



Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Journal of Engineering Sciences



Geliş Tarihi : 05.12.2022
Kabul Tarihi : 07.04.2023

Received Date : 05.12.2022
Accepted Date : 07.04.2023

TANE BOYUTU VE DEHİDRATASYON SICAKLIĞININ ANHİDRİT ALÇI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

A STUDY ON THE EFFECT OF GRAIN SIZE AND DEHYDRATION TEMPERATURE ON ANHYDRITE GYPSUM PROPERTIES

Lütfullah GÜNDÜZ¹ (ORCID: 0000-0003-2487-467X)
Şevket Onur KALKAN^{2*} (ORCID: 0000-0003-0250-8134)

¹ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

*Sorumlu Yazar / Corresponding Author: Şevket Onur KALKAN, sevetonur.kalkan@ikcu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada inşaat sektörüne yönelik üretimi yapılacak alçılarda, hammadde olan jipsin tane boyutunun ve pişirme sıcaklığının son ürünün performansına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Özellikle, alçıtaşıdan anhidrit III alçı üretiminin aşamaları detaylandırılmıştır. Analizlerde kullanılan alçıtaşı boyut aralıkları sırasıyla <0.50 mm, 0.50-0.75 mm, 0.75-1 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm ve >16 mm'dir. Her bir boyut aralığındaki alçıtaşı örnekleri sıcaklığı önceden sırasıyla 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 255 ve 270 °C'ye ayarlanmış bir fırında 10'ar dakika krozeler içinde bekletilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, özellikle 0.75-1 mm boyut aralığındaki alçıtaşı örneklerinin anhidrit alçı için dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerinin 200°C olduğu belirlenmiştir. Bu tane boyutu ve sıcaklık ile üretilen anhidrit III ürünü tekrar boyutlandırılmış ve mekanik özellikleri araştırılmıştır. En yüksek basınç dayanımı 500-750 µm olarak boyutlandırılan anhidrit III'te tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: alçı, dehidratasyon, sıcaklık, tane boyutu, anhidrit.

ABSTRACT

In this study, the effects of grain size and dehydration temperature of gypsum rock, which is the raw material, on the performance of the final product in gypsum to be produced for the construction industry were investigated experimentally. In particular, the stages of anhydrite III gypsum production from gypsum rock are detailed. The gypsum grain size ranges used in the analyzes are <0.50 mm, 0.50-0.75 mm, 0.75-1 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm and >16 mm, respectively. Gypsum samples in each grain size range were kept in crucibles for 10 minutes in an oven whose temperature was previously set to 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 255 and 270°C, respectively. According to the results of the study, it was determined that the grain size and dehydration temperature values for anhydrite gypsum of gypsum rock samples, especially in the 0.75-1 mm size range, were 200°C. The anhydrite III product produced with this grain size and temperature was resized and its mechanical properties were investigated. The highest compressive strength was found in anhydrite III with grain size of 500-750 µm.

Keywords: gypsum, dehydration, temperature, grain size, anhydrite.

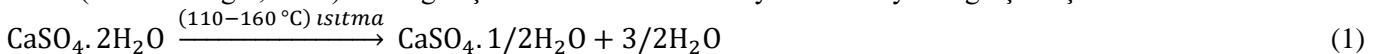
GİRİŞ

Jips, bazen sulu kalsiyum sülfat olarak adlandırılan kalsiyum sülfat ve sudan ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) oluşan ve yer kabuğunda bulunan rengi beyazdan griye değişen bir mineraldir. Kimyasal olarak kalsiyum sülfat dehidrattan oluşan yumuşak sülfat mineralidir (İstanbuluoğlu, 1997; Yu vd., 2009; Gürdal, 2010). İki su molekülünün bağlı olduğu mineral kalsiyum sülfattır. Ağırlık olarak yaklaşık %79 kalsiyum sülfat ve %21'i sudur. Alçıtaşı %23 kalsiyum ve %18 kükürt içerir ve çözünürlüğü kireçtaşı-kalkere göre 150 kat daha fazla olup, bu özelliği sebebiyle doğal bir bitki besin kaynağı ve toprak ıslahında yaygın olarak da kullanılabilir (İstanbuluoğlu, 1997; Thoeny, 2020). İnşaat endüstrisinde doğal kayaç formu olarak özel durumlar hariç doğrudan genellikle kullanımı pek yaygın değildir. Ancak, bünyesindeki kristal suyunu belirli oranlarda ve/veya tamamen fiziksel ve/veya kimyasal etkilerle atılması sağlandığında, kullanımı mümkün olabilmektedir. Örneğin, bünyesindeki 2 mol kristal suyun ısı ile 3/2'lik kısmının ayrışması sağlandığında yapı alçısı olarak sıva vb. uygulamalarda kullanılabilir. Bununla birlikte 190-200 °C'nin üzerinde bir ısı ile tabii tutulduğunda, özgül ağırlığı 2.3'ten 2.95 gr/cm³'e yükselerek genellikle kristal suyunun tamamı ayrıştırılmasıyla susuz alçı olarak da adlandırılan anhidrit formuna dönüşümü sağlanmış olur. Jipsin ısı ile işlem sonucu bu yeni ürünü suya karşı daha duyarlı formda olup, bu bağlamda gerekli önlemler alınarak uygulandığında yüksek mukavemet oluşturan alçı harcı uygulamalarında ve alçı ürünlerin geliştirilmesinde kullanımı gündeme gelmektedir (Padevet vd., 2011; Anonim, 2022a).

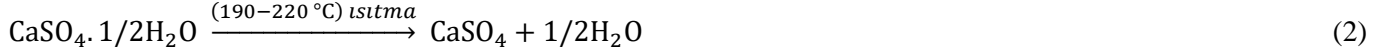
Doğal ve saf jipsin ısı ile işlemle farklı sıcaklık değerlerinde ısıtılması sonucu kristal suyunu kaybetme oranları değişkenlik gösterir. Bu olgu, jipsin doğal karakteristiğine bağlı olarak farklı değerlerde olabilmektedir. Alçının inşaat sektöründe kullanımı için bünyesindeki kristal suyunun ayrıştırılması önemli olduğu kadar, bu işlemin gerçekleşebilmesinde jipsin optimum hangi tane boyutunda ve hangi süreyle ısı ile tabii tutulması gerekliliği, doğal her jips için özelden deneysel çalışmalar ile detaylı etüt edilerek belirlenmesi, alçı ürününün daha sağlıklı kullanımını sağlamaktadır. Literatürde jips kalsinasyonu üzerine farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çalışma bulgularında bu bağlamda farklı değerler görülmekle birlikte, ısı ile maruz bırakılacak jipsin tane boyutunun farklılık göstermesi önemli bir parametre olarak vurgulanmıştır (Al-Qaisi, 2004; al-Ridha vd., 2015; Salih & Hussein, 2018; Thoeny, 2020). Ayrıca, alçıtaşı kalsinasyonunda tane boyutu değiştiğinde elde edilen alçı ürünün ayrışan kristal suyu ve kaybedilen ağırlığı sebebiyle mekanik performanslarında ve sertleşme sürelerinde değişkenlikler olduğu araştırmalarda tecrübe edilmiştir (İstanbuluoğlu, 1997; Aljubouri & Al-Rawas, 2009; Al-Ameeri, 2014; Thoeny, 2020). Bu makalede Aksaray bölgesindeki jips oluşumlarında yer alan jips örneklerinin farklı tane boyutlarında sınıflandırılarak farklı kalsinasyon sıcaklık değerlerinde ağırlık azalması ve kristal suyu kaybı miktarlarının belirlenmesi üzerine yapılan bir deneysel araştırma ve alçı ürün geliştirme çalışmasının özet bulguları sunulmaktadır. Jipsin kristal suyu kaybında özellikle jips tane boyutunun etkisi ve sıcaklık ilişkisi üzerine teknik bulgular karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Ayrıca, jipsten susuz alçı formu olarak anhidrit alçının üretilebilirliği üzerine sürdürülen inceleme çalışmasında jipsin bu üretim için gerekli optimum kabul edilebilecek tane boyutu aralığı, ısı ile işlem için gerekli sıcaklık değeri ve anhidrit alçı ürünün priz alma ve basınç dayanımı vb. gibi bazı teknik özellikler analiz edilmiştir. Araştırmanın ana odak noktası, anhidrit alçı üretimi ve bu alçı ürünü kullanılarak tasarlanmış anhidrit harcı örneklerinin bazı özelliklerini incelemek ve anhidrit alçı ürünü özelliklerine etken teknik faktörlerin belirlenmesini araştırmaktır. Araştırma bulguları karşılaştırmalı olarak özetle tartışılmıştır. Bu makalede sunulmuş olan bulgular, deneysel çalışmada kullanılmış jipsi karakterize etmekte olup, jipsin oluşum, bulunuş ve karakteristik formu değişkenlik gösterdiğinde farklı bulgular elde edilebilmektedir. Bu bağlamda, araştırma bulguları konu üzerine yeni düzenlenecek araştırmalara ışık tutması amaçlanmıştır.

