

Beton Agregaları Sınır Metilen Optimizasyonu

Emre Serhan Battal

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Maden Mühendisliği Anabilim Dalı

Haziran 2022



Concrete Aggregate Cutoff Methylene Optimization

Emre Serhan Battal

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Mining Engineering

June 2022

Beton Agregaları Sınır Metilen Optimizasyonu

Emre Serhan Battal

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
Maden İşletme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Adnan Konuk

Haziran 2022

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof.Dr. Adnan KONUK danışmanlığında hazırlamış olduğum “Beton Agregaları Sınır Metilen Optimizasyonu” başlıklı YÜKSEK LİSANS tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 06/06/2022

Emre Serhan BATTAL

İmza

ÖZET

Betonun fiyatındaki en büyük maliyet kalemlerinden olan çimento ve kimyasal katkıları beton agregalarının safsızlığı ve kalitesi; kırma kumun kalitesini belirleyen metilen mavisi deneyi (MB) değeri ile ilişkilidir. Bu nedenle, beton maliyetlerinin azaltılması için ocak ömrü boyunca en optimum kalitede agrega üretiminin sağlanması gerekmektedir. Sınır tenör optimizasyonu birçok açık ocakta kullanılmakla birlikte, taş ocaklarında kullanım alanı bulunmamıştır. Özellikle üretilen agreganın bir metal içeriği olmadığından ve ocakta üretimi gerçekleştirilen cevherin neredeyse tamamının bir zenginleştirme işlemi olmadan kırma eleme işlemi ile üretilebiliyor olmasından dolayı sınır tenör optimizasyon yöntemleri kullanılmamaktadır. Agregada üretilen taş ocaklarında genel itibarıyla sınır tenör hesaplamalarının uygulanmaması, ocağın tamamını üretme ve kullanma algısı oluşturmaktadır. Her ne kadar ki taş ocaklarında tenör hesabı olmasa da, beton üretiminde agreganın beton reçetesinde en yüksek orana sahip olması ve agregadaki safsızlık değişimleri, betonda istenen özellikleri değiştirdiğinden büyük önem kazanmaktadır. Bu nedenlerle beton agregalarında sınır metilen değeri optimizasyonu algoritmasının geliştirilmesi tasarlanan bu çalışmada öncelikle, ocaktan üretilecek ve beton reçetesinde kullanılacak kumda metilen mavisi değerinin belirlenmesi, agreganın stoklanmasında beton için kullanılacak ve kullanılmayacak kumun belirlenmesi konusunda çalışma yapılması gerçekleştirilmiştir. Üretilen agreganın metilen mavisi dağılımını hesaplamak için istatistiksel dağılım modelleri ve istatistiksel dağılımı hesaplanmış agreganın metilen mavisi değerinin optimizasyonu için statik sınır metilen değeri (safsızlık) optimizasyonu algoritması geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada üretilen agreganın hepsini beton yapımında kullanmak yerine, hesaplanan sınır metilen mavisi değerine göre üretilmiş betonun kullanımı ile daha büyük (optimum) karlılığın sağlanabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Beton, Beton Agregaları, Metilen Mavisi, Sınır Tenör, Sınır Safsızlık

SUMMARY

Cement and chemical additives, which are among the biggest cost items in the price of concrete, impurity and quality of concrete aggregates; It is related to the methylene blue test (MB) value, which determines the quality of the crushed sand. Therefore, in order to reduce concrete costs, it is necessary to produce the most optimum quality aggregate throughout the life of the quarry. Although boundary grade optimization is used in many open quarries, it has not found use in quarries. Limit grade optimization methods are not used, especially since the aggregate produced does not have a metal content and almost all of the ore produced in the quarry can be produced by crushing and screening process without any enrichment process. The fact that the boundary grade calculations are not applied in the quarries where aggregate production is carried out creates the perception of producing and using the entire quarry. Although grade calculation is not possible in quarries, it gains great importance in concrete production because the aggregate has the highest ratio in the concrete recipe and the impurity changes in the aggregate change the desired properties in the concrete. For these reasons, in this study, which was designed to develop the limit methylene value optimization algorithm in concrete aggregates, first of all, a study was carried out to determine the methylene blue value in the sand to be produced from the quarry and to be used in the concrete recipe, and to determine the sand to be used or not used for concrete in the stocking of the aggregate. Statistical distribution models were developed to calculate the methylene blue distribution of the produced aggregate and a static limit methylene value (impurity) optimization algorithm was developed for the optimization of the methylene blue value of the aggregate whose statistical distribution was calculated. In the study, it was determined that greater (optimal) profitability could be achieved by using the concrete produced according to the calculated limit methylene blue value, instead of using all the aggregate produced in concrete production.

Keywords: Concrete, Concrete Aggregates, Methylene Blue, Boundary Grade, Boundary Impurity

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. AGREGALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER	9
3.1. Agregalar Türleri.....	9
3.1.1. Doğal agrega	9
3.1.2. İnce agrega	9
3.1.3. İri agrega	9
3.2. Agregalar Tane Sınıflandırılması	10
3.3. Agregaların Özellikleri.....	11
3.3.1. Fiziksel özellikleri	11
<u>3.3.1.1. Birim ağırlık</u>	11
<u>3.3.1.2. Dayanıklılık</u>	11
<u>3.3.1.3. Gradasyon</u>	12
<u>3.3.1.4. Parçacık şekli</u>	12
3.3.2. Kimyasal özellikleri	12
<u>3.3.2.1. Klorürler</u>	12
<u>3.3.2.2. Reaktif silika ve silikatlar</u>	13
<u>3.3.2.3. Metilen mavisi deneyi</u>	13
3.4. Agregalar Kil Varlığının Tayini	13
4. MATERYAL VE YÖNTEM	15

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.1. Materyal	15
4.1.1. Bir beton firmasına ait taş ocağı bölgesinin genel jeolojisi ve taş ocağı hakkında genel bilgiler	15
4.1.2. Taşocağından üretilen malzemenin metilen mavisi ve rezerv dağılım parametreleri.....	16
4.1.3. Taşocağından üretilen agregalarla metilen mavisi ve beton testi verileri	17
4.1.4. Taşocağı ekonomik parametreleri ve beton maliyetleri	20
4.1.4.1. Taş ocağı ile kırma-eleme tesisi kapasite ve ekonomik parametreleri	20
4.1.4.2. Rezerv ve metilen değeri dağılım parametreleri.....	20
4.1.4.3. Beton maliyetleri	21
4.2. Yöntem.....	21
4.2.1. Metilen mavisi istatistiksel dağılım parametrelerinin belirlenmesi	21
4.2.1.1. Normal dağılım.....	21
4.2.1.2. Lognormal dağılım	22
4.2.2. Sınır tenör ve sınır safsızlık kavramı.....	24
4.2.2.1. Sınır tenör kavramları	24
4.2.2.2. Sınır safsızlık	24
4.2.3. Beton agregalarında sınır metilen mavisi değeri optimizasyon algoritması	25
4.2.3.1. Normal dağılıma uyan beton agregaları için sınır metilen mavisi değeri altında kalan cevher rezervinin hesaplanması	25
4.2.3.2. Log-normal dağılıma uyan beton agregaları için sınır metilen mavisi değeri altında kalan işletilebilir cevher rezervinin hesaplanması	26
4.2.3.3. Sınır metilen mavisi değeri altında kalan işletilebilir cevher kütlelerinin ortalama metilen değeri	26
4.2.3.4. Ortalama metilen değerlerine göre hesaplanmış reçetelerin beton maliyetleri	27

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
<u>4.2.3.5. Maden yatağının toplam kullanılabilir rezerv miktarı</u>	28
<u>4.2.3.6. Sınır metilen değeri altındaki işletilebilir cevher kütlesi</u>	28
<u>4.2.3.7. Maden yatağının ömrü</u>	29
<u>4.2.3.8. Maden işletme ve konkasör kapasitesinin belirlenmesi</u>	29
<u>4.2.3.9. Yatırım ve üretim maliyetleri</u>	30
<u>4.2.3.10. Satış gelirleri</u>	31
<u>4.2.3.11. Net nakit akımlar, net bugünkü değer ve karlılık göstergesi</u>	31
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
5.1. Bulgular	33
5.1.1 Örnek sınır metilen değeri için yapılan karlılık göstergesi hesaplama bulguları	33
5.1.2. Optimum sınır metilen mavisi değeri	36
5.2. Tartışma	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	40
KAYNAKLAR DİZİNİ	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Metilen mavisi deneyi sonucu	14
4.1. Bodrum yarımadası jeolojik haritası	15
4.2. Bodrum yarımadası uydu görüntüsü ve beton santralinin konum	16
4.3. Ocağın metilen mavisi dağılım grafiği	17
4.4. Aynı çimento ve katkı dozajına sahip metilen değeri ve dayanım grafiği	18
4.5 Farklı çimento ve katkı dozajına sahip metilen değeri ve dayanım grafiği	19
4.6. Normal dağılım eğrisi	22
5.1. Sınır metilen değeri net bugünkü değer oranı grafiği	38
5.2. Sınır metilen mavisi değerine karşın KG değişimi	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Sabit çimento dozajı, karışım suyu ve katkıları ile beton dayanım tablosu	6
2.2. Sabit çimento dozajı ve katkı, değişken karışım suyu ile beton dayanım tablosu.....	7
3.1. TS 706 EN 12620+A1 Agregatane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları	10
4.1. Aynı çimento ve katkı dozajına sahip metilen değeri ve dayanım tablosu	18
4.2. Farklı çimento ve katkı dozajına sahip metilen değeri ve dayanım tablosu	19
4.3. Ekonomik parametreler tablosu	20
4.4. Rezerv parametreleri tablosu	20
4.5. Beton parametreleri tablosu	21
5.1. Sınır metilen değeri net bugünkü değer oranı tablosu	37

SİMGELER DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
MB	Metilen mavisi değeri
M1	Deney numunesinin miktarı
V1	Toplamda ilave edilen metilen mavisi çözültisi miktarı
x	Olasılığı aranan bir değer
\bar{x}	Aritmetik ortalama
σ	Standart sapma
z	Normal dağılım fonksiyonu
f(z)	Standart normal dağılım fonksiyonu
α	Logaritmik ortalaması,
β	Logaritmik standart sapmasıdır.
C	Varyasyon sabiti
Zc	Sınır tenörün standart normal değeri
Xc	Sınır tenör
T _c	Sınır safsızlık altında kalan rezervin miktarının cevher rezervine oranı
Fc	Sınır tenörün standart normal değeri için kümülatif olasılık fonksiyonu
BM	Toplam beton maliyeti
BM'	Beton ton başına birim maliyeti
RM	Katkı maliyeti
QMK	Kullanılabilir rezerv miktarı
REZ	Rezerv miktarı
PO	Pasa oranı
QM _j	Sınır Metilen Değeri Altındaki Kazanılabilir Cevher Kütlesi
T _j	Maden yatağının ömrü
MK _j	Madencilik kapasitesi
CK _j	Tesis kapasitesi
BK _j	Beton üretim kapasitesi
FQ _M	Maden üretim kapasitesi
FQ _C	Konkasör kapasitesidir

SİMGELER DİZİNİ (devam)

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
MINV	Maden ilk yatırım maliyeti
CINV	Tesisin ilk yatırım maliyeti
TINV _j	j'inci seçenek için tahmin edilen toplam ilk yatırım maliyeti
TM _j	üretim maliyeti
FM	Sabit giderler
MM	Madencilik maliyeti
CM	Tesis Maliyeti
G _j	Satış geliri
S	Satış Fiyatı
CF _j	Vergi sonrası net akım
VO	Vergi oranı
r	Faiz oranı
NPB	Net bugünkü değer
KG _j	Net bugünkü değer oranı

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Maden işletmelerinde doğru ve verimli üretim yapabilmek için, öncelikle rezerv ve tenörün dağılımının en doğru bir şekilde bilinmesini gerektirmektedir(Pekin ve Konuk, 1999). Ancak gerek ülkemizde gerek dünyada taş ocak madenciliği için, maden yatağı tenör dağılımı ve sınır tenör kavramı üzerinde durulmamaktadır. Hazır beton imalatında yaygın olarak kullanılan ince agregalar (yapay kumlar-taş unu) genel olarak kalker (CaCO_2) kökenli kayaların kırılması ve sınıflandırılması ile elde edilmekte olup, bu malzeme içinde de CaCO_3 tenöründen çok, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ifade edilen kalite parametreleri oldukça önemli olmaktadır.

