

# Volkanik Cürüfların İnşaat Endüstrisinde Hafif Beton Agregası Olarak Değerlendirilme Kriterleri

## Evaluation of Volcanic Slugs in Civil Industry As A Lightweight Concrete Aggregate

Servet DEMİRDAĞ, Lütfullah GÜNDÜZ

SDÜ. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, 32260, İsparta  
demirdag@mmf.sdu.edu.tr

**ÖZET:** Günümüz teknolojisinde, hafif doğal agregaların farklı endüstri alanlarında kullanımı giderek artmaktadır. Bunlar arasında özellikle volkanik cüruf kayacı, inşaat sektöründe hafif beton agregası olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, inşaat endüstrisinde hafif blok elemanı kullanımı da çok önemli bir husustur. Bu nedenle, volkanik cüruf agregaların hafif beton agregası olarak teknik özelliklerinin standartlara göre uygunluğu detaylı analiz edilmelidir. Bu makalede, volkanik cüruf agregaların TS ve ASTM standartlarına göre uygunluk kriterleri analiz edilmiş olup, hafif yapı elemanı blokların elde edilmesinde kullanılabilirlik irdelemeleri de sayısal olarak verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Volkanik Cüruf, Hafif Agregası, Hafif Beton, Blok, Standart

**ABSTRACT:** In current technology, the usage of lightweight natural aggregates show gradually rising trend in different industrial areas. In majority, volcanic slugs are used as a lightweight concrete aggregate in civil structuring applications. Furthermore, using the lightweight aggregate masonry blocks is also very important task in the building industry. Therefore, the technical specifications of volcanic slugs as a lightweight concrete aggregate should be well analysed for the compatibility of the related standards. In this paper, the usability of volcanic slugs according to the TS and ASTM standards were experimentally analysed. Volcanic slug aggregates were numerically evaluated to make the lightweight masonry blocks and the research findings were presented.

**Keywords:** Volcanic Slug, Lightweight Aggregate, Lightweight Concrete, Masonry Block, Standard

## 1. GİRİŞ

İnşaat sektöründe, tarihsel gelişim süreci içerisinde, yapılarda hafif beton karışımlarının kullanım gerekliliğinin çok eskilere kadar dayandığı bilinen bir gerçektir, inşaat sektöründe konut ihtiyacının karşılanabilmesi için günümüze kadar çok katlı binaların inşasında bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Bunların en önemlisi, binanın kendi ağırlığının fazla olmasıdır. Binanın bu olumsuz ağırlıklarının azaltılması amacıyla betonda kullanılan normal agrega yerine alternatif malzemeler araştırılmış ve bulunan çözümün agregayı hafifletmek olduğu sonucuna varılmıştır. Böylece beton içerisindeki normal agrega yerine böylece hafif agrega kullanılmaya başlanmıştır. Kullanılan hafif agrega, betonun özgül ağırlığını azalttığı gibi binanın ısısal konfor özelliklerini de iyileştirmekte, yangına karşı direncini artırmakta ve bu gibi özelliklerinden dolayı sektör bazında kullanıma oranını artırmaktadır.

Hafif yapı elemanı üretimi için değerlendirilebilen genişletilmiş (ki), genişletilmiş şist ve genişletilmiş arduvazın kullanımı ile elde edilmiş yapı elemanlarının gelişimi ülkemizde henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu amaçla, ülkemizde bol miktarda bulunan doğal hafif agregaların değerlendirilmesi gündeme gelmiş ve pomza taşı, volkanik tüf ve volkanik cüruf gibi malzemeler yaygın kullanım alanı bulmuştur.