JİPSİN DEHİDRASYONU

Jips $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kimyasal formülüne sahip kalsiyum sülfat dehidrattan oluşan yumuşak bir sülfat mineralidir (İstanbuluoğlu, 1997; Serrano vd., 2015; Fisher vd., 2016). Jips saf olduğu durumda bileşiminde ağırlıkça yaklaşık %20.93 oranında kristal su ve %79.07 oranında CaSO_4 bulunur. Jipsin doğal nemi, 45 °C'lik bir sıcaklıkta ısıtılmayla bünyesinden atılabilir. Ancak bu sıcaklıkta kristal suyun bünyeden atılımı gerçekleşmez. Bunun için saf alçının bünyesindeki iki molekül suyun genellikle bir ısı ile işlemde bünyeden uzaklaştırılması sağlanır. Kristal suyun bünyeden uzaklaştırılmasına "dehidratasyon" denilmektedir (İstanbuluoğlu, 1997; Gürdal, 2010; Thoeny, 2020). Jipsin dehidratasyon işleminde uygulanan sıcaklık değerine göre farklı oranlarda kristal suyu atılımı ve jipsin ağırlığında azalmalar meydana gelebilmektedir. Örneğin; iki molekül suya sahip saf jips 110-160 °C aralığında ısıtıldığında bünyesindeki kristal suyunun yaklaşık %75'lik kısmını kaybederek kütlesi ortalama %15.7'lik bir oranda azalır (İstanbuluoğlu, 1997). Bu olgu eşitlik 1'de belirtilen kimyasal reaksiyonla gerçekleşir.



Bu reaksiyon sonucu elde edilen ürün kalsiyum sülfat yarımhidratıdır. Bu ürüne sektörel uygulamalarda yarım hidrat alçı da denilmektedir. Genellikle bu ürün normal yapı alçısı olarak kullanılabilir. Ayrıca bu yarım hidrat alçı uygulanan dehidratasyon ve ısıtma şekli itibarıyla “β yarım hidrat alçı” olarak da adlandırılabilir (Guan vd., 2010). Jips 190-220 °C aralığında ısıtıldığında ise bünyesindeki kristal suyunun tamamını kaybeder ve ağırlığı %20.93 oranında azalır. Bu olgu da eşitlik 2’de belirtilen kimyasal reaksiyonla gerçekleşir (İstanbuluoğlu, 1997; Gürdal, 2010).

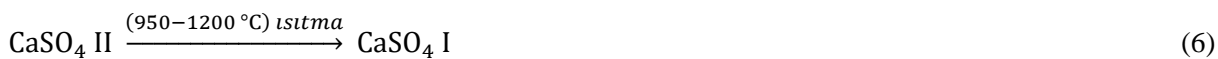


Bu reaksiyon sonucu oluşan kalsiyum sülfat jipsin yapısal özelliğine göre bazen $\text{CaSO}_4 \cdot \varepsilon\text{H}_2\text{O}$ formunda veya CaSO_4 III formunda olabilir. Bu ürün susuz alçı, çözünür hegzagonal anhidrit veya Anhidrit III gibi isimlerle adlandırılabilir. Anhidrit III yapı alçısından daha az plastiktir. Ancak uygun şartlarda tekrar suyla birleştiği zaman yapı alçısından daha yoğun ve dayanımı daha yüksek bir kütle oluşturur (İstanbuluoğlu, 1997; Gürdal, 2010). Bu alçı ürününün en belirgin özelliği ise suya karşı çok fazla duyarlılık göstermesidir. Diğer bir deyişle, sertleşmiş olan kütle, içinde bulunduğu ortamda suya maruz kalırsa, sertleşen alçı kütlesi yumuşama davranışı göstererek mukavemet kaybı sergiler. Ancak, ortamdaki su herhangi bir şekilde uzaklaştığında veya kaybolduğunda, tekrar eski sertleşme formuna geri dönme özelliği gösterir. Bu nedenle, Anhidrit III’ün kullanıldığı ortamlarda mümkün olduğunca su varlığından uzak tutulması önemlidir.

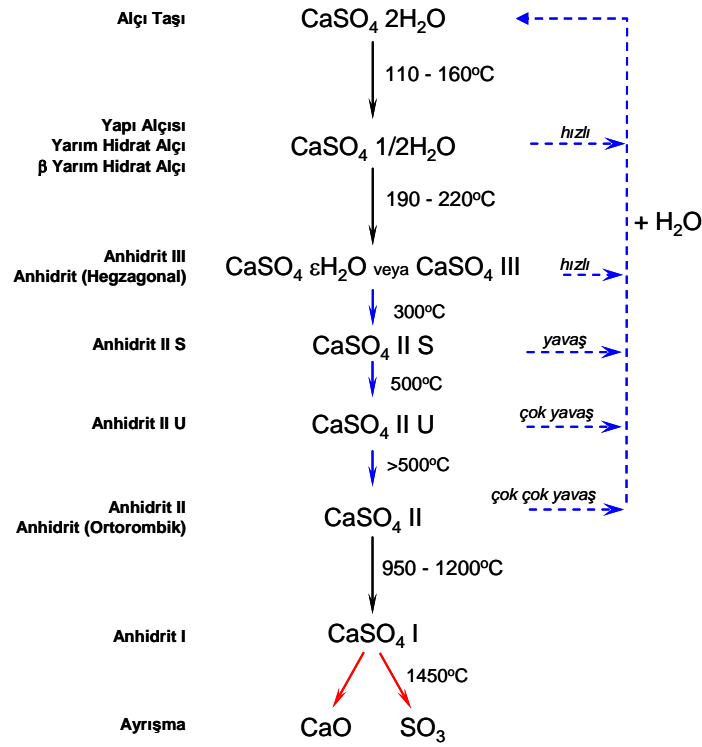
Eğer kalsinasyon sıcaklığı 300-500°C’lere ulaştığında, CaSO_4 yapısında ekzotermik bir reaksiyon gelişerek Anhidrit III formu Anhidrit II formuna dönüşüm gösterir. Kalsinasyon sıcaklık değeri 300°C dolayında ise “ CaSO_4 II S” formunda bir ürün oluşur. Bu ürün, suda az çözünür, priz yapmaz bir davranış sergiler. Ancak hızlandırıcı bir katkı ile birlikte kullanımında priz yapma özelliği kazanır. Diğer taraftan, kalsinasyon sıcaklık değeri 500°C dolayına çıkar ise “ CaSO_4 II U” formunda bir ürün oluşur. Bu ürün suda çözünmez ve priz yapmaz bir Anhidrit II formudur (İstanbuluoğlu, 1997; Gürdal, 2010). Ancak bazı hızlandırıcı katkılar ile çok yavaş bir seyirde sertleşme olgusu gösterebilir. Kalsinasyon sıcaklığı >500 °C’nin üzerine çıktığında ise CaSO_4 II formu oluşumu görülür ki, bu ürüne de suda çözünmez Anhidrit’de denilmektedir. Bu ürünün su ile tekrar birleşerek katılaşma özelliği hemen hemen yoktur ya da çok çok yavaştır. CaSO_4 formları içerisinde en az çözünebilir özelliğe sahip olan ürün türevidir. Bu ürünlerin oluşmasında gelişen kimyasal reaksiyon denklemleri Eşitlik 3 – Eşitlik 5’deki gibi geliştiği kabul edilir (Gürdal, 2010).