Üretilen agreganın kullanım alanına göre agreganın kalitesi bir tenör gibi düşünülebilir. Beton sektöründe kullanılan agreganın fiziksel ve kimyasal özellikleri beton maliyetlerini etkilemektedir (Cobanoğlu vd. 2014). Beton yapımında agreganın kullanım alanı yaklaşık olarak ağırlıkça 60-70 % olduğundan, agreganın betona etkisi oldukça önem arz etmektedir. Agreganın içinde bulunan kil yüzeysel aktivitesi yüksek olduğundan, beton karışımına eklenen suyun bir kısmına çekmekte, betonda istenen kıvamı değiştirmekte ve eklenen fazla su ile beton dayanımında düşüş meydana gelebilmektedir. Kıvam kaybını ve beton dayanımdaki düşüş, betona katkı maddesi eklenmesi ile bir miktar engellenmektedir. Ancak yapılan katkı eklenmesi ile de beton maliyetlerinde artışa meydana gelmektedir.

Literatür araştırması bölümünde de açıklandığı gibi, hazır beton üretiminde kullanılan ince agregaların içerdiği kil miktarı arttıkça beton imalatında katkı maddesi kullanım miktarı arttırılmadığı sürece betonun kalitesinde bozulmalar yaşanmaktadır. Betona katılan katkı maddesi miktarı arttıkça ise beton maliyeti artmaktadır. Aynı zamanda, taş ocağından seçimli madencilik yaparak kil miktarı düşük kısımlardan ince agrega üretimi için kırma-eleme sistemine besleme yapıldığında ise, ocağın rezervi azalmakta ve taş ocağı üretim maliyetleri artmaktadır. Bu nedenlerle, taş ocağından üretilecek malzemelerin içerdiği kil varlığının tespitinde uygulanan mavi metilen değeri optimizasyonu ile beton ve ocak maliyetlerinin optimize edilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. Literatür araştırmaları sırasında, taş ocak işletmeciliği için mavi metilen değeri optimizasyonu yapılmadığı tespit

edilmiştir. Bu çalışmada sınır tenör kavramını agreganın kalitesini ve kil miktarını belirlemek için kullanılan metilen mavisi değeri ile modellenmesi amaçlanmaktadır. Sınır metilen mavisi değeri agreganın sınır kil safsızlığının belirlenmesinde kullanılacak olup, agrega ile en optimum katkı ve çimento tüketimi ve bu değişkenlere bağlı olarak en kârlı sınır metilen değeri modellenmektedir.

Yapılan bu çalışmada ikinci bölümde metilen mavisi değerinin, beton agregası içindeki kil muhtevasının beton dayanıma ve kıvamına etkilerine değinilmiş olup yapılan çalışmalar hakkında literatür taraması yapılmıştır.

Tezin üçüncü bölümünde agregalar hakkında bilgiler verilmiş olup agregaların sınıflandırması çeşitleri ve istenen özellikler beraber agregalar hakkında genel bilgiler yazılmış ayrıca tezin ana konusu olan metilen mavisi ve metilen mavisi deneyinin Türk Standartları Enstitüsüne uygun yapılışı hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde ise tezimiz de hesaplanması yapılacak sınır metilen değeri için gerekli olan materyallerin bilgisi verilmiş ve hesaplamada kullanılacak rezerv dağılımın istatistiksel dağılım modelinin bulunması ve sınır metilen değerinin hesaplanması için gerekli olan formüller başlıklar halinde incelenmiştir.

Beşinci bölümde Bodrum bölgesinde bulunan bir taş ocağı ve hazır beton santraline ait bulguların sınır metilen değeri optimizasyon sonuçları tartışılmış ve yorumlanmıştır. Altıncı ve son bölümde ise çıkan sonuçlar değerlendirilmiş olup tezin uygulanması, kullanım yerleri hakkında önerilerde bulunulmuştur.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Agreganın kalitesi, içeriğindeki kil miktarı ile ters orantılıdır. Agregada bulunan kil miktarının artması yapılan birçok çalışmalarda da görülmüştür ki beton dayanımını oldukça düşürmektedir. Betondaki suyun varlığı betonun işlenebilirliği aynı zamanda agreganın suya doygun hale gelmesi ve çimento su reaksiyonunu başlatmak için kullanılır. Betonda kilin fazla olması aşırı su isteği ve bundan dolayı kıvam kaybı ve hacimsel değişime neden olmaktadır. İnce agregada kilin daha az olması taşın daha kaliteli olduğu anlamı çıkarılabilir.

Küçük (2000) tarafından beton dayanımı ve durabilitesini sağlayan parametrelerin incelendiği çalışmada, beton yapımında kullanılan tüvanan agregaların yıkanarak kil kirliliğinden arındırılması ve eleme sistemlerinden geçirilerek uygun karışımlarla granül hale getirilmesi gerektiğini açıklamaktadır. Küçük (2000), beton agregalarında fazla miktarda kil bulunmasının sakıncalarını aşağıdaki gibi açıklamıştır.

- a) Karışım suyunun artmasına yol açmakta ve priz süresini etkilemektedir (hidratasyonu geciktirmektedir).
- b) İri tanelere yapışık olması durumunda çimento hamuru ile agrega ara yüzeyi arasındaki aderansı bozmakta, yük etkisinde betonun bu ara yüzeyden çatlamasına yol açmaktadır.
- c) Agregada topraklar halinde bulunması betonarme elemanın içinde boşluk gibi davrandığından kesit zayıflamasına yol açarlar. Zamanla bünyesine su işledikçe hacim genişlemesi yaparak betonu çatlatırlar.
- d) Çimento bileşenleri ile bazı kil türleri zararlı kimyasal reaksiyona girerek ayrışmaya ve bünyesine su alarak genleşme şeklinde betonun parçalanmasına sebep olabilirler.

Küçük (2000), bu olumsuz etkileri sebebiyle beton agregalarında varlığını tanımlayabilmek için killerin oluşumu, çeşitleri ve bazı özellikleri hakkında da bilgi sahibi olmak gerektiğini belirtmektedir.

Topcu ve Demir (2008), kil minerallerinin ince taneli yapısı ve yüzey aktivitesinin, betonda işlenebilirliği sağlamak için ihtiyaç duyulan karışım suyu miktarını arttırdığını belirtmektedirler.

Şenbil v.d. (2014), farklı metilen mavisi değerlerine sahip kırma kumların karakterizasyonu ve beton üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, beton üretiminde kullanılan agregaların, beton dizaynının hacimce % 70-80 kadarını oluşturduğunu, kullanılan agrega bileşiminde, en yüksek pay ise maliyet avantajı nedeniyle kırma kuma ait olduğunu, kırma kumun sahip olduğu kirlilik düzeyinin, betonun kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri olduğunu ve bu kirlilik düzeyi değerinin kimyasal katkı üreticileri için de katkı dizaynını oluşturmak açısından son derece önemli bir değer olduğunu belirtmektedirler.

Kala v.d. (2019), inşaat sektöründe alternatif ince agregaların (AFA) dünya çapında kullanımının katlanarak arttığını, AFA'nın aralıklarında kil gibi ince tortuların varlığının betonun performansını büyük ölçüde etkilediğini belirtmektedirler.

Deşik ve Ustabaş (2019), Kireçtaşı Kökenli Kırma Kumdaki İnce Madde Oranının Beton Kıvamına ve Dayanımına Etkisi başlıklı çalışmalarında agrega granülometrisine göre kil türü ince malzeme içermeyen kireçtaşı kökenli ince maddenin beton boşluklarında ince malzeme vazifesi görerek betonun çökme miktarını arttırdığı tespit edilmiştir

Gürbüz ve Aydın (2021), agrega içerisinde bulunan farklı oranlardaki kil miktarının betonun mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla yaptıkları deneysel çalışmada, taze betonda kil oranının artışı ile işlenebilirlik düzeyinin arttığını, sertleşmiş betonda ise kil miktarı arttıkça basınç ve eğilme dayanımlarında büyük oranda azalma olduğunu belirlemişlerdir.

İnce agregaların, bünyesinde kil içerebilmesi metilen mavisi değerlerini artırmaktadır. Metilen mavisi değeri artması beton dayanımlarını düşürebilmektedir. Kil mineralleri agreganın içinde 75 µm altı malzeme olarak bulunabilmektedir. Kil mineralinin yüzey aktivitesi betonda işlenebilirliği sağlamak için kullanılan suyun miktarını artırmaktadır. Betondaki toplam su miktarındaki artışla sertleşmiş betonda dayanımı düşürmektedir. Kil minerali betonda su isteği, kuruma ve büzülme, dayanımları ve çatlak oluşumunu etkilemektedir. (Hasdemir, 2005)

Yitik (2006), ince agregaların metilen mavisi değerlerinin belirlenmesini ve metilen mavisi değerleri ile beton özellikleri arasındaki ilişkiyi araştırdığı çalışmada, dört farklı agrega ocağından elde edilen malzemelerden ince agrega (0-2 mm) oluşturularak metilen mavisi deneyleri ve bu ince agregalardan beton numuneleri hazırlanarak beton deneyleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda, metilen mavisi değerlerinin artmasıyla betonun basınç dayanımlarında, çekme dayanımlarında, aşınma dayanımlarında, ultrases hızı değerlerinde ve beton çekici sıçrama sayılarında azalma gözlenmiştir.

Topcu ve Demir (2008), kil kökenli malzeme bulunduğu ince agreganın metilen mavisi değeri yükseldiğini belirttikten sonra, dört farklı agrega ocağından numuneler alınarak üretilen beton numunelerinin metilen mavisi değerleri ile bazı özellikleri arasındaki ilişkileri araştırdıklarında, metilen mavisi değeri ile gösterilen kil içeriğinin beton özelliklerini etkilediği, ancak mikro ince malzeme yüzdesinin kil içeriği hakkında herhangi bir ipucu vermediği sonucuna ulaşmışlardır.

Beixing v.d. (2011), üretilen kırma kumun Metilen Mavisi Değerinin (MBV) beton performansına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, MBV'sinin ince kalker içeriğinden değil, kil içeriğinden ve kilin likit limit indeksinden etkilendiğini göstermişlerdir. Beixing v.d. (2011) çalışmalarında, MBV'nin artmasıyla kırma kum içeren betonun işlenebilirliği, eğilme dayanımı ve basınç dayanımının azaldığı, betonda plastik büzülme ve kuruma büzülmesi çatlaklarını arttırdığı, donma-çözülme hasarını ve aşınma kaybını önemli ölçüde hızlandırdığı tespit edilmiştir.

Yapılan birçok çalışmalarda farklı metilen mavisi değerlerine sahip kumlardan yapılan betonlarda kıvam farkları ve dayanım sonuçları incelenmiştir. Özbebek ve Açık (2011) tarafından yapılan çalışmada çimento dozajı, karışım suyu ve katkıları sabit tutulduğunda metilen mavisi değerindeki artışla beton dayanımlarında ve kıvam kayıplarında belirgin düşüş olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 2.1'den de görüldüğü gibi metilen mavisi değeri 0.25 olan bir kum kullanılan ve slump değeri 19 olan bir betonda metilen mavisindeki artışla beraber 1.0'a çıkmasıyla kıvamın(slumpın) 5 değerine kadar düştüğü gözlemlenmiştir (Özbebek ve Açık, 2011).

Özbebek ve Açık (2011) tarafından yapılan çalışmada (Çizelge 2.2) çimento dozajı ve katkıları sabit, karışım suyu değişken tutulduğunda kıvam (slump) kayıpları gözlemlenmemiş ancak betonda özellikle metilen mavisi değerinin artışıyla artan su miktarıyla beraber basınç dayanımlarını düşürücü etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Özbebek ve Açık, 2011).

Çizelge 2.1. Sabit çimento dozajı, karışım suyu ve katkıları ile beton dayanım tablosu.

