

## TARİHİ SİLLE SUBAŞI HAMAMI TAŞIYICI SİSTEM ANALİZİ

Burak KORKMAZ<sup>1</sup>, Salih CENGİZ<sup>2</sup>, Elif Naz KAMANLI<sup>3</sup>, Alptuğ ÜNAL<sup>4</sup>,  
Mehmet KAMANLI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Türkiye

<sup>2</sup>Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Bölümü, Konya Türkiye

<sup>3</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul Türkiye

<sup>4</sup>Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya Türkiye

burakkorkmaz2582@gmail.com (ORCID 0000-0002-7440-7538)

scengiz@ktun.edu.tr (ORCID 0000-0003-1571-7488)

enkamanli@gmail.com (ORCID 0000-0002-2156-3481)

aunal@ktun.edu.tr (ORCID 0000-0003-2945-8325)

mkamanli@ktun.edu.tr (ORCID 0000-0003-3708-3084)

### Özet

Bu çalışmada, 19. yüzyıl Osmanlı Dönemi'nde inşa edilen ve Konya İli Selçuklu İlçesi'ne bağlı Sille Ak Mahallesi'nde bulunan tarihi Subaşı Hamamı'nın mevcut durum değerlendirmesi yapıp, yapının statik ve dinamik yükler altındaki durumu incelenmiştir. Yapının üç boyutlu modeli oluşturulmuş, sonlu elemanlar yöntemine göre lineer analizi yapılmış ve taşıyıcı elemanları üzerinde oluşan gerilmeler ile yerdeğişmeler incelenmiştir. Subaşı Hamamı mimari açıdan kesit ve iç tasvir olarak iki sıcaklık, iki ılık ve bir su deposundan oluşmaktadır. İki sıcaklık ve iki ılık mekanının üzeri tuğladan yapılmış kubbeden, su deposunun üzeri ise beşik tonoz ile örtülmüştür. 19.5x18 metre boyutuna sahip olan hamamın yapılan araştırma, inceleme ve analiz sonucunda, yapının mevcut kesitlerinin büyük olmasından dolayı basınç ve kesme gerilmelerine karşı yeterli dayanımının olduğu; kubbe, beşik tonoz ve kapı köşelerinde bazı çatlakların olduğu; modal analiz sonunda mod şekilleri incelendiğinde en fazla zorlanan kısmın beşik tonoz olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tarihi Yapı, Yığma Yapı, Taşıyıcı Sistem Analizi, Statik Lineer Analiz

## **STRUCTURAL ANALYSIS OF HISTORICAL SILLE SUBASI BATH**

### **Abstract**

In this study, the present situation of the historical Subasi Bath, which was built in the 19th century Ottoman Period and located in the Sille Ak District of the Selçuklu District of Konya Province, was evaluated and the status of the building under static and dynamic loads was examined. A three-dimensional model of the structure was created using a computer program, a linear analysis was made according to the finite element method, and the stresses and displacements on the carrier elements were examined. Subasi Bath consists of two the hottest rooms, two the tepidity rooms and one water reservoir in terms of architectural cross-section and internal depiction. The hottest and the tepidity rooms spaces are covered with a dome made of brick, while the water tank is covered with a cradle vault. As a result of the research, examination and analysis of the bath, which has a size of 19.5x18 meters, it has sufficient resistance against pressure and shear stresses due to the big cross sections of the building; there are some cracks in the dome, cradle vault and door corners; When the modal analysis was examined, the most critical part was found to be the cradle vault.

**Keywords:** Historical Structure, Masonry Structure, Structural Analysis, Static Analysis

### **1. Giriş**

Dünyanın en eski medeniyetleri Anadolu'da kurulmuştur. Ülkemizin kurulduğu bu topraklar, tarih sahnesinde birçok önemli medeniyete ev sahipliği yapmıştır. Hititler, Frigyalılar, Lidyalılar, Urartular gibi çok eski uygarlıkların izlerine bile rastlanılan ülkemiz, tarihi eserler bakımından oldukça zengin bir konumdadır. Fakat bu zenginlik korunmazsa, ülkemizdeki tarihi eserlerin ayakta kalması oldukça zordur. Bu sebeple tarihi yapıların mevcut durumlarının iyi değerlendirilmesi, yapının mimarisini ve işlevselliğini bozmadan korunma önlemlerinin alınması gerekmektedir.

Tarihi yapılar, yapıldığı dönemin teknik şartları neticesinde hemen hemen hepsi yığma olarak inşa edilmiştir. Yığma yapıların en önemli sorunlarından biri çekme gerilmeleri altında taşıma güçlerini yitirmeleridir. Her ne kadar bunun önüne geçilmesi için statik yükler altında çekme gerilmeleri oluşmayan taşıyıcı elemanlar kullanılsa da deprem etkisindeki yapılarda çekme gerilmeleri oluşmaktadır. Tarihi yapıların inşa

edildiği dönemde deprem analizinin yapılamadığı düşünüldüğünde, şu anki bilgi ve teknolojiyi kullanarak bu yapıların deprem dayanımlarının ölçülmesi günümüz mühendislerinin sorumluluğundadır. Bu analizlerin yapılması, yapıların yetersiz olduğu bölgelerin onarılması, gerekiyorsa güçlendirilmesi gerekmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında 19. yüzyıl Osmanlı Dönemi'nde inşa edilen Subaşı Hamamı'nın mevcut hali değerlendirilmiş ve yapının çeşitli yükler altındaki durumu incelenmiştir. Çalışmaya ilk olarak yapının yerinde incelenmesi, genel durumu hakkında tespitlerde bulunulması ve yapının rölevesinin çıkarılmasıyla başlanmıştır. Daha sonra çizilen röleve ile yapının üç boyutlu modeli sonlu elemanlar yöntemi ile analiz yapan SAP2000 programında oluşturulmuştur. Yapıya ait malzeme özellikleri literatürdeki bilgileri kullanılarak programa girilmiştir. TS498 [1] ve TBDY 2018 [2] yönetmeliklerindeki hükümler doğrultusunda yapıya statik ve dinamik yükler uygulanmıştır. Buna ek olarak TBDY 2018'e göre yapının analitik olarak hesabı da yapılmıştır.

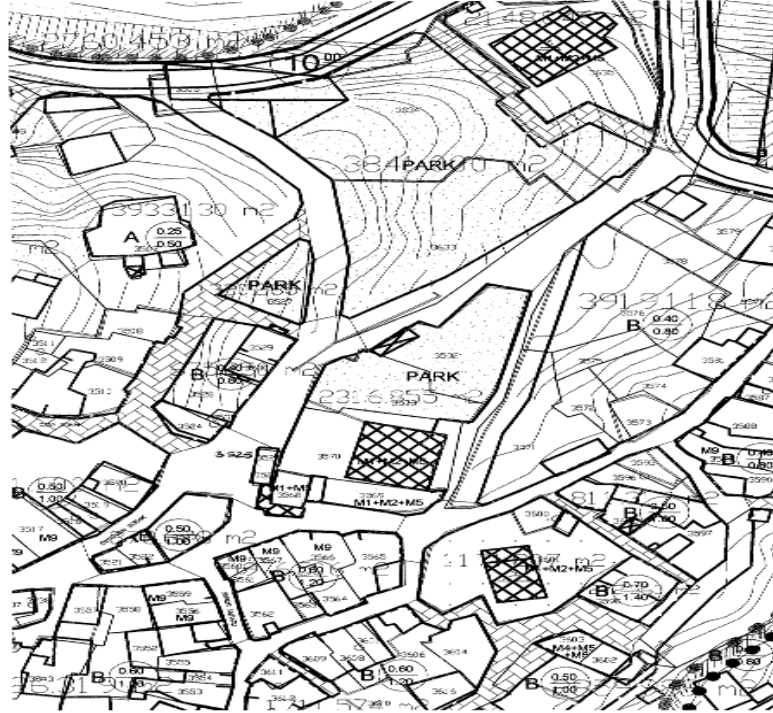
## **2. Yapının Genel Özellikleri**

Subaşı Hamamı; Konya ili, Selçuklu ilçesi, Sille kentsel sit alanında kalan, 3 pafta, 3569-3570 nolu parsellerde bulunan özel mülkiyete ait hamam Konya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 10.11.1991 gün, 1148 sayılı kararı ile tescil edilmiştir. Konya ili Selçuklu İlçesi, Sille Subaşı Mahallesi, Özgüven Sokak, No:3'de yer almaktadır. Aya Elena Kilisesinin güneyinde, aynı isimle anılan Subaşı Camii'nin de kuzeybatısında yer alır (Şekil 1, Şekil 2).

Yapının inşa tarihini gösteren herhangi bir kitabe bulunmamaktadır. Ancak çeşitli yayınlarda kaynak gösterilmeden yapının tarihlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmalar içerisinde en net tarihi veren Hasan Özönder'dir. Özönder hazırlamış olduğu eserinde hamamın H. 1306, M.1891 tarihlerinde yapıldığını, sonraki yıllarda birkaç kez yenilendiğini, bu hamamın yerinde önceleri bir Rumlar tarafından yapılmış bir Rum hamamı olduğunu ileri sürmektedir [1]. H.1306/M.1888-1889'da inşa edildiği kabul edilen hamamın birkaç defa yenilendiği tahmin edilmektedir.

Subaşı Mahallesi'nde bulunan hamam Kültür Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu'nun 26.07.1991/1086 sayılı kararı ile tescillenmiştir. Çifte hamam olarak yapılan hamam uzun yıllar önce bir yangın sonucu harap hale gelmiştir. Konya İli Selçuklu

Belediyesi tarafından restorasyonu ve çevre düzenlemesi yapılan Sille Hamamı'nda Sille'de geçmişte kullanılan eşyalar sergilenmektedir.



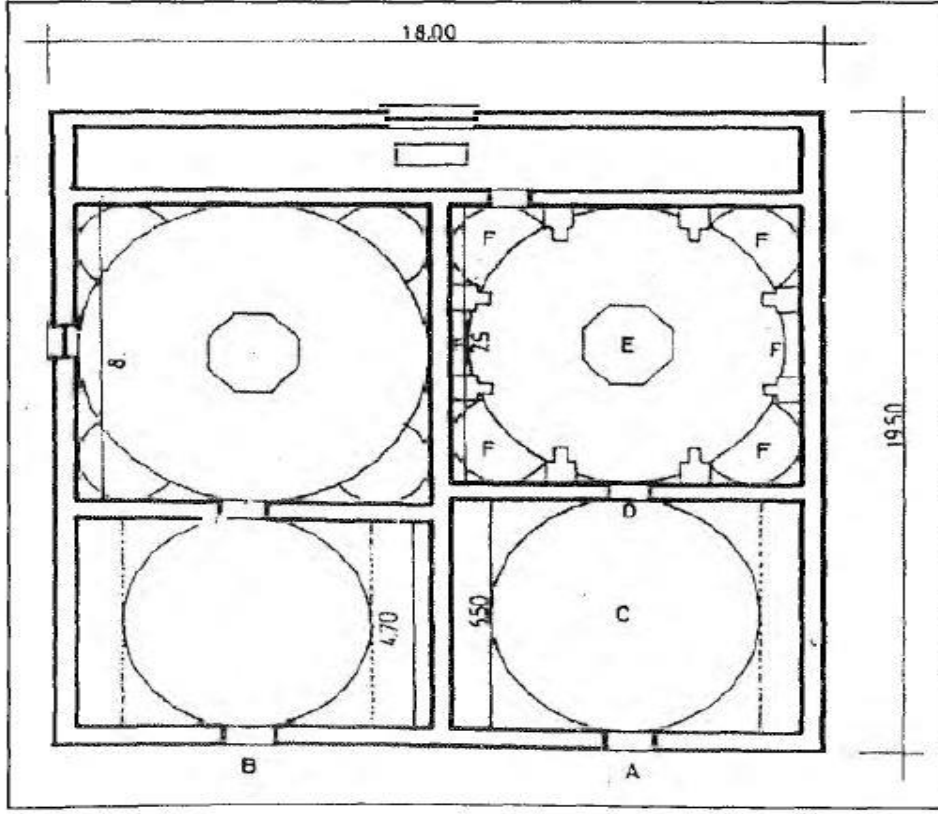
Şekil 1. Vaziyet planı



Şekil 2. Vaziyet planı (detaylı)

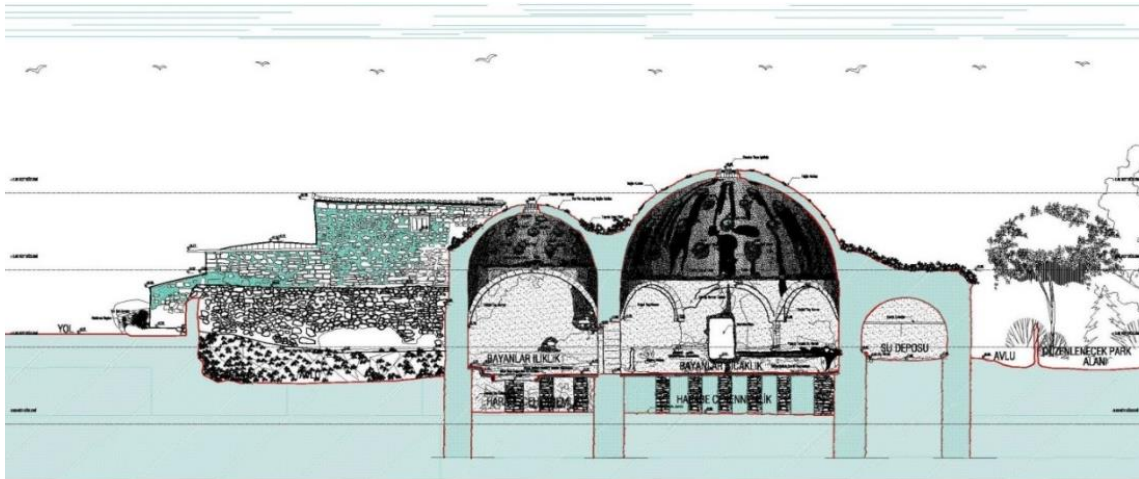
Tabii aydınlatma bakımından Türk hamamlarında, soyunma mekanlarında, aydınlık fenerlerinden sonra en çok dikkati çeken mimari detaylara sıcaklık mekanlarında rastlanır. XV. yüzyıla kadar bazen bir ışık gözü bulunan eyvanlar ve bağımsız olarak aydınlatılmış halvetler dışında, merkezi mekanın kubbesi sıcaklık bölümünün önemli ışıklandırma yeri olmuştur. Subaşı Hamamı ılıklik ve sıcaklık mekanlarının üzeri pandantifle geçilen tuğladan birer kubbe ile örtülmüştür. Kubbenin iç yüzeyi sıvalı olup, sıvaların bir bölümü dökülmüştür. Sıcaklık mekanının kubbeleri, ılıklik mekanına göre daha büyük boyutludur. Sıcaklık mekanı kubbesi 8.10x8.10 m ölçülerinde kare bir alanın üzerini örtmektedir. Kubbenin zeminden yüksekliği ise 7.33 m'dir. Ilıklık mekanı ise 8.10x4.75 m ölçülerinde doğu-batı doğrultusunda dikdörtgen planlı olup, iki yandan atılan 1.69 m genişliğindeki kesme taş kemerlerle mekan kareye dönüştürülmüş. 4.71x4.71 m ölçülerinde kare planlı ılıklik mekanın üzeri zeminden 6.57 m yükseklikteki tuğla bir kubbe ile örtülmüştür. Her iki mekanın kubbesi üzerinde merkezden kubbe eteğine kadar yayılan ışık gözleri yerleştirilmiştir. Sağır tutulmuş hamam duvarları, kubbede yer alan dairevi formlu bu ışık gözleri ile aydınlatılması sağlanmıştır. Doğü-batı doğrultusunda uzanan dikdörtgen planlı su deposunun üzeri ise beşik tonozla örtülmüştür.

Subaşı Hamamı cephe özellikleri açısından Türk hamamlarında görülen özellikleri yansıtmaktadır. Türk hamamı hem işlevsel olarak hem de mahremiyetten dolayı genelde dışa kapalı bir görünüm ortaya koymaktadır. Cephelerde pencere açıklığı bulunmamaktadır. Pencereler daha çok soyunmalık mekanı cephelerinde yer alırken, diğer cepheler ise genelde sağır tutulduğu görülmektedir. Subaşı Hamamı'nın soyunmalık mekanı günümüze ulaşmadığı için cephe düzeni hakkında bir fikrimiz yok. Ancak bu bölümün günümüze ulaşmamış olması burasının ahşaptan yapılmış bir çatı ile örtülü olduğunu söyleyebiliriz. Yapının kuzey cephesinde sonradan açılan kapı açıklığı ile yine cephenin doğuya yakın olan bölümünde yer alan ve su deposuna su teminini sağlayan su kanalı cephedeki tek açıklık olarak karşımıza çıkmaktadır. Üst örtüde ise ılıklik ve sıcaklık mekanı kubbelерinde iç mekanın aydınlatılması için çok sayıda ışık gözlerinin kullanıldığı görülmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Hamamın planı (Selçuklu Belediyesi Arşivi)

Hamamın batı cephesi günümüzde önünde bulunan soyunmalık mekanının yıkılmasından dolayı ılıklik mekanının cephesi bulunmaktadır. 18.12 m genişliğinde, 4.77 m yüksekliğindeki cephenin duvar kalınlığı 0.83 m'dir (Şekil 4).



Şekil 4. Hamamın düşey kesiti (Selçuklu Belediyesi Arşivi)

Cephenin kuzey ve güney köşelerine yakın yerlerde birer adet kapı açıklığı bulunmaktadır. Bu açıklıklar yardımıyla hamamın ılıklik mekanına geçiş sağlanmaktadır.

Kapı açıklıkları 0.83 m derinliğinde, 0.98 m genişliğinde olup, 1.97 m yüksekliğindedir. Yarım daire kemerli kapı açıklıkları tuf taşından yapılmıştır. Kapının kemeri ve söveleri kullanılan tuf taşından dolayı oldukça tahrip olmuş ve dokusunu kaybetmiştir. Duvar yüzeyi ise mevcut izlerden anlaşıldığı kadarıyla sıvalıdır (Şekil 5).



Şekil 5. Hamamın batı cephe görünüşü

19.39 m genişliğinde, 5.72 m yüksekliğindeki güney cephe; dere kenarında bulunmasından dolayı cephe yüksekliği diğer cephelere oranla daha yüksek tutulmuştur. Sıralı moloz taş örgülü duvarlar sağır tutulmuştur. Kalan izlerden duvar yüzeylerinin sıvalı olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Hamamın güney cephe görünüşü

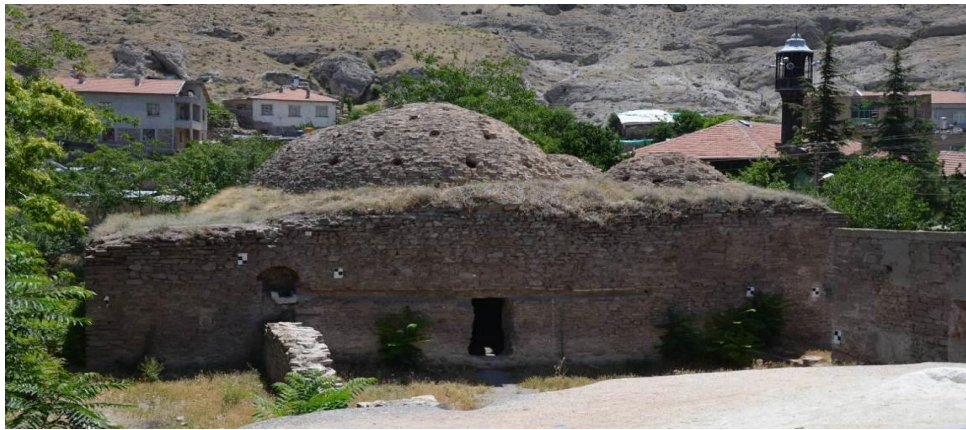
18.14 m uzunluğunda 4.47 m yüksekliğindeki doğu cephe sıralı moloz taş örgülüdür. Sağır tutulan cephenin ortasında zemin seviyesine yakın taştan yuvarlak kemerli bir açıklık bulunmaktadır. Kemer açıklığı 1.12 m yüksekliğinde, 2.55 m genişliğindedir. Taş örgülü Kemerin genişliği ise 0.28 m'dir. Yuvarlak kemerli açıklıktan içeri girilince ortada dairevi formlu külhan bölümü görülmektedir. Hem arazinin

eğiminden hem de zemin seviyesinin dolmasından dolayı cephe yüksekliği kuzeyden güneye gidildikçe azalmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. Hamamın doğu cephe görünüşü

Kuzey cephe 4.79 m yüksekliğinde 19.32 m genişliğinde olup sıralı moloz taş örgülüdür. Cephenin ortasında yakın zamanda açılmış dikdörtgen formlu düz atkı taşlı bir kapı açıklığı bulunmaktadır. Kapı açıklığı 1.57 m yüksekliğinde, 0.99 m genişliğinde, 0.82 m derinliğindedir. Cephenin doğuya yakın olan bölümünde zeminden 1.82 m yükseklikte hamamın su deposuna su temini sağlayan kanal bulunurken; kanalın bitiminde ise yuvarlak kemerli açıklığın içerisine yerleştirilmiş mermer bir yalak bulunmaktadır. Bu yalağın köşesinden açılan bir delikle de kanaldan gelen su bu açıklık vasıtasıyla su deposuna akmaktadır. 0.62 m genişliğinde, 0.94 m yüksekliğindeki yarım daire kemerli açıklık 0.56 m derinliğindedir (Şekil 8).



Şekil 8. Hamamın kuzey cephe görünüşü

Hamam süsleme özellikleri açısından oldukça sade olup, herhangi bir süsleme ögesine sahip değildir. Yapıya hareketlilik kazandıran unsurlar ise cephelerde kesme



taştan yapılmış olan giriş kapıları ile sıcaklık mekanından su deposuna açılan pencere açıklığı ile ılıklik mekanından sıcaklık mekanına geçişi sağlayan kapı açıklıkları işçilik açısından daha itinalı bir işçilik göstermektedir.

Bunlara ek olarak sıcaklık mekanında kubbeye geçişleri sağlayan tromplar arasına aşçıdan yapılmış yarım daire formlu kemerler dikkat çekicidir. Yapının belki de en önemli özelliği daha önceki yapılan çalışmalarda fazla dikkat edilmeyen erkekler bölümü sıcaklık mekanında sıva yüzeyleri üzerinde bulunan ve yer yer kısmen belli olan kırmızı aşı boyasıyla yapılmış bitkisel süslemelerdir. Yapının inşasında cephelerde sıralı moloz taş örgülü sille taşı yoğun olarak kullanılmıştır. Bunun yanında kapı ve pencere açıklıklarında ise beyaz renkli kolay deforme olabilen tuf taşı kullanılmıştır. Üst örtüde kubbelerde ve kubbe geçişlerde ise tuğla malzeme kullanılmıştır. Hamamın zemin döşemelerinin altında cehennemlik katının demir putreller üzerinde olduğu mevcut kalıntılardan anlaşılmaktadır. Hamamın kubbelerinden birinin içten görüntüsü Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. Kubbelerin içten görünümü

### 3. Yapısal Analizler

#### 3.1. Tarihi Yapının Analitik Statik Analiz Hesabı

Bir yapının statik analizinin iyi bir şekilde yapılabilmesi, o yapıya ait malzeme özelliklerinin net bir şekilde bilinmesine bağlıdır. Tarihi yapıların malzeme özelliklerini belirlemek ise oldukça zordur. Nitekim malzeme özelliklerinin belirlenebilmesi için yapıdan birçok numune alınması gereklidir ve buna çoğu durumda izin verilmez. Bu nedenle Subaşı Hamamı’na ait malzeme özellikleri belirlenirken, literatürde benzer

çalışmalardaki bilgiler değerlendirilerek birtakım kabuller yapılmıştır [2-8]. Sille taşının birim hacim ağırlığı 1.6 t/m<sup>3</sup>; tuğlanın birim hacim ağırlığı ise 1.9 t/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır. Her iki malzemenin poisson oranı 0.3 ve elastisite modülü 320 MPa olarak kabul edilmiştir. Duvar kalınlığı ise 85 cm alınmıştır. Kar yükü olarak kubbelere ve tonozlara 1.76 kN/m<sup>2</sup>, rüzgâr yükü olarak dış duvarlara 0.5 kN/m<sup>2</sup> basınç, 0.25 kN/m<sup>2</sup> emme yükü girilmiştir. Yapının taşıyıcı davarlarının basınç emniyet gerilmeleri 0.3 MPA alınmıştır [11].

Yığma yapıların analizinde, yapıyla ilgili verilerin durumuna göre TBDY 2018 Madde 15.2.12'de belirtilen bilgi düzeyi katsayıları kullanılır (Tablo 1). Değerlendirmeler için kullanılacak basınç emniyet gerilmeleri, yapının genel özelliklerinin bilgi düzeyine göre katsayı ile çarpılarak gerekli düzeltmeler yapılır. Duvarların kayma emniyet gerilmesi değerleri TBDY 2018 Madde 11.2.10'dan bulunur (Tablo 2).

Tablo 1. Binalar için bilgi düzeyi katsayısı

Bilgi Düzeyi	Bilgi Düzeyi Katsayısı
Sınırlı	0.75
Kapsamlı	1.00

Tablo 2. Duvarların çatlama emniyet gerilmesi

Kargir birim	Genel amaçlı harç <sup>(*)</sup>		İnce tabaka harç
Tuğla	M10-M20	0.30	0.30
	M2.5-M9	0.20	
	M1-M2	0.10	
Beton	M10-M20	0.20	0.30
Gazbeton	M2.5-M9	0.15	0.30
Doğal veya Yapay Taş	M1-M2	0.10	Kullanılamaz

<sup>(\*)</sup> Harçlar M harfini takip eden rakam MPa cinsinden karakteristik basınç dayanımlarını gösterecek şekilde isimlendirilmiştir.

$$\text{Basınç gerilmesi; } \sigma = \frac{W}{A_w} \quad (1)$$

$$\text{Kayma gerilmesi; } \tau_{em} = \tau_o + \mu\sigma \quad (2)$$

Yapı taşıyıcı elemanlarından duvarlara ait düşey doğrultudaki gerilme hesabı aşağıda yapılmıştır (Tablo 3). Bunun için öncelikle duvarların ağırlıkları ve alanları hesaplanmıştır. Daha sonra TS498'den alınan kar yükü ile yapının ağırlığı toplanarak toplam yük bulunmuştur. Bu yük duvarların alanlarına bölünerek duvarlarda meydana gelen basınç gerilmeleri elde edilmiştir. Elde edilen basınç gerilmeleri 0.3 MPa ile kıyaslanmıştır.

Tablo 3. Düşey Gerilme Hesap Tablosu

DUVAR NO	Uzunluk L (m)	Kalınlık t (m)	Yükseklik h (m)	Hacim (m <sup>3</sup> )	BHA* (kN/m <sup>3</sup> )	Ağırlık (kN)	A <sub>w</sub> (m <sup>2</sup> )
Güney (1)	19.39	0.85	5.72	94.274	16	1508.38	16.481
Doğu (2)	18.14	0.85	4.47	68.923	16	1102.77	15.419
Batı (3)	18.12	0.85	4.77	73.467	16	1175.47	15.402
Kuzey (4)	19.32	0.85	4.79	78.661	16	1258.57	16.422
					<b>TOPLAM</b>	<b>5045.19</b>	<b>63.7245</b>

\*: Birim hacim ağırlık

Kesme gerilmelerinin hesaplanması ve kontrolü için Taban kesme kuvveti (Denklem 3) TBDY 2018 Bölüm 4.7'deki eşdeğer deprem yükü yöntemiyle bulunmuştur. Bu yöntem binanın toplam ağırlığı ve yatay deprem etkisi altında azaltılmış tasarım ivme spektrumuna bağlı olarak hesaplanmıştır.

$$V_t = m \times S_a \times R(T) = m \times 0.2086g = 0.2086 W \quad (3)$$

Değerlendirmede kullanılacak kayma gerilmesi bilgi düzey katsayısı ile düzeltme yapılarak kayma emniyet gerilmesi değeri hesaplanmıştır.

$$\tau_{em} = \tau_0 + \mu \times \sigma$$

$$\tau_{em} = 0.10 + 0.5 \times 0.0882 = 0.144 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{em,d} = 0.144 \times 1.0 = 0.144 \text{ Mpa}$$

Kayma Gerilmesi Hesabı:

$$V_{xi,yi} = \left( \frac{k_{xi,y}}{\sum k_{xi,yi}} V_{b \ xi,yi} \right) - \left( \frac{M_{x,y}}{J} \right) k_{xi,yi} (x, y_i - x, y_{cg}) \quad (4)$$

$$\tau_i = \frac{V_i}{A_i} \quad (5)$$

$$x_c = S_{x_i} k_{y,i} / S_{k_{y,i}}$$

$$k_{x,i} = A_{x,i} / h_i$$

$$y_c = S_{y_i} k_{x,i} / S_{k_{x,i}}$$

$$k_{y,i} = A_{y,i} / h_i$$

Bu denklemlerle binanın kesme kuvveti ve kesme gerilmeleri hesaplanmıştır.

Tablo 4, Tablo 5, Tablo 6, ve Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 4. Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	$V_{yi1}$	$\tau_{i1}$ (Mpa)
Doğu (2)	34.422	0.0223
Batı (3)	32.84	0.0213

Tablo 5. Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	$V_{yi2}$	$\tau_{i2}$ (Mpa)
Doğu (2)	-34.422	-0.0223
Batı (3)	-32.84	-0.0213

Tablo 6. Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	$V_{xi1}$	$\tau_{i2}$ (Mpa)
Güney (1)	38.86	0.0236
Kuzey (4)	36.451	0.0222

Tablo 7. Kesme kuvveti ve gerilmeleri

Duvar No	$V_{xi2}$	$\tau_{i2}$ (Mpa)
Güney (1)	-38.86	-0.0236
Kuzey (4)	-36.451	-0.0222

Tüm bulunan gerilme değerleri, emniyet gerilme değerlerinin altında hesaplanmıştır. Bu yüzden duvarlar düşey yükler altında güvenlidir.

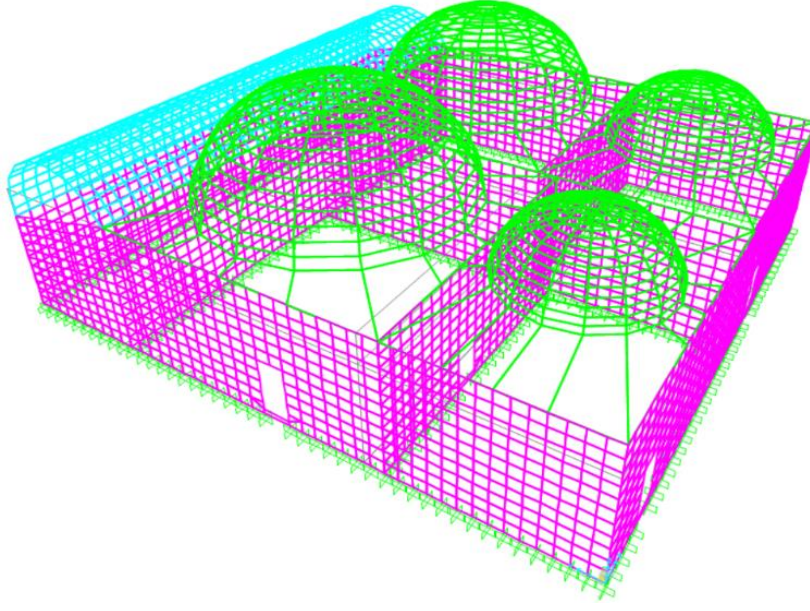
### 3.2. Tarihi Yapının Sap-2000 İle Statik ve Dinamik Analizi

Tarihi Subaşı Hamamı SAP2000 programı, V20 sürümünde yapının mevcut halinde nokta koordinatlarının programa girilmesiyle modellenmiş ve statik yükler altında yapısal analizi sonlu elemanlar yöntemine ve TBDY 2018 kurallarına göre gerçekleştirilmiştir. Modelleme oluşturulurken 4907 nokta 4650 kabuk elemanı 18586 kesit olarak boyutlandırılmıştır. Kubbe ve duvarlar kabuk elemanı olarak modellenmiştir. Toplamda 12 farklı modda çözümlenmiştir. Tarihi Subaşı Hamamı’nın 3 boyutlu modeli Şekil 10’da görülmektedir.

Subaşı Hamamı’nın dinamik analizi yapılırken öncelikle modal analiz sonucunda elde edilen mod şekilleri ve titreşim periyotları hesaplanmıştır. Çözümleme 3 modda yapılmıştır. Tablo 8’de modal analiz sonuçları verilmiştir.

Yapının 3 farklı mod çözümünden en yüksek periyot değeri 0,327 saniye ve frekans değeri 4,033 saniye<sup>-1</sup> değeri elde edilmiştir. Modal analizden elde edilen mod şekilleri Şekil 11’de gösterilmiştir.

Her bir moda ait maksimum deplasman, normal gerilme ve kayma gerilmesi değerleri Tablo 9’da gösterilmiştir. Değerler tabloya yazılırken pozitif ve negatif değerlerden mutlak değerce en büyük olanı dikkate alınmıştır.

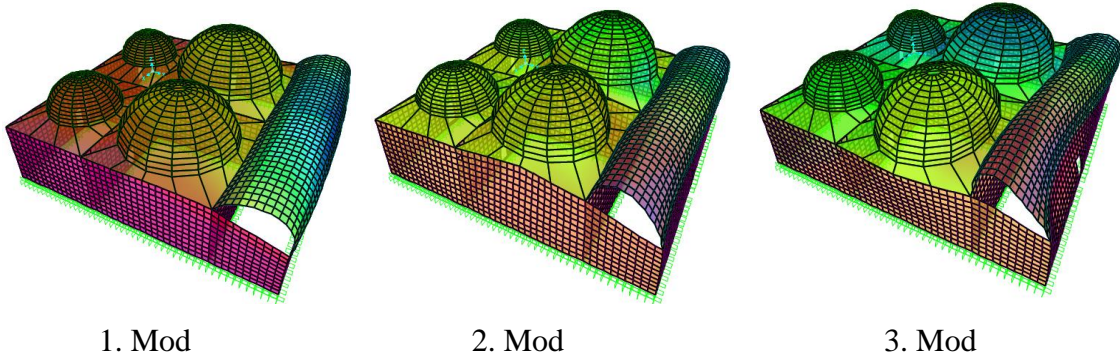


Şekil 10. Subaşı Hamamı SAP2000 modeli

Tablo 8. 3 moda ait frekanslar, periyotlar ve kütle katılım oranları

Mod	Frekans (Hz)	Periyot (s)	Küt. Kat. Oranı (x doğ.-yatay)	Küt. Kat. Oranı (y doğ.-düşey)	Küt. Kat. Oranı (z doğ.-yatay)	Küt. Kat. Oranı (y dönme)
1	3,056	0,327	2,697E-08	0,4	0,00315	1,267E-06
2	3,713	0,269	0,43	0,002301	2,885E-05	0,06195
3	4,033	0,247	0,03492	0,1	0,002197	0,001561

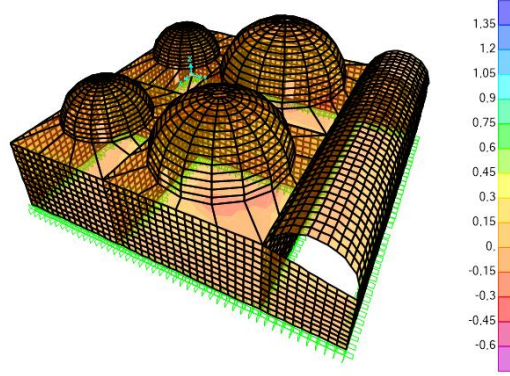
Maksimum gerilmeleri veren  $G+S+EQ_x+0.3EQ_y$  yük kombinasyonu altında yapı taşıyıcı sisteminde meydana gelen maksimum kayma ve normal gerilme değerleri Şekil 12 ve Şekil 13'te, yerdeğiştirme değerleri ise Şekil 14'te verilmiştir.



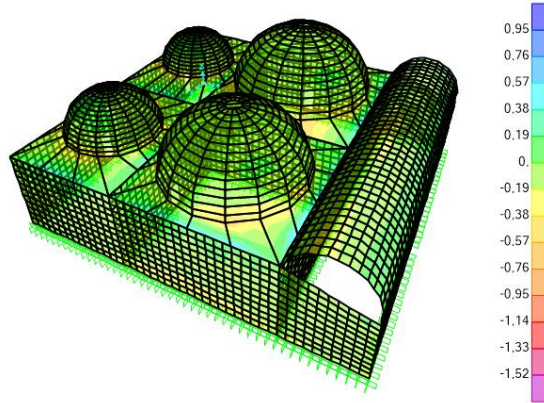
Şekil 11. Modal analizden elde edilen önemli mod şekilleri

Tablo 9. 3 moda ait maksimum yerdeğiştirme, normal ve kayma gerilmeleri değerleri

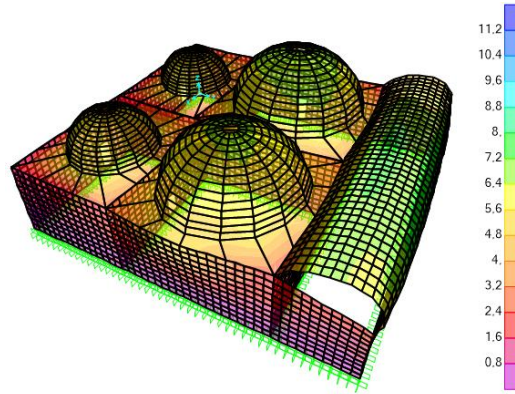
Mod	X Yönündeki Yerdeğiştirme (mm)	Y Yönündeki Yerdeğiştirme (mm)	Normal Gerilme (MPa)	Kayma Gerilmesi (MPa)
1	0.25	1.04	0.13	0.14
2	-0.85	0.39	0.10	0.09
3	0.45	-0.77	-0.10	-0.17



Şekil 12. Maksimum kayma gerilmesi (MPa)



Şekil 13. Maksimum normal gerilme (MPa)



Şekil 14. Yapıda meydana gelen yerdeğiştirmeler (mm)