Bu makalede, özellikle Ege Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nde yer alan volkanik cüruf oluşumlarının kırmataş olarak hafif beton agregası olarak değerlendirilebilirliğine ilişkin yapılan bir dizi deneysel çalışma bulguları detaylı analiz edilmiştir. Ayrıca, hafif beton agregası üzerine yürürlükte bulunan Türk Standartları ve diğer uluslararası standartlara göre bu volkanik cüruf agregaların uygunluk kriterleri tartışılmaktadır. Volkanik cüruf agregalı hafif betonlar ile elde edilmiş hafif yapı elemanı blok türlerinin sektörel anlamda teknik analizleri, yapılan bir dizi deneysel çalışma bulgularına göre bu makalede özetle tartışılmıştır.

## 2 . VOLKANİK CÜRUF AGREGA NEDİR

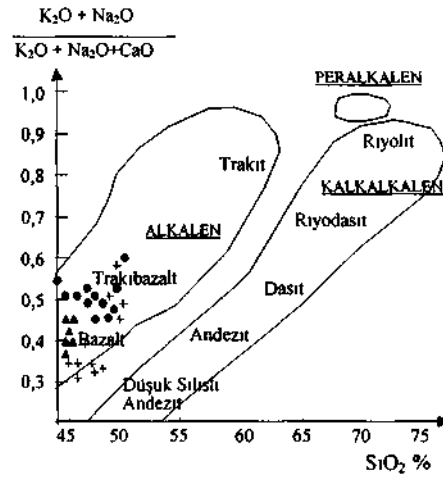
Volkanik cüruf agrega, çeşitli volkanik aktivitelere bağlı olarak bazaltik karaktere sahip lavların, patlamanın oluşturduğu basıncın etkisiyle, çatlaklar boyunca sızması sonucu oluşan bazaltik-andezitik kompozisyona sahip, gözenekli, camsı volkanik bir kayaç türüdür. Volkanik cüruf agregalara, mineralojik ve petrografik yapısı nedeniyle scoria da denilebilmektedir. Bu agregalar, demir ve magnezyum bakımından zengin, silis içeriği bakımından fakir mafik lavların boşalımı esnasında, magmanın zamanla yüzeye azalma yaklaşması ve basınçta meydana gelen dolma nedeniyle, lavın bünyesinde bulunan uçucu gazların ve çeşitli volkanik bileşenlerin büneyi terk ederek ortamdan uzaklaşması ve ani soğumaya bağlı olarak meydana gelmiştir. Düzensiz şekilli ve farklı tane boyut dağılımlarına sahip kırıntılardan oluşmuş ve yüksek demir içeriğinden dolayı koyu griden siyaha kadar değişen bir renk aralığına sahiptir. Özellikle oksidasyonun etkisiyle daha ziyade kırmızı, kahverengi ve siyah tonlarda görülebilmektedir. Kimyasal bileşim açısından, volkanik kökenli bazı kayaçlar için Çizelge 1'de belirtilen majör elementlerin farklılık gösterdiği gözlenebilmektedir.

Volkanik olaylar sonucu oluşmuş, boşluklu ve gözenekli bir yapıya sahip olan cüruf oluşumları, volkanik faaliyetlerin bulunduğu dünyanın birçok bölgesinde bulunmaktadır. Ülkemiz, bu kayaç oluşumu ve ekonomik olarak değerlendirilebilirlik bakımından önemli bir yere sahiptir. Özellikle, Ege Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi'nin bazı illerinde, oldukça geniş oluşumlara rastlamak mümkündür. Bu iller arasında Manisa İli'nin önemli bir yeri bulunmaktadır. Özellikle, Manisa ili Kula ve Salihli İlçeleri çevresinde bulunan, volkanik cüruf oluşumlarının dağılımı göz önüne alındığında, bu volkanik kayaç oluşumlarının endüstriyel olarak değerlendirilebilirliği gözardı edilemeyecek boyutlardadır.

