

**BOR YAN ÜRÜNÜ OLAN ÖĞÜTÜLMÜŞ KOLEMANİTİN
ÇİMENTO YERİNE BELİRLİ YÜZDELİKLERLE
İKAMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

CEM TULAY

**OCAK 2023
DİYARBAKIR**

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BOR YAN ÜRÜNÜ OLAN ÖĞÜTÜLMÜŞ KOLEMANİTİN
ÇİMENTO YERİNE BELİRLİ YÜZDELİKLERLE
İKAMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

CEM TULAY

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
YAPI ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2023
DİYARBAKIR

**BOR YAN ÜRÜNÜ OLAN ÖĞÜTÜLMÜŞ KOLEMANİTİN ÇİMENTO
YERİNE BELİRLİ YÜZDELİKLERLE İKAMESİNİN ARAŞTIRILMASI**

Cem TULAY tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Yapı Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi**olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Abdülhalim KARAŞIN
Danışman, İnşaat Mühendisliği Bölümü
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Abdülhalim Karaşin (**)
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Doç. Dr. Gültekin AKTAŞ
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi. Murat DOĞRUYOL
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Siirt Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 27 / 01 / 2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Aileme...



Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kuralları örnek alınarak düzenlenen ilgili tez araştırmasında bulunan tüm verilerin akademik kurallar ve etik ilkelerle bağdaşacak şekilde elde edilip sunulduğunu beyan ederim. Beyanıyla uyuşmayan herhangi bir kanıt bulunduğu takdirde tüm sorumluluğun bana ait olduğunu bildiririm.

Ad, Soyad: Cem TULAY

İmza:

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması süresince karşıma çıkan tüm zorlukların aşılmasında bana yardımcı olan ve kıymetli vaktini sakınmayan danışman hocam Prof. Dr. Abdülhalim KARAŞİN'e en kalbi duygularıyla teşekkürü borç bilirim. Bu heyecanlı ve aynı zamanda zorlayıcı süreçte desteklerini her zaman hissettiğim aileme de teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
3. MALZEME VE YÖNTEM	7
3.1 Malzeme	7
3.1.1 Agregalar	7
3.1.2 Çimento	8
3.1.2.1 Çimentonun tarihçesi	9
3.1.2.2 Çimento çeşitleri	9
3.1.2.3 Çimento çeşitlerinin kullanım alanları	9
3.1.3 Karışım suyu	12
3.1.4 Bor ve bor atığı	13
Şekil 3.8 Pandemit cevherinin görüntüsü (Dırak, 2011)	17
3.1.4.1 Bor bileşiklerinin kullanım alanları	17
3.1.4.2 Dünyada bor rezervi	24
3.2 Yöntem	29
3.2.1 Numune üretimi	30
3.3 Taze Beton Deneyleri	34
3.3.1 Çökme deneyi	34
3.4 Sertleşmiş Beton Deneyleri	35

3.4.1 Basınç deneyi.....	35
3.4.2 Su emme deneyi.....	36
3.4.3 Yarma deneyi.....	36
3.4.4 Upv deneyi (Ultrasonic pulse velocity)	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	39
4.1 Öğütülmüş Kolemanit Katkılı(ökk) Taze Beton Numunelerine Uygulanan Deney Sonuçları.....	39
4.1.1 Çökme deneyi sonuçları.....	39
4.2 Öğütülmüş Kolemanit Katkılı(ökk) Sertleşmiş Beton Numunelerine Uygulanan Deney Sonuçları	39
4.2.1 Basınç dayanımı deneyi sonuçları	39
4.2.2 Yarmada çekme dayanımı.....	41
Betonun bor yan ürünü yüzdelerine (K%0,K%0,5,K%1,K%1,5) ve kür süresine göre	41
4.2.3 Su emme.....	43
4.2.4 Upv deneyi (Ultrasonic pulse velocity)	45
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
5.1 Sonuçlar	47
5.2 Öneriler	48
KAYNAKLAR.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1 Dünya bor rezerv dağılım oranları	2
Şekil 3. 1Ceylanlar taş ocağı	8
Şekil 3. 2 Su/Çimento oranına göre beton basınç dayanımındaki değişim.....	12
Şekil 3. 3Türkiye bor yatakları haritası.....	13
Şekil 3. 4Tinkal cevherinin görüntüsü	14
Şekil 3. 5Kernit cevherinin görüntüsü	15
Şekil 3. 6Üleksit cevherinin görüntüsü.....	16
Şekil 3. 7 Kolemanit kristalinin görüntüsü.....	16
Şekil 3. 8Pandermit cevherinin görüntüsü	17
Şekil 3. 9Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü	26
Şekil 3. 10Kırka Bor İşletme Müdürlüğü.....	27
Şekil 3. 11Emet Bor İşletme Müdürlüğü	29
Şekil 3. 12Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü	29
Şekil 3. 13 Beton üretimi	31
Şekil 3. 14 Küp numune Örneklerinin yağlanması.....	32
Şekil 3. 15 Harcın küplere yerleştirilmesi.....	33
Şekil 3. 16 Kür havuzundan çıkarılan numuneler	34
Şekil 3. 17 Çökme deneyi	35
Şekil 3. 18 Basınç deneyi makinesi	36
Şekli 3. 19 Yarmada çekme deneyi numune kırımı.....	37
Şekil 3. 20 UPV deneyi.....	38
Şekil 4. 1 Betonun katkı yüzdesi ve kür süresine göre basınç dayanım değerleri.....	41
Şekil 4. 2 Betonun katkı yüzdesi ve 90 günlük kür süresine göre en büyük basınç dayanım değerleri	41
Şekil 4. 3 Betonun katkı yüzdesi ve kür süresine göre yarmada çekme dayanımı değerleri.....	43
Şekil 4. 4 Betonun katkı yüzdesine göre su emme değerleri	44
Şekil 4. 5 Beton basınç dayanımı-Ses geçiş hızı kolerasyonu	46

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3. 1 Kullanılan kırma taş ve kumun özellikleri	7
Tablo 3. 2Elekt analizi sonuçları	8
Tablo 3. 3 Besin türüne göre bor konsantrasyonu	22
Tablo 3. 4 2001 yılı dünya bor rezervleri.....	25
Tablo 3. 5 1m ³ beton karışımı için malzeme oranları ve numune isimleri.....	30
Tablo 3. 6 Çökme sınıfları.....	35
Tablo 4. 1Numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı sonuçları.....	39
Tablo 4. 2Numuneler üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı sonuçları	42
Tablo 4. 3 Numunelerin 28 günlük su emme yüzdeleri(%)	44
Tablo 4. 4Numuneler üzerinde yapılan upv sonuçları	45

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
$\tilde{S}_g$	Simetri Elemanı
μm	Mikrometre
σ_t	Çekme Dayanımı
r	Gözenek Çapı
γ	Yüzey Gerilimi
θ	Kontak Açısı
P	Basınç
m_v	İndirgenemeyen Gösterimin Tekrarlılık Katsayısı
Kısaltma	Açıklama
ASTM	American Society for Testing and Materials
DSİ	Devlet Su İşleri
EDS/EDX	Energy Dispersive X-ray Spectroscopy
MIP	Mercury Intrusion Porosimetry
RILEM	Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et Ouvrages
SEM	Scanning Electron Microscopy
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
XRD	X-Ray Diffraction

ÖZET

BOR YAN ÜRÜNÜ OLAN ÖĞÜTÜLMÜŞ KOLEMANİTİN ÇİMENTO YERİNE BELİRLİ YÜZDELİKLERLE İKAMESİNİN ARAŞTIRILMASI

Tulay,Cem

Yüksek Lisans,İnşaat Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof.Dr.Abdülhalim Karaşin

Ocak 2023,55 sayfa

Günümüzde endüstriyel alanda büyük gelişmeler kaydedilmiştir ve buna bağlı olarak endüstriyel atıklar gün geçtikçe önem kazanan bir konu olmuştur. Bu doğrultuda atık malzemelerin hammadde olarak kullanılması, kullanılmış hammaddelerin tekrar değerlendirilmesi gibi atık yönetimi konuları oldukça önem kazanmıştır. İnşaat sektörünün en temel elemanlarından bir tanesi betondur. Beton karışımında çimentonun yerini alabilecek endüstriyel atıklardan birtaneside bordur. Türkiye bor rezervi açısından oldukça önemli bir konumda bulunmaktadır.

Bu çalışmada borun yan ürünü olan öğütülmüş kolemanitin çimento yerine belirli yüzdelere kullanılması ve elde edilecek beton, dayanım ve dayanıklılığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen beton türlerine, taze beton deneyleri yapılmış olup,150x150x150 mm'lik küp formundaki kalıplar yağlanarak taze beton örnekleri yerleştirilmiştir. Bir gün kalıplarda kalan numuneler kalıplardan çıkarılarak oda sıcaklığında kirece doymun suda 7,28 ve 90 gün bekletilmiştir. Sudan çıkarılan numuneler üzerinde basınç, yarma, su emme, deneyleri ile dayanım ve dayanıklılık özellikleri araştırılmış ve öğütülmüş kolemanit etkisi gözlemlenmiştir.7 günlük kırılmalardan elde edilen sonuçlara göre şahit numunenin ortalama basınç dayanımı değeri 51,35MPa olurken %0,5 katkılı numunenin ortalama basınç dayanım değeri 47,39MPa , %1,0 katkılı numunenin ortalama basınç dayanım değeri 47,08MPa, %1,5 katkılı numunenin ortalama basınç dayanım değeri 42,87MPa, olarak ölçülmüştür. Erken dayanımda öğütülmüş kolemanit miktarının artmasına bağlı olarak dayanımın kademeli olarak düştüğü gözlemlenmiştir.

Ancak 90 günlük dayanımlara bakıldığında 90 günlük şahit numunenin ortalama basınç dayanımının 73,67MPa %0,5 katkılı numunenin ortalama basınç dayanımının73,79MPa %1 katkılı numunenin ortalama basınç dayanımının 74,48MPa ve %1,5 katkılı numunenin ortalama basınç dayanımının 74,36MPa olarak ölçülmüştür. Basınç dayanım değerlerine bakılarak uzun vadede kolemanit katkılı numunelerin basınç değerlerinin şahit numuneyi yakaladığı hatta geçtiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak bor yan ürünü olan öğütülmüş kolemanitin belirli yüzdelere çimento yerine kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Beton, Bor yan ürünü, Öğütülmüş kolemanit, Dayanım

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE SUBSTITUTION OF GROUND COLEMANITE, A BORON BY-PRODUCT, WITH CERTAIN PERCENTAGES FOR CEMENT

Tulay,Cem

Master of Science in Department of Civil Engineering

Supervisor: Prof. Dr.Abdülhalim Karaşin

January 2023, 55 pages

Today,great developments have been made in the industrial field and accordingly,industrial waste has become an issue that is gaining importance day by day.In this direction waste management issues such as the use of waste materials as raw materials and there use of used raw materials have become very importance.One of the most important elements of the construction industry is concrete.Boron is one of the industrial wastes that can be used instead of cement in concrete.Turkey is in a very important position in term of boron reserves.

In this study,the use of ground colemanite,which is a by-product of boron,with certain percentages instead of cement and its effects on the strength and durability of the concrete to be obtained were investigated.Fresh concrete experiments were carried out on each type of concrete produced and placed in cube-shaped molds of 150x150x150 mm.The samples remaining in the molds for twenty four hours were removed from the mold sand kept in lime saturated water at room temperature for 7,28 ve 90 days.The strength and durability properties of the samples extracted from the water were investigated by pressure,splitting,water absorption,sand the effect of ground colemanite was observed.According to the results obtained from the 7 day crushing,the average compressive strength value of the witness sample was 51,35MPa,while the average compressive strength value of the %0,5 added sample was 47,39MPa,the average compressive strength value of the %1,0 added sample was 47,08MPa,and the average compressive strength value of the %1,5 added sample was 42.87.It has been observed that the strength decreases gradually depending on the increase in the amount of ground colemanite in the early strength.

However,when the 90-day strengths are considered the average compressive strength of the 90 day witness sample is 73,67MPa,the average compressive strength of the %0,5 added sample is 73,79MPa,the average compressive strength of the %1,0 added sample is 74,48MPa and the average compressive strength of the %1,5 added sample is 74,36MPa.

By looking at the compressive strength values,it has been observed that the pressure values of the samples with colemanite additive scatch the witness sample in the long term.

As a result,it has been seen that ground colemanite which is a by-product of boron,can be used instead of cement with certain percentages.

Keywords:Concrete, boron by-product, ground colemanite strength

1. GİRİŞ

Nüfus artış hızındaki ivmelenme, ekonomik ve kentselleşmenin neticesinde insanların barınma ihtiyacı doğmakta ve bu barınma ihtiyacını karşılayacak olan yapılarda malzeme çok önemli bir yer tutmaktadır (Aldakshe, 2019). İnşaat sektöründe buna paralel hızlı bir şekilde gelişim kaydetmekte bununla birlikte çimento, beton üretiminde teknolojik gelişmeler görülmektedir. Yapı sektörü veya yapı teknolojilerine bakıldığında zaman tercih edilen malzeme çoğunlukla betondur. Beton; meydana geldiği çimento, agrega ve su maddelerinin belirli ölçülerde karışımından meydana gelen bir malzemedir. Kullanışlı yerine ve amacına göre farklı üretim prosedürüne sahip betonlar vardır. Betonun meydana getiren esas malzemeler doğada bolca bulunmaktadır. Ekonomik olması, şekil verilebilir olması, yangına karşı direnci ve hızlı üretilir olmasından dolayı beton tercih edilen bir malzeme olma konumundadır (Baradan, 1997).