950- 1200°C sıcaklık değerlerinde CaSO_4 II ısıtılmaya devam ederse Anhidrit I formuna dönüşür. Bu ürüne “ CaSO_4 I” adı da verilmektedir. Bu sıcaklık değerlerinde anhidrit malzeme akkor durumuna geldiği için kalsiyum sülfat yapısı bozulmaya ve ayrışmaya başlar. Bu süreçte bünyesindeki kükürt bileşimini gaz formunda ortama bırakmaya başlar. Malzeme içindeki kalsiyum oksit oranı artma eğilindedir. Bu sebeple, Anhidrit I suyla karıştırıldığında jipsin diğer ürünlerine göre daha yavaş bir eğilimle sertleşir. Sertleşmesi tamamlandığında, daha yüksek yoğunlukta ve çok daha sert ve yüksek mukavemetli bir form kazanmış olur. Bu ayrışma ve kimyasal reaksiyonlar Eşitlik 6 ve Eşitlik 7’deki gibi gelişmektedir (Gürdal, 2010).



Jipsin kimyası üzerine literatürde yer alan teknik not ve bilgiler derlenerek (İstanbuluoğlu, 1997; Gürdal, 2010; Anonim, 2022b) jipsin ayrışma sıcaklığı ve elde edilen ürünlerin gelişimi sembolik bir akış şeması olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Jipsin Ayrışma Sıcaklığı Ve Elde Edilen Ürünlerin Gelişimi.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada anhidrit alçı üretimi için kullanılan jips örnekleri Aksaray bölgesinde rezervleri bulunan jips ocaklarından piyasa koşullarında doğal kayaç formları korunarak iri parça kütleler şeklinde tedarik edilmiştir (Şekil 2). Laboratuvar ortamına getirilen jips örnekleri genelde büyük boyutlu kayaç parçaları şeklinde olup, öncelikle bu kayaç parçalarının boyutlarının küçültme işlemi manuel kırmayla yapılmıştır. Sonra parçalanmış kayaç parçaları 32 mm'lik bir kare göz açıklıklı elekten elenerek 32 mm boyut altında kalan malzeme bu çalışmada jips ana hammaddesi olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında bu jips malzemesi laboratuvar ortamında bir kırıcı yardımıyla tekrar kırılarak 32 mm boyut altında farklı tane boyutlarında sınıflandırılmıştır. En büyük tane boyutu 16 mm – 32 mm boyut aralığı olup, çalışma kapsamında bu boyut >16 mm olarak kodlanmıştır. 2 mm boyut altındaki jips, laboratuvar ortamında öğütmeye tabi tutularak daha ince boyutlarda hammadde oluşturulması sağlanmıştır. Tasarlanan test uygulamalarına göre jipsin boyutlandırılmalarına ilişkin bulgular, aşağıdaki alt bölümlerde analiz irdelemeleriyle birlikte sunulmuştur.



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Jips Örneği.

Anhidrit alçı harcı karışımlarının elde edilmesinde karma suyu olarak normal şebeke suyu kullanılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Jips Tane Boyutunun Kristal Suyu Kaybına Etkisi

Jips belirli süreyle ısıtmaya maruz kalırsa, bünyesinde bulunan kristal suyunu kaybederek ağırlık değişimine uğramaktadır. Ancak, jipsin ısıtma etkisiyle kristal suyu kaybı sıcaklığa maruz kalan tane boyutuna bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu bağlamda, çalışma kapsamında Aksaray jips (AJ) örneklerinin kristal suyu kaybı davranışını incelemek amacıyla laboratuvar ortamında jips birincil bir kırıcıda kırılarak, öncelikle kırılan malzeme 2 mm göz açıklıklı bir elekten elenerek 2 mm boyut altındaki AJ örnekleri ayrı bir grup malzeme olarak ayrılmıştır. Daha sonra bu 2 mm boyut altındaki AJ örnekleri laboratuvar ortamında bir değirmende öğütülerek daha ince boyutlu malzemeler elde edilmiştir. Sonrasında kırılmış ve öğütülmüş AJ örnekleri 8 ayrı boyut aralığında sınıflandırılmıştır. Analizlerde kullanılan boyut aralıkları sırasıyla <0.50 mm, 0.50-0.75 mm, 0.75-1 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm ve >16 mm. Her bir boyut aralığındaki AJ örnekleri sıcaklığı önceden sırasıyla 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 255 ve 270°C'e ayarlanmış dokuz ayrı sıcaklıkta bir fırında 10'ar dakika krezeler içinde bekletilmiştir. Isıtma işlemi TS EN 13820 (2004) standardının öngördüğü şekilde tamamlanmıştır. Sembolik bir görünüm olarak 1-2 mm tane boyutlarında sınıflandırılmış jipsin ısıtma işlemi uygulandıktan sonraki görünüşleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 1-2 mm Tane Boyutlarında Sınıflandırılmış Jipsin Isıl İşlem Uygulandıktan Sonraki Görünüşleri.

Sıcaklık etkileşimi öncesi ve sonrası tüm örneklerin ağırlıkları ölçülmüş olup, test öncesi ve sonrası ağırlık değişimlerinden ağırlık azalması değerleri belirlenmiştir. AJ örneklerinin sıcaklık etkileşimi sonrası ağırlık değişimleri (azalmaları) Tablo 1'de her bir boyut aralığı için verilmiştir.

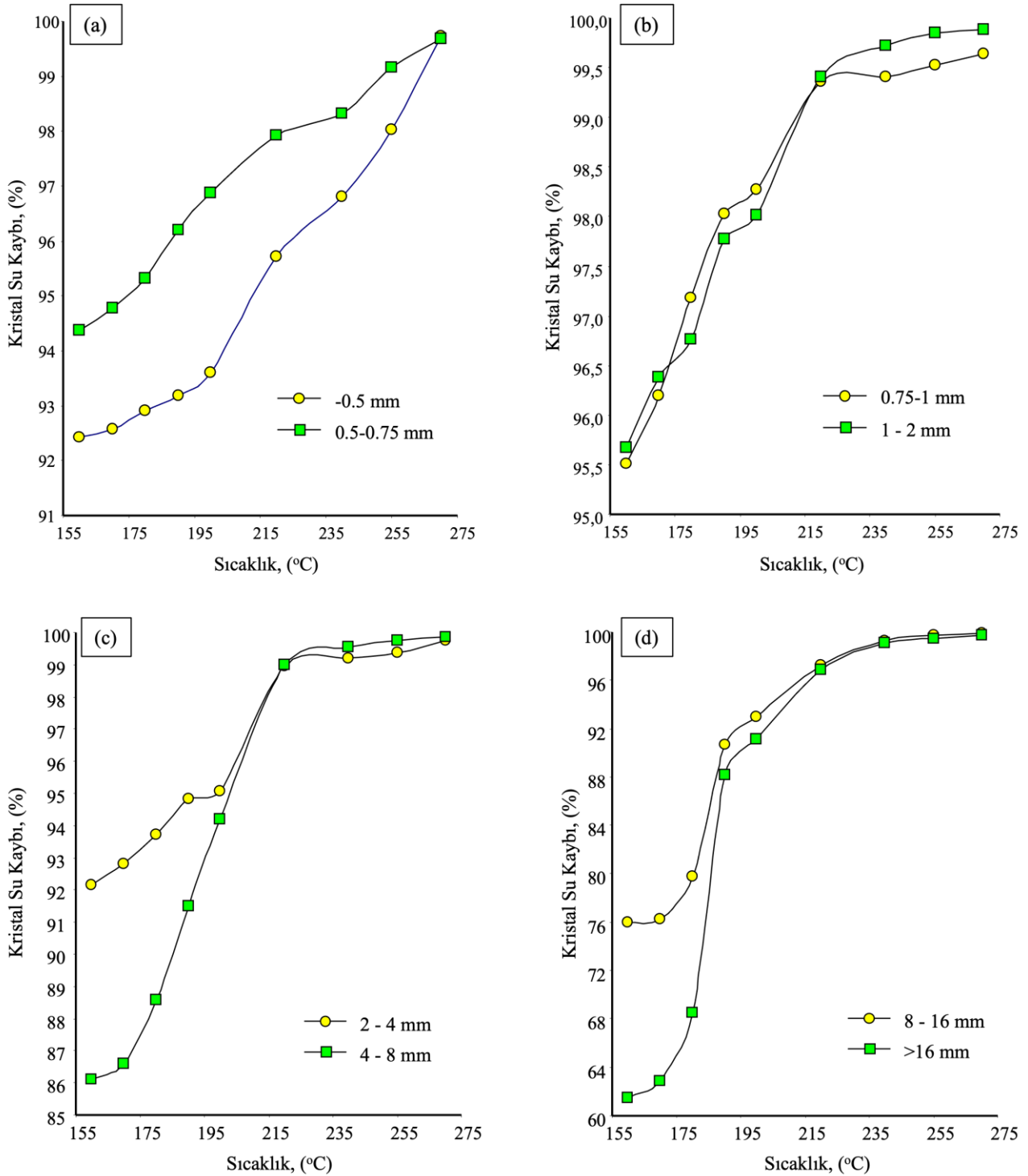
Tablo 1. Jipsin Tane Boyutuna ve Sıcaklık Değişimine Göre Ağırlık Azalma Oranları (%)

