

**HAFİF BETON ÜRETİMİNDE  
ORGANİK ATIKLARIN (AYÇİÇEĞİ SAPI)  
KULLANILABİLME OLANAKLARI**

**Şencan ALKAYA**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı  
Danışman:Yrd.Doç.Dr.Can Burak ŞİŞMAN**

**2010**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**HAFİF BETON ÜRETİMİNDE ORGANİK ATIKLARIN (AYÇİÇEĞİ SAPI)  
KULLANILABİLME OLANAKLARI**

**Şencan ALKAYA**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. CAN BURAK ŞİŞMAN**

**TEKİRDAĞ-2010**

Her hakkı saklıdır

Yrd.Doç.Dr. Can Burak ŞİŞMAN danıŐmanlıđında, Şencan ALKAYA tarafından hazırlanan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek LıŐans tezi olarak kabul edilmiştir.

Juri BaŐkanı : .Prof.Dr. Selçuk ALBUT

*İmza :*

Üye : Yrd.Doç.Dr. H. İlker ÇELEN

*İmza :*

Üye : .Yrd.Doç.Dr. Can Burak ŞİŞMAN

*İmza :*

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun 26.02.2010 tarih ve 10/08 sayılı  
kararıyla onaylanmıŐtır.

Prof.Dr. Adnan ORAK.  
**Enstitü Müdür V.**

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## HAFİF BETON ÜRETİMİNDE ORGANİK ATIKLARIN ( AYÇİÇEĞİ SAPI ) KULLANILABİLME OLANAKLARI

Şencan ALKAYA

Namık Kemal Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı  
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Can Burak ŞİŞMAN

Tarımsal yapılardan beklenen en önemli özellikler depolanacak ürünler veya içerisinde yaşayacak canlılar için en uygun çevre koşullarının yaratılması ve uzun süre güvenle kullanılabilmesidir. Tarımsal yapıların inşasında mümkün olan en ucuz, güvenli ve arzu edilen optimum çevre koşullarını yaratabilen malzemeler kullanılmalıdır. Seçilecek malzemeler yeterli dayanım ve dayanıklılığa sahip, ısı ve ses yalıtımı yüksek ve hafiflik gibi niteliklerde olmalıdır. Tarımsal yapıların genellikle tek katlı olmaları ve fazla yük etkisinde kalmamaları sebebiyle malzeme seçimlerinde ısı yalıtımlarının yüksek olması ve hafif olması önem kazanmaktadır.

Dünyada yapı malzemesi olarak betonun kullanımının yaygınlaşmasından beri, betonun hafif, ucuz ve daha iyi yalıtım özelliğine sahip olmasına yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Uygulama kolaylığına sahip hafif beton son yıllarda önemli bir yapı malzemesi olmuştur. Hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanılması ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi, depreme karşı dayanıklılık, ısı ve ses yalıtımı için ikinci bir yalıtım malzemesi kullanımının ortadan kalkması gibi yararlar sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada bitkisel bir atık olan ayçiçeği saplarının beton üretiminde agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla 300 ve 400 dozajda 12 konu oluşturulmuş ve beton örnekleri hazırlanmıştır. Hazırlanan örneklerin fiziksel ve mekanik özellikleri ile termal özellikleri belirlenerek ayçiçeği sapının agrega olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Araştırmamızın sonucunda beton üretiminde karışıma girecek ayçiçeği sapı miktarının kullanım amacına ve dozaja bağlı olarak %20 ile %40 arasında olması tavsiye edilmektedir.

2010, 38 Sayfa

## **ABSTRACT**

**MSc. Thesis**

### **THE POSSIBILITIES THAT CAN BE USED OF ORGANIC WASTES (SUNFLOWER STEM) AT THE LIGHT CONCRETE PRODUCING**

**Şencan ALKAYA**

**Namık Kemal University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Main Science Division of Tarımsal Yapılar ve Sulama**

**Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Can Burak ŞİŞMAN**

The most important characteristics of agricultural constructions are being created the most suitable environment conditions for existences who live in agricultural constructions and being used for a long time in confidence. The chosen materials must have resistantness and lightness. The heat and sound isolations of the chosen materials must be high. Usually the agricultural constructions have got single floor and don't carry extra weight. For this reason the lightness and heat isolation highness of the chosen materials obtain importance.

In the world concrete use spread. The concrete must be light, cheap and good isolation. For this reason the concrete workings obtained importance. The light concrete using for construction materials. Therefore construction weight decreasing, economy being driven on the right. The constructions being strong for earthquake. For the heat and sound isolation using the second isolation material being annihilated. Consequently advantages being driven on the right.

In this investigation, the possibilities that can be used of organic wastes (sunflower stems) at the light concrete producing been searched. For this reason twelve subjects with three hundred and four hundred dosages been taken form and concrete models prepared. The physical and mechanical characteristics of concrete models been defined.

The end of the investigation at the concrete production join a quantity of the sunflower stems in mixture. This mixture must be advised between twenty percent and forty percent in dependent on use objective and dosages.

## ÖNSÖZ

Bana bu konuda tez hazırlama olanağı sağlayan Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Ahmet Nedim YÜKSEL ve bölüm hocalarımıza, araştırmamın başından sonuna kadar yardımını esirgemeyen tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Can Burak ŞİŞMAN' a, araştırma sırasında benimle birlikte laboratuarlarda çalışan değerli arkadaşım Sayın Araş. Gör. Erhan GEZER' e ve beni cesaretlendiren, teşvik eden, yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Selçuk ALBUT' a, maddi ve manevi desteğini hissettiğim eşime ve burada adını sayamadığım çalışmamda bana yardımcı olan herkese teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRAC.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.Beton.....</b>	<b>4</b>
2.1.1.Betonu Oluşturan Maddeler.....	6
2.1.2.Özel Betonlar.....	8
2.1.2.1.Özel Üretim Teknikli Betonlar.....	8
2.1.2.2.Özel Amaçlı Betonlar.....	10
2.1.3.Hafif Beton Üretiminde Kullanılan Organik Atıklar.....	16
<b>3.MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>18</b>
<b>3.1.Materyal.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.Metod.....</b>	<b>19</b>
3.2.1.Beton Agregasının Oluşturulması ve Beton Örneklerinin Hazırlanması.....	19
3.2.2.Sertleşmiş Beton Örneklerinin Fiziksel,Mekanik ve Termal Özelliklerinin Belirlenmesi.....	22
<b>4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>24</b>
4.1.Taze Beton Özellikleri.....	24
4.2.Sertleşmiş Beton Özellikleri.....	25
4.2.1.Birim Ağırlık.....	26
4.2.2.Basınç Dayanımı.....	27
4.2.3.Su Emme Oranı.....	29
4.2.4.Dona Dayanıklılık.....	31
4.2.5.Isı İletkenlik Katsayısı.....	31
<b>5.SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>33</b>
<b>6.KAYNAKLAR.....</b>	<b>35</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>38</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.Doğal Agrega Granümetri Eğrileri.....	18
Şekil 2.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Basınç Dayanımı-Karışım Oranı İlişkisi.....	27
Şekil 3.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Birim Ağırlık-Karışım Oranı İlişkisi.....	28
Şekil 4.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Karışım Oranı-Su Emme Oranı İlişkisi.....	29
Şekil 5.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Karışım Oranı -Isı İletkenlik Katsayısı İlişkisi.....	29
Şekil 6.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Basınç Dayanımı -Birim Ağırlık Değerleri İlişkisi.....	30
Şekil 7.Ayçiçeği Saplari İle Üretilen Hafif Beton Sınıflarının Su Emme Oranı- Birim Ağırlık Değerleri İlişkisi.....	31



## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

Çizelge 1.Doğal Agreganın Fiziksel Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi.....	18
Çizelge 2.Çimentonun Fiziksel, Mekanik Özellikleri ve Kimyasal Bileşimi.....	19
Çizelge 3.Beton Karışımına Giren Malzeme Miktarları.....	24
Çizelge 4.Sertleşmiş Hafif Betona Ait Fiziksel, Mekanik ve Termal Özellikler.....	25

## 1.GİRİŞ

Günümüzde dünyamızı ilgilendiren en önemli sorunlardan birisi de enerji azlığıdır. Dünyada enerjinin tüketiminde önemli payı olan konulardan birisini de canlıların yaşadığı barınakların ısı ihtiyaçlarının karşılanması oluşturmaktadır. Yapılardan özellikle kış aylarında önemli miktarlarda gerçekleşen ısı kayıpları kısıtlı olan enerji kaynaklarının hızla tüketilmesine sebep olmaktadır. Enerji kaynaklarımızın verimli kullanılması açısından yapılarda optimum yaşam koşullarının sağlanması için ısı kayıplarının azaltılması ve yakıt tüketiminde ekonomi sağlanmasını bir zorunluluk haline getirmiştir. Isı kayıplarını önleme açısından, kullanılan yapı malzemelerinin özelliği büyük önem taşımaktadır. Özellikle dışa açık yapı elemanlarında ısı iletkenlikleri düşük malzemelerin kullanılması gerekmektedir.

Yapı malzemeleri arasında dünyada en fazla kullanılan malzeme olan beton, tarımsal yapılarda da en geniş kullanılan malzemelerin başında gelmektedir. Çok yaygın kullanıma sahip olmasına karşın, betonun özellikle ısı ve ses iletkenliğinin yüksek ve ağır olması, yapılarda önemli sorunlara neden olmaktadır. Betonun ısı iletimi, içerdiği çimento miktarının artmasıyla ve düşük ısı iletkenliğine sahip agregalar kullanılmasıyla azaltılabilmektedir (Uysal ve ark. 2004). Ancak beton içerisindeki çimento miktarının çok fazla değiştirilememesi nedeniyle, beton üretiminde ısı iletkenliği düşük veya hafif agregalar kullanımı daha fazla önem kazanmıştır (Paramasivam ve Loke 1980).

İnşaat sektöründe yaygın şekilde kullanılan betonların sakıncalı yönlerini giderebilmek, daha ekonomik ve kullanışlı betonlar elde etmek için yeni betonlar üretme yoluna gidilmiştir. Bunun için özellikle değişik agregalar ve katkı maddeleri eklenerek karışım oranları değiştirilerek veya yalnızca normal agregalar ve çimento kullanılmasıyla yapı tekniğinde değişiklik yaparak, ya da bu yöntemlerden bir kaçını birlikte kullanılarak özel betonlar üretilmiştir (Balaban ve Şen 1988). Özel amaçlı betonların başında hafif betonlar gelmektedir. Uygulama kolaylığına sahip hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanılması ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi, depreme karşı dayanıklılık, ısı ve ses yalıtımı için ikinci bir yalıtım malzemesi kullanımının ortadan kalkması gibi yararlar sağlanabilmektedir (Ünal ve Uygunoğlu 2007).

Günümüzde gerek tarımsal yapılarda gerekse diğer yapılarda hafif betonun yeri büyüktür. Hafif betonlar, dayanımın yanı sıra hafiflik, ısı yalıtımı gibi özelliklerin arandığı yerlerde kullanılan, birim ağırlıkları 400- 2000 kg/ m<sup>3</sup> arasında değişen betonlardır. Hafif betonlarda ana amaç ısı yalıtım değeri yüksek ve hafif bir malzeme elde etmektir. Hafif malzeme yapının zati yükünü düşürür. Normal beton yapılarda zati yük, yapının taşıdığı

hareketli yüklere hemen hemen eşittir. Bu ise ekonomik olmayan bir durumdur. Malzemeden yeterince yararlanamamanın yanında, temele aktarılan yüklerde artar ve temel giderleri yükselir. Hafif betonlar bu açıdan büyük yararlar sağlar. Ancak hafif betonların tümü istenilen mekanik dayanımı sağlamaktan uzaktır. Öte yandan depremler sırasında ağır bir yapının alacağı yatay kuvvetler daha büyük olur ve bu yatay kuvvetlerin etkisinde oluşan kesit etkileri de büyüktür. Hafif beton yatay yönlü kuvvetlere dayanım açısından da yarar sağlamaktadır (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Yapılarda kullanılan inşaat malzemelerinin bir kısmı doğal olarak elde edilmekte, bir kısmı da yapay olarak üretilmektedir. Ham maddelerin üretilme yöntemlerini, fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerini bilmek ona göre yapıda en uygun yerde ve şekilde kullanmak gerekir. Bu ise dikkatle seçilmiş inşaat malzemelerinin kullanılmasıyla olanaklıdır. İnşaat malzemelerinin seçiminde; malzemenin yapısı, dış etkenlere karşı dayanıklılığı, kullanım kolaylığı, sağlamlığı, sertliği, ısı iletimi, kolay işlenebilmesi, ekonomikliği ve kullanım yerinde bulunabilmesi gibi özelliklerin etkisi büyüktür (Okucu 1992).

Kırsal alanlardaki yapılar kentsel yapılardan birçok bakımdan ayrıcalık göstermektedirler. Tarımsal yapılar fazla yük taşımayan ve genellikle tek veya iki katlı yapılardır. Ayrıca tarımsal yapıların çiftçilerin gelir düzeyinin düşük olması nedeniyle mümkün olan en ucuz şekilde inşa edilmeleri de bir zorunluluktur. Bu nedenle yapıyı oluşturacak olan yapı malzemelerinin seçiminin önemi büyüktür. Malzemenin inşa yerinde, istenilen nitelik ve miktarda ucuz olarak üretimi ve üretilen malzemenin yapının amacına uygun kullanımı, planlama açısından oldukça önemlidir. Ayrıca kullanılacak yapı malzemelerinin, fiziksel dış etkilere dayanımı, sudan etkilenmemesi, ısı ve ses yalıtımının yüksek olması ve hafiflik gibi özelliklere de sahip olması arzu edilir (Örüng 1995, Okucu 1992).