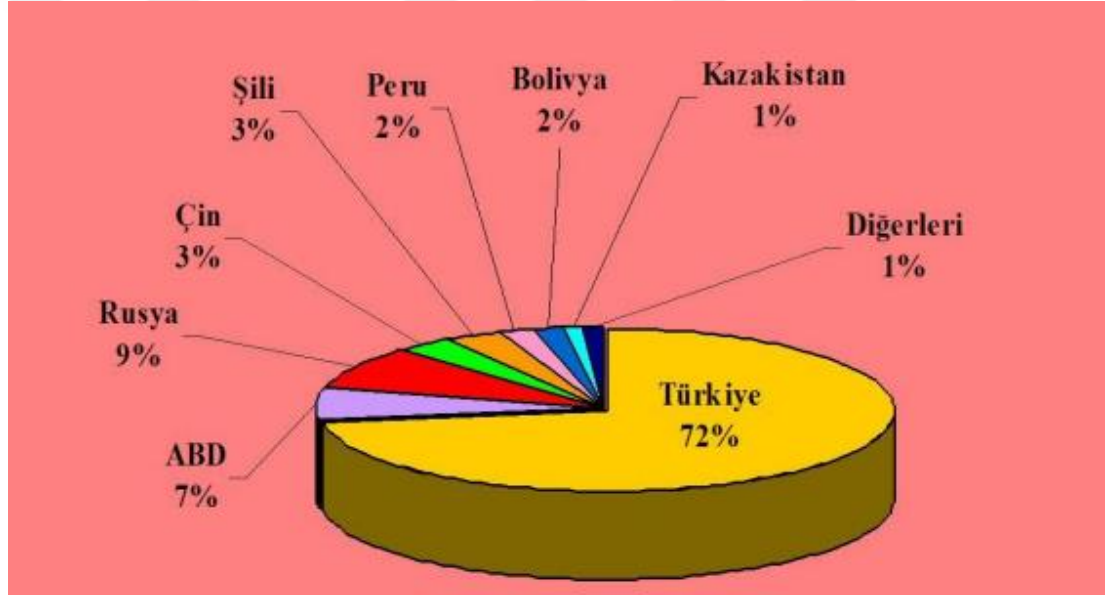
Bununla birlikte çoğu Avrupa ülkelerinde çimento sanayi hem üretim süreçlerinin çevreye verdiği zararlı etkiler hem de işyeri çalışanlarının çalışma koşullarının olumsuzluğundan dolayı ağır iş olarak adlandırılmaktadır. Ancak Avrupa veya Ortadoğu ülkelerine olan coğrafik konumumuzdan ötürü ülkemizde Portland Çimentosuna(PC) olan ilgide gün ve gün artış gözlemlenmektedir. Bilindiği üzere çimento üretimi enerji tüketiminin çok fazla olduğu bir faaliyet alanıdır. Yaklaşık olarak bir ton çimento üretmek için kullanılan enerjinin yarısına yakını (%50) çimentonun öğütme süreçlerine gitmektedir Bu nedenlerden dolayı sektör, çimento bünyesine eklenebilecek kolayca öğütülebilir ve ince daneli atık katkı malzeme arayışına girmiştir (Akbulut, 2009).

Atıklar birçok çevresel soruna yol açtıkları gibi bu tür atık malzemelerin depolanması aynı zamanda büyük bir maliyete sebep olmaktadır (Söylemez ve Bayraktar, 2019). Bu tür sebeplerden dolayı birçok atık malzeme tekrar geri dönüşüm yoluyla faydalanılabileceği halde ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Fakat atık malzemeler değerlendirildikleri takdirde hem ekonomik hem de işlevsellik bakımından ülkemize oldukça faydalı olabilirler.

Türkiye de bu doğrultuda çıkan madenlere ve atıklarına bakıldığında öne çıkan maden borsasıdır. Bor Türkiye de çıkan madenler sıralamasında rezerv ve üretim hacmi,

cevher, ve türev açısından dünyada ön plana çıkabilecek yeterliliklere sahiptir. Bor rezervinin toplamına bakıldığında Türkiye % 72'lik pay ile Dünya sıralamasında en ön sırada yer almaktadır (Eyyüboğlu, 2017). Bor konsantresi üretimi; Eti Holding Eti Bor A.Ş.'YE ait Kütahya'nın Emet, Eskişehir'in Kırka, Balıkesir'in Bigadiç ve Bursa'nın Kestelek ilçesinde yer alan tesislerinde yapılmaktadır. Bu ünitelerde gerçekleştirilen konsantre bor üretim ve yıkama işlemlerinden sonra killi malzemenin uzaklaştırılması sağlanmış olmaktadır.

Türkiye'de bor ve bor ürünleri(boraks, üleksit, kolemanit vb) ticari olarak rağbet görmekte ve üretimin geniş çapta ihraç edilmektedir (Eyyüboğlu, 2017). Dünya bor rezervi Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Dünya bor rezerv dağılım oranları (Yenmez, 2009)

Günümüzde bor üretiminde ortaya çıkan yan ürünlerin cam, temizlik, seramik, tarım, çimento gibi çeşitli alanlarda kullanıldıkları tespit edilmiştir. Ayrıca esas maddesi kil olan yapı ve seramik iş kollarında bor atık malzemelerinin değerlendirilmesine yönelik çok sayıda çalışma mevcuttur (Batar ve ark. 2008).

Bor atık malzemelerinin yapı sektöründe özellikle yapı malzemesi temininde kullanılması; çimento, beton, harç, yol malzemesi, tuğla çeşitleri, kiremit vs üretiminde kullanılmasına imkân tanımaktadır. Bu şekilde atıkların tekrar

kullanılmasının yanı sıra daha ekonomik ve nitelikli yapı malzemelerinin tasarlanması sağlanacaktır (Akyıldız, 2012).

Bu tez çalışmasında bor atığı olan öğütölmüş kolemanitin(ÖK) beton bünyesinde kullanılabilirliği kapsamında deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bu doğrultuda ÖK'nin%0,5,%1,%1,5 oranlarında çimento yerine ikame edilmesiyle beton dayanım özelliklerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Dizayn edilen numune örnekleri 7,28 ve 90 gün süresince 20C°±2 suda bekletilip beton örnekleri sertleşmiş beton deneylerine maruz bırakılmıştır.

Bu deneyler basınç mukavemet deneyi, eğilmede çekme dayanımı, ultrasonik hız ölçümü, su emme deneyi şeklinde sıralanabilir. Yapılan bütün deneylerde bor atığı olan öğütölmüş kolemanitin çimentonun yerine belirli yüzdelerle kullanılabilmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Demirel,Nasıroğlu (2017) çalışmalarında, bor mineral ve yan ürünlerinin çimentoda üretiminde kullanım şekilleri araştırmıştır.Bu doğrultuda bor elementinin ve yan ürünlerinin çimentonun sertleşme süresine,betonun basınç mukavemetine ve yalıtım sektörüne olası etkileri gözlemlenmiştir. Bu araştırmanın bor elementinin ve atık bor malzemesinin farklı iş kollarında değerlendirilmesi ve özellikle yapı ve çimento alanında yapılacak olan araştırmalara yol göstermesi hedeflenmiştir.

Söylemez,Bayraktar (2019), çalışmalarında, bor mineralinin kullanıldığı malzemelere ne gibi farklı özellikler kazandırdığını araştırmışlardır. İlgili çalışmada bor mineralleri ve bor yan ürünleri ile elde edilen betonarme yapıların yangına karşı dayanımını tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada, bor minerallerinin betonarme yapılarda aderansa katkı sağlayıp sağlamadığı deneysel çalışmalarla tespit edilip, yangın dayanıklılığına daha fazla katkı sunabileceği gösterilmiştir.

Bideci (2018), çalışmalarında öğütülmüş kolemanitin çimento özelliklerine olan etkisi değerlendirilmiştir. Çalışmalara başlamadan önce kolemanitin puzolanik aktivitesi tespit edilmiştir. Daha sonra çimento harçlarına farklı oranlarda öğütülmüş kolemanit (%0,%1,%3,%5,%7)eklenerek; özgül ağırlık, özgül yüzey, betonun sertleşmeye başlama ve sona erme sürelerinin tespiti, slump ve genleşme deneysel çalışmalarının yürütülmesi ile birlikte harç örneklerinin basınç mukavemeti (2,7 ve 28 günlük) tespit edilerek şahit numune ile karşılaştırılmıştır.

Eyyüboğlu (2013), ilgili araştırmada, 3 farklı B_2O_3 miktarına sahip kolemanit konsantratör yan ürününü çimentoda katkı ürünü olarak deneyimlemiştir. Çimentonun üretimi esnasında kullanılan enerjinin azaltılması ve bor ürünlerinin depolanması sorunlarını ortadan kaldırmaya yönelik bir dizi deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü konsantratör tesisi atık slam havuzundan elde edilen B_2O_3 miktarları sırasıyla %5,56, %10,47 ve %15,89 olan kolemanit konsantratör atıksal ürünleri ile klinker ve alçıtaşının belirli oranlarda kullanılmasıyla kompoze çimento numuneleri elde edilmiştir. Klinker ile alçıtaşı ağırlıkça %1,%3,%5,%10

oranlarında, değişken B₂O₃ oranlarına sahip bor yan ürünleri eklenmiştir. İlgili araştırmada 12 farklı türde bor ikameli çimento ve CEM I çimentosu olmak üzere 13 türde çimento üretilip elde edilen çimentolara kimyasal analizler ve fiziksel deneyler yapılmıştır.

Akyıldız (2012), ilgili araştırmada, bor yan ürünü olan zeolit gibi oldukça yaygın rezervleri himaye ettiğimiz minerallerin beton temininde kullanılması ve betonun durabilitesi üzerine etkileri incelenmiştir. Bunun için çimento, bor yan ürünü, zeolit üzerinde kimyasal, fiziksel, mekanik, mineralojik tespitler yapılmıştır. 15x15x15 cm'lik küp üretilen beton numuneler bir gün kalıpta kaldıktan sonra alınarak 23±2 °C kireçle doyurulmuş suda 7,28 ve 56 gün bekletilmiştir. Numunelerin basınç deneyi, yarma deneyi, upv deneyi, su emme ve donma-çözülme deneysel çalışmaları ile durabilite özellikleri araştırmaya tabi tutulmuş, betonda ve hafif betonda belirli oranlarda eklenen bor atığının zaman içerisindeki dayanım ve durabilitesinde olumlu etki yarattığı tespit edilmiştir.

Aldakshe (2019), ilgili araştırmada, doğal kaynaklarımızın başında gelen ponzanın agrega ve diğer önemli endüstriyel ürün olan borla farklı miktarlarda (%1,%3,%5,%7 ve %9)agrega ile ağırlıkça ikame malzemesi olarak değerlendirilmesi neticesinde hafif beton temini amaçlanmıştır. Çalışmanın neticesinde; fiziksel ve mekanik anlamda hafif betona kıyasla oldukça iyi özelliklere sahip, suya dayanımlı ve ağır olmayan bir malzeme temin edilmesi hedeflenmiştir. Tez araştırması 3 farklı kademedede yapılmıştır. İlk etapta %90 ponza agregası ve %10 ince malzeme(basınç mukavemetini iyileştirmek için) eklenerek (Şahit numune) hafif beton elde edilmiştir. İkinci etapta ponza agregasına %1,%3,%5,%7 ve %9 miktarlarında bor yan ürünü eklenerek hafif beton örneği elde edilmiştir. Son etapta ise elde edilen hafif beton örneklerinin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla numuneler deneysel çalışmalara tabi tutulmuştur. Mekanik değerlerin saptanması için; yarmada çekme ve basınç mukavemeti deneyleri yapılmıştır. Fiziksel farklılıkları tespit edebilmek için ise, özgül ağırlık, suya doygun birim hacim ağırlık kılcal su emme ve porozite deneyleri yapılmıştır.

Çağlar (2018), ilgili çalışmada, bünyesinde yer altı kaynaklarına ve toprağa zararlı etkileri olan borik asit (B_2O_3) bulunduran atıkların harman tuğlası alanında değerlendirilerek doğaya verebileceği zararları etkilerin azaltılması ve bor yan ürünü ile harman tuğlası değerlerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Daha sonra farklı oranlarda (%2,%4,%6,%8,%10) bor atığı eklenerek harman tuğlası örnekleri elde edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda en uygun bor yan ürünü katkı miktarının %8 olduğu bulunmuştur. Değerlerinde iyileşme gözlenen malzemenin yeni yapılacak olan yapılarda değil aynı zamanda restore edilebilecek yapılarda da kullanımının uygun olabileceği belirlenmiştir.

Kalafatoğlu,Örs (2003), ilgili çalışmada,ticari ve özellikli borları iki ayrı kısma sınıflandırarak borların ticari ve kullanım alanlarıyla ilgili bir çok tablo araştırması yapmışlardır.

Kratochvil,Opravil,Divis (2014), Bu çalışmanın amacı, borun ve bileşikleri olan borik asit ve boraksın Portland çimentosunun hidratasyonu üzerindeki etkisini incelemektir. Farklı konsantrasyonlar da bor, boraks ve borik asit ilavesi ile modifiye edilmiş çimento hamuru numuneleri hazırlamışlardır. Sonuçlar, kalorimetrik eğrilerin, mekanik özelliklerin ve faz bileşiminin değerlendirilmesinden elde edilmiştir. Amaç, hedeflenen geciktirilmiş hidratasyon prosesinin kinetiğini tanımlamak ve bor ile modifiye edilmiş sistemin ayarını tamamen askıya alacak böyle bir ilaveyi bulmaktır. Her bir bor içeren bileşiğin etkilerinin karşılaştırılması yapılmıştır.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Bu kısımda, endüstri atığı olan borun tanımı, bor bileşikleri, borun kullanıldığı endüstri kolları ve bor atıklarının çimentoyla belirli yüzdelik dilimlerinde yer değiştirmesinin araştırılması amaçlanmıştır.

3.1 Malzeme

Araştırma materyali, bor atığı olan öğütölmüş kolemanit, Diyarbakır bazalt taşı, çimento(CEM I 42,5), su ve kum malzemelerinin bir araya gelmesiyle oluşan beton örneklerinden meydana gelmektedir. Bor atığı Etibank Kırka Boraks tesislerinden elde edilmiştir.

3.1.1 Agregalar

Beton numuneleri tasarlanırken özellikleri aşağıdaki tabloda verilen kırma taş ve kum kullanılmıştır. Su emme miktarı TS EN 1097-6 (2022) standart'ı esas alınarak, Los Angeles Aşınma deneyi ise TS EN 1097-2 standart'ı esas alınarak belirlenmiş olup sonuçlar standartlarla uyumlu sonuçlar vermiştir. Agregalara ait deney verileri ve standartlarla uyumluluğu Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1 Kullanılan kırma taş ve kumun özellikleri

19-25mm kırma bazalt su emme oranı	%1,823	≤ %10	TS 3523 (2015)
12-19mm kırma bazalt su emme oranı	%2,171	≤ %10	TS 3523 (2015)
5-12mm kırma bazalt su emme oranı	%2,572	≤ %10	TS 3523 (2015)
0-5mm kırma bazalt su emme oranı	%3,605	≤ %10	TS 3523 (2015)
Metilen mavisi deneyi	%2,50	-	
Los Angeles katsayısı	%18,56	≤ %50	500 DEVR

Çalışmamızda Diyarbakır'ın Siverek ilçesine bağlı güvercinlik köyü yakınlarında konumlanmış olan Ceylanlar taş kırma ocağından (Şekil 3.1) alınan 4 farklı boyuttaki kırma taş ve kum kullanılmıştır.

Agrega dane dağılımının beton özelliklerine direkt etkisi göz önünde bulundurulduğunda beton numunelerinde standart bir kompasitenin yakalanması adına TS EN 933-1 (2012) standartları dikkate alınarak agregaların dane dağılımları

belirlenmiştir. Agregalara ait dane dağılımı Tablo 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.1 Ceylanlar taş ocağı

Tablo 3.2 Elek analizi sonuçları

AGREGA TİPİ	ELEKLER(mm)												
	40	31,5	22,4	16,0	11,2	8,0	4,0	2,0	1,0	0,5	0,25	0,15	0,063
19-25	100	100	75	15,63	3,94	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12-19	100	100	100	96,2	18,0	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5-12	100	100	100	100	99,6	82,8	0,93	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0-5	100	100	100	100	100	100	92,0	65,0	45,0	33,0	22,1	10,4	3,3

3.1.2 Çimento

Çimentoyu oluşturan ana malzemeler kalker ve kil olarak tanımlanabilir. Çimento mineral parçaları(kum, çakıl, tuğla, briket. vs) bir arada tutan malzemedir. Çimentonun yapışkanlık özelliğini ortaya koyabilmesi için mutlaka su ile kimyasal reaksiyona girmesi gerekmektedir. Çimento su ile reaksiyona girerek sertleşip mukavemet kazanan ve tekrar su ile teması halinde çözünmeyen bir malzemedir. Klinkerin meydana gelebilmesi için kalker, kil ve/veya kum eklenerek öğütülüp toz formuna getirilen malzemenin 1400-1500°C’de fırında pişirilmesi gerekmektedir. Pişirilen malzemeye %4-5’e kadar öğütülmüş alçı taşı eklenmesiyle çimento oluşmuş olur.

