



PALEONTOLOJİK ÇALIŞMALARDA 3 BOYUTLU BASKI TEKNOLOJİSİNİN KULLANIMI

Ahmet İhsan AYTEK^a

^a Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Antropoloji Bölümü, Burdur, Türkiye

aytek@mehmetakif.edu.tr

ÖZET

Paleontolojik çalışmaların temelini fosiller oluşturur ve fosiller genellikle diş, kemik, boynuz gibi sert dokulardan oluşur. Bu dokular her ne kadar sert doku olarak adlandırılrsa da, fosilleşme süreci bu dokuların tahrip olmasına yol açar. Toprak altında uzun süre kalan fosillerin uğradığı gömülüm sonrası süreçler, fosiller üzerinde çalışma yapmayı zorlaştıracak etkiler bırakır. Bu süreçlerden dolayı, hassas temaslara karşı bile korunmasız halde olan fosiller üzerinde bilimsel çalışmalar yapmak ve bu fosilleri sergilemek çoğu durumda zor, hatta imkânsız hale gelir. 3 boyutlu tarama ve baskı teknolojilerinin kullanılmaya başlaması bu sorunun giderilmesinde çok büyük bir yenilik sağlamıştır. Fosile direkt temasın gerekmediği tarama uygulamaları ile elde edilen 3 boyutlu görüntüler üzerinden elden edilen baskılar, kullanılan donanıma bağlı olarak bire bir boyutta kopyalar üretilmesini mümkün kılarak hassas fosillerin zarar görmeden incelenmesine olanak sağlar. Ayrıca, bu kopyalama yöntemleri ile fosillerin eksik kısımlarının da tamamlanması ve canlılar hakkında daha fazla bilgi edinilmesi mümkün olmuştur. Bilimsel çalışmaların yanında, kopyalama ile elde edilen fosil kopyaları müzelerde ve eğitim kurumlarında da kullanılarak kamu yararına önemli faydalar sağlamaktadır. Bu çalışma, dünyada 3 boyutlu baskı teknolojisinin paleontolojik çalışmalarda nasıl kullanıldığının ve bu kullanımın getirdiği kazanımların özetlendiği bir derleme niteliğindedir.

Anahtar Kelimeler: Fosil. Paleontoloji. 3 boyutlu tarama. 3 boyutlu baskı

ABSTRACT

The fossils are the fundamental material of the paleontological research and generally consist of the hard material such as; teeth, bones, horns and antlers. Although these structures are called as hard tissues, the fossilization process damages them. The fossils undergo taphonomic processes during their presence under earth, and these processes make difficult even sometimes impossible to study or display them. In this point, 3-D (three dimensional) scanning and printing technologies provide invaluable contributions in paleontological studies. After obtaining the 3-D images of the fossils via scans which don't require a direct contact to the fossils and thus harmless, it is possible to have exactly same copies of the fossils depending on the equipment. These copies provide with not only the copies of the whole fossils but also provide to enable to reconstruct the fossils which have missing parts. Furthermore, these copies are also very useful for museum displays and educational purposes in institutions. This presentation is a review of the 3-D print applications in paleontological studies in the world and thus aims to summarize the advantages of this method in paleontology.

Keywords: Fossil. Paleontology. 3D scan. 3-D printing.