Yapı elemanları, bu elemanlara gelen statik ve dinamik yükler yanında yapı içerisindeki ısı ve nem dengesini sağlayacak minimum kalınlığa göre boyutlandırılırlar. Isı ve nem dengesine göre yalıtım malzemesi kullanılmadan belirlenen yapı elemanlarının kalınlıkları genellikle yüke göre hesaplanan yapı elemanları kalınlığından fazladır. Yapı elemanları kalınlıkları bu esasa göre planlandığında yapı maliyeti artar ve yapının kullanılabilirliği azalır. Bu sakıncayı gidermek için yapı elemanları taşıyacağı yüke göre planlanırlar. Ve yapı içerisindeki ısı ve nem miktarına göre yalıtılırlar (Okuroğlu ve Delibaş 1986). Isı ve nem dengesini sağlayacak minimum yapı elemanının kalınlığı kullanılan inşaat malzemesinin ısı iletim değerine bağlıdır. Tarımsal yapılarda iklim bölgelerine bağlı olmakla

birlikte ısı yalıtımına sahip olmayan yapı elemanları, mevsim koşullarına göre çoğu kez ısıyı muhafaza edememektedir. Yapı elemanlarının fazla kalın yapılması ısı iletim katsayısını düşürmekle birlikte yapıya aşırı yük getirmekte, depreme dayanıksız olması ve malzeme maliyetinde artış göstermesi nedeniyle günümüz koşullarında hafif malzemelerle ısı yalıtımlı duvarlar elde edilerek depreme dayanıklı yapılar inşa edilmekte ve maliyetinin azalması sağlanmaktadır.

Yapı teknolojilerindeki gelişmeler ve betonarmenin taşıyıcı iskelet olarak ortaya çıkışıyla, yapıların duvarları incelmek zorunda kalmış, buna bağlı olarak ısı ve nemle ilgili yapı fiziği sorunları gündeme gelmiştir. Kalın duvarlarda ortaya çıkmayan bu sorunlar, duvarların incilmesi sonucu daha iyi olanaklar veren yeni malzemelerin kullanımını gerektirmektedir. Her ne kadar bu sorun kompozit duvarlarla yeterli ölçüde çözülmekte ise de, bu çözümlerin maliyet arttırıcı olduğu da gerçektir (Toydemir 1986, Tanaçan 1993).

İnorganik ve organik materyallerin boşluk yapıcı olarak beton içerisinde kullanılması çok yakın zamanlara dayanır. Teoride bu tür katkılar yani tarımsal uğraşlar sonucunda tarlalarda atık malzeme olarak kalan bitki sap ve atıkları önemli çevre sorunları doğurmaktadır. Çiftçiler bu atık malzemelerin genellikle yakılması ile ortadan kaldırılması yolunu tercih etmelerine karşın özellikle bu yol toprak ve çevre kirliliği açısından büyük sorunları da beraberinde getirmektedir. Ayrıca anız yakma yasal olarak suç teşkil ettiği için üreticilerin cezai müeyyidelerle de karşı karşıya kalmalarına yol açmaktadır. Bitkisel atık olan bu malzemelerin hafif olmaları, yüksek yalıtım özelliği, donmaya, aşınmaya, kimyasal etkilere karşı yüksek direnci, elastisite ve kolay bağlanabilmesi, yeterli basınç ve çekme dayanımı, buhar difüzyon direnci, su ve nemden etkilenmemesi, sıva tutma özelliği, işlenebilirlik, çürümezlik, uzun ömür, ucuzluk, vb. özelliklere sahip olmaları aranan niteliklerdir (Toydemir ve ark. 1990, Güzel 1993).

Hafif inşaat malzemeleri doğal kaynakları yönünden doğal halleri ile kullanılmaya uygun malzemeler, ağır malzemelerden yapay olarak üretilen malzemeler ve yan ürün olarak elde edilen malzemeler olarak üç grupta toplanabilir ( Okucu 1992 ). Bu araştırmada tarımsal yapılarda kullanılabilen söz konusu hafif inşaat malzemelerinden bir organik atık olan ayçiçeği saplarının hafif beton üretiminde kullanılabilme olanakları araştırılmış, literatür ışığında değerlendirilmiştir.

## 2.KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1.Beton

Beton, agrega (kum, çakıl, mıcır), çimento ve suyun uygun bir oranda karıştırılmasıyla oluşan ve belirli bir süre sonunda sertleşerek yüksek dayanım kazanan bir yapı malzemesidir.

Beton, inşaat mühendisliği alanında çağımızın en önemli yapı malzemesidir. Beton, önceden şekil verilebilen bir yapay taş olarak da tanımlanabilir. Doğal taşlar birbirleriyle birleştirilerek yapı elemanını ve yapıyı oluştururlar. Oysa beton birleştirilmeye gerek kalmadan, sürekli bir şekilde üretilir ve yapıyı oluşturur (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Betonu oluşturan maddeler içinde çimento gerek ekonomik ve gerekse teknolojik özellikleri açısından farklı bir yere sahiptir. Agregalardan ve sudan da nitelik yönünden beklentiler vardır. Ancak iyi çimento, iyi agrega ve iyi su ile her zaman iyi betonun elde edilemeyeceği bilinmelidir. İyi beton elde etmenin ayrıca kendine özgü kuralları vardır.

Günümüzde beton diğer yapı malzemelerine oranla gerek kentsel ve gerekse kırsal alanlarda fazla miktarda kullanılmaktadır. Betonun yapı malzemesi olarak kullanılmasının yarar ve sakıncaları söz konusudur (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Betonun en önemli yararları şu şekilde sıralanabilir;

- Beton harcına istenen şekil verilebilir.
- Betonun iskeletini oluşturan agrega kolayca bulunabilir.
- Beton işçiliği için her işçinin ihtisaslaşmasına gerek olmayıp bir uzmanın bulunması beton üretimi için yeterlidir, yani yapımı kolaydır.
- Betonla istenilen boyutta yek pare yapı kısımları yapılabilir.
- Betonun dayanımı taş, tuğla, briket ve kerpice oranla yüksek olduğundan yapı elemanlarının boyutları küçültülebilir ve böylece yapı alanından ekonomi sağlanmış olur.
- Beton dış etkilere dayanıklıdır.
- Beton yangına karşı güvenilirdir.
- Gerekli önlemler alınarak su içinde yapı elemanlarının yapımına olanak verir.
- Beton yapı elemanları çıplak olarak bırakılabilir veya çeşitli yapı malzemeleriyle kaplanabilir.

Betonun sakıncaları ise şunlardır;

- Beton çok yüksek sıcaklığa dayanamaz ve gerekli önlemler alınmazsa sesi, ısıyı ve nemi iletir.
- Sökülüp tekrar kullanılma özelliği yoktur.
- Onarılması zor ve olanaksızdır.
- Betonarme yapı elemanları diğer yapı malzemeleriyle yapılanlara kıyasla daha ağır olur (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Beton yük taşıyan, diğer bir deyişle taşıyıcı bir malzemedir. Betonun bu özelliği dikkate alınmadığında çoğunlukla harçla, çimentoyla karıştırılır. Çimento ile su karışımına çimento şerbeti, çimento, su ve kum karışımına harç denilir. Çimento, su, kum ve iri agregadan oluşan karışıma ise beton denir. İri taneler yükü birbirine aktararak taşıyıcı bir iskelet oluşturur. Betonun taşıyıcı malzeme sayılmasında bu iri taneli çakılın önemi büyüktür. Harçta taşıyıcılık özelliği genellikle önemli değildir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Çimento, agrega ve su ilk karıştırıldığında kolayca şekil verilebilen (plastik) bir malzemedir. Bu durumda ki betona taze beton denilir. Birkaç saat içinde beton katı duruma geçer ve günlerce süren bir süreç sonunda sertliği artar ve dayanım kazanır. Yeterince dayanım kazanmış betona sertleşmiş beton denir.

Beton hangi amaç için üretilirse üretilsin, betonun aşağıda açıklanan üç ana özelliğe sahip olması gerekir;

- Üretilen beton işlenebilir olmalıdır. Bu taze betonun bir özelliğidir. Taze beton kolay karıştırılabilmeli, kolay yerleştirilebilmeli, taşınırken, karıştırılırken ve yerleştirilirken ayrışmamalı, homojenliğini yitirmemelidir.
- Üretilen beton dayanımlı olmalıdır. Bu sertleşmiş betonun bir özelliğidir. Beton yük taşıyan bir malzeme olduğundan öngörülen dayanımı güvenle sağlamalıdır.
- Üretilen beton dış etkilere dayanımlı olmalıdır. Bu da sertleşmiş betonun bir özelliğidir. Hava, su veya kimyasal çevrenin etkisiyle donma- çözülme, ıslanma- kuruma gibi fiziksel etkiler ve betonun içyapısında agrega ve çimento arasında oluşabilecek reaksiyonlar sonucu betonun dayanımı azalır, geçirimsizliği artar ve parçalanabilir. Bu nedenle betonun bu tür bozulmalara karşı direnç göstermesi gerekir.

Yukarıda açıklanan bu üç ana özelliğe sahip bir betonun ucuza elde edilmesi de ekonomik açıdan önemlidir. Yüksek dayanımlı ve dayanıklı betonun olanaklar ölçüsünde ucuza elde edilmesi yollarının araştırılması beton ekonomisi olarak bilinir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Ayrıca betonun ısı ve ses iletkenliği beton özellikleri açısından önemlidir. İyi bir betonun ısı ve ses iletimi düşük olmalıdır. Betonun ısı iletimi, içerdiği çimento miktarının artmasıyla ve düşük ısı iletkenliğine sahip agregaya kullanılmasıyla azaltılabilmektedir (Uysal ve ark. 2004).

Ancak beton içerisindeki çimento miktarının çok fazla değiştirilememesi nedeniyle, beton üretiminde ısı iletkenliği düşük veya hafif agregaya kullanımı daha fazla önem kazanmıştır (Paramasivam ve Loke 1980).

İşlenebilir, dayanımlı ve dayanıklı bir betonun ucuza elde edilebilmesi üretilecek betonda su/çimento oranının düşük olması, yoğurma suyu miktarının yeterli olması, agregaya en büyük tane büyüklüğünün uygun, şeklinin yuvarlak ve uygun granülometri de olması, karışımda homojenliğin sağlanması ile olasıdır. Ayrıca yapı çeşidine uygun beton çeşidinin seçilmesiyle kullanılacağı yere yerleştirilmiş olan beton yüzeyinin pürüzsüz olması ve betonun yeteri kadar korunmuş (kür edilmiş) olması gerekmektedir (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

İşlenebilirlik, dayanım ve dayanıklılık beton bileşimini yönlendiren üç ana özelliktir. Beton bileşimi denilince  $1m^3$  yerine yerleştirilmiş taze betonun içine konulacak agregaya, su ve çimento miktarları anlaşılır. Bu miktarların karşılıklı değerleri betonun daha iyi işlenebilir, yüksek dayanımlı ve dayanıklı olmasında etkili olurlar. Doğal olarak iyi bir beton üretmek için her bir bileşenin, yani agregaya, çimento ve suyun sahip olmaları gereken özellikler vardır (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

### **2.1.1.Betonu Oluşturan Maddeler**

Beton; çimento, agregaya ve su karışımından oluşan bir malzemedir.

**Çimento;** çağımızın en önemli yapı malzemelerinden birisidir. Mineral kökenli bağlayıcı maddelerin en önemlisi olup çok ince toz halindedir. Tek başına veya kum ve çakılla karıştırılıp su ile yoğrulunca bir süre sonra katılaşmaya başlayan, zamanla sertleşerek yüksek dayanım kazanan bir bağlayıcıdır.

Çimentonun hammaddesi kalker ve kildir. Çimentonun yapımına giren kalker yaklaşık olarak kilin üç katı olduğundan çimento fabrikalarının yeri genellikle kalker ocaklarının yakınında seçilir.

Çimentolar içinde en yaygın olarak bilinen ve dünyadaki çimento üretiminin %70' ini oluşturan çimento çeşidi Portland çimentosudur. Ayrıca bu çimento diğer çimento çeşitlerinin bir çoğunda bileşiminde yer almaktadır (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

**Agrega;** doğal, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemenin genellikle 100 mm' ye kadar çeşitli büyüklükteki kırılmamış veya kırılmış tanelerinin bir yığıdır. Başka bir deyişle agrega, kum, çakıl, kırmataş, cüruf, vb. mineral kökenli taneler olup, bir bağlayıcı yardımıyla beton, asfalt gibi sağlam bir kitle oluşturan çeşitli büyüklükteki tanelerdir. Agregayı oluşturan tanelerin bir bağlayıcı ile birleştirilmesi sonucu elde edilen malzemeye ise beton denir. Betonlar bağlayıcının türüne göre asfalt betonu, polimer betonu gibi adlar alırsa da, inşaat mühendisliğinde beton denildiğinde çimento ile yapılan beton anlaşılır. Agregası, beton hacminin yaklaşık % 60- 80'ini oluşturur. Agregası çimento ile genellikle kimyasal etkileşmeye girmez. Çimento ile agrega arasındaki bağlantı fiziksel ve mekaniksel nitelikte olup bu bağlantıya aderans denilmektedir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

**Su (Yoğurma suyu);** beton yapımında önemli iki görevi olan malzemelerden birisidir. Birincisi çimentonun hidrasyonunu dolayısıyla prizini ve sertleşmesini sağlamak, ikincisi ise çimento ve agregayı ıslatarak taze betona belirli bir kıvam yani işlenebilirlik vermektir. Birinci görevi yerine getirmek için gerekli olan su, ikinci görevi yerine getirmek için gerekli olandan oldukça azdır. Bu nedenle beton yoğurma suyunun belirlenmesi genellikle betonun kıvamı, yani işlenebilme özelliği temel alınarak yapılır.

Çimentonun hidrasyonunu sağlamak koşuluyla beton üretiminde olanaklar ölçüsünde az yoğurma suyu kullanılmalıdır. Çünkü genellikle beton dayanımı ile yoğurma suyu miktarı arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Yoğurma suyunun fazla olması durumunda bu suyun bir kısmı beton sertleştikten sonra buharlaşır ve yerini hava boşlukları alır. Beton bünyesinde oluşan bu boşluk ise betonun dayanımının düşmesine ve geçirimli olmasına yol açar. Bu nedenle yoğurma suyunun en az düzeyde tutulması istenir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

### **2.1.2. Özel Betonlar**

Normal betonlardan görünüm, birim ağırlık, granülometri, akışkanlık, uygulama şekli, bağlayıcı cinsi vb. özellikler yönünden ayrıcalık gösteren betonlara özel betonlar denir.