No	MB Değeri	S/Ç	Slump	Havda Birim Ağırlığı %	16 Saat (Mpa)	3.Gün (Mpa)	7.Gün	28.Gün
1	MB=0,25	0,5	19	2,4	14,1	31,2	38,6	45,3
2	MB=0,5	0,5	9	22	14,6	33,2	36,2	43,3
3	MB=1,0	0,5	5	2	16,3	29,8	38,2	43,4
4	MB=1,50	0,5	2	1,6	15,5	31,3	37,4	43,8
5	MB=2,0	0,5	1	1,2	16,7	30,7	36,4	45,5

Pitre (2012), kaba agrega tanelerinde kil minerallerinin tespiti için modifiye metilen mavisi testinin uygulanması konusunda yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, modifiye metilen mavisi (MMB) testi değerleriyle agrega kil içeriği arasında güçlü bir ilişki kurulduğunu ve testin genişleyen kil minerallerini saptamadaki doğruluğunun kanıtlandığını belirtmektedir.

Çizelge 2.2. Sabit çimento dozajı ve katkı, değişken karışım suyu ile beton dayanım tablosu

No	MB Değeri	S/Ç	Slump	Havda Birim Ağırlığı %	16 Saat (Mpa)	3.Gün (Mpa)	7.Gün	28.Gün
1	MB=0,25	0,5	20	2,5	14,8	33	39,7	44,7
2	MB=0,5	0,55	19	2,5	12,3	26,1	33,4	39,9
3	MB=1,0	0,6	19	2,5	10,9	22,9	27,8	33,7
4	MB=1,50	0,65	19	1,9	9,1	20,2	25,1	32,2
5	MB=2,0	0,7	20	1,4	7,9	18,2	22,3	29,2

Köksal v.d. (2013), beton üretiminde temel hammaddelerden biri olan agregaların, metilen mavisi değerinin yüksek olması halinde betonda kıvam koruma ve dayanım ile ilgili problemler yaşandığını, metilen mavisi değeri yüksek kirli agrega ile yapılan betonda kıvam kaybı ve düşük dayanım dezavantajlarını bertaraf etmek için geliştirdikleri polikarboksilat bazlı kimyasal katkıların beton imalatında kullanımı halinde, redoz maliyeti oluşmadan betonlarda mükemmel kıvam koruma sağlandığını, kıvam koruma artmasına rağmen erken dayanımlarda olumsuz yönde etkilenme olmadığını ve betonlarda %15'e varan çimento tasarrufu sağlandığını belirtmektedirler.

Şenbil v.d. (2014), farklı metilen mavisi değerlerine sahip kırma kumların karakterizasyonu ve beton üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmalarında, basit ve hızlı bir yöntem olması açısından metilen mavisi test yönteminin, ince malzemedeki kirlilik düzeyini ölçmek amacıyla kullanıldığı da belirtildikten sonra, çalışmalarında, kırma kumların kirlilik düzeylerini karakterize etmek amacıyla, metilen mavisi test yönteminin yanı sıra, X-Ray Floresans Spektroskopisi ile Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi tekniklerinden yararlandığı ve değişen kirlilik düzeylerinin beton üzerindeki etkilerinin araştırıldığı belirtilmektedir. Yapılan çalışma sonucunda, metilen mavisi değeri arttıkça ince malzemenin kirliliğinin arttığı, metilen mavisi değeri azaldıkça ise kirliliğin azaldığı belirlenmiştir. Metilen mavisi değeri arttıkça, buna bağlı olarak hedef kıvamı yakalamak için betonun su ihtiyacının arttığı, artan W/C oranı birlikte beton dayanımlarının düştüğü belirlenmiştir.

Zhan'ao v.d. (2016), agregadan üretilen kumda mikro ince partiküllerin belirlenmesinde kullanılan Modifiye Metilen Mavisi Değeri (MMBV) ile beton özellikleri arasındaki ilişkileri araştırdıkları çalışmalarında, MMBV ile taze ve sertleşmiş beton özellikleri arasındaki ilişkilerin tam olarak kurulabileceğini ve MMBV ile C60 beton özelliği arasındaki korelasyonun, MMBV ve C30 beton arasındaki korelasyondan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, MMBV'nin artmasıyla beton işlenebilirliğinin, donma direnci ve kuruma büzülmesinin azaldığını belirlemişlerdir.

Demir (2020), betonun dayanım ve dayanıklılığı hakkında fikir sahibi olabilmek için üretilen harçlar üzerinde metilen mavisi, fiziksel ve mekanik testler yapılmış ve deney sonuçlarını TOPSIS yaklaşımı ile analiz ederek en iyi ince agrega serisini belirlemiştir. Demir (2020) yaptığı çalışma sonucunda, betonun davranışını tahmin etmek için ince malzemenin kalitesini gösteren metilen mavisi deneyine ihtiyaç bulunduğunu ve agrega üreticilerinin metilen mavisi deney sonuçlarına göre iyileştirmeler yapmalarını önermektedir.

Literatür araştırmaları sırasında, beton veya asfalt üretiminde kullanılan ince agregalarda metilen mavisi testi değerleriyle ile belirlenen kilin optimum değerleri konusunda çalışmalar yapılmadığı belirlenmiştir. Demir (2020), beton üretiminde ince agrega malzeme seçiminin çok kriterli karar verme problemlerini genelleştirmek için TOPSIS yaklaşımı ile bilgi tabanlı bir sistem önermektedir.

Kil varlığının fazla olması, ince agreganın daha fazla su çekmesine ve su çimento oranını artırılmasına neden olduğundan dolayı, reçetede daha fazla katkı ve çimento olacağından dolayı maliyetleri de oldukça artırmaktadır. Yukarıda verilen literatür araştırmasından metilen mavisi testi ile belirlenen ince agregaların içerdiği kil içeriği ile beton dayanımı arasındaki ilişkiyi araştıran birçok çalışma yapılmış olmakla birlikte, hazır beton tesisine agrega sağlayan belirli bir maden ocağı için ocak rezerv-sınır safsızlık (kil içeriği-metilen mavisi) dağılımını, yatırım ve işletme maliyetleri ile beton maliyetini dikkate alan ve optimize eden çalışmaların yapılmadığı tespit edilmiştir.

3. AGREGALAR HAKKINDA GENEL BİLGİLER

3.1. Agregal Türleri

Agregalar belirli bir tane boyutu aralığında (gradasyon) kırılmış, beton yapımında yapımın da kullanılan doğal ya da kırılmış malzemedir. Agregalar, doğal agregal, ince agregal ve iri agregal olarak isimlendirilmektedir.

3.1.1. Doğal agregal

Türk standartları enstitüsüne göre kırma işlemi uygulanmadan kullanılan agregalara doğal agregal denir. (TS 706 EN 12620+A1, 2009)

3.1.2. İnce agregal

İnce agregalar doğal kum ya da kırma kum olarak da bilinir. Beton yapımında betonda en çok kullanılan malzeme olup boşlukları doldurması ve işlenebilirlik için kullanılmaktadır. Türk standartları enstitüsüne göre 4 mm'den küçük tane boyutuna sahip agregalara ince agregal denir. (TS 706 EN 12620+A1, 2009)

3.1.3. İri agregal

Üst elek açıklığı 4 mm'den büyük olan ve alt elek açıklığı 2 mm'den büyüklüğü olan tane boyutundaki agregaya iri agregal denir. (TS 706 EN 12620+A1, 2009) Beton da iri malzeme için kullanılıp yükün temel taşıyıcılarındandır.

3.2. Agrega Tane Sınıflandırılması

Agreganın sınıflandırılması Türk Standartları Enstitüsüne göre belirlenmiştir. Tane boyutları kurulacak tesisin ve kullanım tipine göre, elek göz açıklıkları çizelgeden seçilir. Çizelge 3.1.'de agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları verilmiştir. Seçilen kombinasyona uygun elekler seçilmekte ve sınıflandırmalar yapılmalıdır.

Çizelge 3.1. TS 706 EN 12620+A1 Agrega tane sınıflarının belirtilmesinde kullanılan elek göz açıklıkları.

Temel elek serisi mm	Temel elek serisi + seri 1 mm	Temel elek serisi + seri 2 mm
0	0	0
1	1	1
2	2	2
4	4	4
-	5,6(5)	-
-	-	6,3(6)
8	8	8
-	-	10
-	11,2(11)	-
-	-	12,5(12)
-	-	14
16	16	16
-	-	20
-	22,4(22)	-
31,5(32)	31,5(32)	31,5(32)
-	-	40
-	45	-
63	63	63

3.3. Agreganın Özellikleri

3.3.1. Fiziksel özellikleri

3.3.1.1. Birim ağırlık

Agreganın birim hacimdeki ağırlığıdır. Agreganın birden fazla birim ağırlığı göz önüne alınarak ölçülür; Sıkışık–Gevşek birim ağırlık, Görünür birim ağırlık, Doygun kuru yüzey ve Kuru birim ağırlıktır.

Sıkışık – gevşek birim ağırlık: Agreganın hacmi bilenen bir kaba hem sıkıştırılıp hem gevşek(sıkıştırılmadan) doldurulup hesaplanan birim ağırlığıdır. Sıkışık – gevşek birim ağırlık ile agreganın stok hesaplamak için kullanılır.

Doygun kuru yüzey yoğunluğu: Agreganın neme doymuş ve yüzeyinin kuru hale gelmesiyle içinde sıkışıp kalmış nem ile ölçülen birim ağırlıktır. Bu birim ağırlık betona agregayı doyurmak için gerekli su miktarının bilinmesi için çok önemlidir.

Görünür birim ağırlık; agreganın belirli bir nem miktarına sahipken ölçülen yoğunluktur.

Kuru birim ağırlık: Agreganın belirli bir süre ısıtılıp içerisinde nem olamadan ölçülen birim ağırlıktır.

3.3.1.2. Dayanıklılık

İri agreganın sertliği ve yüzey aşınmasına karşı direnci anlamına gelir. İri Agreganın ana taşıyıcı olduğundan aşınmalar ve dayanıklılık önemlidir. Beton yapımında agreganın karışma, dökme ve stoklama sırasında aşınmalar olmaktadır. İri agreganın kalitesini belirlemek için Los Angeles aşınma testi kullanılır. Zayıf taneler, basınç dayanımı üzerinde betonun dayanımını düşürme eğilimindedir. Özellikle eğilme veya çekme mukavemeti üzerinde daha belirgindir. Yumuşak taneler sadece dayanım ve dayanıklılık açısından değil, özellikle beton yüzeyinin aşınmaya veya aşınmaya maruz kalması durumunda sakıncalı olabilir (AGHA, 1953).

3.3.1.3. Gradasyon

Agreganın yığın içinde tane boyut dağılımına gradasyon denir. Gradasyon, karışımın işlenebilirlik özelliğini sağlar. İşlenebilirlik betonun kıvam ve yayılması aynı zamanda pompanın betonunu basabilmesi için taze betonda gerekli olan bir özelliktir. Gradasyon düşeyde % elek altından geçen ve yatayda elek Türk Standartları Enstitüsüne göre uygun olarak belirlenmiş tane boyutlarının logaritmik ölçekte hazırlanarak tane dağılım grafiği oluşturulur.

3.3.1.4. Parçacık şekli

Agregada en çok istenen şekil küresel veya kabaca kübik tanelerdir. Tane şekli agregada en boy oranların birbirine yakın olmaması hem gradasyon'u yanımlakla beraber uzun ve yası tanelerin yük altında kırılmaya eğilimin yüksek olmasından beton dayanımı etkilemektedir. Aynı zamanda agreganın düz ve pürüzsüz olması istenmemektedir. Daha pürüzlü ve şekil olarak girinti ve çıkıntılara sahip olan agregaların yüzey alanının artacağından daha çok çimento şerbeti ile kaplanacak ve dayanımı olumlu yönde etkileyecektir (AGHA, 1953).

3.3.2. Kimyasal özellikleri

3.3.2.1. Klorürler

Klorürler, agregalarda sodyum ve potasyum tuzları halinde bulunabilir.(Çelik ve Şahbaz, 2017) Klorürler betonun kullanıldığı yerdeki metallere, donatıların korozyona uğratabilir. Türk standartlarına göre bulunduğu agreganın içinde yüzde %0,01'den büyük olmadığı belirlenmesi durumunda beton içinde klorür muhtevası hesaplamasında kullanılabilir.