#### **4. Sonuçlar ve Öneriler**

Tarihi yapılar, içinde yaşanan medeniyetin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Geçmişten bugüne tarihi bir köprü özelliği taşıyan bu yapıların korunması ve gelecek kuşaklara aynı şekilde aktarılabilmesi, kültürel açıdan sorumluluk gerektirmektedir. Bunun yapılabilmesi için mevcut tarihi yapının bakım-onarım, gerekirse güçlendirme tekniklerinin iyi yapılması ve yapının kimliğine uygun bir yöntem seçilmesi en önemli husustur. Eski çağlarda kısıtlı teknik imkanlarla inşa edilen tarihi yapıları bugünün teknolojisi ile değerlendirilip, yapıyı olumsuz etkileyen faktörleri ortadan kaldırmak gerekmektedir. Bu çalışmalarla yapı taşıyıcı sistemlerinin durumu, kullanılan malzemelerin özellikleri, meydana gelen/gelecek hasarların değerlendirilmesi, mevcut durumunun tespiti yapılarak gelecek nesillere taşınması, çözüm önerilerinin ortaya konması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada Konya İli Selçuklu İlçesi'ne bağlı Sille Ak Mahallesi'nde bulunan ve 19. yüzyılda inşa edilen tarihi Osmanlı Subaşı Hamamı'nın mevcut durum değerlendirilmesi yapılarak yapının TBDY 2018'e göre statik ve dinamik analizleri gerçekleştirilmiştir. Tüm bu değerlendirme, inceleme, araştırma ve analiz sonuçlarına göre aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

- Yapının duvar kalınlıkları büyük olduğundan basınç ve kesme gerilmelerine karşı dayanımında bir sorun bulunmamaktadır.
- Yığma yapılardaki genel sorunlar zemin oturmaları ve kullanılan malzemenin gevrek olmasıdır. Subaşı Hamamı'nda da çekme gerilmesi altında çatlak oluşumu mevcuttur. Bu oluşan çatlaklar kubbe, beşik tonoz, kapı boşluklarının olduğu bölgede bulunmaktadır. Oluşan çatlakların nedeninin, zemin oturmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Yapı duvarlarında oluşan basınç ve kayma gerilmeleri, duvar malzemesi için verilen basınç ve kayma dayanımlarını aşmadığı için duvarlar basınç ve kayma yönünden güvenlidir.
- Binanın her iki doğrultusundaki tüm duvarlarda yeterli kesme dayanımı karşıladığından, TBDY 2018 Madde 15.8.8'e göre Sınırlı Hasar Performans Düzeyi'ni sağladığı görülmüştür.
- Statik etkiler sonucu yapıda meydana gelen yer değiştirme ve gerilmeler incelendiğinde, yapıda ciddi bir sorun olmadığı tespit edilmiştir.

- Modal analiz sonucu oluşan mod şekilleri Şekil 11’de incelendiğinde, en fazla zorlanan kısmın beşik tonoz olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedenin, beşik tonozun ince-uzun bir yapıda olmasından dolayı, deprem esnasında uzun kenar doğrultusundaki uçları arasında rölatif yer değiştirmenin fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.
- Tablo 9 incelendiğinde modal analiz ile elde edilen yerdeğiştirme, normal gerilme ve kayma gerilmesi değerlerinin,  $G+S+EQ_x+0.3EQ_y$  yük kombinasyonu ile elde edilen değerlerden çok daha düşük olduğu görülmektedir. Yapı, 1. ve 3. modda Y yönünde daha fazla yerdeğiştirme yaparken 2. modda X yönünde daha fazla yerdeğiştirme yapmıştır. En kritik kayma gerilmesi 3. modda meydana gelmiştir.
- Tüm bu değerlendirmeler ışığında, tarihi Subaşı Hamamı’nın statik ve dinamik yükler altında oldukça güvenli olduğu anlaşılmıştır. Gelecek nesillere güvenli bir şekilde aktarılacağı düşünülmektedir.

### **Kaynaklar**

- [1] TS498, Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri
- [2] TBDY 2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği.
- [3] Özönder H, Konya Dünden Bugüne, Konya Büyükşehir Belediyesi, Konya, 2005.
- [4] Aras F, Krstevska L, Altay G, Tashkov L. Experimental and numerical modal analyses of a historical masonry palace, Construction and Building Materials 2011 25:1 81-91.
- [5] Akan A E. Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi ile Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi, SDU International Journal of Technological Science 2010 2:1.
- [6] Kretevska K, Taskov L, Gramatikov K. Experimental and numerical investigations on the Mustafa Pasa mosque large scale model, Workshop COST C, 2007 30-31.
- [7] Lourenço P B. Computations on historic masonry structures, Progress in Structural Engineering and Materials 2002 4:3 301-319.
- [8] Saydan M. Konya bölgesindeki tarihi yapılarda sıklıkla kullanılan Sille Taşı'nın bazı mekanik, minerolojik, jeokimyasal ve puzolanik özelliklerinin belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2015.



- [9] ŞEKER B Ş, DOĞANGÜN A, ÇAKIR F. MERZİFONLU KARA MUSTAFA PAŞA CAMİ TAŞIYICI SİSTEMİ ÜZERİNE İRDELEME, Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi 2013 5:1 112-120.
- [10] KAMANLI M, DEMİRÖZ A, AŞIK F M, KAÇMAZ F, HANKAYA M. 2017, Kare Planlı 13 Yy. Anadolu Selçuklu Yapısı Konya Zenburi Mescidinin Statik Analizi Uluslararası Katılımlı 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu, 2-4 Kasım, Trabzon, Türkiye.
- [11] Kamanli M, Jaihoon E H, Ünal A. TBDY 2018'e Göre Tarihi Sille Ak Caminin Statik Analizi, Selçuk-Teknik Dergisi 2019 18:3 134-151.
- [12] Votsis R A, Kyriakides N, Chrysostomou C Z, Tantele E, Demetriou T. Ambient vibration testing of two masonry monuments in Cyprus, Soil Dynamics and Earthquake Engineering 2012 43: 58-68.
- [13] Bayülke N. 2011, Yığma Yapıların Deprem Davranışı ve Güvenliği, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 11-14 Ekim, Ankara/Türkiye.