Görüldüğü gibi özel beton deyimi, üretim süreci veya özellikleri açısından normal betonlardan önemli ayrıcalıklar gösteren betonlar için kullanılmaktadır. Özel betonlar, özel üretim teknikli ve özel amaçlı betonlar olarak iki grup altında incelenebilir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

### **2.1.2.1. Özel Üretim Teknikli Betonlar**

Bu grup özel betonlar arasında pompa betonları, püskürtme betonları, prepekt betonlar, prefabrikasyon betonları ve vakum betonları sayılabilir (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

*Pompa betonları;* kullanılacağı yere kadar basınçlı borular içinde iletilen betonlardır. İletim sorununu büyük çapta kolaylaştıran bu betonların kendilerine özgü özellikleri ve kullanım alanları bulunmaktadır. Pompa betonlarında agreganın en büyük tane büyüklüğü iletim borusu çapının 0,30 – 0,40 katıdır. Yuvarlak agregada kullanıldığında en büyük tane büyüklüğü daha büyük seçilebilir. Pompa betonlarında kırmataş agregada kullanılmaktan kaçınılmalıdır. En büyük tane büyüklüğü 20 mm' yi geçmemelidir. Pompa betonları akıcıya yakın plastik kıvamda olmalıdır. Pompa betonlarında temel sorun betonun taze durumda kohezyonunun yüksek olmasının sağlanmasıdır. Bu niteliği sağlamak için kum miktarı yüksek tutulur, inceliği fazla çimento kullanılır ve uçucu kül gibi ince taneli olanların kullanılması yoluna gidilir. Su miktarını arttırarak betonun akıcılığını sağlamak yanlıştır. Çünkü bu durumda iri agregada ayrışır ve kenetlenerek boruları tıkayabilir. Borular akış sırasında hava kabarcıklarının oluşturduğu hava tıkaçları nedeniyle de tıkanabilir. Hava tıkaçlarına karşı sürekli, kesintisiz beton iletmek, hava boşaltan vanalar koymak ve hava sürükleyici katkıdan kaçınmak gibi önlemlerle çözüm aranır. Pompa betonlarında su indirgeyici katkıların kullanılması yararlıdır. Pompa betonlarında boruların tıkanması işin durmasına neden olur.

Pompa betonlarında rijit çelik borular, alüminyum alaşımlı borular, fleksibl plastik borular ve helezonlu çelik borular kullanılır. Dirsekler en kötü yerler olduğundan sayılarının en aza indirilmesi gerekir. Pompalar pistonlu, boru sıkmalı veya kompresörlü türde olabilir. Pompalarla 300 m yatay, 30- 40 m düşey uzaklığa beton basılabilir. Beton pompaya girişte tekrar karıştırılır. Bu karıştırma işlemi pompayı besleyen huni deponun içinde olduğunda gerçekleşir. Pompalar sabit tesisler olduğu gibi, kamyonlara monte edilmiş hareketli araçlarda olabilir. Pompa betonunun hazır betonlarla beslenmesi ile kent merkezlerinde beton dökme sorunu büyük ölçüde kolaylaşmıştır (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

*Püskürtme betonlar;* düşey düzeye, tavanlara püskürtülerek üretilen betonlardır. Bu betonda kullanılan agreganın en büyük tane büyüklüğü oldukça küçük olup 16 mm' yi geçmez. Bu nedenle bunlara püskürtme harç da denilir. Bu betonun üretiminde kuru ve yaş olmak üzere iki sistem vardır. Kuru sistemde, agrega çimento püskürtücü uca kuru olarak gelir, su ile karışım bu uçta olur ve basınçlı hava ile beton püskürtülür. Yaş sistemde ise beton önceden su ile karıştırılmış olarak uca gelir ve basınçlı havayla püskürtülür. Kuru sistemde püskürtme işlemi güç olup çevre toz, duman olur. Bu nedenle yaş sistem daha uygundur. Püskürtme betonda geri tepme nedeniyle iri agrega kaybı olur. Geri tepme kaybı % 5- 30 arasında değişebilir. Günümüzde bu kayıp % 5- 10 gibi oldukça az düzeyde tutulabilmektedir. Tünel açma işlemlerinde püskürtme betondan yararlanır. Püskürtme betonda priz 3- 8 dakika içinde sona ermeli ve sertleşme çok ani olmalıdır. Bu amaçla püskürtme ucunda bir hızlandırıcı katkı maddesi betona katılır. Bu katkı, örneğin sodyum alüminat gibi Na esaslı bir katkıdır. Püskürtme betonda ileri yaşlarda dayanım azalabilir. Ancak 8 saat sonunda basınç dayanımı 40- 70 kg/cm<sup>2</sup> değerine ulaşır.

Püskürtme beton 5 cm kalınlığında tabakalar şeklinde püskürtülür. Yüzey pürüzlü olur. Bu yüzeyi mala ile düzeltmek sakıncalıdır. Yapışmış betonu aşağı doğru indirmek olasıdır. Püskürtmeden önce yüzeye hasır çelik donatı serilir. Son zamanlarda beton içine çelik lifler konarak fibrobeton tekniğinden yararlanılmaktadır. Böylece beton çekme dayanımı yükseltilmektedir. Püskürtme beton hasar görmüş betonların onarımı açısından da önemli bir yöntemdir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

*Prepakt betonlar;* prepakt agregalı beton onarım işlerinde, deniz altı beton dökümlerinde, kesonlar içine dökülen büyük kütle betonlarında kullanılır. Çok iri agregalar, örneğin en küçük tane büyüklüğü 12 mm ve hatta 19 mm olan agregalar kalıplar içine yukarıdan borularla düşürülerek ve olanaklar elveriyorsa vibrasyonla sıkıştırılarak doldurulur. Kalıplar içinde daha önceden yerleştirilmiş 3- 5 cm çapında harç doldurma boruları vardır. Bunlar kalıp dibine çok yakın ve belirli aralıklarla döşenmiştir. En büyük tane büyüklüğü 2 mm' yi aşmayan ve çok zengin dozajlı harç, bu borulardan enjekte edilerek iri agreganın boşlukları, dipten yukarı tabakalar şeklinde doldurulur. Harcın işlenebilme özelliğini arttırması için bir akışkanlaştırıcı katılması zorunludur.

Prepakt beton, süreksiz granülometri bir beton türüdür. Ayrıca iri agregaların uç uca değmeleri sonucu rötne ve sünmeye neden olan harç fazı en düşük düzeydedir. Bu nedenle de prepakt betonda rötne ve sünme en alt düzeye indirgenmiştir. Prepakt beton harcının iyi bir kohezyona sahip olması için çimento tanelerinin çok iyi bir şekilde dağılması ve

tabakalanmamaları gerekir. Bunun için harç özel betonyerlerde üretilir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

### 2.1.2.2. Özel Amaçlı Betonlar

Özel amaçlı betonlar arasında ağır betonlar, hafif betonlar, ateşe dayanıklı betonlar, kütle betonları ve harçlar yer almaktadır.

*Ağır betonlar;* özellikle zararlı ışınlarla karşı bir perde oluşturmak amacıyla üretilen betonlardır. Kullanım yerleri arasında nükleer santraller, hastanelerin ışın tedavisi yapılan yerleri gösterilebilir. Eğer yeterli yer varsa, aynı koruyucu etki beton elemanının kalınlığı fazla tutularak normal betonla da sağlanabilir. Elemanlar kalın yapılamıyorsa bu durumda ağır betonlar kullanılır (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Ağır betonların agregaları ağırdır. Bu agregalar barit, limonit, magnetit vb. demirli mineraller olup birim ağırlıkları  $3200 \text{ kg/m}^3$  ün üstündedir. Bu agregalarla üretilen betonların birim ağırlıkları da  $2800 \text{ kg/m}^3$  den yüksek olmaktadır. Çok özel durumlarda demir ve kurşundan yapılmış agregadan yararlanılır. Ağır agregalar dayanım yönünden normal agregalara eşdeğerdir. Ancak aşınmaları biraz fazladır (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

*Hafif betonlar;* Hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanımı ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi ve düşük birim ağırlığı sayesinde de yüksek ısı ve ses yalıtımı gibi yararlar sağlanmıştır (Bomhard 1980). Hafif agregalı beton kullanılarak, çelik gereksinimi azalmakta, temellerde ve diğer taşıyıcı yapı kısımlarında tasarruf sağlanmakta, depreme karşı daha güvenilir yapı elde edilmektedir.

Hafif beton, üretiminde kullanılan agreganın gözeneklilik ve hafiflik gibi özelliklerinin farklılık göstermesi nedeniyle normal betondan oldukça farklı özelliklere sahiptir (Shu ve ark. 1980). Dayanımın yanı sıra hafiflik, ısı yalıtımı gibi özelliklerin de arandığı yerlerde kullanılan, birim ağırlıkları  $400- 2000 \text{ kg / m}^3$  arasında değişen betonlardır. Hafif beton teknik, ekonomik ve çevresel avantajları sayesinde yapılar için çok yönlü kullanılan bir materyal olmuş ve yeni milenyumda yapılar da daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Haque ve ark. 2004). Hafif betonun yapı malzemesi olarak kullanımı ile yapı yükünün azaltılması dolayısıyla malzeme yönünden ekonomi ve düşük birim ağırlığı sayesinde de yüksek ısı ve ses yalıtımı gibi yararlar sağlanmıştır (Bomhard 1980). Hafif betonlar; hafif agregalı betonlar, ince tanesiz betonlar ve boşluklu betonlar olmak üzere üç grupta toplanabilir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

*Hafif agregalı betonlar;* bu betonların üretiminde kullanılan hafif agregalar doğal veya yapay olabilir. Bu betonların büyük çoğunluğu taşıyıcı özelliğe sahiptir.

Dünyanın değişik bölgelerinde doğal veya yapay birçok hafif agrega bulunmakta ve bu agregalar farklı kullanım alanları için farklı dayanıma ve birim ağırlığa sahip beton üretiminde kullanılmaktadırlar (Demirboğa ve ark. 2001). Hafif betonların birim ağırlık, dayanım ve yalıtım özellikleri agreganın çeşidine, karışım oranına ve üretim yöntemine göre değişiklikler göstermektedir (Örüng ve Şahin 1995).

Yapay hafif agregalar ya kil, şist, arduvaz vb. killi veya konsoli de killi malzemenin pişirilerek genişletilmeleri ya da yüksek fırın cürufunun, uçucu küllerin pişirilerek kırılması ile elde edilir. Kil esaslı olanlar düzgün düzeyli, küresel biçimdedir. Cüruf agregalarının yüzeyleri ise pürüzlüdür. Bu yapay hafif agregalarla üretilen betonlarla BS 25, BS 30 sınıfı betonlar elde edilebilmektedir. Enerji sorununun giderek önem kazanması sonucu yapay hafif agrega üretimi ekonomik olmaktan çıkmıştır. Bu nedenle daha çok doğal hafif agrega kullanımı tercih edilmektedir. Doğal hafif agregalar pomzataşı, çeşitli volkanik tüfler, perlit, vermikulit gibi malzemelerdir. Pomzataşı ve tüflerle üretilen hafif betonlarda taşıyıcı betonlar olup, bunlarla BS 16 sınıfı beton elde edilebilmektedir. Perlit ve vermikulit ise sadece yalıtım yeteneği olan ancak harç iriliğinde beton üretimine olanak veren agregalardır. Doğal hafif agregalar genellikle doğadan geldiği gibi kullanılmayıp ısıtma yoluyla patlatılırlar ve çok hafif silisli taneciklere dönüşürler. Bunların ısı yalıtımı yanında ateşe dayanıklılıkları da yüksektir. Ancak su emmeleri çok fazladır ve emdikleri suyun buharlaşım kaybolmasını uzun süre engellerler (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Hafif beton üretimini sınırlandıran tek faktör hafif agrega ihtiyacıdır (Haque ve ark. 2004). Günümüzde hafif beton üretiminde sünger taşı, magnezyum mikası, perlit, pomza, volkanik tüfler, tras ve cüruf gibi çeşitli hafif agregalar kullanılmaktadır.

Hafif agregalı betonlarda en önemli üretim sorunu su/çimento oranını denetim altında tutabilmektir. Agregaların su emmeleri çok yüksek olduğundan az suyla üretilen veya özellikle önceden su emdirilmeyen agregalarla üretilen betonlarda agregalar betonun tüm suyunu emerek ağ şeklinde rötre çatlaklarının (rötre çatlağı:taze betonun su kaybetmesiyle veya ortam ile sıcaklık farkından oluşan çatlaklar) oluşmasına neden olurlar. Bu olayı betonu ıslak ortamda saklayarak önlemekte olanaksızdır.

Hafif agregalı betonların rötreleri ve sünmeleri yüksektir. Taneler çimento hamuru rötresini kısıtlayacak kadar rijit değildir. Taneler boşluklu ve zayıf dayanımlı olduğundan

betonun dayanımı çimento hamuru fazını önemli ölçüde etkiler. Oysa normal betonlarda yükü, iri agregaların oluşturduğu iskelet aktarır. Bu nedenle taşıyıcı hafif agregalı betonlarda yüksek dayanımlı çimento kullanılır. Agregaların yüzerek üst yüzeyde toplanabilmeleri nedeniyle hafif agregalı betonların vibrasyonla yerleştirilmesi de sorundur. Hafif agregalı betonların birim ağırlıkları  $1800 \text{ kg/m}^3$  ' ün altındadır. Birim ağırlığı  $1800-2000 \text{ kg/m}^3$  arasında değişen betonlara yarı hafif betonlar denilmektedir. Dayanımı arttırmak için karışıma bazen kum katılır. Bu durumda birim ağırlık yükselir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Doğal veya yapay agregalardan üretilen hafif betonlar dayanım ve yoğunluk bakımından üç sınıfa ayrılmaktadır. Düşük dayanım ve düşük birim ağırlığa sahip birinci kategorideki hafif betonlar yalıtım malzemesi olarak, orta dayanıma sahip ikinci kategorideki betonlar blok duvar yapımında ve dayanımı yüksek üçüncü kategorideki yapısal betonlar ise taşıyıcı yapı elemanlarında kullanılmaktadır. Kategorilerine göre hafif betonların dayanım ve birim ağırlıkları sırasıyla birinci sınıf hafif betonlarda  $7-20 \text{ kg/cm}^2$ ,  $250-750 \text{ kg/m}^3$ , ikinci sınıftaki betonlarda  $20-140 \text{ kg/cm}^2$  ve  $1000-1400 \text{ kg/m}^3$  ve üçüncü sınıfta ise  $170-418 \text{ kg/cm}^2$  ve  $1500-2000 \text{ kg/m}^3$  arasında değişmektedir (Sarı ve Pasamehmetoğlu 2005).