3.3.2.2. Reaktif silika ve silikatlar

Belirli bir bileşenleri içeren agregalarda betondaki alkali hidroksitlerle reaksiyona girebilir. Bu reaksiyon bir kimyasal tepkime olup bu tepkime bir genişlemeye neden olduğundan zararlıdır. Alkali-silika reaksiyonu çimento şerbetinden su çakerken şişen bir jel oluşturur. Suyu emen bu jel genişlemesinden dolayı çevresine basınç oluşturur ve çatlamasına neden olabilir. Reaksiyon iki aşamada gerçekleşir:(Farny ve Kerkhoff, 1997)

1. Alkali + reaktif silika >alkali-silika jel
2. alkali-silika jel + nem >Genişleme

Alkali silika reaksiyonun başlaması için üç koşul gereklidir. Agregada aktif silikatlar, yüksek alkali (PH) ve nem. Alkali kaynakları (sodyum ve potasyum) çimentodan, agregadan, puzolanlardan, katkılar veya sudan gelebilir. (Farny ve Kerkhoff, 1997)

3.3.2.3. Metilen mavisi deneyi

TS EN 933-9 standardına uygun olarak yapılan 2mm açıklıktan geçen agreganın içinde bulunan kil içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir deneydir. Metilen mavisi deneyi kilin boya absorpsiyonu yardımıyla yapılan ve böylelikle agrega içinde safsızlığı bozan zararlı kil miktarının boya tüketimine göre belirlenmesidir.

3.4. Agregada Kil Varlığının Tayini

TS EN 12620 Beton Agregaları standardına uygun bir şekilde hazırlanan betonlarda Standardın Ek D başlığında metilen mavisi deneyinin yapılması agregalar için istenen ek bilgilerdir. Metilen mavisi kimyasal formülü $C_{16}H_{18}ClN_3S$ olan bir boyar maddedir. TS EN 933-9 “İnce Tanelerin Tayini-Metilen Mavisi Deneyi” standartların yapılır. Bu standart da İnce agreganın kalitesi belirlenmesi amacı ile yapılır.

Bu deneyde 200 gr 2 mm elekten elenmiş ince agreganın 500 ml su ile 400 devirde karıştırılıp 5ml boya çözeltisi ilaveleri ile yapılır, her boya ilavesi 1 dakika karıştırdıktan sonra filtre kâğıdına bir çubuk yardımı ile bir leke bırakılır. Bırakılan leke genelde merkezde

homojen bir koyu mavi renk bırakır çözelti ilaveleri sonrasında merkezdeki koyu mavi rengin yanında yaklaşık 1mm çapında açık mavi halenin görülmesi testi pozitif yapar ve ince agreganın etilen mavisi eşdeğerliliği bulunur.

$$MB = \frac{V1}{M1} * 10 \quad (3.1)$$

Burada;

M1= Deney numunesinin miktarı, g,

V1= Toplamda ilave edilen metilen mavisi çözeltisi miktarı, ml



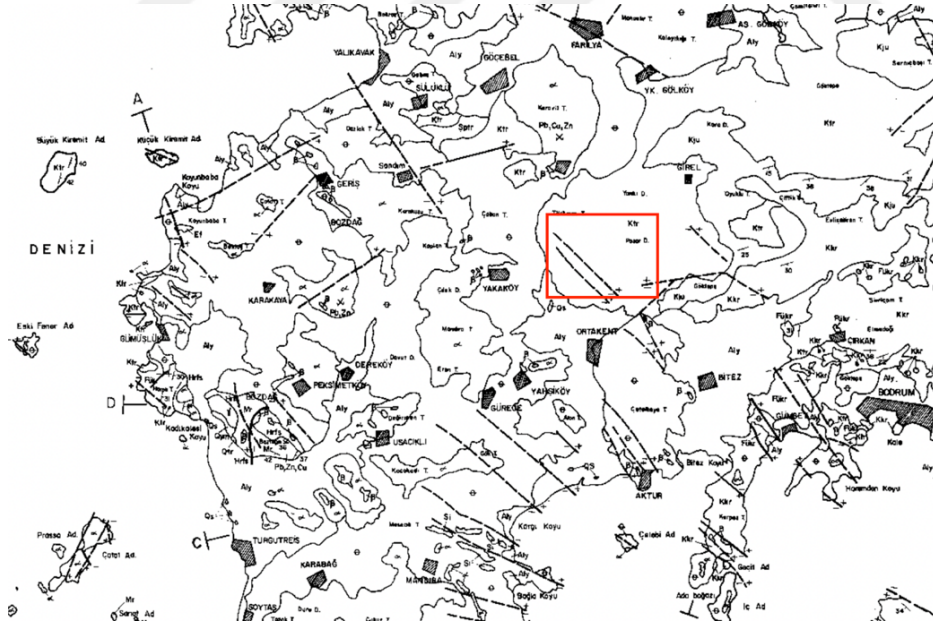
Şekil 3.1. Metilen mavisi deneyi sonucu

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

4.1.1. Bir beton firmasına ait taş ocağı bölgesinin genel jeolojisi ve taş ocağı hakkında genel bilgiler

Çalışma bölgesi Bodrum ilçesi sınırları içerisinde Pazardağı formasyonu olarak geçmekte olup (Ktr) sembolü ile gösterilmektedir. Bu formasyon dolamitik kireçtaşlarıdır. Kireçtaşları genellikle masif ve beyaz renkte olup, yer yer gri renkte dolamitler vardır. Formasyon isminin tipik olarak gözlendiği Pazar dağından almaktadır. Ocağı bulunduğu birbirine paralel ve yaklaşık 10 metre yakınlıkta 2 fay hattı ocağı dik kesmektedir. Ocağın bulunduğu bölgede eskiden dere mevcut olduğundan ocakta bulunan kırıklar ve çatlaklardan dolayı kil ile dolmuştur. Ocağın jeolojik haritası ve Pazardağı formasyonu Şekil 4.1. de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Bodrum yarımadası jeolojik haritası

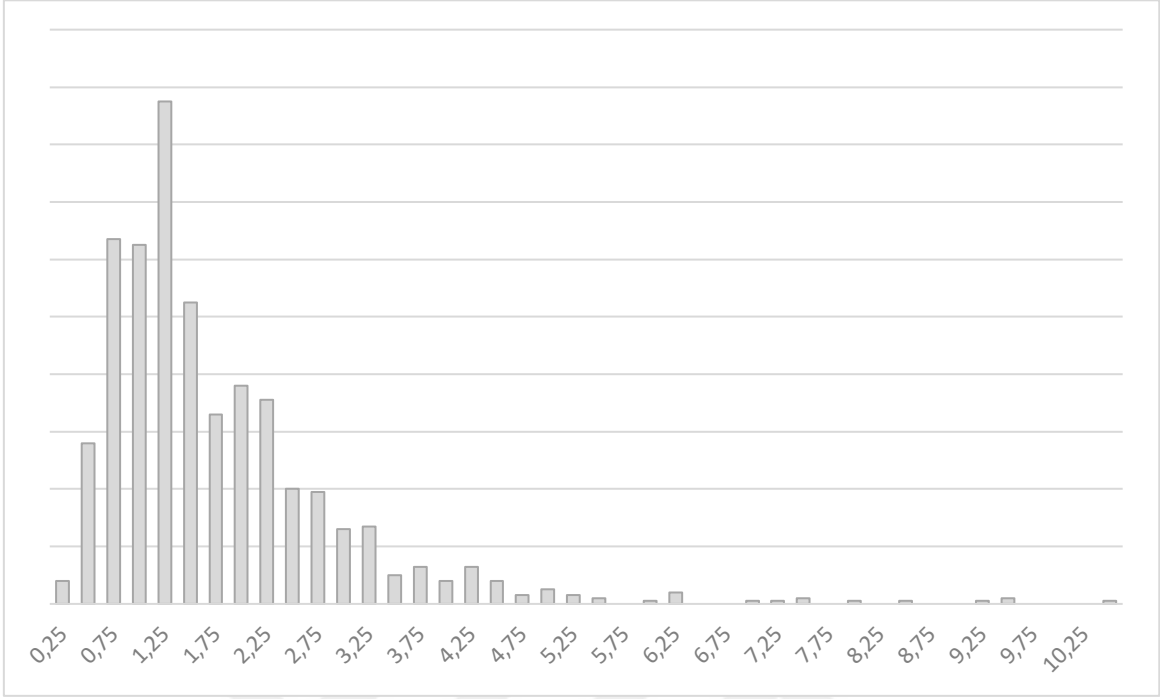
Taş Ocağı Bodrum yarım adasının yaklaşık olarak ortasında bulunup Ortakent Yalıkavak yolu üzerindedir. En yakın yerleşim yeri olan Yakaköye kuş uçuşu 1 km Bodrum merkezine 7,5 km uzaklıktadır (Şekil 4.2). Taş ocağının hemen yanında bir beton santrali olup bulunduğu konumundan dolayı bodrum yarımadasının her noktasına çok hızlı ve yüksek miktarlarda beton operasyon kabiliyeti vardır.



Şekil 4.2. Bodrum yarımadası uydu görüntüsü ve beton santralinin konum

4.1.2. Taşocağında üretilen malzemenin metilen mavisi ve rezerv dağılım parametreleri

Yapılan çalışmalar ve kalite kontrol sonuçları üzerine ocakta üretilen kumun metilen değerlerinde çok fazla değişkenlik gözlemlendiği ve metilen mavisi değeri aralığının çok geniş olduğu saptanmıştır. Yapılan testlerin sonuçlarında 0.25 ile 10.5 metilen mavisi değerinde değişkenlik saptanmış olup, genel olarak genel olarak 0.5 ile 3 arasındadır. Yapılan 1022 adet testlerin sonucunda taş ocağında metilen mavisi dağılımı (Şekil 4.3) lognormal dağılım göstermekte olup ortalama metilen mavisi değeri 1.78, logaritmik ortalaması 0,34 logaritmik standart sapması 0,76'dır. Ayrıca yaklaşık olarak 40.000.000 ton rezerv saptanmıştır.



Şekil 4.3. Ocağın metilen mavisi dağılım grafiği

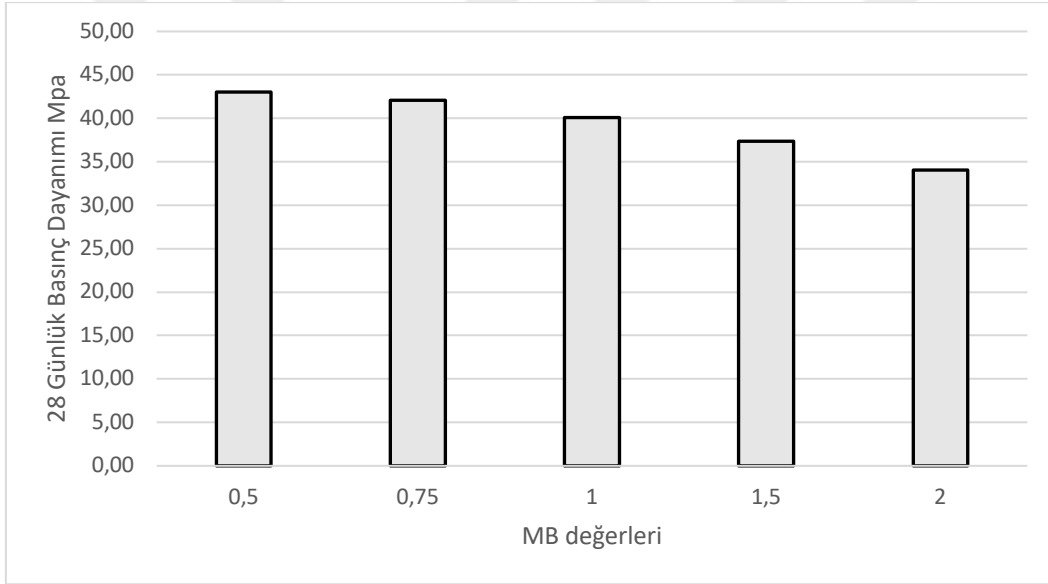
4.1.3. Taşocağından üretilen agregalarla metilen mavisi ve beton testi verileri

Bu çalışmada günlük yapılan dayanım testleri ve metilen mavisi değerinin beton dayanımına etkileri incelenmiştir. Kullanılan agregalar ocaktan üretilen agregalar olup, aynı reçeteye sahip, farklı metilen mavisi değerleri olan agregaların verileri incelenmiştir. Veriler laboratuvar şartlarında kalite kontrol standartlara uygun olarak alınmış olup 21^o C derecede 15*15*15 cm küplerde 1 gün bekletilip kalıplardan çıkarıldıktan sonra 20^o C derecedeki kür havuzunda 28 gün bekletildikten sonraki kırılmaları gerçekleştirilmiştir.

