

## KOMPOZİT TAKVİYELİ ÜST DAMAK DIŞ PROTEZİNİN FARKLI SICAKLIKLAR ALTINDA TERMAL GERİLME ANALİZİ

**Semih BENLİ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-0763-9838)\***  
**Gökhan BAŞ<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0003-2642-3282)**

<sup>1</sup>Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, Türkiye

**Geliş / Received:** 19.03.2018

**Kabul / Accepted:** 02.07.2018

### ÖZ

Diş sağlığını kaybeden hastalarda görüntü, çiğneme, konuşma gibi fonksiyonel bozukluklar görülebilir. Bu fonksiyon bozuklukları insanın hayat standardını direkt olarak etkilemektedir. Bu fonksiyon bozukluklarının giderilmesi amacıyla çıkarılabilir kısmi veya tam protezler sıklıkla kullanılır. Bu çalışmada, sonlu elemanlar metodu kullanılarak üst damak protezinin 0 °C, 36 °C, 70 °C sıcaklık ve uygun sınır koşulları altında CrCo, tek yönlü/örgü karbon epoksi, tek yönlü/örgü cam epoksi, tek yönlü/örgü kevlar epoksi takviyeleri ile beraber, kritik kırılma noktası başlangıcı olan orta hat bölgesinin gerilme analizi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki protezlerin dayanımını arttırmak için kullanılan bu takviyeler termal yüklemeye altında takviyesiz numunelere göre yüksek oranda termal kaynaklı gerilmeler oluşturmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Üst damak protezi, Fiber takviye, Gerilme analizi, Sıcaklık gerilme ilişkisi.

## STRESS ANALYSIS OF MAXILLARY DENTURE WITH REINFORCEMENT COMPOSITES IN TEMPERATURE CHANGE

The loss of teeth impairs patients' like appearance, masticatory and speech etc. These functional disorders effect the quality of patients' life standards. To restore these functions, removable partial or complete dentures are often used. In this study, the finite element method was used for carrying out stress analysis on midline of maxillary denture. Temperature of 0 °C, 36 °C, 70 °C and the suitable boundary conditions were applied to specimens reinforced with CrCo, UD/woven carbon epoxy, UD/woven glass epoxy, UD/woven kevlar epoxy. The results obtained show that these reinforcements used to increase the strength of the prosthesis have high thermal stresses under thermal loading compared to unreinforced specimens.

**Keywords:** Maxillary denture, Fiber reinforcement, Stress analysis, Relevance temperature and stress.

### 1. GİRİŞ

Diş sağlığını kaybeden hastalarda görüntü, çiğneme ve konuşma bozuklukları görülebilir. Bu fonksiyon bozukluklarını giderebilmek için çıkarılabilir protezler sıklıkla kullanılır. Protetik terimler sözlüğüne göre 'protez damak' dişlerin bağlandığı ve beslendiği yer olarak tanımlanmaktadır [1, 2].

Protez yapı malzemesi seçimi oldukça önemlidir çünkü bu protezler hayat standardını direkt olarak etkilemektedir. İyi bir protez yapı malzemesi; tatsız ve kokusuz olmalı, ağız içi dokuyu tahriş etmemeli, estetik görünmeli, şeffaf ve kolay renklendirilebilir olmalı, yeterli dayanıma, rezilyans ve aşınma direncine sahip olmalı,

\*Corresponding author / Sorumlu yazar. Tel.: +90 382 288 37 02 ; e-mail / e-posta: semihbenli@aksaray.edu.tr

## KOMPOZİT TAKVİYELİ ÜST DAMAK DIŞ PROTEZİNİN FARKLI SICAKLIKLAR ALTINDA TERMAL GERİLME ANALİZİ

ağız içi sıvılarda çözünmemeli ve ağız içi günlük kullanımındaki sıcaklık dalgalanması tolere edebilecek yapıda olmalıdır [3].

Protezler uzun yıllardır piyasada olmasına rağmen kolay işlenebilirliği ve düzgün görüntüsü sebebiyle en çok kullanılan protez yapı malzemesi poli metilmetakrilat (PMMA)'dır. Bu avantajlarına rağmen düşük gerilme ve eğilme dirençleri bu malzemenin çok kolay kırılmasına sebep olmaktadır. Yaygın görülen kırık tipleri, %68 ile üst damak protezine, %28 ile alt damak protezine ait olmak üzere, %29'luk oranla bu protezlerin orta hatları boyunca gerçekleşmiştir. Üst damak protezinin kısa ömürlü oluşu araştırmacıları kırıkların sebebi hakkında, çiğneme esnasında gerilme dağılımlarını gözlemleyerek mekanik özellikleri iyileştirebilmek için, araştırma yapmaya yönlendirmiştir [2, 4, 5].

