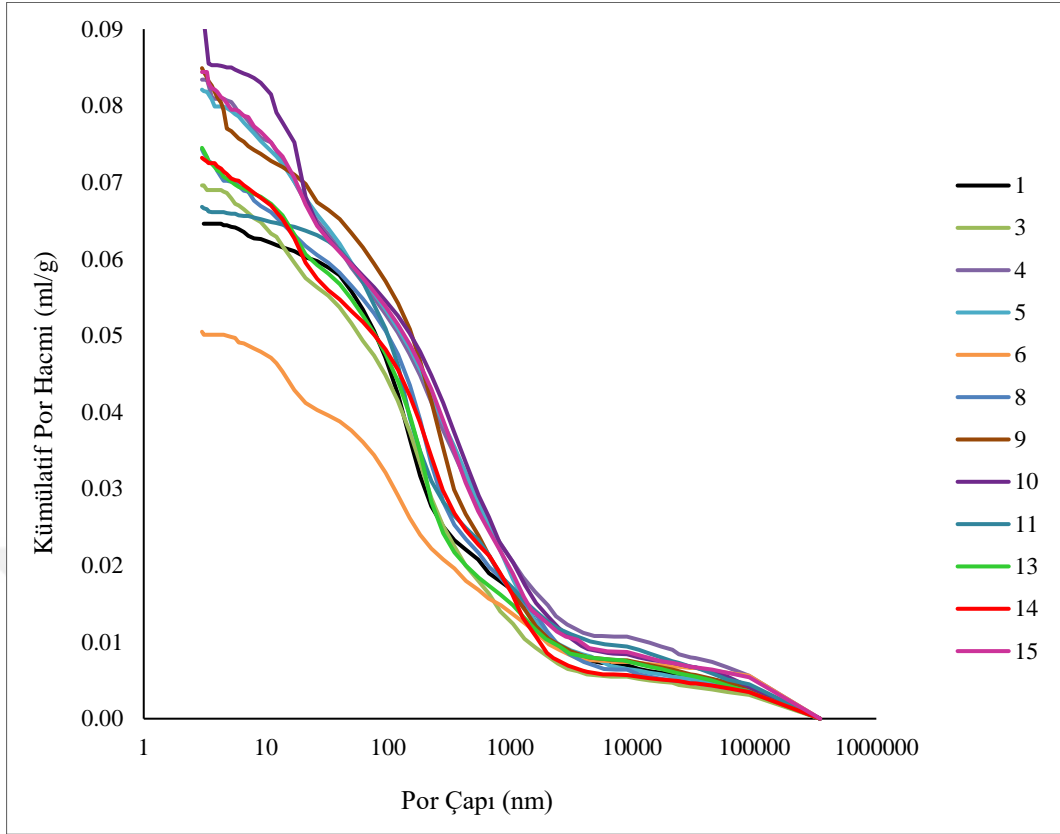


Şekil 4.21: Uçucu kül ilaveli ıslanma - kuruma ortamında kürlenmiş % 0.50 aerojel katkıli numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Uçucu kül ilavesiz 1, 6 ve 11 numaralı numuneler dikkate alındığında, aerojel katkıli 6 ve 11 numaralı numunelerin eğrisel davranışlarının çok benzer olduğu ifade edilebilir. 0 - 100 nm aralığında % 0.25 ve 0.50 aerojel katkıli 6 ve 11 numaralı numuneler, 1 numaralı referans numunesinin üzerinde seyrederken, 100 nm'den sonra ise altında seyretmektedir.

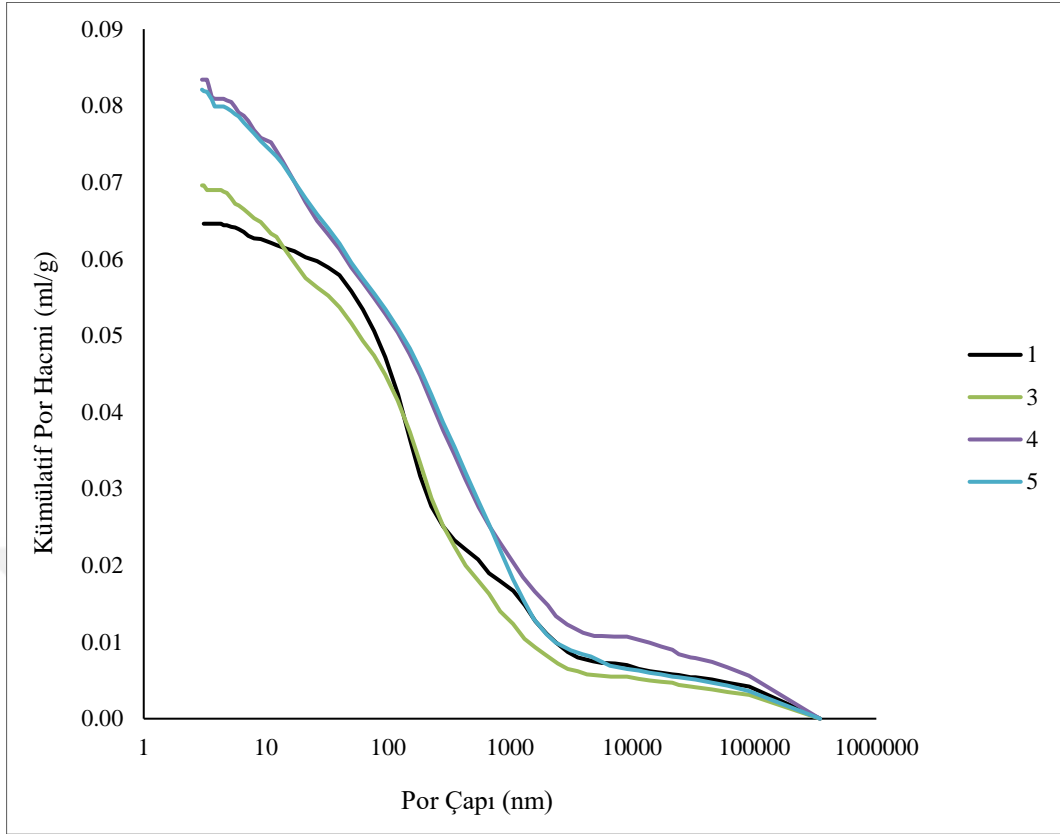
Uçucu kül ilaveli harçlarda; $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numune grubu için por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler Şekil 4.22'de sunulmuştur. Şekil 4.23'de aerojel katkısız 1, 3, 4 ve 5 numaralı numunelere ait por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.24' de % 0.25 aerojel katkıli 6, 8, 9 ve 10 numaralı numunelere ait por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.25'de % 0.50 aerojel katkıli 11, 13, 14 ve 15 numaralı numunelere ait por çapı-kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler verilmiştir.

$MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numuneler için Şekil 4.22'de görülen kümülatif por hacim eğrilerinde 6 numaralı numune dışında bir ayrışma tespit edilememiştir.



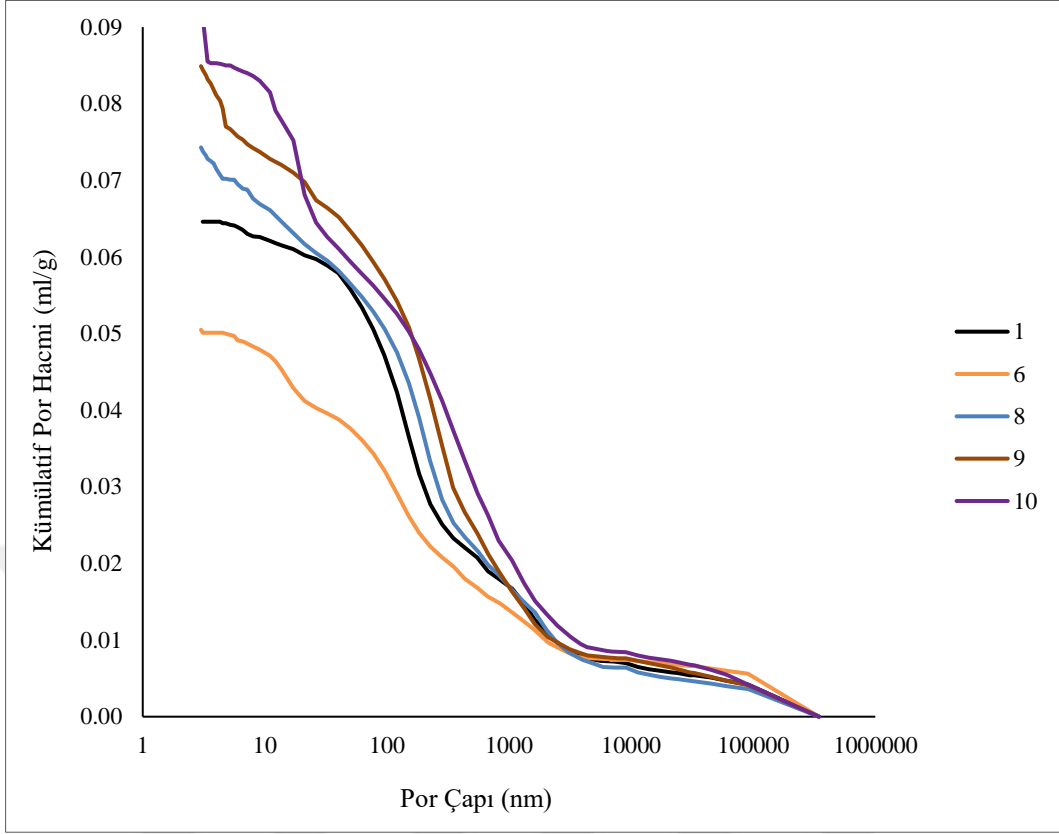
Şekil 4.22: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

$MgSO_4$ ortamında kürlenmiş uçucu küllü arojel katkısız harçların Şekil 4.23'deki por çapı-kümülatif hacim ilişkisi incelendiğinde; 4 ve 5 numaralı numuneler 1000 nm'ye kadar hemen hemen birlikte hareket ederken 1000 nm'den sonra kısmen farklı davranış sergilemişlerdir. 3 numaralı numune ise diğer uçucu kül ilaveli 4 ve 5 numaralı numunelere göre beklenildiği gibi daha düşük kümülatif por hacmine sahiptir.



Şekil 4.23: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş arojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

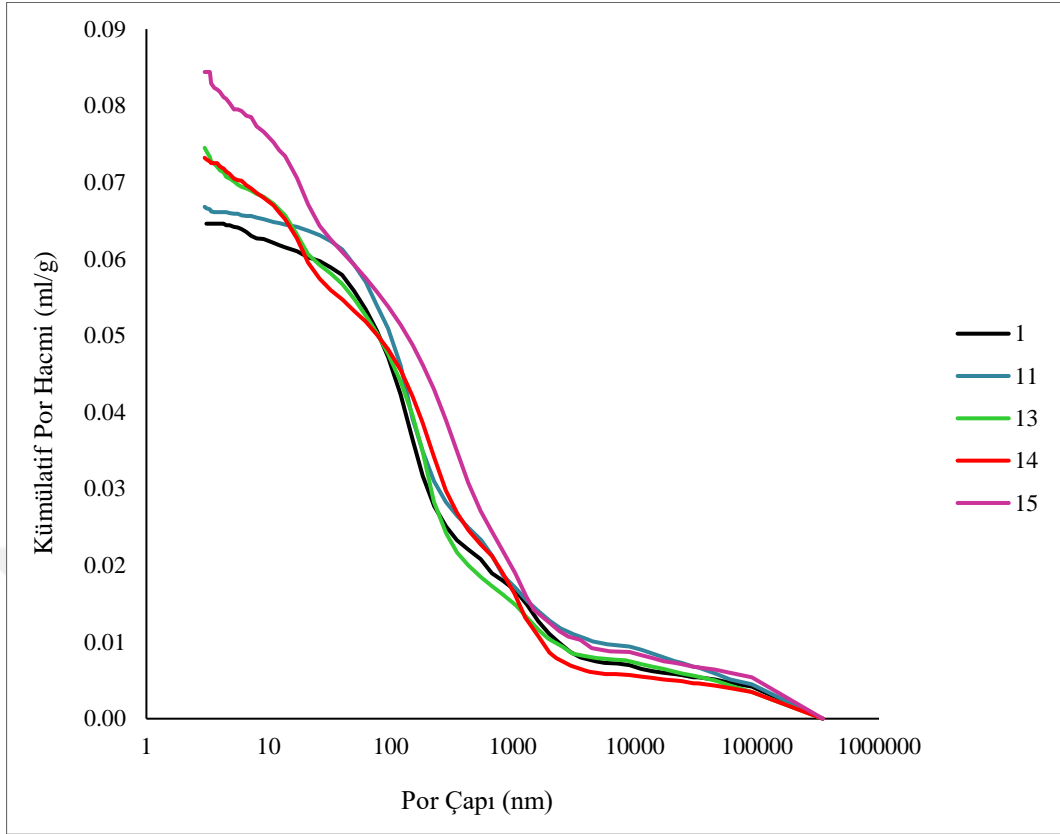
$MgSO_4$ ortamında kürlenmiş uçucu küllü % 0.25 arojel katkılı harçların Şekil 4.24'deki por çapı - kümülatif hacim ilişkisi değerlendirildiğinde; uçucu kül ilavesinin artmasıyla, genel anlamda 8, 9 ve 10 numaralı numunelerin kümülatif por hacim değerlerinin artmış olduğu söylenebilir. $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerde termal iletkenlik değişimlerinin en yüksek olduğu numuneler, % 0.25 arojel katkı oranına sahip olan numuneler olduğu görülmüştür. Diğer bir ifadeyle 8, 9, 10 numaralı numunelerden ölçülen termal iletkenlik değerleri de bu numunelerin kümülatif por hacimlerinin orantılı olarak artmasıyla yine orantılı olarak düşmektedir.



Şekil 4.24: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş % 0.25 arojel katkıli numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

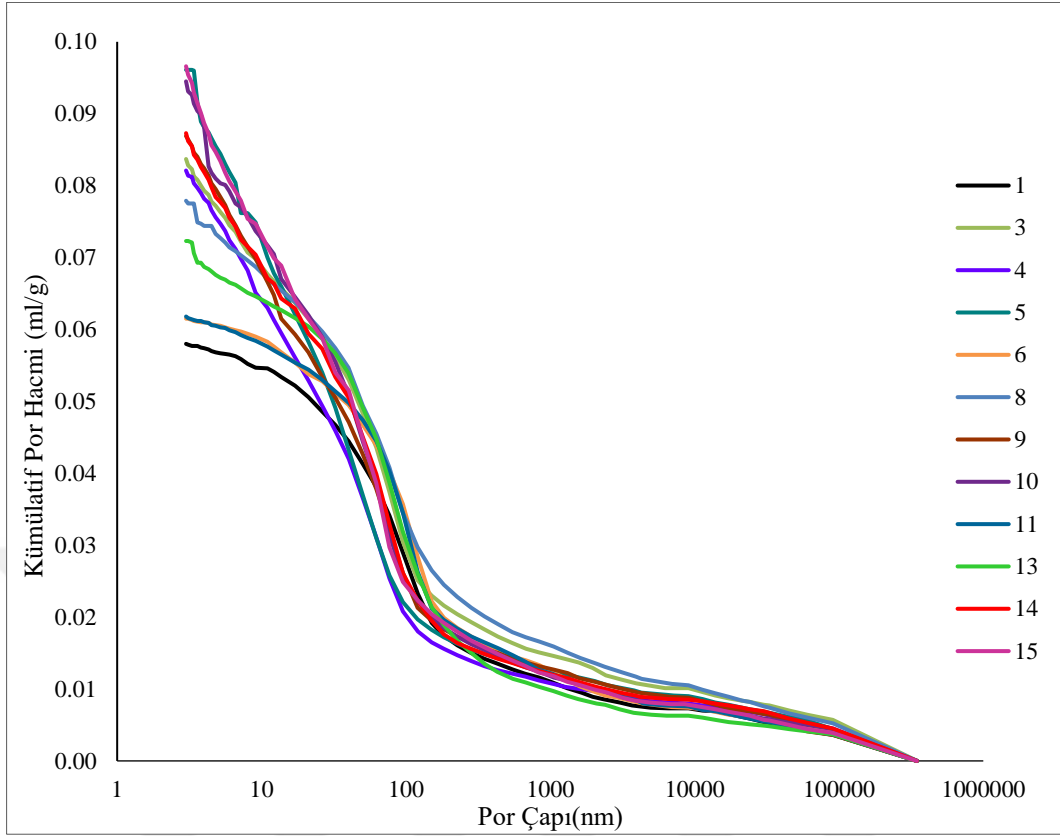
$MgSO_4$ ortamında kürlenmiş uçucu küllü % 0.50 arojel katkıli harçların Şekil 4.25'deki por çapı - kümülatif hacim ilişkisi değerlendirildiğinde; uçucu kül ilavesinin artmasıyla, genel anlamda 13, 14 ve 15 numaralı numunelerin kümülatif por hacim değerlerinin artmış olduğu söylenebilir.

$MgSO_4$ ortamında kürlenmiş 1, 6, 11 numaralı numuneler incelendiğinde; % 0.25 arojel katkısının % 0.50'ye yükseltilmesi ile 0 - 10nm ve 10 - 100 nm aralığında kümülatif por hacminin de arttığı görülmektedir. Arojel katkı oranının % 0'dan % 0.50'ye artırılmasıyla numunelerin kümülatif por hacimlerinin de orantılı olarak artması beklenirken, $MgSO_4$ ortamı durabil bir ortam olması sebebiyle bu durum tam anlamıyla gerçekleşmemektedir. Diğer bir ifadeyle, numunelerdeki arojel katkı oranının artmasıyla 1, 6 ve 11 numaralı numunelerde kümülatif por hacim değerleri aynı oranda artmamıştır. Bu durum $MgSO_4$ ortamının numunelerde düzensizlik oluşturması ile açıklanabilir.



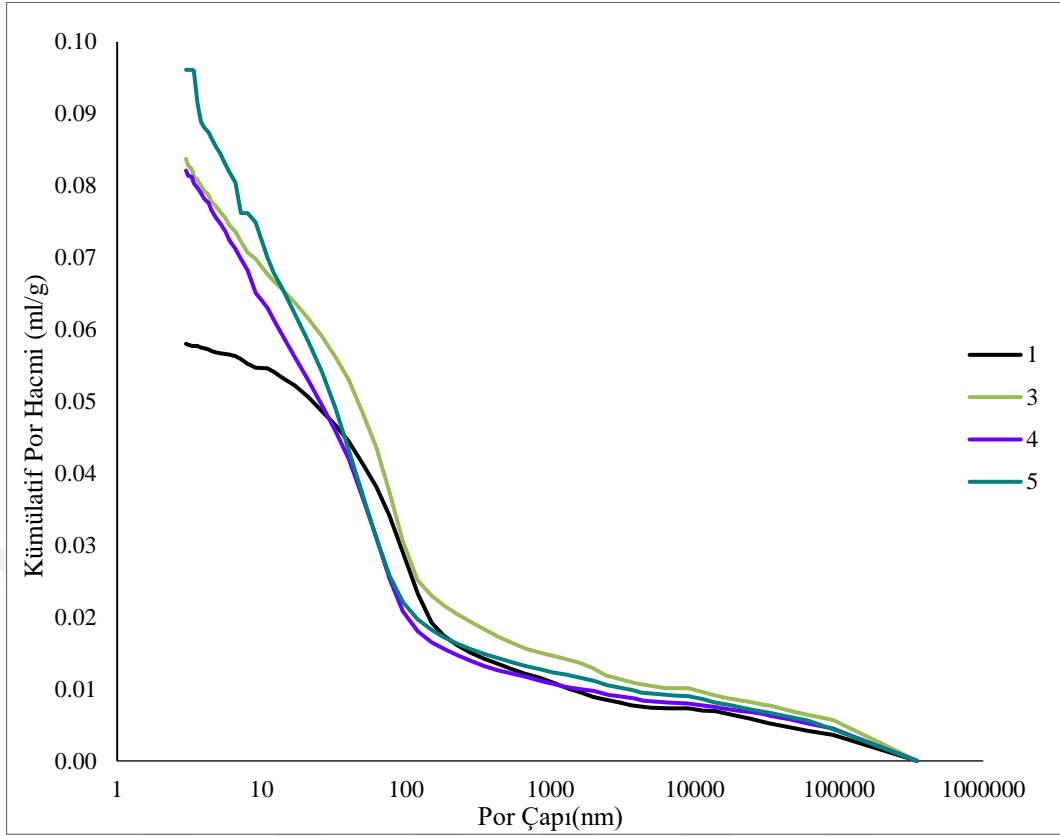
Şekil 4.25: Uçucu kül ilaveli $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş % 0.50 aerojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Uçucu kül ilaveli harçlarda; suda kürlenmiş numuneler için kümülatif por hacim eğrileri Şekil 4.26'da sunulmuştur. Şekil 4.27'de aerojel katkısız 1, 3, 4 ve 5 numaralı numunelere ait por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.28'de % 0.25 aerojel katkılı 1, 6, 8, 9 ve 10 numaralı numunelere ait por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi; Şekil 4.29'da % 0.50 aerojel katkılı 1, 11, 13, 14 ve 15 numaralı numunelere ait por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisini gösteren eğriler verilmiştir.



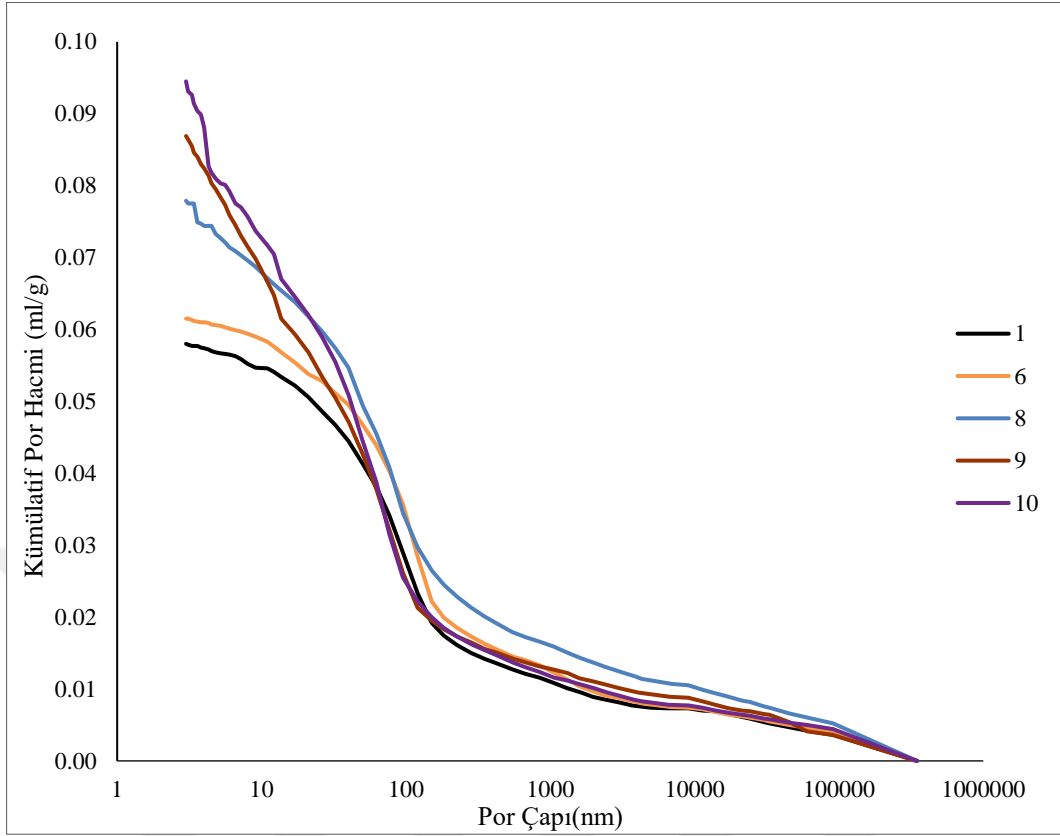
Şekil 4.26: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş numunelerin por çapı - kümülatif por hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu küllü arojel katkısız harçların Şekil 4.27'deki por çapı - kümülatif hacim ilişkisi incelendiğinde; 3, 4, 5 numaralı numunelerin kümülatif por hacim eğrilerinin davranışlarının çok yakın olduğu grafikten görülmektedir. Bu sonuçla orantılı olarak termal iletkenlik değerlerinin de arojel katkısız bu grup için de çok yakın olduğu tespit edilmiştir.



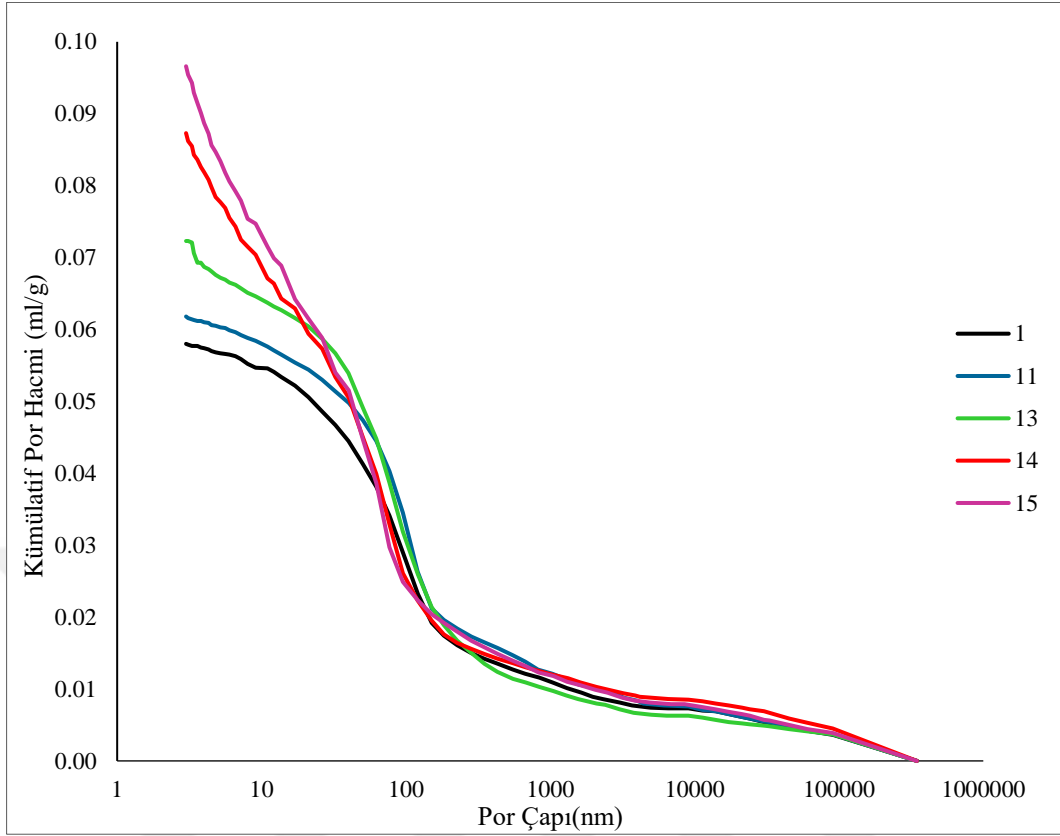
Şekil 4.27: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş aerojel katkısız numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu küllü % 0.25 aerojel içeren harçların Şekil 4.28'deki por çapı - kümülatif hacim ilişkisi incelendiğinde; 8, 9, 10 numaralı numunelerin kümülatif por hacim eğrilerinin davranışlarının çok yakın olduğu yine grafikten görülmektedir. Bu sonuçla orantılı olarak termal iletkenlik değerlerinin de % 0.25 aerojel katkılı bu grup için de yakın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.28: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş % 0.25 aerojel katkıli numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu küllü % 0.50 aerojel içeren harçların Şekil 4.29'daki por çapı - kümülatif hacim ilişkisi incelendiğinde; 13 numaralı numunenin 0 - 100 nm aralığında 14 ve 15 numaralı numunelerden kümülatif por davranışı açısından ayrılmakla birlikte yine de çok benzerdir. 14 ve 15 numaralı numuneler ise birbiriyle tamamen uyumlu eğrisel davranış sergilemişlerdir. Bu sonuçlarla orantılı olarak termal iletkenlik değerlerinin de % 0.50 aerojel katkıli bu grup için de çok yakın olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.29: Uçucu kül ilaveli suda kürlenmiş % 0.50 aerojel katkılı numunelerin por çapı - kümülatif hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu kül ilavesiz 1, 6 ve 11 numaralı numuneler dikkate alındığında, aerojel katkılı 6 ve 11 numaralı numunelerin eğrisel davranışlarının çok benzer olduğu ifade edilebilir. 1 numaralı referans numunesi ise aerojel katkısı olmaması nedeniyle kümülatif por dağılımı açısından beklenildiği gibi daha düşük seyrettiği söylenebilir. Bu durum termal iletkenlik değerlerine de yansımıştır. Diğer bir deyişle; 1 numaralı referans numunesinden en düşük kümülatif por hacim değeri tespit edilirken aynı numuneden en yüksek termal iletkenlik değeri elde edilmiştir.