Beton sınıfı C25/30 olup tasarımı normal betondur ve kıvam sınıfı ise S4'tür. Aynı türdeki katkı ve çimento kullanılmıştır. Farklı metilen mavisi değerlerine sahip agregalarla üretilen betonların 28 günlük kür süresi sonundaki dayanım değerleri ölçülmüş olup, yapılan çalışmanın sonuçları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.4'te verildiği gibidir.

Çizelge 4.1. Çimento ve katkı dozajı sabit tutulduğunda metilen mavisi değeri değişimine karşın beton dayanımı

MB Değeri	Numune Adedi	Ortalama 28 günlük Basınç dayanımı
0,5	56	43,03
0,75	23	42,05
1	25	40,10
1,5	12	37,36
2	7	34,05

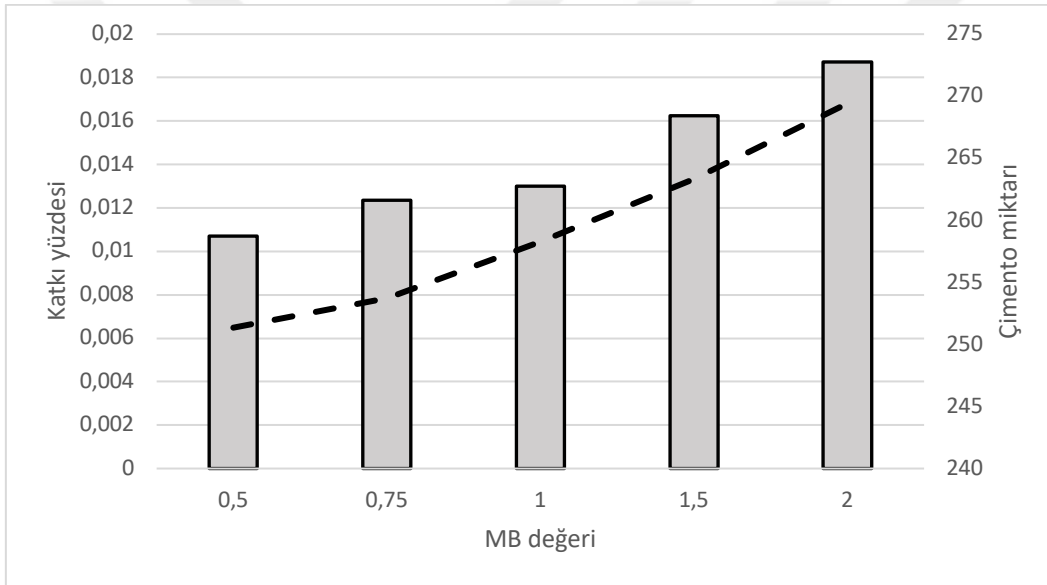


Şekil 4.4. Çimento ve katkı dozajı sabit tutulduğunda metilen mavisi değeri değişimine karşın beton dayanımı grafiği

Çizelge 4.1 ve Şekil 4.4'ten de görüldüğü gibi, metilen değeri ile betonun dayanımı arasında ters bir ilişki gözlemlenmekte olup, metilen mavisi değeri arttıkça beton dayanımı azalmaktadır. Dayanımlardaki bu düşüş çimento ve katkı miktarlarında artışla dayanımlar istenilen hale getirilebilmekle beraber beton yapım maliyetlerini de etkilemektedir. Aynı dayanımları elde etmek için reçetelere yapılan müdahalelerdeki çimento ve katkı yüzdeleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.2. Metilen mavisi değişimi karşısında beton dayanımını sabit tutmak için çimento miktarı ve katkı dozajının değişimi

MB Değeri	Numune Adedi	Katkı Yüzdesi	Çimento Miktarı	Dayanım
0,5	148	1,07%	251,35	35,52905
0,75	70	1,24%	253,71	36,44857
1	60	1,30%	258,25	35,97167
1,5	21	1,62%	263,31	35,12857
2	14	1,87%	269,41	35,53151



Şekil 4.5 Metilen mavisi değişimi karşısında beton dayanımını sabit tutmak için çimento miktarı ve katkı dozajının değişim grafiği

Şekil 4.5'ten de görüldüğü gibi, metilen mavisi değerinin artması durumunda, reçetedeki katkı ve çimento miktarlarında artış olmaktadır. Katkı ve çimentodaki artış ise, maliyetleri de etkileyeceğinden dolayı, beton maliyetlerinde deki artışın metilen mavisi değerleriyle orantılı olduğu düşünülebilir.

4.1.4. Taşocağı ekonomik parametreleri ve beton maliyetleri

4.1.4.1. Taş ocağı ile kırma-eleme tesisi kapasite ve ekonomik parametreleri

Taş ocağı, kırma eleme ve hazır beton santrali için ilk yatırım maliyetleri hedeflenen üretim kapasiteleri hakkında bilgiler Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Taş ocağı ile kırma-eleme tesisi kapasite ve ekonomik parametreleri

Maden Yıllık Kapasitesi.	FQ _M	1.680.000,00	TON/YIL
Maden İşletme İlk Yatırım Maliyeti	MINV	50.000.000,00	TL
Konkasör Kapasitesi	FQ _C	1.680.000,00	TON/YIL
Tesis Maliyeti	CINV	120.000.000,00	TL
Sabit Üretim Maliyeti	FM	39.600.000,00	TL
Maden Üretim Maliyeti	MM	13,00	TL/TON
Konkasör Üretim Maliyeti	CM	26,00	TL/TON
Faiz	r	0,16	
Vergi Oranı	VO	0,22	
Satış Fiyatı	S	408,16	TL/TON

4.1.4.2. Rezerv ve metilen değeri dağılım parametreleri

Taş ocağı için yapılan çalışmalar sonucu rezerv-metilen mavis (kil) dağılımının log normal dağılım gösterdiği ve ocaktaki stabilize oranı ve pasa oranının Çizelge 4.4' de verildiği gibi olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Rezerv-metilen mavis (kil içeriği) dağılım parametreleri

Metilen Mavis Ortalaması	\bar{x}	1,78	
Metilen Mavis Log Ortalaması	α	0,3400	
Metilen Mavis Log Standart Sapması	β	0,7600	
Rezerv	REZ	40.000.000,00	TON
Stabilize Oranı	SO	0,18	
Pasa Oranı (Agrega/Toplam Malzeme)	PO	0,85	

4.1.4.3. Beton maliyetleri

Yapılan reçete denemeleri sonucunda, betonun birim ağırlığı ve birim maliyeti hesaplanmış olup Çizelge 4.5’te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Beton birim ağırlığı ve birim maliyetleri

Betonun Birim Ağırlığı		2,45	Ton/m ³
Betonun hacimsel birim maliyeti		594,00	TL/m ³
Betonun ton başına birim maliyeti	BM	242,45	TL/Ton

4.2. Yöntem

4.2.1. Metilen mavisi istatistiksel dağılım parametrelerinin belirlenmesi

Üretilen ince agrega stoktan alınan numunelerin analiz edilen metilen mavisi değerleri belirli bir frekans aralığında sınıflandırılır. Bu frekans aralıklarına göre ortaya çıkan dağılım modeli incelenir ve üretilen ince agreganın dağılımı belirlenir. Bu bölümde üretilen ince agrega için sınır safsızlık (metilen mavisi) dağılımı için normal ve lognormal dağılım metotları incelenmiştir.

4.2.1.1. Normal dağılım

Ocaktaki üretilen ince agreganın metilen değerlerinin normal dağılıma uyan agregalar için değerlendirilmiştir.

Parametreler;

x = olasılığı aranan bir değer(değişken)

\bar{x} = aritmetik ortalama

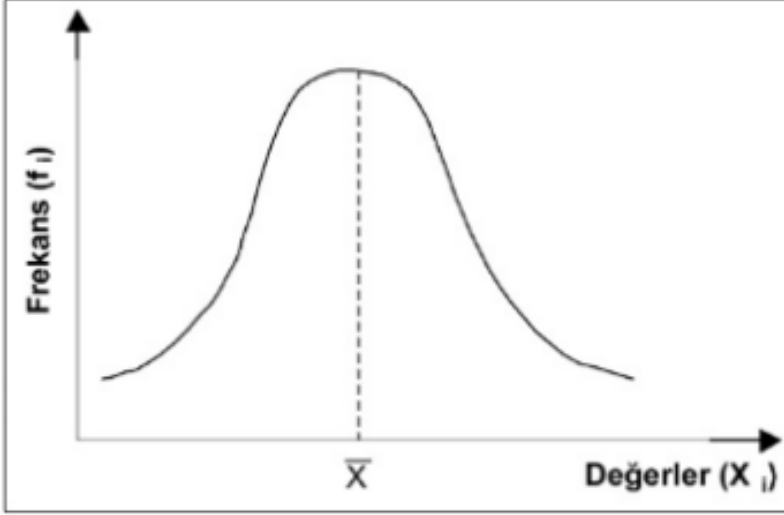
σ = Standart sapma

Normal dağılım fonksiyonu;

$$z = \frac{x - \bar{x}}{\sigma} \quad (4.1)$$

x dönüştürülmesi yapılarak "standart normal dağılım" elde edilir. Standart normal dağılım fonksiyonu;

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{z^2}{2}} \quad (4.2)$$



Şekil 4.6. Normal dağılım eğrisi

Beton yapımı için kullanılan ince agregada sınır metilen mavisi değeri bizim için aranan değer olacaktır (X değişkeni). Beton yapımında belirlenen bu değer aşağısındaki ürün kullanıldığından X değeri Z eşitliğinde hesaplandıktan sonra dağılımın solunda kalan alan bulunur. Bu alan Beton yapımında kullanılacak rezervin değerini verir. Standart normal dağılımın altında kalan alanın toplamı 1'e eşittir. Normal dağılım ortalamanın sağında ve solunda kalan alanlar 0.5tir.

4.2.1.2. Lognormal dağılım

Ocaktaki üretilen ince agreganın metilen değerlerinin doğal logaritmaları normal dağılıma uyan dağılıma lognormal dağılım olarak değerlendirilir.

Parametreler;

x = olasılığı aranan herhangi bir değer (değişken),

$f(x)$ = x değişkeninin gerçekleşme olasılığı,

α = dağılımın logaritmik ortalaması,

β = dağılımın logaritmik standart sapmasıdır.

Lognormal dağılımın olasılık eğrisi aşağıdaki eşitlikte açıklanmıştır.

$$f(x) = \frac{1}{x \cdot \beta \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \alpha)^2}{2\beta^2}} \quad (4.3)$$

Lognormal dağılım parametrelerinden olan logaritmik ortalama ve logaritmik standart sapma iki farklı yöntemle hesaplanır bu yöntemlerde seçim yapmak için varyasyon sabiti olan (C) kullanılır. C sabiti de iki farklı yöntemle hesaplanabilir.

$$c = \frac{\sigma}{x}, \quad c = \sqrt{e^{\beta^2} - 1} \quad (4.4)$$

Varyasyon sabitinin 1.2'den büyük olması durumunda birinci yöntem varyasyon sabitinin küçük olması durumunda ikinci yöntem kullanılır. Örneklerin logaritmaları alınarak normal dağılım gibi aritmetik ortalama ve standart sapma hesaplanır. Bunların yardımı ile aşağıdaki eşitliklerle de normal aritmetik ortalama ve standart sapma hesaplanabilir.

$$\bar{x} = e^{\alpha + \frac{1}{2}\beta^2} \quad (4.5)$$

$$\sigma = \sqrt{\bar{x}^2 \cdot (e^{\beta^2} - 1)} \quad (4.6)$$

Örneklerin normal aritmetik ortalaması ve aritmetik ortalaması bulunarak aşağıdaki eşitliklerden logaritmik ortalama ve standart sapma hesaplanır.

$$\alpha = \ln \bar{x} - \frac{1}{2}\beta^2 \quad (4.7)$$

$$\beta^2 = \ln \left(\frac{\sigma^2}{\bar{x}^2} + 1 \right) \quad (4.8)$$

4.2.2. Sınır tenör ve sınır safsızlık kavramı

4.2.2.1. Sınır tenör kavramları

Teknolojiye bağlı olarak bir cevher için zenginleştirilebilecek en düşük tenöre teknolojik sınır tenör denilir. Sınır tenör teknolojik koşullara ve zamana göre değişkenlik gösterebilir.