Kosmatka ve Panarese (1992), hafif betonları birim ağırlık ve 28 günlük basınç dayanımlarına göre yapısal ve düşük dayanımlı yalıtım ve dolgu betonları olarak sınıflandırmışlardır. Birim ağırlıkları  $1400-1800 \text{ kg/m}^3$  arasında, basınç dayanımları ise  $170 \text{ kg/cm}^2$  den büyük olan hafif betonlara yapısal hafif beton, birim ağırlıkları  $800-1400 \text{ kg/m}^3$ , basınç dayanımları ise  $70-170 \text{ kg/cm}^2$  arasında olanlara orta dayanımlı hafif beton, birim ağırlıkları  $800 \text{ kg/m}^3$  den küçük, basınç dayanımları ise  $7-70 \text{ kg/cm}^2$  arasında olanlara ise düşük dayanımlı yalıtım ve dolgu betonları adını vermiştir.

Akbaba (2007), birim ağırlıklarına göre hafif betonları birim ağırlıkları  $300-800 \text{ kg/m}^3$  arasında olanları yalıtım betonu,  $800-1400 \text{ kg/m}^3$  arasında olanları orta mukavemetli hafif beton ve  $1400 \text{ kg/m}^3$  den büyük olanları ise taşıyıcı hafif beton olarak sınıflandırmıştır.

DIN 1045'e göre hafif betonlar, birim hacim ağırlıkları  $2000 \text{ kg/m}^3$  den küçük olan hafif beton olarak,  $2000-2800 \text{ kg/m}^3$  arasında olanlara yarı hafif beton olarak ve  $2800 \text{ kg/m}^3$  den büyük olanlar ise ağır beton olarak sınıflandırılmıştır (Akbaba 2007).

Bobrowski (1980),  $1680 \text{ kg/m}^3$  birim ağırlığına sahip hafif betonda  $250-280 \text{ kg/m}^2$  silindir basınç dayanımı değeri elde etmiştir.

Turgutalp ve Örüng (1992), doğal pomza ile 300, 400 ve 500 dozlu olarak ürettikleri hafif betonlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada birim ağırlıkların sırasıyla 1631, 1660 ve 1698

kg/m<sup>3</sup>, basınç dayanımlarının ise 80.6, 101 ve 109.8 kg/cm<sup>2</sup> arasında değiştiğini saptamışlardır.

Örüng ve Şahin (1995), Erzurum Köprüköy ocaklarından sağlanan hafif agregayla ürettikleri betonun çeşitli fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada 75, 100, 150, 200, 250 ve 300 kg/m<sup>3</sup> dozajlardaki 28 günlük basınç dayanımının sırasıyla 17, 21, 28, 45, 66 ve 101 kgf/cm<sup>2</sup>, su emme oranlarının % 14, 11.5, 7.4, 5.6, 4.1 ve 3.2, birim ağırlıklarının ise 1572, 1672, 1724, 1823, 1848 ve 1865 kg/m<sup>3</sup> olduğunu belirlemişlerdir.

Demirboğa ve ark. (2001), ısıtma işlemi görmüş perlit içerisine farklı oranlarda uçucu kül ilave ederek 200 dozlu ürettikleri hafif betonlar üzerine 28 gündeki basınç dayanımının değişimi üzerine yaptıkları bir çalışmada birim ağırlıkların 735-1154 kg/m<sup>3</sup> arasında değiştiğini, maksimum basınç dayanımının %60 perlit ilave edildiğinde 127 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu belirtmişlerdir.

Chi ve ark. (2003), doğal hafif agregalar ile ürettikleri hafif betonlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada, basınç dayanımlarının 217-491 kg/cm<sup>2</sup> arasında değiştiğini saptamıştır.

Yasar ve ark. (2003), sünger taşı ve uçucu kül kullanarak ürettikleri hafif betonların dayanımlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları bir çalışmada, sünger taşı ile iletilen beton içerisine %20 oranında uçucu kül eklemişler ve basınç dayanımının 285 ve 295 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu belirlemişlerdir. Aynı çalışmada yapı betonlarının en düşük basınç dayanımlarının 173 kg/cm<sup>2</sup> olması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Lo ve Cui (2004), sentetik agregalar ile üretilen hafif betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarının 474 ve 520 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu belirlemişlerdir.

Uysal ve ark. (2004), farklı dozaj ve karışım oranlarında sünger taşı ile üretilen hafif betonlar üzerine yaptıkları bir çalışmada, karışımdaki sünger taşı oranı % 25, 50 ve 75 olması durumunda hafif betonların birim ağırlıklarının sırasıyla 2270, 1990 ve 1761 kg/m<sup>3</sup>, ısı iletkenliklerinin ise 1.458, 1.349, 1.170 ve 1.053 W/mK olduğunu saptamışlardır.

Gündüz ve Uğur (2005), farklı oranlardaki sünger taşı ve çimento miktarları ile üretilen betonların özellikleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, sünger taşı/ çimento oranı 2/1, 3/1 ve 4/1 olması durumunda 28 günlük basınç dayanımının sırasıyla 265, 195 ve 149 kg/cm<sup>2</sup>, birim ağırlıkların 1271, 1234 ve 1150 kg/m<sup>3</sup> ve %3 nemdeki ısı iletkenliklerinin 0.455, 0.382 ve 0.345 W/mK olduğunu belirlemişlerdir.

Öz (2007a), pomza, diyatomit ve tuf kullanarak PÇ 32,5 ve PÇ 42,5 çimentoları ile ürettikleri hafif betonların 28. gündeki basınç dayanımlarının PÇ 32,5 da tuf, pomza ve diyatomit için sırasıyla 68, 45 ve 29 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu, PÇ 42,5 de ise 72, 67 ve 36 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu belirlemiştir. Aynı araştırmada ısı iletkenlik katsayılarının ise aynı sıra ile PÇ 32,5 de 0.527, 0.250 ve 0.222 W/mK, PÇ 42,5 de ise 0.464, 0.395 ve 0.252 W/mK olduğu saptanmıştır.

Akbaba (2007), pomza, diyatomit ve tuf ile ürettikleri hafif betonların özellikleri üzerine yaptığı bir çalışmada, birim ağırlıkların sırasıyla 1100, 1160 ve 1440 kg/m<sup>3</sup> olduğunu, su emme oranlarının sırasıyla %23, %34 ve % 19 olduğunu bulmuşlardır. Aynı araştırmacı pomza, diyatomit ve tuf ile ürettikleri hafif betonun basınç dayanımlarını sırasıyla 80, 29 ve 134 kg/cm<sup>2</sup> olarak saptamıştır.

Topçu (2006), hafif betonları yalıtım betonu, hem yalıtım hem taşıyıcı beton ve taşıyıcı hafif betonarme (öngerilmeli beton) olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. Her üç sınıf hafif beton için birim ağırlık, basınç dayanımı ve ısı iletkenliklerini ise sırasıyla 1. sınıf hafif beton için 200-600 kg/m<sup>3</sup>, 2-25 kg/cm<sup>2</sup>, 0,05-0,20 kcal/mh, 2. sınıf hafif betonlar için 600-1200 kg/m<sup>3</sup>, 25-100 kg/cm<sup>2</sup>, 0,20-0,45 kcal/mh, 3. sınıf için ise 1200-2000 kg/m<sup>3</sup>, 100-610 kg/cm<sup>2</sup> ve 0,45-1 kcal/mh arasında olduğunu ifade etmiştir.

Öz (2007b), betonların basınç dayanımlarına göre TS EN 206-1 de üç sınıfa ayrıldığını ve basınç dayanımları 200 kg/cm<sup>2</sup>'nin altında olanlara düşük dayanımlı beton, 200-400 kg/cm<sup>2</sup> arasında olanlara normal dayanımlı beton ve 400 kg/cm<sup>2</sup> den fazla olanlara ise yüksek dayanımlı beton adı verildiğini ifade etmiştir.

Mannan ve ark. (2006), hafif beton üretiminde kaba agrega olarak palmye kabuklarını kullanmışlar ve % 20 oranında kabuk ile üretilen hafif betonların su emme oranının % 18, 20, birim ağırlıklarının 1860-1930 kg/m<sup>3</sup> arasında ve 28. gündeki basınç dayanımlarının ise 234 kg/cm<sup>2</sup> olduğunu saptamışlardır.

Al Jarbi ve ark. (2005), polistren agregalar ve uçucu kül ile üretilen hafif betonlar üzerine yaptıkları bir çalışmada, yoğunlukları 600, 800 ve 1000 kg/m<sup>3</sup> olacak şekilde polistren ve uçucu kül ile ürettikleri betonların ısı iletkenliklerinin sırasıyla 0.133, 0.217 ve 0.3 W/m°C olduğunu belirlemişler ve uçucu kül ile polistren arasında önemli bir farkın ortaya çıkmadığını saptamışlardır.

*İnce tanesiz betonlar;* bu betonlarda agrega normal veya hafif olabilir. Karışımda sadece iri agregalar ve çimento vardır. Yapısı çok boşlukludur. İnce tanesiz betonlar tavan,

duvar plakaları olarak üretilebilir. Ancak her iki yüzünün sıva, plastik kaplama vb. boşluksuz bir malzemeye örtülmesi gerekir. Aksi halde bu elemanlar su ve havayı kolaylıkla geçirirler. İnce tane betonların rötreleri yoktur ve kılcal su emmeleri de sıfırdır (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

*Boşluklu betonlar;* boşluklu betonlar gaz betonlar ve köpük betonlar olarak iki gruba ayrılırlar.

Gaz betonlar, fabrikada üretilen prefabrike ürünlerdir. Ytong, siporex bu gruba girer. Ytong' un esası kireç ile alüminyum tozunun karıştırılması sonucu hidrojen gazının oluşumuna dayanır. Agregada olarak silisli kum, bitümlü şist vb. malzeme kullanılır. Oluşan gazın kitle içinden kaçmaması gerekir. Sertleşme olayı otoklavda hızlandırılarak bu sağlanır. Otoklavdan çıkan ürün rötresini tamamladığından daha sonra rötre yapmaz. Gaz betonların birim ağırlıkları  $800-1400 \text{ kg/m}^3$ , basınç dayanımları ise  $20-26 \text{ kg/cm}^2$  arasında değişir. Bu betonlarla bloklar veya çatılarda kullanılan hafif taşıyıcı plakalar üretilebilir. Çimentolu sıvalara aderansları iyi değildir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

Köpük betonların üretiminde temel ilke protein esaslı bir katkı maddesi ile betonyerde hızlı bir şekilde karıştırılan betonun içinde köpük oluşumuna dayanır. Oluşan bu köpüğün kaybolmaması için stabilizan bir katkı maddesi gerekir. Betocel köpük betonlara bir örnektir. Köpük betonların şantiyede üretilebilmeleri bir üstünlüktür. Bu betonlarda rötre ve stoklama sorunları mevcuttur (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

*Ateşe dayanıklı betonlar;* baca, amonyak fabrikaları vb. yerlerde betonun kısa süre de olsa çok yüksek sıcaklıkların etkisinde kaldığı anlarda üretilmesi gereken betonlardır. Ateşe dayanıklı betonların agregası refrakter malzemelerdir. Çimento olarak da alüminli çimentolar kullanılır. Alüminli çimentonun prizi sırasında homojen bir soğutmanın gerekli olduğu unutulmamalıdır (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

*Kütle betonları;* baraj, liman, mendirek ve rıhtım blokları gibi büyük kütleli elemanlardaki betonlara denir. Büyük boyutlu kalıpların kullanılmasından ötürü çeper etkisi görülmez. Agreganın en büyük tane büyüklüğü bu nedenle  $150 \text{ mm}$ ' ye kadar çıkabilir. Betonun kalıba yerleştirilmesi nispeten kolay olduğundan kuru kıvamlı beton kullanılır. Kütle betonunda en büyük sorun, beton hacminin büyük olması nedeniyle hidrasyon ısısının tüm kitleyi ısıtacak oranda ortalaması sonucu kitlenin iç kısmı yavaş, dış kısmı ise hızlı soğur. Bunun sonucunda dış kısımdaki betonun büzülmesi önlenmiş olur. Bu önleme çekme gerilmeleri doğurur ve beton çatlar (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).



*Harçlar*; en büyük tane büyüklüğü küçük betonlar olarak adlandırılabilirler. Ancak harçlarda bağlayıcı her zaman çimento olmayabilir. Bu nedenle bileşimlerine göre harç, ince agrega ( kum ), bağlayıcı madde ve sudan yapılan bir yapı malzemesi olmaktadır.

İyi bir harcın bazı özelliklere sahip olması gerekir. Bu özellikler şu şekilde sıralanabilir;

- Sıklık.
- Su geçirmezlik.
- Kagir malzemeye yapışma niteliği.
- Priz ve sertleşme sırasında hacminin değişmemesi.
- Dış etkilerin etkisi altında ayrışmaması.
- Yapı yerinde yapılabilmesi.
- Mala ile işlenebilme kolaylığı.

Harçta kum kullanılmasının başlıca nedenleri ekonomiktir. Çünkü kum, bağlayıcı malzemeye göre daha ucuzdur. Harçta kullanılan kum doğal veya yapay olabilir (Ekmekyapar ve Örüng 1993 ).