4.4.2. Civa Porozimetresi Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi

Tez çalışmasında üç grup por türü kullanılmıştır. Bunlar; jel por, kapiler por ve makro porlardır. Jel por < 10 nm aralığı, kapiler por 10 - 10000 nm aralığı, makro por ise 10000 nm üzeri olarak ifade edilmektedir (Cho,2012).

4.4.2.1. Silis Dumanı İlaveli Harçların Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi

Silis dumanı ilaveli harçların kür ortamlarına göre por seviyeleri; jel por, kapiler por ve makro por seviyelerinde sırasıyla Tablo 4.5, 4.6 ve 4.7' de sunulmuştur.

Tablo 4.5: Silis dumanı ilaveli harçların jel por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	12.17	3.46	5.77
2	18.95	13.25	11.06
7	15.20	11.97	23.90
12	15.52	12.87	16.64

Tablo 4.6: Silis dumanı ilaveli harçların kapiler por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	64.93	86.03	81.86
2	71.49	77.80	74.88
7	74.10	78.86	62.64
12	74.51	76.07	70.14

Tablo 4.7: Silis dumanı ilaveli harçların makro por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	22.91	10.51	12.37
2	9.56	8.95	14.06
7	10.70	9.18	13.46
12	9.97	11.06	13.22

4.4.2.2. Uçucu Kül ilaveli Harçların Por Türü - Kür Ortamı İlişkisi

Uçucu kül ilaveli harçların kür ortamlarına göre por seviyeleri; jel por, kapiler por ve makro por seviyelerinde sırasıyla Tablo 4.8, 4.9 ve 4.10' da verilmiştir.

Tablo 4.8: Uçucu kül ilaveli harçların jel por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	12.17	3.46	5.77
3	10.29	7.92	17.80
4	9.57	9.45	21.92
5	7.62	8.91	24.48
6	4.94	5.90	4.60
8	12.07	10.47	12.78
9	11.97	13.69	21.42
10	10.08	10.94	23.01
11	6.77	2.68	6.11
13	8.10	9.16	11.24
14	12.10	7.75	21.15
15	6.11	10.03	24.24

Tablo 4.9: Uçucu kül ilaveli harçların kapiler por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	64.93	86.03	81.86
3	78.15	84.36	70.39
4	82.50	77.92	68.49
5	79.17	83.27	66.33
6	83.12	79.53	83.50
8	79.79	81.25	74.06
9	73.81	77.50	68.70
10	82.22	80.15	68.97
11	80.07	83.50	81.92
13	80.02	80.99	80.22
14	77.65	84.58	68.21
15	83.30	79.86	67.82

Tablo 4.10: Uçucu kül ilaveli harçların makro por seviyeleri (%).

Numune No	Islanma - Kuruma	MgSO ₄	Su
1	22.91	10.51	12.37
3	11.56	7.72	11.82
4	7.93	12.63	9.59
5	13.21	7.82	9.19
6	11.94	14.57	11.90
8	8.15	8.28	13.16
9	14.23	8.81	9.88
10	7.70	8.91	8.02
11	13.16	13.82	11.96
13	11.88	9.84	8.54
14	10.25	7.67	9.64
15	10.60	10.11	7.94

4.4.3. Civa Porozimetresi Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi

Civa porozimetresi deney sonuçları aerojel içeriği ve por türü ilişkilendirilerek değerlendirilmiştir. Tez çalışması kapsamında kullanılan silis dumanı ve uçucu kül ilaveli harçlardaki aerojel içeriği ile por türü ilişkileri ayrı başlıklar altında sunulmuştur.

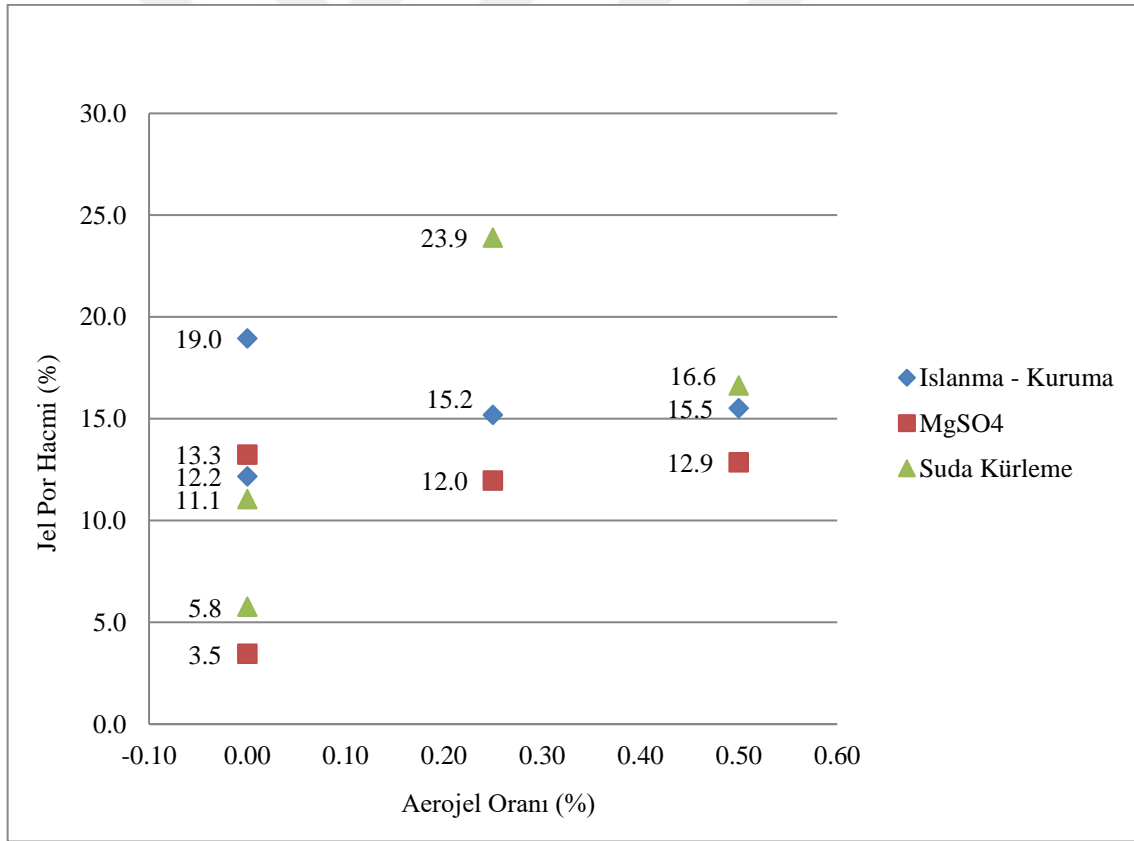
4.4.3.1. Silis Dumanı İlaveli Harçlarda Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi

Bütün kür koşulları için aerojel oranları ile jel por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.30'da sunulmuştur. Aerojel katkı oranı ile ilişkilendirilen jel por, kapiler por ve makro por seviyeleri sunulan grafiklerde % olarak ifade edilmiştir. Numunelerin por seviyeleri arasındaki değişimler de aynı şekilde % olarak verilmiştir.

Kür ortamlarına göre jel por seviyeleri irdelendiğinde; ıslanma - kuruma grubundaki numunelerde; 1 numaralı referans numunesi ile silis dumanı ilaveli aerojel katkısız 2 numaralı numune arasındaki jel por farkının % 6.8 arttığı tespit edilmiştir. Islanma - kuruma grubundaki en yüksek jel por seviyesine 2 numaralı numune sahiptir ve en düşük termal iletkenlik katsayısı değeri de bu numuneden ölçülmüştür (1.458 W/mK). % 0.25 aerojel katkı oranına sahip 7 numaralı numunenin jel por farkı, 2 nolu numuneye göre % 3.8 düşerken %

0.50 aerojel içeren 12 numaralı numune için bu değer 2 numaralı numuneye göre % 3.4 azalmıştır.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerin jel por hacim dağılımları incelendiğinde; 2 numaralı numunenin jel por farkının 1 numaralı numuneye göre % 9.8 arttığı görülmüştür. Bu kür ortamında tespit edilen en düşük iki termal iletkenlik katsayısı değerleri 2 ve 7 numaralı numunelerden sırasıyla 1.492 ve 1.458 W/mK olarak elde edilmiştir. Bu iki numunenin jel por seviyeleri de birbirine oldukça yakındır. % 0.25 aerojel katkı 7 numaralı numunenin jel por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 1.3 düşmüştür. % 0.50 aerojel katkı oranı için ise 12 numaralı numunenin jel por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 0.4 düşmüştür. 7 ve 12 numaralı numunelerin termal iletkenlik katsayısı değerleri (1.458 W/mK) aynı olup jel por seviyeleri de birbirine çok yakındır.



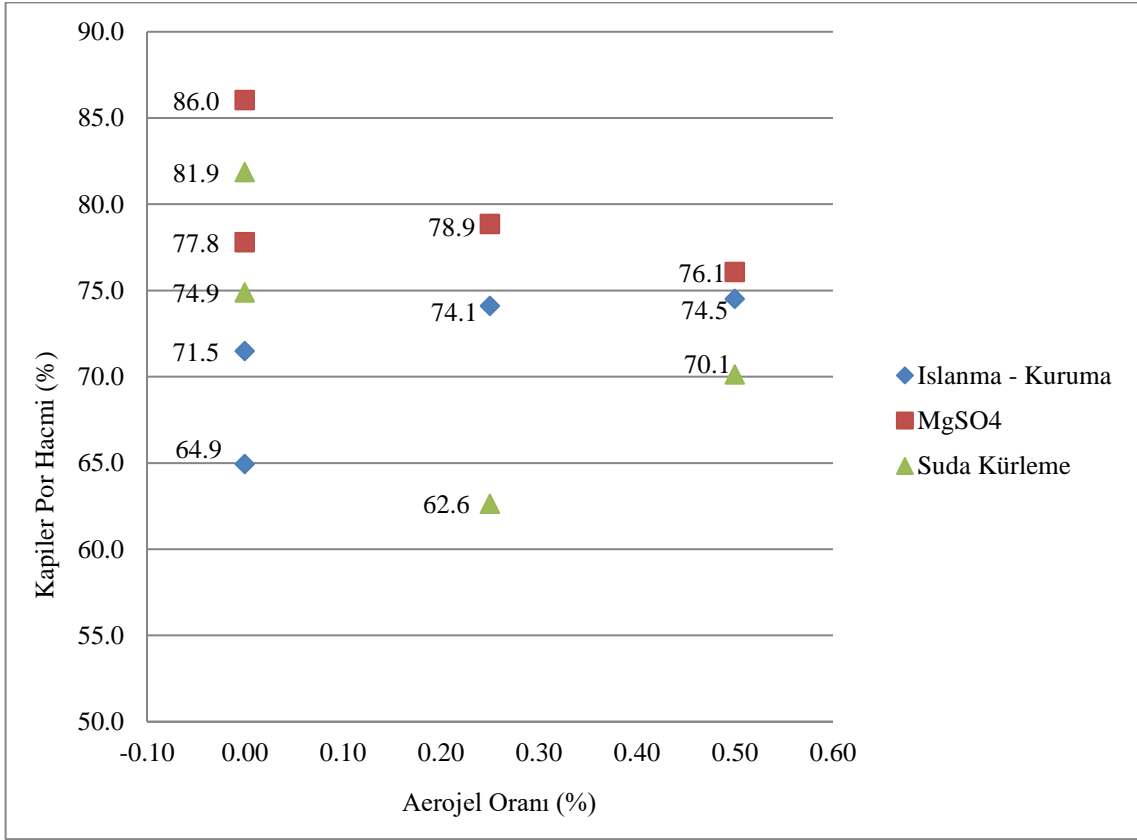
Şekil 4.30: Silis dumanı ilaveli harçların aerojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş numunelerin aerojel oranlarına göre jel por hacim değişimleri incelendiğinde; silis dumanı ilave edilmesiyle 2 numaralı numunenin referans numunesine göre jel por farkı % 5.3 yükselmiştir. Aerojel ilavesi ile % 0.25 aerojel katkı oranı için 7 numaralı numunenin jel por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 12.8 yükselmiştir. Bu katkı oranı için 7

numaralı numunenin termal iletkenlik katsayısı suda kürlenene numuneler için en düşük seviyededir (1.733 W/mK). Katkı oranı % 0.50 ye yükseltince 12 numaralı numunenin jelpor farkı da 2 numaralı numuneye göre % 7.3 yükselmiştir. Silis dumanı ilaveli numunelerde genel olarak jel por seviyelerinin 1 numaralı referans numuneye göre arttığı belirlenmiştir.

Harç numunelerinin bütün kür koşulları için arojel oranları ile kapiler por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.31’de gösterilmiştir. Islanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde ise elde edilen bulgular şu şekildedir: 2 numaralı numunenin 1 numaralı referans numunesine göre kapiler por farkının % 6.6 arttığı tespit edilmiştir. Bu grupta, silis dumanı ilaveli numuneler içinde en düşük kapiler por seviyesine sahip olan 2 numaralı numunedir ve en düşük termal iletkenlik katsayısı değeri (1.458 W/mK) de bu numuneden ölçülmüştür. % 0.25 arojel katkı 7 numaralı numunenin kapiler por değişimi, 2 numaralı numuneye göre % 2.6 yükselirken % 0.50 arojel oranı için (12 numaralı numune) bu artış 2 numaralı numuneye göre % 3 olmuştur. 7 ve 12 numaralı numunelerin termal iletkenlik değerleri (1.923 ve 1.868 W/mK) çok yakın olup kapiler por seviyeleri arasındaki fark da çok azdır (% 0.4).

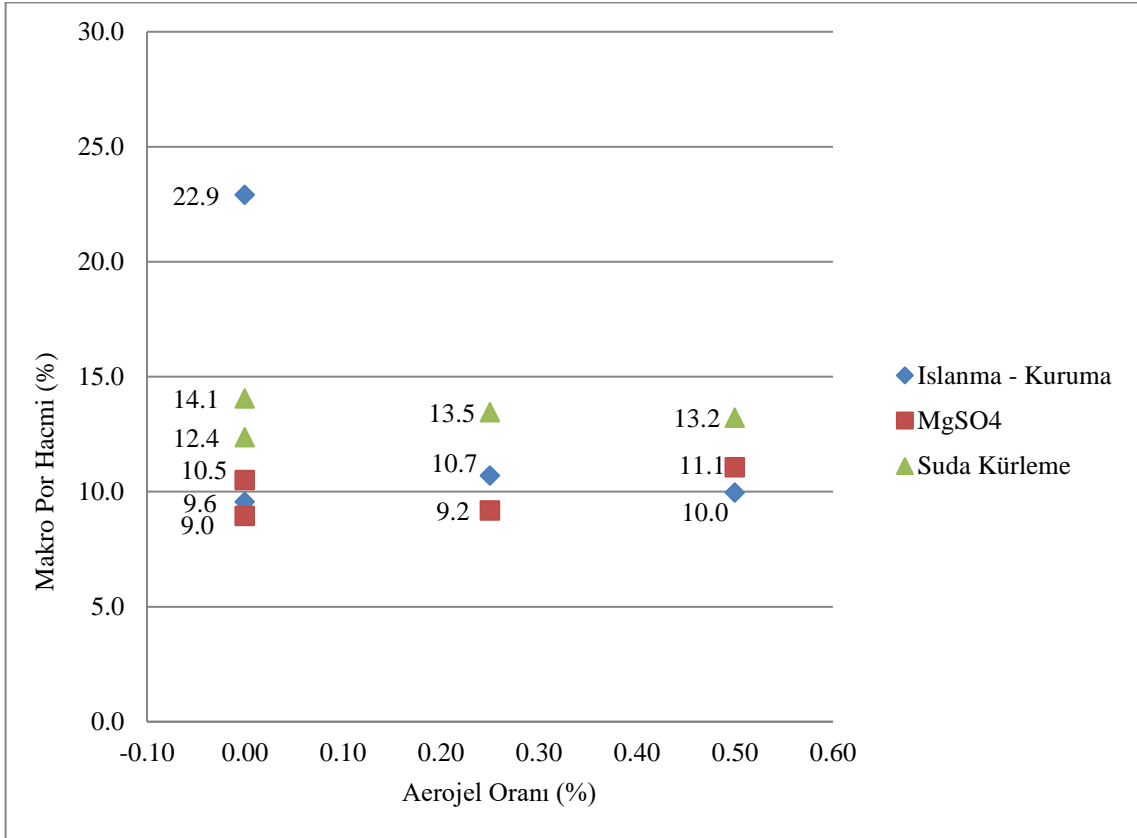
MgSO₄ ortamında kürlenene numunelerin kapiler por değişimleri incelendiğinde; 2 numaralı numunenin referans numunesine göre kapiler por değeri % 8.2 azalmıştır. Bu kür ortamında tespit edilen en düşük iki termal iletkenlik katsayısı ölçümleri 7 ve 12 numaralı numunelerden 1.458 W/mK olarak elde edilmiştir. Bu iki numunenin kapiler por değerleri de birbirine çok yakındır. % 0.25 arojel katkı 7 numaralı numunenin kapiler por değeri 2 numaralı numuneye göre % 1.1 artmıştır. % 0.50 arojel katkı oranı için ise 12 numaralı numunenin kapiler por değeri 2 numaralı numuneye göre % 1.7 azalmıştır. Bu gruptaki 2, 7 ve 12 numaralı numunelerin kapiler por değerleri birbirine çok yakın olup termal iletkenlik katsayısı değerleri de aynı şekilde birbirine çok yakındır.



Şekil 4.31: Silis dumanı ilaveli harçların aerojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş numunelerin aerojel oranlarına göre % kapiler por değişimleri incelendiğinde; silis dumanı ilave edilmesiyle 2 numaralı numunenin kapiler por değeri referans numunesine göre % 7 azalmıştır. % 0.25 aerojel katkı oranına sahip 7 numaralı numunenin kapiler por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 12.2 azalmıştır. 7 numaralı numunenin termal iletkenlik değeri suda kürlenmiş numuneler arasında en düşük termal iletkenlik katsayısına (1.733 W/mK) sahiptir. Aerojel katkı oranı % 0.50 ye yükseltildince 12 numaralı numunenin kapiler por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 4.7 azalmıştır. Suda kürlenmiş 7 ve 12 numaralı numunelerin termal iletkenlik değerleri ve kapiler por dağılımları beklenen değerlerin biraz dışında gerçekleşmiştir. Örneğin 7 numaralı numunenin aerojel katkı olması sebebiyle 2 numaralı numuneden daha yüksek kapiler por değerine sahip olması gerekirdi. Bu durum termal iletkenlik sonuçlarına da yansımıştır, ancak termal iletkenlik değeri düşük olan 7 numaralı numunenin kapiler por değerinin de düşük olması numune hazırlanma hatasından kaynaklanmış olabilir.

Harç numunelerinin bütün kür koşulları için aerojel oranları ile makro por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.32’de gösterilmiştir.



Şekil 4.32: Silis dumanı ilaveli harçların aerojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.

Islanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde karışımlara silis dumanı ilave edilmesiyle, 2 numaralı numune makro por seviyesinin 1 numaralı referans numunesine göre % 13.4 azaldığı tespit edilmiştir. Termal iletkenlik katsayısının en düşük ölçüldüğü numune de 2 numaralı numunedir (1.458W/mK). 7 numaralı numune ve 12 numaralı numunenin 2 numaralı numuneye kıyasla makro por seviyelerinde kısmi bir artışa sahip oldukları anlaşılmaktadır. Makro por boşlukları birbirine yakın olan 7 ve 12 numaralı aerojel katkıli numunelerin termal iletkenlik katsayıları (1.923 ve 1.868 W/mK) da birbirine oldukça yakındır.

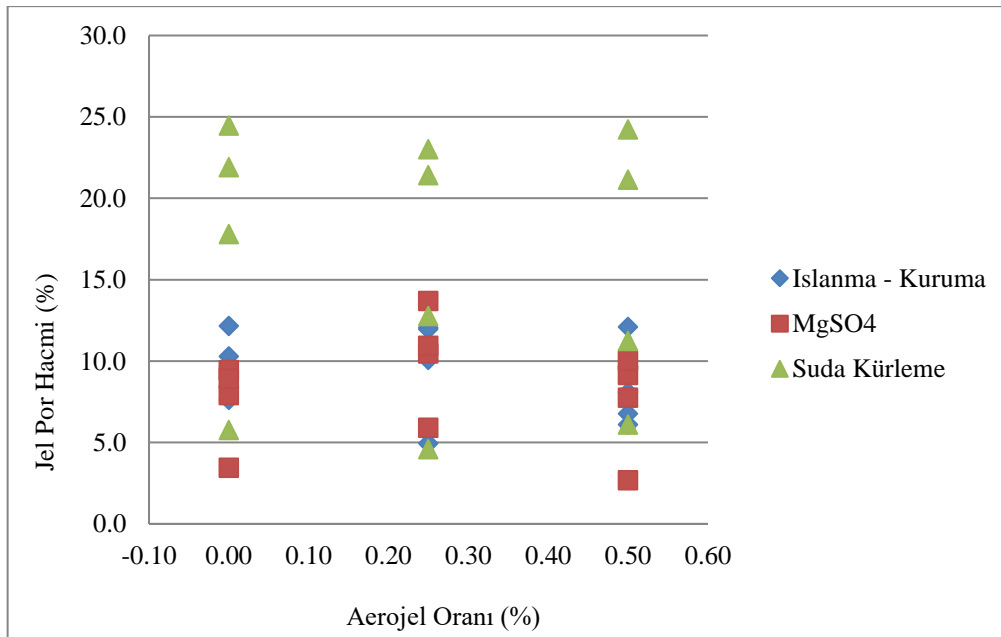
MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerin makro por dağılımları incelendiğinde; 2 numaralı numunenin 1 numaralı referans numunesine göre makro por seviyesi % 1.6 oranında azalmıştır. 7 ve 12 numaralı numunelerin aerojel katkısız 2 numaralı numuneye göre makro por seviyeleri sırasıyla % 0.23 ve % 2.11 oranında azalmıştır. Bu gruptaki numunelerde aerojel katkı oranının artmasıyla makro por seviyeleri de artmış olup termal iletkenlik seviyeleri de buna bağlı olarak kısmi düşme eğilimleri göstermiştir.

Suda kürlenene numuneler incelendiğinde; 2 numaralı numunenin 1 numaralı referans numunesine göre makro por seviyesi % 1.7 artmıştır. Aerojel ilavesi ile % 0.25 aerojel katkı oranı için (7 numaralı numune) makro por seviyesi 2 numaralı numuneye göre % 0,6 azalmıştır. 7 numaralı numunenin termal iletkenlik katsayısı su grubu için en düşük seviyededir (1.733 W/mK). Aerojel katkı oranı % 0.50 ye yükseltilince 12 numaralı numune makro por oranı 2 numaralı numuneye göre % 0.9 azalmıştır. Su grubu içindeki makro por seviyelerinde pek önemli bir fark olmadığı açıktır. Suda kürlenene numunelerde aerojel oranı % 0.25'ten % 0.50'ye yükseltildiğinde termal iletkenlik katsayısı değerinde de 1.733 W/mK' den 2.080 W/mK' a varan bir artış olmuştur.

Şekil 4.30, Şekil 4.31 ve Şekil 4.32' de gösterilen jel por, kapiler por ve makro por seviyeleri ile kür ortamları arasındaki ilişki incelendiğinde, durabil ortamlar olan ıslanma - kuruma ve MgSO₄ ortamlarında kürlenene numunelerin benzer davranış sergilediği, suda kürlenene numunelerin ise farklı bir davranış gösterdiği tespit edilmiştir.

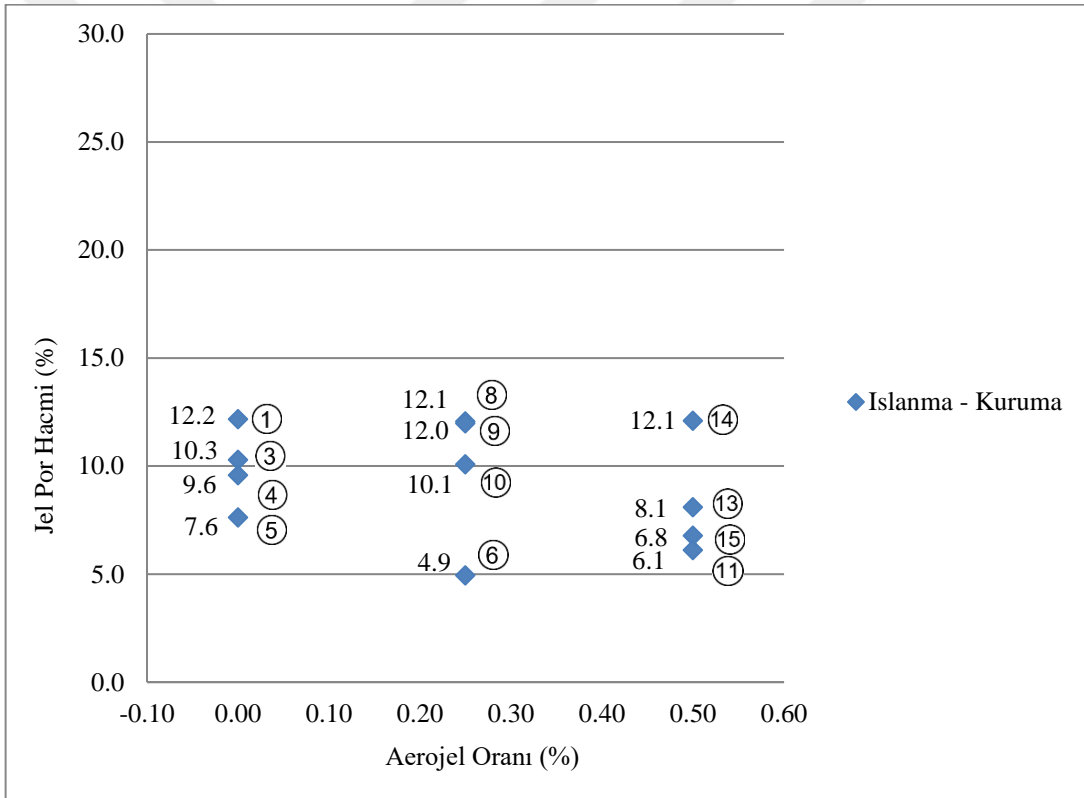
4.4.3.2. Uçucu Kül İlaveli Harçlarda Aerojel Katkı Oranı - Por Türü - Termal İletkenlik İlişkisi

Bütün kür koşulları için aerojel katkı oranları ile jel por dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.33'de sunulmuştur.