Ekonomik sınır tenör bir madenin ekonomik olarak işletebilmek için alınabilecek en düşük cevher tenörünü ifade eder. Maden yatağından alınan numuneler ile alınan numunelerin istatistiksel olarak rezerv tenör dağılımı saptanır. Saptanan rezerv dağılımı projenin belirlenen maliyet ve cevherin satış fiyatına göre hesaplanır.

Ekonomik sınır tenör işletmenin madencilik maliyetleri cevher hazırlama maliyetleri bulunduğu konumdan dolayı doğan nakliye ücretlerindeki değişim sabit giderler tesis ve madencilik için ilk yatırım maliyetleri vergiler gibi birçok parametreler göz önüne alınarak hesaplanır. Her bir işletmede her bir maden cevherinden bağımsız olarak sabit bir değer olmayıp her işletme her ocak için ayrı olarak hesaplanması gerekmektedir.

4.2.2.2. Sınır safsızlık

Safsızlık, rezervin metal içerik oranından bağımsız olarak rezervde bulunan ve kaliteyi etkileyen, madenin işletmesinde ve hazırlanmasında önemli bir etkisi olan rezervde istenmeyen içeriğe safsızlık denilebilir. Sınır safsızlık bir rezervin istenmeyen maddenin rezerv safsızlık dağılımına uygun olarak sınır tenörden farklı olarak belirlenen sınır değerden düşük olan cevherin kullanılmasıdır. Bu tez çalışmasında, agrega ocağında istenmeyen safsızlık kil içeriği olup, kilin belirlenmesinde kullanılan metilen mavisi değeri sınır safsızlık olarak ele alınmıştır.

4.2.3. Beton agregalarında sınır metilen mavisi değeri optimizasyon algoritması

4.2.3.1. Normal dağılıma uyan beton agregaları için sınır metilen mavisi değeri altında kalan cevher rezervinin hesaplanması

Eğer metilen değerleri normal dağılıma uygun bir şekilde dağılıyorsa standart normal dağılımdan yararlanılarak agrega kaynakların için sınır safsızlığın (metilen değerinin) altında kalan cevher kütlelerinin tonaj oranı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir.

$$Z_c = \frac{X_c - x}{\sigma} \quad (4.9)$$

$$T_c = F(Z_c) \quad (4.10)$$

Burada;

Z_c = sınır metilen mavisi değerinin standart normal değeri

X_c = sınır metilen mavisi değeri

x = metilen mavisi dağılımının aritmetik ortalaması

σ = metilen mavisi dağılımının standart sapması

T_c = tonaj oranı (sınır metilen mavisi değeri altında kalan rezervin miktarının toplam malzeme miktarına oranı)

$F(Z_c)$ = sınır tenörün standart normal değeri için kümülatif olasılık fonksiyonunun değeridir.

Tonaj oranı ile toplam cevher rezerv miktarının çarpılmasıyla, sınır safsızlığın altında kalan işletilebilir cevher rezervi hesaplanır.

4.2.3.2. Log-normal dağılıma uyan beton agregaları için sınır metilen mavisi değeri altında kalan işletilebilir cevher rezervinin hesaplanması

Eğer metilen değerleri normal dağılıma uymuyor ve değerlerin doğal logaritmaları normal dağılıma uyuyorsa, lognormal dağılımın özelliklerinden yararlanılarak agreganın sınır metilen değerinin altında kalan cevher kütlelerinin tonaj oranı aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir. Tonaj oranı ile toplam cevher rezerv miktarının çarpılmasıyla, sınır safsızlığın altında kalan işletilebilir cevher rezervi hesaplanır.

$$Z_c = \frac{\ln(X_c) - x}{\beta} \quad (4.11)$$

$$T_c = F(Z_c) \quad (4.12)$$

Burada; Z_c = sınır metilen mavisi değerinin standart normal değeri

X_c = sınır metilen mavisi değeri

x = metilen mavisi dağılımının logaritmik aritmetik ortalaması

β = metilen mavisi dağılımının logaritmik standart sapması

T_c =tonaj oranı (sınır metilen mavisi değeri altında kalan rezervin miktarının toplam malzeme miktarına oranı)

F_c sınır tenörün standart normal değeri için kümülatif olasılık fonksiyonunun değeridir.

4.2.3.3. Sınır metilen mavisi değeri altında kalan işletilebilir cevher kütlelerinin ortalama metilen değeri

Agrega üretiminde, metalik madenlerden farklı olarak sınır tenörün üstünde kalan cevher miktarını değil, sınır metilen mavisi değerinin altında kalan cevherin miktarı önemlidir. Betona katılacak çimento ve katkı maddesi miktarını belirleyebilmek için, sınır metilen mavisi değerinin altında kalan cevher kütlelerinin ortalama metilen değeri hesaplanır.

Rezerv-metilen mavisı dağılımlı normal dağılıma uyan agrega yataklarında, sınır metilen mavisı değerinin altında kalan cevher kütlelerinin ortalama metilen değerı için aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$X_c = \frac{x}{T_c} * F(z_c - \sigma) \quad (4.13)$$

Rezerv-metilen mavisı dağılımlı log-normal dağılıma uyan agrega yataklarında, sınır metilen mavisı değerinin altında kalan cevher kütlelerinin ortalama metilen değerı için aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$X_c = \frac{x}{T_c} * F(z_c - \beta) \quad (4.14)$$

4.2.3.4. Ortalama metilen değerlerine göre hesaplanmış reçetelerin beton maliyetleri

Her bir metilen mavisı değerı için ayrı ayrı hesaplanmış beton reğeteleri olmalıdır. Bu değer bir eşitlik ile değil beton tesisinin deneysel ęalıřmaları sonucu oluşturdukları beton reğetelerine göre belirlenir. Ancak beton maliyetleri metilen mavisı değerinin yüksek ya da düşük değerler alması ile değerkenlik gösterir. Değerin yüksek olması beton karışımın içinde kil ve siltin yüksek oluğunu gösterir ve bu nedenle beton karışımındaki agrega ve ęimento için eklenen suyun büyük bölümü kil ve silte gitmekte olup karışımdaki suyun ęimentoya gitmemesine ve ęimentonun işlevini yerine getirmemesine sebep olur. Eklenen fazla su ise ęimento su oranını etkileyip dayanımın düşüşüne neden olur. Dayanım düşüşünü ve su ihtiyacını gidermek için betona fazladan ęimento veya eklene kimyasal katkıları beton maliyetini etkilemektedir. Özellikle belirli bir değerden sonra katkı dozajlarının miktarı artması değer aynı zamanda o metilen değerı aralığında ęalıřan daha kuvvetli ve pahalı olan kimyasal katkılara geğilmesine ve ęok daha pahalı beton yapılmasına neden olur. Beton maliyeti (BM) aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$BM = BM' + RM \quad (4.15)$$

Burada;

BM: Beton ton başına birim maliyeti

RM: Katkı maliyeti

4.2.3.5. Maden yatağının toplam kullanılabilir rezerv miktarı

Burada madende toplam rezerv, ocaktan tesise taşınmayıp pasa sahasına götürülecek malzeme çıkartıldıktan sonra kalan kısımdır. Böylelikle tesise toplamda beslenecek malzemenin miktarı belirlenmiş olunur. Bu malzeme tesiste kırma eleme işlemine tabi olup agregaya dönüştürülür. Pasa oranı bir işletmede toplamda çıkan agrega miktarının toplamda yapılan kazı işlemlerine bölünmesi ile bulunabilir. Pasa oranının azalması, madencilik faaliyetlerin artması anlamına gelip birim agrega için daha fazla zaman işçilik ve maliyet artmasına neden olur. Taş ocağındaki toplam agrega rezervi (QMK) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır.

$$QMK = REZ * PO \quad (4.16)$$

Burada;

REZ= taş ocağındaki toplam malzeme (agrega + pasa) miktarı

PO= pasa (agrega/toplam Malzeme) oranı

4.2.3.6. Sınır metilen değeri altındaki işletilebilir cevher kütlesi

Toplam kullanılabilir agrega rezervi (QMK) ile tonaj oranının (T_c) çarpımı ile işletilebilir cevher kütlesi miktarı (QM_j) bulunur. İşletilebilir cevher kütlesi, beton yapımında kullanılacak agreganın miktarıdır.

$$QM_j = QMK * T_c \quad (4.17)$$

4.2.3.7. Maden yatağının ömrü

Maden yatağının ömrü kırma eleme tesisi üretim kapasitesine bağlıdır. Kırma eleme tesisinden üretilen agrega aynı zamanda beton santralinin yılda üretebileceği maksimum beton miktarını da belirler. Eğer tesiste bir stabilize(By-Pass) malzeme çıkışı varsa tesise beslenen malzeme üretilen agrega miktarından fazla olur, bunun nedeni malzemenin bir miktarının agrega değil stabilize(By-Pass) malzeme olarak üretilmesinden kaynaklanır. İstenilen agrega üretim kapasitesine ulaşmak için stabilize oranına göre daha fazla malzeme tesise beslenmelidir.

$$T_j = \frac{QM_j}{FQ_C} \quad (4.18)$$

FQ_C = istenilen agrega üretim kapasitesi

4.2.3.8. Maden işletme ve konkasör kapasitesinin belirlenmesi

Taş ocağı madencilik kapasitesi (MK_j), tesise istenen malzemeyi sağlayabilmek için yapılan tüm madencilik faaliyetlerinin yıllık toplam miktarıdır. Bu faaliyetler cevheri çıkartmak için yapılan pasa kazı faaliyetlerinden de etkilenir. Madencilik kapasitesi (MK_j), taş ocağı toplam malzeme (agrega + pasa) miktarının (Rez) maden yatağı ömrüne (T_j) bölünmesiyle hesaplanır.

$$MK_j = \frac{Rez}{T_j} \quad (4.19)$$

Kırma-eleme tesis kapasitesi (CK_j), tesisin bir yılda toplamda işleyeceği toplam agrega malzeme miktarıdır. Kırma-eleme tesis kapasitesi (CK_j), toplam kullanılabilir agrega rezervinin (QMK) maden yatağının ömrüne bölünmesiyle hesaplanır.

$$CK_j = \frac{QMK}{T_j} \quad (4.20)$$

Beton üretim kapasitesi (BK_j) tesisten yılda çıkan beton için kullanılacak agrega miktarıdır. BK_j miktarı, tesise beslenen malzemenin stabilizeye ayrılan kısmı çıkarıldıktan sonra kalan malzeme miktarı olup, sınır metilen değerine göre stoklanır. Beton üretim kapasitesi (BK_j), tesis kapasitesinin (CK_j) tonaj oranı (T_c) ve stabilize oranının (SO) 1'den çıkartılan değeri ile çarpımı sonucunda elde edilir.

$$BK_j = CK_j * T_c * (1 - SO) \quad (4.21)$$

4.2.3.9. Yatırım ve üretim maliyetleri

Sınır metilen değeri optimizasyonunda, karlılık göstergesinin (KG_j) yatırım karlılık ölçütünün en büyüklenmesine karar verilmiştir. Karlılık göstergesi (KG_j), j'inci alternatif sınır metilen mavisisi değeri için hesaplanacak Net Bugünkü Değerin (NBD_j) toplam ilk yatırım maliyetine ($TINV_j$) bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Bunun için aşağıda öncelikle, ilk yatırım maliyeti ve üretim maliyeti hesaplama yöntemi ele alınmıştır. Toplam ilk yatırım maliyeti, maden işletmesinin ve tesisin üstel ilişkisi ile aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$TINV_j = MINV * \left(\frac{MK_j}{FQ_m}\right)^x + CINV * \left(\frac{CK_j}{FQ_c}\right)^x \quad (4.22)$$

Burada;

FQ_m = belirli bir sabit maden üretim kapasitesi

FQ_c = belirli bir sabit konkasör kapasitesidir

$MINV$ = Belirli bir FQ_m kapasitesine sahip maden ilk yatırım maliyeti

$CINV$ = Belirli bir FQ_c kapasitesine sahip kırma-eleme tesisinin ilk yatırım maliyetidir.