### **2.1.3.Hafif Beton Üretiminde Kullanılan Organik Atıklar**

Organik atıklar; çevrede doğal halde toprağa bırakılan organik ürünler ve bitki kalıntılarıdır. Genellikle bunlar toprakta çürüyüp doğal gübre olmaktadır. Ancak özellikle bitkisel atıkların üretimin sürekliliği sebebiyle toprakta çürüyerek gübre halini alması mümkün olmamaktadır. Bu sebeple bu atık malzemeler ya toplanmakta yada yakılarak topraktan uzaklaştırılmaktadırlar. Üreticiler bitkisel atıkların toplanması bir maliyet gerektirmesi sebebiyle genellikle yakılmasını tercih etmekte bu ise önemli çevre ve toprak kirliliği sorunları yaratmaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalarda bitkisel atıkların hafif beton üretiminde hafif agrega olarak kullanılması üzerinde durulmuş ve durulmaktadır. Bu amaçla yapılan çalışmalarda beton üretiminde kullanılacak çeşitli bitkisel atıklar kullanılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Hafif beton üretiminde kullanılacak organik atıklar çeltik sapı, çeltik kavuzu, ağaç kabuğu, ayçiçeği sapı vb. atık malzemelerdir.

Bu organik atıkların hafif beton üretiminde kullanılmaları hem betonun üretim maliyetini düşürür hem de önemli bir çevre sorunu ortadan kaldırılabilir.

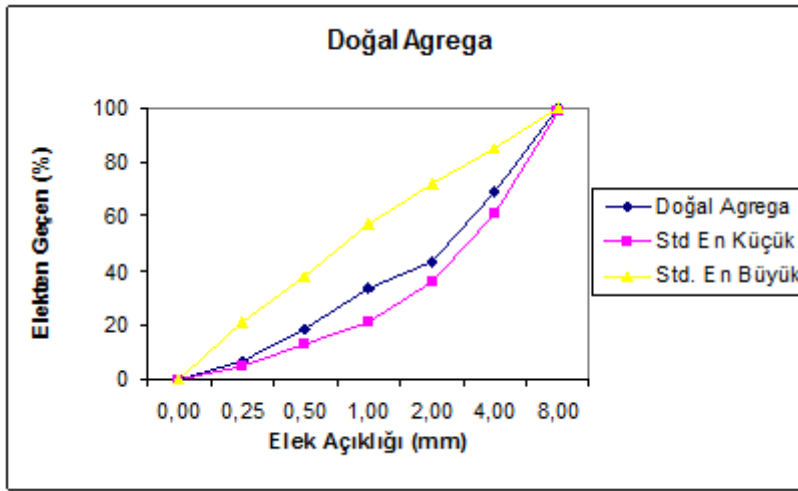
Özellikle tarımsal yapılarda organik atıklar kullanılarak üretilecek beton rahatlıkla kullanılabilir bir yapı malzemesi olabilir. Tarımsal yapıların genellikle tek katlı olmaları ve fazla yük etkisinde kalmamaları sebebiyle malzeme seçimlerinde ısı yalıtımlarının yüksek olması ve hafif olması önem kazanmaktadır. Günümüzde tarımsal yapıların büyük bir çoğunluğu gerek yapı güvenliği açısından, gerekse yapı içi çevre koşulları açısından, tarımsal işletmelerin ekonomik düzeyinin düşük olması nedeniyle arzu edilen şartları sağlayamamaktadır. Bu nedenlerle tarımsal yapıların inşasında mümkün olan en ucuz, güvenli ve yaşayan canlılar için optimum çevre koşullarını yaratabilen malzemeler kullanılmalıdır. Seçilecek malzemeler yeterli dayanım ve dayanıklılığa sahip, ısı ve ses yalıtımı yüksek ve hafif olmalıdır (Balaban ve Şen 1988). Son yıllarda tüm bu istekleri karşılayacak yeni yapı malzemelerinin bulunması için birçok çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Bu çalışmada organik bir atık olan ayçiçeği saplarının beton üretiminde hafif agrega olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla beton üretiminde farklı oranlarda ayçiçeği saplarının agrega yerine kullanılmasının betonun bazı fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine olan etkisi belirlenerek literatür ışığında değerlendirilmiştir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1.MATERYAL

Araştırma materyalini bir organik atık olan öğütülmüş ayçiçeği sapları, normal agrega, çimento, şebeke suyu ve bunlarla üretilecek hafif beton oluşturmuştur. Hafif beton üretiminde kullanılacak ayçiçeği sapları Tekirdağ Köseilyas köyünden temin edilmiştir. Araştırmada TS EN 197-1 'e (Anonim 2005) göre üretilen PÇ 42,5 (portland) çimentosu, yıkanmış dere kumu ve en büyük tane büyüklüğü 8mm. olan kırma çakıl kullanılmıştır. Kullanılan agraganın granülometri eğrisi Şekil 1 'de, kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Doğal agrega granülometri eğrileri

Çizelge 1. Doğal agraganın fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi

Özellikler	Doğal agrega	
	İnce	Kaba
SiO <sub>2</sub> (%)	89.82	43.64
CaO (%)	0.10	18.49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0.48	12.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	4.89	10.22
K <sub>2</sub> O (%)	2.95	0.03
MgO (%)	0.39	7.82
Serbest birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1540	1462
Yoğunlaşmış birim ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	1635	1619
Özgül ağırlık (kg/m <sup>3</sup> )	2700	2790
Su emme oranı (%)	1	0.6

Şekil 1'den de görüldüğü gibi agrega granülometrisi TS 706 standartları içerisinde kalmaktadır(Anonim 1980).

Araştırmada, farklı karışım oranlarında ayçiçeği sapsarı katılarak üretilen hafif betonların fiziksel, mekanik ve termal özellikleri belirlenmiştir.

Çalışmada kullanılan çimento ile ilgili kimyasal ve fiziksel özellikler çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Çimentonun fiziksel , mekanik özellikleri ve kimyasal bileşimi

Kimyasal bileşim		Fiziksel ve mekanik özellikler		
Bileşenler	%			
Erimez kalıntı	0.52	Özgül ağırlık (gr/cm <sup>3</sup> )		3.14
		Uygulama zamanı	İlk (min)	137
Son (min)	194			
SO <sub>3</sub>	3.11	Le Chatelier (mm)		1
Yakma kaybı	1.25	Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /gr)		3700
		Basınç Dayanımı (gr/cm <sup>2</sup> )	2 günlük	266000
7 günlük	408000			
28 günlük	558000			
Cr	0.0385			

## 3.2.METOD

### 3.2.1. Beton Agregasının Oluşturulması ve Beton Örneklerinin Hazırlanması

Beton içerisine katılacak olan ayçiçeği sapsarı agrega kırma makinesinde öğütülerek 8mm. açıklığa sahip elekten elenmiştir. Elde edilen ayçiçeği sapsarının boşluk oranının ve su emme miktarının yüksek olması beton karışım hesabında belirlenen su miktarının yetersiz kalmasına ve dolayısıyla betonun priz ve hidrasyonunu tam olarak gerçekleştirememesine neden olacaktır. Bu sebeple beton üretiminde kullanılacak ayçiçeği sapsarı yarım saat kadar suda bekletilerek satüre duruma getirilerek kullanılmıştır. Aynı tane büyüklüklerine sahip olan ayçiçeği sapsarı beton karışım hesabında belirlenen toplam agrega hacminin yüzdesi olarak karışıma ilave edilmiştir. Bu yüzdelik oranlar % 0, % 5, % 10, % 20, % 30 ve % 40 olarak belirlenmiş ve 300 doz için sırasıyla AÇ300, AÇ305, AÇ310, AÇ320, AÇ330 ve AÇ 340, 400 doz için AÇ400, AÇ405, AÇ410, AÇ420, AÇ430 ve AÇ440 olarak isimlendirilmiştir(AÇ:ayçiçeği).

1 m<sup>3</sup> sıkıştırılmış betonda bulunacak karışım elemanlarının miktarı aşağıdaki eşitlikle bulunmuştur.

Eşitlik 1:

$$\frac{C}{\gamma_c} + \frac{W_a}{\gamma_a} + W + \lambda = 1000 \text{ dm}^3 \quad (1)$$

Burada;

C = Karışıma girecek çimentonun miktarı ( kg )

$\gamma_c$  = Çimentonun özgül ağırlığı ( kg / dm<sup>3</sup> )

W = Karışıma girecek suyun hacmi (dm<sup>3</sup>)

W<sub>a</sub> = Karışıma girecek agreganın miktarı ( kg )

$\gamma_a$  = Agreganın özgül ağırlığı ( kg / dm<sup>3</sup> )

$\lambda$  = Betondaki toplam hava miktarı (dm<sup>3</sup>)

Eşitlik 2:

$$C = \frac{W}{\frac{W}{C}} \quad (2)$$

Bağlantısı ile çimento miktarı hesaplanır

Eşitlik 3:

$$\frac{W_a}{\gamma} = 1000 - \left( \frac{C}{\gamma_c} + W + \lambda \right) \quad (3)$$

Bağlantısı ile agrega miktarı bulunur.

Bulunan değerler eşitlikte yerine konunca suyun hacmi hesaplanır.

Eşitlik 4 ve 5:

$$V_{\text{kum}} = 0,4 \times V_{\text{agr}}, \quad (4)$$

$$V_{\text{çakıl}} = 0,6 \times V_{\text{agr}} \quad (5)$$

(V<sub>kum</sub>=kum hacmi , V<sub>agr</sub>=agrega hacmi , V<sub>çakıl</sub>=çakıl hacmi )

Formülüyle de agrega miktarı içindeki kaba (çakıl) ve ince agrega (kum) miktarları bulunmuştur (Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Bütün malzemelerin miktarları belirlendikten sonra malzemeler laboratuvar şartlarında hassas elektronik terazide tartılarak beton karma makinesine konulmuştur. Karışım suyu makine haznesine konulmadan evvel tüm malzemeler karıştırılmış, homojen bir karışım oluşturulmuştur. Daha sonra suda bekletilmiş olan ayçiçeği sapları ve su karışıma katılarak hepsi birlikte harmanlanmıştır.

Beton örnekleri, hafif beton üretiminde genellikle uygulanan 250- 550 kg/m<sup>3</sup> çimento dozajları (Turgutalp ve Örüng 1992 ) göz önünde bulundurularak 300 kg/m<sup>3</sup> ve 400 kg/m<sup>3</sup>'lük çimento içeriklerine sahip olacak şekilde iki farklı dozajda hazırlanmıştır.

Çoğunlukla hafif agregalı betonların net su/çimento oranı, karışım hesabına temel olabilecek yeterli doğrulukta saptanamadığından, hafif agregalı beton karışımları önerilen koşullardaki kıvamda, çimento dozuna göre bir seri deney karışımı yapılarak hesaplanmalıdır. Hesaplanacak olan bu değere slump (çökme değeri) denir.

Bu çalışmada üretilen hafif betonların çökme değeri yaklaşık 5±1 cm olacak şekilde bir seri deney karışımı yapılarak göz önüne alınan farklı karışım ve çimento dozajları için katılacak su miktarları belirlenmiştir (Anonim 1977). Slamp deneyi; üst çapı 10 cm, alt çapı 20 cm ve yüksekliği 30 cm olan kesik bir koniyle yapılır. Bu koniye Abrams konisi denir. Koni yükseklikleri üç çeşit tabaka halinde serilen betonla doldurulur ve her tabaka 16 mm çapında ve 60 cm uzunluğundaki ucu yuvarlatılmış bir çelik çubukla 25' er defa şişlenerek sıkıştırılır. Üstü düzeltilip etrafı temizlendikten sonra doldurulan beton sarsılmadan kesik koni kalıp yukarı kaldırılır ve çöken betonun yanına konur. Kalıptan çıkarılan beton kendi ağırlığı ile bir miktar çöker. Kalıbın yüksekliği ile çöken betonun orta noktası arasındaki yükseklik farkı bir cetvelle ölçülerek çökme miktarı bulunur (Anonim 2002a).

Her karışım ve çimento dozajı için toplam 6 \* 2 = 12 konu oluşturulmuştur. Her bir konuda üç paralelli olarak yapılacak olan basınç dayanımı, dona dayanım, su emme ve birim ağırlık deneyleri için toplam 144 adet küp örnek ( 15\*15\*15 cm<sup>3</sup> ) hazırlanmıştır. Küp örneklerin hazırlanmasında taze beton kalıplara döküldükten sonra şişleme çubuğu kullanılarak yerleştirilmiştir. Bu amaçla yağlanan kalıplara önce 1/3 oranında taze beton döküldükten sonra çökme deneyinde olduğu gibi 25 kez çubukla şişlenerek hava boşlukları alınmış ve bu işlem 3 kez tekrarlandıktan sonra kalıbın üstü düzlenmiştir (Anonim 2002b).

Kalıplara dökülen örnekler 24 saat bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmış ve deney gününe kadar  $20 \pm 2$  °C sıcaklıkta su içerisinde bekletilerek normal kür uygulanmıştır. Hazırlanan örneklerin 28 gün sonunda basınç dayanımı, su emme, dona dayanıklılık ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır (Anonim 2002b).

### **3.2.2. Sertleşmiş Beton Örneklerinin Fiziksel, Mekanik ve Termal Özelliklerinin Belirlenmesi**

Basınç dayanımlarının belirlenmesinde 28 gün bekletilmiş olan küp örnekler 200 ton kapasiteli bilgisayar kontrollü hidrolik beton presi kullanılarak dakikada  $120 - 140 \text{ kg / cm}^2$  lik yükleme hızı uygulanarak kırılmış ve kırılma yükü örnek yüzey alanına bölünerek basınç dayanımları saptanmıştır (Anonim 1990).

Su emme değerlerinin belirlenmesinde küp örnekler  $105 \pm 5$  °C' a ayarlı etüvde 24 saat kurutulmuş ve fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra kuru ağırlığı belirlenen küp örnekler soğutulduktan sonra  $21 \pm 2$  °C sıcaklıktaki su içerisine batırılarak 24 saat tutulmuştur. 24 saatin sonunda sudan çıkarılacak olan örneklerin yüzey ıslaklığı bir havlu ile alınarak tartılmış ve tekrar su içerisine batırılarak 24 saat daha tutulmuştur. Sürenin sonunda sudan çıkarılan örnekler silindikten sonra tekrar tartılmıştır. Birbirini izleyen tartımlar arasındaki fark % 0,5' den az oluncaya kadar işlem sürdürülmüştür. Fark % 0,5 'den az olduğunda, son tartımda elde edilen değer doymuş ağırlığı olarak ve fırın kuru ağırlık ile doymuş durumdaki ağırlık farkının fırın kuru ağırlığa bölünmesi ile su emme oranı belirlenmiştir. Ayrıca gerek 28 gün boyunca gerekse suda bekletilme süresince örneklerde çatlama, yarıma, dağılma ve ufalanma gibi görünüş özellikleri de incelenerek değerlendirilmiştir (Örüng 1995, Anonim 1981).