Çizelge 1. Bazalt ve Scoria Kayaç Türlerinin Kimyasal Bileşimi

	Yoğun Bazalt	Boşluklu Bazalt	Siyah Scoria	Kırmızı Scoria
SiO <sub>2</sub>	43 0-47 6	44 3-47 4	43 4-46 3	45 8-49 0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13 5-16 5	144-170	15 5-16 6	15 8-17 5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11 3-135	11 8-14 4	12 87-14 58	8 2-95
CaO	9 8-110	7 9-10 6	8 82-9 38	82-100
MgO	6 4-7 1	4 48-8 96	6 8-7 9	4 5-5 0
Na <sub>2</sub> O	2 2-3 3	2 94-4 56	3 4-4 05	2 9-4 3
K <sub>2</sub> O	0 3-0 7	0 89-1 42	0 62-081	0 4-1 00
MnO	0 21-0 23	0 21-0 28	0 21-0 23	0 20 - 0 23
SO <sub>3</sub>	<0 05	<0 05	<0 05	<0 05

Kula volkanitleri Manisa bölgesindeki en genç volkanizma olup, sarımsı-kızıl-siyah ve mor renkli bazaltik lav akıntıları ve tüflerle temsil edilmektedir. Genellikle ojit bazalt, olivin bazalt tipinde olup porfirik dokulu ve fenokristaller halinde ojit, olivin, piroksen, ve az miktarda plajiyoklaz ve hornblend içermektedirler. Plajiyoklaz mikrolitleri, ojit, lösit, nefelin olivin mikrokristalleri ve volkanik cam hamurunu oluşturmaktadır [1]. Özellikle Kula ilçe Merkezi'nden batıya doğru Demirköprü Baraj Gölü'ne kadar olan 30-35 km uzunlukta ve 10-15 km genişlikteki bir alanda volkan konileri, kraterler, lav akıntıları ve tefra örtüsü şeklinde ve aktüel volkan görünümünde etkin olmaktadır. Son derece ilginç olan bu volkanizma Türkiye'nin Kuvarterner yaşlı genç volkanizmasının ender olarak görüldüğü alanlardan biridir [2]. Konileri lav, lapilli, cüruf (Sinder, Scoria) ve çeşitli irilikteki volkan bombaları gibi piroklastikler oluşturmaktadır. Sayıları 70'i bulan bu konilerin çevrelerinde, çıkardıkları siyah bazaltik lav akıntıları görülmektedir. Özellikle en genç koniler aktüel koni görünümünde olup yörede bu oluşumlara "Divlit" adı verilmektedir [2]. Bu bölgede bulunan volkanik cüruf oluşumları üzerine Keller ve arkadaşlarının (1978) yaptığı petrokimyasal incelemede, kayaç yapısının Bazalt-Trakit bir kompozisyona sahip olduğunu belirtmişlerdir (Şekil 1).



Şekil 1. Volkanik Cüruf Agregaların Alkali-Kalsiyum Diyagramı [3].

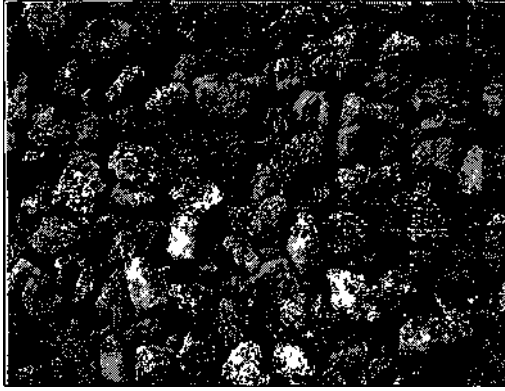
inşaat sektöründe son yıllarda görülen büyük ivmelenme, sektörde kullanılacak yapı malzemelerinin teknik yönden üstün parametre ve değerlere sahip olmalarının gerekliliği, birçok yeni yapı malzemelerinin kullanımına ve uygulanmasına zemin hazırlamaktadır. Son yıllarda teknik birçok üstünlükleri ve avantajları sebebiyle geniş bir kullanım alanı bulmaya başlayan volkanik cürufun hafif yapı elemanlarının farklı formlardaki ürünleri, inşaatlarda blok dolgu elemanı olarak değerlendirilmektedir. Volkanik cüruf, aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve yapısal özelliği itibariyle inşaat sektöründe kullanılan doğal hafif agrega sınıfına girmektedir. Bilindiği gibi inşaa edilen konutlarda kullanılan malzemenin hafifliği, binanın ölü ağırlığının düşük bir değerde olmasına direkt bir etkidir. Bina statığı açısından bina ölü ağırlığının mühendislik parametrelerinden belirli sınır değerleri korumak koşulu ile düşürülmeye çalışılması, binanın olası gelebilecek şok darbelere ve titreşimlere karşı daha duraylı ve stabil olmasını sağlamaktadır. Bu bakımdan, inşaat sektöründe kullanılan, hafif agregaların önemi giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, volkanik cüruf oluşumlarından Manisa Kula-Salihli hattı boyunca yer yer görülen ve kırmızı renge sahip (Şekil 2, Şekil 3) agrega örneklerinin, hafif beton agregası olarak uygunluğunun