Madencilik maliyeti (MM), genelde ocakta üretilen tüvanan agreganın delme patlatma yükleme ve nakliye giderleridir. Tesise gelen tüvanan agreganın kırma eleme işlemi ile oluşan bir giderdir burada ocaktan tesise beslenen her malzeme için hemen hemen aynı birim maliyet olduğu kabul edilmektedir. Unutulmamalıdır ki tesisten sadece beton yapımında kullanılan agrega değil stabilize (By-Pass) ve ayrıca beton yapımında kullanılmayacak olan agregada üretilecektir.

Beton maliyetleri üretilecek olan betonun reçetesine göre değişkenlik göstermektedir. Aynı zamanda seçimi yapılacak metilen mavisı değeri yükseldikçe kullanılacak katkı ve çimento miktarının artışına sebep olacaktır. Toplam hazır beton üretim maliyeti aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır.

$$TM_j = FM + BK_j * (BM - MM - CM) + CK_j * CM + MK_j * MM \quad (4.23)$$

Burada; FM=sabit giderler

MM=madencilik maliyeti

CM=Tesis Maliyeti

BM=Beton maliyeti

4.2.3.10. Satış gelirleri

Satış gelirleri (G_j), j'inci sınır metilen mavisı değeri ile hesaplanan beton santrali üretim kapasitesinin (BK_j) beton satış fiyatı (S) ile çarpımı sonucu aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$G_j = S * BK_j \quad (4.24)$$

S=Satış Fiyatı

4.2.3.11. Net nakit akımlar, net bugünkü değer ve karlılık göstergesi

Net nakit akımı (CF_j), j'inci sınır metilen mavisı değeri için hesaplanan satış gelirlerinden (G_j) toplam hazır beton maliyetinin (TM_j) çıkarılması ile elde edilen brüt karın vergi sonrası değeri ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$CF_j = (G_j - TM_j) * (1 - VO) \quad (4.25)$$

VO= vergi oranı

Sınır metilen mavisı değerinin değişimine göre hesaplanan taş ocağı işletme ömrünce (T_j) elde edilecek Net Nakit Akımlarının (CF_j) bugünkü değerleri toplamı ile Net Bugünkü Değer (NBD) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$NBD = CF_j * \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^{T_j}}}{r} - TINV_j \quad (4.26)$$

r= İndirgeme (faiz) oranı

Karlılık Göstergesi (KG_j) ise net bugünkü değerin yatırım maliyetine oranı olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$KG_j = \frac{NBD_j}{TINV_j} \quad (4.27)$$



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Bulgular

5.1.1 Örnek sınır metilen değeri için yapılan karlılık göstergesi hesaplama bulguları

Örnek olarak sınır metilen mavisini değeri 1,0 alınarak, yapılan hesaplamaların sonuçları aşağıda verilmiştir. Sınır metilen mavisini değeri (X_c) standart normal değeri:

$$Z_c = \frac{\ln(X_c) - x}{\beta}$$

$$Z_c = \frac{\ln(1) - 0,34}{0,76}$$

Z_c = -0,4471 olarak hesaplanmıştır. Z tablosundan Z_c değerine karşılık kalan F(z_c) değeri ise 0,33 dür.

T_c=f(z_c) eşit olduğundan tonaj oranı (T_c) değeri de 0,33 dür. Bulunan bu değer, ocakta sınır metile mavisinin 1 olması durumunda ocağın %33 üne karşılık gelen kısmının beton üretimi için uygun olduğunu göstermektedir. Sınır metilen değeri altında kalan işletilebilir agrega kütlelerinin ortalama metilen mavisini değeri;

$$X_c = \frac{x}{T_c} * F(z_c - \sigma)$$

$$X_c = \frac{1,78}{0,33} * F(0,76 - (-0,4471))$$

$$X_c = 0,62$$

Burada buluna X_c değeri beton reçetesinde kullanılacak malzemenin metilen mavisini değeridir. Beton reçetesi oluşturulurken, katkı seçimlerinde bu özellikteki kum referans alınıp katkı miktarı seçimi yapılır.

Beton maliyetleri;

$$BM = BM' + RM$$

Eşitliği ile hesaplanmış olup, buradaki RM değeri, metilen mavisi ortalamasının $X_c=1,0$ olduğu durum için katkı denemeleri sonucunda 11,56 TL olarak bulunmuştur.

$$BM = BM' + RM$$

$$BM = 242,45 + 11,56$$

$$BM=254,01 \text{ TL}$$

Taş ocağından tesise gelen kullanılabilir rezerv miktarı;

$$QMK = REZ * PO$$

$$QMK = 40.000.000 * 0,85$$

$$QMK = 34.000.000 \text{ Ton}$$

Sınır Metilen değeri altında kalan işletilebilir cevher kütlesi miktarı;

$$QM_j = QMK * T_c$$

$$QM_j = 34.000.000 * 0,33$$

$$QM_j=11.220.000 \text{ Ton}$$

Maden yatağının ömrü;

$$T_j = \frac{QM_j}{FQ_c}$$

$$T_j = \frac{34.000.000}{1.680.000}$$

$$T_j= 20 \text{ Yıl olarak hesaplanmıştır.}$$

Maden işletme, konkasör kapasitesi ve Beton santrali kapasitesi;

Maden işletme kapasitesi

$$MK_j = \frac{Rez}{T_j}$$

$$MK_j = \frac{40.000.000}{20}$$

$$MK_j=1.976.470,59 \text{ Ton/Yıl olarak hesaplanmıştır.}$$

Konkasör Kapasitesi;

$$CK_j = \frac{QMK}{T_j}$$

$$CK_j = \frac{34.000.000}{20}$$

$CK_j=1.680.000$ Ton/Yıl olarak hesaplanmıştır.

Beton santrali kapasitesi;

$$BK_j = CK_j * Tc * (1 - SO)$$

$$BK_j = 34.000.000 * (1 - 0,18) * 0,33$$

$BK_j= 454.608$ Ton/Yıl olarak hesaplanmıştır.

Yatırım ve üretim maliyeti;

$$TINV_j = MINV * \left(\frac{MK_j}{FQ_m}\right)^x + CINV * \left(\frac{CK_j}{FQ_c}\right)^x$$

$$TINV_j = 50.000.000 * \left(\frac{1.976.470,59}{1.680.000}\right)^{0,65} + 120.000.000 * \left(\frac{1.680.000}{1.680.000}\right)^{0,65}$$

$TINV_j= 175.570.934,82$ TL

$$TM_j = FM + BK_j * (BM - MM - CM) + CK_j * CM + MK_j * MM$$

$$TM_j = 39.600.000 + 454.608 * (254,01 - 13 - 26) + 1.680.000 * 12 + 1.976.470,59 * 13$$

$TM_j=206.720.447,08$ TL

Satış Gelirleri;

$$G_j=BK_j*S$$

$$G_j=454.608*408,16$$

$G_j=185.554.285,71$ TL

Net akımlar ve bugünkü değer;

$$CF_j = (G_j - TM_j) * (1 - VO)$$

$$CF_j = (185.554.285,71 - 206.720,08) * (1 - 0,22)$$

$CF_j=-16.509.605,87$ TL

$$NBD = CFJ * \frac{1 - \frac{1}{(1+r)^{tj}}}{r} - TINVJ$$

$$NBD = -16.509.605,87 * \frac{1 - \frac{1}{(1+0,16)^{20}}}{0,16} - 175.570.934,82$$

$$NPD = -273.637.859,35 \text{ TL}$$

Karlılık Göstergesi;

$$KG_j = \frac{NPV_j}{TINV_j}$$

$$KG_j = \frac{273.637.859,35}{175.570.934,82}$$

$$KG_j = -155,86\%$$

Seçilen sınır metilen değerinde net bugünkü değer oranı sıfırın altında çıkmıştır. Bu da göstermektedir ki seçilen sınır metilen mavisisi kârsız bir seçim olup, zararına çalışmayı gerektirmektedir. Optimum sınır metilen mavisisi değerine karar verebilmek için, birden fazla farklı metilen değerleri için tek tek KG hesaplanmalı ve en büyük KG'ni veren sınır metilen mavisisi değeri seçilmelidir.

5.1.2. Optimum sınır metilen mavisisi değeri

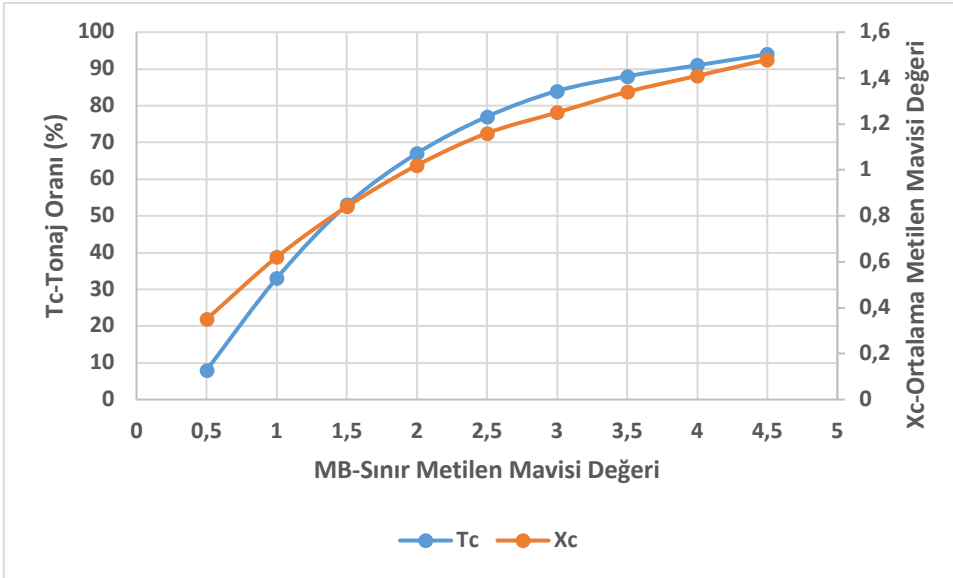
Bir taş ocağından sınır metilen mavisisi değerine göre kırma-eleme tesisine besleme yapılması ve kırma-eleme tesisinden elde edilen ince agregaların hazır beton imalatında kullanılması halinde, ocak ve kırma-eleme tesisi kapasitesinin, ocak ömrünün ve betona imalatında kullanılacak katkı maddelerini değiştirdiğinden, taş ocağı ve hazır beton imalatı sırasında en büyük karlılıkla çalışabilmesi için optimum sınır metilen mavisisi değeri hakkında karar verilmesi gerekmektedir. Bunun için de öncelikle, taş ocak rezervinin metilen mavisisi değeri esas alınarak doğru bir şekilde tanımlanması ve bu rezervin doğru bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Optimum sınır metilen mavisi değerinin belirlenebilmesi için, yukarıdaki bölümde açıklanan algoritma temelinde, sınır metilen değerinin değişken olduğu durum için Karlılık Göstergelerinin (KG) hesaplanması ve en büyükleyen KG'ni veren alternatifin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, sınır metilen mavisi değeri 0,5'ten başlayarak 0,5'er aralıklarla 4,5 değerine kadar arttırıldığında, taş ocağının tonaj oranı ve ortalama metilen mavisi değeri ile KG'nin Çizelge 5.1'de verildiği gibi değiştiği tespit edilmiştir.