Gerilme analizlerinin araştırılmasının yanında birçok araştırmacı protezlerde mevcut mekanik zayıflıkların giderilmesi, alternatif malzeme ve üretim metotları üretebilmek için çaba sarf etmektedirler. PMMA yerine alternatif malzeme, PMMA'ın kimyasal modifikasyonlarla güçlendirilmesi veya malzeme takviyesi gibi yöntemler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Araştırmalarda epoksi rezini, polivinil akrilik, polisitren, naylon ve polikarbonat gibi farklı polimerleri protez yapımı için kullanılır hale getirilmesine rağmen sonuçlar tatmin edici düzeye çıkamamıştır [2, 6].

Son zamanlarda PMMA yapıları protez kaide malzemeleri için fiber takviyelerin protezlerin dayanıklılığını arttırdığı savunulmakta ve üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Karbon, aramid, cam ve metal eklemeler, yüksek performanslı polietilen (HPPE) gibi lif takviyeli malzemeler, çalışmalarda protezlerin mekanik özelliklerini arttırmak için kullanılmaktadır [2, 5, 6].

Ağız içinin normal şartlarda ağzın kapalı veya açık pozisyonunda olmasına göre sıcaklığı 32 °C ile 37 °C arasında değişmektedir. Sıcak veya soğuk beslenme sırasında bu sıcaklık aralığı 0 °C'den 70 °C aralığına kadar genişlemektedir. Bunun yanında bu sıcaklık dalgalanması malzeme üzerindeki gerilme dağılımı üzerine etki etmektedir [1].

Geleneksel deneysel metotlar üst damak protezi gibi karmaşık geometrik şekillerin analizi konusunda yetersiz kalmaktadır. Şu anda 3 boyutlu sonlu elemanlar metodu karmaşık yapıları protezlerin gerilme analizi uygulamaları için en uygun yöntem olarak göze çarpmaktadır [2, 8, 9].

Bu çalışmanın amacı, üst damağa ait protezin, CrCo, tek yönlü/örgü karbon epoksi, tek yönlü/örgü cam epoksi, tek yönlü/örgü kevlar epoksi takviyeleri ile güçlendirilerek 36 °C referans sıcaklığı ve 0 °C, 36 °C ve 70 °C ortam sıcaklığında ve 3 boyutlu sonlu elemanlar metoduyla kritik kırık ilerleme hattı olan protez orta hattı boyunca gerilme analizinin gerekliliğini ortaya koymaktır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Modelin oluşturulması ve analiz işlemleri ANSYS Release 14.0 programı aracılığıyla yapılmıştır. Modelin oluşturulmasının ardından meşleme sonucu model 39.170 düğüm noktası ve 26.499 elemandan oluşmuştur (Şekil 1). Oluşturulan model üst damak protezinin simetrik yarısı olacak şekilde katılanmıştır ve oluşturulan simetrik yarı model analiz işlemleri sırasında zaman tasarrufu sağlamıştır.

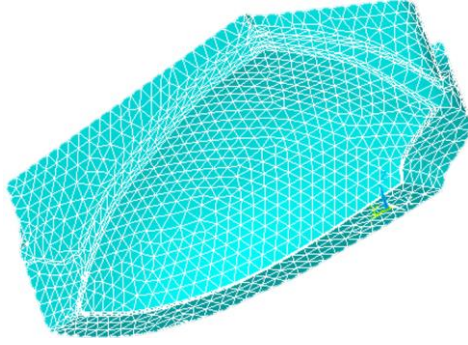
Modelin simetrik yarısı SOLID 186 elemanı kullanılarak meşlenmiştir. SOLID 186 yüksek oranda 3 boyutlu 20 düğüm içeren ve üç boyutlu şekil değiştirme davranışı sergileyen katı bir elemandır. Eleman düğüm başına üç serbestlik derecesine sahip 20 düğümle tanımlanır. SOLID 186 plastisite, hiper plastisite, sürünme, gerilme sertleşmesi, yüksek oranda çarpılma ve yüksek şekil değiştirme özellikleri sergileyen bir eleman türüdür [10].

Model sırasıyla kemik doku, yumuşak doku, hava boşluğu ve takviyeli ve takviyesiz üst damak protezlerinden oluşmuştur (Şekil 2).