3.1.2.1 Çimentoğun tarihçesi

Çimento kelimesinin dil ailesi araştırıldığında kelimenin Latince'den dilimize geçtiği görülür. Latince'deki yontulmuş taş kırıntısı“caementum” sözcüğünden geçtiği söylenebilir. Yapıların inşasında bağlayıcı maddeler olmasa olmazdır ve bu bağlamda çok eski zaman yapıları incelendiğinde bağlayıcı madde olarak kireç'in kullanıldığı görölmektedir.

Anadolu da Çatalhöyük civarında yapılan yapıların sıvası incelendiğinde sıvanın 7000 yıl öncesinde kullanıldığı düşünölmektedir. Daha sonra Romalılar söndürölmüş kireç ve volkanik tüfleri harmanlayarak bugünkü çimentoya benzer bağlayıcılar ortaya koymayı başardıkları görölmüşdür. İnsan nüfusundaki artış ve buna bağlı olarak ortaya çıkan barınma ihtiyacı araştırmacıları işlenebilen, kolay şekil alan, sağlam, güvenilir bir malzemenin araştırılıp bulunmasına itmiştir.

Bu bağlamda yapılan araştırmalar neticesinde ilk zamanlarda bugünkü çimentonun ilkel haline daha sonraları ise günümüzde kullandığımız çimentonun son haline ulaşmıştır.

3.1.2.2 Çimento çeşitleri

Çimento üretim sürecinde, çimentonun kullanım sahası ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurulmaktadır (Yalçın ve Gürlü, 2006).TS EN 197-1 (2012) kapsamında genel çimento türleri 5 temel şekilde gruplandırılmıştır.

- CEM I Portland cement
- CEM II Portland-kompoze cement
- CEM III Yüksek fırın cürüflu cement
- CEM IV Puzolanik cement
- CEM V Kompoze cement

3.1.2.3 Çimento çeşitlerinin kullanım alanları

CEM I Portland çimentosu:

1. Yüksek yapılar
2. Ön germeli betonlar

3. Köprüler
4. Kaldırım betonları
5. Yol kaplamaları
6. Tünel kalıp uygulamaları
7. Demiryolu Traversleri
8. Su depoları
9. Yer betonları

CEM II Portland-kompoze çimento:

1. Beton veya Betonarme Kanalizasyon Boruları
2. Beton Briket Yapımı
3. Köprü ve Viyadüklerin Yapımı
4. Duvar ve Sıva Yapımı
5. Daha yüksek dayanım gerektiren özel proje betonları

CEM III Yüksek fırın cürufu çimento

1. Sülfat içeren zeminler
2. Arıtma Tesisleri
3. Baraj vb. yapılar
4. Temeller
5. İstinat Duvarları

CEM IV Puzolanik çimento

1. Baraj inşaatları
2. Yapı Kimyasalları
3. Yol kaplama betonları
4. Kütle Beton
5. Su kanaletleri

CEM V Kompoze çimento

1. Arıtma tesisleri
2. Yol kaplama betonları
3. Baraj inşaatları

4. Beton ve Betonarme borular

Traslı çimentolar: Traslı çimentolar, portland çimentosunun uygun olduğu her alanda kolaylıkla kullanılabilir. Özellikle priz alma sırasında ısı yaymaması çimentonun yapısında bulunan ve zaman geçtikçe miktarı artan serbest kirecin tras yapısındaki aktifleşen silis ve alüminatla birleşerek daha dayanıklı plastik betona dönüşmesi, çekme mukavemetinin klasik çimentoya göre daha yüksek olması, asidik yapıdaki, karbonlu, sülfatlı suların zararlı etkilerine karşı koyacak güçte olmasından dolayı köprü ve baraj inşası gibi kütle betonlarında rahatlıkla kullanılabilir (Kaplan ve Binici, 1995).

Portland çimentosu: Bu çimento türü özellikle betonarme yapı kullanımı için oldukça uygun bir yapıya sahiptir. Belirli ölçülerde kalker taşı ve kilin homojen bir yapıya ulaşıncaya kadar klinkerde uygun sıcaklıkta pişirilip çelik toplu değirmende ezilip toz haline getirilmesiyle ürün elde edilir (Özyurtkan, 2012).

Yüksek fırın cüruf çimentosu: Çelik üretimi esnasında ortaya çıkan ekonomik olarak anlam taşıyan yan ürünlerden bir tanesi de yüksek fırın cürufudur. Yaklaşık bir ton çeliğin üretimi esnasında 250-300kg oransal olarak yaklaşık %25-30 cüruf oluşmaktadır. Bu alanda lider konumda bulunan Ereğli Demir Çelik fabrikasında yıllık cüruf üretimi yaklaşık olarak 600,000 ton kadardır. Elde edilen cürufa belirli miktarlarda çimento katılmasıyla yüksek fırın cürufu çimento(YFCC) meydana gelmektedir. İnşaat sektörü başta olma üzere birçok alanda cüruf kullanılmaktadır.

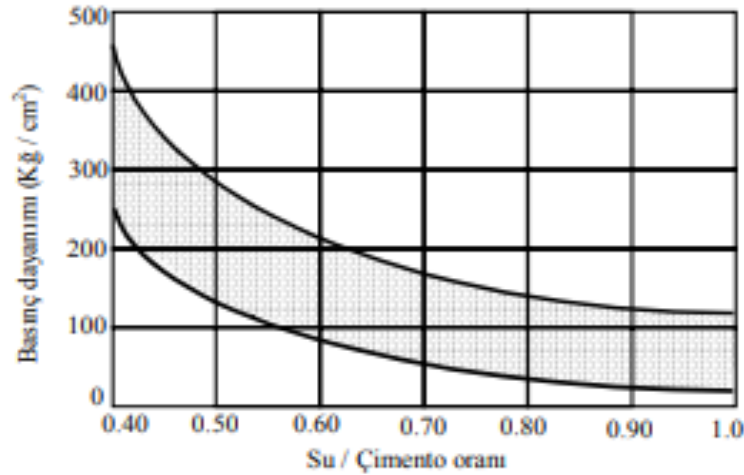
Katkılı çimentolar: Katkılı çimento(KÇ) temininde klinker ve alçıtaşı dışında çimento türüne göre bir veya birden fazlası birlikte olmak kaydı ile tras, yüksek fırın cürufu, uçucu kül ve silis dumanı eklenir.

Diğer çimento türleri: Belirli bir amaca yönelik çimentolardır. Uçucu küllü çimento, oil-well çimento, beyaz çimento, süper sülfatlı çimento, sülfat dayanımlı çimento, katkılı çimento gibi çimentolar (Yalçın ve Gürü, 2006).Yapılacak olan imalata yönelik üretilen ve sürekli üretimi olmayan çimento türleridir.

3.1.3 Karışım suyu

Betonun hacmine bakıldığı zaman oransal olarak %75 agregat (kum, çakıl, mıcır), %10 çimento, %15 sudan meydana gelmektedir.

Beton temininde kullanılan suyun 2 önemli amacı vardır: Kuru ve katı formdaki çimento ve agregayı plastik, işlenebilir ve şekil verilebilir bir yapıya dönüştürmek, çimento ile kimyasal tepkime oluşturarak plastik yapının prizini almasına yardımcı olmak. Ancak hiçbir zaman unutulmaması gereken husus beton dayanımının su/çimento oranına bağlı olmasıdır. Su/Çimento oranına bağlı olarak basınç dayanımında ki değişim Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2 Su/Çimento oranına göre beton basınç dayanımındaki değişim (Ersoy, 1987)

Genel anlamda içilebilir suların hepsi beton temininde kullanılabilir. Ancak betonda temininde gerekli olan suyun içilebilir nitelikte olması gerekli değildir. Birkaç iyileştirme yöntemleri sayesinde içilemeyen sulardan oldukça kaliteli betonlar elde edilebilmektedir. Karışım suyunda tuz, petrol türevleri, yağ, vb maddelerin bulunması betona istenmeyen zararlar verebilir. Karışım suyunun periyodik aralıklarla analiz edilmesi ve denetlenmesi atlanmaması gereken bir husustur.

Suyun betonla ilişkisini özetleyecek olursak;

1. Kalıba dökülen betonun bakım aşamasında sulama ve kürlemesinde
2. Betonda kullanılacak olan agregaların kil ve zararlı maddelerden temizlenmesinde

3. Çimento ve agregalarla birlikte harç ve beton malzemenin karıştırılmasında karışım suyu
4. Betonun taşınması ve dökülmesi esnasında kullanılan araç ve gereçlerin temizlenmesinde

3.1.4 Bor ve bor atığı

Bor minerali incelendiğinde doğada serbest halde bulunmadığı gözlemlenmektedir. Doğada 230'dan fazla bor minerali mevcuttur (A.Bideci ve Ö.Bideci, 2018). Doğada çok fazla bor minerali bulunmasına rağmen oldukça az sayıdaki bir kısım bor ekonomik açıdan önem taşımaktadır (Çağlar, 2016).

Bor mineralinin sınıflandırılması yapısında bulunan kalsiyum, magnezyum veya sodyum elementlerine göre yapılır. Yapısında sodyum elementini bulunduranlar tinkal(boraks), yapısında kalsiyum bulunduranlar kolemanit ve sodyum-kalsiyum bulunduranlar üleksit olarak gruplandırılabilirler (Bütüner, 2011). Bor mineralinin ekonomik olarak önem taşıyıp taşımadığı yapısında bulunan B_2O_3 (Bor Oksit) oranıyla ilgilidir (Dırak, 2011). Ekonomik olarak önemli sayılabilecek bor mineralleri tinkal, pandemit, üleksit, kernit, ve kolemanittir.

Borat yatakları Türkiye'de Eskişehir-Kırka, Balıkesir-Bigadiç, Bursa-Kestelek ve Kütahya-Emette konumlanmaktadır. Ham bor ürünlerinden en önemlileri Kolemanit, tinkal ve üleksittir. Türkiye borat yatakları Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Türkiye bor yatakları haritası

Tinkal (Boraks)

Tinkal($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) ilk elde edildiğinde herhangi bir renge sahip değil iken kristal yapısından ötürü zamanla pembe, sarımtırak, gri tonlarında olabilir. Sertlik özellikleri bakımından tinkal (Şekil 3.4) 2-2,5 mohs, özgül ağırlığı $1,7 \text{ gr/ cm}^3$ 'tür.



Şekil 3.4 Tinkal cevherinin görüntüsü (Ulusoy, 2012)

Kırılgenliği yüksek olan ve su içerisinde çözünebilen tinkalin çözünme hızı, çözelti için kullanılacak olan suyun ısısıyla direkt ilgilidir (Helvacı, 2004).

Boraks pentahidratın meydana gelmesi için tinkalin üzerinde yer alan toprak, kil ve türevlerinin temizlenmesi ve tinkalin 50°C 'da ısıtılması gerekmektedir. Borakspentahidrat $160-170^\circ\text{C}$ 'de ısıya maruz kaldığında boraks dihidrat, $290-299^\circ\text{C}$ 'de boraks monohidrat ve $400-450^\circ\text{C}$ 'de ısıya maruz kaldığında ise susuz boraks temin edile bilmektedir (Demir, 2006).

Boraks incelendiğinde Boron-CA-ABD, Kırka-Türkiye ve Tincalayu Arjantin'de bulunmaktadır (Kistler ve Helvacı 1994). Kırka boraks kuşağı kabaca 520 milyon ton rezerv alanıyla ön plana çıkmaktadır (Köse ve ark. 1993).

Kernit

Kernit yapı olarak boraksın metamorfik fazıdır. Düşük miktarlarda Kırka ile Tincalayu'da bulunmaktadır. Ancak toplam rezervin %33 kadarı boronda bulunmaktadır. Kernitin (Şekil 3.5) B_2O_3 boraksa göre daha fazladır. Ancak

yapısından dolayı proseste tıkanıklıklar oluşmakta ve suda çözünmesi daha yavaş olmaktadır.

Kernit kristal yapısı olarak monoklinal yapıdadır. Yapı bakımından rengi olmayan, saydamsı ve iğneli formda kümelenmiş kristal toplulukları mevcuttur. Sertliği 2,5-3 arasında değişmekle birlikte özgül ağırlığı 1,91’dir (Kistler ve Helvacı, 1994).



Şekil 3.5 Kernit cevherinin görüntüsü (Dırak, 2011)

Üleksit

Üleksit (Şekil 3.6), Playa tipi su birikintilerinde ve yakın-kuaterner yaş almış bataklıkların civarında konumlanan ve en fazla görülen bor mineralidir. Bu tip üleksitler, yumuşağımsı, nem oranı fazla ve lifli kristal formunda bulunurlar. Genellikle boraks yataklarının hakim olduğu bölgelerde bulunan sedimanter kayalarda genellikle kolemanit ile birlikte bulunurlar.

Dünyada bu tip üleksitler daha çok Amerika’nın Güneyi ve Çin’de bulunmaktadır. Türkiye’de üretilen ile Boron ve Death Valley’de bulunan neojen yaşlı üleksitler ise daha sert daha yoğun ve çok iyi tabakalaşmıştır. Beyazımsı saydam görünümünden ötürü üleksit“pamuk gülü” olarak da isimlendirilir. Sertliği 2,5 ve özgül ağırlığı 1,96’dır. Sıcaklığı düşük suda çok az, sıcaklığı fazla su ve asidik ortamda çözünme hızı artış gösterir.



Şekil 3.6 Üleksit cevherinin görüntüsü (Sarıağaç, 2012)

Kolemanit

Kolemanit minerali (Şekil 3.7) $2\text{CaO} \cdot 3\text{B}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüyle ifade edilir. Hidrate edilmiş kalsiyum boratın bir formudur. Kristal yapısı olarak monoklinal yapıdadır ve kil minerali açısından zengindir. Borik asit üretiminde kullanılır. Kolemanit mineralinin kimyasal yapısında % 28,5 CaO, % 6 SiO_2 , % 42,5 B_2O_3 ve % 23 H_2O bulunmaktadır. Çimento temini için esas olan hammaddeler bünyesinde doğal olarak bulunmaktadır. Soğuk su içerisinde çözünmesi çok az olmasına rağmen Hidroklorür asitte çok daha hızlı ve kolay çözünmektedir (Akyıldız, 2015). Kolemanitin 20-25°C'deki suda çözünme hızı 0.81 gr/lt'dir (Çağlar, 2016).