araştırılması amacıyla bir dizi deneysel inceleme çalışması yapılmıştır.



Şekil 2. Kırılmış ve Sınıflandırılmış Kırmızı Volkanik Cüruf Agregası (ince Agregası)



Şekil 3. Kırılmış ve Sınıflandırılmış Kırmızı Volkanik Cüruf Agregası (İri Agregası)

### 3. HAFİF BETON AGREGASI OLARAK VOLKANİK CÜRUF LAR

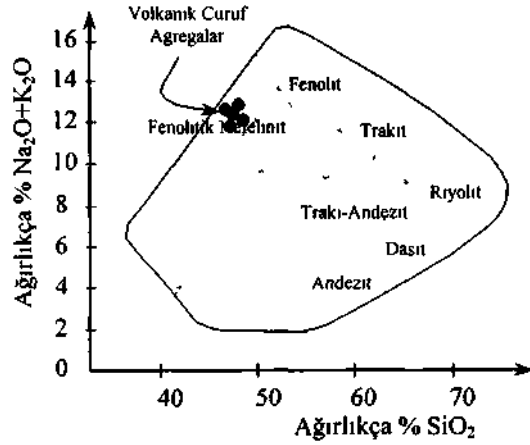
Volkanik cüruf oluşumlarının hafif beton agregası olarak değerlendirilmesine ilişkin ASTM standartları ve TS 1114 standardında öngörülen prensiplere göre bir dizi deneysel inceleme yapılmıştır. Bu incelemelerde, kayacın kimyasal, mineralojik-petrografik ve fiziksel analizleri yapılarak değerlendirilmiştir. Agreganın majör elementlerini belirlemek amacıyla bir dizi inceleme yapılmış olup, deneysel bulgular Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Volkanik Cüruf Agregaların Majör Element Analizi

Majör Element	Numune		
	1	2	3
SiO <sub>2</sub>	45.63	45.58	46.03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.63	15.74	15.61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10.71	10.68	10.65
CaO	8.79	8.85	8.55
MgO	5.85	5.92	6.03
SO <sub>3</sub>	0.04	0.04	0.03
Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O	11.35	11.90	11.78
K.K.	1.95	1.29	1.32

Petrokimyasal açıdan volkanik cüruf oluşumlarına bakıldığında ise çoğu araştırmacılar tarafından farklı malzemeler için bir değerlendirme kriteri olarak kullanılan ve kayacın silika ve alkali içeriklerine göre yapılan sınıflandırma sisteminde yer aldığı kategorinin belirlenmesi yapılmıştır. Bu sınıflama sistemi ve cüruf agreganın aldığı yer Şekil 4'te gösterilmiştir.