Sıcaklık (°C)	-0.50 (mm)	0.50-0.75 (mm)	0.75-1.00 (mm)	1.0-2.0 (mm)	2.0-4.0 (mm)	4.0-8.0 (mm)	8.0-16.0 (mm)	>16.0 (mm)
160	19,34	19,75	19,99	20,02	19,29	18,02	15,89	12,86
170	19,37	19,83	20,13	20,17	19,42	18,12	15,96	13,16
180	19,44	19,95	20,34	20,25	19,61	18,54	16,69	14,34
190	19,50	20,13	20,51	20,46	19,85	19,14	18,97	18,45
200	19,59	20,27	20,57	20,51	19,90	19,71	19,45	19,06
220	20,03	20,49	20,79	20,80	20,71	20,71	20,35	20,28
240	20,26	20,58	20,80	20,87	20,76	20,83	20,77	20,73
255	20,51	20,75	20,83	20,90	20,80	20,88	20,87	20,82
270	20,87	20,86	20,85	20,90	20,87	20,90	20,90	20,87

Tablo 1 irdelendiğinde görüldüğü üzere, jipsin tane boyutu ve maruz kaldığı sıcaklık değeri değiştikçe, birbirinden farklı değerlerde ağırlık değişimleri görülmektedir. Jips ısıtma etkisiyle tamamen kristal suyunu kaybettiğinde ağırlık

kaybı maksimum %20.93 seviyesinde olmaktadır. Bu değer baz alındığında, analiz bulgularında elde edilen ağırlık kaybı yüzde oranlarıyla mukayese edilerek her bir sıcaklık değeri ve her bir boyut aralığındaki kristal suyu kaybı oranları tanımlanmıştır. Buna göre, her bir boyut aralığında sıcaklık değeri arttıkça, jipsin ağırlık kaybı da artmıştır. Ancak, jipsin tane boyutu irileştikçe eşdeğer sıcaklık etkileşiminde ağırlık kaybı azalmıştır. Bu olgu, jipsin daha ince boyut aralıklarında ısıtıldığında daha etkin bir şekilde su kaybı oluşturarak, ağırlık azalma oranının artmasını sağlamaktadır. Örneğin, <0.50 mm boyut aralığındaki AJ örneğinin 160°C sıcaklıkta ısıtma işlemi sonrası ağırlığı %19.34 azalırken, eşdeğer sürede aynı sıcaklık değerine maruz kalmış >16 mm boyut aralığındaki AJ örneğinin ağırlığı ise ortalama %12.86 oranında azalmıştır. Tane boyutu irileştikçe, toplam yüzey alanının düşmesi sebebiyle sıcaklık etkileşimi sonrası su kaybı azalmakta ve buna bağlı olarak ağırlık kaybı oranı da düşmektedir (İstanbuluoğlu, 1997). Bu da, iri boyutlu tanelerde jipsin su kaybı oranını artırmak için daha yüksek sıcaklıklarda dehidratasyon ve kavurma (kalsinasyon) işlemi yapmak gerektiğini göstermektedir. Jipsin kalsinasyon işlemi sonrası genellikle ağırlığını ortalama %15.68'lik oranda kaybettiğinde inşaat alçı formu elde edilmesi için yeterli olduğu görülmektedir (İstanbuluoğlu, 1997). Bununla birlikte kalsinasyon işlemiyle ağırlığının ortalama %20.90'lık oranda kaybettiğinde de anhidrit alçı formu elde edildiği kabul edilmektedir (İstanbuluoğlu, 1997). Çalışma kapsamında ağırlık kaybı oranları dikkate alındığında dehidratasyon ve kalsinasyon işlemi bağlamında en etkin tane boyut aralığının 0.75-1 mm aralığı olduğu düşünülmüştür. Bu boyut aralığında 160 °C sıcaklık etkisinde kalsine edilmiş AJ örneklerinin kolaylıkla alçı formuna dönüştüğü, bununla birlikte 200 °C sıcaklıkta ise ortalama %20.57'lik oranda ağırlık kaybettiği görülmüştür. Bu sıcaklık değerinden sonra ağırlığındaki azalma oranlarının ihmal edilebilecek büyüklüklerde değişim gösterdiği belirlenmiştir (270°C'de ağırlık kaybı %20.85). Diğer bir değişle, AJ örneği 160 °C'de kristal suyunun %95.51'ini, 200 °C'de ise %98.27'sini kaybetmiştir. Bulunan bu değerler literatürde özellikle anhidrit alçı oluşumu için verilen ağırlık oranına (%20.90) ve kristal suyu kaybı oranı (%100) yakınsak değerdedir (İstanbuluoğlu, 1997; Yu vd., 2009; Gürdal, 2010). Doğal haliyle jips ocağından temin edilen örneklerin tamamıyla saf bir jips karakteristiği sergilemesinin söz konusu olmayacağı dikkate alındığında 200°C'de AJ örneklerinin kristal suyunu tümüyle kaybettiği kabul edilebilir. Bu kabul bağlamında çalışma kapsamında özellikle 0.75-1 mm boyut aralığındaki AJ örneklerinin anhidrit alçı için dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerinin 200°C olduğu belirlenmiş olup, bu sıcaklıkta elde edilen AJ örneğinin yeni formu Anhidrit III olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte diğer tane boyut aralıkları için yapılan değerlendirmelerde Anhidrit III elde edilmesi için gerekli dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerinin sırasıyla <0.5 mm boyutu için 255°C, 0.5-0.75 mm boyutu için 240 °C, 1-2 mm boyutu için 220 °C, 2-4 mm boyutu için 220 °C, 4-8 mm boyutu için 220 °C, 8-16 mm boyutu için 240 °C ve >16 mm boyutu için ise 240 °C olarak belirlenmiştir.