Türkiye'de Emet, Bigadiç, Kırka, Sultan çayır ve Kestelek kuşağında oldukça fazla gözlemlenirken dünyada ise daha çok ABD'de bulunmaktadır (Ulusoy, 2012).



Şekil 3.7 Kolemanit kristalinin görüntüsü (Dırak, 2011)

Pandermit

Pandermit minerali (Şekil 3.8) $\text{Ca}_4\text{B}_{10}\text{O}_{19} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüyle ifade edilir. Bunun %32,11 CaO,%49,84 B_2O_3 ,%18,05 H_2O 'dur. Kristalleşmiş formu bakımından incelendiğinde triklinik yapı göze çarpar. Pandermitin yoğunluğu 2.4 gr/cm^3 olarak belirlenmiştir(Özorak, 2014). Beyaz renkte ve yekpare olarak oluşum gösterir (Demir, 2006). Kil ve jips yataklarının içerisinde nodül formunda ve neredeyse bir ton ağırlığında kütleli yapıda bulunmaktadır (Eyyüboğlu, 2013).Türkiye'de Bigadiç-Sultançayır ve Kırka borat yataklarında bulunmaktadır (Kaptan, 2018).



Şekil 3.8 Pandermit cevherinin görüntüsü (Dırak, 2011)

3.1.4.1 Bor bileşiklerinin kullanım alanları

Sanayide kullanım alanı bulan bor ve bor ürünlerine olan talep her geçen gün artmaktadır. Sanayinin her alanında kullanılan ve kullanıldığı malzemeye katma değer katan bir mineral özelliği taşımaktadır. Geleceğin en önemli minerali olarak gösterilen bor mineraline her alanda duyulan ihtiyaçtan dolayı stratejik önemi her geçen gün artmaktadır. Bor mineralinin kullanım alanı bulduğu endüstri kollarından bazılarını görebiliriz.

Seramik Sanayi

Seramik endüstrisinde; Dünyada üretilen bor ve bor ürünlerinin yaklaşık %13-15 kadarı kullanılmaktadır. Ergiticilik ve bağlayıcılık özelliği fazla olan bor, camın

akışkanlığını ve yüzey gerilimini indirgeyerek seramiği fiziksel ve kimyasal etkilere karşı daha uzun ömürlü bir hale gelmesine katkı sunmaktadır. Seramiğin estetize edilme adımı boyaya tutunma sağlayarak canlı ve parlak renkler oluşmasına katkı sağlar. Bor, özellikle, emaye, fayans, porselen boyaları ve sırlamada kullanılmaktadır. Seramik sanayi sektörü Türkiye’de üretilen borun çok yoğun olarak kullanıldığı bir alan olarak öne çıkmaktadır. Seramik endüstrisinde faydalanılan en önemli bor özellikleri sıralandırılacak olunursa;

- Sinn kıvamını azaltır
- Sinn yüzeysel gerilimi azaltır
- Parlaklığı ve saydamlığı artırır

Tarım

Yapılan çalışmalar neticesinde bitki gelişimi için olmasa olmaz bir mikro element olduğu belirlenen borun bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal açıdan işlevi üzerine bir çok çalışma yapılmıştır (Çakmak ve Römheld, 1997). Özellikle tarımsal verim ve ürün niteliğinin geliştirilmesi için ana besleyicilerin yanında bor gibi mikro besleyiciler yer almaktadır.

Bor bitki yapısında karbonhidrat ve protein üretiminde, doku farklılaşması, oksin ve fenol üretiminde, seçici zar geçirgenliğinde, polenlerin çimlenip polen tüpünün gelişiminde stratejik görevler üstlenmektedir (Marschner, 1995). Bitkiler bor elementine eser miktarda ihtiyaç duymalarına rağmen bor elementinin eksikliği bitkilerde toksisiteye sebep olabilmektedir (Brown ve ark. 2002).

Bor; tarım sektöründe bitki gelişimine yardımcı olmak veya gelişimi istenmeyen bitkilerin gelişimini azaltmak için kullanılmaktadır (Eyüboğlu, 2013). Ayrıca sentetik gübrelerde, biyolojik gelişim süreçlerinde ve kontrol kimyasallarında, küflenme ve mantar önleyicilerde ve böcek öldürücülerde kullanım alanı bulmaktadır.

Enerji Depolama

Son yıllarda fosil yakıt kullanımında gözle görülür gerilemeye karşın yükselen enerji

ihtiyacı, elektrikten üretilen enerjinin depolanma problemleri, doğa konusundaki artış gösteren bilinçlenme gibi faktörler ikincil enerji kaynaklarına olan ilgide artış meydana getirmiştir. Bu kapsamda borun enerji malzemesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar ivme kazanmıştır.

Bor, enerji alanında; hidrojen ve ısı enerjisi depolama, yüksek dereceli ısı transistörleri, yakıt oluşum pilleri, lityum iyon bataryaları, güneş bataryalarında koruyucu yapıda kullanılmaktadır.

Bu sektörlerde meydana gelen inovasyonlar neticesinde bor enerji depolanması daha az enerji tüketimine ve üretilen enerjinin daha efektif kullanılmasına yardımcı olmaktadır.

Bütün bu özelliklerine ek olarak bor madeni enerji üretme kapasitesi bakımından diğer elementlerle karşılaştırıldığı zaman litre başına 92,77 megajoule yanma enerjisiyle ilk sıralarda kendisine yer bulmaktadır.

Enerji kaynağı olarak hidrojen hem günümüzde hem de gelecekte oldukça önemli bir yere sahiptir. Enerji yoğunluğu bakımından yüksek bir öneme sahip olan hidrojen çok verimli bir enerji kaynağıdır. Enerji kaynağı olarak kullanılabilecek elementler alanında çalışmalar yapan bilim insanları fosil yakıtların uygulama alanı bulduğu her yerde hidrojenin alternatif olarak düşünülebileceğini ifade etmektedirler (Öner, 2007).

Cam Sanayi

Borun en yoğun kullanıldığı endüstri kolu cam sektörüdür. Ancak pencere ve şişe camı gibi sektörlerde nadiren kullanılır. Daha çok özel camlar da borik asit vazgeçilmez bir üründür. Camın sıcaklık ile genleşmesini indirgemede, camın asit karşısında aşınmasına engel olmada, yüksek sıcaklıklar ve buna bağlı gelişen yüksek sıcaklık şoklarına karşı camın yapı bütünlüğünü sağlamada kullanılan elementtir (Garrett, 1998). Bor oksit bütün cam çeşitlerinde, cam temininde, yeni nesil kristal görüntülü ekranlarda, kamera ekranlarında kullanılmaktadır.

İnşaat Sanayi

Yapı sektöründe maliyetler incelemeye tabi tutulduğunda en önemli kalemlerden bir tanesinin beton, beton maliyetleri incelendiği zaman ise en önemli maliyetin çimento üretiminde olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan tüm puzzolan malzemeler çimento kullanımını azaltma amaçlıdır. Böylece beton imalatında kullanılan Portland Çimentosundan tasarruf edilerek maliyetlerde iyileştirmeye gidilmek aynı zamanda artık malzemelerin kullanılmasıyla çevresel zararların en aza indirilmesi amaçlanmaktadır.

Son yıllarda yürütülen çalışmaların bir çoğu puzzolan malzemelerin çimento yerine ikamesi üzerinedir. Bu önem puzzolan malzemelerin kullanımının sağladığı enerji tasarrufu ve çimento üretimi esnasında meydana gelen çevresel sorunların en aza indirgenmesinden kaynaklanmaktadır. Yaklaşık bir ton portland çimentosu üretim prosedürü esnasında, bir kısmı ham maddelerin kalsinasyonundan bir diğer kısmı ise kullanılan fosil yakıtlardan kaynaklı yaklaşık bir ton CO₂ (Karbondioksit) gazı atmosfere verilmektedir.

Çimento endüstrisinin tüm Dünyada var olan karbondioksit gazı emisyonuna %2 civarında etki ettiği bilinmektedir. Dolayısıyla inşaat sektörünün ana malzemesi olan betonun imalatı için gerekli olan çimento malzemesinin azaltılması puzzolanik malzemelerin kullanılmasıyla sağlanabilecektir (Akyıldız, 2012).

Ayrıca borlu betonlarda genel anlamda hidrasyon ısısı çok yüksek olmadığı için kütle betonlarında soğutma maliyeti ve işçiliğinden tasarruf sağlanabilmektedir. Yine bor konsantratör tesislerinden elde edilen killi atıkların yol, baraj ve köprü yapımında dolgu malzemesi olarak kullanılabileceği görülmüştür. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) tarafından yürütülen bir araştırmaya göre borlu aktif belit(BAB) çimentosunun Portland çimentosuna kıyasla nötron tutma kapasitesi bakımından %20 oranında daha çok nötron yakalama özelliğine sahip olduğu belirtilmiştir (Bentli ve ark. 2002).

Ayrıca selüloz içerikli yalıtım malzemelerine belirli oranlarda katılan borun(%20 kadar B(OH)₃ veya boraks) yalıtım malzemesinin yangına karşı dayanımını %57

oranında arttırdığı böcek ve türevlerini de %99,8 oranında öldürdüğü görülmüştür (Bentli ve ark. 2002). Ayrıca ‘‘shingle’’olarak isimlendirilen izolasyon malzemesi de bor içerikli olarak üretilebilmektedir (Eyyüboğlu, 2013).

Beton malzeme özelliği olarak yangın direnci yüksek bir malzemedir. Ateşle teması halinde ise zehirli gazlar çıkarmama özelliklerine sahiptir. Ancak bu özelliklerini belirli bir zaman aralığında ve belirli sıcaklık değerlerine kadar koruyabilmektedir. Belirli bir sıcaklıktan sonra malzeme özelliklerine göre betonda parça atmalar ve buna bağlı olarak yük taşıma kapasitesinde azalmalar ve yapı bütünlüğünde deformasyonlar gözlemlenmektedir.

Ayrıca parça atmalardan dolayı donatılarda yüksek sıcaklığa maruz kalmaktadırlar. Her ne kadar her iki malzemede (beton ve çelik) yangınlık bakımından A1 sınıfı yani hiç yanmaz sınıfına girseler de bu malzemelerde yangın tahribatı malzeme deformasyonu olarak değil akma sınırı ve elastisite modülündeki azalmalar ve yapısal bozulmalar olarak kendini gösterir.

Yüksek sıcaklığa maruz kalan yapının taşıma gücünü kaybedip yıkılmasında en önemli etken düğüm noktalarındaki çeliğin zarar görmesidir. Yüksek sıcaklığa maruz kalan yapılarda malzemelerin aderans dayanımının azaldığı ve buna bağlı olarak malzemelerin ayrıştığı gözlemlenmiştir. Çünkü beton için kritik değerdeki sıcaklığın her zaman kritik aderans sıcaklığından fazla olduğu görülmektedir (Demirel ve Nasıroğlu, 2017).

Bor ve bileşiklerinin betonda kullanılması betonun yangın hasarına karşı direncini arttırmakta ve yangından dolayı oluşabilecek yapısal bozulmaları bertaraf edebilmektedir.

Sağlık Sektörü

Bor ve bor bileşikleri daha çok kayalar, kayaçlar, denizler, yer altı ve yer üstü sularında, yanardağ ve kaplıcalarda bulunmaktadır. Bor, bitki ve insanlar için hayati öneme sahip bir elementtir. Bitkiler tarafından topraktan alınıp gıda aktarımı ile

hayvan ve insanlara iletilmektedir. Ayrıca borun insan vücuduna girmesi tozların burundan alınması ve deri yoluyla ciltten olmaktadır.

Bor insan vücudunda bakır, magnezyum gibi elementlerin hücre içerisine alınmasına yardımcı olarak kemik ve kas gelişimine olumlu yönde katkıları saptanmıştır, böylece kas ağrılarının azalmasına ve kemik öz yapısının güçlenmesine katkıları gözlemlenmiştir.

Bor bakımından zengin besinleri sıralayacak olursak meyveler, yeşil sebzeler, funguslar, baklagiller ve kabuklu yemişler olarak sıralamak mümkündür.

Dünya sağlık örgütü (WHO) erişkinliğe ulaşmış herhangi bir sağlık problemi bulunmayan bir insanın beslenme yoluyla günde 1-13mg bor emilimi yapabileceğini deklare etmiştir (Demirtaş, 2010). Vücuda alınan borun çok büyük bir kısmı vücut içerisinde birikmeden atılmaktadır. Bazı besinlerin içerdiği bor miktarları Tablo 3,3’de verilmiştir.

Tablo 3. 3 Besin türüne göre bor konsantrasyonu($\mu\text{g/g}$)³ (Yakıncı ve Kök, 2016)

Besin Türü	Bor Konsantrasyonu($\mu\text{g/g}$)
Elma	2,69
Muz	3,61
Kiraz	1,39
Şeftali	1,73
Armut	1,19
Portakal Suyu	0,39
Kuru Erik	30
Kuru Üzüm	26
Taze Fasulye	0,39
Brokoli	1,74
Salatalık	0,021
Havuç	0,69
Fındık	16

Ve son olarak borun sağlık alanında ki kullanım alanlarını sıralayacak olursak; göz apse ve iltihap enfeksiyonunun tedavisinde sterilizasyon aracı olarak, antiseptik merhemlerin içeriğinde, nükleer tıpta nötronların bor aracılığıyla saptanmasında, BNCT (Boron Neutron Capture Therapy) kanser hastalığının teşhis ve tedavisine

yönelik kullanılmaktadır. Esas olarak beyin tümörü türlerinin tedavisine yönelik enfekte olan hücrelerin saptanıp bloke edilmesinde ve sağlıklı hücrelere neredeyse hiçbir zararının bulunmamasından ötürü tercih sebebi olmaktadır (Demirtaş, 2010).

Savunma Endüstrisi

Borun savunma endüstrisinde kullanım alanları; Zırhlı ve seramik plakalar, ateşli silah namluları, fişek vb.

Görüş Sistemleri Endüstrisi

Borun görüş sistemleri endüstrisinde kullanım alanları; Kamera ve merceklerin lensleri, fotoğraf makineleri, dürbünler, banyo ve film imalatları.

İlaç ve Kozmetik Endüstrisi

Borun ilaç ve kozmetik endüstrisinde kullanım alanları; Dezenfektanlar, antiseptikler, diş beyazlatıcıları, lens solüsyonları, koku gidericiler ve temizlik ürünleri.

İletişim Araçları Endüstrisi

Borun iletişim araçları endüstrisinde kullanım alanları; Cep telefonu ve modemler, televizyonlar ve görsel iletişim araçları vb.

Kâğıt Endüstrisi

Geri dönüşüme katılan kâğıtların yeniden kullanılması, yüksek kalitede kâğıtların parlak görünüm kazanması, kâğıt hamurunun daha beyaz bir yapı alması.

Kimya Endüstrisi

Birtakım kimyasalların indirgenmesi, elektrolit prosesleri, flotasyon reaktifleri, banyo çözeltisi, katalist prosesleri, atık arındırma işlemleri, inovatif boyalar, beyazlatıcılar, sabun ve toz deterjanlar vb (Bozan, 2006).