Şekil 4 irdelendiğinde görüldüğü gibi, incelenen volkanik cüruf agregaların, petrografik açıdan *Fenolitik Nefelin* kayaç yapısında olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. Volkanik Cüruf Agregaların, Silika ve Alkali İçeriklerine Göre Sınıflandırılması

TS 1114 standardına göre hafif beton agregası olarak bir malzemenin değerlendirilebilmesi için aşağıdaki paragraflarda belirtilen teknik özelliklerin detaylı olarak analiz edilmesi gerekmektedir.

Hafif beton agregası olarak kullanılacak doğal agregalarda, su içerisinde bırakılan malzemenin, belirli bir süre zarfında suyun da etkisi ile herhangi bir dağılmaya maruz kalmaması arzu edilmektedir. TS 1114 standardında öngörülen prensipler dahilinde yapılan su etkisinde agregaların karakteristik davranış analizlerinde, su içerisinde uzun bir dönem bırakılan cüruf agrega örneklerinde, su etkisi ile malzemede herhangi bir dağılmanın meydana gelmediği görülmüştür. Bu analiz genelde su içerisinde bırakılan malzemenin, su içinden çıkartıldıktan sonra, ne ölçülerde ağırlık kaybına uğradığının ölçülmesi ile analiz edilebilmektedir. Bu analiz uygulamasında, cüruf agregalarında su etkisi ile malzemede ağırlık kaybı %0,042 civarlarında kalmaktadır ki, bu değer de ihmal edilebilecek büyüklükte bir değerdir.

Özgül ağırlık, volkanik cüruf agregaların işgal ettiği gerçek birim hacimdeki ağırlık değeri olarak tanımlanabilmektedir. Cüruf oluşumlarının özgül birim ağırlık değerleri, TS 3526'da belirtilen piknometre esasına göre, ortalama olarak  $2560 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir.

Volkanik cüruf agregaların birim ağırlığı, belirli bir hacmi dolduran tanelerinin oluşturduğu ağırlık olarak tanımlanmaktadır. Birim ağırlık değeri, tanelerinin sıkışık veya gevşek, kuru veya rutubetli olmasına göre değişik değerler alabilmektedir. Gevşek ve sıkışık birim ağırlık değerleri, TS 3529 ve DİN 4226 standartlarında belirtilen prensipler dahilinde deneysel olarak belirlenerek, bulgular Çizelge 3'te verilmiştir.

Deneysel bulgular irdelendiğinde, cüruf agregaların birim ağırlık değerlerinin, standardın öngördüğü limitler içerisinde kaldığı gözlenmiş olup, bu agrega malzemenin hafif beton agregası olarak kullanılabileceği tanımlanmıştır.

Çizelge 3. Volkanik Cüruf Agregaların Gevşek-Sıkışık Birim Hacim Ağırlık Değerleri

Boyut Aralığı (mm)	Gevşek Birim Hacim Ağırlık ( $\text{kg/m}^3$ )	Sıkışık Birim Hacim Ağırlık ( $\text{kg/m}^3$ )
>32	210	221
16-32	344	402
8-16	493	603
4-8	642	805
2-4	790	1003
1-2	938	1210
0.5-1	1086	1461
0 25-0.50	1235	1608
<0.25	1383	1820

Cüruf agregalardaki nem, tanelerin birbirleri arasındaki sürtünmesini etkilemesi nedeniyle birim ağırlık değerinin değişmesine neden olmaktadır. Bu bakımdan agregaların su emme kapasiteleri, su emme hızları ve içinde bulundurduğu nem yüzdesi beton karışım hesaplarında, betonun yapımında ve denetiminde doğrudan kullanılan parametreleri oluşturmaktadır. Ayrıca, agregaların doluluk oranı, agreganın su emme kapasitesine etki eden diğer bir faktördür. Bu faktör, malzemenin birim hacim ağırlık ve özgül ağırlık değerlerine bağımlı olarak tanımlanabilmektedir. Cüruf örneklerinin su emme kapasiteleri ve doluluk oranı değerleri ASTM C 127-42 ve C 128-57 standartlarında belirtilen esaslara göre belirlenmiş olup bulgular Çizelge 4'te verilmiştir.