Dona dayanıklılık deneyi için normal kür uygulanan örnekler önce etüvde  $105 \pm 5$  °C' da kurutulmuş ve  $- 20$  °C' a ayarlı soğutma dolabında dondurulmuş ve ardından  $20$  °C' ta çözümüştür. Donma çözünme çevrimi 24 saat olacak şekilde 25 kez tekrarlanmıştır. Donma-çözünme etkisinde bırakılan örnekler öncelikle gözle incelenerek ve herhangi bir kopma, çatlama olup olmadığı kontrol edilmiştir. Daha sonra örneklerin basınç dayanımları belirlenerek, normal kür koşullarında üretilen örneklerin dayanım değerleri ile karşılaştırılmıştır ( Ekmekyapar ve Örüng 1993).

Sertleşmiş betonun birim ağırlığının saptanmasında 28 gün sonunda her bir karışım oranına ait beton örnekleri  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$  a ayarlı etüvde değişmez ağırlığa ulaşınca kadar bekletilerek fırın kuru ağırlıkları belirlenmiş ve örneklerin boyutlarının ölçülmesi ile bulunan örnek hacimlerine bölünerek belirlenmiştir (Anonim 1981).

Üretilen hafif betonların ısı iletkenlik katsayılarının belirlenmesinde McClune ve Moorhouse eşitliği (Eşitlik 6) kullanılmıştır.

Eşitlik 6:

$$\lambda_{\text{kuru}} = 0,0728.e^{0.00128.\gamma_{\text{kuru}}} \quad (6)$$

$\lambda_{\text{kuru}}$  = Isı iletkenlik kat sayısı ( kcal / hm °C)

$\gamma_{\text{kuru}}$  = Birim ağırlık ( kg / m<sup>3</sup>)



## 4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Taze Beton Özellikleri

Bir organik atık olan ayçiçeği sapı kullanılarak 6 farklı karışım oranında 300 ve 400 dozlu olarak hazırlanan beton örneklerinin içerisine giren malzeme miktarları Çizelge 3’ de verilmiştir.

Çizelge 3. Beton karışımına giren malzeme miktarları

Karışım	Dozaj	Ayçiçeği Sapı ( L )	Doğal Agrega (Kg)		Çimento (kg )	Su ( L )	Su/Çimento Oranı	Çökme Miktarı (cm)
			İnce	İri				
AÇ 300	300	0.00	743	1152	300	195	0,65	5.7
AÇ 305		34.44	706	1094	300	190	0,63	5.5
AÇ 310		68.89	668	1037	300	190	0,63	5.7
AÇ 320		138.00	595	922	300	185	0,62	5.7
AÇ 330		206.68	520	807	300	180	0,60	5.4
AÇ 340		275.39	460	691	300	170	0,57	5, 5
AÇ 400	400	0.00	638	989	400	229	0,57	5,8
AÇ 405		29.63	606	940	400	214	0,54	5.3
AÇ 410		59.08	574	890	400	210	0,53	5,3
AÇ 420		118.16	511	792	400	203	0,51	5.6
AÇ 430		177.24	447	693	400	195	0,49	5,9
AÇ 440		236.31	383	593	400	175	0,44	5,8

Çizelge 3’den de görüldüğü gibi karışıma giren ayçiçeği sapı miktarları arttıkça dozaj sabit olduğundan agrega ve su miktarları azalmaktadır. Her iki doz için de durum aynıdır. Daha önce yapılmış çalışmalarda karışıma giren bitkisel atık miktarına bağlı olarak karışım suyunun arttığı belirlenmiştir (Manan ve Ganapathy 2002). Karışıma giren ayçiçeği saplarının da boşluk oranlarının yüksek olması nedeniyle karışım suyu miktarının artması beklenirken

azalma göstermesi, karışıma girecek ayçiçeği saplarının karıştırmadan 30 dk. evvel su içerisine atılarak kullanılmasından kaynaklanmıştır.

#### 4.2. Sertleşmiş Beton Özellikleri

Üretilen hafif beton örneklerinin 28 gün normal kür uygulandıktan sonra yapılan basınç dayanımı, birim ağırlık, su emme, dona dayanıklılık ve ısı iletkenlik katsayıları belirlenerek ortalama değerler Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Sertleşmiş hafif betona ait fiziksel, mekanik ve termal özellikler

Konular	Dozaj	Basınç Dayanımı (kg/cm <sup>2</sup> )	Birim Ağırlık ( kg/m <sup>3</sup> )	Su Emme ( % )	Dona Dayanıklılık (Basınç Dayanımı)		Isı İletkenlik Katsayısı (kcal/m ° Ch )
					(kg/cm <sup>2</sup> )	% Kayıp	
AÇ 300	300	322	2175	2,97	295	8,3	1.376
AÇ 305		292	2147	3,12	265	9,2	1.334
AÇ 310		256	2106	3,42	233	8,9	1.276
AÇ 320		195	2038	3,74	168	13,8	1.186
AÇ 330		129	1957	4,71	106	17,8	1.089
AÇ 340		73	1860	5,13	58	20,5	0.985
AÇ 400	400	498	2363	2,55	459	7,8	1.696
AÇ 405		465	2300	2,96	424	8,8	1.580
AÇ 410		402	2240	3,36	363	9,7	1.478
AÇ 420		331	2165	3,88	290	12,3	1.361
AÇ 430		256	1972	4,36	214	16,4	1.106
AÇ 440		134	1882	5,03	109	18,7	1.007

Çizelge 4’den de görüldüğü gibi hafif beton karışımının içerisine katılan ayçiçeği saplarının miktarı artarken karışımdan elde edilen örneklerin basınç dayanım değerleri, birim ağırlıkları, dona dayanıklılık ve ısı iletkenlik katsayıları azalmaktadır. Buna karşılık su emme

oranı ise karışıma giren ayçiçeği sapı miktarı ile artmaktadır. Aşağıda her bir özellik ayrı ayrı ele alınarak değerlendirilmiştir.

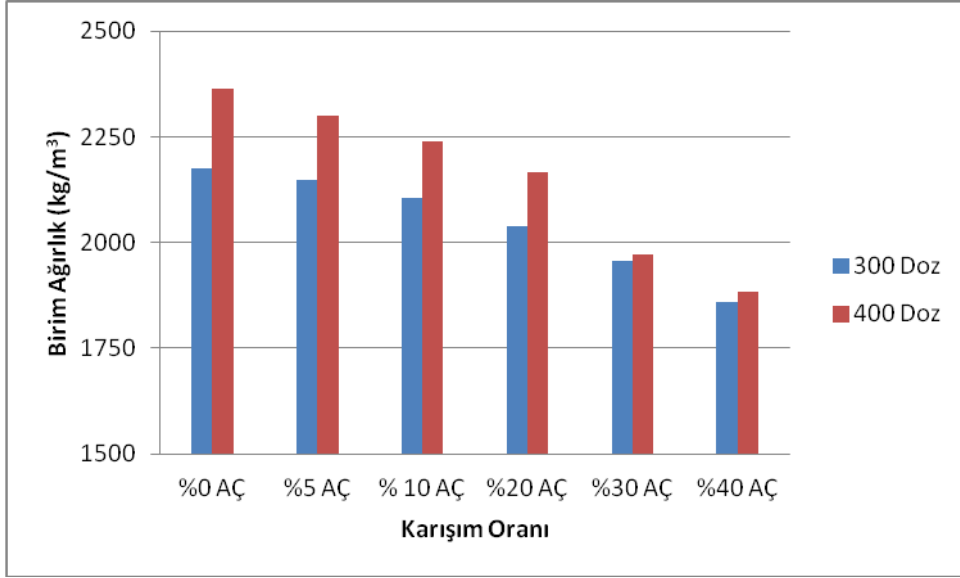
#### 4.2.1. Birim Ağırlık

Farklı oranlarda agregaya ile yer değiştirilerek iki farklı dozda üretilen betonların, farklı karışım oranlarına göre birim ağırlık değişimleri Şekil 2' de verilmiştir.

Çizelge 4 ve Şekil 2' den anlaşıldığı gibi, beton karışımına giren ayçiçeği sap miktarı artışına paralel olarak birim ağırlık düşmektedir. Üretilen beton örneklerinde en yüksek birim ağırlık değeri 300 ve 400 doz için sırasıyla  $2175 \text{ kg/m}^3$  ve  $2363 \text{ kg/m}^3$  olmak üzere kontrol betonlarında elde edilmiştir. En düşük birim ağırlık değerleri ise % 40 AÇ ilave edilen konularda 300 ve 400 doz için  $1860$  ve  $1882 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Karışım içerisindeki AÇ miktarı ile birim ağırlık arasındaki ters orantı, AÇ'nin normal agregaya göre boşluk oranının ve özgül ağırlığının çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 2'de 300 dozlu beton örneklerinin 400 dozlu örneklerine göre birim ağırlıklarının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum karışıma giren çimento miktarının artması ve çimentonun özgül ağırlığının agregaya ve ayçiçeği saplarına göre daha yüksek olmasından ileri gelmektedir (Çizelge.4). Birim ağırlık % değişimlerine bakacak olursak AÇ 305'in %1, AÇ 310'un %3, AÇ 320'nin %6, AÇ 330'un %10, AÇ 340'ın %14 ve AÇ 405'in %2, AÇ 410'un %5, AÇ 420'nin %8, AÇ 430'un %16, AÇ 440'ın ise %20 değiştiğini görürüz ki bu da AÇ'nin birim ağırlığının normal agregaya göre daha düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla bu durumda betonun birim ağırlığının düştüğü görülmektedir.

Sarı ve Paşamehmetoğlu (2005),  $2000 \text{ kg/m}^3$  altında birim ağırlık değerine sahip betonların hafif beton olarak sınıflandırılacağını belirtmişlerdir. Bu çalışmada agregaya yerine %30 ve %40 ayçiçeği sapı kullanılarak dökülen beton örneklerinin 300 ve 400 doz için belirlenen birim ağırlık değerleri literatürde belirtilen hafif beton sınır değerlerinin altında kalmıştır. Betonun birim ağırlığının düşmesi özellikle yapı ölü yükünün azaltılması, ısı ve ses yalıtım özelliklerinin artırılması gibi avantajlar sağlamaktadır.



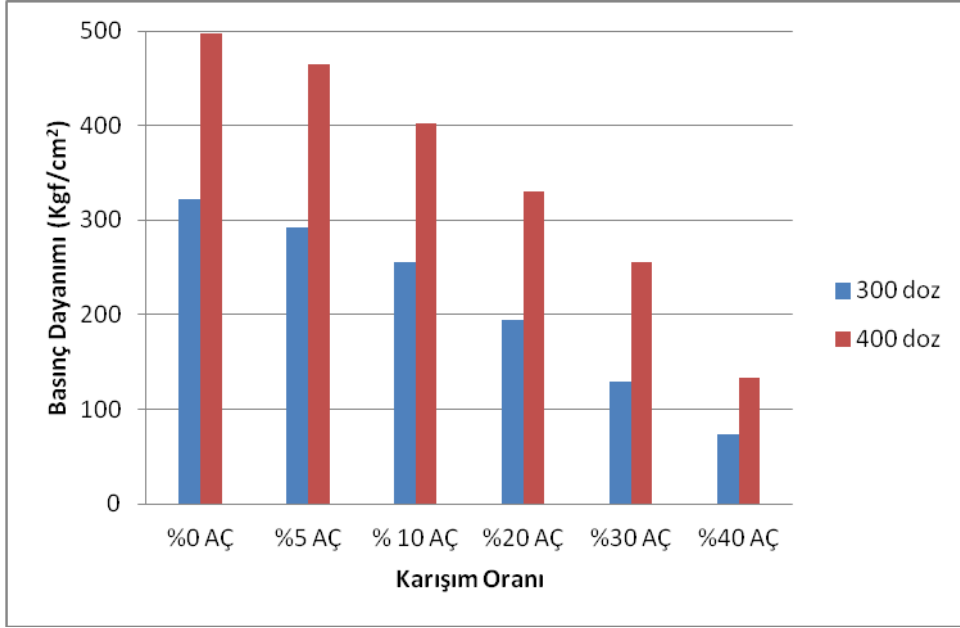
Şekil 2. Ayçiçeği sapları ile üretilen hafif beton sınıflarının birim ağırlık-karışım oranı ilişkisi

#### 4.2.2. Basınç Dayanımı

Farklı oranlarda agrega ile yer değiştirilerek iki farklı dozda üretilen betonların farklı karışım oranlarına göre basınç dayanımları Şekil 3’de verilmiştir.

Çizelge 4 ve Şekil 3’den de görüldüğü gibi, beton karışımına giren ayçiçeği sap miktarı artışına paralel olarak basınç dayanımı düşmektedir. Üretilen beton örneklerinde en yüksek basınç dayanım değeri 300 ve 400 doz için sırasıyla 295 ve 457 kg/cm<sup>2</sup> olmak üzere kontrol betonlarında elde edilmiştir. En düşük basınç dayanım değerleri ise %40 AÇ ilave edilen konularda 300 ve 400 doz için 64 ve 123 kg/cm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Karışım içerisindeki AÇ miktarı ile basınç dayanımı arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Beklenen bu durum AÇ’nin normal agregaya göre boşluk oranının ve özgül ağırlığının çok düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Şekil 3’de 300 dozlu beton örneklerinin 400 dozlu örneklerine göre basınç dayanımlarının daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum karışıma giren çimento miktarının artması ve çimentonun özgül ağırlığının agrega ve ayçiçeği saplarına göre daha yüksek olmasından ileri gelmektedir (Çizelge.4). Hazırlanan beton örneklerinin değişen AÇ miktarlarına bağlı olarak basınç dayanımlarındaki % değişimlerine göre değerlendirirsek, AÇ 305’in % 9, AÇ 310’un % 20, AÇ 320’nin % 39, AÇ 330’un % 59, AÇ 340’ın % 77 oranında azaldığı görülmektedir. Aynı şekilde AÇ 405’in % 6, AÇ 410’un % 19, AÇ 420’nin % 33, AÇ 430’un % 48 ve AÇ 440’ın % 73 oranında değiştiği görülmektedir.