3.1.4.2 Dünyada bor rezervi

Dünyadaki stratejik madenlerin en önemlilerinden birisi olan bor mineraliyle ilgili yapılan araştırma sonuçlarına göre dünya toplam bor oksit (B_2O_3) rezervinin 369.000 milyon tonu tespit edilen, olası rezervinin ise 1.176.000 milyon ton olduğu öngörülmektedir (Yenmez, 2009).

Üretim kapasitesi bakımından incelendiği zaman ise Dünyada 2017 yılı baz alındığında 5,7 milyon ton (B_2O_3 baz alındığında 2,7 milyon ton) kadar üretim hacmine ulaşıldığı bilinmektedir.

Coğrafik olarak bor yatakları incelendiğinde stratejik bor yataklarının ülkeler bazında; Türkiye, ABD, Çin, Kazakistan ve Rusya'da olduğu bilinmektedir. Bor yatakları bakımından Türkiye'den sonra ikinci sırada yer alan ülkenin ABD olduğu bilinmektedir. ABD'nin Kaliforniya eyaletinde yer alan Mojave Çölü'ndedir. Aynı lokasyon da yer alan Searles Gölünde de çok önemli borat yatakları bulunmaktadır. Sırbistan da yer alan borat yatakları siyasi ve askeri karışıklıklardan dolayı boratı çıkarıp işlemede aksamalar yaşanmıştır (DPT, 2001).

Dünya Bor Rezervlerinin Toplandığı 3 Bölge:

- ABD'de Mojave Çölünün güney-batı kısmında
- Türkiye'yi de içine alan Güney-Orta Asya orojen kuşağında
- Güney Amerika da yer alan And Dağları kuşağı

Toplam Bor rezervi bakımından Dünyaya bakıldığında zaman, Dünya toplam bor rezervinin %72,3'ü Türkiye'de yer almaktadır. Türkiye sahip olduğu bu oran ile bor bakımından Dünyanın en zengin ülkesi durumundadır.

Rezerv oranı bakımından Türkiye'nin ardından gelen ülkeler sırası ile Rusya ve ABD'dir. Türkiye sahip olduğu zengin bor yatakları sayesinde Dünya bor üretiminin yaklaşık %35 kadarını karşılarken Dünya bor pazarının %37'sine yön vermektedir. Türkiye dışında kalan ülkelerin bor rezervlerinin tahmini kullanım ömrü 50-60 yıl iken Türkiye de mevcut rezervlerin kullanım ömrünün 500 yıl kadar olduğu tahmin edilmektedir (Yenmez,2009).

Tüm Dünyada sektörler özelinde bor madenin kullanım alanları incelendiğinde %47 cam sektörü ilk sırada yer almaktadır cam sektörünü sırası ile %16 tarım-gübre, %15 seramik ve kolları, %2 temizlik-beyazlatma deterjan ve %20 diğer sektörler olarak sıralayabiliriz.

ABD bor rezervleri bakımından Türkiye'nin ardından gelen ikinci ülke konumundadır ve dünya bor rezervinin yaklaşık %13'üne sahiptir. ABD gelişen sanayisiyle birlikte boru çok çeşitli sanayi kollarında değerlendirerek (kimya sanayi, ileri teknolojik ürünler, yakıt sanayi vb) rezervinin bir bölümünü tüketmiş arta kalan kısmını "Stratejik rezerv" olarak deklare edip çıkarılıp kullanılmasını yasaklamıştır. Türkiye de yer alan Bor yataklarının bir avantajı da bor cevherinin yüzeye yakın sayılabilecek 4-5mt gibi bir derinlikten çıkarılmasıdır, buna bağlı olarak cevherin çıkarma maliyetinde önemli ölçüde düşüşler olmaktadır (Yiğitbaşıoğlu, 2004). Dünya bor rezervleri Tablo 3,4'de verilmiştir.

Tablo 3.4 2001 yılı dünya bor rezervleri(bin ton-B₂O₃) (Yenmez, 2009)

	Görünür Ekonomik Rezerv	Olası Mümkün Rezerv	Toplam Rezerv	Toplam Rezervdeki Pay(%)	Toplam Rezerv Ömrü(%)
Türkiye	224.000	339.000	563.000	64	389
ABD	40.000	40.000	80.000	9	55
Rusya	40.000	60.000	100.000	11	69
Çin	27.000	9.000	36.000	4	25
Şili	8.000	33.000	41.000	5	28
Bolivya	4.000	15.000	19.000	2	13
Peru	4.000	18.000	22.000	2	15
Arjantin	2.000	7.000	9.000	1	6
Kazakistan	14.000	1.000	15.000	2	10
TOPLAM	363.000	522.000	885.000	100	610

(Tablo 3,4 (Devam))

Türkiye de bulunan borat yataklarından başlıcaları Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü, Kırka Bor İşletme Müdürlüğü, Emet Bor İşletme Müdürlüğü, Kestelek Bor İşletmesidir (DPT, 2001).

Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü

1976 yılında Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğünün (BBİM) bor madenlerinin işleme,

işletme ve kanuni tüm haklarına sahip olmasıyla maden işleme ve kimyasal işlemler konusunda çok önemli yatırımlar yapılmaya başlanmıştır (şekil 3.9). İlk olarak 1976 yılında aktif olarak maden arama faaliyetlerine girişen işletme müdürlüğünde,1980 yılında konsantratör tesislerinin tamamlanmasıyla birlikte aktif üretim başlamıştır. BBİM'in temel amacı katma değeri düşük bor madeninin çeşitli kimyasal tepkimelerle güçlendirilerek katma değeri yüksek bir ürün haline dönüştürülmesidir. Bu doğrultuda üleksit mineralleri üretimi sağlanmaktadır.

Ayrıca 1980,1985 ve 2007 yıllarında üretime başlayan konsantratrler aracılığı ile konsantre kolemanit ve üleksit tedarik eden Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü; 1998 ve 2012 yılları arasında üretime başladığı öğütme tesisleriyle birlikte dünyanın dört bir tarafına ğtlmş bor ihraç etmektedir.



şekil 3.9 Bigadiç Bor İşletme Müdürlüğü (BBİM)

Kırka Bor İşletme Müdürlüğü

Kırka bor tesislerinin kuruluş amacı Türkiye yer altı zenginlikleri arasında oldukça stratejik bir konumu olan Bor madenini aramak, bulmak, çeşitli kimyasal tepkimelerden geçirip yurt dışına ihraç etmektir.

1950-1960 yılları arasında Türk vatandaşları tarafından arama ruhsatı çıkarmak suretiyle yapılan araştırmalar sonucunda Dünyanın en önemli boraks kuşağı ve rezervi bulunmuştur.1962 yılına gelindiğinde tüm arama çıkarma ruhsatları İngiliz Borax Consolidated Ltd. şirketinin himayesine girmiştir. Türk Borax adıyla kurulan

İngiliz şirketi Kırkada bulunan soydum tuzu yataklarını ele geçirmiştir. İngiliz şirketi saha devir işlemlerini yaptığı sırada tespit edilen kanuni eksikliklerden dolayı şirketin ruhsatları askıya alınmış ve kırka sodyum tuzu yataklarının kanuni işleme ve işletme hakkı Etibank'ın himayesine girmiştir.

MTA tarafından yürütülen maden arama sondajlarında Kırka'da (Şekil 3.10) bulunan Boraks cevherinin California'da bulunan Tinkal-Kernit-Razorit cevherine benzer özellik taşıdığı anlaşılmıştır. Boraks yataklarının işlenmesi için yapılması planlanan tesisin proje çalışmaları 1969 yılında başlamış olup tesisin yapılmasına 1970 yılında başlanmıştır.

16 Haziran 1970 tarihinde yapımı tamamlanan yapı ile birlikte Kırka sodyum tuzu şefliği faaliyetlerine başlamış olup 1972 yılında yapılması planlanan konsantratör'ün temelini atılması ile birlikte tesis statüsüne kavuşmuştur.

Dünyada artan bor ve bor ürünleri talebini karşılamak için yıllar içerisinde ek tesisler ilave edilerek bugünkü şeklini alması sağlanmıştır.

Kırka-Sarıkaya kuşağı Dünya tinkal rezervleriyle karşılaştırılınca en geniş alana sahip olan kuşaktır. Aynı zamanda üleksitin 3 farklı çeşidine yine bu kuşak üzerinde rastlanmaktadır (Yıldız, 2008). Dünya tinkal rezervlerinin neredeyse %20'kadarını karşılamaktadır. Türkiye de bulunan bor rezervlerinin de yaklaşık %25'ine karşılık gelmektedir.



Şekil 3.10 Kırka Bor İşletme Müdürlüğü (KBİM)

Emet Bor İşletme Müdürlüğü

Emet Bor İşletme Müdürlüğü(EBİM) (Şekil 3.11) Kütahya'ya bağlı Emet ilçesinde 1958 yılında bakanlar kurulu kararıyla Etibank'a verilmiştir. Kolemanit cevheri Hisarcık ve Espey açık ocaklarında üretilmektedir. Hisarcık-Espey hattı dünyanın en önde gelen kolemanit rezervlerini barındırırlar.

Dünyada ki kolemanit rezervlerinin neredeyse %40'ını, Türkiye kolemanit rezervlerinin ise yaklaşık %55'ini oluştururlar. Entegre tesislere sahip olan EBİM'de çıkarılan kolemaniti fiziksel olarak zenginleştirmektedir. Fiziksek zenginleştirme sonucunda meydana gelen konsantre kolemanit değirmenler aracılığıyla öğütülerek istenilen dane boyutlarına getirilmektedir. Daha sonra reaksiyon, filtrasyon ve ek olarak kristalizasyon ve kurutma prosesinden geçirilerek borik asite çevrilmektedir.

Borik asit sağlık sektöründe göz, kulak ve cilt tedavisinde, haşere ve böcek ilacında ham madde olarak, ileri teknoloji ürünlerinde lçdekran, Prexy cam ve fiberglas üretiminde etkin olarak kullanılmaktadır.

Bor ürünlerine olan yoğun talebi karşılamak için 2005 yılına gelindiğinde ilk borik asit ünitesini,2011 yılına gelindiğinde ikinci borik asit ünitesini ve son olarak 2015 yılında çok amaçlı borik asit ünitesi aktif olarak üretime hazır hale gelmiştir. Dünyada kolemanit rezervleri açısından söz sahibi olan EBİM' de borik asite ek olarak konsantre kolemanit ve Eticol-Ceramic üretilmektedir. Çeşitli prosedürlerden elde edilen ürünlerin bir kısmı Emet işletmesinde diğer bir kısmı ise Bandırma Bor ve Asit Fabrikaları tesisinde değerlendirilmektedir.



Şekil 3.11 Emet Bor İşletme Müdürlüğü (EBİM)

Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü

Bursa ya bağlı Mustafa Kemalpaşa ilçesinde (Şekil 3.12) kestelek civarında bulunan bor yatakları MTA (Maden Tetkik Arama) enstitüsünün arama faaliyetleri sonucunda 1954 senesinde tespit edilmiştir.

Kestelek bor açık ocak işletmesi, gereksinimler doğrultusunda 2004 senesinde tekrar inşa edilerek, 1981 yılında 30.000 ton/yıl olan kapasite yapılan eklemeler ve artışlar ile kapasite 250.000 ton/yıla çıkarılmıştır. Daha sonra Eti Maden İşletmelerine devir edilmiştir.



Şekil 3.12 Kestelek Bor İşletme Müdürlüğü (KBİM)

3.2 Yöntem

Çalışmamızın bir kısmı Diyarbakır Karayolları 9. Bölge Müdürlüğü diğer bir kısmı ise Batman Üniversitesinde yürütülmüştür. CEM I 42,5 çimentosu, öğütülmüş

kolemanit doğal kum ve kırma taş, karma suyu malzemeleri kullanılarak toplamda 72 adet numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan betonda çimento ağırlığının %0;%0,5;%1,0 ve %1,5 kadar öğütülmüş kolemanit çimento yerine ikame edilmiştir. Tasarlanan numunelere sırasıyla basınç dayanım, su emme, yarmada çekme dayanımı ve UPV (Ultrasonic Pulse Velocity) deneyleri yapılmıştır. Tasarlanan betonlarda kullanılan reçete Tablo 3,5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 1m3 beton karışımı için malzeme oranları ve numune isimleri

Örnek Adı	Beton Bileşikleri					Taze Beton Özellikleri	
	Su(kg/m ³)	Çimento(kg/m ³)	Çakıl(kg/m ³)	Kum(kg/m ³)	İkame(kg/m ³)	Slump	Beton ıslısı
K0	180	360	1120	720	-	95	20.3
K0.5	180	358.2	1120	720	1.8	110	20.5
K1.0	180	356.4	1120	720	3.6	115	20.2
K1.5	180	354.6	1120	720	5.4	120	20.5

3.2.1 Numune üretimi

Tasarlanması planlanan beton örnekleri laboratuvar tipi beton mikseri kullanılarak karıştırılmıştır. Beton tasarımında kullanılacak olan malzemelerin tamamı (öğütülmüş kolemanit, kırma taş, kum, çimento, su) ağırlık olarak hesaplanmış ve beton mikserin de su eklenmeksizin öncül işlem olarak karıştırılmıştır. Karışımın göz muayenesi yöntemi ile homojen bir hal aldığı gözlemlendikten sonra su kontrollü bir biçimde eklenmeye başlanmıştır. Mikserde homojen bir hal alan taze beton görseli Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13 Beton üretimi

Üretilen betonların çökme sınıfı(slump değeri) TS EN 206-1'e göre S2 (5-9cm) olarak belirlenmiş tasarlanan taze betonların bu sınıf içerisinde kalması birçok deney yapılarak tespit edilmiştir. Slump değeri belirlenen taze beton, TS EN 12390-1(2002)'de belirtilen özelliklerdeki 150x150x150 mm boyutlarında standart küp numunelere 3 katmanlı şekilde yerleştirilmiştir. Üretilen beton küp numunelere yerleştirilmeden önce küpler yağlama işleminden geçirilmiştir. Küp yağlama işlemine ait görseller Şekil 3.14'te verilmiştir.



Şekil 3.14 Küp numune örneklerinin yağlanması

Her bir katman 25 kere şişleme işleminden geçirilmiş ve son olarak küp numuneler dışarıdan tokmaklanmak şekliyle beton içerisindeki hava kabarcıkları betondan uzaklaştırılmış ve betonun k p numunelere yerleşmesi sağlanmıştır. Betonun k p kalıplara yerleştirilmesi uygulaması Şekil 3.15’de verilmiştir. Tasarlanan beton numunelerin 1 gün (24 saat) kalıpta kalması sağlanarak numunelerin priz alması sağlanmıştır.