Şekil 4.33: Uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.

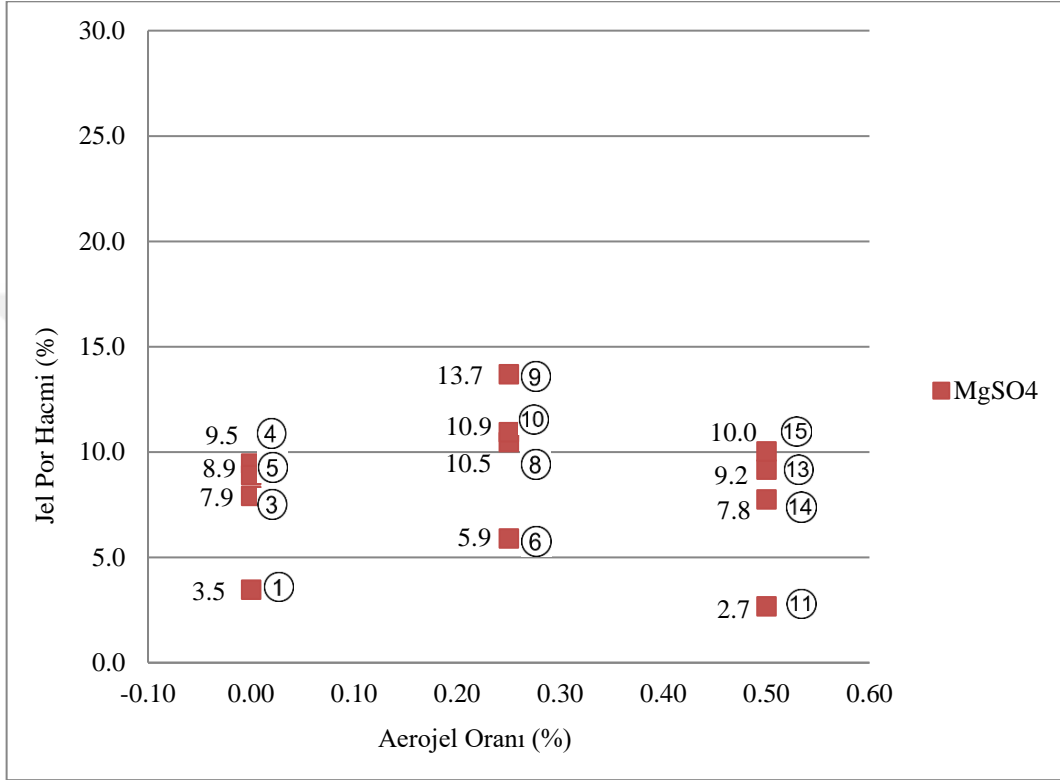
Islanma - kuruma ortamında kürlenen uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile jel por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.34’de sunulmuştur. Islanma - kuruma grubundaki aerojel katkısız (3, 4, 5 numaralı) ve % 0.25 aerojel katkılı (8, 9, 10 numaralı) numunelerde uçucu kül ilave oranı arttıkça jel por seviyesi düştüğü görülmektedir. Aerojel katkısı % 0.50 olduğunda ise, 14 numaralı numune hariç jel por seviyesi düşmektedir. Bu numunede jel por seviyesinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu numune ıslanma - kuruma grubundaki 15 numaralı numuneyle birlikte en düşük termal iletkenlik katsayısına sahip iki numuneden biridir (1.379 W/mK, 1.372 W/mK). Ayrıca 14 numaralı numune % 44.1 oranı ile bütün kür grubu numuneler içinde en yüksek termal iletkenlik düşüşüne sahip olan numune iken 15 numaralı numunenin termal iletkenlik değerindeki azalma ise % 40.7’dir.



Şekil 4.34: Islanma - kuruma ortamında kürlenen uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.

MgSO₄ ortamında kürlenen numunelerin aerojel katkı oranları ile jel por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.35’de verilmiştir. MgSO₄ ortamında kürlenen numunelerin jelpor seviyeleri incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekildedir: Uçucu kül ilavesinin artmasıyla tüm aerojel gruplarında referans numunesine göre jel por hacminde artış meydana gelmiştir. Ancak aerojel katkı oranının % 0.25 seviyesinde kullanılmasıyla jel por seviyesi de

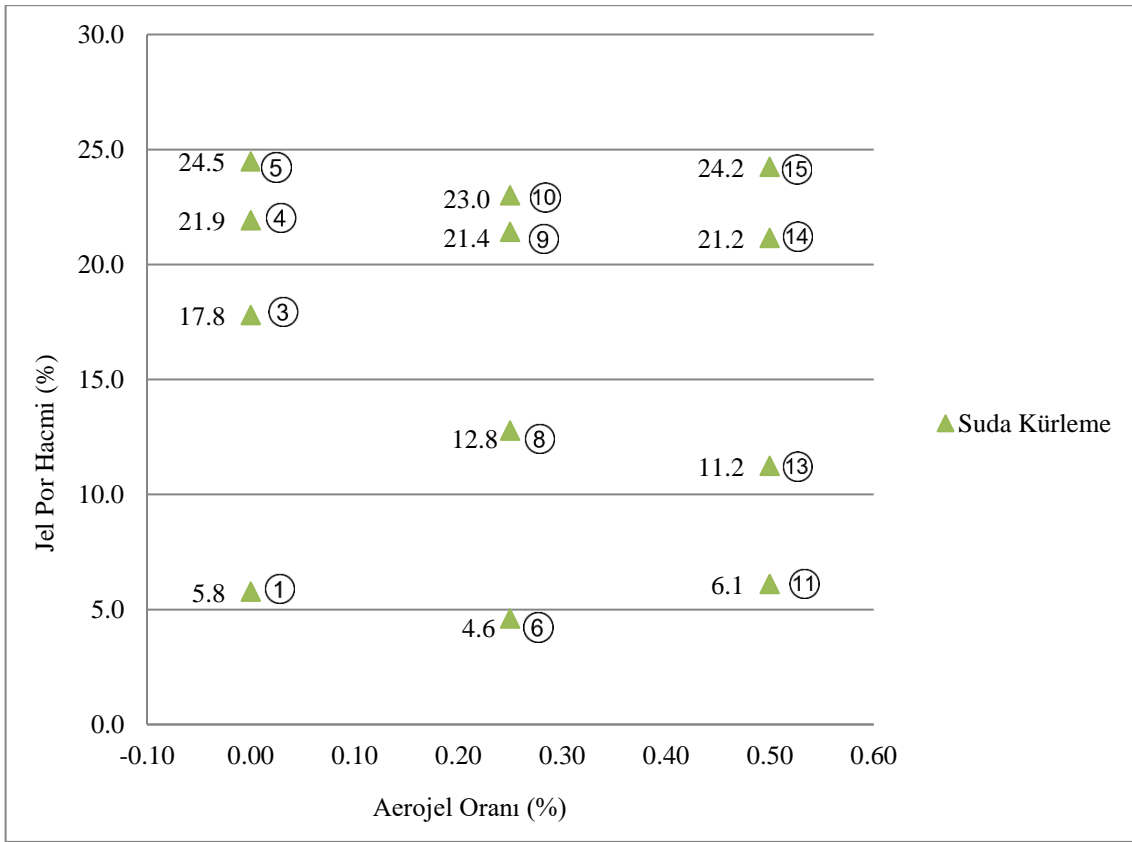
maksimum düzeye ulaşmıştır. En düşük termal iletkenlik katsayıları da % 0.25 aerojel katkı oranına sahip bu numunelerden elde edilmiştir (9 numaralı numune, 1.268 W/mK). MgSO₄ ortamında en yüksek jel por seviyesi (9 numaralı numune), en düşük termal iletkenlik değerini işaret etmektedir.



Şekil 4.35: MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.

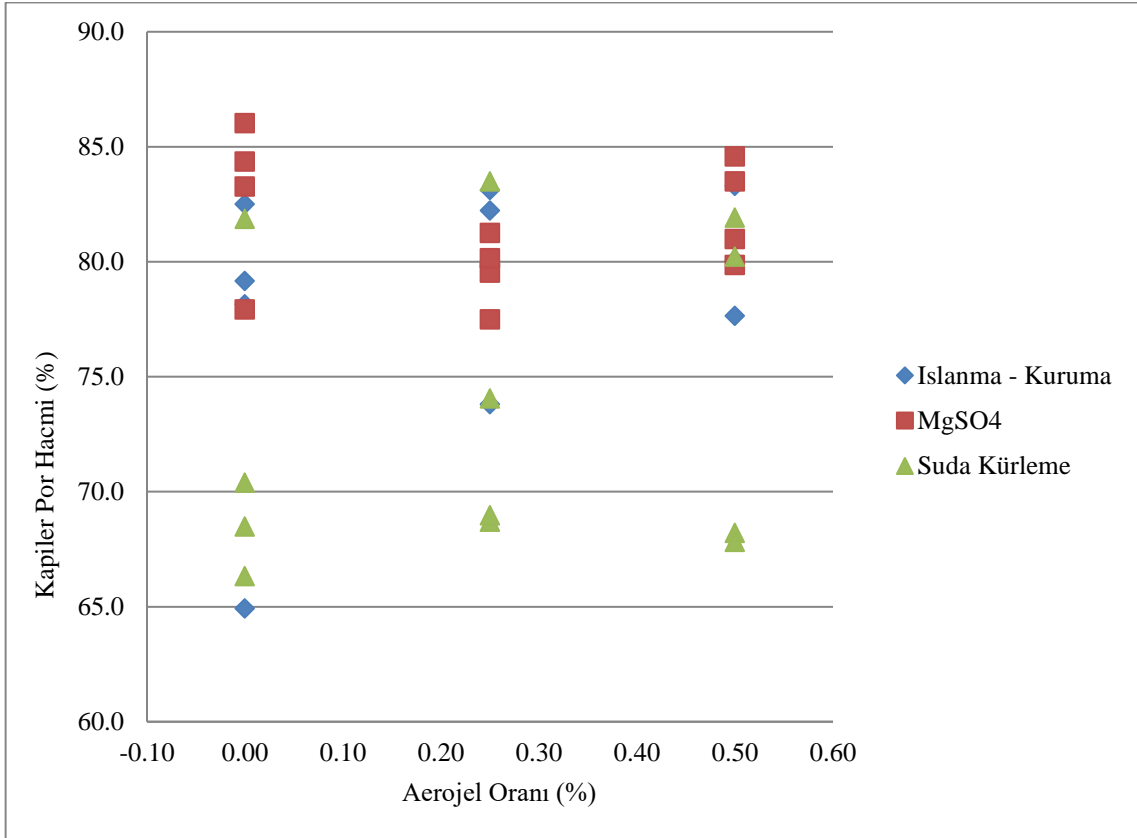
Suda kürlenmiş numunelerin aerojel katkı oranları ile jel por dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.36'da sunulmuştur. Suda kürlenmiş numunelerin aerojel oranlarına göre jel por değişimleri incelendiğinde şu bulgulara ulaşılmıştır: Aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numuneler, aerojel katkı oranı % 0.25 olan 8, 9, 10 numaralı numuneler ve % 0.50 aerojel katkılı 13, 14, 15 numaralı numuneler kendi grupları içinde incelendiğinde; uçucu kül ilave oranı arttıkça jel por seviyelerinin de arttığı tespit edilmiştir. Bu durum suda kürlenmiş numunelerde diğer kür ortamlarında kürlenmiş numunelere göre daha düzenli seyretmiştir. Suda kürlenmiş numunelerde % 0.25 ve % 0.50 aerojel katkılı numuneler için % 40 uçucu kül ilave edilen 9 ve 14 numaralı numunelerde termal iletkenlik değerlerindeki azalmanın dikkat çekici olduğu söylenebilir.

Uçucu kül katkısız olan 1, 6 ve 11 numaralı numuneler incelendiğinde; ıslanma - kuruma ve suda kürlenmiş numunelerin davranışlarının benzer olduğu tespit edilmiştir. Islanma - kuruma ortamında ve suda kürlenmiş % 0.25 aerojel katkı 6 numaralı numunelerde 1 numaralı referans numunesine göre bir düşüş tespit edilirken, aerojel oranının % 0.50'e yükseltilmesi ile 11 numaralı numunelerin jel por seviyelerinde ise yükselme tespit edilmiştir. $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerde ise durum, su ve ıslanma - kuruma grubu numunelere göre tam tersi seyretmiştir. Yine aynı kür ortamındaki % 0.25 aerojel katkı 6 numaralı numunenin jel por seviyesi 1 numaralı numuneye göre yüksek seyretmiştir.



Şekil 4.36: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - jel por hacmi ilişkisi.

Uçucu kül ilaveli, numunelerin bütün kür koşulları için aerojel oranları ile kapiler por dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.37'de sunulmuştur.



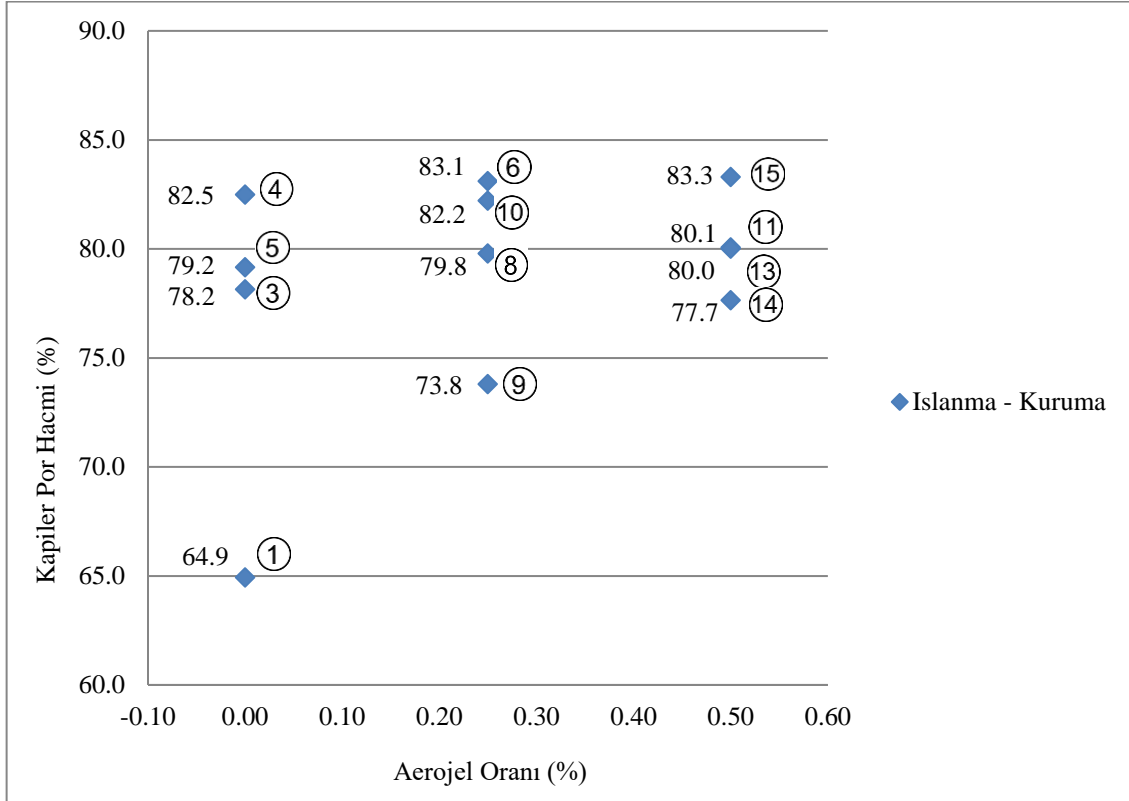
Şekil 4.37: Uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.

Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile kapiler por hacmi dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.38’de sunulmuştur. Islanma - kuruma grubundaki aerojel katkısız (3, 4, 5 numaralı) numunelerde uçucu kül ilavesinin artmasıyla kapiler boşluk seviyelerinde düzenli bir artış gözlenmemiştir. % 40 uçucu kül ilaveli 4 numaralı numunenin kapiler boşluk seviyesinin 3 ve 5 numaralı numunelerin kapiler boşluk seviyelerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Durabil ortam olmasına rağmen 4 numaralı numune, beklenildiği şekilde en düşük termal iletkenlik değerine (1.758 W/mK) sahiptir.

Aerojel katkı oranı % 0.25 olan 8, 9, 10 numaralı numuneler incelendiğinde; uçucu kül ilavesinin artmasıyla kapiler boşluk seviyelerinde düzenli bir artış olmamıştır. Bununla birlikte; % 0.25 aerojel katkı oranı için % 50 uçucu kül ilaveli 10 numaralı numune en yüksek kapiler boşluk seviyesine sahiptir ve en düşük termal iletkenlik değeri de yine bu numunedendir (1.456 W/mK). Aerojel katkı oranı % 0.50 olan 13, 14, 15 numaralı numuneler için de benzer durum söz konusudur. En yüksek kapiler por seviyesi % 50 uçucu kül ilaveli

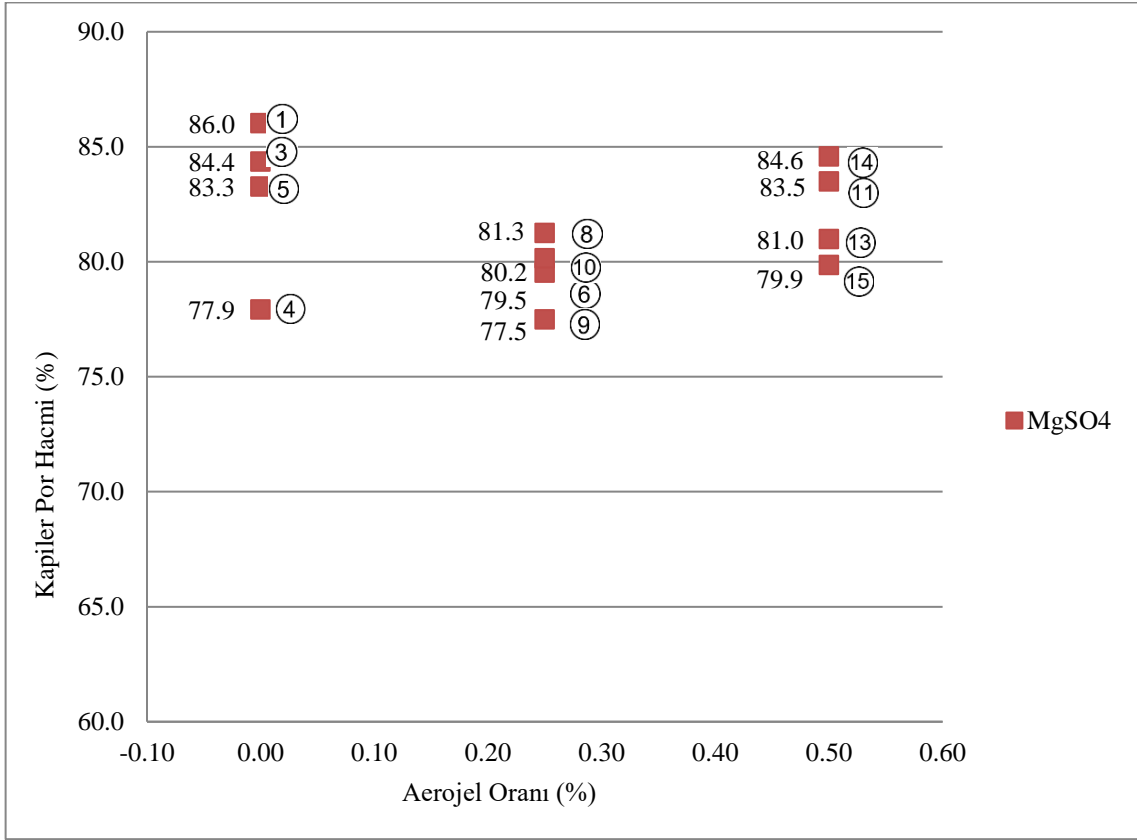
15 numaralı numuneden elde edilmiş olup, en düşük termal iletkenlik değeri 1.372 W/mK olarak yine aynı numuneden ölçülmüştür.

Islanma - kuruma grubu numunelerin aerojel katkı oranı arttıkça uçucu kül ilavesinin aynı olduğu numunelerde kapiler por seviyesinin arttığı söylenebilir. Buna bağlı olarak termal iletkenlik değerlerinin de azaldığı ifade edilebilir.



Şekil 4.38: Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile kapiler por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.39’da verilmiştir. Herhangi bir gruptaki kapiler por seviyelerinin daha yüksek olduğu net olarak söylenemez. MgSO₄ ortamının zararlı ortam oluşu göz önüne alındığında elde edilen por seviyeleri ve termal iletkenlik değerlerinin çok düzenli olması beklenemez. Bununla birlikte, aerojel katkı oranının % 0.25’ten % 0.50’ye artırılması durumunda por seviyelerinde nispi bir artış tespit edilmiştir. Bu artışa rağmen aerojel katkı oranı % 0.50 olan grupta termal iletkenlik değerleri daha yüksektir. Bunun nedeni, MgSO₄’ün harç yapısını aşındırarak arojeli ortam dışına sürüklemesi ve açığa çıkan boşlukların aerojel katkısız gibi davranması ile açıklanabilir.

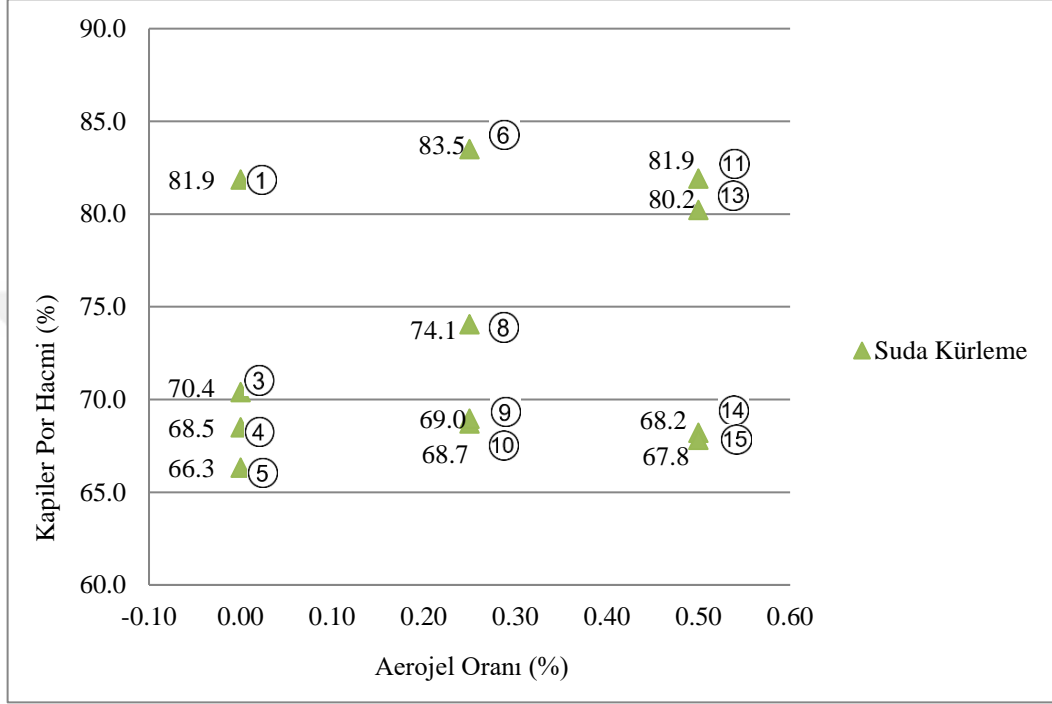


Şekil 4.39: MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile kapiler por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.40'da sunulmuştur. Suda kürlenmiş numunelerin aerojel katkı oranlarına göre kapiler por değişimleri incelendiğinde; aerojel katkı oranının artmasıyla % 30 uçucu kül ilaveli 3, 8, 13 numaralı numuneler için kapiler por seviyelerinin arttığı tespit edilmiştir. Ancak % 0.25 ve % 0.50 aerojel katkı oranları için uçucu kül ilavesinin % 40'dan % 50'ye yükseltilmesi ile % kapiler por seviyelerindeki değişimin lineere yakın olduğu belirlenmiştir. Termal iletkenlik seviyelerindeki azalmalar incelendiğinde aerojel katkı oranının artmasıyla termal iletkenliklerde düşüş olduğu tespit edilmiştir. En belirgin termal iletkenlik düşüşü % 0.25 aerojel katkı oranı için % 40 uçucu kül ilaveli 9 numaralı numunede % 43.1 olarak bulunmuştur. Aerojel katkı oranı % 0.50 olan grup için ise en belirgin düşüşler % 40 ve % 50 uçucu kül ilaveli 14 ve 15 numaralı numunelerden sırasıyla % 44.1 ve % 40.7 olarak hesaplanmıştır. Bu düşüşler % kapiler por seviyesi olarak % 67 - 69 aralığına tekabül etmektedir.

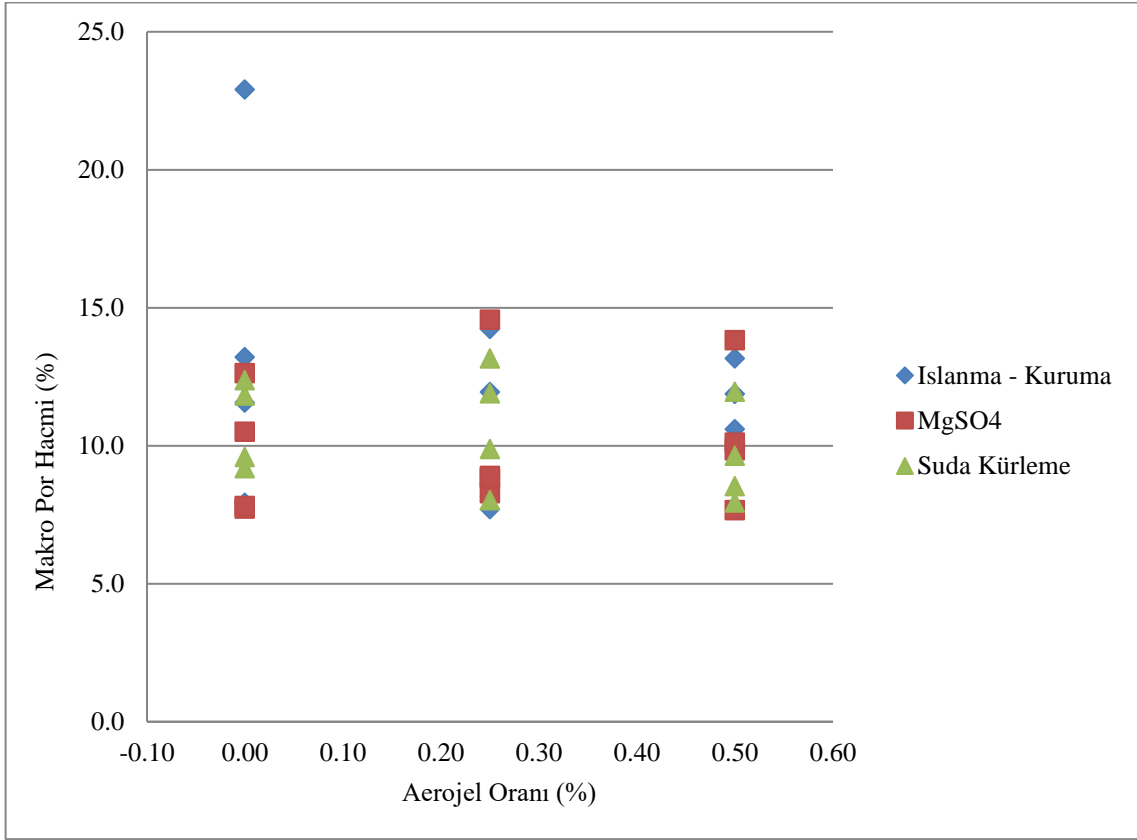
Suda kürlenmiş numunelerden elde edilen kapiler boşluk seviyeleri ve termal iletkenlik değerleri arasındaki ilişki irdelendiğinde, net olarak şu sonuca varılabilir. % 40 ve % 50 uçucu

kül ilaveli numunelerde kapiler por seviyeleri bütün arojel katkı oranları (% 0, % 0.25, % 0.50) için birbirine çok yakındır. Aerojel katkılı numunelerde boşluklardaki ısı izolasyonu, arojel katkısız numunelere göre daha net ve yüksektir. Diğer bir deyişle, arojelli boşluktaki izolasyon seviyesi arojelsiz eşdeğer boşluktaki izolasyon seviyesine göre daha üstündür.