Gözenekli agregalarda genelde arzu edilen 24 saatlik su emme yüzdeleri ince agregada %20, iri agregada ise %30 civarında bir değerdir. Ancak bu değerler, agreganın sağlandığı yere, granülometrisine, tane şekline ve yüzey yapısına göre değişmektedir. Cüruf örneklerinin su emme yüzdeleri itibarıyla arzu edilen limit değerler arasında olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4. Volkanik Cüruf Örneklerinin Su Emme, Doluluk ve Porozite Değerleri

Boyut Aralığı (mm)	Su mme Oranı (%)	Doluluk Oranı (%)	Porozite (%)
>32	34.54	8.20	91.80
16-32	27.18	13.44	86.56
8-16	23.11	19.26	80.74
4-8	19.22	25.08	74.92
2-4	15.20	30.09	69.91
1-2	12.39	36.64	63.36
0,5-1	11.23	42.42	57.58
0 25-0.5	9.12	48.24	51.76

Hafif beton yapımında kullanılacak agreganın bileşiminde, organik maddelerin bulunması, çimentonun yapısını etkileyerek bağlayıcılık özelliğinin zayıflamasına neden olduğundan, arzu edilen bir durum değildir. TS 3673'te belirtilen prensiplere göre cüruf agregaları üzerinde yapılan organik madde içeriği analizlerinde, volkanik cüruf agregalarda organik maddelere rastlanmamıştır.

Farklı granülometrelerde hazırlanmış olan volkanik cüruf hafif beton agregaların incelik modülleri, TS 1114 standardında öngörüldüğü şekliyle yapılan elek analizi bulgularından yararlanılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır, incelik modülünün önemi, herhangi bir boyut fraksiyonuna ait cüruf agregası için yapılan hesaplamada elde edilen incelik modül değeri ne kadar düşük ise o malzemenin o kadar ince olduğunu sembolize etmesidir. 0-8 mm boyut aralığındaki agregaların incelik modülü analizinde, ortalama değerin 3,11 olduğu belirlenmiştir.

Hafif agregalardaki kükürt bileşimlerinin analizi  $SO_3$  cinsinden yapılmaktadır. TS 1114 standardına göre, hafif agregaların bileşiminde ağırlıkça  $SO_3$  bileşimi maksimum %1,0 civarında olması arzu edilmektedir. Cüruf agregaları örnekleri üzerinde yapılan kükürt içeriği tayini analizinde  $SO_3$  değeri yaklaşık %0,038 olarak tespit edilmiştir. Bu değer, kükürt içeriği açısından son derece küçük bir değerdir. Bu bakımdan, agregaların sülfat içeriği

açısından beton eldesinde kullanımının uygun olduğu görülmektedir.

Boşluklu bir malzeme için atmosferin kısa sürede zarar veren en önemli etkisi, donma - çözülme etkisidir. Malzemenin donmaya dayanıklılığını araştırmak için, laboratuvar ortamında hazırlanan numuneler üzerinde donma - çözülme deneyleri yapılır. Cüruf agregaları için, sodyum sülfat çözeltisi kullanılarak hava etkilerine dayanım karakteristiği analiz edilmiş olup düzeltilmiş ağırlık kaybı yüzdesi 1,32 olarak belirlenmiştir. Cüruf agregaları için yapılan hava etkilerine dayanım analizlerinde elde edilen parametrik değerlerin TS 1114 standardında öngörülen limit değerlerden çok daha düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir.