Şekil 3.15 Harcın küplere yerleştirilmesi

Daha sonra kalıptan çıkarılan numuneler oda sıcaklığında $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ kür havuzunda deney gününe kadar (7-28-90 gün) saklanmıştır. Numunelerin kırım zamanları geldiğinde kür havuzundan çıkarılıp kurumaları beklendikten sonra bir seri basınç deneyleri yapılmıştır. Kür havuzundan çıkarılan numunelere ait görsel Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16 Kür havuzundan çıkarılan numuneler

3.3 Taze Beton Deneyleri

3.3.1 Çökme deneyi

Üretilen taze betonun çökme değerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen bu deneyde TS EN 12350-2(2010)'da belirlenen deney düzeneği ve deney yöntemleri kullanılmıştır. Deney düzeneği olarak taban çapı 20 ± 2 mm üst yüz çapı 10 ± 2 mm olan metal huni kullanılmıştır.

Metal huninin nemli bir bezle silinerek çok hafif nemlendirilmiş ve üretilen beton 3 katmanda ve her bir katman 25 kere 600 ± 1 mm uzunluğunda ve 16 ± 1 çapında ucu yuvarlatılmış daire kesitli çelikten yapılmış olan bir çubuk vasıtasıyla sıkıştırılmıştır. Üst çapı mala yardımıyla düzeltilerek el tutma yerleri vasıtasıyla düşey olarak yukarı yönlü olarak çekilmiş ve kalıbın üst noktası ile çöken beton yığınının en yüksek seviyesi arasında kalan çökme mesafesi(h) ölçülerek çökme değeri hesaplanmıştır. TS EN 206-1'e göre çökme sınıfları Tablo 3,6'da verilmiştir. Yapılan ölçümler neticesinde tasarlanan numunelerin çökme sınıfları S2(5-9cm) olarak belirlenmiştir. Yapılan ölçümler Şekil 3.17'de verilmiştir.

Tablo 3.6 Çökme sınıfları	
Sınıf	Çökme, mm
S1	10-40
S2	50-90
S3	100-150
S4	160-210
S5	>210



Şekil 3.17 Çökme deneyi

3.4 Sertleşmiş Beton Deneyleri

3.4.1 Basınç deneyi

Numuneler deney makinesine yerleştirilmeden önce yüzeyindeki fazla sudan arındırılmıştır. Numune, yük uygulama yönü olarak beton döküm yönüne dik olacak biçimde oturtulmuştur. Yükleme TS EN 12390-3 (2010)'a göre en büyük yüke ulaşınca kadar sabit hızda uygulanmıştır. Numune kırımında kullanılacak olan makinenin markası UTEST olup yükleme hızı sabit olarak 0,6MPa/s olarak uygulanmıştır. Basınç dayanım değeri, kırılma yükünün yüzey alanına bölünmesi ile bulunmuştur. Basınç deney makinesi Şekil 3.18'de verilmiştir.

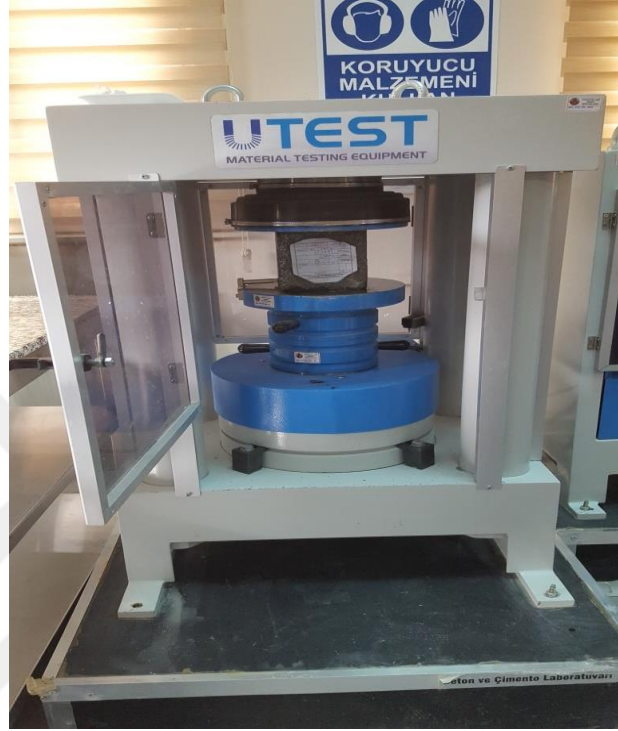
Deney Diyarbakır Karayolları Bölge Müdürlüğü Yapı laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

$\sigma = P/A$ formülüyle hesaplanır.

σ : Basınç dayanımı, MPa

P: Kırılma anında ulaşılan en büyük yük, N

A: Numunenin, üzerine basınç yükünün uygulandığı en kesit alanı, mm²



Şekil 3.18 Basınç deneyi makinesi

3.4.2 Su emme deneyi

Prizini almış beton numunelerin su emme miktarlarının belirlenmesi amacıyla uygulanmıştır. Numuneler ilk olarak etüvde kurutulup ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra suya doygun hale gelinceye kadar suda bekletilip ağırlıkları belirlenmiştir.

Hesaplanan ağırlıklar, belirtilen formül yardımıyla bulunmuştur:

$$\text{Su emme oranı(\%)} = [(G2 - G1) / (G1)] \times 100$$

G1: Etüv kurusu ağırlığı

G2: Kuru yüzey doygun ağırlığı

3.4.3 Yarma deneyi

Yarmada çekme dayanım deneyleri TS EN 12390-6(2010) standardıyla uyumlu olarak yapılmıştır. 150x150x150 mm boyutlarındaki küp örnekleri kütleme havuzundan çıkarılıp kurutulduktan sonra pres makinesine (Şekil 3.19) oturtulup ilk

etapta sabitleme işlemi yapılmıştır. Yüklemenin hızı, 0,04MPa/s(N/mm².s) ıla 0,06MPa/s(N/mm².s) aralığında, sabit gerilme hızı uygulanacak biçimde ayarlanmıştır. Yük, sabit hızda arttırılarak, darbeleme itkisi olmaksızın, seçilen yükleme hızının $\pm$ % 1 sapma aralığı sınır değerlerinde kalması sağlanarak, numune kırılıncaya dek sürekli uygulanmıştır.



Şekli 3.19 Yarmada çekme deneyi numune kırımı

Yarmada çekme dayanımı aşağıda verilen formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$f_{ct} = 2XF / (\pi \times L \times d)$$

f_{ct}: Yarmada çekme dayanımı, MPa

F:En büyük yük, N

L:Numunenin yükleme parçasına temas çizgisi uzunluğu, mm

d:Numunenin seçilen en kesit boyutu, mm

3.4.4 Upv deneyi (Ultrasonic pulse velocity)

Ultrasonik darbe hızı testi, beton ve doğal kayaların kalitesini kontrol etmek için yerinde, tahribatsız uygulanan bir testtir. Bu testte betonun kalitesi ultrasonik ses dalgalarının vericiler arasındaki geçiş hızı baz alınarak Şekil 3.20'deki cihaz vasıtası

ile hesaplanmıştır. Yüksek hızlar malzemenin kalitesinin iyi olduğuna, düşük hızlar ise birçok çatlak ve boşluk olduğuna işaret edebilir.



Şekil 3.20 UPV deneyi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma bulguları ve bor yan ürünü olan öğütülmüş kolemanit katkılı numunelere ait taze ve sertleşmiş beton deneyleri başlıklar halinde sunulmuştur.

4.1 Öğütülmüş Kolemanit Katkılı(ökk) Taze Beton Numunelerine Uygulanan Deney Sonuçları

Bu bölümde referans numunelere uygulanan taze beton deneyleri başlıklar halinde verilmiştir.

4.1.1 Çökme deneyi sonuçları

Referans numunelerin tamamına Şahit numune, K0.5 (yüzde 0,5 ö.k.k numune), K1.0 (yüzde 1,0 ö.k.k numune), K1.5 (yüzde 1.5 ö.k.k numune) çökme deneyi uygulanmış olup elde edilen sonuçlara göre numunelerimizin tamamının çökme sınıfı S3(100-150mm) aralığında bulunmuş olup ortalama taze beton sıcaklığı ise 21 C° olarak ölçülmüştür.

4.2 Öğütülmüş Kolemanit Katkılı(ökk) Sertleşmiş Beton Numunelerine Uygulanan Deney Sonuçları

Bu bölümde referans numunelere uygulanan sertleşmiş beton deneyleri başlıklar halinde verilmiştir.

4.2.1 Basınç dayanımı deneyi sonuçları

Betonda kullanılan bor yan ürünü yüzdelere (K%0,K%0,5,K%1,0,K%1,5) ve kirece doymun kür havuzundaki kürlenme süresine göre elde edilen değerler Tablo 4,1’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Numuneler üzerinde yapılan basınç dayanımı sonuçları

Beton kodu	Katkı oranı (%)	Beton yaşı	Basınç dayanımı (MPa)			Ortalama basınç dayanımı (MPa)
K0	0	7	52.85	51.08	50.13	51.35
K0.5	0.5	7	48.43	47.28	46.47	47.39
K1.0	1.0	7	46.90	49.97	44.38	47.08
K1.5	1.5	7	44.31	42.27	42.03	42.87
K0	0	28	61.54	63.95	62.49	62.66
K0.5	0.5	28	59.93	61.73	60.11	60.59
K1.0	1.0	28	59.40	59.46	60.21	59.69
K1.5	1.5	28	57.25	58.26	59.32	58.28

K0	0	90	73.19	73.37	74.45	73.67
K0.5	0.5	90	74.07	72.17	75.13	73.79
K1.0	1.0	90	73.09	75.20	75.15	74.48
K1.5	1.5	90	73.01	73.53	73.69	73.41

Tablo 4.1'e göre öğütülmüş kolemanit katkılı beton numunelerinin 7 günlük basınç dayanımları incelendiğinde ortalama en yüksek dayanım değeri 51,35MPa ile katkısız numune olduğu, en düşük ortalama basınç dayanım değerinin ise 42,87MPa ile %1,5 öğütülmüş kolemanit katkılı numuneden elde edildiği görülmektedir. Her iki değerde incelendiği zaman katkısız numunenin basınç dayanım değeri erken dayanımda %1,5 katkılı numuneye göre %20'ye yakın daha yüksek basınç dayanım değerine sahip olduğu ölçülmüştür.

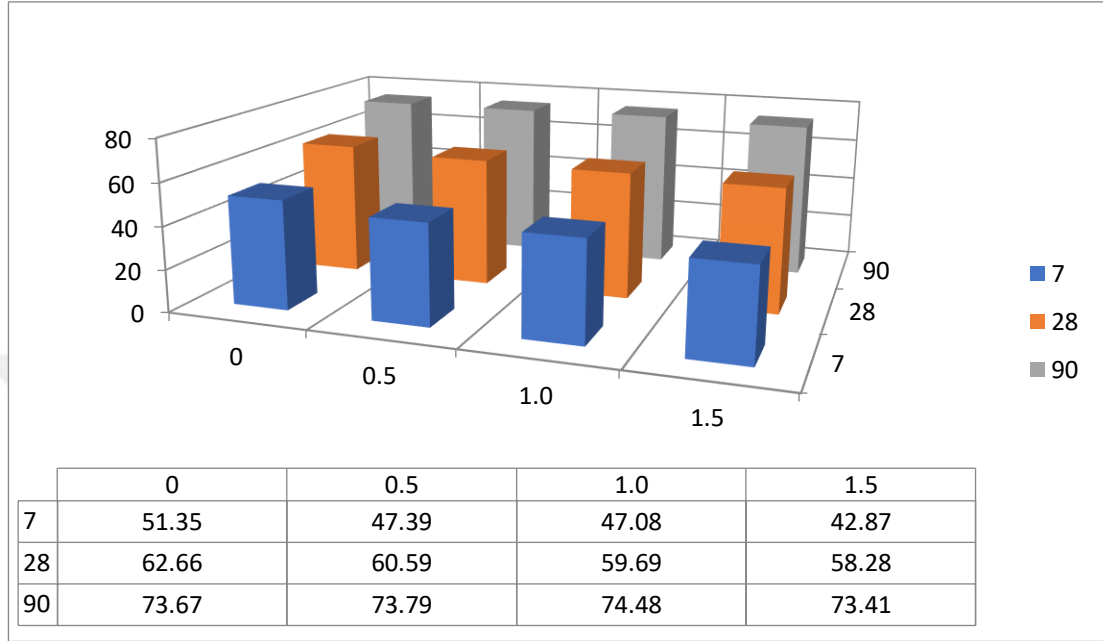
Erken dayanımda(7 günlük) katkı yüzdesi arttıkça basınç dayanım değerleri kademeli olarak düşmektedir.

28 günlük basınç dayanım ortalama değerleri incelendiği zaman en yüksek değer 62,66MPa ile katkısız numuneden, en düşük basınç dayanım ortalama değerinin ise 58,28MPa ile %1,5 öğütülmüş kolemanit katkılı numuneden elde edildiği görülmektedir. Her iki değerde incelendiği zaman katkısız numunenin basınç dayanım değeri %1,5 katkılı numuneye göre yaklaşık % 7 daha fazladır.

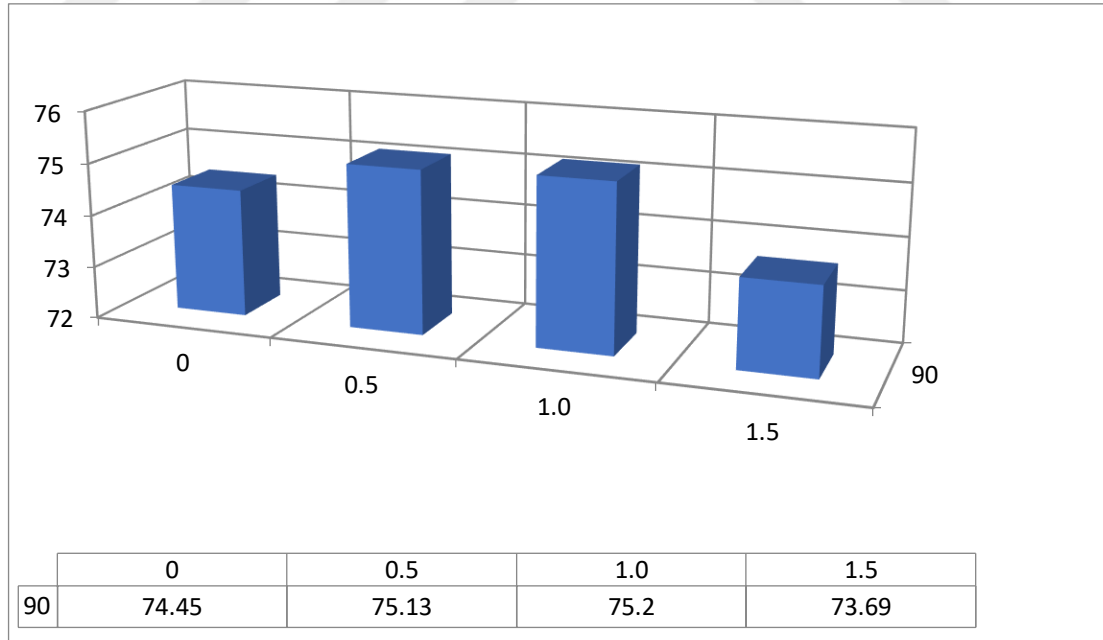
90 günlük basınç dayanım ortalama değerleri incelendiği zaman en yüksek değer 74,48MPa ile %1 katkılı numuneden, en düşük basınç dayanım ortalama değerinin ise 73,41MPa ile %1,5 öğütülmüş kolemanit katkılı numuneden elde edildiği görülmektedir. Her iki değerde incelendiği zaman %1 katkılı numunenin basınç dayanım değeri %1.5 katkılı numuneye göre yaklaşık % 1 daha fazladır.