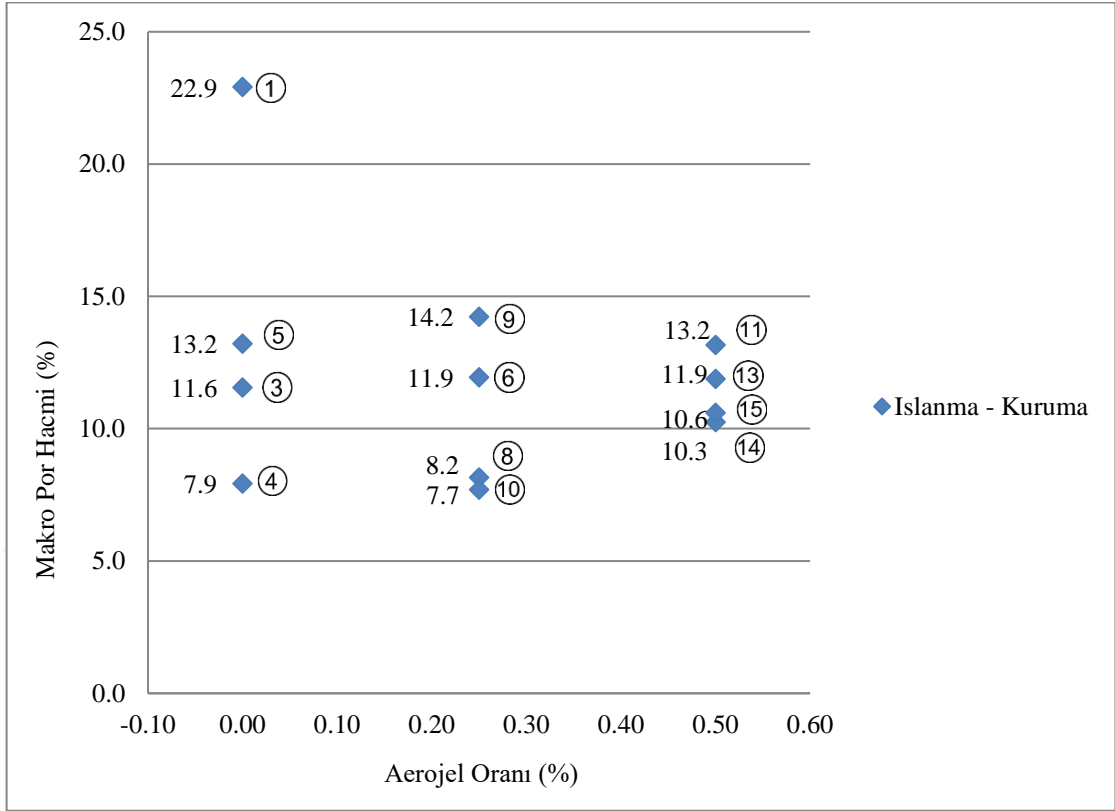
Şekil 4.40: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların arojel katkı oranı - kapiler por hacmi ilişkisi.

Bütün kür koşulları için arojel katkı oranları ile makro por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.41’de sunulmuştur.



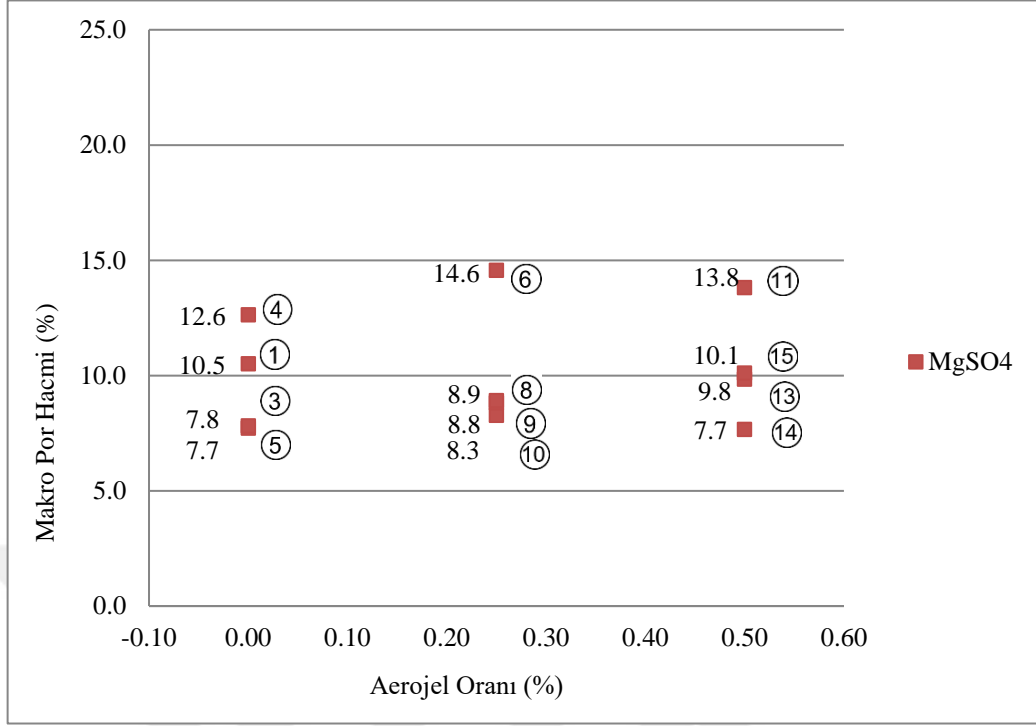
Şekil 4.41: Uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.

Islanma - kuruma ortamında kürlenen uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile makro por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.42’de sunulmuştur. Islanma - kuruma grubu numunelerde aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelerde uçucu kül ilavesinin artmasıyla makro por seviyeleri düzenli bir artış sergilememiştir. Bununla birlikte, % 30 ve % 50 uçucu kül ilavesi arasında makro por artışıyla termal iletkenliğin düştüğü ifade edilebilir. % 0.25 aerojel katkı oranı için uçucu kül ilavesinin artmasıyla makro por seviyelerinde tam bir düzensizlik söz konusudur. Bununla birlikte, termal iletkenlik değerlerinde düzenli bir düşüş sergilemiştir. Burada da aerojelin ısıyı hapsetme etkisi ortaya çıkmaktadır. Aerojel katkı oranı % 0.50 olan numuneler için; uçucu kül ilavesiyle birlikte makro por seviyelerinde önemli bir azalma görülmemiştir. Ancak % 40 ve % 50 uçuk l ilave oranına sahip 14 ve 15 numaralı numunelerin termal iletkenlik katsayıları birbirlerine çok yakın olup sırasıyla 1.379 W/mK ve 1.372 W/mK’dır. Bu iki numunenin % makro por seviyeleri de % 10.3 ve % 10.6 olması dikkat çekicidir.



Şekil 4.42: Islanma - kuruma ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.

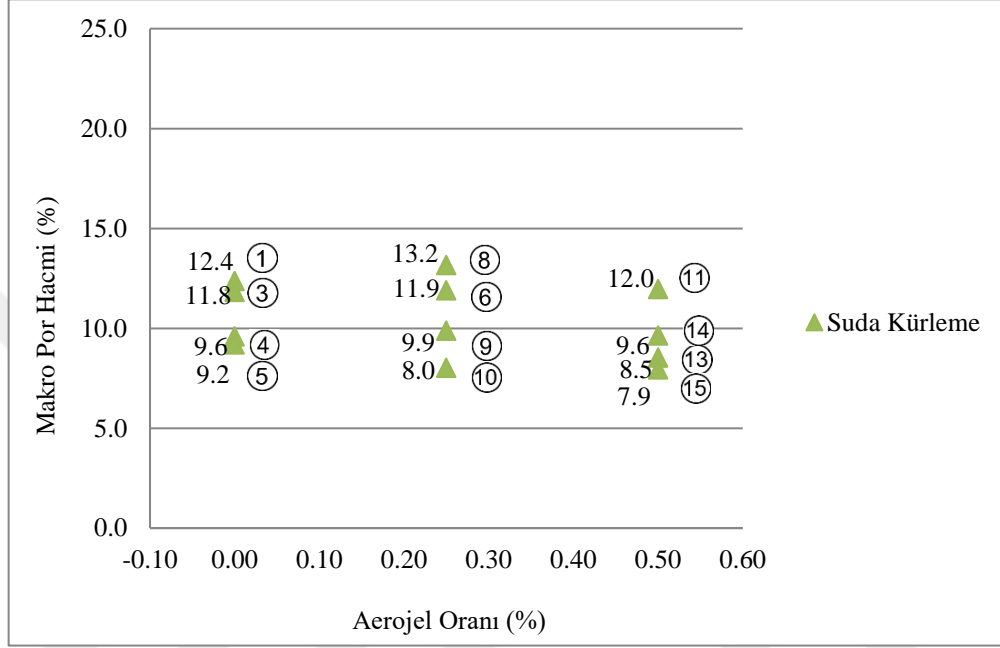
MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile makro por dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.43’de sunulmuştur. MgSO₄ grubu numunelerde makro por seviyeleri incelendiğinde elde edilen bulgular şu şekildedir: Aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelerde makro por seviyeleri uçucu kül ilavesiyle düzensiz seyretmiştir. MgSO₄ ortamında kürlenmiş numuneler içinde, termal iletkenlik değerlerinin en düşük olduğu numuneler, % 0.25 aerojel katkılı ve uçucu kül ilaveli 8, 9, 10 numaralı numunelerdir. Bu numunelerin makro por seviyeleri de birbirlerine oldukça yakındır. Aerojel katkı oranı % 0.50 olan numunelerin termal iletkenlik değerleri diğer numunelerin üzerindedir. Bu durum, MgSO₄ ortamının zararlı olması ve harç yapısını bozarak kütle ve aerojel kaybına sebep olması ile açıklanabilir.



Şekil 4.43: MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerojel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.

Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli numunelerin aerojel katkı oranları ile makro por hacim dağılımları arasındaki ilişki Şekil 4.44'de sunulmuştur. Suda kürlenmiş numunelerin aerojel katkı oranlarına göre makro por seviyeleri incelendiğinde; aerojel katkı oranları % 0.25 ve 0.50 olan 9 ve 14 numaralı numunelerin makro por seviyelerinin sırasıyla % 9.9 ve % 9.6 olduğu bulunmuştur. Bu iki numunenin termal iletkenlik katsayıları da birbirlerine yakın olup 1.433 ve 1.408 W/mK'dır ve bu gruptaki en düşük termal iletkenlik değerleridir. Bu numunelerin termal iletkenlik değerlerindeki azalma ise referans numunesine göre sırasıyla % 43.1 ve % 44.1 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan hareketle, suda kürlenmiş numuneler içinde en düşük termal iletkenlik değerlerinin % 40 uçucu kül ilaveli 9 ve 14 numaralı numunelerden elde edilmiştir. Genel anlamda uçucu kül ilavesiyle makro por seviyelerinin bütün numuneler için düzenli olarak değişmediği ifade edilebilir. Makro por seviyelerinin artmasıyla termal iletkenlik değerlerinin düşmesi üzerine bir korelasyon kurulamamıştır. Ancak aerojel oranının % 0.50 olduğu gruptaki 13, 14, 15 numaralı numunelerin termal iletkenlik değerlerinin daha düşük olduğu diğer gruptaki numunelere göre 9 numaralı numune hariç ifade edilebilir.

Referans numunesinin ıslanma - kuruma, $MgSO_4$ ve suda olmak üzere bütün kür ortamları değerlendirildiğinde; termal iletkenlik katsayıları 1.880, 1.572 ve 2.518 W/mK olarak sırasıyla ölçülmüştür. En düşük termal iletkenlik katsayısı $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş referans numunesinden elde edilmiştir.



Şekil 4.44: Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli harçların aerogel katkı oranı - makro por hacmi ilişkisi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tez çalışması süresince elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

5.1. PRİZ SÜRESİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Farklı karışım oranları kullanılarak üretilen çimento hamurlarından tespit edilen priz başlangıç ve sona erme süreleri farklı sonuçlar sergilemiştir.

En erken priz başlangıç süresini veren numuneler 130 dk. ile 1, 6 ve 11 numaralı olanlardır. Aynı numunelerin priz sona erme süreleri sırasıyla 220 dk., 230 dk. ve 220 dk.'dır.

Aerojel katkısız 1, 6 ve 11 numaralı numunelerin priz başlangıç sürelerinde aerojel katkı oranı artışı ile herhangi bir değişim tespit edilememiştir. Priz sona erme sürelerinde ise % 0.50 aerojel katkı oranı için 11 numaralı numunede 10 dk.'lık bir artış tespit edilmiştir.

Silis dumanı ilaveli 2, 7, 12 numaralı numuneler dikkate alındığında, aerojel katkı oranının artmasıyla priz başlangıç süreleri sırasıyla 180, 170 ve 160 dk. olarak 10'ar dk. düşmektedir. 7 ve 12 numaralı numuneler arasındaki fark aerojel katkı oranının % 0.25'ten % 0.50'ye artırılmasıyla 220 dk.'den 230 dk.'ya yükselmiştir. Aerojel katkısız 2 numaralı numunenin priz sona erme süresi aerojel katkılı numunelerden daha yüksektir.

Aerojel katkısız uçucu kül ilaveli 3, 4, 5 numaralı numuneler dikkate alındığında; uçucu kül ilavesinin artmasıyla priz başlangıç sürelerinin sırasıyla 230, 250, 270 dk. olduğu ve 20'şer dk. düzenli olarak uzadığı görülmektedir. % 0.25 aerojel katkılı 8, 9, 10 numaralı numunelerde uçucu kül ilavesinin artmasıyla priz başlangıç sürelerinin sırasıyla 200, 220 ve 220 dk. olarak ölçülmüştür. % 0.50 aerojel katkılı 13, 14, 15 numaralı numunelerde uçucu kül ilavesinin artmasıyla sadece 15 numaralı numunede 20 dk.'lık priz artışı söz konusu olmaktadır.

Uçucu kül ilaveli numunelerin priz sona erme süreleri irdelendiğinde, aerojel katkısız numunelerin uçucu kül ilavesinin artmasıyla priz sona erme sürelerinin uzadığı görülmektedir.

3, 4, 5 numaralı numunelerin priz sona erme süreleri sırasıyla 370, 380, 410 dk. olarak ölçülmüştür ve bu numuneler arasındaki priz artışı birbirlerine göre sırasıyla 10 ve 30 dk.'dır. % 0.25 aerojel katkı 8, 9, 10 numaralı numunelerin priz sona erme sürelerindeki artış yine birbirlerine göre sırasıyla 10 ve 30 dk. olarak tespit edilmiştir. % 0.50 aerojel katkı 13, 14, 15 numaralı numunelerde ise 13 numaralı numuneye göre sadece 10 dk.'lık bir priz artışı söz konusu olmuştur.

5.2. BASINÇ DAYANIMI DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Üretilen harç numunelerinin basınç dayanım deney sonuçları incelendiğinde; ıslanma - kuruma grubu numunelerde aerojel katkısız ve % 0.25 aerojel katkı ve silis dumanı ilaveli 2 ile 7 numaralı numunelerden elde edilen basınç dayanım sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu değerler sırasıyla 71.6 ve 71.5 MPa'dır. Aerojel katkı oranı % 0.50'ye yükseltildiğinde silis dumanı ilaveli 12 numaralı numunenin basınç dayanımı da 74.5 MPa'ya yükselmiştir. Bu sonuç ıslanma - kuruma grubu numunelerde referans numuneye göre elde edilen en yüksek sonuçtur ve % 7.5 oranında bir artışa tekabül etmektedir. Numunelerin basınç dayanımlarının değişim oranları, her kür ortamının 1 numaralı referans numunesi esas alınarak hesaplanmıştır.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerde % 0.25 ve % 0.50 aerojel katkı silis dumanı ilaveli 7 ile 12 numaralı numunelerin basınç dayanım sonuçları birbirine çok yakın olup bu sonuçlar sırasıyla 65.9 ve 65.7 MPa'dır. Aerojel katkısız olan 2 numaralı silis dumanı ilaveli numunenin basınç dayanımı ise aerojel katkı numunelere göre daha düşüktür.

Suda kürlenmiş numunelerde aerojel katkısız ve % 0.25 aerojel katkı silis dumanı ilaveli 2 ve 7 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma sırasıyla % 2.6 ve % 0.5'dir. % 0.50 aerojel katkı oranına sahip silis dumanı ilaveli 12 numaralı numunedeki basınç dayanımındaki azalma % 30.5 değeri ile, bütün silis dumanı ilaveli numuneler içinde en düşük değere sahiptir.

Islanma - kuruma grubu numunelerden uçucu kül ilaveli ve aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelerin uçucu kül oranının % 30'dan % 50'ye kademeli olarak yükseltilmesiyle, basınç dayanım değerlerinin % 18.6' dan % 42.1'e varan değerlere kadar düştüğü tespit edilmiştir. % 0.25 aerojel katkı 8, 9, 10 numaralı numunelerin basınç dayanım değerlerindeki azalma

aralığı % 15.6 - 38.2 olup, aerojel katkısız gruba göre daha azdır. % 0.50 aerojel katkılı 13, 14, 15 numaralı numunelerin basınç dayanım değerlerindeki azalma % 0.25 aerojel katkılı gruba göre daha düşük olmakla birlikte 14 numaralı numunede bu durum farklılık göstermiştir. Bu numunenin basınç dayanım değerindeki azalma, % 49.8 oranı ile basınç dayanım deney sonuçları arasındaki en düşük ikinci değer olarak tespit edilmiştir.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş uçucu kül ilaveli 3, 4, 5 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma % 17 - 34.6 aralığındadır. % 0.25 aerojel katkılı gruptaki uçucu kül ilaveli 8, 9, 10 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma düzensiz olup maksimum azalma % 40 uçucu kül ilaveli 9 numaralı numuneden % 49.9 olarak tespit edilmiştir. Bu değer bütün basınç dayanımı değerleri arasındaki en düşük değerdir. % 0.50 aerojel katkılı ve uçucu kül ilaveli 13, 14, 15 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma % 17.6 - 41.6 aralığındadır.

Suda kürlenmiş uçucu kül ilaveli grupta ise aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma % 17.7 - 41.5 aralığındadır. % 0.25 aerojel katkılı ve uçucu kül ilaveli numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma % 19.8 - 41.1 aralığındadır. % 0.50 aerojel katkılı ve uçucu kül ilaveli 13, 14, 15 numaralı numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma ise % 13.9 - 36.5 aralığındadır.

5.3. EĞİLMEDE ÇEKME DAYANIMI DENEY SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Üretilen harç numunelerinin eğilmede çekme dayanımı değerleri 1 numaralı referans numunesi ve silis dumanı ilaveli 2, 7, 12 numaralı numuneler incelendiğinde; ıslanma - kuruma grubu numunelerdeki çekme dayanımı değerlerinin tamamı 2 nolu numune hariç referans değerinin (MPa) altında olduğu görülmektedir. Aerojel katkısının % 0.25'den % 0.50'ye çıkmasıyla çekme dayanımlarındaki düşüş % 5.3'den % 36.3'e kadar yükseldiği belirlenmiştir. Islanma - kuruma numunelerinde aerojel katkısındaki artış, numunelerin çekme dayanımı değerlerinde düşüşe sebep olmuştur.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerde ise; 2 numaralı numune referans numunesi ile aynı çekme dayanımı değerine sahiptir. % 0.25 aerojel katkılı 7 numaralı numunede ise referans numunesine göre sadece % 1 oranında bir artış gözlenmiştir. % 0.50 aerojel katkılı 12

numaralı numunenin eğilme dayanımının ise referans numuneden % 35 oranında düşük olduğu tespit edilmiştir.

Suda kürlenmiş numunelerde ise; aerojel katkısız 2 numaralı numunenin eğilme dayanımı değerinin referans numunesinin çekme dayanımı ile çok yakın sonuç vermiştir. Aerojel katkı oranı % 0.25 olan 7 numaralı numunenin çekme dayanımı değeri referans numunesinden % 20 oranında daha düşüktür. % 0.50 aerojel katkılı 12 numaralı numunenin çekme dayanımı ise referans numuneye göre % 7.1 artmıştır.

Uçucu kül ilaveli, ıslanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde bütün numunelerin çekme dayanımı değerleri referans numunenin altında kalmıştır.

MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerde de bütün numunelerin çekme dayanımı değerleri referans numunenin altında kalmıştır.

Suda kürlenmiş numunelerde aerojel katkı oranı arttıkça çekme dayanım değerleri yükselmiştir. Hatta % 0.50 aerojel katkı grubu için çekme dayanımı değerleri % 11.4' e varan oranlarda referans değerinin üzerine çıkmıştır.

5.4. TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Yapılardaki ısıtma amaçlı enerji maliyetlerinin azaltılmasına yönelik olarak ısı iletkenliği düşük harç üretilmesi uygulama için de oldukça önemlidir. Bu çalışma kapsamında; termal iletkenlik katsayısının düşürülmesine yönelik ilk grup çalışmaları harç karışımlarına silis dumanı ilave edilerek yapılmıştır. Bu noktadan hareketle öncelikle, silis dumanı ilaveli numuneler incelendiğinde; ıslanma - kuruma grubu numunelerde aerojel katkısız 2 numaralı numune en düşük termal iletkenlik katsayısı değerini (1.458 W/mK) verdiği tespit edilmiştir. MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerde en düşük termal iletkenlik katsayısı aerojel katkılı numunelerden elde edilmiştir (1.458 W/mK). Suda kürlenmiş numunelerde ise en düşük termal iletkenlik değeri % 31.2 oranıyla % 0.25 aerojel katkılı 7 numaralı numuneden elde edilmiştir.

Uçucu kül ilaveli numuneler dikkate alındığında; ıslanma - kuruma grubu numunelerde en düşük termal iletkenlik katsayıları % 0.50 aerojel katkı grubundan 14 ve 15 numaralı numunelerden sırasıyla 1.379 ve 1.372 W/mK olarak elde edilmiştir. MgSO₄ grubu numunelerde en düşük termal iletkenlik katsayıları % 0.25 aerojel katkılı 8, 9, 10 numaralı

numuneler arasında % 40 uçucu kül ilaveli 9 numaralı numuneden 1.268 W/mK olarak elde edilmiştir. Suda kürlenmiş numuneler incelendiğinde, aerojel katkı oranı arttıkça termal iletkenliğin düştüğü net olarak anlaşılmaktadır. En düşük termal iletkenlik katsayısı ise % 40 uçucu kül ilaveli 14 numaralı numuneden 1.408 W/mK olarak ve % 44.1 düşüş oranı ile tespit edilmiştir.

Silis dumanı ve uçucu kül ilaveli numunelerden elde edilen termal iletkenlik sonuçları kıyaslandığında; ıslanma - kuruma grubu numuneler için, aerojel katkısız, silis dumanı ilaveli 2 numaralı numuneden elde edilen % 22.4 oranında termal iletkenlik düşüşü ile, % 0.25 aerojel katkılı, % 50 uçucu kül ilaveli 10 numaralı numuneden elde edilen % 22.6 oranındaki termal iletkenlik düşüşünün birbirlerine çok yakın sonuçlarının olduğu açıkça görülmektedir. Buradaki tercih numunelerin karışım oranları dikkate alınarak yapılabilir. MgSO₄ grubu numunelerde % 0.50 aerojel katkılı grup hariç genel olarak uçucu kül katkılı numunelerden hesaplanan termal iletkenlik düşüşleri, silis dumanı ilaveli numunelere göre daha yüksektir. Suda kürlenmiş numunelerde aerojel katkısız grup hariç bütün uçucu kül ilaveli numunelerden hesaplanan termal iletkenlik düşüşleri, silis dumanı ilaveli numunelere göre daha yüksektir.

5.5. CİVA POROZİMETRESİ ANALİZ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

5.5.1. Cıva Porozimetresi Por Çapı - Kümülatif Por Hacmi - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi

Silis dumanı ilaveli harçlarda, ıslanma - kuruma grubu numuneler içinde kümülatif por hacim değerleri en düşük olan 2 numaralı numunenin termal iletkenlik değeri bu gruptaki en düşük sonuçtur. Referans numunesi ise 100 nm civarında en düşük termal iletkenlik değerine sahip 2 numaralı numune eğrisi ile çok yakın bir davranış sergilemiştir ve 100 nm den sonraki por çaplarında daha yüksek por hacim sonuçları vermiştir. Silis dumanı ilaveli harçlarda; MgSO₄ grubu numunelerden termal iletkenlik değerleri birbiri ile aynı olan 7 ve 12 numaralı numuneler (1.458 W/mK) birbirine yakın eğrisel davranış sergilemiştir. Silis dumanı ilaveli harçlarda; suda kürlenmiş numuneler için termal iletkenlik katsayısı en düşük olarak tespit edilen 7 numaralı numunenin (1.733 W/mK) kümülatif por dağılım eğrisinin 100 nm ye kadar olan bölümünde en düşük por hacim bölgesine sahip olduğu anlaşılmaktadır. 2 ve 12

numaralı numunelerin termal iletkenlik katsayıları (1.953 ve 2.080 W/mK) birbirine yakın olup eğrisel davranışlarının da birbirine yakın olduğu görülmektedir.

Uçucu kül ilaveli harçlarda; Islanma - kuruma grubu numuneler içinde 14 ve 15 numaralı numunelerin termal iletkenlik katsayıları (1.379 ve 1.372 W/mK) birbirlerinin hemen hemen aynıdır. Bu numunelerin 0 - 100 nm aralığı dışındaki eğrisel davranışı da çok yakındır. 8 ,9, 10 numaralı numunelerin uçucu kül katkı oranı arttıkça termal iletkenlik değerlerinde azalma tespit edilmiştir. Eğrisel davranış bakımından da bu durum paraleldir. Uçucu kül ilaveli harçlarda; MgSO₄ ortamında kürlenmiş numuneler içinde termal iletkenlik değerleri en düşük olan numuneler 8, 9, 10 numaralı numunelerdir. 100 nm'ye kadar olan bölgedeki eğrilerin kümülatif por hacimleri arasındaki fark % 0.50' ye göre daha fazladır. MgSO₄ ortamı için en düşük termal iletkenlik değerleri yine bu gruptan elde edilmiştir. Uçucu kül ilaveli harçlarda; suda kürlenmiş numuneler içinde 13, 14, 15 numaralı numunelerin termal iletkenlik değerleri birbirlerine yakın olup 14, 15 numaralı numunelerin eğrisel davranışları da birbirlerine benzerlik göstermektedir. 8, 9, 10 numaralı numunelerin termal iletkenlik değerleri birbirine yakın olup eğrisel davranışları da benzerlik sergilemektedir.