AJ örneklerinin farklı tane boyut aralıklarında dehidratasyon ve kalsinasyon işlemi için sıcaklık değeri değişimlerinde elde edilen kristal suyu kaybı değerleri grafiksel analizlerle Şekil 4'te verilmiştir. Farklı tane boyutlarında AJ örneklerinde, kristal suyu kaybı oranları oldukça farklı karakteristik sergilemektedir. 0.5 mm boyut altında sınıflandırılmış AJ örneklerinin 160-270°C sıcaklık değişiminde kristal suyu kaybı %92.43 - %99.72 oranlarında değişmektedir. Bu boyut grubunda dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değeri arttıkça kristal suyu kaybı da artmıştır. Çalışma kapsamında 160°C'lik başlangıç sıcaklık değerinde <0.50 mm boyutundaki AJ örneklerinin kristal su kaybı oranı itibarıyla yapı alçısı elde edilebilirliği için yeterli kavurma sıcaklığına maruz kaldığı görülmektedir. Ancak, anhidrit alçı üretimi için ise kalsinasyon sıcaklığının >240°C'nin üzerine çıkıldığında mümkün olduğu görülmüştür. AJ örneklerinin boyutu <0.50 mm'lik aralıktan 1-2 mm boyut aralığına kadar irileştikçe, artan eşdeğer kalsinasyon sıcaklık değerlerinde kristal suyu kaybı oranlarının lineer bir eğilimle arttığı belirlenmiştir. Ancak, 4-8 mm boyut aralığı ve daha büyük tane boyut aralıklarında ise özellikle 200°C sıcaklık değerine kadar kristal suyu kaybı oranları, daha ince boyutlarda elde edilen oranlardan daha düşüktür. İnce tane boyutlarında kristal suyu kaybı oranı daha hızlı, tane boyutu büyüdükçe kristal suyu kaybı hızı ise azalmıştır. Bu azalmanın hızı 2 mm ile 8 mm aralığında yavaş, 8 mm'den sonra ise daha yüksek hızlı seyretmiştir. Tane boyutu büyüdükçe tanelerin azalan toplam yüzey alanı sebebiyle, sıcaklığa maruz kalan yüzey oranı düşmekte, tanelerin özellikle orta kısımları yeterli düzeyde ısınmadığı görülmüş ve daha az kristal suyu kaybı oluşmuştur. İri tane boyutlarında kalsinasyon işlemi için eşdeğer sıcaklıkta daha uzun süreye ihtiyaç duyulacağı tecrübe edinilmiştir. Sıcaklık değerinin 200 °C'nin üzerine çıkışı ile birlikte bu etkinin büyük oranda kaybolduğu ve kristal suyu kaybı oranına sıcaklık artışının bir önemi kalmadığı kabul edilmiştir. Diğer bir değişle, Anhidrit III'e dönüşüm için ince tane boyutlarda daha düşük dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerlerinde ulaşılabilirken, tane boyutu irileştikçe daha yüksek kalsinasyon sıcaklık değerine gereksinim duyulduğu gözlenmiştir.



Şekil 4. a. <0.5 mm ve 0.50-0.75 mm BOYUT ARALIKLARI İÇİN **b.** 0.75-1 mm ve 1-2 mm Boyut Aralıkları İçin **c.** 2-4 mm ve 4-8 mm Boyut Aralıkları İçin **d.** 8-16 mm ve >16 mm Boyut Aralıkları İçin AJ Örneklerinin Sıcaklık – Kristal Suyu Kaybı İlişkisi.

Çalışma kapsamında tüm tane boyut aralıklarında elde edilen kristal suyu kaybı oranları irdelendiğinde Anhidrit III için en optimum boyut aralığının 0.75 – 1.0 mm olduğu gözlenmiştir. Bu boyut aralığında kristal suyu kaybı 160 °C’de %95.51 iken 200°C’de %98.27’e ulaşmıştır. Anhidrit III için en düşük kalsinasyon sıcaklık değerinde olup en yüksek kristal suyu kaybı oranı bu sıcaklık değerinde ulaşıldığı belirlenmiştir. Diğer bir gözlem ise, 200°C dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklığında AJ örneklerinin tane boyutu irileştikçe, jips bünyesinden kristal suyu kaybetme oranlarında düşük oranlarda da olsa bir azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalmanın nedeni, Anhidrit III formu olarak fırından çıkan malzemenin neme karşı çok duyarlı olması ve fırın çıkışında ortamdaki havanın neminin bir kısmını tekrar bünyeye hızla soğurarak, kalsinasyon işleminde kaybetmiş olduğu suyun bir miktarını tekrar

kazanması olarak yorumlanmıştır. Kalsinasyon işlemi sonrası malzeme bünyesinde tutulmaya devam eden su oranı 200°C sıcaklık sonrası tane boyut aralıklarına göre sırasıyla 0.75-1 mm için %0.36, 1-2 mm için %0.42, 2-4 mm için % 1.03, 4-8 mm için %1.22, 8-16 mm için 1.48 ve >16 mm boyut için ise %1.87 olarak belirlenmiştir. 200 °C sıcaklık sonrası AJ örneklerinde tane boyutunun büyümesine paralel olarak kristal su tutumunun kısmi artışı, azalan toplam yüzey alanına rağmen jipsin gözenekliliğinin artması, su emmeye karşı davranışının daha duyarlı olmasının bir sonucu olarak irdelenmiştir.

Tablo 1 ve Şekil 1’de belirtilen test bulguları irdelendiğinde, 0.75-1.0 mm boyut aralığındaki AJ örnekleri 160 °C’de kalsinasyon işlemi yapıldığında %19.99 ve 200 °C’e ısıtıldığında ise %20.57 ağırlık azalması oranları ile yapı alçısı ve Anhidrit III için literatürde belirtilen teknik tecrübelerle en yakınsak bulguları verdiği görülmüştür.

Anhidrit III Tane Boyutunun Tekrar Su Kazanma Oranına Etkisi

200 °C ve üzerinde kalsinasyon işlemine maruz kalarak Anhidrit III formuna dönüşmüş jips örneklerinin ısıtma işlemi sonrasında normal ortam koşullarında ısıtma işlemle kaybettiği kristal suyunun bir kısmının tekrar bünyeye kazanılarak yarım hidrat kalsiyum sülfat formuna dönüşme duyarlılığı oldukça yüksektir (İstanbuluoğlu, 1997; Yu vd., 2009; Theony, 2020). Bu olgu, çalışma kapsamında tane boyutuna bağlı olmaksızın Anhidrit III formuna dönüşmüş tüm örneklerde değişen oranlarda da olsa benzer tecrübe edinilmiştir. Fırın çıkışı elde edilen ürünün, serbest ortamdan nem almasını önleyici tedbirler alındığında, Anhidrit III örneklerinin geri su kazanımı ihmal edilebilecek büyüklüklere gelebilmektedir. Fırın çıkışı Anhidrit III örneklerinin tekrar nem kazanımı duyarlılığı sebebiyle (İstanbuluoğlu, 1997), ortamdaki hava içerisinde bulunan nem ile hızla reaksiyona girerek bünyesine havadan su (nem) soğurmakta ve bunun doğal bir sonucu olarak ağırlığı artmaktadır. Tekrar su kazanımının yüksek oranlarda olması, ürünün Anhidrit III formunun bozulmasına ve beklenen dayanım ve durabilite performansının kaybolmasına sebep olabilmektedir. Bu bağlamda, kalsinasyon işlemiyle Anhidrit III formuna dönüşmüş olan malzemenin belirli zaman periyotlarında serbest ortamdaki havadan tekrar su kazanımı davranışı detaylı etüt edilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında 200 °C’de dehidratasyon ve kalsinasyon işlemine tabi tutulan tüm boyut aralıklarındaki AJ örneklerin, fırın çıkışı sonrası serbest ortamdaki hava koşullarında 3 saatten başlayarak sırasıyla 6, 24, 36, 480 ve 672 saatlik altı ayrı periyotta ağırlıklarındaki artış miktarı ve ortamdaki tekrar kazandıkları su miktarları analiz edilmiştir. Deneysel bulgular tüm tane boyut aralıkları için Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Anhidrit Alçının Tane Boyutu ve Zamana Göre Ortalama Ağırlık Artış Oranları (%)

Tane Boyutu (mm)	3 (saat)	6 (saat)	24 (saat)	36 (saat)	480 (saat)	672 (saat)
0-0,50	6,83	7,36	7,32	7,38	6,96	6,24
0,50-0,75	6,68	7,28	7,34	7,40	7,08	7,01
0,75-1,0	6,53	7,20	7,38	7,42	7,15	6,92
1,0-2,0	5,96	6,89	7,42	7,48	7,07	6,84
2,0-4,0	4,87	6,33	7,49	7,55	7,01	6,79
4,0-8,0	3,52	5,20	7,37	7,50	7,03	6,93
8,0-16,0	2,13	3,51	6,82	6,88	6,97	6,98
>16,0	1,97	2,56	5,97	6,02	6,93	6,83