Tablo 4,1 genel anlamda incelendiği zaman öğütülmüş kolemanit katkılı beton numunelerinin 7 ve 28 günlük erken dayanımlarının katkısız numuneye oranla düşük çıktığı gözlemlenmiştir. Ancak 90.güne gelindiğinde katkılı numunelerin katkısız numuneyi yakaladığı hatta geçtiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiği zaman en yüksek ortalama basınç dayanım değerinin 74,48MPa ile %1,0 katkılı 90 günlük numuneye, ikinci en yüksek ortalama basınç dayanım değeri ise 73,79MPa ile %0,5 katkılı 90 günlük numuneye aittir.



Şekil 4.1 Betonun katkı yüzdesi ve kür süresine göre basınç dayanım değerleri



Şekil 4.2 Betonun katkı yüzdesi ve 90 günlük kür süresine göre en büyük basınç dayanım değerleri

4.2.2 Yarmada çekme dayanımı

Betonun bor yan ürünü yüzdelere (K%0,K%0,5,K%1,K%1,5) ve kür süresine göre

(7,28 ve 90 günlük) yarmada çekme dayanımı değerleri Tablo 4,2’de ve Şekil 4,3’de verilmiştir.

Tablo 4.2 Numuneler üzerinde yapılan yarmada çekme dayanımı sonuçları

BETON KODU/GÜN	7	28	90
ŞAHİT	11.35	14.15	17.82
K0.5	10.61	13.87	17.43
K1.0	9.80	13.43	17.73
K1.5	8.21	12.91	16.04

Beton yarmada çekme dayanımı 7.gününde; katkısız numunede 11,35MPa, %0,5 katkılı beton numunesinde 10,61MPa, %1,0 katkılı beton numunesinde 9,80MPa, %1,5 katkılı beton numunesinde ise 8,21MPa olarak ölçülmüştür.

7 günlük yarmada çekme değerlerine göre; katkısız numunenin, K0,5 katkılı numuneye göre yarmada çekme dayanımı yaklaşık yüzde yedi (%6,97), K1,0 katkılı numuneye göre yaklaşık yüzde on beş (%15,81), K1,5 katkılı numuneye göre yaklaşık yüzde otuz (%38,24) daha yüksek ölçülmüştür.

Betonun yarmada çekme dayanımı 28. gününde; katkısız numunede 14,15MPa, %0,5 katkılı beton numunesinde 13,87MPa, %1,0 katkılı beton numunesinde 13,43MPa, %1,5 katkılı beton numunesinde 12,91MPa olarak ölçülmüştür.

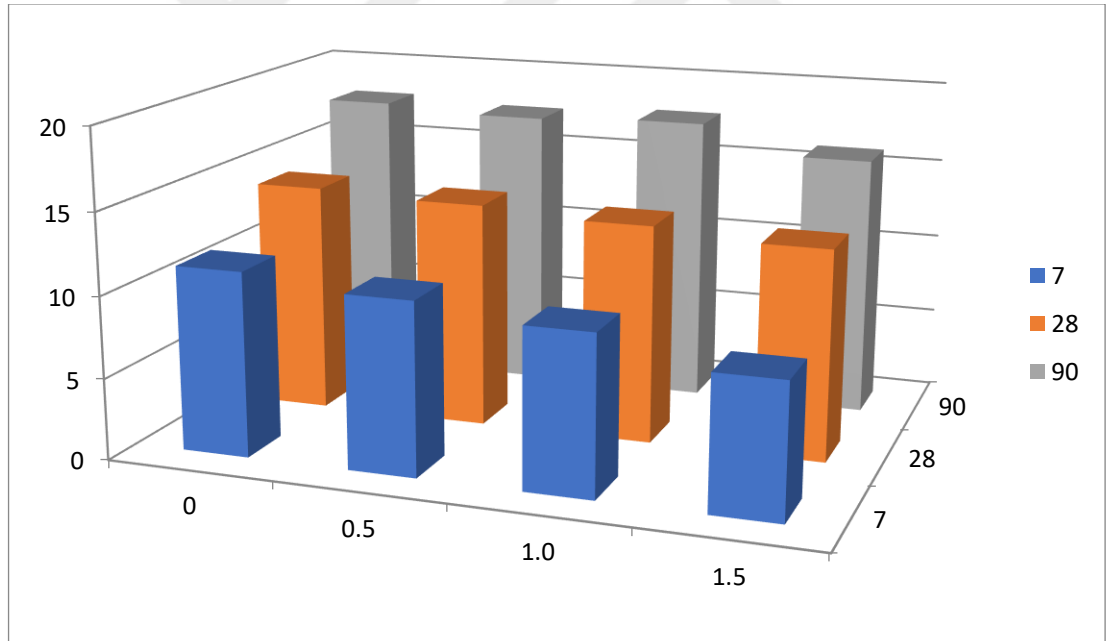
28 günlük yarmada çekme değerlerine göre; katkısız numunenin, K0,5 katkılı numuneye göre yarmada çekme dayanımı yaklaşık yüzde iki (%2,018), K1,0 katkılı numuneye göre yaklaşık yüzde beş (%5,361), K1,5 katkılı numuneye göre yaklaşık yüzde dokuz (%9,6) daha yüksek ölçülmüştür.

Betonun yarmada çekme dayanımı 90. gününde; katkısız numunede 17,82MPa, %0,5 katkılı beton numunesinde 17,43MPa, %1,0 katkılı beton numunesinde 17,73MPa, %1,5 katkılı beton numunesinde 16,04MPa olarak ölçülmüştür.

90 günlük yarmada çekme değerlerine göre; katkısız numunenin, K0,5 katkılı numuneye göre yarmada çekme dayanımı yaklaşık yüzde iki (%2,237), K1,0 katkılı

numuneye göre yaklaşık yüzde sıfır virgül beş (%0,507), K1.5 katkılı numuneye göre yaklaşık yüzde on bir (%11,09) daha yüksek ölçülmüştür.

Yirmi sekiz günlük dayanımlara bakıldığı zaman, 7 günlük yarmada çekme dayanımlarına göre artış gözlemlenmiştir. Öğütülmüş kolemanit(ÖK) katkısı yüzdelik olarak arttıkça numunelerin yarmada çekme dayanımları azalmıştır. K1,0 ÖK katkılı beton numunesi referans beton numunesine (K0) en yakın değerleri vermiştir. Doksan günlük dayanımlarda bütün numunelerde, 7 ve 28 günlük çekme dayanımlarına göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. ÖK oranı yüzdelik olarak arttıkça numunelerin çekme dayanımlarında kademeli olarak azalmalar gözlemlenmiştir. K0,5 ÖK katkılı beton numuneleri 7 ve 28 günlük kür sürelerinde referans beton numunesine en yakın değerleri vermiştir. 90 günlük kür sürelerine bakıldığında ise şahit numuneye en yakın değeri K1,0 ÖK katkılı numunenin verdiği görülmüştür.



Şekil 4.3 Betonun katkı yüzdesi ve kür süresine göre yarmada çekme dayanımı değerleri

4.2.3 Su emme

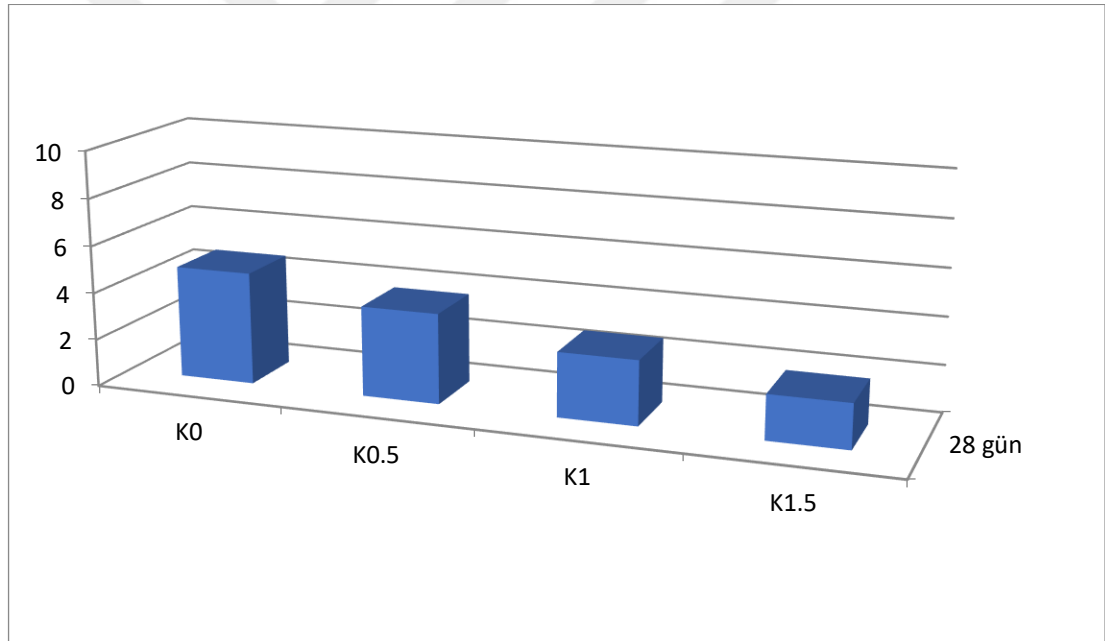
Betona suyun nüfuz edebilmesi beton içerisinde yer alan kılcal düzeydeki gözle görülemeyen çatlak ve boşlukların yapısıyla ilgilidir. Bu boşlukların sayısı ve niteliğine bağlı olarak beton dayanım ve dayanıklılığının bir başka deyişle beton kalitesinin etkilendiği bilinmektedir.

Dizayn edilen beton numunelerine ait su emme oranları tayini 28 günlük suda bekletilen küp formundaki numunelere uygulanmıştır.

Katkı yüzdelere göre belirlenen su emme oranları Tablo 4,3'de ve Şekil 4,4'de verilmiştir. Dizayn edilen beton numunelerine ait su emme oranları %1,90-%4,76 arasında bulunmuştur.

Tablo 4.3 Numunelerin 28 günlük su emme yüzdeleri(%)

Beton kodu	Su emme (%)
Şahit Numune	4.76
K0.5	3.81
K1.0	2.73
K1.5	1.90



Şekil 4.4 Betonun katkı yüzdesine göre su emme değerleri

Şekil 4,4 incelendiğinde şahit numune ile %0,5 ÖK katkıli numunenin yakın değerler aldığı görülmektedir. Her iki numunenin de %1,0 ve %1,5 Ö.K katkıli numuneye göre daha fazla su emdiği deneyler neticesinde tespit edilmiştir.

Artan katkı oranlarına ve devam etmekte olan hidratasyona bağlı olarak şahit ve %0,5 ÖK katkıli numunelerin su emme oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Boşluk oluşumunu ve çatlakları kapatma özelliği olan bor elementinin oranı arttıkça su emme oranının kademeli olarak düştüğü gözlemlenmiştir.

4.2.4 Upv deneyi (Ultrasonic pulse velocity)

Herhangi bir betondan geçen ses dalgalarının hızı bize o betonun kalitesiyle ilgili oldukça önemli ipuçları vermektedir. Betondan geçen ses dalgalarının şiddeti yüksek ise betonun boşluk oranının az betonda yer alan çatlakların oldukça kısıtlı dolayısıyla beton kalitesinin yüksek olduğu söylenebilir.

Betondan geçen ses dalgalarının şiddeti düşük ise betonun boşluk oranının fazla betonda yer alan çatlakların olması gerekenden fazla dolayısıyla beton kalitesinin düşük olduğu söylenebilir.

Ses dalgaları değerlendirilirken ses geçiş hızı 4,5km/s değerinden daha yüksek olan betonlar oldukça iyi, 3,5-4,5km/s aralığında değer alan betonlar iyi, 3,0-3,5km/s aralığında değer alanlar şüpheli, 2,0-3,0km/s aralığında değer alan betonlar oldukça kötü ve 2,0km/s değerinde ve daha düşük değerde olan betonlar ise çok kötü kalitededir (Neville, 1990). Kür süresine bağlı olarak beton gruplarına ait ses geçiş hızı Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.4 Numuneler üzerinde yapılan upv sonuçları

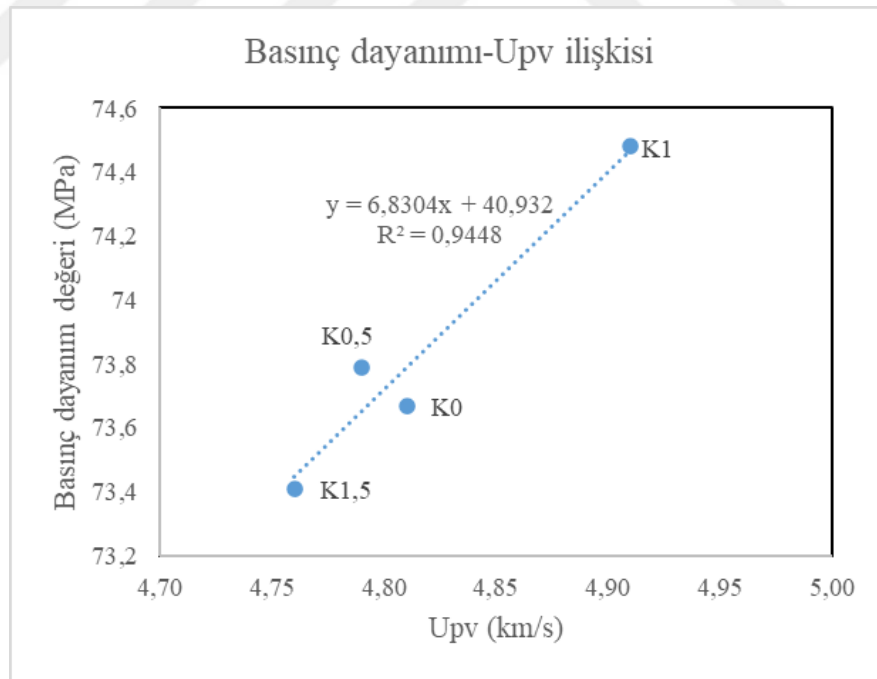
	1		2		3		4		V _{ortalama} (km/sn)
#	Okuma 1, μs	V ₁ (km/sn)	Okuma 2, μs	V ₂ (km/sn)	Okuma 3, μs	V ₃ (km/sn)	Okuma 4, μs	V ₄ (km/sn)	
Şahit	31,70	4,73	32,20	4,66	30,40	4,93	30,50	4,92	4,81
K0.5	31,20	4,81	31,50	4,76	31,30	4,79	31,30	4,79	4,79
K1.0	31,00	4,84	31,30	4,79	30,00	5,00	29,90	5,02	4,91
K1.5	32,00	4,69	32,20	4,66	31,40	4,78	30,60	4,90	4,76

Batman Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Bölümü Yapı Malzemesi laboratuvarın da 90 günlük kür süresine tabi tutulmuş numuneler üzerinde uygulanan UPV deneylerine göre çimento yerine ikame edilen ÖK miktarı arttıkça kademeli olarak V₁ ve V₂ okumasında %1ÖK seviyesine kadar ortalama ses dalgası şiddetinin arttığı görülmektedir.