5.5.2. Civa Porozimetreli Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi

5.5.2.1.Silis Dumani İlaveli Harçlarda Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi

Harç numunelerindeki por değişimlerini belirlemek amacıyla aralarındaki fark değerleri esas alınmıştır. Islanma - kuruma grubundaki numunelerde jel por değişimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler şu şekildedir; en yüksek jel por seviyesine 2 numaralı numune sahiptir ve en düşük termal iletkenlik katsayısı da bu numunedir ölçülmüştür (1.458 W/mK). MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerin jel por dağılımları için, bu kür ortamında tespit edilen en düşük iki termal iletkenlik katsayısı değerleri 2 ve 7 numaralı numunelerden sırasıyla 1.492 ve 1.444 W/mK olarak ölçülmüştür. Bu iki numunenin jelpor seviyelerinin de birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. Suda kürlenmiş numunelerin arojel oranlarına göre jelpor değişimleri incelendiğinde şu bulgulara ulaşılmıştır: Arojel katkısı arttıkça numuneler arası jelpor farkının 2 numaralı numuneye göre yükseldiği görülmüştür.

Islanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde ise kapiler por değişimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler şu şekildedir: Bu grupta, silis dumanı ilaveli numuneler içinde 2 numaralı numune en düşük kapiler por seviyesine sahiptir ve en düşük termal iletkenlik katsayısı değeri (1.458 W/mK) de bu numuneden ölçülmüştür. MgSO₄ ortamında tespit edilen en düşük iki termal iletkenlik ölçümleri 2 ve 7 numaralı numunelerden sırasıyla 1.492 ve 1.444 W/mK olarak ölçülmüştür. Bu iki numunenin % kapiler por değerleri de birbirine çok yakın olarak tespit edilmiştir. Suda kürlenmiş numuneler için; aerojel katkı oranı % 0.25'den % 0.50'ye yükseltildiğinde kapiler por seviyesi 2 numaralı numuneye göre azalmaktadır.

Islanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde makro por değişimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler şu şekildedir: 7 ve 12 numaralı numunenin 2 numaralı numuneye kıyasla makro por seviyelerindeki artışın çok az olduğu anlaşılmaktadır. En düşük termal iletkenlik katsayısı da 2 numaralı numuneden 1.458 W/mK olarak ölçülmüştür. MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerin makro por seviyelerinde nispi değişimler söz konusu olmuştur. Suda kürlenmiş numunelerin makro por seviyelerinde ise önemli bir fark olmadığı anlaşılmaktadır. Referans numunesine ait por dağılımları ile silis dumanı ve aerojel katkılı numunelerin por dağılımları arasında bir korelasyon tespit edilememiştir.

5.5.2.2. Uçucu Kül İlaveli Harçlarda Por Türü - Kür Ortamı - Termal İletkenlik İlişkisinin Değerlendirilmesi

Islanma - kuruma grubundaki numunelerde jel por değişimleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler şu şekildedir; ıslanma - kuruma grubundaki numunelerde uçucu kül ilave oranı arttıkça, her aerojel katkı grubu için, 14 numaralı numune hariç jel por seviyesi düşmektedir. Jel por seviyesinin düşmesi kapiler veya makro boşlukların artması anlamına gelmektedir. 14 numaralı numunede ise jel por seviyesinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu numune ıslanma - kuruma grubundaki 15 numaralı numune gibi en düşük termal iletkenlik katsayısına sahip iki numuneden biridir (1.379 W/mK, 1.372 W/mK).

MgSO₄ ortamında kürlenmiş numunelerin jel por seviyeleri incelendiğinde ise; aerojel seviyesi % 0.50 olduğunda, % 40 uçucu kül katkılı numune diğerlerine göre düşük seyretmiştir. MgSO₄ ortamındaki en yüksek jel por seviyeleri % 0.25 aerojel katkılı 8, 9, 10 numaralı numunelerden elde edilmiştir. Bununla bağlantılı olarak termal iletkenlik seviyeleri en düşük olan grup yine bu gruptur.

Suda kürlenmiş numuneler için; uçucu kül ilave oranı arttıkça % jel por seviyelerinin de arttığı tespit edilmiştir. Aerojel katkı oranının artmasıyla aynı uçucu kül yüzdesine sahip numunelerin jel por seviyelerinde belirgin bir değişiklik olmamıştır. Bununla birlikte aerojel katkı oranı % 0.25 ve % 0.50 olan numunelerdeki termal iletkenlik değerlerindeki azalma aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelere göre çok yüksektir. % 40 uçucu kül ilave edilen 9 ve 14 numaralı numunelerde termal iletkenlik değerlerindeki azalma % 43 - 44 mertebesine ulaşmıştır.

En yüksek jel por seviyesi bütün aerojel katkı oranları için suda kürlenmiş numunelerden tespit edilmiştir. % 0.25 aerojel katkı oranına sahip $MgSO_4$ ortamında kürlenmiş numunelerin jel por seviyelerinin ıslanma - kuruma grubu numunelerden daha yüksek seyrettiği, % 0.50 aerojel katkı oranına sahip numunelerde ise bu durumun tersine geliştiği söylenebilir.

Islanma - kuruma grubu numuneler incelendiğinde ise kapiler por değişimleri dikkate alındığında; uçucu kül ilaveli numunelerin kapiler por seviyelerinin birbirine yakın olduğu görülmüştür. Aerojel katkısız 3, 4, 5 numaralı numunelerin termal iletkenlik katsayılarının, % 0.25 ve 0.50 aerojel katkılı numunelere kıyasla, 13 numaralı numune hariç daha yüksek olduğu söylenebilir. Aerojel katkı oranı % 0.25'ten % 0.50' ye artırılmasıyla aynı uçucu kül ilave oranlarına sahip numunelerde kapiler por seviyelerinin nispi olarak arttığı ifade edilebilir. Aerojel katkı artmasıyla aynı zamanda termal iletkenlik seviyelerinin 13 numaralı numune hariç azaldığı söylenebilir.

$MgSO_4$ grubu numunelerde kapiler por seviyeleri incelendiğinde; bütün numunelerin por seviyelerinin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. $MgSO_4$ ortamının zararlı ortam oluşu göz önüne alındığında elde edilen por seviyeleri ve termal iletkenlik değerlerinin çok düzenli olması beklenemez. Ancak % 0.25 aerojel katkı oranına sahip numunelerin en düşük termal iletkenlik değerlerine sahip olduğu ifade edilmelidir.

Suda kürlenmiş numunelerin aerojel katkı oranlarına göre kapiler por değişimleri incelendiğinde; aerojel katkı oranının artmasıyla % 30 uçucu kül ilaveli 3, 8, 13 numaralı numunelerdeki kapiler por seviyelerinin de arttığı söylenebilir. Ancak % 0.25 ve % 0.50 aerojel katkı oranına sahip numunelerde uçucu kül ilavesinin % 40'dan % 50' ye yükseltilmesi ile % kapiler por seviyelerinin birbirine yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Aerojel katkı oranı arttıkça % 40 ve % 50 uçucu kül ilaveli, birbirine çok yakın kapiler

seviyelerine sahip numunelerin termal iletkenlik değerleri azalmaktadır. Bütün numuneler arasında termal iletkenlik değerlerindeki an fazla azalma % 67 - 69 kapiler por seviyesi aralığına tekabül etmektedir.

Bütün kür koşulları birlikte değerlendirildiğinde, en düşük kapiler por seviyelerinin suda kürlenenden numunelerden tespit edildiği ifade edilebilir. Islanma kuruma ve $MgSO_4$ grubuna ait kapiler por seviyelerinin ise birbirine yakın seyrettiği ifade edilebilir.

Islanma - kuruma grubundaki numunelerde makro por değişimleri incelendiğinde; aerojel katkı oranının artmasıyla numunelerin makro por seviyelerinde düzenli bir değişim tespit edilememiştir. Ancak ıslanma - kuruma grubundaki bütün makro por seviyeleri dikkate alındığında % 0.50 aerojel katkı 14 ve 15 numaralı numunelerin makro por seviyeleri ve termal iletkenlik değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu söylenebilir. Bu numunelerin makro por seviyeleri sırasıyla % 10.25 ve 10.60 iken termal iletkenlik katsayıları da sırasıyla 1.379 ve 1.372 W/mK'dir.

$MgSO_4$ ortamında kürlenenden % 0.25 aerojel katkı oranına sahip 8, 9, 10 numaralı numunelerin makro por seviyeleri birbirine çok yakın olup, % 8.3 - 8.9 aralığındadır. Aynı numuneler, $MgSO_4$ kürlenme ortamı için en düşük termal iletkenlik değerlerine sahiptir.

Suda kürlenenden numuneler için aerojel katkı oranı arttıķa makro por seviyelerinin azaldığı söylenebilir. Makro por seviyeleri azaldıkķa numunelerin termal iletkenlik değerleri de azalmaktadır. Suda kürlenenden uçucu kül ilaveli numuneler içinde 9 ve 14 numaralı numunelerin makro por seviyelerinin sırasıyla % 9.9 ve % 9.6 olduğu hesaplanmıştır. Bu iki numunenin termal iletkenlik seviyelerindeki azalma ise çok belirgin olup sırasıyla % 43.1 ve % 44.1 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlardan hareketle, suda kürlenenden numuneler içinde en düşük termal iletkenlik değerlerinin % 40 uçucu kül ilaveli 9 ve 14 numaralı numunelerden elde edildiği ifade edilebilir.

Bütün kür koşulları birlikte değerlendirildiğinde, aerojel katkı oranının numunelerin makro por seviyelerinde önemli bir değişime yol açmadığı söylenebilir. |

KAYNAKLAR

- [Abualgasem, J.M., Cripps, J.C. ve Lynsdale, C.J., 2015, Effect of wetting drying cycles on thaumasite formation in cement mortars, *Journal of Materials in Civil engineering*, 27 (7), 1-6.
- Aghabaglou, A.M., Bayqra, S.H., Özen, S., Faqiri, Z.A. ve Ramyar, K., 2020, Silindirle sıkıştırılmış beton karışımlarında kullanılan malzemelerin özellikleri, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12 (1), 61-72.
- Arife, A., 2019, Nano silika kür uygulamasının çimento bağlayıcı kompozitlerin donma-çözülme direnci üzerine etkisinin aralıtılması, *Ömer Halisdemir Üni. Müh. Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 1032-1040.
- Atiş, C.D., 2001, Uçucu kül içeren, silindirle sıkıştırılabilen betonların özellikleri, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 25 (5), 503-515.
- ASTM (American Society for Testing and Materials) , C618-15, 2015, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, ASTM International, West Conshohocken, PA,
- Baradan, B., Yazıcı, H. ve Aydın, S., 2012, *Beton*, Dokuz Eylül Üni. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 978-975-441-361-8.
- Benli, A. ve Karataş, M., 2019, Uçucu kül ve silis dumanı ikameli üçlü karışımlardan üretilen kendiliğinden yerleşen harçların durabilite ve dayanım özellikleri, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10:1 (2019), 335-345.
- Beycioğlu, A., Başığit, C. ve Kılınçarslan, Ş., 2010, Pomza Agregalı hafif beton özelliklerine silis dumanının etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 14-2 (2010), 200-205.
- Bostancı, L. ve Sola, O., 2018, Mechanical properties and thermal conductivity of aerogel incorporated – alkali activated slag mortars, *Hindawi*, Volume 2018, 1-9.
- Bostancı, L., Ustundag, O., Sola, O. ve Uysal, M., 2019, Effect of various curing methods and addition of silica aerogel on properties of mortars, *Gradevinar*, 71 (8), 651-661.
- Bostancı, L., Ustundag, O., Sola, O. ve Uysal, M., 2019, Effect of various curing methods and scrap tyre addition on properties of mortars, *Gradevinar*, 71, 765-775.
- Bostancı, L., 2020, A comparative study of petroleum coke and silica aerogel inclusion on mechanical, pore structure, thermal conductivity and microstructure properties of hybrid mortars, *Journal of Building Engineering*, 31 (2020), 1-16.

- Bostancı, L., 2020, Synergistic effect of a small amount of silica aerogel powder and scrap rubber addition on properties of alkali-activated slag mortars, *Construction and Building Materials*, 250 (2020), 1-17.
- By, G.C., 1983, *Portland Cement*, Pergamon Press, Oxford.
- Cho, S.W., 2012, Using mercury intrusion porosimetry to study the interfacial properties of cement-based materials, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 20, No. 3, 269-273.
- Çavuş, M. ve Ağaoğlu, M.N., 2019, Farklı alkalilerle aktifleştirilenuçucu kül esaslı harçların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin incelenmesi, *Journal of New Results in Engineering and Natural Science*, 9, 11-19.
- Çelik, Ö., 2004, *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Değerlendirilmesi*, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Delikurt, B.C. ve Sevim, U.K., 2015, Sugözü uçucu külünün betonun mekanik ve durabilite özelliklerine etkisi, *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Cilt 4, Sayı 1, 47-58.
- Demirel, B. ve Yazıcıoğlu, S., 2007, Silis dumanının karbon fiber takviyeli hafif betonun mekanik Özelliklerine Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11-1 (2007), 103-109.
- Erdoğan, T. Y., 2003, *Beton*, ODTÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş., Ankara.
- Gao, T., Jelle, B.P., Gustavsen, A. ve Jacobsen, S., 2014, Aerogel-incorporated concrete: An experimental study, *Construction and Building Materials*, 52, 130-136.
- Gezmen, T. ve Türkel, S., 2017, Bor minerali ve uçucu kül içeren harçların mekanik özelliklerinin ve sülfata dayanıklılığının incelenmesi, *Dokuz Eylül Üni. Müh. Fak. Fen ve Müh. Dergisi*, 19 (57), 757-778.
- Gomes, M.G., Flores-Colen, I., Manga, L.M., Soares, A. ve Brito, J., 2017, The influence of moisture content on the thermal conductivity of external thermal mortars, *Construction and Building Materials*, 135 (2017), 279-286.
- Guo, J., Wang, K., Guo, T., Yang, Z. ve Zang, P., 2019, Effect of dry-wet ratio on properties of concrete under sulfate attack, *Materials*, 12 (17), 1-15.
- Hanif, A., Diao, S., Lu, Z., Fan, T. ve Li, Z., 2016, Green lightweight cementitious composite incorporating aerogels and fly ash cenospheres – mechanical and thermal insulating properties, *Construction and Building Materials*, 116 (2016), 422-430.
- Hatungimana, D., Taskopru, C., Ichedef, M., Sac, M.M. ve Yazici, S., 2019, Compressive strength, water absorption, water sorptivity and surface radon exhalation rate of silica fume and fly ash based mortar, *Journal of Building Engineering*, 23, 369-376.

- Hewayde, E., Pachenari, A. ve Al-Eleaj, H., 2020, Resistance of recycled aggregate concrete (RAC) subjected to drying-wetting cycles to attack of magnesium and sodium sulfates, *Hindawi*, 220 (5), 1-9.
- Illston, J.M. ve Domone, P.L.J., 2001, *Construction Materials, Their nature and behaviour*, Third edition, Spon press, London and New York.
- Julio, M.F., Soares, A., Ilharco, L.M., Colen, I.F. ve Brito, J., 2016, Aerojel-based renders with lightweight , *Construction and Building Materials*, 124 (2016), 485-495.
- Karahan, O. ve Atis, C.D., 2007, Sugözü Uçucu Külünün Beton Katkısı Olarak Kullanılabilirliği, *7. Ulusal Beton Kongresi*, 405-415.
- Khamidi, M.F., Glover, C., Farhan, S.A., Puad, N.H.A., Nuruddin, M.F., 2014, Effect of silica aerogel on the thermal conductivity of cement paste for the construction of concrete buildings in sustainable cities, *Wit Transactions On The Built Environment*, 137, 665-664.
- Kılınçarslan, Ş. ve Tuzlak, F., 2018, Uçucu kül katkılı köpük betonların dayanım ve ısı ısı iletkenlik özelliklerinin iyileştirilmesi, *Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi*, 1 (2), 1-5.
- Mehta, P.K., ve Monteiro, P.J.M., 2006, *Concrete Microstructure, Properties, and Materials*, Third editon, McGraw-Hill, 659p.
- Mills, A.P., Hayward, H.W. ve Rade, L.F., 1955, *Materials of Construction*, John Wiley and Sons Inc., NewYork.
- Neville, A.M., 1997, *Properties of concrete*, Addison Wesley Longman Ltd., England.
- Ng, S., Jelle, B.P., Z., Y. ve W., O.H., 2016, Effect of storage and curing conditions at elevated temperatures on aerogel-incorporated mortar samples based on UHPC recipe, *Construction and Building Materials*, 106, 640–649.
- Ng, S., Jelle, B.P., Sandberg, L.I.C., Gao, T., W. ve W., O.H., 2015, Experimental investigations of aerogel-incorporated ultra-high performance concrete, *Construction and Building Materials*, 77, 307–316.
- Özdemir, E. ve Çağatay, İ.H., 2009, PÇ ve silis dumanı mineral katkısının içeren harç numunelerinin bazı özelliklerinin incelenmesi, *Çukurova Üni. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 24 (1), 65-75.
- Postacıoğlu, B., 1975, *Yapı malzemesi problemleri*, Çağlayan Kitabevi.
- Sahmaran, M. ve Li, V.C., 2009, Durability properties of micro-cracked ECC containing high volumes fly ash, *Cement and Concrete Research*, 39 (11), 1033-1043.

- Servatmand, A. ve Şimşek, O., 2018, Yüksek performanslı harç üretiminde optimum nano malzeme oranlarının belirlenmesi, *Politeknik Dergisi*, 21 (2), 327-332.
- Sola, C., O., Sayin, B., Ozyazgan, C. ve Bostancı, L., 2017, Effect of silica fume and solid borax waste on compressive strength of fired briquettes, *Revista de la Construcción*, 16 (2), 355-360.
- Sola, O. ve Ozyazgan C., 2016, Evaluation of the mechanical, durability microstructural and mineralogical properties of cement composites treated with waste rubber, *Indian Journal of Engineering and Materials Science*, 23, 312-320.
- Sola, O. ve Ozyazgan C., 2017, Mechanical properties of mortar containing recycled asphalt, *Gradevinar*, 69, 933-940.
- Şimşek, O., 2010, Lifli betonlarda optimum silis dumanı ikame oranının belirlenmesi, *Politeknik Dergisi*, 23.
- Tulga, İ. ve Kılınç, K., 2018, Uçucu kül kullanımının farklı dayanım sınıflarındaki betonların mekanik ve durabilite özellikleri üzerindeki etkisi, *Kırklareli Uni. Journal of Science*, 4 (2), 212-236.
- Turanlı, L., Erdoğan, T. ve Karaer, K., 1997, Çayırhan uçucu külünün portland çimentosu- uçucu külü hamur ve harçlarının özelliklerine etkileri, *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Semp. 3 Bildiri Kitabı*, Eskişehir, 283-293.
- Turgut, P., 2018, Uçucu kül, kireç ve cam tozu kullanarak blok üretimi, *Pamukkale Üni. Müh. Bilimleri Dergisi*, 24 (3), 413-418.
- Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F. ve Yeğınobalı, A., 2009, *Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri*, TÇMB, Ankara.
- TS EN 196-1, 2016, *çimento deney metotları - Bölüm 1: Dayanım tayini*.
- TS EN 196-3, 2010, *Çimento deney metotları - Bölüm 3: Priz süreleri ve hacim genişleme tayini*.
- TS EN 197-1, 2012, *Çimento - Bölüm 1: Genel çimentolar-bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri*.
- TS EN 1367-2, 2010, *Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler - Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi*.
- Yeğınobalı, A., 2009, *Silis dumanı ve çimento ile betonda kullanımı*, TÇMB, Ankara.

EKLER

EK - 1 TERMAL İLETKENLİK ANALİZ SONUÇLARI

Islanma - Kuruma Grubu Analiz Sonuçları

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report						
Test ID: TCI-PC-1825 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 1-1		Report Generated on: 04-Mar-2019 10:51:50 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN						
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:47:18	1,896	1.850	22.7437	0.5302	2,348.38
2	1	T447	10:48:24	1,918	1.890	22.7362	0.5283	2,347.14
3	1	T447	10:49:29	1,925	1.900	23.7816	0.5281	2,344.96
4	1	T447	10:50:34	1,911	1.880	23.2863	0.5300	2,345.81
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 04-Mar-2019 10:51 ORTALAMA 1.881W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report						
Test ID: TCI-PC-1826 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 2-2		Report Generated on: 05-Mar-2019 9:29:38 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 05-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN						
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:25:05	1,664	1.440	22.9798	0.5774	2,360.43
2	1	T447	9:26:10	1,669	1.450	23.5482	0.5755	2,359.10
3	1	T447	9:27:16	1,680	1.470	23.6656	0.5763	2,359.61
4	1	T447	9:28:22	1,677	1.470	22.5927	0.5744	2,362.59
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 05-Mar-2019 9:29 ORTALAMA 1.459W/mK								

C-THERM TCI™
Thermal Conductivity Analyzer

Test ID: TCI-PC-1830
Instrument: TH89-05-00283
Test Method: Ceramics

Project: Yapi Malzemeleri
Material: Yalitim Malzemesi
Material Lot: 3.....

Test Report
Report Generated on: 06-Mar-2019 9:23:57

Software Version: 2.4.4.13
Test started on: 06-Mar-2019
Performed by: Administrator
User ID: ADMIN

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:19:19	1,945	1.940	24.3595	0.5168	2,352.96
2	1	T447	9:20:24	1,954	1.950	24.5048	0.5142	2,352.75
3	1	T447	9:21:30	1,969	1.980	24.6466	0.5138	2,352.60
4	1	T447	9:22:36	1,968	1.980	24.6342	0.5127	2,352.74

Notes:
Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 06-Mar-2019 9:23
ORTALAMA 1.965W/mK

C-THERM TCI™
Thermal Conductivity Analyzer

Test ID: TCI-PC-1828
Instrument: TH89-05-00283
Test Method: Ceramics

Project: Yapi Malzemeleri
Material: Yalitim Malzemesi
Material Lot: 4.....

Test Report
Report Generated on: 05-Mar-2019 9:58:10

Software Version: 2.4.4.13
Test started on: 05-Mar-2019
Performed by: Administrator
User ID: ADMIN

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:52:03	1,817	1.710	24.4041	0.5455	2,358.86
2	1	T447	9:53:09	1,825	1.720	23.3192	0.5437	2,361.36
3	1	T447	9:54:14	1,844	1.760	23.8830	0.5423	2,360.33
4	1	T447	9:55:20	1,853	1.770	23.3071	0.5367	2,361.70
5	1	T447	9:56:25	1,862	1.790	23.3326	0.5350	2,361.63
6	1	T447	9:57:31	1,861	1.790	23.4355	0.5365	2,360.64

Notes:
Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 05-Mar-2019 9:57
ORTALAMA 1.758W/mK

C-THERM TCI™
Thermal Conductivity Analyzer

Test ID: TCI-PC-1831
Instrument: TH89-05-00283
Test Method: Ceramics

Project: Yapi Malzemeleri
Material: Yalitim Malzemesi
Material Lot: 5-5

Test Report
Report Generated on: 06-Mar-2019 9:32:26

Software Version: 2.4.4.13
Test started on: 06-Mar-2019
Performed by: Administrator
User ID: ADMIN

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:27:07	1,826	1.730	24.9404	0.5392	2,353.88
2	1	T447	9:28:13	1,842	1.760	23.7939	0.5357	2,356.48
3	1	T447	9:29:18	1,849	1.770	24.3896	0.5322	2,355.00
4	1	T447	9:30:24	1,868	1.800	24.4221	0.5308	2,354.45
5	1	T447	9:31:29	1,865	1.800	24.9785	0.5310	2,353.83

Notes:
Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 06-Mar-2019 9:32
ORTALAMA 1.769W/mK

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1834 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 6.....				Report Generated on: 06-Mar-2019 10:42:43 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 06-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	10:36:16	2,132	2.280	25.3257	0.4869	2,353.58	
2	1	T447	10:37:21	2,127	2.270	25.2924	0.4869	2,354.41	
3	1	T447	10:38:27	2,142	2.300	25.9493	0.4856	2,352.34	
4	1	T447	10:39:32	2,138	2.290	25.9496	0.4874	2,352.91	
5	1	T447	10:40:38	2,137	2.290	24.8834	0.4847	2,355.87	
6	1	T447	10:41:43	2,138	2.290	26.0776	0.4861	2,352.74	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 06-Mar-2019 10:42 ORTALAMA 2.289W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1827 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 7-7				Report Generated on: 05-Mar-2019 9:48:07 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 05-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	9:43:56	1,938	1.930	23.9611	0.5210	2,357.82	
2	1	T447	9:45:02	1,933	1.920	23.4899	0.5205	2,358.88	
3	1	T447	9:46:07	1,933	1.920	24.0866	0.5202	2,357.54	
4	1	T447	9:47:13	1,936	1.920	24.2029	0.5220	2,357.80	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 05-Mar-2019 9:47 ORTALAMA 1.921W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1832 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 8.....				Report Generated on: 06-Mar-2019 9:50:30 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 06-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	9:42:36	1,726	1.550	24.0930	0.5634	2,355.69	
2	1	T447	9:43:41	1,730	1.560	25.2638	0.5635	2,353.39	
3	1	T447	9:44:47	1,738	1.570	24.7965	0.5625	2,354.32	
4	1	T447	9:45:52	1,731	1.560	25.3317	0.5609	2,353.56	
5	1	T447	9:46:58	1,741	1.580	24.8523	0.5614	2,355.05	
6	1	T447	9:48:03	1,740	1.580	24.3079	0.5602	2,356.46	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 06-Mar-2019 9:50 ORTALAMA 1.769W/mK									

<p>C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer</p> <p>Test ID: TCI-PC-1833 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics</p> <p>Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 9.....</p>	<p>Test Report Report Generated on: 06-Mar-2019 10:31:43</p> <p>Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 06-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN</p>
--	---

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:24:26	1,685	1.480	25.7340	0.5719	2,351.929
2	1	T447	10:25:32	1,696	1.500	25.8089	0.5692	2,352.341
3	1	T447	10:26:37	1,695	1.500	25.3059	0.5675	2,353.815
4	1	T447	10:27:43	1,698	1.500	24.7017	0.5691	2,356.528
5	1	T447	10:28:48	1,703	1.510	24.7162	0.5680	2,355.285
6	1	T447	10:29:54	1,702	1.510	25.8489	0.5671	2,352.935

Notes:
Last Edited By: _____ Last Edited On: _____
ADMIN 06-Mar-2019 10:31
ORTALAMA 1.500W/mK

<p>C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer</p> <p>Test ID: TCI-PC-1835 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics</p> <p>Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 10.....</p>	<p>Test Report Report Generated on: 06-Mar-2019 10:49:08</p> <p>Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 06-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN</p>
---	---

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:46:05	1,666	1.450	25.9450	0.5745	2,352.572
2	1	T447	10:47:11	1,673	1.460	25.4791	0.5722	2,353.965
3	1	T447	10:48:16	1,673	1.460	25.4141	0.5720	2,354.570

Notes:
Last Edited By: _____ Last Edited On: _____
ADMIN 06-Mar-2019 10:48
ORTALAMA 1.456W/mK

<p>C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer</p> <p>Test ID: TCI-PC-1836 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics</p> <p>Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 11</p>	<p>Test Report Report Generated on: 06-Mar-2019 10:55:30</p> <p>Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 06-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN</p>
--	---

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:52:00	2,016	2.070	24.8742	0.5060	2,356.382
2	1	T447	10:53:05	2,032	2.100	24.8615	0.5036	2,355.792
3	1	T447	10:54:11	2,033	2.100	25.5060	0.5052	2,353.792

Notes:
Last Edited By: _____ Last Edited On: _____
ADMIN 06-Mar-2019 10:55
ORTALAMA 2.088W/mK

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1838 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 12.....				Report Generated on: 07-Mar-2019 12:21:09 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 07-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	12:15:30	1,901	1.860	24.7947	0.5300	2,356.55	
2	1	T447	12:16:36	1,900	1.860	23.6734	0.5292	2,358.68	
3	1	T447	12:17:42	1,910	1.880	24.7926	0.5284	2,356.20	
4	1	T447	12:18:47	1,908	1.870	24.2828	0.5280	2,357.14	
5	1	T447	12:19:53	1,906	1.870	24.8438	0.5293	2,355.65	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 07-Mar-2019 12:20 ORTALAMA 1.868W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1837 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 13				Report Generated on: 07-Mar-2019 12:12:16 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 07-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	12:09:05	2,009	2.060	24.7714	0.5100	2,355.59	
2	1	T447	12:10:11	2,002	2.040	24.7774	0.5128	2,356.37	
3	1	T447	12:11:16	2,011	2.060	23.6317	0.5082	2,358.51	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 07-Mar-2019 12:11 ORTALAMA 2.053W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1839 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 14.....				Report Generated on: 07-Mar-2019 12:49:43 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 07-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	12:44:17	1,613	1.360	24.7579	0.5869	2,355.60	
2	1	T447	12:45:22	1,626	1.380	24.7650	0.5839	2,355.66	
3	1	T447	12:46:28	1,629	1.380	24.8318	0.5835	2,356.11	
4	1	T447	12:47:33	1,633	1.390	24.2881	0.5833	2,357.08	
5	1	T447	12:48:39	1,629	1.380	24.8028	0.5860	2,355.81	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 07-Mar-2019 12:49 ORTALAMA 1.379W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1840 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 15.....				Report Generated on: 07-Mar-2019 12:59:55 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 07-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot s}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	12:53:12	1,608	1.350	24.8506	0.5871	2,356.55
2	1	T447	12:54:17	1,621	1.370	23.6751	0.5855	2,359.63
3	1	T447	12:55:22	1,629	1.380	23.7006	0.5831	2,359.67
4	1	T447	12:56:28	1,629	1.380	23.7349	0.5836	2,358.84
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 07-Mar-2019 12:59 ORTALAMA 1.372W/mK								

MgSO₄ Grubu Analiz Sonuçları

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1823 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M1				Report Generated on: 04-Mar-2019 10:35:16 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot s}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:29:49	1,718	1.540	22.5075	0.5592	2,347.46
2	1	T447	10:30:55	1,734	1.570	23.6684	0.5579	2,344.84
3	1	T447	10:32:01	1,738	1.570	23.0759	0.5575	2,345.66
4	1	T447	10:33:06	1,747	1.590	23.5963	0.5544	2,344.20
5	1	T447	10:34:11	1,746	1.590	23.6525	0.5557	2,344.75
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 04-Mar-2019 10:35 ORTALAMA 1.570W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1820 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M2				Report Generated on: 04-Mar-2019 10:06:29 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot s}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:01:28	1,682	1.470	22.8349	0.5706	2,344.37
2	1	T447	10:02:34	1,688	1.490	21.7298	0.5703	2,346.68
3	1	T447	10:03:39	1,692	1.490	22.3138	0.5676	2,345.24
4	1	T447	10:04:44	1,698	1.500	21.7383	0.5685	2,346.65
5	1	T447	10:05:50	1,703	1.510	21.7411	0.5673	2,345.84
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 04-Mar-2019 10:06 ORTALAMA 1.494W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1824 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M3				Report Generated on: 04-Mar-2019 10:43:41 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:39:45	1,593	1.320	23.9339	0.5913	2,345.45
2	1	T447	10:40:50	1,604	1.340	23.3503	0.5875	2,345.95
3	1	T447	10:41:55	1,608	1.350	23.8399	0.5855	2,345.17
4	1	T447	10:43:01	1,608	1.350	23.2962	0.5843	2,346.01
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 04-Mar-2019 10:43 ORTALAMA 1.340W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1821 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M4				Report Generated on: 04-Mar-2019 10:18:38 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:11:45	1,722	1.540	21.9663	0.5614	2,347.33
2	1	T447	10:12:51	1,730	1.560	22.5368	0.5605	2,345.50
3	1	T447	10:13:56	1,739	1.570	21.9790	0.5593	2,346.87
4	1	T447	10:15:01	1,739	1.570	21.9617	0.5578	2,346.96
5	1	T447	10:16:07	1,749	1.590	21.4106	0.5548	2,348.53
6	1	T447	10:17:12	1,750	1.590	22.6468	0.5555	2,345.11
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 04-Mar-2019 10:18 ORTALAMA 1.572W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1819 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 5M				Report Generated on: 04-Mar-2019 9:57:13 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:51:58	1,655	1.430	21.9087	0.5758	2,344.55
2	1	T447	9:53:04	1,663	1.440	22.4669	0.5748	2,343.52
3	1	T447	9:54:10	1,667	1.450	20.8962	0.5731	2,347.08
4	1	T447	9:55:15	1,678	1.470	22.4485	0.5721	2,343.00
5	1	T447	9:56:21	1,677	1.470	21.9829	0.5746	2,344.27
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 04-Mar-2019 9:57 ORTALAMA 1.451W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report Report Generated on: 04-Mar-2019 10:26:13	
Test ID: TCI-PC-1822 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics	Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN		
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M6			

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:22:45	1,748	1.590	22.9052	0.5575	2,345.35
2	1	T447	10:23:51	1,764	1.620	23.5072	0.5532	2,344.11
3	1	T447	10:24:56	1,764	1.620	22.9066	0.5540	2,345.53

Notes:

Last Edited By: ADMIN
 Last Edited On: 04-Mar-2019 10:26
 ORTALAMA 1.609W/mK

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report Report Generated on: 04-Mar-2019 9:47:46	
Test ID: TCI-PC-1818 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics	Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN		
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 7M			

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:42:10	1,644	1.410	22.2007	0.5800	2,343.68
2	1	T447	9:43:15	1,663	1.440	21.5534	0.5746	2,344.48
3	1	T447	9:44:21	1,663	1.440	21.4760	0.5740	2,343.48
4	1	T447	9:45:28	1,680	1.470	21.8959	0.5728	2,342.26
5	1	T447	9:46:33	1,672	1.460	21.3597	0.5727	2,343.31

Notes:

Last Edited By: ADMIN
 Last Edited On: 04-Mar-2019 9:47
 ORTALAMA 1.445W/mK

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report Report Generated on: 04-Mar-2019 9:38:02	
Test ID: TCI-PC-1817 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics	Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 04-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN		
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: 8M			

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:33:44	1,585	1.310	20.2861	0.5958	2,340.91
2	1	T447	9:34:50	1,600	1.330	20.4236	0.5925	2,340.60
3	1	T447	9:35:55	1,599	1.330	19.8350	0.5931	2,341.94
4	1	T447	9:37:00	1,604	1.340	19.9029	0.5932	2,341.63

Notes:

Last Edited By: ADMIN
 Last Edited On: 04-Mar-2019 9:37
 ORTALAMA 1.330W/mK

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1847 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M9..				Report Generated on: 11-Mar-2019 10:47:58 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:41:25	1,534	1.220	26.2699	0.6109	2,357.98
2	1	T447	10:42:30	1,551	1.250	25.6700	0.6040	2,359.21
3	1	T447	10:43:36	1,562	1.270	26.2727	0.6020	2,357.65
4	1	T447	10:44:42	1,567	1.280	26.2618	0.6038	2,358.02
5	1	T447	10:45:48	1,574	1.290	25.6905	0.6003	2,358.79
6	1	T447	10:46:53	1,575	1.290	26.8592	0.5991	2,356.22
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 10:47 ORTALAMA 1.268W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1848 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M10				Report Generated on: 11-Mar-2019 11:48:27 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	11:41:08	1,574	1.290	26.0832	0.5933	2,357.88
2	1	T447	11:42:14	1,595	1.330	25.5523	0.5885	2,358.76
3	1	T447	11:43:20	1,606	1.340	25.4805	0.5864	2,359.38
4	1	T447	11:44:27	1,614	1.360	26.1914	0.5838	2,357.05
5	1	T447	11:45:32	1,614	1.360	26.1985	0.5865	2,356.99
6	1	T447	11:46:38	1,615	1.360	26.1624	0.5888	2,357.60
7	1	T447	11:47:43	1,605	1.340	25.7333	0.5843	2,358.30
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 11:48 ORTALAMA 1.340W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1849 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M11				Report Generated on: 11-Mar-2019 11:57:11 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	11:52:08	1,664	1.440	25.9104	0.5744	2,358.11
2	1	T447	11:53:14	1,682	1.480	26.3887	0.5751	2,357.32
3	1	T447	11:54:20	1,695	1.500	25.9143	0.5715	2,358.91
4	1	T447	11:55:25	1,701	1.510	25.3137	0.5672	2,359.73
5	1	T447	11:56:31	1,700	1.510	25.9015	0.5709	2,358.71
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 11:56 ORTALAMA 1.486W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1845 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Report Generated on: 11-Mar-2019 10:28:15 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M12								
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	10:07:21	1,775	1.640	25.4218	0.5481	2,359.17
2	1	T447	10:08:26	1,810	1.700	26.0016	0.5445	2,357.13
3	1	T447	10:09:32	1,819	1.710	26.5025	0.5426	2,355.72
4	1	T447	10:10:37	1,824	1.720	26.5958	0.5392	2,355.88
5	1	T447	10:11:43	1,822	1.720	25.4183	0.5399	2,358.82
6	1	T447	10:12:49	1,837	1.750	26.5548	0.5383	2,355.37
7	1	T447	10:13:54	1,833	1.740	25.9305	0.5386	2,357.71
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 10:28 ORTALAMA 1.711W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1843 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Report Generated on: 11-Mar-2019 9:49:32 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M13								
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:46:05	1,772	1.630	26.3505	0.5524	2,356.29
2	1	T447	9:47:11	1,779	1.640	26.2872	0.5533	2,356.84
3	1	T447	9:48:17	1,776	1.640	25.2122	0.5506	2,360.11
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 9:49 ORTALAMA 1.638W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1844 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Report Generated on: 11-Mar-2019 10:03:08 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M14								
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:53:26	1,727	1.550	25.8103	0.5598	2,358.29
2	1	T447	9:54:32	1,740	1.580	24.7251	0.5610	2,361.49
3	1	T447	9:55:37	1,739	1.570	25.2935	0.5583	2,358.69
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 11-Mar-2019 10:02 ORTALAMA 1.567W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1842 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: M15....				Report Generated on: 11-Mar-2019 9:40:31 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:30:27	1,673	1.460	24.8007	0.5689	2,360.24
2	1	T447	9:31:32	1,702	1.510	25.4190	0.5636	2,359.23
3	1	T447	9:32:38	1,715	1.530	25.4674	0.5599	2,358.64
4	1	T447	9:33:43	1,723	1.550	25.4374	0.5597	2,358.75
5	1	T447	9:34:49	1,721	1.540	25.4777	0.5549	2,358.13
6	1	T447	9:35:55	1,729	1.560	25.9708	0.5575	2,357.33
7	1	T447	9:37:00	1,727	1.550	25.5767	0.5588	2,358.68
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 9:39 ORTALAMA 1.529W/mK								

Su Grubu Analiz Sonuçları

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1852 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S1				Report Generated on: 11-Mar-2019 12:31:28 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	12:25:08	2,263	2.530	26.1787	0.4699	2,356.85
2	1	T447	12:26:14	2,256	2.520	26.7390	0.4705	2,355.91
3	1	T447	12:27:20	2,241	2.490	25.6908	0.4700	2,358.65
4	1	T447	12:28:25	2,265	2.530	26.7984	0.4687	2,355.28
5	1	T447	12:29:30	2,259	2.520	26.1819	0.4701	2,357.42
6	1	T447	12:30:36	2,257	2.520	26.1713	0.4703	2,357.34
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 12:31 ORTALAMA 2.518W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1850 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S2				Report Generated on: 11-Mar-2019 12:08:37 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W^2(s)}{(m^2)^*K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	12:00:10	1,950	1.950	26.4307	0.5219	2,357.05
2	1	T447	12:01:16	1,947	1.940	25.4183	0.5170	2,358.97
3	1	T447	12:02:22	1,952	1.950	26.5789	0.5178	2,356.65
4	1	T447	12:03:27	1,963	1.970	25.3391	0.5181	2,359.76
5	1	T447	12:04:33	1,955	1.960	26.5523	0.5189	2,357.08
6	1	T447	12:05:38	1,950	1.950	24.8569	0.5210	2,361.57
7	1	T447	12:06:43	1,955	1.960	26.0804	0.5152	2,358.37
8	1	T447	12:07:49	1,948	1.940	25.4964	0.5177	2,359.49
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 12:08 ORTALAMA 1.953W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report							
Test ID: TCIPC-1851 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S3		Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN Report Generated on: 11-Mar-2019 12:17:05							
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	12:11:52	1,996	2.030	25.4551	0.5091	2,358.93	
2	1	T447	12:12:57	2,019	2.070	26.0355	0.5069	2,357.30	
3	1	T447	12:14:03	2,027	2.090	26.0196	0.5035	2,357.22	
4	1	T447	12:15:08	2,026	2.090	25.9920	0.5055	2,357.49	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 12:16 ORTALAMA 2.070W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report							
Test ID: TCIPC-1854 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S4		Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN Report Generated on: 11-Mar-2019 13:08:06							
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	13:00:08	2,038	2.110	25.7775	0.5041	2,358.22	
2	1	T447	13:01:14	2,071	2.170	26.9154	0.4991	2,355.25	
3	1	T447	13:02:20	2,075	2.180	26.8631	0.4985	2,355.77	
4	1	T447	13:03:25	2,090	2.200	26.3862	0.4960	2,356.44	
5	1	T447	13:04:31	2,084	2.190	26.9614	0.4959	2,354.95	
6	1	T447	13:05:36	2,091	2.210	26.8949	0.4951	2,355.13	
7	1	T447	13:06:42	2,084	2.190	26.8977	0.4953	2,355.53	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 13:07 ORTALAMA 2.179W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer		Test Report							
Test ID: TCIPC-1853 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S5		Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN Report Generated on: 11-Mar-2019 12:56:35							
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	12:44:09	2,029	2.090	26.8086	0.5059	2,355.17	
2	1	T447	12:45:15	2,038	2.110	26.8373	0.5047	2,355.87	
3	1	T447	12:46:20	2,041	2.110	25.6700	0.5007	2,358.56	
4	1	T447	12:47:26	2,057	2.140	26.3378	0.4995	2,356.95	
5	1	T447	12:48:31	2,059	2.150	25.7517	0.5000	2,357.77	
6	1	T447	12:49:37	2,053	2.140	26.8440	0.4993	2,355.31	
7	1	T447	12:50:42	2,063	2.160	26.2922	0.4967	2,356.80	
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 11-Mar-2019 12:56 ORTALAMA 2.128W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report Report Generated on: 11-Mar-2019 13:16:41				
Test ID: TCI-PC-1855 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S6								

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	13:12:21	1,833	1.740	26.9437	0.5503	2,355.88
2	1	T447	13:13:26	1,834	1.740	25.8344	0.5530	2,358.76
3	1	T447	13:14:32	1,829	1.730	26.9819	0.5508	2,355.92
4	1	T447	13:15:37	1,830	1.730	26.5082	0.5485	2,356.65

Notes:	
Last Edited By: ADMIN	Last Edited On: 11-Mar-2019 13:16
ORTALAMA 1.736W/mK	

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report Report Generated on: 11-Mar-2019 13:28:32				
Test ID: TCI-PC-1856 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 11-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S7								

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	13:20:48	1,824	1.720	25.7548	0.5526	2,359.09
2	1	T447	13:21:54	1,830	1.730	26.9932	0.5478	2,355.45
3	1	T447	13:22:59	1,827	1.730	26.8443	0.5499	2,355.83
4	1	T447	13:24:05	1,832	1.740	27.0321	0.5477	2,355.93
5	1	T447	13:25:10	1,833	1.740	26.4848	0.5489	2,357.38
6	1	T447	13:26:16	1,831	1.740	26.5849	0.5456	2,357.18
7	1	T447	13:27:21	1,826	1.730	26.4428	0.5507	2,357.84

Notes:	
Last Edited By: ADMIN	Last Edited On: 11-Mar-2019 13:28
ORTALAMA 1.732W/mK	

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report Report Generated on: 12-Mar-2019 8:37:33				
Test ID: TCI-PC-1858 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics				Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S8								

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	8:33:55	1,787	1.660	24.5635	0.5544	2,362.49
2	1	T447	8:35:01	1,784	1.650	23.5147	0.5549	2,365.22
3	1	T447	8:36:06	1,784	1.650	23.5139	0.5544	2,365.00

Notes:	
Last Edited By: ADMIN	Last Edited On: 12-Mar-2019 8:37
ORTALAMA 1.654W/mK	

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1857 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S9				Report Generated on: 12-Mar-2019 8:30:41 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	8:26:28	1,656	1.430	23.1650	0.5831	2,365.49€	
2	1	T447	8:27:33	1,656	1.430	23.7243	0.5838	2,363.59€	
3	1	T447	8:28:39	1,662	1.440	24.3938	0.5795	2,361.92€	
4	1	T447	8:29:44	1,657	1.430	24.4663	0.5820	2,362.28€	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 12-Mar-2019 8:30 ORTALAMA 1.433W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1861 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S10				Report Generated on: 12-Mar-2019 9:05:41 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	8:58:27	1,813	1.700	24.1973	0.5473	2,363.38€	
2	1	T447	8:59:33	1,818	1.710	25.3119	0.5461	2,361.45€	
3	1	T447	9:00:38	1,826	1.730	24.1697	0.5453	2,363.62€	
4	1	T447	9:01:44	1,833	1.740	25.3433	0.5420	2,360.54€	
5	1	T447	9:02:49	1,831	1.740	25.3960	0.5434	2,361.24€	
6	1	T447	9:03:55	1,824	1.720	24.1934	0.5435	2,364.07€	
7	1	T447	9:05:00	1,835	1.740	24.9230	0.5447	2,361.71€	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 12-Mar-2019 9:05 ORTALAMA 1.726W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report					
Test ID: TCI-PC-1860 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S11				Report Generated on: 12-Mar-2019 8:55:24 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN					
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)	
1	1	T447	8:50:13	2,028	2.090	25.0892	0.5103	2,360.34€	
2	1	T447	8:51:19	2,028	2.090	25.1464	0.5098	2,360.33€	
3	1	T447	8:52:25	2,042	2.120	25.0807	0.5070	2,360.59€	
4	1	T447	8:53:30	2,044	2.120	25.0934	0.5054	2,360.61€	
Notes: Last Edited By: _____ Last Edited On: _____ ADMIN 12-Mar-2019 8:54 ORTALAMA 2.104W/mK									

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1859 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S12				Report Generated on: 12-Mar-2019 8:45:27 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	8:40:47	2,024	2.080	24.9269	0.5088	2,361.02
2	1	T447	8:41:52	2,019	2.070	24.9046	0.5091	2,361.27
3	1	T447	8:42:57	2,026	2.090	24.9513	0.5111	2,362.04
4	1	T447	8:44:03	2,025	2.080	23.8279	0.5102	2,364.35
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 12-Mar-2019 8:45 ORTALAMA 2.083W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1864 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S13				Report Generated on: 12-Mar-2019 9:33:01 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:25:48	1,721	1.540	24.5540	0.5676	2,362.96
2	1	T447	9:26:54	1,738	1.570	25.7343	0.5648	2,359.92
3	1	T447	9:27:59	1,741	1.580	25.7135	0.5661	2,360.14
4	1	T447	9:29:05	1,747	1.590	25.6682	0.5630	2,360.34
5	1	T447	9:30:11	1,746	1.590	25.7156	0.5643	2,360.11
6	1	T447	9:31:16	1,753	1.600	25.7619	0.5619	2,360.59
7	1	T447	9:32:21	1,738	1.570	25.1563	0.5678	2,362.53
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 12-Mar-2019 9:32 ORTALAMA 1.577W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer				Test Report				
Test ID: TCI-PC-1862 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S14				Report Generated on: 12-Mar-2019 9:13:38 Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN				
#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W\sqrt{s}}{(m^2)^{\circ}K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:08:47	1,633	1.390	24.2910	0.5885	2,363.88
2	1	T447	9:09:53	1,637	1.400	24.2758	0.5901	2,363.62
3	1	T447	9:10:58	1,651	1.420	24.9273	0.5841	2,362.12
4	1	T447	9:12:04	1,651	1.420	24.9799	0.5862	2,361.62
Notes: Last Edited By: ADMIN Last Edited On: 12-Mar-2019 9:13 ORTALAMA 1.408W/mK								

C-THERM TCI™ Thermal Conductivity Analyzer			Test Report Report Generated on: 12-Mar-2019 9:22:12		
Test ID: TCI-PC-1863 Instrument: TH89-05-00283 Test Method: Ceramics			Software Version: 2.4.4.13 Test started on: 12-Mar-2019 Performed by: Administrator User ID: ADMIN		
Project: Yapi Malzemeleri Material: Yalitim Malzemesi Material Lot: S15					

#	Repeat	Sensor ID	Start Time	Effusivity $\frac{W \cdot \sqrt{s}}{(m^2) \cdot K}$	Conductivity(W/mK)	Ambient T (°C)	DeltaT (°C)	V0 (mV)
1	1	T447	9:16:58	1,691	1.490	25.0146	0.5836	2,360.72
2	1	T447	9:18:04	1,692	1.490	25.5540	0.5805	2,359.49
3	1	T447	9:19:09	1,698	1.500	25.5367	0.5795	2,359.57
4	1	T447	9:20:15	1,693	1.490	25.4282	0.5812	2,359.71
5	1	T447	9:21:20	1,688	1.490	25.4848	0.5838	2,360.40

Notes:	
Last Edited By: ADMIN	Last Edited On: 12-Mar-2019 9:21
ORTALAMA 1.493W/mK	



EK - 2 POROZİMETRE ANALİZ SONUÇLARI

İslanma - Kuruma Grubu Analiz Sonuçları

1		2		3		4	
Pore diameter (nm)	Pore volume (ml/g)	Pore diameter (nm)	Pore volume (ml/g)	Pore diameter (nm)	Pore volume (ml/g)	Pore diameter (nm)	Pore volume (ml/g)
345707	0	344707	0	345696,1	0	346138,1	0
90875,1	0,005	90684,5	0,0031	90768,5	0,006	91202,2	0,0035
60429,4	0,0058	60412	0,0036	60266,4	0,0067	60402,3	0,004
45254,8	0,0066	45272,8	0,0039	45356,6	0,0069	45284,8	0,0042
32953,2	0,0075	32978,8	0,0041	32892,9	0,0071	32931,1	0,0045
30177,9	0,0076	30199,3	0,0042	30175,4	0,0072	30187,3	0,0046
24167,7	0,0082	24175,3	0,0044	24156,8	0,0073	24153,8	0,0047
21311,7	0,0087	21303,9	0,0045	21303,4	0,0074	21312,3	0,0049
17265,2	0,0091	17269,2	0,0047	17272,4	0,0075	17262,4	0,005
13947,6	0,01	13945,6	0,0048	13938,9	0,0078	13951	0,0052
11336,8	0,0106	11339,1	0,005	11326,3	0,008	11328,8	0,0055
9048,1	0,0112	9048,5	0,005	9043,4	0,0084	9042,4	0,0057
8404,3	0,0112	6694,9	0,005	8281,3	0,0084	7775,4	0,0058
6031,7	0,0114	4530,4	0,005	5746,6	0,0085	6748,8	0,0059
4931,9	0,0119	3596,3	0,005	4811,2	0,0086	4947,4	0,0061
3884,3	0,0123	2697,3	0,005	3625,7	0,009	3865,5	0,0063
3092,7	0,0129	2582,9	0,0051	3100,7	0,0093	2936,4	0,0066
2494,8	0,0138	2107	0,0054	2390,4	0,0099	2388	0,0068
2063,9	0,0143	1639,5	0,006	2096,4	0,0101	1997,8	0,0073
1631,2	0,015	1282,6	0,0067	1607,9	0,0107	1630,8	0,0076
1290,8	0,0157	1051,2	0,0078	1293,2	0,0112	1336,1	0,0081
1050,1	0,0163	828,3	0,0093	1048,5	0,0119	1021,7	0,0088
835,1	0,0169	678,8	0,0107	831,1	0,0128	830	0,0097
678,4	0,0175	548,7	0,0116	680,7	0,014	677,3	0,0105
555,3	0,018	431	0,0128	552,1	0,0147	556,1	0,0114
432	0,0185	350,2	0,0147	432,5	0,016	434	0,0129
349,6	0,0192	284,2	0,0165	349,3	0,0173	349,5	0,0143
283,5	0,0199	226,9	0,0186	283,9	0,0191	284,6	0,0158
226,7	0,0206	183	0,0203	227	0,0211	226,7	0,018
183	0,0213	151	0,0215	183,4	0,0235	183,3	0,0199
151,1	0,0219	120,8	0,0228	150,9	0,0258	151	0,0216
120,8	0,0229	95,3	0,0243	120,6	0,0286	120,9	0,0236
95,2	0,0243	77,1	0,0259	95,3	0,0321	95,4	0,0258
77,1	0,0258	62,5	0,0278	77,1	0,0356	77,1	0,0281

62,5	0,0272
50,3	0,0287
40,3	0,0305
32,4	0,0318
26,3	0,0334
21,1	0,0352
17,1	0,0373
13,7	0,0393
12,2	0,0404
11	0,0413
9,1	0,0426
8	0,0426
7,2	0,0428
6,6	0,0436
6	0,0442
5,6	0,0444
5,2	0,0444
4,8	0,045
4,5	0,0455
4,3	0,0458
4	0,046
3,8	0,0466
3,6	0,0472
3,4	0,0476
3,3	0,0478
3,1	0,0478
3	0,0478

50,3	0,0299
40,3	0,0321
32,4	0,0338
26,3	0,0357
21,1	0,037
17,1	0,0386
13,7	0,0403
12,2	0,0414
11	0,0416
9,1	0,0431
8	0,0438
7,2	0,0444
6,6	0,045
6	0,0456
5,6	0,0462
5,2	0,0465
4,8	0,0467
4,5	0,048
4,3	0,0488
4	0,0488
3,8	0,0488
3,6	0,0494
3,4	0,0503
3,3	0,051
3,1	0,0518
3	0,0523

62,4	0,0393
50,3	0,0429
40,2	0,0472
32,4	0,0511
26,3	0,0544
21,1	0,0577
17,1	0,0602
13,7	0,062
12,2	0,0627
11	0,0634
9,1	0,0643
8	0,0651
7,2	0,0659
6,6	0,066
6	0,0663
5,6	0,0663
5,2	0,0667
4,8	0,0675
4,5	0,0678
4,3	0,0681
4	0,0687
3,8	0,0689
3,6	0,0694
3,4	0,0705
3,3	0,0712
3,1	0,0712
3	0,0712

62,5	0,0312
50,3	0,0351
40,2	0,0406
32,4	0,046
26,3	0,0506
21,1	0,055
17,1	0,0583
13,7	0,0613
12,2	0,0624
11	0,0635
9,1	0,0645
8	0,0653
7,2	0,0659
6,6	0,0662
6	0,0664
5,6	0,067
5,2	0,0674
4,8	0,0676
4,5	0,0682
4,3	0,069
4	0,0708
3,8	0,0708
3,6	0,0708
3,4	0,0708
3,3	0,0708
3,1	0,0708
3	0,0708

5		6		7		8	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
345918,2	0	344823,7	0	345733,4	0	346109,1	0
90699,4	0,0067	90663,7	0,0032	90657,2	0,0035	90878	0,0032
60433	0,0077	60485,4	0,0035	60395,5	0,0042	60471,7	0,0037
45280,2	0,0084	45260,5	0,0037	45302,8	0,0046	45321,9	0,0045
32947,6	0,009	32925,2	0,0051	32945,6	0,0048	32951,5	0,0048
30184,4	0,0092	30226,4	0,0052	30183,9	0,0049	30204,5	0,0048
24170,5	0,0096	24138,4	0,0053	24159,6	0,0052	24169,3	0,005
21314,6	0,01	21316	0,0054	21310,8	0,0053	21326,1	0,0051
17267,8	0,0104	17285,4	0,0055	17261,3	0,0055	17266,3	0,0053
13936,2	0,0109	13952,1	0,0057	13946,4	0,0057	13948,9	0,0055
11299,8	0,0112	11333,7	0,0059	11337	0,0061	11332,2	0,0057
9047,9	0,0118	9047,6	0,0061	9046	0,0063	9047,6	0,0059
7574,2	0,0119	8202,2	0,0061	8138,7	0,0063	7075,2	0,0059
5709,8	0,0121	6929	0,0062	6665,4	0,0063	4155,2	0,0062
4281,5	0,0132	4682,5	0,0063	4371,1	0,0064	3893,7	0,0063
3593,7	0,0138	3877,6	0,0065	3387,9	0,0068	2955,9	0,0067
2933,1	0,0147	3187,2	0,0068	3245,2	0,0068	2517,3	0,0072
2334,8	0,0155	2483,2	0,0074	2385,9	0,0074	2082,9	0,0079
1975,1	0,0164	2107,6	0,0078	2113,1	0,0077	1619,5	0,0092
1611,2	0,0176	1615,2	0,008	1630,8	0,0085	1322,6	0,0102
1318,9	0,0188	1319,2	0,0084	1292,6	0,0095	1046,6	0,0114
1046,1	0,02	1053	0,0089	1036,7	0,0108	834,1	0,0127
825,5	0,0215	835,6	0,0094	839,3	0,0122	676,6	0,0143
677,8	0,024	679,8	0,0099	668	0,0137	554,1	0,0152
552,9	0,0258	554,3	0,0105	549,5	0,0155	432,2	0,0172
435,6	0,0284	433,8	0,0111	432,7	0,0175	350,9	0,0186
350,8	0,0312	349,8	0,0121	349,2	0,0191	283,9	0,0203
283,6	0,0336	283,9	0,0131	284,6	0,0206	226,6	0,0223
227	0,0361	226,5	0,0143	226,6	0,0222	182,9	0,0246
183,3	0,0386	183,4	0,0159	183,3	0,0241	151,1	0,0268
151,3	0,0407	151,2	0,0191	150,9	0,0259	120,9	0,0292
120,8	0,0433	120,7	0,0236	120,8	0,0281	95,4	0,0321
95,2	0,0462	95,4	0,028	95,3	0,031	77,1	0,0352
77,1	0,0491	77,1	0,0348	77,1	0,0345	62,4	0,0387
62,4	0,0523	62,4	0,0381	62,5	0,0377	50,3	0,042
50,3	0,0562	50,3	0,0404	50,3	0,0402	40,3	0,0458
40,3	0,0614	40,3	0,0425	40,3	0,0424	32,4	0,049
32,4	0,0659	32,4	0,044	32,4	0,044	26,3	0,052
26,3	0,0699	26,3	0,0451	26,3	0,0452	21,1	0,0553

21,1	0,0736	21,1	0,046	21,1	0,0462	17,1	0,0576
17,1	0,0757	17,1	0,0466	17,1	0,0468	13,7	0,0601
13,7	0,0782	13,7	0,0472	13,7	0,048	12,2	0,0611
12,2	0,079	12,2	0,0474	12,2	0,0484	11	0,0621
11	0,08	11	0,0477	11	0,0489	9,1	0,0634
9,1	0,0814	9,1	0,0481	9,1	0,0496	8	0,0641
8	0,0816	8	0,0483	8	0,0501	7,2	0,0648
7,2	0,0823	7,2	0,0486	7,2	0,0505	6,6	0,0649
6,6	0,0828	6,6	0,0488	6,6	0,0512	6	0,0653
6	0,0835	6	0,0493	6	0,0514	5,6	0,0658
5,6	0,084	5,6	0,0493	5,6	0,0519	5,2	0,0663
5,2	0,0846	5,2	0,0498	5,2	0,0527	4,8	0,067
4,8	0,0849	4,8	0,0501	4,8	0,0531	4,5	0,0672
4,5	0,085	4,5	0,0501	4,5	0,0532	4,3	0,0673
4,3	0,0856	4,3	0,0503	4,3	0,0533	4	0,0678
4	0,086	4	0,0503	4	0,054	3,8	0,0683
3,8	0,0862	3,8	0,0503	3,8	0,0549	3,6	0,069
3,6	0,0865	3,6	0,0504	3,6	0,0565	3,4	0,0694
3,4	0,0866	3,4	0,0504	3,4	0,0565	3,3	0,0696
3,3	0,0867	3,3	0,0504	3,3	0,0565	3,1	0,0697
3,1	0,0871	3,1	0,0504	3,1	0,0569	3	0,0714
3	0,0874	3	0,0504	3	0,0581		

9		10		11		12	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
346461,3	0	345966,1	0	347326,4	0	346482,9	0
90695,3	0,0066	90573,8	0,0035	90937,4	0,0031	90515,8	0,0034
60601,3	0,0072	60363,5	0,004	60549,2	0,0042	60492	0,0038
45279,8	0,0078	45280,7	0,0044	45344,2	0,0049	45301,5	0,0041
32927,6	0,0083	32948,4	0,0048	32932,5	0,0054	32901,8	0,0044
30183,8	0,0086	30174,2	0,0048	30197,5	0,0056	30201,2	0,0045
24162	0,0089	24165,8	0,005	24164,5	0,0058	24171	0,0047
21334	0,009	21308,2	0,0051	21324,6	0,006	21316,7	0,0048
17267,3	0,0092	17275,2	0,0053	17269	0,0061	17267,2	0,0051
13958,6	0,0095	13953,4	0,0055	13952	0,0064	13946	0,0053
11308,8	0,0097	11337,4	0,0058	11339	0,0068	11337,3	0,0057
9042,7	0,01	9047,8	0,0062	9040,6	0,0071	9050,9	0,0057
8343,8	0,0103	7254,4	0,0063	7297,8	0,0072	6396,9	0,0057
5965,2	0,0103	7206,7	0,0063	6296,8	0,0073	4874,6	0,0059
4390,8	0,0106	4908,6	0,0065	4845,3	0,0074	3822,1	0,006
3902,9	0,0107	3882,1	0,0065	3979,7	0,0075	3248,3	0,0066
3061,1	0,011	3199	0,0066	2740,5	0,0085	2466	0,008
2340,7	0,0113	2504,8	0,0069	2523,3	0,0085	1938	0,0084
2089,3	0,0117	1987,9	0,0071	2053	0,0087	1577,1	0,009
1595,8	0,0126	1636,6	0,0075	1565,2	0,0092	1295,3	0,0097
1315,3	0,0132	1330,4	0,0078	1321	0,0097	1034,6	0,0106
1043,5	0,0139	1055,5	0,0081	1036,2	0,0104	838,7	0,0124
834	0,0147	838,4	0,0085	825,9	0,0113	673,1	0,0135
678,9	0,0155	678	0,009	680	0,0121	554	0,0149
553,6	0,0163	554,3	0,0096	552,3	0,0127	430,9	0,0171
432,8	0,0175	432,2	0,0104	432,7	0,0135	346,6	0,0189
348,9	0,0189	349,5	0,011	350,3	0,0145	283,7	0,0205
283,7	0,0202	283,6	0,0117	283,6	0,0158	226,8	0,0221
226,9	0,0219	226,5	0,0127	227	0,0172	183,3	0,0238
183,4	0,0236	182,9	0,0136	183,2	0,0192	150,9	0,0252
151	0,0255	151,2	0,0146	151,2	0,0221	120,8	0,0272
120,8	0,0277	120,8	0,016	120,7	0,0269	95,3	0,0305
95,4	0,0307	95,4	0,018	95,3	0,0323	77,1	0,0341
77,1	0,034	77	0,0209	77,1	0,0361	62,4	0,037
62,4	0,0378	62,4	0,0256	62,4	0,0388	50,3	0,0392
50,3	0,0416	50,3	0,0327	50,3	0,0412	40,3	0,0412
40,3	0,0459	40,3	0,0435	40,3	0,0435	32,4	0,0428
32,4	0,0493	32,4	0,0511	32,4	0,0451	26,3	0,0441
26,3	0,0522	26,3	0,0564	26,3	0,0464	21,1	0,0452

21,1	0,0546	21,1	0,0607	21,1	0,0474	17,1	0,0462
17,1	0,0567	17,1	0,0644	17,1	0,0481	13,7	0,0469
13,7	0,0584	13,7	0,0672	13,7	0,0487	12,2	0,0473
12,2	0,0591	12,2	0,0685	12,2	0,049	11	0,0479
11	0,0602	11	0,0696	11	0,0492	9,1	0,0487
9,1	0,0619	9,1	0,0713	9,1	0,0496	8	0,0492
8	0,063	8	0,0721	8	0,0499	7,2	0,0497
7,2	0,0638	7,2	0,0728	7,2	0,05	6,6	0,0498
6,6	0,0648	6,6	0,0739	6,6	0,05	6	0,0499
6	0,0656	6	0,0748	6	0,05	5,6	0,0503
5,6	0,0659	5,6	0,0756	5,6	0,0501	5,2	0,0506
5,2	0,0661	5,2	0,0756	5,2	0,0501	4,8	0,0511
4,8	0,0662	4,8	0,0757	4,8	0,0504	4,5	0,0515
4,5	0,0665	4,5	0,0758	4,5	0,0507	4,3	0,0516
4,3	0,0676	4,3	0,076	4,3	0,051	4	0,052
4	0,0683	4	0,076	4	0,0514	3,8	0,0524
3,8	0,0683	3,8	0,076	3,8	0,0517	3,6	0,0524
3,6	0,0683	3,6	0,0768	3,6	0,0517	3,4	0,0524
3,4	0,0687	3,4	0,0776	3,4	0,052	3,3	0,0524
3,3	0,069	3,3	0,0784	3,3	0,0523	3,1	0,053
3,1	0,0691	3,1	0,0784	3,1	0,0525	3	0,0572
3	0,0694	3	0,0784	3	0,053		

13		14		15	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
345960,9	0	345256,3	0	347976,8	0
91084,1	0,0038	90638,1	0,005	90926,4	0,0051
60599,6	0,0047	60342	0,0054	60482,6	0,006
45211	0,0051	45269,9	0,0057	45315,1	0,0066
32915,7	0,0057	32946,7	0,006	32935,7	0,0071
30171,1	0,0062	30186,1	0,0061	30181,3	0,0072
24157,4	0,0066	24163,6	0,0063	24172,8	0,0075
21308,6	0,0068	21321	0,0066	21316,1	0,0078
17265,1	0,007	17257,2	0,0068	17262,1	0,0082
13948,6	0,0072	13941,7	0,0071	13955,1	0,0085
11333,5	0,0075	11335,2	0,0075	11335	0,0089
9046	0,0078	9054	0,0078	9044,5	0,0093
8522,4	0,0079	6812	0,0078	7553,5	0,0094
6901,6	0,0079	4739,4	0,008	6761,5	0,0094
4321,3	0,0083	3662,6	0,0082	4043,8	0,0101
3866,8	0,0091	3007,8	0,0086	3449,7	0,0103
3172	0,0102	2456,1	0,0091	3013,8	0,0107
2408,6	0,0108	1999,6	0,0096	2412	0,0113
2116,4	0,011	1628,7	0,01	1886,7	0,012
1602,7	0,0117	1339,4	0,0107	1618,8	0,0125
1320	0,0129	1049,9	0,0117	1309,4	0,013
1059	0,0139	829	0,0127	1052,8	0,0137
839,6	0,0147	676	0,0135	823	0,0147
670,4	0,0152	552,7	0,0143	673,7	0,0156
552,5	0,0161	432,8	0,0155	549	0,0167
434,3	0,0171	349,7	0,0168	434,1	0,0182
349,9	0,018	283,7	0,0183	347,2	0,0198
282,7	0,0191	226,5	0,0202	284,4	0,0217
226,9	0,0204	183	0,0223	226,2	0,0239
183	0,0223	150,9	0,0246	182,9	0,026
151	0,0244	120,8	0,0273	151,2	0,0279
120,8	0,0277	95,3	0,0304	120,8	0,0302
95,4	0,0318	77,1	0,0337	95,4	0,033
77	0,0358	62,5	0,0372	77,1	0,0361
62,4	0,0394	50,3	0,0415	62,4	0,0405
50,3	0,0428	40,3	0,0461	50,3	0,0458
40,3	0,0463	32,4	0,0503	40,3	0,0534
32,4	0,0493	26,3	0,0541	32,4	0,0602
26,3	0,0518	21,1	0,0575	26,3	0,066

21,1	0,0542	17,1	0,0608	21,1	0,0719
17,1	0,0562	13,7	0,0635	17,1	0,0758
13,7	0,0575	12,2	0,064	13,7	0,0783
12,2	0,0582	11	0,0651	12,2	0,0794
11	0,059	9,1	0,0665	11	0,0802
9,1	0,0597	8	0,0675	9,1	0,0816
8	0,0601	7,2	0,068	8	0,0825
7,2	0,0612	6,6	0,0689	7,2	0,083
6,6	0,0616	6	0,0695	6,6	0,0831
6	0,0616	5,6	0,0698	6	0,0834
5,6	0,062	5,2	0,0699	5,6	0,084
5,2	0,0622	4,8	0,0701	5,2	0,0844
4,8	0,0622	4,5	0,0706	4,8	0,0848
4,5	0,0623	4,3	0,0712	4,5	0,085
4,3	0,0623	4	0,0715	4,3	0,0855
4	0,0623	3,8	0,0715	4	0,0857
3,8	0,0626	3,6	0,0716	3,8	0,0858
3,6	0,0635	3,4	0,0724	3,6	0,0858
3,4	0,0637	3,3	0,0736	3,4	0,0858
3,3	0,0638	3,1	0,0749	3,3	0,0858
3,1	0,0642	3	0,0749	3,1	0,0859
3	0,0646			3	0,0862

MgSO₄ Grubu Analiz Sonuçları

1		2		3		4	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
346732,2	0	347812,9	0	346168,8	0	345075,8	0
90821,2	0,0042	90923,6	0,0035	90776,7	0,0031	90636,1	0,0056
60388,9	0,0047	60508,3	0,0039	60273	0,0035	60458,1	0,0067
45237,8	0,0051	45327,6	0,0043	45198,5	0,0038	45304,7	0,0074
32930,1	0,0054	32944,1	0,0046	32862,8	0,0041	32945,1	0,0079
30171,1	0,0054	30177,6	0,0047	30205,7	0,0042	30178,9	0,008
24176,6	0,0057	24171,8	0,0049	24141,7	0,0044	24160,1	0,0084
21311,8	0,0058	21311,2	0,0051	21314,3	0,0047	21308,4	0,009
17254,1	0,006	17249	0,0053	17265,7	0,0048	17261,8	0,0094
13946,4	0,0062	13945,4	0,0055	13955,8	0,005	13939,5	0,0099
11334	0,0065	11334,7	0,0056	11333,7	0,0052	11330,5	0,0103
9044	0,007	9050,8	0,0058	9043,7	0,0055	9046,3	0,0107
7243,4	0,0072	7594,2	0,0058	6710,3	0,0055	7124,6	0,0107
5644,6	0,0073	6219,9	0,0058	4259,1	0,0058	5614,1	0,0108
4787	0,0075	4844,1	0,0059	3569,2	0,0062	4887,1	0,0108
3588,3	0,008	3676	0,0062	2973,2	0,0065	3955,1	0,0112
2970	0,0087	3194,3	0,0066	2457,7	0,0072	2940,8	0,0123
2395,1	0,0099	2390,3	0,0073	1926	0,0084	2372,3	0,0134
1990,6	0,0111	2007,9	0,0076	1617,9	0,0093	2043,6	0,0148
1617,5	0,0127	1639,4	0,0083	1315,6	0,0104	1595	0,0166
1322	0,0148	1319,6	0,0096	1055,8	0,0124	1272,9	0,0185
1063,6	0,0167	1050,7	0,0109	830,4	0,014	1052,4	0,0205
827,9	0,018	827,2	0,013	673,7	0,0163	827,6	0,023
673,7	0,019	679,3	0,0152	550,9	0,018	681	0,0251
547,5	0,0208	549,8	0,0181	431,6	0,02	554,9	0,0276
429,8	0,0221	435	0,0212	349,8	0,0225	433,8	0,0312
349,6	0,0233	350,7	0,0234	282,7	0,0252	349,3	0,0345
284	0,0251	283,7	0,0252	226,8	0,0288	284	0,0376
227,2	0,0277	226,9	0,027	183	0,0335	226,7	0,0413
183,3	0,0317	183,3	0,0286	151	0,0374	183,3	0,0448
151	0,0365	151,1	0,0301	120,7	0,0415	150,9	0,0476
120,8	0,0423	120,8	0,032	95,3	0,0449	120,7	0,0504
95,3	0,0472	95,3	0,0345	77,1	0,0474	95,4	0,0528
77,1	0,0506	77,1	0,0376	62,5	0,0493	77,1	0,0549
62,5	0,0534	62,4	0,0409	50,3	0,0516	62,5	0,0569
50,3	0,0558	50,3	0,0436	40,1	0,0537	50,3	0,0589
40,1	0,0579	40,2	0,046	32,4	0,0552	40,1	0,0613

32,4	0,0589	32,4	0,0474	26,3	0,0563	32,4	0,0632
26,3	0,0597	26,3	0,0485	21,1	0,0575	26,3	0,065
21,1	0,0602	21,1	0,0495	17,1	0,0595	21,1	0,0674
17,1	0,061	17,1	0,0508	13,7	0,0617	17,1	0,0701
13,7	0,0615	13,7	0,053	12,2	0,0629	13,7	0,0728
12,2	0,0618	12,2	0,0541	11	0,0633	12,2	0,0741
11	0,0621	11	0,0548	9,1	0,0648	11	0,0752
9,1	0,0626	9,1	0,056	8	0,0653	9,1	0,0758
8	0,0627	8	0,0567	7,2	0,066	8	0,0768
7,2	0,063	7,2	0,0574	6,6	0,0665	7,2	0,078
6,6	0,0635	6,6	0,0582	6	0,067	6,6	0,0787
6	0,0639	6	0,0587	5,6	0,0672	6	0,0791
5,6	0,0641	5,6	0,0595	5,2	0,0679	5,6	0,0798
5,2	0,0642	5,2	0,0608	4,8	0,0686	5,2	0,0805
4,8	0,0644	4,8	0,0614	4,5	0,0688	4,8	0,0807
4,5	0,0644	4,5	0,0616	4,3	0,069	4,5	0,0809
4,3	0,0646	4,3	0,0616	4	0,069	4,3	0,0809
4	0,0646	4	0,0617	3,8	0,069	4	0,0809
3,8	0,0646	3,8	0,0617	3,6	0,069	3,8	0,0809
3,6	0,0646	3,6	0,0617	3,4	0,069	3,6	0,0811
3,4	0,0646	3,4	0,0617	3,3	0,069	3,4	0,0827
3,3	0,0646	3,3	0,0621	3,1	0,0696	3,3	0,0834
3,1	0,0646	3,1	0,0635	3	0,0696	3,1	0,0834
3	0,0646	3	0,0639			3	0,0834

5		6		7		8	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
346441,1	0	345423,9	0	345290,8	0	345462,4	0
90664,1	0,0036	90722,9	0,0056	90729,6	0,003	90821,7	0,0036
60296,4	0,0043	60444,7	0,006	60414,4	0,0033	60451	0,004
45267,9	0,0047	45290,1	0,0063	45259,9	0,0036	45313,6	0,0043
32930,7	0,0051	32951,6	0,0066	32917,2	0,0038	32916,4	0,0046
30176,2	0,0052	30191,9	0,0066	30168,5	0,0039	30173,7	0,0047
24156,9	0,0054	24172,5	0,0068	24155,5	0,0041	24169,5	0,0049
21316,7	0,0055	21323,6	0,0068	21318,6	0,0042	21316	0,005
17263,8	0,0058	17260,7	0,007	17266,9	0,0044	17262,9	0,0052
13948,7	0,006	13948,2	0,0071	13950	0,005	13941,1	0,0055
11333,9	0,0063	11333,9	0,0073	11334,2	0,0053	11334,3	0,0058
9047,4	0,0065	9047	0,0074	9045,7	0,0057	9049,5	0,0064
6580,9	0,0069	6835,3	0,0074	8291,8	0,0057	7365,4	0,0064
4576,4	0,0081	6798,4	0,0075	5894,2	0,0057	5880	0,0065
3922,7	0,0084	4738,1	0,0076	4703,7	0,0059	4965,6	0,0069
3147,3	0,0089	3663,4	0,0078	3433,9	0,0063	4003,9	0,0074
2373,9	0,0099	3004,1	0,0084	3169,1	0,0068	3060,3	0,0084
1998,7	0,011	2523,7	0,009	2471,7	0,0075	2454,7	0,0097
1565,5	0,013	2083,2	0,0097	2082,3	0,0082	2012,2	0,0114
1297,8	0,0154	1600,2	0,0114	1607,4	0,0091	1637,2	0,0136
1059,6	0,0182	1305,1	0,0125	1327,2	0,0103	1299	0,0151
831,5	0,022	1036,6	0,0137	1055,7	0,0117	1052,4	0,0166
676,2	0,0253	838,7	0,0148	828	0,0137	828,1	0,0185
551,6	0,0284	670	0,0157	676,5	0,0162	672,9	0,0198
433,9	0,0321	550,1	0,0168	553,4	0,0186	555,1	0,0216
349,6	0,0355	435,6	0,018	433,2	0,0214	434,7	0,0234
282,6	0,0387	350,1	0,0196	349,4	0,0233	350,3	0,0253
226,7	0,0423	283,6	0,0208	283,8	0,0248	283,8	0,0283
183,4	0,0456	227,2	0,0222	227,3	0,0265	226	0,0334
151,1	0,0483	183,1	0,024	182,9	0,0279	183,3	0,039
120,8	0,0509	150,5	0,0262	150,9	0,0294	151,1	0,0435
95,4	0,0534	120,8	0,0291	120,7	0,0312	120,8	0,0475
77,1	0,0555	95,4	0,0321	95,4	0,0335	95,4	0,0506
62,4	0,0574	77,1	0,0344	77,1	0,0358	77,1	0,0529
50,3	0,0595	62,4	0,0361	62,5	0,038	62,4	0,0548
40,1	0,062	50,3	0,0376	50,3	0,0398	50,3	0,0565
32,4	0,064	40,3	0,0388	40,3	0,0419	40,2	0,0582
26,3	0,0658	32,4	0,0396	32,4	0,0435	32,4	0,0595
21,1	0,0679	26,3	0,0403	26,3	0,0447	26,3	0,0605

17,1	0,0701	21,1	0,0412	21,1	0,0458	21,1	0,0617
13,7	0,0724	17,1	0,0429	17,1	0,0472	17,1	0,0631
12,2	0,0734	13,7	0,0453	13,7	0,05	13,7	0,0646
11	0,0741	12,2	0,0464	12,2	0,0514	12,2	0,0654
9,1	0,0754	11	0,0471	11	0,0524	11	0,0661
8	0,0764	9,1	0,0479	9,1	0,0537	9,1	0,0669
7,2	0,0772	8	0,0483	8	0,0538	8	0,0676
6,6	0,0778	7,2	0,0487	7,2	0,0546	7,2	0,0688
6	0,0786	6,6	0,049	6,6	0,0552	6,6	0,0689
5,6	0,0789	6	0,0491	6	0,0558	6	0,0695
5,2	0,0793	5,6	0,0497	5,6	0,0561	5,6	0,0701
4,8	0,0797	5,2	0,0498	5,2	0,0567	5,2	0,0701
4,5	0,0799	4,8	0,05	4,8	0,0569	4,8	0,0702
4,3	0,0799	4,5	0,0501	4,5	0,0574	4,5	0,0702
4	0,0799	4,3	0,0501	4,3	0,0579	4,3	0,0707
3,8	0,0799	4	0,0501	4	0,059	4	0,0715
3,6	0,0808	3,8	0,0501	3,8	0,0597	3,8	0,0722
3,4	0,0815	3,6	0,0501	3,6	0,0597	3,6	0,0725
3,3	0,0818	3,4	0,0501	3,4	0,0597	3,4	0,0728
3,1	0,0819	3,3	0,0501	3,3	0,0597	3,3	0,0732
3	0,0821	3,1	0,0501	3,1	0,0597	3,1	0,0738
		3	0,0505	3	0,0603	3	0,0743

9		10		11		12	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
346438,7	0	346409,8	0	346485	0	346338,2	0
90789,1	0,0041	90720,8	0,0042	90791,9	0,0045	90908,5	0,0034
60423	0,0047	60430,6	0,0055	60469,9	0,0051	60458,5	0,0041
45275,2	0,0052	45298,9	0,0061	45310,2	0,0059	45288,9	0,0046
32943,3	0,0057	32929,8	0,0067	32940,7	0,0067	32943,8	0,0056
30189,8	0,0058	30184	0,0068	30187	0,0068	30192	0,0058
24152,3	0,0062	24164,7	0,0071	24168	0,0073	24158,1	0,0063
21310,7	0,0064	21310,4	0,0073	21311,7	0,0075	21312,8	0,0065
17263,1	0,0067	17261,2	0,0075	17261,1	0,008	17266,7	0,0069
13947,6	0,007	13948,5	0,0077	13948,7	0,0085	13951,9	0,0072
11336	0,0073	11333,9	0,008	11331,8	0,009	11301,7	0,0075
9048,5	0,0076	9048,9	0,0084	9048,9	0,0094	9049,6	0,0078
7919,6	0,0076	7015,8	0,0085	5966,7	0,0097	8467,8	0,0079
6712,2	0,0077	6320,8	0,0086	4517,4	0,0101	6520,7	0,0079
4396,7	0,008	4351,6	0,0091	3996,6	0,0104	5109,2	0,0081
3865,9	0,0083	3843,6	0,0095	3165	0,011	3843,1	0,0083
3156,9	0,0088	3194	0,0104	2452,7	0,0118	3203,9	0,0087
2550,6	0,0096	2498,5	0,0119	1995,6	0,0128	2496,8	0,0092
2066,9	0,0104	2051,1	0,0133	1627,4	0,014	2077,9	0,01
1627,5	0,0121	1635,5	0,0151	1325,7	0,0153	1597,7	0,0111
1335	0,0141	1331,7	0,0174	1047,1	0,0171	1290,5	0,0121
1048,3	0,0164	1058,9	0,0204	831,5	0,0187	1048,1	0,0135
834,8	0,0188	822,2	0,023	676	0,0213	832,7	0,0157
674,9	0,0212	671	0,0263	551,6	0,0233	676,5	0,018
549,9	0,0239	553,1	0,0291	433,9	0,0249	552,9	0,0206
432,4	0,0267	433	0,0335	348,8	0,0265	433,2	0,0234
349,2	0,0299	348,3	0,0374	283,5	0,0283	350,3	0,0252
283,8	0,0353	283,5	0,0412	226,8	0,031	283,4	0,0267
227,1	0,0414	226,5	0,0448	183,1	0,0349	227,1	0,0286
182,8	0,0468	183,2	0,0479	151,1	0,0392	183,3	0,0306
151,1	0,0508	150,9	0,0503	120,8	0,0461	151	0,0327
120,8	0,0542	120,7	0,0526	95,4	0,0509	120,9	0,0358
95,4	0,0571	95,3	0,0546	77	0,054	95,4	0,0391
77,1	0,0594	77,1	0,0563	62,4	0,057	77,1	0,0423
62,4	0,0615	62,4	0,0578	50,3	0,0592	62,4	0,0459
50,3	0,0634	50,3	0,0594	40,3	0,0612	50,3	0,0489
40,3	0,0652	40,2	0,0611	32,4	0,0623	40,3	0,0527
32,4	0,0664	32,4	0,0626	26,3	0,0631	32,4	0,0548
26,3	0,0674	26,3	0,0645	21,1	0,0637	26,3	0,0562

21,1	0,0698	21,1	0,0681	17,1	0,0642	21,1	0,0575
17,1	0,071	17,1	0,0752	13,7	0,0645	17,1	0,0584
13,7	0,072	13,7	0,0778	12,2	0,0647	13,7	0,0593
12,2	0,0724	12,2	0,0791	11	0,0648	12,2	0,0598
11	0,0728	11	0,0815	9,1	0,0652	11	0,0601
9,1	0,0737	9,1	0,083	8	0,0654	9,1	0,0608
8	0,0742	8	0,0836	7,2	0,0656	8	0,0611
7,2	0,0747	7,2	0,084	6,6	0,0656	7,2	0,0616
6,6	0,0753	6,6	0,0842	6	0,0657	6,6	0,062
6	0,0757	6	0,0845	5,6	0,0659	6	0,0624
5,6	0,0762	5,6	0,0847	5,2	0,0659	5,6	0,0627
5,2	0,0767	5,2	0,085	4,8	0,066	5,2	0,0631
4,8	0,077	4,8	0,085	4,5	0,0661	4,8	0,0634
4,5	0,0794	4,5	0,0851	4,3	0,0661	4,5	0,0635
4,3	0,0804	4,3	0,0852	4	0,0661	4,3	0,0636
4	0,0811	4	0,0853	3,8	0,0661	4	0,0636
3,8	0,0818	3,8	0,0853	3,6	0,0661	3,8	0,0638
3,6	0,0826	3,6	0,0853	3,4	0,0662	3,6	0,0642
3,4	0,0832	3,4	0,0855	3,3	0,0665	3,4	0,0648
3,3	0,0837	3,3	0,0874	3,1	0,0666	3,3	0,0649
3,1	0,0844	3,1	0,0912	3	0,0668	3,1	0,069
3	0,0849	3	0,0924			3	0,0694

13		14		15	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
346112,7	0	346104,2	0	347252,9	0
90707,3	0,0035	90711,5	0,0035	90948,8	0,0054
60464,4	0,0043	60473,6	0,004	60235,5	0,006
45296,6	0,005	45339,7	0,0043	45248,5	0,0064
32944,3	0,0055	32931,9	0,0046	32995,9	0,0067
30180,7	0,0056	30183,7	0,0046	30177,7	0,0068
24148,2	0,0059	24158,9	0,0049	24141,7	0,0071
21311,6	0,0061	21321,1	0,005	21311,9	0,0073
17262,6	0,0065	17267,6	0,0051	17263,1	0,0075
13951,9	0,0068	13948	0,0053	13953,2	0,0079
11335,3	0,0071	11300,2	0,0055	11333,5	0,0083
9048,4	0,0075	9047,3	0,0057	9046,5	0,0087
8431,3	0,0076	6983,2	0,0058	6277,1	0,0088
6861,9	0,0077	5753,3	0,0058	4445,3	0,0092
4871,8	0,0079	4293,9	0,0061	3572,8	0,0103
3824,3	0,0082	3929	0,0063	2854,8	0,0107
3090,5	0,0085	2999	0,0069	2413,4	0,0114
2555,4	0,0094	2268	0,0079	1980,2	0,0126
1960	0,0104	2004,9	0,0086	1487,8	0,0142
1627,4	0,0116	1631,6	0,0107	1299,6	0,0159
1325,6	0,0131	1264	0,0132	1050,5	0,019
1058,7	0,0148	1038,2	0,0163	828,7	0,0219
833,6	0,0162	815,3	0,0192	668,1	0,0246
676,2	0,0173	679,7	0,0212	547,9	0,0271
555,8	0,0184	549,5	0,0227	433,2	0,0308
434,4	0,02	435	0,0246	350,2	0,0349
350	0,0217	350,8	0,0268	284	0,0389
284	0,0242	282,5	0,0298	226,6	0,043
226,4	0,0283	227	0,0342	183,3	0,0462
183,1	0,0348	182,5	0,0387	151,2	0,0488
151	0,0396	151,1	0,0421	120,9	0,0514
120,8	0,044	120,9	0,0455	95,4	0,0538
95,4	0,0476	95,4	0,0482	77,1	0,0557
77,1	0,0503	77,1	0,0501	62,4	0,0575
62,5	0,0526	62,5	0,0518	50,3	0,0592
50,3	0,0548	50,3	0,0532	40,3	0,0609
40,3	0,0567	40,3	0,0547	32,4	0,0625
32,4	0,0581	32,4	0,0559	26,3	0,0643
26,3	0,0592	26,3	0,0574	21,1	0,0671

21,1	0,0606	21,1	0,0595	17,1	0,0706
17,1	0,0632	17,1	0,0627	13,7	0,0734
13,7	0,0657	13,7	0,0652	12,2	0,0742
12,2	0,0665	12,2	0,0661	11	0,0752
11	0,0672	11	0,067	9,1	0,0766
9,1	0,0681	9,1	0,068	8	0,0773
8	0,0685	8	0,0686	7,2	0,0785
7,2	0,0689	7,2	0,0692	6,6	0,0787
6,6	0,0692	6,6	0,0696	6	0,0793
6	0,0694	6	0,0702	5,6	0,0795
5,6	0,0697	5,6	0,0703	5,2	0,0795
5,2	0,0701	5,2	0,0705	4,8	0,0803
4,8	0,0705	4,8	0,0711	4,5	0,0809
4,5	0,0707	4,5	0,0714	4,3	0,0811
4,3	0,0713	4,3	0,0718	4	0,0818
4	0,0716	4	0,0721	3,8	0,0821
3,8	0,072	3,8	0,0725	3,6	0,0823
3,6	0,0724	3,6	0,0725	3,4	0,0829
3,4	0,0727	3,4	0,0725	3,3	0,0844
3,3	0,0733	3,3	0,0727	3,1	0,0844
3,1	0,0741	3,1	0,073	3	0,0844
3	0,0745	3	0,0732		

Su Grubu Analiz Sonuçları

1		2		3		4	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
348687,7	0	346639,3	0	348357	0	346130,2	0
90983	0,0036	90690,3	0,0047	90790,3	0,0057	90759,5	0,0045
60394,9	0,0042	60439,6	0,0056	60343,5	0,0064	60427,1	0,0052
45287,2	0,0047	45304,2	0,0062	45303,1	0,007	45276,4	0,0058
32942,7	0,0052	32941,3	0,0066	32972,7	0,0077	32939,6	0,0063
30182,8	0,0054	30196,5	0,0068	30211	0,0078	30175,6	0,0065
24148,1	0,0059	24162,9	0,0071	24147,3	0,0082	24163,4	0,0068
21336,8	0,0061	21314,1	0,0073	21301,5	0,0084	21307	0,0069
17269,7	0,0065	17267,7	0,0076	17258,3	0,0087	17262	0,0072
13951,6	0,0069	13952,1	0,0081	13943,8	0,0091	13948,6	0,0075
11337,4	0,007	11334	0,0085	11338,4	0,0096	11337,3	0,0077
9047,9	0,0073	9047,9	0,0089	9053,7	0,0101	9048,9	0,008
6583,8	0,0073	7149,5	0,009	6257,3	0,0101	6575,2	0,0081
4962,9	0,0074	6916,8	0,009	4465,3	0,0106	4379,4	0,0084
3684,3	0,0077	4413,6	0,0092	3933	0,0108	3849,3	0,0087
3031,5	0,0081	3787,8	0,0095	3094,7	0,0113	2957	0,009
2303,4	0,0086	3218	0,0098	2433,1	0,0119	2522,2	0,0092
1966,2	0,0089	2537	0,0103	1971,8	0,0129	2024,7	0,0097
1643,4	0,0095	2052,9	0,0108	1579,4	0,0137	1615,6	0,01
1305,7	0,0101	1620,7	0,0116	1327,3	0,0141	1266,2	0,0103
1033,9	0,0109	1326,3	0,0124	1045,7	0,0146	1054,1	0,0107
837,6	0,0116	1045,2	0,0135	831,1	0,0151	835,6	0,0112
671,5	0,0121	833,5	0,0144	679,5	0,0156	674,5	0,0117
551,1	0,0127	679,2	0,0159	546,1	0,0164	550,3	0,0121
433,5	0,0135	552,2	0,0172	433,6	0,0173	432,8	0,0126
349,5	0,0142	433	0,0185	348,7	0,0183	349,1	0,0132
282,8	0,015	350,5	0,0197	283,6	0,0193	283,3	0,0139
227	0,0161	283,6	0,0211	226,6	0,0204	226,8	0,0147
183,2	0,0174	226,6	0,0223	183,2	0,0216	183,1	0,0156
151,1	0,0192	183,1	0,0235	151,1	0,023	151	0,0165
120,9	0,0232	151,1	0,0246	120,7	0,0251	120,9	0,018
95,4	0,029	120,6	0,0262	95,4	0,0305	95,3	0,0208
77,1	0,0341	95,4	0,0288	77,1	0,0374	77,1	0,0254
62,5	0,0381	77,1	0,032	62,4	0,0436	62,4	0,0311
50,3	0,0413	62,5	0,0353	50,3	0,0483	50,3	0,0365
40,1	0,0445	50,3	0,0385	40,3	0,053	40,2	0,042
32,4	0,0467	40,3	0,0419	32,4	0,0562	32,4	0,0459

26,3	0,0486	32,4	0,0447	26,3	0,059	26,3	0,0494
21,1	0,0506	26,3	0,0474	21,1	0,0615	21,1	0,0529
17,1	0,0522	21,1	0,0499	17,1	0,0637	17,1	0,0561
13,7	0,0534	17,1	0,0518	13,7	0,0657	13,7	0,0595
12,2	0,0541	13,7	0,0534	12,2	0,0667	12,2	0,0613
11	0,0546	12,2	0,054	11	0,0677	11	0,063
9,1	0,0547	11	0,0546	9,1	0,0698	9,1	0,0651
8	0,0552	9,1	0,0558	8	0,0707	8	0,0682
7,2	0,0559	8	0,0565	7,2	0,0722	7,2	0,0698
6,6	0,0563	7,2	0,0568	6,6	0,0736	6,6	0,0712
6	0,0565	6,6	0,0572	6	0,0745	6	0,0724
5,6	0,0566	6	0,0577	5,6	0,0755	5,6	0,0737
5,2	0,0567	5,6	0,0582	5,2	0,0763	5,2	0,0747
4,8	0,0568	5,2	0,0585	4,8	0,0772	4,8	0,0756
4,5	0,057	4,8	0,0588	4,5	0,0778	4,5	0,0766
4,3	0,0572	4,5	0,0592	4,3	0,0787	4,3	0,0776
4	0,0574	4,3	0,0598	4	0,0793	4	0,0782
3,8	0,0575	4	0,0599	3,8	0,08	3,8	0,079
3,6	0,0577	3,8	0,0602	3,6	0,0808	3,6	0,0797
3,4	0,0577	3,6	0,0609	3,4	0,0813	3,4	0,0803
3,3	0,0577	3,4	0,0611	3,3	0,0823	3,3	0,0812
3,1	0,0579	3,3	0,0615	3,1	0,0828	3,1	0,0814
3	0,058	3,1	0,0617	3	0,0837	3	0,0821
		3	0,0621				

5		6		7		8	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
348141,6	0	346667,4	0	344571,5	0	347624,5	0
90687,6	0,0044	90517,3	0,004	91005,3	0,0046	90897,4	0,0052
60452,1	0,0056	60462,8	0,0046	60442,7	0,0051	60511,6	0,006
45394,8	0,0061	45268,4	0,005	45249	0,0054	45342,3	0,0066
32956	0,0067	32907,3	0,0055	32923,4	0,0061	33005	0,0074
30200,6	0,0068	30151,9	0,0057	30155,8	0,0062	30191,2	0,0076
24145	0,0072	24141,9	0,006	24170,5	0,0065	24157,3	0,0082
21321	0,0074	21322,7	0,0062	21303,9	0,0066	21314,4	0,0084
17263,6	0,0078	17256,5	0,0064	17261,2	0,007	17263,7	0,0089
13950,2	0,0081	13943,1	0,0068	13942	0,0073	13948,2	0,0094
11334,4	0,0086	11337,5	0,0072	11331,8	0,0076	11334,5	0,0099
9049,1	0,009	9044,7	0,0074	9047,1	0,008	9044,6	0,0105
7154,5	0,0091	6924,2	0,0075	7632,2	0,008	7096,2	0,0107
6472,1	0,0092	4360,8	0,008	6569,8	0,0082	7008,6	0,0107
4288,2	0,0095	3907,4	0,0082	4709,9	0,0084	4301,8	0,0114
3806,3	0,0098	2941	0,0088	3897,3	0,0087	3913,6	0,0117
3170	0,0101	2403,3	0,0091	3126,2	0,0091	3161,5	0,0123
2493	0,0105	1961	0,0097	2455,6	0,0094	2372,1	0,0131
2035,5	0,0111	1591,5	0,0104	2093,3	0,0099	2105,7	0,0135
1596,5	0,0116	1314	0,0113	1613,3	0,0108	1618,5	0,0143
1302,8	0,012	1054,7	0,0123	1321,3	0,0115	1329,3	0,015
1045,8	0,0123	838,3	0,0133	1057,2	0,0122	1054,1	0,0159
833,1	0,0128	677,7	0,014	831,4	0,0132	834,3	0,0166
676,9	0,0132	553,6	0,0145	675,2	0,0143	675,9	0,0172
550,9	0,0137	433,5	0,0154	553,1	0,0156	545,3	0,0179
433,9	0,0143	350,6	0,0163	433,4	0,0171	434,6	0,019
349,3	0,0149	283,8	0,0173	348,9	0,018	349,9	0,0201
284,3	0,0155	226,7	0,0185	283,5	0,0196	283,7	0,0213
226,5	0,0163	183,4	0,0199	226,8	0,0208	226,7	0,0228
183,5	0,0172	151	0,0222	183,4	0,0219	182,9	0,0245
151,1	0,0182	120,7	0,0284	151,2	0,0227	150,9	0,0265
120,8	0,0197	95,4	0,0357	120,8	0,0235	120,8	0,0297
95,4	0,0221	77	0,0403	95,3	0,0246	95,3	0,0345
77,1	0,0258	62,5	0,0439	77,1	0,0261	77,1	0,0408
62,4	0,031	50,3	0,0467	62,4	0,0281	62,4	0,0455
50,3	0,0369	40,1	0,0495	50,3	0,0303	50,3	0,0494
40,3	0,0432	32,4	0,0511	40,3	0,0326	40,1	0,0547
32,4	0,0491	26,3	0,0528	32,4	0,0347	32,4	0,0574
26,3	0,054	21,1	0,0538	26,3	0,0364	26,3	0,0597

21,1	0,0583	17,1	0,0554	21,1	0,0382	21,1	0,0618
17,1	0,0621	13,7	0,0568	17,1	0,0398	17,1	0,0638
13,7	0,066	12,2	0,0576	13,7	0,0417	13,7	0,0654
12,2	0,0678	11	0,0583	12,2	0,0426	12,2	0,0663
11	0,07	9,1	0,059	11	0,0435	11	0,0671
9,1	0,0749	8	0,0594	9,1	0,045	9,1	0,0687
8	0,0762	7,2	0,0597	8	0,0459	8	0,0696
7,2	0,0762	6,6	0,0599	7,2	0,0472	7,2	0,0703
6,6	0,0804	6	0,0601	6,6	0,049	6,6	0,0709
6	0,0819	5,6	0,0603	6	0,0495	6	0,0714
5,6	0,083	5,2	0,0605	5,6	0,0503	5,6	0,0721
5,2	0,0844	4,8	0,0606	5,2	0,0509	5,2	0,0727
4,8	0,0855	4,5	0,0607	4,8	0,0514	4,8	0,0733
4,5	0,0866	4,3	0,0609	4,5	0,0544	4,5	0,0744
4,3	0,0874	4	0,061	4,3	0,0554	4,3	0,0744
4	0,0881	3,8	0,061	4	0,0558	4	0,0744
3,8	0,0889	3,6	0,0611	3,8	0,0558	3,8	0,0747
3,6	0,0916	3,4	0,0612	3,6	0,0562	3,6	0,0749
3,4	0,096	3,3	0,0613	3,4	0,0567	3,4	0,0775
3,3	0,0961	3,1	0,0615	3,3	0,0571	3,3	0,0775
3,1	0,0961	3	0,0615	3,1	0,0577	3,1	0,0775
3	0,0961			3	0,0582	3	0,0779

9		10		11		12	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
344563,7	0	347102,6	0	344764	0	346913,1	0
90596,3	0,0036	91020,4	0,0044	90796,6	0,0037	90475,9	0,0042
60226,5	0,0041	60322,2	0,005	60352,2	0,0042	60377,5	0,0048
45269,7	0,0054	45194,4	0,0053	45237,2	0,0047	45372,8	0,0054
32946,1	0,0064	32889	0,0058	32927,7	0,0054	32923,7	0,0063
30173,1	0,0065	30188,8	0,0059	30180	0,0055	30231,6	0,0065
24180,9	0,0069	24139,1	0,0063	24158,1	0,0059	24152,6	0,007
21312,8	0,007	21308,1	0,0064	21305,6	0,0061	21334,8	0,0072
17273,9	0,0073	17261,1	0,0067	17263,9	0,0065	17275,5	0,0075
13945,9	0,0078	13951,6	0,007	13939,3	0,0069	13943,6	0,0078
11301	0,0083	11337,1	0,0074	11338,7	0,0071	11330,5	0,0082
9047,5	0,0088	9050,9	0,0077	9046,9	0,0076	9048,7	0,0086
6740,3	0,0089	6599	0,0078	6117,7	0,0077	6704,6	0,0087
4101,1	0,0095	4293,9	0,0083	4417,7	0,008	4745,4	0,0089
3916,9	0,0096	3784	0,0085	3976,4	0,0084	3845,2	0,0092
3001,3	0,0101	2969,9	0,0091	3247,5	0,0088	2944,3	0,0099
2433,2	0,0106	2504,8	0,0095	2500,3	0,0097	2381,6	0,0104
2029,1	0,011	2005,9	0,0101	2063,1	0,0101	2090,5	0,0108
1587,1	0,0115	1638,3	0,0106	1584,7	0,0106	1543,6	0,0118
1320,8	0,0122	1310,3	0,0112	1302,4	0,0113	1306	0,0125
1053,7	0,0127	1058,9	0,0116	1033,1	0,0121	1042,8	0,0133
827,9	0,0132	837,3	0,0124	823,1	0,0127	834,3	0,0144
679,2	0,0137	678	0,013	670,5	0,0138	680,5	0,0153
552	0,0142	552,1	0,0137	549,5	0,0147	552,2	0,0164
433,1	0,015	434,1	0,0146	433,9	0,0157	432,8	0,0178
349,4	0,0156	349,8	0,0154	349,9	0,0165	350,7	0,019
283	0,0165	283,8	0,0162	283,7	0,0173	284,2	0,0201
226,7	0,0173	226,9	0,0173	227,2	0,0184	227,1	0,0212
183,2	0,0183	182,9	0,0185	183,4	0,0196	183	0,0222
151	0,0195	151	0,02	151,1	0,0212	151,2	0,0231
120,7	0,0213	120,8	0,0222	120,8	0,0263	120,9	0,0244
95,2	0,0262	95,4	0,0255	95,4	0,0345	95,3	0,0266
77,1	0,0321	77,1	0,0315	77,1	0,0403	77,1	0,0295
62,4	0,0378	62,4	0,0388	62,4	0,0445	62,5	0,0329
50,3	0,0426	50,3	0,0444	50,3	0,0474	50,3	0,0359
40,3	0,0471	40,2	0,0508	40,2	0,0498	40,3	0,0396
32,4	0,0505	32,4	0,0555	32,4	0,0514	32,4	0,0424
26,3	0,0534	26,3	0,0589	26,3	0,053	26,3	0,0447
21,1	0,0568	21,1	0,062	21,1	0,0544	21,1	0,0471

17,1	0,0593	17,1	0,0645	17,1	0,0554	17,1	0,0491
13,7	0,0615	13,7	0,067	13,7	0,0565	13,7	0,0509
12,2	0,0648	12,2	0,0705	12,2	0,0571	12,2	0,0517
11	0,0666	11	0,0717	11	0,0576	11	0,0525
9,1	0,0698	9,1	0,0737	9,1	0,0584	9,1	0,0538
8	0,0715	8	0,0757	8	0,0588	8	0,0555
7,2	0,073	7,2	0,077	7,2	0,0592	7,2	0,0556
6,6	0,0745	6,6	0,0775	6,6	0,0596	6,6	0,0564
6	0,0759	6	0,0792	6	0,0599	6	0,0572
5,6	0,0773	5,6	0,0801	5,6	0,0602	5,6	0,0572
5,2	0,0784	5,2	0,0803	5,2	0,0603	5,2	0,0573
4,8	0,0795	4,8	0,081	4,8	0,0605	4,8	0,0574
4,5	0,0803	4,5	0,0818	4,5	0,0606	4,5	0,0577
4,3	0,0814	4,3	0,0827	4,3	0,0609	4,3	0,0577
4	0,0824	4	0,0881	4	0,061	4	0,0577
3,8	0,083	3,8	0,0899	3,8	0,0612	3,8	0,0577
3,6	0,084	3,6	0,0904	3,6	0,0612	3,6	0,0619
3,4	0,0846	3,4	0,0914	3,4	0,0613	3,4	0,0627
3,3	0,0855	3,3	0,0926	3,3	0,0614	3,3	0,0632
3,1	0,0864	3,1	0,0931	3,1	0,0616	3,1	0,0636
3	0,0869	3	0,0945	3	0,0618	3	0,0638

13		14		15	
Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume	Pore diameter	Pore volume
345505,9	0	346354,7	0	345874,2	0
90592	0,0037	90824,1	0,0045	90661,8	0,0039
60447,7	0,0041	60380,4	0,0053	60469	0,0044
45292,5	0,0044	45321,8	0,0059	45272	0,005
32927,9	0,0048	32944,4	0,0067	33011,2	0,0056
30163,8	0,0049	30183,5	0,0069	30221	0,0057
24133	0,0051	24165	0,0072	24134,9	0,0063
21307,7	0,0052	21323,1	0,0074	21294,8	0,0065
17266	0,0054	17268	0,0077	17260,1	0,0068
13933,7	0,0057	13950,8	0,008	13944,2	0,0072
11329,2	0,006	11334,4	0,0083	11301,6	0,0075
9048,2	0,0063	9047,4	0,0085	9045,6	0,0078
6417,1	0,0063	6610,4	0,0086	8518,2	0,0079
5013,9	0,0064	4180,4	0,0089	6864,1	0,0079
3784,6	0,0067	3884,5	0,0091	4905,1	0,0081
3019,9	0,0072	3219,6	0,0094	3862,8	0,0084
2401,3	0,0078	2527,6	0,0099	3170,5	0,0088
2094,2	0,008	2080,4	0,0103	2483,8	0,0095
1559,3	0,0086	1616,9	0,0109	2049	0,0099
1297,6	0,0091	1326,9	0,0115	1624,2	0,0105
1050,9	0,0097	1041,6	0,012	1309,8	0,011
838,9	0,0103	830,7	0,0125	1048,6	0,0118
674,3	0,0109	676,6	0,013	829,8	0,0123
552,4	0,0114	553	0,0136	673,3	0,0132
429,5	0,0124	432,7	0,0142	555	0,0139
350,3	0,0135	348,5	0,0149	431,8	0,0149
283,9	0,015	283,3	0,0156	349	0,0158
227,3	0,0167	226,9	0,0164	284,1	0,0167
183,2	0,0189	183,1	0,0176	226,2	0,018
151	0,0214	151,1	0,0195	183,1	0,0192
120,9	0,0259	120,8	0,0223	151,1	0,0204
95,4	0,0319	95,3	0,0261	120,9	0,0223
77,1	0,0387	77,1	0,0329	95,2	0,0249
62,4	0,0448	62,5	0,0399	77,1	0,0297
50,3	0,0491	50,3	0,045	62,5	0,0386
40,1	0,0539	40,2	0,0505	50,3	0,0447
32,4	0,0567	32,4	0,0534	40,3	0,0515
26,3	0,0587	26,3	0,0573	32,4	0,054
21,1	0,0604	21,1	0,0594	26,3	0,0588

17,1	0,0616	17,1	0,0629	21,1	0,0615
13,7	0,0627	13,7	0,0643	17,1	0,0642
12,2	0,0632	12,2	0,0664	13,7	0,0689
11	0,0637	11	0,0671	12,2	0,0699
9,1	0,0646	9,1	0,0704	11	0,0715
8	0,0651	8	0,0715	9,1	0,0747
7,2	0,0657	7,2	0,0725	8	0,0754
6,6	0,0662	6,6	0,0743	7,2	0,0779
6	0,0665	6	0,0755	6,6	0,0792
5,6	0,0669	5,6	0,0769	6	0,0806
5,2	0,0672	5,2	0,0777	5,6	0,0818
4,8	0,0676	4,8	0,0784	5,2	0,0834
4,5	0,0681	4,5	0,0798	4,8	0,0847
4,3	0,0684	4,3	0,0808	4,5	0,0856
4	0,0687	4	0,0819	4,3	0,0872
3,8	0,0693	3,8	0,0826	4	0,0887
3,6	0,0693	3,6	0,0836	3,8	0,0901
3,4	0,0706	3,4	0,0843	3,6	0,0915
3,3	0,0721	3,3	0,0855	3,4	0,0929
3,1	0,0723	3,1	0,0862	3,3	0,0943
3	0,0723	3	0,0873	3,1	0,0954
				3	0,0966

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Özlem Üstündağ
Doğum Yeri	Bornova
Doğum Tarihi	10.09.1977
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	0533 427 05 74
E-Posta Adresi	oustundag@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Teknik Üniversitesi
Fakülte	İnşaat Fakültesi
Bölümü	İnşaat Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2000

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Teknik Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	İnşaat Mühendisliği Programı

Makale ve Bildiriler	
Bostancı, L., Ustundag, O., Sola, O. ve Uysal, M., 2019, Effect of various curing methods and addition of silica aerogel on properties of mortars, <i>Gradevinar</i> , 71 (8), 651-661.	
Bostancı, L., Ustundag, O., Sola, O. ve Uysal, M., 2019, Effect of various curing methods and scrap tyre addition on properties of mortars, <i>Gradevinar</i> , 71, 765-775.	