#### 4. VOLKANİK CÜRUF AGREGALI HAFİF BETON ANALİZİ

Volkanik cüruf agregaların hafif beton agregası olarak standartlara uygunluğunun yapılan teknik analizlerle belirlenmesi nedeniyle, bu agregalar ile hafif yapı elemanı blok elemanlarının elde edilebilirliği üzerine de bir dizi inceleme yapılmıştır. Bu analizlerde, volkanik cüruf agregaların 0-4 mm (ince agregası) ve 4-8 mm (iri agregası) boyut fraksiyonuna sahip agregaların büyüklüğü ile farklı kombinasyonlarda hafif betonlar elde edilerek standart küp örnekleri hacimce %3-12 çimento kullanım oranlarında dökülmüştür. Doğal ortam kür koşullarına tabi tutulan küp örnekleri üzerinde 7 ve 28 günlük kür sürelerinde basınç dayanım ve birim ağırlık analizleri yapılmıştır. Elde edilen bulgulardan, hafif yapı elemanı boşluklu blokların bu kombinasyonlarla hafif yapı elemanı blokları için öngörülen standartlara uygun, ne ölçütlede elemanlar elde edilebileceği irdelenmiştir. Sektörel bazda değerlendirildiğinde, hafif yapı elemanı bloklar için başlıca 2 ayrı faktör önem arz etmektedir:

***Dayanım ve Ağırlık:*** Ürün olarak elde edilecek hafif yapı elemanı blokların 28 günlük basınç dayanım değerlerinin en az 25 kg/cm<sup>2</sup> ve birim ağırlıklarının ise 700-900 kg/m<sup>3</sup> olması arzu edilmektedir. Bu çalışma kapsamında, pratik bir uygulama modelini sembolize etmesi bakımından, burada yalnızca 3 ayrı kombinasyonuna ait teknik irdelemeler örnek olarak verilmiştir:

1. %100 ince agrega kullanımı ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,
2. %70 iri agrega+%30 ince agrega ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,
3. %60 iri agrega+%40 ince agrega ile yapılan efektif çimento belirleme çalışması,

Bu 3 ayrı kombinasyona göre farklı çimento hacimlerinde dökülmüş standart küp numunelerinin 28 günlük dayanım ve birim ağırlık değerleri Çizelge 5 ve Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 5. Küp Numunelerin Dayanımı, kg/cm<sup>2</sup>

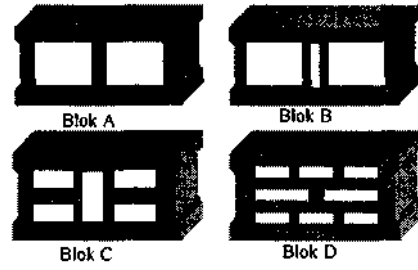
Çimento Kullanımı Hacimce %	% 100 ince Agregali Örnekler	%70 iri %30 İnce Agregali Örnekler	%60 İri %40 İnce Agregali Örnekler
3	15 66	1091	14 57
5	30 02	12.68	15 09
7	35 00	13 62	20 33
8	44 93	17 34	25.36
10	47 81	33 84	39 04
12	51.71	42 61	45 36

Çizelge 6. Küp Numunelerin Kuru Birim Ağırlık Değerleri, kg/m<sup>3</sup>

Çimento Kullanımı Hacimce %	%100 İnce Agregali Örnekler	%70 iri %30 ince Agregali Örnekler	%60 iri %40 ince Agregali Örnekler
3	1347	1269	1281
5	1360	1279	1310
7	1369	1281	1333
8	1404	1335	1370
10	1460	1404	1377
12	1481	1440	1445

Analiz bulgularında elde edilen dayanım ve birim ağırlık değerlerine göre, bu kombinasyonlarda hazırlanan volkanik cüruf agregali hafif betonlar ile birebir blok döküldüğünde, hangi efektif çimento oranında istenilen standart dayanımın elde edilebileceği Şekil 5'te sembolik olarak gösterilen blok formları için teknik bir irdeleme yapılmıştır. Bu irdelemede temel prensip olarak blok formlarında öngörülen standart dayanımı sağlayabilmek amacıyla, her bir blok formunun dolu alan basınç dayanım değerleri belirlenmiş ve bu parametre baz olarak ele alınmıştır.