Ortalama en yüksek değer 4,91 km/sn ile %1 katkılı numunemize aittir. Numunelere ilave edilen ÖK miktarı %1,0 seviyelerini aştığı durumda ise yani K1,5 seviyelerine gelindiğinde ortalama ses dalgası hızının 4,76 km/sn değerine düştüğü gözlemlenmektedir.

Öğütölmüş kolemanitin düşük yüzdelerde beton içyapısında herhangi bir olumsuzluğa neden olmadığı tam aksine beton içyapısını daha yoğun bir hale getirerek olumlu sonuçları olduğu yapılan deneylere dayandırılarak söylenebilir. Belirli bir seviyenin üzerinde ise ses geçiş hızının düştüğü dolayısıyla betona fayda yerine zarar vermeye başladığı tespit edilmiştir.

90 günlük numunelerde beton basınç dayanım ortalamaları ile beton ses geçiş hızının ortalamaları arasında Şekil 3.21’de gösterilen ilişkide $R^2 = 0,9448$ ile veriler arasında anlamlı bir ilişki görölmektedir. Ses geçiş hızı ile basınç dayanımı $y=6,8304x+40,932$ denklemi ile ilişkilendirilebilir.



Şekil 4.5 Beton basınç dayanımı-Ses geçiş hızı kolerasyonu

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yer altı kaynakları bakımından oldukça önemli rezervlere sahip olduğumuz bor yan ürünü olan öğütülmüş kolemanit ve Diyarbakır il sınırları içinden elde ettiğimiz bazalt taşının kullanımıyla elde ettiğimiz küp numunelere, katkı yüzdelерinin ve kür sürelerinin ne şekilde etki ettiğini analiz etmek için çeşitli çalışmalar yapılmış, ve deneylerden elde edilen veriler sonuç ve öneriler kısmında sunulmuştur.

5.1 Sonuçlar

Tez kapsamında irdelenen en önemli parametre küp numunelerin dayanımları olmuştur. 7 günlük kür süresine tabi tutulmuş küp numunelerden en yüksek kırım değerini 52,85MPa ile şahit numune verirken en düşük kırım değerini 42,03Mpa ile %1,5 ÖK katkılı numune vermiştir. Her iki numune basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında %25,74 gibi bir fark oluşmuştur. 28 günlük kür süresine tabi tutulmuş küp numunelerden en yüksek kırım değerini 63,95Mpa ile şahit numune verirken en düşük kırım değerini 57,25Mpa ile %1,5 ÖK katkılı numune vermiştir.

Numuneler basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında %11,70 gibi bir fark oluşmuştur. 90 günlük kür süresine tabi tutulmuş küp numunelerden en yüksek kırım değeri 75,86Mpa ile %1,5 ÖK katkılı numune verirken en düşük kırım değerini ise 72,17Mpa ile %0,5 ÖK katkılı numune vermiştir. Numuneler basınç dayanımı açısından karşılaştırıldığında %5,11 gibi bir fark oluşmuştur.

Değerlerin bu şekilde çıkmasında bor yan ürünü olan öğütülmüş kolemanitin puzzolanik yapısının zaman ilerledikçe ortaya çıkması etkili olmuştur. Bu puzzolanik yapıya bağlı olarak erken dayanımların geç dayanımlara göre daha düşük sonuçlar vermesi kaçınılmaz olmuştur.

Betonda yarmada çekme dayanımlarına bakıldığında bütün katkı yüzdelерinde ve kür sürelerinde kademeli olarak yarmada çekme değerlerinde artış gözlemlenmiştir. Şahit numunenin yarmada çekme değerleri katkılı numunelere göre bütün kırımelerde daha yüksek değerlere ulaşırken şahit numuneye en yakın değerler 90 günlük kür süresine tabi tutulan %1,0 ÖK katkılı numuneden elde edilmiştir.

Su emme değerleri incelendiğinde puzzolanik özelliği olan öğütölmüş kolemanitin numune içerisindeki oranı arttıķa su emme oranının azaldığı tespit edilmiştir. Su emme oranının azalmasındaki en önemli neden betonun içerisinde yer alan gözle görölmeyen kılcal çatlakların katkı maddesi ile belirli miktarlarla etkileşime girip bir ara yüzey oluşturmasından meydana gelmektedir.

Betonda ses geçiş hızının ölçölmesi 90 günlük kür süresine tabi numuneler üzerinde yürütölmüşür. Bütün numunelerin değerleri beton sınıflandırmasına göre mükemmel beton olarak değerlendirilmektedir. Deney sonuçlarına göre en yüksek ses geçiş hızı 5,02km/sn ile %1,0 ÖK katkılı numuneden elde edilmiştir.

Ortalama ses geçiş hızları değerlendirildiğinde bütün numunelerin oldukça iyi değerler verdiği en iyi değerleri yine 4,91km/sn ile %1 ÖK katkılı numunenin verdiği görölmüşür.

5.2 Öneriler

Bor yan ürününün priz geciktirici özelliğinden dolayı sıcak bölgelerde ve kütle betonlarında kullanımının teknik ve ekonomik yönden fayda sağlayacağı söylenebilir.

Yukarıdan elde edilen bilgiler ışığında bor yan ürünü olan öğütölmüş kolemanit belirli yüzdelere kadar beton içerisinde değerlendirilebilir. Bu sayede çimento içerisinde yer alan ve maliyeti arttıran klinkerden tasarruf sağlanabilir.

Depolanma maliyeti yüksek olan ve depolanma süresi uzadıķa doğaya zarar veren atık bir maddenin yapı malzemesi olarak kullanılması, ülke ekonomisine aynı zamanda doğaya oldukça önemli fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Akbulut,M.E.(2009).Üçüncü Bileşen Şartlarında Bor Atık Katkılı Çimentonun Özelliklerinin İncelenmesi.Yüksek Lisans Tezi,Afyon Kocatepe Üniversitesi:Afyon.
- Akyıldız,A.(2012).Beton Üretiminde Bor Atıklarının Puzzolan Materyal Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması.DoktoraTezi.Namık Kemal Üniversitesi:Tekirdağ.
- Akyıldız,S.(2015).Kırka Boraks Madeni Killerinin ve İşletme Atıklarının Lityum İçeriği Açısından Değerlendirilmesi.Yüksek Lisans Tezi.Dokuz Eylül Üniversitesi:İzmir.
- Aldakshe,A.M.B.(2019).Eskişehir-Kırka Bölgesi Bor Atıklarının Hafif Beton Üretiminde Agregası Olarak Kullanılmasının Araştırılması.Yüksek Lisans Tezi.Kastamonu Üniversitesi:Kastamonu.
- Baradan,B.(2000).Yapı Malzemesi-II.Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik FakültesiBasım Ünitesi,221,Türkiye.
- Bayca,S.U.,Batar,T.,Sayın,E.,Solak,O.,Kahraman,B.(2008).Atık Bor,Atık Kağıt ve Perlit Katkılı Sıva Malzemesinin Üretimi ve Karakterizasyonu.Ekoloji,18(72),45-53.doi:10.5053/2009.726
- Bentli,T.,Özdemir,O.,Çeük,M.S.,Ediz,N.(2002).Bor Atıkları ve Değerlendirilme Stratejileri.The First International Boron Symposium,Kütahya,250-258s.
- Bideci,Ö.S.,Bideci,A.,(2018).Öğütülmüş kolemanit katkısının çimento harçlarına etkisi.Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi,30(1)133-138.
- Bozan,Z.(2006).ÜleksitinOkzalik Asit Çözeltisinde Çözünme Kinetiği. Yüksek Lisans Tezi.Yüzüncü Yıl Üniversitesi:Van.
- Bütünler,R.(2011).Emet Bölgesi Düşük Tenörlü Kolemanit Stoklarının Değerlendirilebilirliğinin Araştırılması.DoktoraTezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Kütahya,161s.
- Çağlar,H.(2016).Radyoaktiviteden Kaynaklanan Çevresel Etkileri Azaltmak İçin Borik Asit ve Polivinil Alkol Katkılı Çimento Hamurunun Özelliklerinin Araştırılması.Doktora Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Ankara,74s.
- Çakmak,İ.,Römhald,V.(1997).Boron Deficiency-induced impairments of cellular functions in plants.Plant and soil,193:71-83s.
- Demir,C.(2006).Bor Minerallerinin Enerji Kaynağı Olarak Değerlendirilmesi.Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Konya,54s.
- Demirel,B.,Nasıroğlu,S.(2017).Bor Mineralleri ve Atıklarının Çimentoda Kullanılma Stratejileri.Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilim Dergisi,29(1):95-100s.
- Demirtaş,A.(2010).Bor'un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi.Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,41(1):75-80s.
- Drak,S.(2011).Eti Maden Müdürlüğü Kırka Bor İşletmesi Bor Endüstri Atıklarında Eser Elementlerin Tayini ve Lityumun Kazanılması.Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Kütahya,83s.

- DPT,(2001),Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Kimya Sanayi Hammaddeleri Çalışma Grubu Raporu,Ankara,172s.
- Eyyüboğlu,S.(2013).Kolemanit Değerlendirilmesi.Yüksek Lisans Konsantratör Atıklarının Çimento Üretiminde Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Balıkesir,130s.
- Garrett,D.E.,(1998).Borates:Handbook of Deposits,Processing,Properties,and Use. Academic Press,483s, San Diego.
- Gürü,M.,Yalçın,H.(2006).Malzeme Bilgisi.Palme yayınları,492s,Ankara.
- Helvacı,C.(2004).Türkiye Borat Yatakları:Jeolojik Konumu,Ekonomik Önemi ve Bor Politikası.5.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu,İzmir,11-27s.
- Kalafatoğlu,İ.E.,Örs,S.N.,(2003).21.yüzyılda bor teknolojileri ve uygulamaları.Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,5(1),59-71.
- Kaplan,H.,Binici,H.(1995).Tras ve Traslı Çimentolar.Mühendislik Bilimleri Dergisi,1(2-3):121-127s.
- Kaptan,M.,(2018).Bazı Metal Boratlı Bileşiklerinin Katı Hal Kimyasal Sentezleri ve Karakterizasyon Çalışmaları.Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Balıkesir,78s.
- Kistler,R.B.,Helvacı,C.(1994).Boron and Borates.Industrial Mineralsand Rocks,İzmir,171-186s.
- Köse,H.,Çalaplı,F.,Onargan,T.,Konak,G.(1993).Kırka Boraks Sahasının Optimal Değerlendirme Koşullarının Araştırılması.13.Madencilik Kongresi,İstanbul,315-326s.
- Öner,U.(2007).Türkiye'nin Alternatif Enerji Kaynakları ve Bor Madeninin Endüstride Kullanım Alanlarının Araştırılması.Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul,87s.
- Marschner,H.(1995).Mineral Nutrition of higher plants.Annals of Botany,78(4):523-528s.
- Özorak,C.(2014).Bor Atığı Katkılı Polimer Kompozitlerin Aşınma ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi.Yüksek Lisans Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,Afyon,87s.
- Özyurtkan,M.H.(2012).Yüksek Basıncılı ve Sıcak Kuyular İçin Geçirimsiz Çimento Harcı Tasarımı.Doktora Tezi,Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul 258s.
- Römheld,V.(2002).BoronInPlant Biology,4(2),205-223.doi:10.1055/s-2002-25740
- Sarıağaç,G.,(2012).Kırka Tinkal Bor Atıklarından Gözenekli Agrega Üretimi ve Uygulamaları.Yüksek Lisans Tezi.Afyon Kocatepe Üniversitesi:Afyon.
- Söylemez,H.,Bayraktar,O.Y.(2019).Bor Mineralleri ve Atıkları ile Üretilen Betonarme Yapılarda Yangına Dayanıklılığın Araştırılması.Engineering and Natural Sciences,4(1),489-492.
- Ulusoy,H.(2012).Eskişehir Kırka Yöresinde Bor Madeni Çevresinde Yaşayan İlköğretim Çağındaki Çocuklarda Kan Bor Düzeyinin Ölçülmesi.Tıpta Uzmanlık Tezi.Fen Bilimleri Enstitüsü,Eskişehir,58s.

- Yakıncı,Z.,Kök,M.(2016).Borun Sağlık Alanında Kullanımı.İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi,4(1):36-44s.
- Yenmez,N.(2009).Stratejik Bir Maden Olarak Bor Minerallerinin Türkiye İçin Önemi.Coğrafya Dergisi,0(19):59-94s.
- Yıldız,S.(2008).Emet Bor İşletmesi Hisarcık Konsantratör Atıklarının Portland Çimentosu Özelliklerine Etkisi.Yüksek Lisans tezi.Afyon Kocatepe Üniversitesi:Afyon.
- Yiğitbaşıoğlu,H.(2004).Türkiye İçin Önemli Bir Maden:Bor.Coğrafi Bilimler Dergisi,2(2):13-25s.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad : Cem Tulay

Web sayfası:

(ResearchGate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi	2022
Lisans	Erciyes Üniversitesi	2012
Lise	Mardin Anadolu Lisesi	2002

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2012	Gülermak İnşaat	Vardiya Mühendisi
2013	Line Yapı Denetim	Kontrol Mühendisi
2016	Yenigün İnşaat	Kalite Kontrol Mühendisi

Yabancı Dil 17.03.2018 Yabancı Dil Sınavı(YDS):72.5

Yayınlar

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Özel İlgiler Spor yapmak, Yemek Yapmak ve Doğa Yürüyüşüne Çıkmak

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Cem Tulay
Öğrenci No	18806006
Ana Bilim Dalı	Yapı Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Program Türü	Proje ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☐
Tez Danışmanı	Prof.Dr.Abdülhalim Karaşin
II.Tez Danışmanı	
Tez Başlığı	Bor Yan Ürünü Olan Öğütülmüş Kolemanitin Çimento Yerine Belirli Yüzdeliklerle İkamesinin Araştırılması
RAPOR BİLGİLERİ	
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası
Sayfa Sayısı	53
Raporlama Tarihi	30.01.2023
Benzerlik Oranı (%)	22

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 53 sayfalık kısmına ilişkin, 26/12/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından ithential isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 22 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐ Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☐ Kaynaklar hariç
☐ Alıntılar hariç/dâhil
☐ Diğer (Her şey dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Cem Tulay
Tarih:30.01.2023
İmza:

Danışman Adı, Soyadı:Prof.Dr.Abdülhalim
Karaşin
Tarih:30.01.2023

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı Vekili Adı,
Soyadı: Doç.Dr.M.Salih Keskin
Tarih:30.01.2023

İmza: