

# PERİ BACASINDAKİ AŞINMANIN FOTOGRAMETRİK VE JEODEZİK YÖNTEMLERLE ARAŞTIRILMASI

H.M. Yılmaz<sup>a</sup>, M. Yakar<sup>b</sup>, Ö.Mutluoğlu<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeod. ve Fot. Müh. Bölümü

(hmyilmaz@aksaray.edu.tr ) 68100 Aksaray

Tel: +90 382 215 03 41 Fax: +90 382 215 05 92

<sup>b</sup>Selçuk Üniversitesi, Müh. Mim. Fa. Jeod. ve Fot. Müh. Bölümü

(yakar@selcuk.edu.tr ) 42120 Konya

Tel: +90 332 223 19 39 Fax: +90 332 241 06 35

<sup>c</sup>Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO

(omutluoglu@selcuk.edu.tr) 42 120 Konya

Tel: +090 332 2231942

**Anahtar Kelimeler:** Peri Bacası, Aşınma, Selime, Yakın Resim Fotogrametrisi

## ÖZET

Peri bacaları Ülkemizin doğal ve kültürel zenginliklerinden sadece birini teşkil etmekte olup Kapadokya bölgesinde bulunmaktadır. Peri bacaları tarihi ve turistik açıdan oldukça önemli bir değere sahiptirler. Coğrafi olaylar Peribacaları'nı oluştururken, tarihi süreçte, insanlar da bu peribacalarının içlerine ev yapmış, kilise oymuş, bunları fresklerle süsleyerek, binlerce yıllık medeniyetlerin izlerini günümüze taşımıştır. Bölge 60 milyon yıl önce; Erciyes, Hasandağı ve Güllüdağ'ın püskürttüğü lav ve küllerin oluşturduğu yumuşak tabakaların milyonlarca yıl boyunca yağmur ve rüzgâr tarafından aşındırılmasıyla ortaya çıkmıştır. Sel sularının dik yamaçlarda kendine yol bulması, sert kayaların çatlamasına ve kopmasına neden olmuştur. Alt kısımlarda bulunan ve daha kolay aşınan malzemenin derin bir şekilde oyulması ile yamaç gerilemiş, böylece üst kısımlarda yer alan şapka ile aşınmadan korunan konik biçimli gövdeler ortaya çıkmıştır. Gövde tüf, tüffit ve volkan külünden oluşmuş kayaçtan; şapka kısmı ise lahar ve ignimbirit gibi sert kayaçlardan oluşmaktadır. Yani şapkayı oluşturan kaya türü, gövdeyi oluşturan kaya topluluğuna oranla daha dayanıklıdır. Bu peribacasının oluşumu için ilk koşuldur.

Bölgenin jeolojisi tipik olarak ince bir tüf tabakası, ince bir bazalt tabakası veya tüf üzerinde bulunan erozyana daha dayanıklı diğer volkanik kayalardan ibarettir. Zamanla bazalttaki çatlaklar daha yumuşak olan tüfün erimesine sebep olmaktadır. Şapkadaki kayanın direncine bağlı olarak, peribacaları uzun veya kısa ömürlü olmaktadır. Kapadokya Bölgesi'nde erozyonun oluşturduğu peribacası tipleri; şapkalı, konili, mantar biçimli, sütunlu ve sivri kayalardır. Peri bacalarının çapları ise 1 m ile 15 m arasında değişmektedir. Genel olarak tüf tabakası aşınmakta ve şapka düşmektedir. Çalışma alanı ve çevresinde bölgesel olarak gözlemlenen kayaçlar, Orta Anadolu Masifi adı altında tanımlaması yapılan jeolojik birim içerisinde yer alırlar. Çalışma alanının litostratigrafi birimlerini Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiriti ve alüvyon oluşturur.

Bu çalışmada, bir peri bacasının yüzeyindeki muhtemel aşınma miktarı araştırıldı. Çalışmada Kapadokya bölgesinin batı giriş kapısı olan Aksaray iline bağlı Selime kasabasında bulunan bir peri bacası kullanıldı. Peri bacasının etrafına bir poligon ağı tesis edildi. Peri bacası üç farklı zamanda yersel fotogrametrik yöntemle ölçüldü ve değerlendirildi. Çalışmada Photomodeler yazılımı kullanıldı. Peri bacası üzerinde ölçülen noktalar Surfer 8.0 yazılımına aktarıldı. Her periyotta peri bacasının üç boyutlu modelleri elde edildi. Her periyot için aynı referans yüksekliklerinden peri

bacasının hacimleri hesaplandı. Hacimler arasındaki farktan peri bacasında bir aşınmanın olup olmadığı araştırıldı.

Ayrıca peri bacasına iki farklı pilyeden jeodezik ölçmeler yapıldı. Batı ve güney yönlerinden aynı düşey açılarda peri bacasının yan yüzeylerinin yatay açıları ölçüldü. Pileyeler ile peri bacasının gövdesine aynı yatay ve düşey açılardaki mesafeler ölçüldü. Fotogrametrik yöntemle peri bacasında önemli sayılabilecek bir değişime rastlanmadı. Jeodezik ölçmeler sonucunda peri bacasında bazı küçük değişimlerin olduğu görüldü.

**Keywords:** Fairy Chimney, Corrosion, Selime, Close Range Photogrammetry

## ABSTRACT

Fairy Chimneys is only a wealthiness of natural and cultural of our country and is founded in Cappadocia Region. Fairy Chimneys have a fairly important worth in point of historical and touristic. When geographic events has formed to fairy chimneys in historical periot mankind built house and church inside of fairy chimneys. Mankind decorated these church and house with fresco. Mankind reached to these days more thousand civilization. Ago 60 billion years, region has been formed from soft layes, which being constituted from lava and ash spewed out by Erciyes, Hasan Mountain and Güllü Mountain, abraded by rain and wind along billion years. Floodwaters found way in steep slopes by itself that was caused to cracking and breaking out of strict rocks. As deeply scouring of material which is underside and eroding easily scarp had deteriorated, thus hat and body with shaped conical consisted. Body is consist of tuff, tuffit and rock that is constituted from volcanic ash. Hat is consist of strict rocks as lahar and ignimbrite. Rock on hat is more resistant than rock on body. This is first condition for formatting of fairy chimney.

Geology of region is consist of a thin tuff layer, a thin basalt layer or volcanic rocks that are on tuff and resistant to erosion. Cracks on basalt cause to dissolving of mild tuff in time. Fairy chimneys has long or short life depending on resist of rock on hat. Kinds of fairy chimney in Cappadocia region are with hat, conic, fungus shaped, with pier and crest rock. Radius of fairy chimney change between 1 m and 15 m. Generally, tuff layer erodes and hat falls. Rocks in the study area are massif of mid Anatolia. Lithostratigraphy of the study area is consisting of tuff of Selime, ignimbrite of red rock and alluvium. Lithostratigraphy units of study area are consisting of Kızılıkaya ignimbrite and alluvium.

In this study, probable corrosion on fairy chimney was investigated. A fairy chimney, which is located in Selime district of Aksaray province and is west entrance door of Cappadocia region, was used. A traverse net was established around of fairy chimney. Fairy chimney was measured by close range photogrammetry in three different time and was evaluated. Photomodeler 5.0 software was used for photogrammetric evaluation. Points measured on fairy chimney were transferred to Surfer 8.0 software. Three dimensional model of fairy chimney were obtained in every period. Volumes of fairy chimney were computed from the same height in every period. It was investigated from differences among volumes that there is corrosion on fairy chimney or not.

Geodetic observations were accomplished to fairy chimney from two different points. Horizontal angles on side surfaces of fairy chimney were measured at the same vertical angles from west and south directions. Distance between fairy chimney and point was measured at the same vertical and horizontal angles. It is determined that there is no important change by photogrammetric method. It is seen that there is some small changes on fairy chimney by geodetic method.

## 1. GİRİŞ

Kapadokya bölgesi, doğa ve tarihin bütünleştiği bir yerdir. Kapadokya Bölgesi Nevşehir, Aksaray, Niğde, Kayseri ve Kırşehir illerinin kapladığı alandır. Daha dar bir alan olan kayalık Kapadokya Bölgesi ise Uçhisar, Göreme, Avanos, Ürgüp, Derinkuyu, Kaymaklı, Ihlara ve çevresinden ibarettir. Kapadokya Bölgesi'ndeki Erciyes, Hasandağı ve Göllüdağ jeolojik devirlerde aktif birer volkandı. Bu volkanla birlikte diğer çok sayıdaki volkanların püskürmeleri Üst Miyosen'de ( 10 milyon yıl önce) başlayıp, holosen'e (Günümüze) kadar sürmüştür. Neojen gölleri altındaki yanardağlardan çıkan lavlar, platoda, göller ve akarsular üzerinde 100-150 m kalınlığında farklı sertlikte tüf tabakasını oluşturmuştur. Bu tabakanın bünyesinde tüften başka tüffit, ignimbirit tüf, lahar, volkan külü, kil, kumtaşı ve bazalt gibi jeolojik kayalar bulunmaktadır. Ana volkanlardan püsküren maddelerle şekillenen plato, şiddeti daha az küçük volkanların püskürmeleriyle sürekli değişime uğramıştır (URL-1, 2008).

Bölge günümüzde turizm açısından büyük bir öneme sahiptir. Dünyanın birkaç bölgesinde de görülen Peri Bacaları, hiçbir yerde Kapadokya'da olduğu kadar yoğun bir şekilde bulunmamaktadır bu yüzden dünyanın 7 harikasından biri olarak bilinir. Şapkadaki kayanın direncine bağlı olarak, peribacaları uzun veya kısa ömürlü olmaktadır. Kapadokya Bölgesi'nde erozyonun oluşturduğu peribacası tipleri; şapkalı, konili, mantar biçimli, sütunlu ve sivri kayalardır. Peri bacalarının çapları ise 1 m ile 15 m arasında değişmektedir. Çatlak Aralığının 1 m'den küçük olması veya 15 m'den büyük olması durumunda ise peri bacası gelişimi gözlenmemektedir (URL-3, 2008)

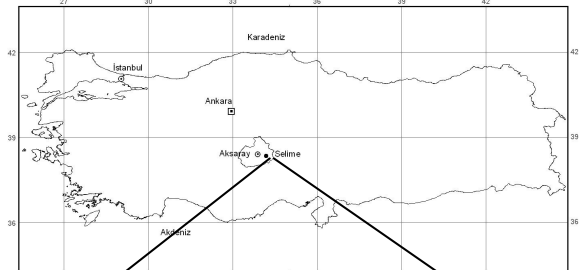
Bu çalışmada bir peri bacasındaki muhtemel aşınma yersel fotogrametri ve jeodezik olarak yapılan açı ve mesafe gözlemleri ile tespit edilmeye çalışıldı.

## 2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışmaya konu olan peri bacası Kapadokya bölgesinin batı kısmındaki giriş kapısı olan Aksaray ilinin Güzelyurt ilçesine bağlı Selime beldesinde bulunmaktadır (Şekil 1). Selime kasabası Aksaray'a 35 km. uzaklıktadır.

Eski adı Karballa, daha sonra Gelveri olan Güzelyurt, paleolitik çağdan beri insanlara yurt olmuştur. Şu andaki ilçe önemli bir neolitik (M.Ö 6500 – 5000) yerleşim merkezi üzerine kurulmuştur. Bu bölge Eti, Hitit, Pers, Kapadokya krallığı, Eski yunan, Roma, Bizans, Selçuk ve Osmanlı medeniyetlerine evsahipliği yapmıştır.

Denebilir ki; bugünkü Güzelyurt, Kapadokya bölgesi içinde – yer altı şehirleri, kaya oyma yapıları, eski Bizans stili binaları, kiliseleri, Manastır Vadisi ile – Kapadokya'nın tüm özelliklerini bir araya toplamış, tarihi ve turistik açıdan mutlaka görülmesi gereken bir yerdir. Çalışma Selime kasabasında bulunan bir peri bacasında gerçekleştirildi.



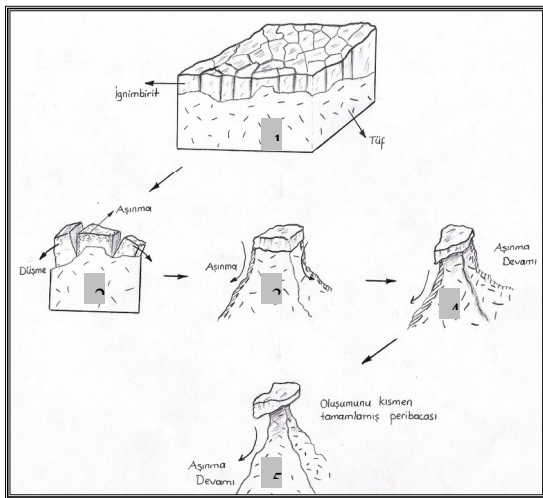
Şekil 1, Selime Kasabasının ve Çalışma Alanı

### 3. JEOLJİK YAPI

Çalışma alanı ve çevresinde bölgesel olarak gözlemlenen kayalar, Orta Anadolu Masifi adı altında tanımlaması yapılan jeolojik birim içerisinde yer alırlar. Çalışma alanının litostratigrafi birimlerini Selime tüfleri, Kızılkaya ignimbiriti ve alüvyon oluşturur.

Selime tüfü muhtemelen, volkanizma sonucu ortaya çıkan proklastik malzemelerin gösel bir havzada çökmesi sonucu oluşmuşlardır. Topoğrafya da mesa şekilli düzlükler oluşturmasıyla karakteristik olan ignimbiritlerin içerisinde genel olarak her yönde soğumaya bağlı olarak gelişen kırık ve çatlakların varlığı ve yamaç eğiminin dik oluşu inceleme alanında çok sayıda kaya düşmesine neden olmuştur. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar inceleme alanında, Melendiz çayı ve çevresinde, tutturulmamış çakıl, kil, kum ve toprak şeklinde gözlenmektedir. Güncel oluşuklar ise, yüksek tepelerin yamaçlarında ve eteklerinde toplanmış olan değişik boyutlu çakıllar ile temsil edilmektedir (Güncüoğlu ve ark. 1991, 1992).

Bir peri bacasının oluşumu şematik olarak Şekil 2'de görülmektedir. Birinci aşamada tuf üstü ignimbiritler, ikinci aşamada doğal etkenler nedeniyle oluşan aşınmalar sonucunda düşmeler, üçüncü ve dördüncü aşamada aşınmanın devam ettiği ve son aşamada oluşumunu kısmen tamamlamış bir peri bacası görülmektedir.



Şekil 2, Bir peri bacasının oluşumu

### 4. METODOLOJİ

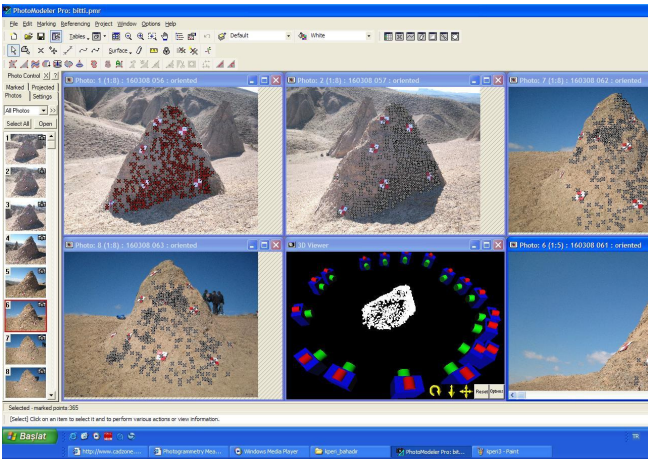
Çalışmada peri bacasının üç boyutlu modellerinin elde edilmesi için yersel fotogrametri tekniği kullanıldı. Ayrıca peri bacasına jeodezik açı ve mesafe gözlemleri yapılarak peri bacasının iki yüzeyinde aşınmanın olup olmadığı bu gözlemlerle de belirlenmeye çalışıldı.

#### 4.1 Yersel Fotogrametri

Fotogrametri objelerin resimlerini kullanarak onlar hakkında bilgi edinmede kullanılan en uygun yöntemlerden biridir. Objelerin bindirmeli resimleri çekilerek matematiksel esaslara göre oluşturulan üç boyutlu modeller üzerinde fotogrametrik yazılımlar kullanılarak istenilen sayıda üç boyutlu noktalar elde edilebilmektedir. Bu çalışmada yüksekliği yaklaşık 2 m, taban yarı çapı yaklaşık 2 m olan koni şeklinde bir peri bacası değerlendirildi (Şekil 3). Peri bacasının etrafına bir lokal poligon ağı tesis edildi. Peri bacası üzerine dengelemde kullanılacak uygun dağılımda kontrol noktaları yerleştirildi. Peri bacasının resimleri Canon IXUS 7.1 digital kamare ile çekildi. Kontrol noktaları reflektörsüz ölçü yapabilen Topcon GTS 701 jeodezik ölçme aleti koordinatlandırıldı. Ölçüler Photomodeler 5.0 yazılımında değerlendirildi (Şekil 4). Peri bacası üzerinde fotogrametrik yöntemle elde edilen noktalar Surfer 8.0 yazılımına aktarıldı ve peri bacasının üç boyutlu modelleri elde edildi. Bu çalışmalar üç farklı periyotta yapıldı. Her periyotta aynı yüksekliklerden peri bacasının hacimleri hesaplandı.



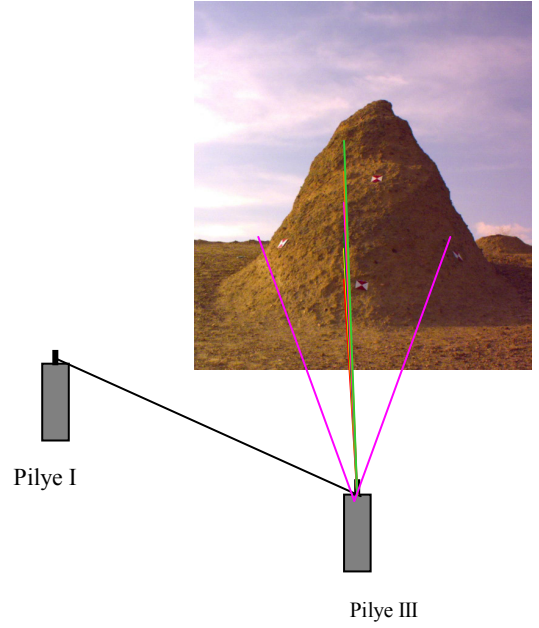
Şekil 3, Çalışmada kullanılan peri bacası



Şekil 4, Fotogrametrik değerlendirme

#### 4.2 Jeodezik Gözlemler

Peri bacasındaki muhtemel aşınmanın tespiti için peri bacasına açı ve mesafe gözlemleri yapıldı. Reflektörsüz ölçü yapabilen Topcon GTS 701 jeodezik ölçme aleti kullanıldı. Peri bacasının etrafına tesis edilen pilyelerden aynı düşey açılarda peri bacasının doğu-batı ve kuzey-güney yüzeylerindeki yatay açılar okundu. Yatay açı farklarından değişimin olup olmadığı araştırıldı. Ayrıca peri bacası gövdesine her periyotta aynı yatay ve düşey açıda mesafe okuması yapıldı. Mesafe farklarından da aşınmanın olup olmadığı araştırıldı ( Şekil 5).



Şekil 5, Jeodezik gözlemler

### 5. DEĞERLENDİRME

Peri bacası üzerindeki fotogrametrik ve jeodezik çalışmalar üç ayrı zamanda gerçekleştirildi. Bazı kontrol noktaları farklı poligonlardan da okundu ve ortalama hatalar X,Y,Z yönünde sırasıyla 1,6 mm, 2 mm ve 1,4 mm olarak hesaplandı. Kontrol noktalarının Fotogrametrik değerlendirmede ölçülen koordinatları ile jeodezik olarak ölçülen koordinatları arasındaki farkların ortalama hataları ise sırasıyla 1.8 mm, 1.9 mm ve 1.4 mm olarak hesaplandı. Üç farklı periyotta 1252 nokta ölçülmüş olup referans yüzeylerine göre hesaplanan peri bacasının hacim değerleri Tablo 1’ de verilmiştir.

Jeodezik olarak bir pilyeye alet kurulup diğer bir pilyeye yatay açı sıfırlandıktan sonra aynı düşey açılarda peri bacasının her iki kenarına isabet eden yatay açılar okundu. Ayrıca her periyotta aynı yatay ve düşey açıda peri bacası ile alet kurulan pilye arasındaki mesafeler ölçüldü. Her periyot için yapılan ölçme değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 1, Peri bacasındaki hacimler

R.Yüzevi	Hacimler (m <sup>3</sup> )			Farklar (m <sup>3</sup> )	
	I	II	III	II-I	III-II
9,00	6,6558	6,6252	6,6542	-0,0306	0,0290
9,50	2,7020	2,6865	2,7039	-0,0155	0,0471
10,00	0,9051	0,8904	0,9066	-0,0147	0,0162

Tablo 2, Açığı ve mesafe gözlemleri

D.Açı	Yatay Açıklar (g)			Farklar (cc)	
	I	II	III	I-II	II-III
KUZEY-GÜNEY					
98,0000	63,6306	63,6334	63,6350	28	16
	64,2762	64,2820	64,2736	58	84
97,8412	63,7084	63,7144	63,7114	60	30
	64,2102	64,2116	64,2052	14	64
97,7700	63,7874	63,7946	63,7906	72	30
	64,1616	64,1640	64,1558	24	82
DOĞU-BATI					
101,5614	53,0038	53,0084	52,9870	46	214
	54,2322	54,2342	54,2340	20	2
101,1104	53,1426	53,1584	53,1436	158	148
	53,9146	53,9220	53,9218	74	2
100,7888	53,3520	53,3498	53,3554	22	56
	53,7046	53,7028	53,7028	18	0

		Mesafeler (m)			Farklar (mm)	
Açıklar		I	II	III	II-I	III-II
Y.Açı	D.Açı					
KUZEY-GÜNEY						
63,9780	98,0000	126,297	126,281	126,280	16	1
	97,7698	126,585	126,578	126,579	7	1
	97,6036	126,806	126,818	126,819	12	1
DOĞU-BATI						
53,5250	100,6850	128,661	128,663	128,665	2	2
	101,3272	127,894	127,895	127,890	1	5
	101,8192	127,120	127,122	127,174	2	52

Peri bacası yaklaşık bir koni şeklindedir. Yaklaşık 2 m yüksekliğe ve 2 m yarıçapa sahip bir koninin yarıçapının 1 cm değişmesi hacminde 84 dm<sup>3</sup> değişime sebep olmaktadır. Ölçülerde yapılan hatalar konumda yaklaşık 1 cm dir. Hacim hesapları sonucunda bulunan en büyük hacim farkı ise 47.1 dm<sup>3</sup> olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan açısız gözlemlerde bazı önemli sayılabilecek farkların olduğu görülmektedir. Bu farkların peribacasında homojen bir aşınmadan değil de bazı lokal kopmalardan kaynaklandığı görülmüştür. Mesafe gözlemlerinde de durum aynıdır.

## 6. SONUÇLAR

Fotogrametrik yöntemle model oluşturmada her değerlendirme aşamasında aynı sayıda nokta üretmek mümkün ancak bu noktaların aynı yerlerde ölçülme ihtimali oldukça zayıftır. Bu nedenle de oluşturulan modeller her zaman

özellikle düzensiz yüzeylerde farklı farklı olacaktır. Bu da bu çalışmada olduğu gibi küçük değişimlerin olabileceği gözlemlerde doğru sonuçların alınmasını olumsuz etkileyecektir. Jeodezik gözlemlerde hava şartlarının ve tatbik hatasının olabileceği gerçeği de göz ardı edilmemelidir.

## Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 106 M 057

## KAYNAKLAR

- [1] Topal, T., Doyuran, V., Analyses of deterioration of the Cappadocian tuff, Turkey, *Environmental Geology*, Volume 34, Number 1 / April, 1998
- [2] URL-1, 2007, (<http://www.cappadociaturkey.net/>)
- [3] URL-2, 2007, [http://turkiye-haritasi.turkiye-destani.com/bolge/harita/cappadocia\\_map\\_s.gif](http://turkiye-haritasi.turkiye-destani.com/bolge/harita/cappadocia_map_s.gif)
- [4] URL-3, 2007, (<http://www.great-adventures.com/destinations/turkey/cappadocia.htm>)
- [5] URL-4, 2007 (<http://tr.wikipedia.org/wiki/Kapadokya>)
- [6] Photomodeler Software 5.0 Handbook, 2006
- [7] Surfer Software 8.0 Online, 2006