1. GİRİŞ

Paleontolojik çalışmaların temel malzemesini fosiller oluşturur. Fosillerin ait olduğu türü belirlemek başta olmak üzere, canlıların beslenmeleri, yaşam koşulları, yaşadıkları çevre şartları gibi birçok bilgiye fosil üzerinde gerçekleştirilen morfolojik çalışmalar ile ulaşılır. Yumuşak dokular dayanıklı olmadıkları için fosiller büyük çoğunlukla kemik, diş ve boynuz gibi sert vücut dokularından meydana gelirler. Her ne kadar bu yapılar sert doku olarak adlandırılrsa da gömülüm sonrası geçirilen süreç bu dokuların da zarar görmesine yol açar. Bu süreçte fosillerde çatlaklar ve kırıklar oluşabildiği gibi, bazen, daha büyük tahribatlar da vuku bulmaktadır. Ölüm sonrası maruz kalınan fiziksel etkiler (örneğin avcı hayvanların verdiği zarar); gömülüm hızı; ortamın ısı, tuzluluk oranı, nemi gibi birçok etki fosillerin korunma düzeylerini belirler. Çok iyi korunmuş ve tüm fiziksel özelliklerini barındıran fosiller olduğu gibi, gün ışığına çıkarıldığı anda toz haline alabilen korunma düzeyleri çok düşük fosillere de sıklıkla rastlanılmaktadır. Bunların yanında, fosillerin ortaya çıkarılmasından sonra da; kazı, taşıma, bilimsel çalışma ve bunun gibi faaliyet ve süreçler de fosillere zarar verebilmektedir. Bu noktada fosiller ile çalışabilmek çok büyük zorluklar içermektedir. Hassas durumda olan ve bu sebeple dokunmanın bile zor olduğu fosiller üzerinde morfolojik çalışmalar yapmak çoğu zaman çok zor, hatta imkânsız bir hal almaktadır. Korunma düzeyi iyi olan fosillerde ise fosillerin iç yapısını incelemek fosile zarar vermeyi gerektirdiğinden çoğu durumda mümkün olmamaktadır. Zira fosil çok kolay bulunabilen bir malzeme değildir ve birçok çalışma küçük bir fosil parçası üzerinden yürütülmektedir. Bu gibi sorunların aşılmasında kullanılan yöntem fosillerin kopyalarının oluşturulmasıdır. Geleneksel yöntemde fosil için önce bir kalıp hazırlanır, daha sonra bu kalıp ile uygun bir malzeme kullanılarak fosilin kopyası oluşturulur. Bu yöntem hem uzun zaman, hem de beceri gerektirir. Çünkü kalıp veya kopya çıkarma esnasında yapılacak hatalar fosilin kopyasının fosil ile benzerlik derecesini düşürür ki bu da kopya üzerinde yapılacak bilimsel çalışmalarda yanlış sonuçlar çıkmasına yol açabilmektedir. Ayrıca, bu yöntem sadece korunma düzeyi çok iyi olan fosillerde kullanılır. Hassas veya kayaç içerisinden çıkarılmamış fosiller üzerinde bu tip bir kopyalama yöntemi kullanmak mümkün değildir. Bilimsel çalışmaların yanında bu fosil kopyaları eğitim malzemesi ve müzelerde sergi malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında fosil kopyaların elde edilmesi büyük önem taşımaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber 3 boyutlu görüntü alma ve baskı yapma yöntemlerinin paleontolojide kullanımı sonucunda kopyalama alanındaki sorunlar için de önemli bir çözüm bulunmuştur [1, 2].

2. 3 BOYUTLU FOSİL BASKILARIN KULLANIM ALANLARI

Modern paleontolojik çalışmaların kökeni yaklaşık 200 yıl öncesine kadar gitmektedir. Bu süreç içerisinde dünyanın birçok yerinde sayısız fosil ele geçmiştir. Bazı çalışmalar bir alandan çıkan yüzlerce fosil üzerinden yapılırken, bazı çalışmalar tek bir diş üzerinden bile yapılabilmektedir. Sayısı ne olursa olsun her fosil büyük önem arz etmektedir. Gelişen teknoloji sayesinde fosillere zarar vermeden çalışma yapma imkânı artmaktadır. Üç boyutlu tarama teknikleri ile elde edilen görüntüler üzerinden bilgisayar ortamı ile fosillere temas etme gereği olmadan çalışmalar yapılabilir. Bu teknoloji aynı zamanda dünyanın herhangi bir yerindeki fosil üzerinde çalışma yapabilme imkânı da sağlamaktadır. Yine bu üç boyutlu tarama teknolojilerinin ortaya çıkışı geleneksel fosil kopyası hazırlama yöntemlerine alternatif bir yöntem olan 3 boyutlu baskı teknolojisinin de kullanımını sağlamıştır. Üç boyutlu görüntüsü alınan fosilin 3 boyutlu yazıcılar ile elde edilen fosil kopyaları geleneksel yöntemlere göre hem daha az zamanda elde edilmekte hem de el becerisine ihtiyaç duymamaktadır. Ayrıca bilgisayarlı tomografi gibi fosillerin sadece yüzeylerinin değil, iç yapılarının da üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesi bu iç yapılarının da 3 boyutlu kopyalarının elde edilmesini sağlamıştır ki bu da fosillere zarar vermeden iç yapılarının incelenmesine olanak sağlar. Bu görüntülerin paylaşıldığı internet siteleri sayesinde istenilen fosillerin 3 boyutlu kopyaları yapılabilmektedir [3, 4, 5]. İleri seviye yazıcılar fosillerin birebir kopyalarını hazırladığı için bu kopyaların bilimsel çalışmalarda kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır.

Paleontolojik çalışmaların önemli bir zorluğu da fosillerin her zaman içinde buldukları kayaçlardan çıkarılamamalarıdır. Uzun süre boyunca kayaç içinde hapsedilmiş ve fosilleşmiş kalıntıların zarar görmeden kayaçtan çıkarılmaları bazen imkânsız bir hal almaktadır. Dişçi aletleri ile ince bir işçilik gerektiren bu işlem çoğu zaman yeterli olmamaktadır.

Bazı durumlarda kimyasal maddelerin de kullanılabilirdiği bu ayrıştırma işlemleri her zaman fosile zarar verme riskini barındırmaktadır. Bu gibi durumlarda yine 3 boyutlu tarama yöntemi ile kayaç içine hapsedilmiş kısımların 3 boyutlu görüntüleri elde edildikten sonra bunların 3 boyutlu baskıları alınarak fosile zarar vermeden fosilin kopyası elde edilebilmektedir [6]. 2013 yılında yapılan bir çalışmada fosilleştiği kayaç içerisinde alçı kalıp ile çıkartılan bir dinazor omurunun 3 boyutlu görüntüsü alınarak 3 boyutlu modeli çıkarılmış ve bu şekilde fosile hiçbir zarar verilmeden 3 boyutlu baskı örneğinin alındığı ortaya konulmuştur [7]. (Şekil 1).



Şekil 1. İçinde fosilleştirdiği kayaçtan çıkarılmayan bir dinazor omur fosilinin alçı kalıp ile çıkarıldıktan sonra 3 boyutlu görüntüsü üzerinden meydana getirilen 3 boyutlu baskısı [7].

Bilimsel çalışmalarda 3 boyutlu kopyalama yönteminin önemli bir avantajı da eksik parçaların tamamlanmasıdır. Bir canlıya ait iskelet sisteminin bir bütün olarak fosilleşmesi çok ender rastlanılan bir durumdur. Birçok kemik gömülüm öncesi ve gömülüm sonrası süreçlerde zarar görebilir veya yok olabilir. Bu noktada eksik kısımların giderilmesi ancak kopya ürünler ile mümkündür. Üç boyutlu görüntüsü alınan mevcut parçalardan yola çıkarak eksik parçaların üç boyutlu modelleri alınır ve bu eksik parçaların üç boyutlu baskıları ile canlının çoğu zaman tüm iskelet kopyası oluşturulabilir (Şekil 2). Bu da canlı üzerinde daha çok bilgi elde edilebilecek çalışmalar yapılabilmesine, ayrıca müzelerde sergilenirken görsel olarak daha verimli ürünler elde edilmesine olanak sağlar. Dijital olarak gerçekleştirilen bu yenileme ve fosil tamamlama yöntemlerinin avantajları bilimsel bir çalışmada ortaya konulmuştur [8]. Sert dokuların yanında fosilleşmesi çok zor olan yumuşak vücut dokuların da 3 boyutlu tarama ve baskı teknolojisi sayesinde incelenebilme sağlanabilir. Bunun en yakın zamanlı örneği Güney Afrika'da bulunan ve *Homo naledi* olarak sınıflandırılan bir tarih öncesi insana ait kafatası üzerinde yapılan çalışmadır. Çalışmada kafatasının içyapısının 3 boyutlu taraması ile beyin morfolojisi belirlenmiş ve 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir [9]. Bu görüntü ile de tarih öncesi bir insana ait fosilleşmemiş bir vücut kısmının da 3 boyutlu baskısı alınabilmiştir (Fosilin beyin ile diğer vücut kısımlarının görüntüleri için [4]).

Üç boyutlu kopyaların eğitim alanında kullanımı da giderek artmaktadır. Paleontoloji başka olmak üzere tarih öncesi dönemlerle ilgilenen paleoantropoloji ve arkeoloji gibi diğer alanlarda mutlaka uygulamanın gerektiği bilim dallarıdır. Bu bilim dallarının eğitim süreci sadece yazılı dokümanlar ile gerçekleşmemektedir. Canlıların vücut kısımlarına ait fosillerin iyi anlaşılıp öğrenilebilmesi ancak bu fosillerin el ile incelenmesi ile mümkündür. Ancak yukarıda sayılan sebepler, fosillerin ders malzemesi olarak kullanılmasını mümkün kılmamaktadır. Bir fosilin korunma düzeyi ders malzemesi olarak kullanılacak kadar iyi bile olsa fosilin her derste elden ele dolaşması fosile zarar verebilir.

Ayrıca bu şekilde sadece fosilin sahibi bu fosili ders malzemesi olarak kullanabilmektedir. Üç boyutlu baskı teknolojilerinin kullanımı ile beraber fosil kopyalama işlemi kolaylaştığı için fosillerin kopyalarının da ders malzemesi olarak kullanılması yaygınlaşmış, bu da dünya çapında ölçekte tarih öncesi dönemlerle ilgilenen bilimlerde eğitim seviyesinin artmasına yol açmıştır. Ayrıca bu şekilde elde edilen kopyalar ile bir fosil örneğin kopyası dünyanın birçok bölgesinde ders malzemesi olarak kullanılabilir.



Şekil 2. *Australopithecus sediba* olarak sınıflandırılan bir fosil insansıya ait eksik vücut kısımlarının kopya ile tamamlanması (Fotoğraf: Witwatersrand Üniversitesi; Lee Berger'in izniyle).

Kopya fosillerin diğer bir önemli kullanım alanı ise müzelerdir. Her ne kadar birçok insan müzelerde gördüğü örnekleri gerçek zannetse de, gösterimde olan malzemelerin çoğu orijinal fosil değil, bu fosillerin üç boyutlu kopyalarıdır. Zira ortam şartlarına karşı çok hassas olan fosillerin sergilenmeleri uygun olmadığından, bu fosiller ısı, ışık, nem gibi çevre şartlarının özel olarak ayarlandığı odalarda muhafaza edilmektedir. Bu noktada devreye giren 3 boyutlu kopyalar bu fosillerin bire-bir aynılarının müzelerde sergilenmesine olanak sağlamaktadır. Yine 3 boyutlu tarama ile müzelerin uzaktan erişim ile de gezilmesi sağlanmaktadır [10].

Üç boyutlu baskı teknolojisinin diğer önemli bir faydası maliyete göre farklı kalitelere ürünler ortaya çıkarabilmektir. Örneğin; bilimsel bir çalışmada doğru veriler elde edebilmek için fosilin birebir kopyasına ihtiyaç duyulurken, eğitim alanında veya müze sergilerinde fosilin ana özelliklerini bozmayacak şekilde meydana getirilmiş daha düşük kalitedeki kopyalar da kullanılmaktadır. Bu da daha düşük bütçelere sahip eğitim kurumlarının veya müzelerin de bu kopyalara sahip olabilmelerine olanak

sağlar. Ayrıca kopyada kullanılacak hammaddenin kalitesine göre de baskının maliyeti azaltılabilmektedir.

3. SONUÇ

Paleontoloji, çok az sayıda fosil üzerinden çok sayıda bilgi çıkarmaya çalışan bir bilim dalıdır. Bu az sayıdaki fosillerin de korunma düzeyleri her zaman morfolojik çalışmalar için uygun bir durumda değildir. Bu noktada teknolojik gelişmelerin paleontolojiye uyarlanması bu sorunların çözümü noktasında büyük kazanımlar getirir. Üç boyutlu tarama yönteminin paleontolojide kullanımının başlaması ile beraber fiziksel temasa gerek kalmadan fosiller üzerinde bilimsel çalışmalar yürütülmeye başlanmıştır. Yine üç boyutlu görüntüleme teknolojisi, geleneksel yöntemlerle yapılan ve birçok zorluğu barındıran fosil kopyası çıkarma işlemine de alternatif bir yöntemi de beraberinde getirmiştir. Üç boyutlu yazıcıların ortaya çıkmasıyla beraber üç boyutlu görüntüsü alınan fosillerin iyi kalitede kopyaları alınabilmiş ve bu kopyalar bilimsel çalışmalarda, eğitim faaliyetlerinde ve müze sergilerinde kullanılmaya başlanmıştır. Bu noktadan bakıldığında 3 boyutlu sistemlerin kullanılması paleontoloji biliminde devrim niteliğinde bir gelişme olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak; fosillerin zarar görmemesi, zarar görmüş veya kayaç içerisinde çıkarılmamış fosiller üzerinde çalışılabilmesi, eksik vücut parçalarının tamamlanabilmesi, dünyanın farklı yerlerinde bulunan fosiller üzerinde fosile ulaşma zorunluluğu olmadan çalışma yapılabilmesi, bu fosillerin eğitim malzemesi olarak kullanılabilmesi, müze sergilerinde fosil örneklerin kolayca sergilenebilmesi ve bu faaliyetlerin hepsinin daha az zaman ve maliyet ile gerçekleştirilebilmesi bakımından üç boyutlu sistemlerin kullanılması paleontolojiye çok büyük kazanımlar sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. Rahman, I.A., Adcock, K., Garwood, R.J. 'Virtual Fossils: a New Resource for Science Communication in Paleontology', Evolution: Education and Outreach, Cilt 5, Sayı 1, Sayfa 635-641, 2012.
2. Das, A.J., Murmann, D.C., Cohn, K., Raskar, R. 'A method for rapid 3D scanning and replication of large paleontological specimens'. PLoS ONE, Cilt 12, Sayı 7, e0179264, 2017.
3. <http://morphomuseum.com> Erişim Tarihi: 30.12.2018
4. <http://Morphosource.org> Erişim Tarihi: 30.12.2018
5. <http://Africanfossils.org> Erişim Tarihi: 30.12.2018
6. Cunningham, J.A., Rahman, I.A., Lautenschlager, S., Rayfield, E.J., Donoghue, P.C.J. 'A virtual world of paleontology', Trends in Ecology & Evolution, Cilt 29, Sayı 6, Sayfa 347-357, 2014.
7. Schilling, R., Jastram, B., Wings, O., Schwarz-Wings, D., Issever, A.S. 'Reviving the Dinosaur: Virtual Reconstruction and Three-dimensional Printing of a Dinosaur Vertebra', Radiology, Cilt 270, Sayı 3, Sayfa 864-871, 2014.
8. Lautenschlager, S. 'Reconstructing the Past: methods and techniques for the digital restoration of fossils', Royal Society Open Science, Cilt 3, 160342, 2016.
9. Holloway, R.L., Hurst, S.D., Garvin, H.M., Schoenemann, P.T., Vanti, W.B., Berger, L.R., Hawks, J. 'Endocast morphology of *Homo naledi* from the Dinaledi Chamber, South Africa', Proceedings of the National Academy of Sciences, 201720842; DOI:10.1073/pnas.1720842115, 2018.
10. Metallo, A., Rossi, V. 'The Future of Three-Dimensional Imaging and Museum Applications', Curator The Museum Journal, Cilt 54 Sayı 1, Sayfa 63-69, 2011.