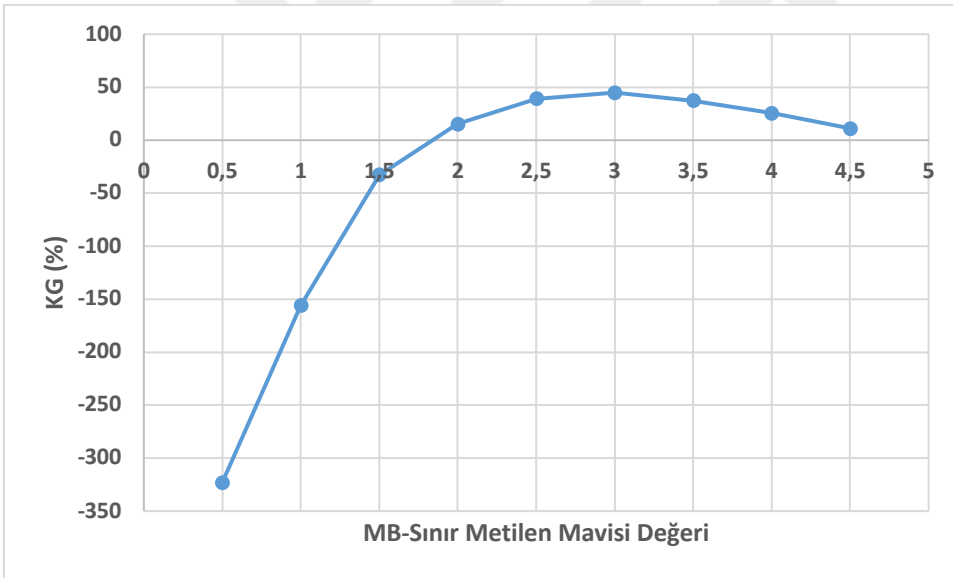
Şekil 5.1'den de görüldüğü gibi, taş ocağında sınır metilen mavisi değerlerine göre üretim yapılması halinde, sınır metilen mavisi değeri arttıkça tonaj oranı (T_c) ve işletilebilir kütlelerin ortalama mavi metilen mavisi değeri (X_c) de artmaktadır. Buna karşılık, Şekil 5.2'den de görüldüğü gibi, yatırım giderleri ve üretim maliyetleri de arttığından ve taş ocağı tükenme ömrü azaldığından, sınır metilen mavisi değerinin artışı karşısında KG'nin de artmaya başladığı, MB=3,0 değerinde KG=44,90 % ile en büyük değere ulaştıktan sonra azalmaya başladığı görülmektedir. Bu nedenle, taş ocağında optimum sınır metilen mavisi MB=3,0 olmakta ve taş ocağı ortalama metilen mavisi değeri de $X_c = 1,25$ olmaktadır.

Çizelge 5.1. Sınır metilen mavisi değerine karşın tonaj oranı, ortalama metilen mavisi değeri ve karlılık göstergesi değişimi

Sınır Metilen Mavisi Değeri MB	Tonaj Oranı T_c (%)	Ortalama Metilen Mavisi Değeri X_c	Karlılık Göstergesi KG (%)
0,5	8,00	0,35	-322,90
1	33,00	0,62	-155,90
1,5	53,00	0,84	-32,80
2	67,00	1,02	15,10
2,5	77,00	1,16	39,10
3	84,00	1,25	44,90
3,5	88,00	1,34	37,30
4	91,00	1,41	25,40
4,5	94,00	1,48	11,10



Şekil 5.1. Sınır metilen mavisi değerine karşın taş ocağının tonaj oranı ve ortalama metilen mavisi değeri değişimi



Şekil 5.2. Sınır metilen mavisi değerine karşın KG değişimi

5.2. Tartışma

Beton santralleri için kırma taş üreten ocaklarından sınır metilen mavisi değerine göre seçimli madencilik yapılarak stok oluşturulurken, teorik olarak stok ortalamasının reçetede kullanılan agregaya yakın olması istenir. Ancak, üretim sırasında bu ortalamayı tutturmak zor olabileceğinden dolayı tek bir stok yerine birden fazla metilen mavisi değerine

bölünmüş stoklara ayrılıp karışım halinde beton santraline besleme yapılması daha uygundur. Özellikle yüksek kapasiteyle çalışan beton santralleri ya da baraj, tünel veya havalimanı gibi betonun yoğun kullanıldığı yerlerde hem maliyet hem de agregadan kaynaklı betonda istenen kalite sorunlarını minimize etmek gerekmektedir.

Sınır metilen mavisi optimizasyonu uygulaması ile ülkemizde taş ocaklarından üretilen agregaların en doğru şekilde ve verimli kullanımını sağlamak mümkün olacaktır. Özellikle taş ocaklarında sınır metilen mavisi optimizasyonu uygulamasının gerçekleştirilmesi ile ülkemizde hali hazırda yapımına devam eden ve yapılacak otoyol, baraj, tünel, havalimanları ve hastaneler gibi beton yoğun çalışmalarda yapım maliyetlerine büyük oranda etkisi olan betonun optimum maliyetle üretilmesi ve projelerin beton maliyeti yükünün azaltılmasının sağlanabileceği düşünülmektedir.

Sınır metilen mavisi değerinin azalması ocak içinde kullanılan rezervin miktarını düşürdüğü ve bu nedenle daha kaliteli olmasını ve düşük maliyetle oluşturabildiğimiz halde istenen metilen mavisi değerine sahip agreganın bulunmasının zorlaştığı ve madencilik üretim maliyetleriyle beraber net bugünkü değeri düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Seçilen sınır metilen mavisi değeri artıkça reçetede kullanılacak agreganın metilen mavisi değerini artırdığı gözlemlenmiş olup, bu artışın beton maliyetini etkilediği ve bu nedenle artan sınır metilen mavisi değerinin bir tepe noktasından sonra düşüğe geçtiği görülmektedir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada bir metal içeriğine sahip sınır tenör hesaplamalarını metal içeriği olmayan ve agreganın kalitesini, safsızlığı kullanarak normal veya log normal dağılım gösteren taş ocakları için metilen mavisi değeri esas alınarak bir sınır safsızlık seçimi yapılması amaçlanmıştır. Sınır metilen mavisi değeri optimizasyonu yapabilmek için statik sınır tenör hesaplarından yararlanılarak algoritma geliştirilmiştir.

Yapılan uygulama çalışmasında, ocaktaki rezervin neredeyse tamamının kullanıldığında durumda karlılık göstergesinin %11,1 olduğu, ancak sınır metilen mavisi değeri 3,00 seçildiği durumda ise ocak rezervinin %83,9 ünün kullanılırken karlılık göstergesinin %44,9'e çıktığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışma sonucunda, beton yapımında kullanmak için üretilen agregalara ait taş ocaklarında üretilen malzemenin tamamının beton yapımında kullanılmasının, karlılığı artırmadığı aksine belirli bir metilen mavisi değerini geçen agregalardan üretilen betonun karlılığını düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Beton üretiminde özellikle metilen mavisi değerine göre agreganın stoklanması, ince agrega stokunun beton bunkerine farklı metilen mavisi değerlerine sahip ince agrega gönderilmemesi için stokların ikiye bölünmesi ve bir düşük metilen, bir yüksek metilene sahip stok haline getirilip beton bunkerine karışım halinde gönderilmesi gerekebilir. Bu durumda bunker'e gelen malzeme karışım yapılarak hedeflenen reçetedeki metilen mavisi değerine getirilebilir.

Beton yapımında betonda istenen özelliklerin büyük çoğunluğu agregadan gelmekle beraber, beton reçetesine giren diğer malzemelerden de değişebilir. Gradasyon eğrisinin hızlı yükselip azalması, yaz-kış farklılıklarında hava şartlarına göre gerek katkı gerekse çimento miktarı değişimleri, fay hatlarının olduğu bölgelerde üretimi yapılan taşın fiziksel veya kimyasal değişimleri ve fiyat değişimleri gibi durumlarda, yapılan çalışma kalan rezerve göre tekrar yenilenip tekrar sınır metilen mavisi optimizasyonu yapılması daha uygun olmaktadır.

Artan konut ihtiyacı ve betona talep ile hazır beton üretimine ihtiyaç da artırmaktadır. Ayrıca, konut dışında ülkemizde yapımı devam eden ve yapılacak beton yoğun projelerin maliyet yükünü azaltılması, agrega doğal kaynaklarının etkili kullanımı önem arz etmektedir. Sınır metilen mavisi değeri seçimi ile kaynaktan üretilecek rezervin doğru kullanılması, kullanım dışında kalan pasa ve agreganın ocak içi dolgu faaliyetlerinde veya rehabilitasyon çalışmalarında kullanımı mümkündür. Böylelikle ocakta üretilecek agrega daha doğru bir şekilde kullanım amacına göre sınıflandırmış ve kullanılmış olması mümkündür. Bu tezde geliştirilen sınır metilen mavisi değeri optimizasyon algoritmasının, beton agregaları üretimi yapan taş ocaklar için model olarak kullanılabilceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- AGHA, F. K., 1953, Effect of aggregate on the quality of concrete . Kansas State University.
- Beixing, L., Mingkai, Z., Jiliang, W., 2011, Effect Of The Methylene Blue Value Of Manufactured Sand On Performances Of Concrete, Journal Of Advanced Concrete Technology , p.127-132.
- Cobanoğlu, I., Çelik, S. B., Cam, O., Etiz, H., Kursun, M., 2014, Investigation Of The Usability Of Travertine Quarry Wastes As Concrete Aggregate. Pamukkale University Journal Of Engineering Sciences, p.92-99.
- Çelik, M.Y., Şahbaz, A., 2017, Ilıca (Kütahya) Bazaltının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Journal Of Polytechnic, s.887-898.
- Demir, A., 2020, A Knowledge-Based System For Fine Aggregate Material Problem Selection İn Concrete Production, Hittite Journal Of Science And Engineering, p. 99-108.
- Deşik, F., Ustabaş, İ., 2019, Kireçtaşı Kökenli Kıırma Kumdaki İnce Madde Oranının Beton Kıvamına ve Dayanımına Etkisi, Dergipark,s.262-271.
- Farny, J. A., Kerkhoff, B., 1997, Diagnosis And Control Of Alkali-Aggregate Reactions İn Concrete, The Portland Cement Association,p.26.
- Gürbüz, G., Aydın, F., 2021. Agregada Kil Oranının Betonun Mekanik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Tr. Doğa ve Fen Derg. Cilt 10, s.144-149.
- Hasdemir, S., 2005, Metilen Mavisi Deney Sonuçlarının Beton Basınç Dayanımlarına Etkisi. Türkiye Hazır Beton Birliği s.8.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kala, K.S., Maruthupandian, S., Singh, SK., 2019. Effect Of Clay İn Alternative Fine Aggregates On Performance Of Concrete, Construction And Building Materials, s.228.
- Küçük, B., 2000, Beton Dayanımı ve Durabilitesini Sağlayan Parametreler, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt:6, s.79-85.
- Köksal, A., Abit, Ö., Karataş, E., 2013, Metilen Mavisi Değeri Yüksek Agregalar ve Farklı Özellikteki Kimyasal Katkılarla Yapılan Beton Çalışmaları, Yapıchem Kimya Sanayi AŞ İstanbul, <https://www.yapıchem.com.tr/upload/texts/288-beton-2013.pdf>
- Özbebek, H., Açık, H., 2011, İnce Agregalarda Yapılan Metilen Mavisi ve Kum Eşdeğeri Deney Sonuçlarının Beton Özelliklerine ve Maliyetine Etkisi. Beton 2011 Kongresi, İstanbul.
- Pekin, A., Konuk, A., 1999 Jeostatistiksel tahmin için uygun tenor dağılım modelinin belirlenmesi, Madencilik, s.8.
- Pitre, B.T., 2012. Application Of The Modified Methylene Blue Test To Detect Clay Minerals In Coarse Aggregate Fines, The Office Of Graduate Studies Of Texas A&M University, Civil Engineering , Master Of Science Thesis,
- Şenbil, U., E., Bağdatlı, Ö., Köseoğlu, K., Andiç, Ç.Ö., 2014. Farklı Metilen Mavisi Değerlerine Sahip Kırma Kumların Karakterizasyonu ve Beton Üzerindeki Etkileri, Mühendis ve Makina, Cilt 55, Sayı 649, s. 74-80.
- Topçu, İ.B., Demir, A., 2008. Relationship Between Methylene Blue Values Of Concrete Aggregate Fines And Some Concrete Properties, Can. J. Civ. Eng. s.379–383.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

TS 706 EN 12620+A1, 2009, TS 706 EN 12620+A1 Beton Agregaları, Türk Standartları Enstitüsü, s.7-9.

Yitik, H., 2006. İnce Tanelerdeki Kil İçeriğinin Metilen Mavisi Deneyi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, , Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 75 S.

Zhan'ao, L., Mingkai, Z., Beixing, L., 2016. Relationships Between Modified Methylene Blue Value Of Microfines İn Manufactured Sand And Concrete Properties, Journal Of Wuhan University Of Technology-Mater.