Ayrıca, cüruf agrega kullanımı ile hedeflenen blok birim ağırlık değerleri de tanımlanmıştır (Çizelge 7).



Şekil 5. Teknik irdeleme için kullanılan Blok Formları

Çizelge 7. Blok Formları için Kullanılan Veriler

Blok Formu	Blok Yüzey Alanı (cm <sup>2</sup> )	Blok Dolu Alan (cm <sup>2</sup> )	Öngörülen Standart Dayanım için Gerekli Dolu Alan Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )
A	390	274.44	28.42
B	585	414.07	28.26
C	741	429.80	34.48
D	747	348.57	42.85

Blok Formu	Cüruf Agregali Blok için Hedeflenen BHA (kg/m <sup>3</sup> )	Blok için Dolu Hacim Oranı (%)	Küp Numune için Hedeflenen BHA (kg/m <sup>3</sup> )
A	800	61.46	1310
B	900	60.28	1490
C	950	75.11	1270
D	950	76.40	1250

Blok birim ağırlığı açısından ele alındığında, cüruf kullanımı ile hedeflenen blok birim ağırlıklarının elde edilebileceği görülmektedir. Çizelge 7'de verilen *dolu alan dayanımı* ifadesi, karışım analizlerinde dökümü yapılan küp numunelerde minimum elde edilmesi gereken dayanım değerini belirtmektedir. Bu dayanım değerlerine göre, deneysel olarak elde edilen küp numunelerin dayanım değerlerini irdeleyerek, en uygun çimento kullanımının ne olabileceğini ve hangi oranlarda malzeme kullanılabileceği

yorumlanabilmektedir. Çizelge 5 ve 6'da verilen bulgularla yapılan, grafiksel analiz yardımı ile yukarıda söz konusu edilen blok formları için en uygun çimento kullanım oranları belirlenmiş olup Çizelge 8'de özet olarak verilmiştir. Bu çizelge yardımıyla volkanik cüruf agregali blok elemanlarının, kullanılan çimento oranları bağlamında ekonomik analizleri detaylı olarak yapılabilmektedir.

Çizelge 8. Blok Formları İçin En Uygun Hacimce Çimento Oranları

Blok Formu	% 100 İnce Agregali Karışımı İçin	%70 İri Agregali %30 İnce Agregali Karışımı İçin	%60 İri Agregali %40 İnce Agregali Karışımı İçin
A	4.8	9.5	8.3
B	4.8	9.5	8.3
C	6.0	10.2	9.0
D	7.5	11.8	11.0

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Ege Bölgesi'nde özellikle Manisa İli Salihli ve Kula Yöresi çevresinde bulunan kırmızı renkli volkanik cüruf oluşumlarının, inşaat sektöründe kırmatas agregası şeklinde, hafif beton agregası olarak değerlendirilebileceği için yapılan teknik analizler bağlamında belirlenmiştir. Ayrıca, bu agregası türleri ile hafif yapı elemanı bloklarının istenilen standartları sağlayan ürünlerin elde edilebileceği de gözlenmiştir. Ancak, yörede daha farklı karakteristik özellik sergileyen değişik renk tonlarındaki volkanik cüruf oluşumlarının da benzer şekilde deneysel irdelemelerinin yapılmasında yarar görülmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A., Günay, E. "Uşak Yöresinin Neojen Havzaları Jeolojisi", *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, Cilt 21, Sayı 2, 104, 1978.
- [2] Ercan, T., Türkecan, A., Dinçel, A., Günay, E. "Kula-Selendi (Manisa) Dolaylarının Jeolojisi", *Jeoloji Mühendisliği TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın Organı*, Sayı 17, 17-19, 1983.
- [3] Keller, J., Ryan, W.B.F., Ninkovich, D., Altherr, R. "Explosive Volcanic Activity In The Mediterranean, Over The Past 200,000 Years As Recorded In Deep-Sea Sediments". *Geol. Soc. Amer. Bull.* Vol. 89, 591-604, 1978.