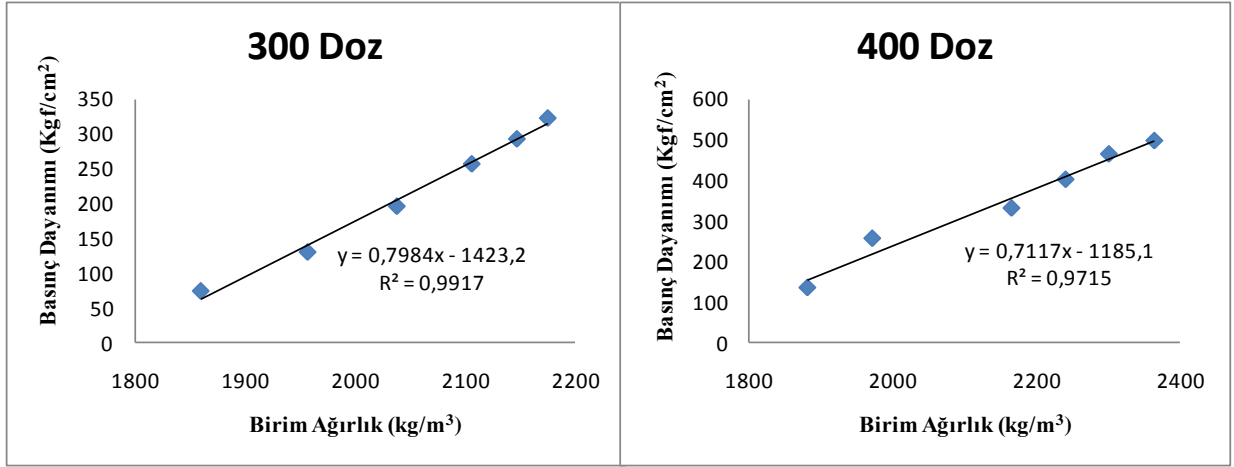


Şekil 3. Ayçiçeği sapsarı ile üretilen hafif beton sınıflarının basınç dayanımı-karışım oranı ilişkisi

Basınç dayanımı ve birim ağırlık değişimi arasındaki ilişki Şekil 4' de verilmiştir. Şekil 4'den basınç dayanımı ile birim ağırlık arasındaki doğrusal bir ilişki olduğu görülmektedir. Yapılan Regrasyon analizi sonucunda 300 ve 400 doz için elde edilen regrasyon katsayısı sırasıyla 0,99 ve 0,97 değerler almış ve kuvvetli bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Birim ağırlık ile basınç dayanımı arasındaki bu ilişki hafif betonlar üzerine daha önce yapılan çalışmalarda elde edilmiştir (Sarı ve Paşamehmetoğlu 2005, Şişman ve ark.2008, Turgutalp ve Örüng 1992, Ünal ve Uygunoğlu 2007, Yasar ve ark. 2003). Birim ağırlığın azalması karışıma katılan ayçiçeği sapsarının özgül ağırlıklarının oldukça düşük olmasından ve beton içerisindeki boşluk oranını azaltmasından kaynaklanmaktadır. Beton içerisindeki boşluk oranının artması ise basınç dayanımının düşmesine neden olmaktadır.

Kosmatka ve Panarese (1992), hafif betonları birim ağırlık ve 28 günlük küp örneklerin basınç dayanımlarına göre, birim ağırlıkları  $1400 - 1800 \text{ kg/m}^3$  arasında, basınç dayanımları ise  $170 \text{ kg/cm}^2$  den büyük olan hafif betonlara yapısal hafif beton, birim ağırlıkları  $800 - 1400 \text{ kg/ m}^3$ , basınç dayanımları  $70 - 170 \text{ kg/cm}^2$  arasında olanlara orta dayanımlı hafif beton, birim ağırlıkları  $800 \text{ kg/ m}^3$  den küçük, basınç dayanımları ise  $7 - 70 \text{ kg/cm}^2$  arasında olanlara ise düşük dayanımlı yalıtım ve dolgu betonları adını vermiştir. Araştırma sonucunda elde edilen birim ağırlık değerlerine göre, üretilen betonlar, karışımdaki ayçiçeği sapsarı miktarının % 20' nin üzerinde olması durumunda her iki doz içinde hafif beton olarak sınıflandırılmaları uygun olacaktır. Basınç dayanımı açısından ise 300 doz için karışıma % 20 den az, 400 doz için ise % 40'dan az ayçiçeği sapsarı ilave edilen betonlar yapısal

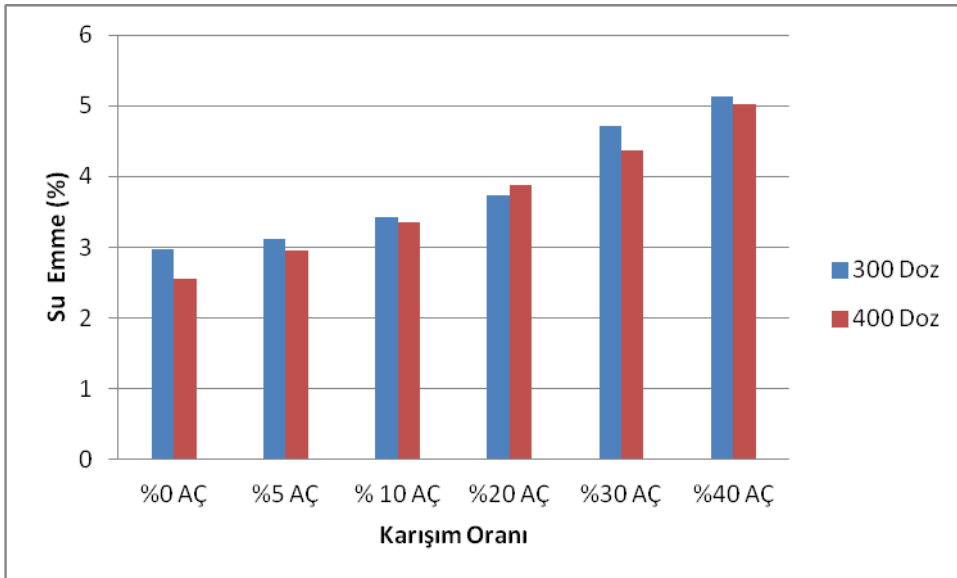
beton olarak, diğeri bir değışle taşıyıcı elemanlarda kullanılabilcek bir beton olarak değıerlendirilebilir.



Şekil 4. Ayçiçeğı sapları ile üretilen hafif beton sınıflarının basınç dayanımı-birim ağırlık ilişkisi

#### 4.2.3.Su Emme Oranı

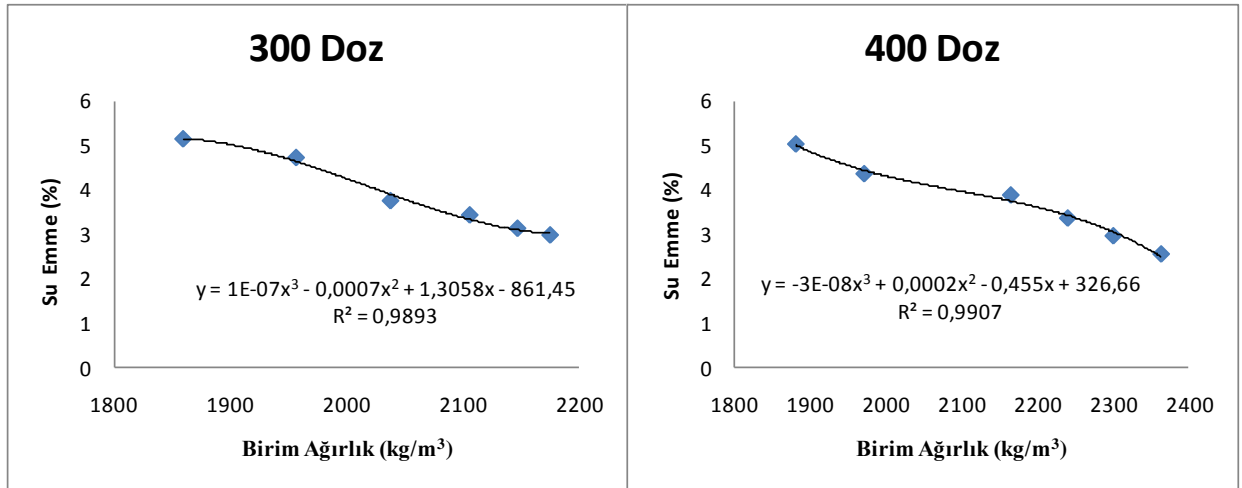
Farklı oranlarda agrega ile yer değıştirilerek iki farklı dozda üretilen betonların farklı karışım oranlarına göre su emme miktarları Şekil 5’ de verilmiştir. En yüksek su emme oranı 300 doz için % 5.13, 400 doz için % 5.03 olarak bulunmuştur. En düşük su emme oranları ise her iki doz içinde sırasıyla % 2.97 ve % 2.55 ile kontrol betonunda elde edilmiştir (Çizelge 4).



Şekil 5. Ayçiçeğı sapları ile üretilen hafif beton sınıflarının karışım oranı-su emme oranı ilişkisi

Gerek 300 gerekse 400 doz çimento katılarak üretilen beton örneklerinin hepsinde karışıma giren AÇ miktarı artışına paralel olarak su emme oranlarında artış gözlenmiştir. Bunun nedeni AÇ'nin su emme kapasitesinin yüksek olması ve beton içerisindeki boşluk oranını arttırmasıdır. Daha önce yapılmış çeşitli çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Turgutalp ve Örüng (1992), pomza kullanarak ürettikleri hafif betonda su emme oranının çimento dozajına bağlı olarak %9-33 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Örüng (1995), diyatomit ve pomza kullanarak ürettikleri hafif betonun su emme oranının %15-28 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Ünal ve Uygunoğlu (2007), diyatomit ile ürettikleri hafif betonun su emme oranının %30-46 arasında değiştiğini saptamışlardır. Şişman ve ark. (2008), zeolit kullanarak yaptıkları bir çalışmada karışıma giren zeolit miktarı artışına bağlı olarak su emme oranlarının %6.1' den %8.3'e yükseldiğini belirlemişlerdir.

Su emme oranı ile birim ağırlık arasında polinom bir ilişki Şekil 6'da görülmektedir. İki farklı çimento oranı için birim ağırlığın azalmasının su emme oranını arttırdığı Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. Ayçiçeği sapsarı ile üretilen hafif beton sınıflarının su emme oranı-birim ağırlık ilişkisi

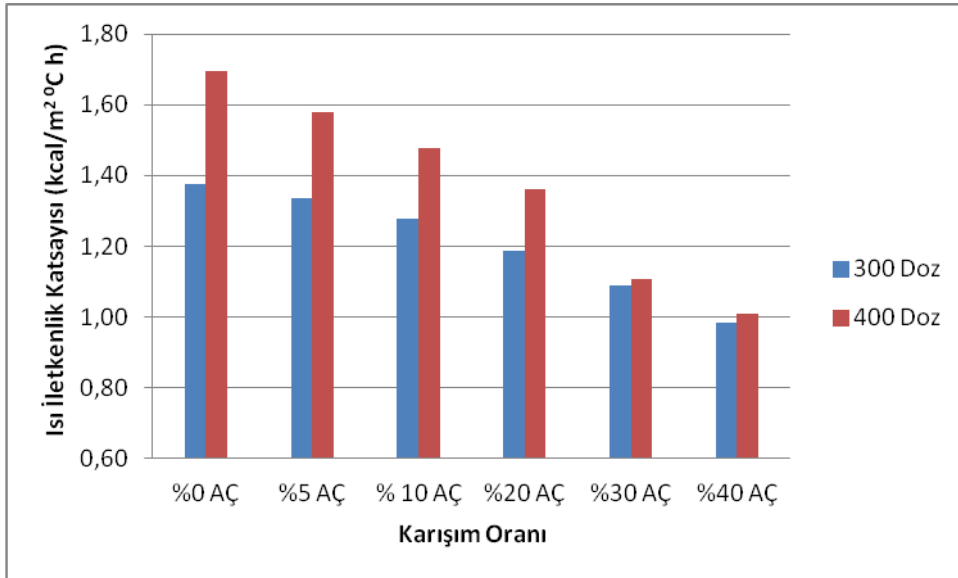
Beton su emme oranının artması özellikle ısı ve ses yalıtım özelliklerinin kuru kalması koşuluyla olumlu bir etki yarattığı bilinmektedir. Bu sebeple ayçiçeği sapsarı kullanılarak üretilen betonun mutlaka su geçişini engelleyici şekilde ince sıva ile kullanılması zorunluluktur.

#### 4.2.4. Dona Dayanıklılık

Ayçiçeği sapı kullanılarak farklı karışım oranlarında üretilen tüm betonların dona dayanıklılık açısından yeterli dayanıklılığa sahip olması da özellikle soğuk bölgelerde bu hafif betonun kullanılabilirliğini daha da arttırmaktadır. Donma çözünme tekrarları sonucunda elde edilen sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 4) ortaya çıkan en yüksek basınç kayıpları 300 ve 400 doz için sırasıyla % 20,5 ile AÇ340 ve % 18,7 ile AÇ 440 konularında elde edilmiştir. Ekmekyapar ve Örüng (1993) ile Şişman ve ark. (2008), donma çözünme tekrarları sonucunda ortaya çıkan kayıp miktarının % 20'nin altında kalması durumunda betonun herhangi bir zarar görmeyeceğini ve kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Bu bakımdan sonuçlar değerlendirildiğinde AÇ 340 haricinde farklı oranlarda ayçiçeği sapsarı kullanılarak üretilen betonlardaki basınç dayanımı kayıpları %20'nin altında kalmıştır.

#### 4.2.5. Isı İletkenlik Katsayısı

Farklı oranlarda agrega ile yer değiştirilerek iki farklı dozda üretilen betonların farklı karışım oranlarına göre ısı iletkenlik katsayıları Şekil 7'de verilmiştir. Çizelge 4 ve Şekil 7'den de anlaşıldığı gibi beton karışımına giren ayçiçeği sap miktarı artışına paralel olarak ısı iletkenlik katsayıları düşmektedir.



Şekil 7. Ayçiçeği sapsarı ile üretilen hafif beton sınıflarının karışım oranı-ısı iletkenlik katsayısı ilişkisi



Üretilen beton örneklerinde en yüksek ısı iletkenlik katsayısı değeri 300 ve 400 doz için sırasıyla 1.376 ve 1.696 kcal/m<sup>o</sup>Ch olarak kontrol betonlarında belirlenmiştir. En düşük ısı iletkenlik katsayısı değerleri ise %40 ayçiçeği sapı ilave edilen konularda 300 ve 400 doz için sırasıyla 0.985 ve 1.007 kcal/m<sup>o</sup>Ch olarak elde edilmiştir. Karışım içerisindeki ayçiçeği sap miktarı ile ısı iletkenlik katsayısı değerleri arasındaki bu ters orantı, ayçiçeği sapının normal agregaya göre boşluk oranının ve özgül ağırlığının çok düşük olması sonucunda beton içerisinde boşluk oranının artmasından diğer bir ifadeyle birim ağırlıktaki düşüştan kaynaklanmaktadır.

Şekil 7'de 300 dozlu beton örneklerinin 400 dozlu örneklerine göre ısı iletkenlik katsayısı değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmektedir. Bu durum karışıma giren çimento miktarının artması ve çimentonun özgül ağırlığının agregaya ve ayçiçeği saplarına göre daha yüksek olmasından ileri gelmektedir (Çizelge.4).

Topçu (2006), hafif betonları yalıtım betonu, hem yalıtım hem taşıyıcı beton ve taşıyıcı hafif betonarme (öngerilmeli beton) olmak üzere üç sınıfa ayırmıştır. Her üç sınıf hafif beton için birim ağırlık, basınç dayanımı (küp örneklerin) ve ısı iletkenlik katsayılarının ise sırasıyla 1.sınıf hafif beton için 200-600 kg/ m<sup>3</sup>, 2-25 kg /cm<sup>2</sup>, 0.05-0.20 kcal/m<sup>o</sup>Ch, 2.sınıf hafif betonlar için 600-1200 kg/ m<sup>3</sup>, 25-101 kg/cm<sup>2</sup>, 0.20-0.45 kcal/m<sup>o</sup>Ch, 3.sınıf için ise 1200-2000 kg/ m<sup>3</sup>, 101-606 kg/cm<sup>2</sup> ve 0.45-1 kcal/m<sup>o</sup>Ch arasında olduğunu ifade etmiştir.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ayçiçeği saplarının beton üretiminde kullanılmasının beton özellikleri üzerine olan etkilerinin araştırılması amacıyla yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Betonun birim ağırlığının düşmesi özellikle yapı ölü yükünün azaltılması, ısı ve ses yalıtım özelliklerinin artırılması gibi avantajlar sağlamaktadır. Ayçiçeği sapları kullanılarak üretilen beton örneklerinin birim ağırlıklarının normal betona göre 300 ve 400 doz için sırasıyla %15 ve % 20 daha düşük olması yapı yükünün azalmasını sağlamış olacaktır. Yapı yükünün azaltılması ise gerek malzeme tasarrufu, gerekse çeşitli doğal afetler sonucunda özellikle tarımsal yapılarda karşılaşılan büyük can ve mal kayıplarının azaltılmasını da sağlamış olacaktır.

Araştırmada üretilen betonların basınç dayanımları 300 doz için 322-73 kg/cm<sup>2</sup> arasında 400 doz için 498-134 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmiştir. Karışıma giren % 5, %10, %20, %30 ve %40 ayçiçeği sapı oranları için sırasıyla 300 dozlu betonlarda % 9, % 20, % 39, % 59 ve % 77, 400 dozlu betonlarda ise % 6, % 19, % 33, % 48 ve % 73 oranında basınç dayanımlarında düşüş belirlenmiştir. Basınç dayanımı açısından karışıma giren ayçiçeği sapı miktarının 300 dozlu betonlar için %20'nin, 400 dozlu betonlar için %40'ın altında kalması durumunda üretilen betonlar taşıyıcı elemanlarda rahatlıkla kullanılabilir seviyededir. Özellikle tarımsal yapıların tek katlı olmaları ve yapı yükünün az olması nedeniyle rahatlıkla taşıyıcı elemanlarda kullanılması mümkündür.

Hazırlanan hafif beton örneklerinde karışıma katılan AÇ miktarı artışına bağlı olarak su emme oranlarının arttığı gözlenmektedir. Bu durum bir organik atık olan ayçiçeği sapının boşluklu yapıda olmasından ve su tutma kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle su ile temas edecek yapı elemanlarında mutlaka su geçirgenliğini düşürücü önlemler alınarak kullanılması gerekmektedir. Bu amaçla yapı elemanlarının yüzeylerinin ince sıva ve nem yalıtım malzemeleri ile kaplanması faydalı olacaktır. Aksi takdirde nem geçişi artacağından gerek yapı elemanlarının mekaniksel özellikleri gerekse termal özellikleri olumsuz yönde etkilenecek ve düşük ısı iletimi gibi hafif betonun kullanımındaki avantajlar dezavantaj haline dönecektir.

Bu çalışmada üretilen betonların özellikleri içerisinde tarımsal yapılar açısından en önemli olanı ısı iletkenlik özelliğidir. Çünkü tarımsal yapılarda karşılaşılan sorunların başında yapı içerisindeki iklimsel çevre koşullarının kontrolü gelmektedir. Uygun çevre koşullarının

oluşturulmasında, yapı elemanları yoluyla meydana gelen ısı kayıplarının azaltılmasının etkisi büyüktür. Bu nedenle tarımsal yapılarda ısı iletkenliği düşük malzemelerin kullanılması ve ısı kayıplarının azaltılması ile yapı içerisinde uygun çevre koşullarının oluşturulması kolaylaşacaktır. Ayçiçeği sapları kullanılarak üretilen betonların ısı iletkenlik katsayısının normal betona göre 300 doz için % 28, 400 doz için %40 oranında azalmış olması, yapı elemanları yoluyla ortaya çıkan ısı kayıplarının önemli miktarda azaltılmasını sağlayacaktır. Bu şekilde gerek ısıtma giderleri, gerekse yalıtım malzemelerinin kullanımı azaltılarak üreticilerin masrafları düşürölmüş olacaktır.

Sonuç olarak ayçiçeği saplarının beton üretiminde kullanılması ile dayanım ve dayanıklılığı yeterli, ısı iletkenliği düşük bir malzeme üretilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların ışığında, beton üretiminde karışıma girecek ayçiçeği sapı miktarının kullanım amacına ve dozaja bağlı olarak %20 ile %40 arasında olması tavsiye edilebilir. Çünkü bu aralığın üzerindeki ayçiçeği sapı miktarlarında dayanım özellikleri azalmakta, bu aralığın altındaki miktarlarında ise ısı iletimi artmaktadır.

## 6. KAYNAKLAR

- Akbaba H (2007). Agrega Türünün Hafif Blokların Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. Afyonkarahisar Kocatepe Üniv. Fen Bilimleri Entitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi. 105 s.
- Al-Jabri KS, Hago AW, Al-Nuaimi AS, Al-Saidy AH (2005). Concrete Blocks for Thermal Insulation in Hot Climate. Cement and Concrete Research 35, s. 1472-1479.
- Anonim (1977). Taşıyıcı Hafif Betonların Karışım Hesapları. TS 2511.Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (1980). Beton Agregalarında Özgül Ağırlık Ve Su Emme Oranı Tayini. TS 3526.Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (1981). Sertleşmiş Betonda Özgül Ağırlık, Su Emme Ve Boşluk Oranı Tayini Metodu. TS 3624.Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (1990).Beton Basınç Mukavemeti Tayini. TS 3114. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (2002a). Beton-Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme Deneyi. TS EN 12350-2. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (2002b). Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 2: Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürenmesi. TS EN 12390-2. Türk Standartlar Enstitüsü, Ankara.
- Anonim (2005). Çimento, Bölüm 1: Genel Çimentolar – Bileşim Özellikleri ve Uygunluk Kriterleri, TS EN 197-1. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Balaban A ve Şen E(1988). Tarımsal Yapılar, A.Ü.Ziraat Fakültesi, Yayın No:845.
- Bobrowski J (1980). Outstanding Applications of Lightweight Concrete and An Application of Likely Future Developments, Journal of Lightweight Concrete, s. 5-20.
- Bomhard H (1980).Lightweight Concrete Structure, Potentialities, Limitsand Realities.The International Journal of Lightweight Concrete.2(4):s.193-195.
- Chi J.M., R. Huang, Yang CC and Chang JJ (2003). Effect of Aggregate Properties on the Strength and Stiffness of Lightweight Concrete. Cement and Concrete Composites 25, s.197-205.
- Demirboğa R, Örüng İ, Gül R (2001). Effects of Expanded Perlite Aggregate and Mineral Admixtures on The Compressive Strength of Low Density Concretes. Cement and Concrete Research, Elsevier Ltd. Number: 31, s. 1627-1632.

- Ekmekyapar T ve Örüń İ (1993). İnřaat Malzeme Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ders Yayınları No:145,Erzurum.
- Gündüz L and Ugur I (2005). The Effects of Different Fine and Coarse Pumice Aggregate/Cement Ratio on the Structural Concrete Properties Without Using Any Admixtures. Cement and Concrete Research 35, s. 1859-1864.
- Güzel GA (1993). Pomza Katkılı Tuğla Üretimi ve Bu Tuğlaların Mekanik ve Boşluk Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü,239 sayfa, İstanbul.
- Haque MN, Al-Khaiata H and Kayalı O (2004). Strength and Durability of Lightweight Concrete.Cement & Concrete Composites.Elsevier Ltd.Number 26:307-314.
- Kosmatka S.H and Panarese WC (1992). Design and Control of Concrete Mixture.Portland Cement Association Publication,Illinois,USA.
- Lo TY, Cui HZ (2004). Effect of Porous Lightweight Aggregate on Strength of Concrete. Materials Letters 58, s. 916-919.
- Manan MA, Ganapathy C (2002). Engineering properties of concrete with oil palm shells as coarse aggregate, Constr. Build. Mater., , 16 No.1, 29–34.
- Mannan MA, Alexander J, Ganapathy C, Teo DCL (2006). Quality Improvement of Oil Palm Shall (OPS) as Coarse Aggregate in Lightweight Concrete. Building and Environment 41, 1239-1242.
- Okucu A (1992). Hafif İnşaat Malzemeleri, Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği ABD, Bursa.
- Okuroğlu M ve Delibaş L (1986). Hayvan Barınaklarında Uygun Çevre Koşulları, Hayvancılık Sempozyumu, Tokat.
- Örüń İ (1995). Tarımsal Yapılarda Öğütölmüş Hafif Agreganın Kullanılabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,26(1):90-111, Erzurum.
- Örüń İ, şahin S (1995). Köprüköy (Pasinler) Yakınındaki Ocaklardan Saęlanan Doęal Hafif Agregadan Yöredeki Tarımsal Yapılarda Yararlanabilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26 (2), s. 194-202, Erzurum.
- Öz V (2007a). Hafif Agregalı Blok Üretiminde Yatağan Uçucu Külünün Etkisinin Araştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Öz E (2007b). Nevşehir Dolaylarında Yüzeyleyen Asidik Pomzanın Hafif Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 63 s.
- Paramasivam P and Loke Y.O (1980). Study of Sawdust Concrete. *International Journal of Lightweight Concrete*.2(1):57-61.
- Sarı D and Paşamehmetoğlu A.G (2005). The Effects of Gradation and Admixture on The Pumice Lightweight Aggregate Concrete. *Cement and Concrete Research*, Elsevier Ltd.35:936-943.
- Shu KL, Oing SM, Sheng S, Xiu LY (1980). Research on Several Physico-Mecanical Properties of Lightweight Aggregate Concrete. *International Journal of Lightweight Concrete*, 2(4) p. 185-191.
- Şişman C.B, Kocaman İ ve Gezer E (2008). Doğal Zeolitten Üretilen Hafif Betonun Tarımsal Yapılarda Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, Tekirdağ.
- Tanaçan L (1993). Hafif Duvar Tuğlası Üretiminde Perlit ve Bazı Katkıların Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 165 sayfa, İstanbul.
- Topçu İB (2006). Beton. İnşaat Mühendisleri Odası Eskişehir Şubesi Yayınları, Uğur Ofset A.Ş., Eskişehir.
- Toydemir N (1986). Yalıtım Kavramında Gelişme ve Malzeme, *Dizayn Konstrüksiyon Dergisi*, (86)8.
- Toydemir N, Tanaçan L ve Sayıl B (1990). Isı Tutucu Malzemeler, *İnşaat Dergisi*. (77)72.
- Turgutalp EÜ ve Örüng İ (1992). Doğal Hafif Agregalı Betonların Donma-çözülme Etkisi Altındaki Bazı Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi Sayı: 23(2)*, s. 72-88, Erzurum.
- Ünal O ve Uygunoğlu T (2007). Diatomitin Hafif Beton Üretiminde Kullanılması. *İMO Teknik Dergisi*. 1: 4025-4034.
- Uysal H, Demirboğa R, Şahin R ve Gül R (2004). The Effects of Different Cement Dosage and Pumice Aggregate Ratios on The Thermal Conductivity and Density of Concrete. *Cement and Concrete Research*, Elsevier Ltd.34:845-848.
- Yasar E, Atis CD, Kılıç A, Gulsen H (2003). Strength Properties of Lightweight Concrete Made with Balastic Pumice and Fly Ash. *Materials Letters* 57, s. 2267-2270.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1978 yılında Tekirdağ iline bağlı İncik köyünde doğdum. İlk ve Orta Okulu İncik köyünde tamamladım. Lise öğrenimimi 4 yıl Edirne Anadolu Öğretmen Lisesinde gördüm.

2001 yılında Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde lisans eğitimimi tamamladım. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında yüksek lisansa başladım. Evli ve iki çocuk annesiyim.