Tablo 2 irdelendiğinde, 200°C ısıtılmaya maruz kalmış AJ örneklerinin fırın çıkışı sonrası ilk dakikalarda tane boyutu büyüdükçe ağırlıklarındaki artış oranı düşmüştür. Diğer bir değişle, tane boyutu irileştikçe serbest ortamdan su kazanma hızı düşmüştür. Örneğin fırın çıkışı sonrası 3 saat sürede tane boyutu <0.50 mm olan AJ örneklerinde ağırlık artışı %6.83 iken bu oran >16 mm boyutlu örneklerde %1.97 olarak elde edilmiştir. Benzer olgu 6 saat süre için de %7.36’dan %2.56’ya düşen bir oranla değişmiştir. Tane boyutu büyüdükçe, ağırlıkça belirli miktar AJ örneği ele alındığında, bu miktar içerisinde daha az tane sayısı olması ve aynı zamanda bu tanelerin oluşturduğu toplam yüzey alanının azalması, ortamdaki tekrar su kazanımı oranının yüzeyi ile ortamdaki suyun yüzeye temas oranının azalması sebebiyle daha düşük değerlerde nem emilimi ve ağırlık artışı oluşturmaktadır. İlk 24 saat sürede tüm tane boyutlarında ortamdaki tekrar su kazanımının oldukça hızlı olduğu, ancak 36 saat süreye ulaşıldığında da genel bir eğilim olarak ortamdaki su kazanımı ve ağırlık artışı oranlarında belirgin bir doygunluğa ulaşıldığı görülmüştür. Ancak, ilerleyen sürelerde ise en düşük tane boyutundan 8 mm tane boyutuna kadar olan AJ örneklerinde ağırlık artış hızının zamanla tersine döndüğü görülmüştür. 8-16 mm boyut aralığında 672 saat sonra dahi çok düşük oranda da olsa su kazanımının devam ettiği görülmüştür. Bununla birlikte >16 mm boyut aralığındaki örneklerde denge durumu ancak 480 saat sonra gerçekleşmiş olup, bu süreden sonra göreceli olarak su kazanımı azalmıştır.

Çalışmada elde edilen bulgularda, AJ örneklerinin her bir tane boyutu için ısıtma işlemi sırasında kaybettikleri kristal suyunun bir kısmını tekrar kazanarak birbirine yakınsak değerler sergileyen su kazanım değerlerinde denge durumuna ulaştıkları belirlenmiştir. <0.5 mm boyut aralığındaki AJ örneklerinde 36 saatlik sürede %7.38'lik bir ağırlık artışı ile ısıtma işlemi sırasında kaybettiği kristal suyunun yaklaşık %30.3'ünü geri kazanarak denge durumuna gelmiştir. Benzer bir şekilde, 0.50-0.75 mm boyut aralığındaki örneklerde ise 36 saatlik sürede %7.40'lık bir ağırlık artışı ile ısıtma işlemi sırasında kaybettiği kristal suyunun yaklaşık %29.1'ini geri kazanarak denge durumuna gelmiştir. Diğer 0.75-1.0 mm, 1-2 mm, 2-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm ve >16 mm boyutlarında da dengeye ulaşma süresi, ağırlık artışı ve kaybedilen suyun tekrar kazanım oranları bağlamında sırasıyla 36 saat %7.42 - %28.7, 36 saat %7.48 - %29, 36 saat %7.55 - %30.4, 36 saat %7.50 - %30.5, 672 saat %6.98 - %28.9 ve 480 saat %6.93 - %29.4'dür. Genel bir eğilim olarak, AJ örneklerinin tane boyutu düştükçe yaklaşık 36 saatte denge durumuna geldiği ve ısıtma işlemi sırasında kaybettikleri kristal suyunun yaklaşık %30 civarındaki kısmını serbest ortadaki havanın nemini bünyesine alarak tekrar kazandığı görülmüştür. Tane boyutu irileştikçe hem süre uzamış hem de tekrar su kazanım oranı bir miktar azalmıştır. Deneysel bulgulardan Anhidrit III için kristal suyu kaybı miktarının arzu edilen oranlarda olması ve fırın çıkışı sonrası havadan tekrar nem alarak yarımhidrat formuna dönüşüm hızının diğer boyut aralıklarına kıyasla görece daha düşük düzeyde olması sebebiyle, çalışma kapsamında Anhidrit III priz süresi ve basınç dayanımı test örneklerinin hazırlanmasında 0.75-1.0 mm boyut aralığındaki AJ örneğinin kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

Anhidrit III Tane Boyutunun Priz Süresine Etkisi

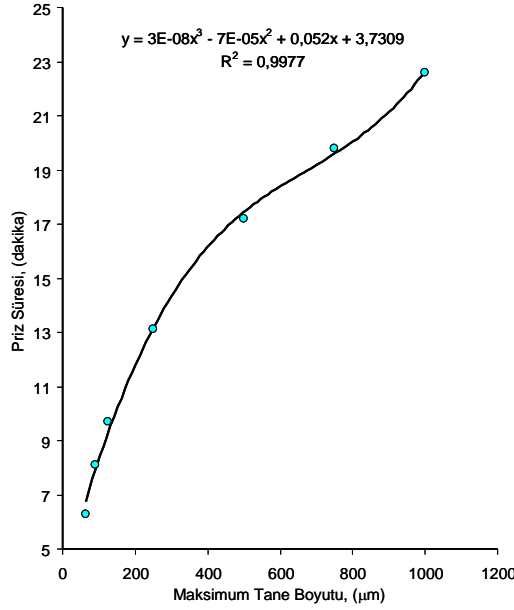
Priz süresi tayini amacıyla 0.75 – 1.0 mm boyut aralığında 200°C'de ısıtma işlemi tabii tutularak Anhidrit III formuna dönüşümü sağlanmış ve fırın çıkışı ürün bekletmeksizin laboratuvar ortamında bir desikatör içerisine alınarak havadan nem alması engellenerek ortalama 48 saat süreyle soğumaya ve dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra desikatörde muhafaza edilmiş Anhidrit III örneğinden deneysel çalışmanın bu aşamasında yeter miktar malzeme alınarak tekrar boyut küçültme işlemine tabii tutulmuştur. Öğütülmüş Anhidrit III örneğinin elek analizi yapılarak 1.0 mm altında boyut fraksiyonları ve bu fraksiyonlardaki malzeme miktarlarının yüzdeleri belirlenmiştir. Anhidrit III örneğinin elek analizi bulguları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Anhidrit Alçının Elek Analizi

Tane Boyutu Aralığı (µm)	Ağırlık Oranı* (%)
<63	27,83
63-90	23,41
90-125	18,48
125-250	13,33
250-500	11,03
500-750	4,58
750-1000	1,34

*200°C'de kavrulmuş olan 0.75-1.0 mm boyutlu Anhidrit III'ün kırıldıktan sonraki ağırlık oranı değerleri

Anhidrit III örneği kırıldıktan sonra oluşan malzeme oranları bağlamında ince tane boyutlarında ağırlık kazandığı ve özellikle <63 µm ile 63-90 µm boyut aralıklarının daha etkin olduğu belirlenmiştir. Bu elek analizinde yer alan 7 ayrı boyut aralığında her bir Anhidrit III'den örnekler alınarak kıvamı tüm karışımlarda eşdeğer olacak bir formda 7 ayrı anhidrit harç karışımları oluşturulmuştur. Eşdeğer kıvam elde etmek amacıyla, anhidrit harç karışımlarında karma suyu/ Anhidrit III miktarına oranı 0.32 olarak sabit tutulmuştur. Bu karma suyu oranının altındaki su miktarlarında karışım kıvamının kısmen kuru kaldığı ve Anhidrit III tanelerinde topaklanmaların olduğu görülmüş ve harcın işlenebilirliği düşmüştür. Daha yüksek oranda su kullanımında ise harç kıvamı çok akıcı olmuş, priz süreleri uzamış ve daha zayıf karakterde örnekler elde edilmiştir. Hazırlanan 7 ayrı anhidrit harç karışımları, karma suyu sonrasında 2 dakika süreyle hızla karıştırılmış ve bekletmeksizin Vicat konisi düzeneği kalıpları içerisine yerleştirilmiştir. Vicat konisi yöntemi kullanılarak tüm boyut aralıklarında hazırlanmış Anhidrit III harcı karışımlarının priz süreleri ölçülmüştür. Bu yöntemde priz alma işlemi devam ederken konik batma iğnesinin (koninin) alçı/su hamuruna batma derinliği tayin edilir. Bu yöntem, priz başlangıç süresinin tayini için kullanılır (TS EN, 2007; TS EN, 2009). Deneysel çalışmada elde edilen bulgular karışımdaki Anhidrit III maksimum tane boyutu bağlamında Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Anhidrit III Örneklerinin Tane Boyutu – Priz Süresi İlişkisi

Anhidrit III harcı örneklerinde anhidritin maksimum tane boyutu arttıkça priz süresi de artmıştır. 63 µm boyut altındaki Anhidrit III ile oluşturan anhidrit harcı örneğinin ortalama priz süresi 6.3 dakika iken, 750-1000 µm aralığındaki Anhidrit III ile oluşturan harç örneğinin ortalama priz süresi ise 22.6 dakikadır. Diğer bir deyişle tane boyutu büyümesiyle birlikte priz süresi yaklaşık 3.6 kat artmıştır. Anhidrit III boyutu azaldıkça (daha ince taneli form), anhidrit harcında yer alan tanelerin sayısının artmasına paralel olarak tanelerin toplam yüzey alanının artması, karma suyu ile daha fazla yüzey alanında temasın sağlanması ve buna bağlı olarak daha hızlı reaksiyon gelişmesini sağlamıştır. Bu durum da harcın daha kısa sürede sertleşmesini mümkün kılmıştır. Tane boyutu büyüdükçe bu davranış daha geciken bir sürede gerçekleşmiştir. Tüm anhidrit harcı karışımlarının ortalama 5 saat sürede tamamıyla sertleşmesini tamamlayarak normal ortam koşullarında matris yüzeylerinde kuruma oluşturarak mukavemet kazandığı belirlenmiştir.

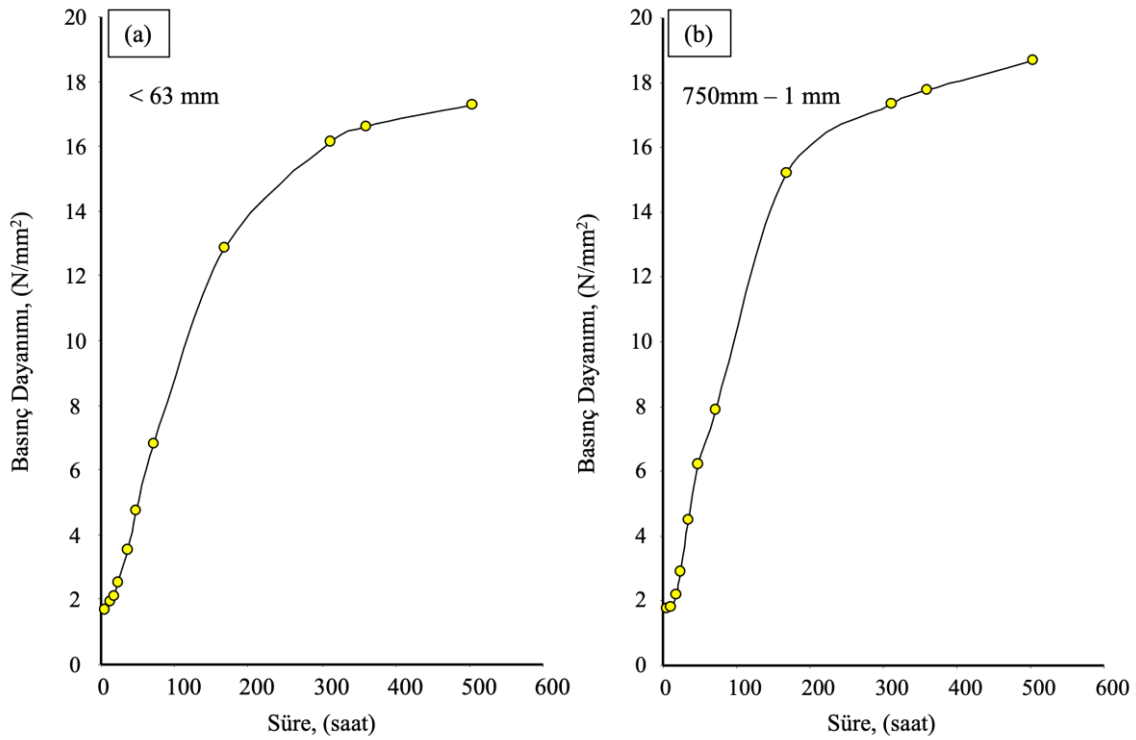
Anhidrit III Tane Boyutunun Basınç Dayanımına Etkisi

1000 µm tane boyutu altında oluşturulan 7 ayrı boyut aralığındaki her bir Anhidrit III malzemeden karma suyu/Anhidrit III miktarına oranı 0.32 olan anhidrit harç karışımları hazırlanmıştır. Bu karışımlar sabit karma suyu sonrasında 2 dakika süreyle hızla karıştırılmış ve bekletmeksizin 50x50x50 mm³ boyutlu küp kalıplara dökümleri yapılarak dayanım testleri için örnekler hazırlanmıştır. Her bir boyut aralığındaki Anhidrit III ile yapılan karışımlardan 4'er adet küp örnek dökümü yapılmıştır. Döküm işlemi sonrası karışımların priz alma kabiliyetleri gözlemlenmiş olup, ilk 5 dakika süre sonra 4'er adet örnek kalıplardan çıkartılarak basınç dayanım testine tabi tutulmuştur. Sonrasında, sırasıyla 12, 18, 24, 36, 48, 72, 168, 312, 360 ve 504'üncü dakikalarda her bir boyut aralığına ait 4'er adet örnek kalıplardan çıkartılarak basınç dayanımları belirlenmiştir. Elde edilen dayanım bulguları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Anhidrit III Harcının Süre ve Tane Boyutuna Bağlı Ortalama Basınç Dayanım Analizi

Süre (dk)	Ortalama Basınç Dayanım Analizi						
	<63 µm (MPa)	63-90 µm (MPa)	90-125 µm (MPa)	125-250 µm (MPa)	250-500 µm (MPa)	500-750 µm (MPa)	750-1000 µm (MPa)
5	1,70	1,75	1,81	1,93	1,77	1,84	1,76
12	1,93	1,78	1,85	1,99	1,91	1,97	1,82
18	2,12	2,18	2,37	2,56	2,74	2,83	2,19
24	2,54	2,95	3,04	3,29	3,46	3,61	2,88
36	3,51	3,62	3,76	4,07	4,36	4,52	4,48
48	4,74	4,98	5,44	5,75	6,17	6,28	6,22
72	6,82	6,98	7,14	7,45	7,83	7,89	7,91
168	12,86	13,11	13,56	14,17	14,91	15,11	15,23
312	16,14	16,53	16,97	17,73	18,55	17,21	17,34
360	16,61	16,96	17,33	18,18	18,88	18,62	17,79
504	17,27	17,64	18,08	18,91	19,16	19,29	18,68

Tüm boyut aralıklarındaki Anhidrit III harcı örnekleri artan süreyle birlikte dayanım kazanmıştır. Ancak, tane boyutuna göre harcin dayanım kazanma hızı eşdeğer olmayıp, Anhidrit III tane boyutu düştükçe dayanım kazanma hızının azaldığı, maksimum tane boyutu artığında da dayanım kazanma hızı süresinin düştüğü veya kısaldığı görülmüştür. İlk 5 dakikalık süre sonunda tane boyutuna bağlı basınç dayanımları 1.70 N/mm^2 ile 1.93 N/mm^2 aralığında değişim göstermiştir. $125\text{-}250 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralığına kadar basınç dayanımları artmış, ancak bu boyut aralığından sonra dayanım değerleri düşmüştür. Çalışma kapsamında ilk 5 dakika süre sonunda kazanılan dayanım değerleri baz alınarak, her bir boyut için artan sürelerdeki kazanılan dayanım bu baz dayanım değerine olan oranı “dayanım oranı” adlandırılmasıyla bir kriter olarak tanımlanmış olup, değerlendirmeler bu kritere göre irdelenmiştir. $63 \text{ }\mu\text{m}$ boyut altındaki Anhidrit III harcının dayanım oranı 5 saat süreden 504’üncü saate kadar 10.16 kat artmıştır. Bu süreçte özellikle 312’nci saate kadar dayanım oranı artış hızı diğer boyut aralıklarına göre göreceli olarak daha düşüktür. Bununla birlikte $750\text{-}1000 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralığında ise 168’inci saate kadar dayanım oranı artış hızı diğer boyut aralıklarına göre göreceli olarak daha yüksektir. Bu sürelerden sonra anhidrit harcının dayanım kazanma gelişimi durağan bir eğilim izleyerek sabit bir dayanım değerine doğru gelişim göstermiştir. $63 \text{ }\mu\text{m}$ boyut altı ve $750\text{-}1000 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralıkları için örneklerin basınç dayanım gelişimi (dayanım kazanması) grafiksel olarak Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. a. $<63 \text{ }\mu\text{m}$ Boyut Aralığı İçin **b.** $750\text{-}1000 \text{ }\mu\text{m}$ Boyut Aralığı İçin $63 \text{ }\mu\text{m}$ Boyut Altı ve $750\text{-}1000 \text{ }\mu\text{m}$ Boyut Aralıkları İçin Örneklerin Basınç Dayanım Gelişimi.

Yapılan analizlerde en yüksek dayanım oranı 10.82’lik değerle $250\text{-}500 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralığında 504’üncü saat (21. gün)’de görülmüştür. Ayrıca $250\text{-}500 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralığından daha düşük boyutlara sahip anhidrit harç örneklerinin süreye bağlı basınç dayanım oranları daha iri boyutlara kıyasla daha düşüktür. İlerleyen zamanlarda ince boyutlu anhidrit harç örneklerinin kazanmış olduğu dayanım, eşdeğer zamanlarda daha iri boyutlu anhidrit harç örneklerinin dayanımından daha düşük seviyelerdedir. Bu çalışma bulguları, maksimum tane boyutu $500 \text{ }\mu\text{m}$ ’nin üzerinde olan Anhidrit III harcı karışımlarında 72 saat (3 gün) sonra 7.5 N/mm^2 ’lik dayanıma ulaşabilmekte, tüm boyut aralıkları ile oluşturulmuş Anhidrit III harcı karışımlarının ise 168 saat (7 gün) sonra ise 10 N/mm^2 ’nin üzerinde basınç dayanımlarına ulaşabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte 21. günden sonra, karışım bileşimi $250\text{-}750 \text{ }\mu\text{m}$ boyut aralığındaki Anhidrit III ile tasarımılandırılan anhidrit harçlarının 20 N/mm^2 ’lik taşıyıcı özellikte mukavemet değerleri sağlayabilme potansiyeli olduğu öngörülebilmektedir.

SONUÇ

Bu çalışmada, anhidrit alçı üretimi ve bu alçı ürünü kullanılarak tasarlanmış anhidrit harcı örneklerinin bazı özelliklerini incelenmiş ve anhidrit alçı ürünü özelliklerine etken teknik faktörler belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre;

1. Jips ısıtma etkisiyle tamamen kristal suyunu kaybettiğinde ağırlık kaybı maksimum %20.93 seviyesinde olmaktadır.
2. Çalışma kapsamında özellikle 0.75-1 mm boyut aralığındaki AJ örneklerinin anhidrit alçı için dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerinin 200°C olduğu belirlenmiş olup, bu sıcaklıkta elde edilen AJ örneğinin yeni formu Anhidrit III olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte diğer tane boyut aralıkları için yapılan değerlendirmelerde Anhidrit III elde edilmesi için gerekli dehidratasyon ve kalsinasyon sıcaklık değerinin sırasıyla <0.5 mm boyutu için 255°C, 0.5-0.75 mm boyutu için 240 °C, 1-2 mm boyutu için 220 °C, 2-4 mm boyutu için 220 °C, 4-8 mm boyutu için 220 °C, 8-16 mm boyutu için 240 °C ve >16 mm boyutu için ise 240 °C olarak belirlenmiştir.
3. Çalışma kapsamında ağırlık kaybı oranları dikkate alındığında dehidratasyon ve kalsinasyon işlemi bağlamında en etkin tane boyut aralığının 0.75-1 mm aralığı olduğu görülmüştür.
4. Etüvden çıkan kristal suyunu tamamen kaybetmiş alçıların havadan nem alarak tekrar ağırlıklarında artış olduğu tespit edilmiştir. AJ örneklerinin tane boyutu düştükçe yaklaşık 36 sürede denge durumuna geldiği ve ısıtma işlem sırasında kaybettikleri kristal suyunun yaklaşık %30 civarındaki kısmını serbest ortadaki havanın nemini bünyesine alarak tekrar kazandığı görülmüştür. Tane boyutu irileştikçe hem süre uzamış hem de tekrar su kazanım oranı bir miktar azalmıştır.
5. Anhidrit III harcı örneklerinde anhidritin maksimum tane boyutu arttıkça priz süresi de artmıştır. 63 µm boyut altındaki Anhidrit III ile oluşturan anhidrit harcı örneğinin ortalama priz süresi 6.3 dakika iken, 750-1000 µm aralığındaki Anhidrit III ile oluşturan harç örneğinin ortalama priz süresi ise 22.6 dakikadır. En yüksek basınç dayanımı 19.29 MPa ile 21. günde ve 500-750 µm aralığında öğütülen anhidrit III örneklerinden elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Al-Ameeri, A. S. (2014). Effect of Elevated Temperature on Some Properties of Technical Gypsum Reinforced by Cellulose Fiber. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 5(4), 10-27.
- Aljubouri Z.A. & Al-Rawas, A. M. (2009). Physical Properties and Compressive Strength of the Technical Plaster and Local Juss. *Iraqi Journal of Earth Sciences*, 9(2), 49-58.
- Al-Qaisi W. (2004). Some of the effect of Chemical Additives on the Setting Time for Iraqi Technical Gypsum. *Journal of Engineering and Development*, 23(1), 25-32.
- Al-Ridha, S. D., Abbood, A. A. & Hussein, H. H. (2015). Improvement of gypsum properties using SF additive. *International Journal of Science and Research*, 6(8), 504-509.
- Anonim. (2022a). Gypsum Products and Properties as A Building Material for Construction. <https://theconstructor.org/building/gypsum-products-properties-building-construction/14949/> (Erişim Tarihi: 04.12.2022).
- Anonim. (2022b). Lecture Notes, Chemistry of Gypsum & Lime. https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/5/5_2020_07_26!01_51_37_PM.pdf (Erişim Tarihi: 04.12.2022).
- Fisher, K., Rikhert, K., Burianov, A. & Strokova, V. (2016). Recrystallization of Gypsum Particles. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(18), 12361-12366.
- Guan, B., Ye, Q., Wu, Z., Lou, W. & Yang, L. (2010) Analysis of the relationship between particle size distribution of α-calcium sulfate hemihydrate and compressive strength of set plaster—Using grey model. *Powder Technology*, 200(3), 136-143. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.02.015>
- Gürdal, E. (2010). Bir Yapı Malzemesi Olarak Alçı. *Malzeme Dergisi*, (4), 37-43.
- İstanbuluoğlu, Y. S. (1997). Alçıtaşı ve anhidrit üzerine bir çalışma. *Madencilik Dergisi*, 36(3), 13-23.
- Padevet, P., Tesárek, P. & Plachý, T. (2011). Evolution of Mechanical Properties of Gypsum in Time. *International Journal of Mechanics*, 5(1), 1-9.

Salih, M. A. & Hussein, A. A. (2018). Enhancing the compressive strength property of gypsum used in walls plastering by adding lime. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 26(3), pp. 58-66.

Serrano, S., Barreneche, C., Navarro, A., Haurie, L., Fernandez A. I. & Cabeza L. F. (2015). Study of fresh and hardening process properties of gypsum with three different PCM inclusion methods. *Materials*, 8(10), 6589-6596. <https://doi.org/10.3390/ma8105324>

Thoeny, Z. A. R. (2020). The Effect of Particle Size Distribution on some Properties of Gypsum. *Key Engineering Materials*, 857, 145-152. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.857.145>

TS EN 13279-1. (2009). Yapı ve Sıva Alçıları- Bölüm 1: Tarifler ve Gerekler, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s20.

TS EN 13279-2. (2007). Yapı ve Sıva Alçıları- Bölüm 2: Deney Yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s15.

TS EN 13820. (2004). Yalıtım mamülleri - Binalarda kullanılan - Organik muhteva tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, s11.

Yu, Q. L., Brouwers, H. J. H. & De Korte, A. C. J. (2009, September). Gypsum hydration: a theoretical and experimental study. In 17th Internationale Baustofftagung, 23-26 Eylül 2009, Weimar, Almanya.