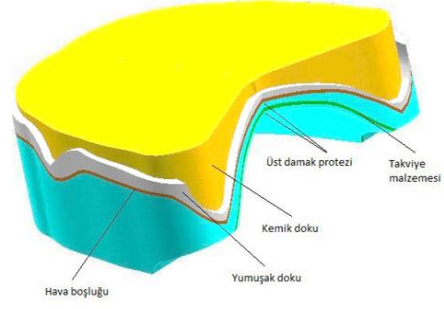
Model sınır koşulları kafatası kemiğinin sınır koşulları da düşünülerek modelin üst yüzeyine x, y, z yönlerinde bütünüyle, yan yüzey için sadece x yönünde simetri koşullarına uygun olarak uygulanmıştır (Şekil 3).

Gerilme analizleri incelendiğinde en büyük gerilme değerlerinin orta hatta dik yönde olduğu tespit edilmiş ve sadece bu yöndeki gerilmeler değerlendirilmiştir (Şekil 4).

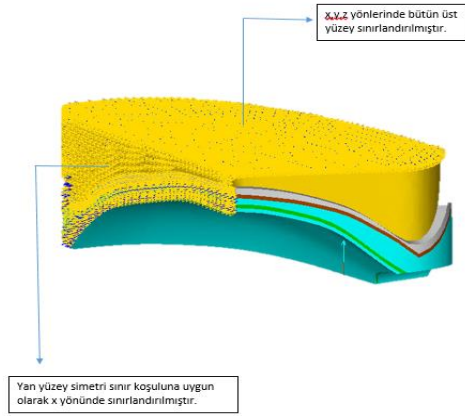
S. BENLİ, G. BAŞ



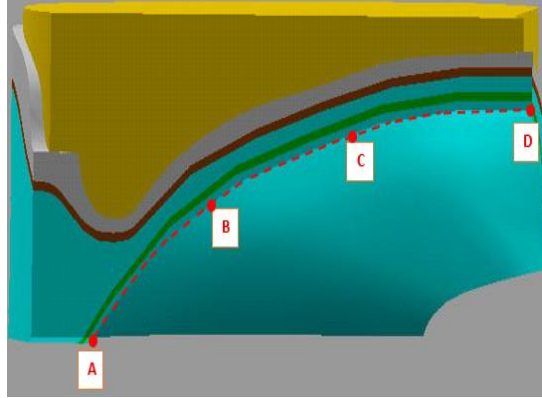
Şekil 1. Meşleme sonucu



Şekil 2. Modeli oluşturan eleman katmanları gösterimi.



Şekil 3. Üst damak protezi simetrik yarısı sınır koşulları



Şekil 4. Üst damak protezi orta hattı

Takviye malzemeleri kalınlığı 1,5 mm olacak şekilde protez içerisine tamamen gömülerek Şekil 2'de gösterildiği gibi alt yüzeyin çukur kısmına tamamen hitap edecek şekilde yerleştirilmiştir. Kompozit malzemelerde matris kısmının dayanımına ve rijitliğine etkisi çok az olduğundan epoksi matrisli kompozitlerin özellikleri modelde kullanılmıştır. Takviyeli kompozitlerde mekanik özellikleri hacimsel oran belirlediği için tek yönlü takviye edilmiş kompozitlerde %60, örgülü fiber takviyeli kompozitlerde %50 hacimsel orana karşılık gelen mekanik özellikler referans alınmıştır [11]. Modelin düzensiz bir yapıda olmasından dolayı takviye kısmını çok tabakalı kompozit olarak modellemek yerine basitleştirmek amacıyla SOLID186 katı elemanı ile ortotropik malzeme özellikleri girilerek modellenmiştir. Model üzerinde yer alan elemanların ve kullanılan takviye malzemelerinin mekanik özellikleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmiştir.

**KOMPOZİT TAKVİYELİ ÜST DAMAK DIŞ PROTEZİNİN FARKLI SICAKLIKLAR ALTINDA TERMAL GERİLME ANALİZİ**

**Tablo 1.** Model üzerinde yer alan elemanların mekanik özellikleri [8]

Elemanlar	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Termal Genleşme Katsayısı
Kemik Doku	13700	0,3	-
Yumuşak Doku	2,8	0,4	-
Hava Boşluğu	0,07	0,3	-
Üst Damak Protezi PMMA	3200	0,36	7E-005

Numuneler 36 °C referans sıcaklığı ve 0 °C, 36 °C ve 70 °C ortam sıcaklığı koşulları altında analiz edilmiştir. Sıcaklık altındaki takviye malzemeleri ile güçlendirilen PMMA yapılı üst damak protezinin orta hattı boyunca gerilme analizi incelenmiştir.

Protez ön bölgesinden arka bölgesine doğru bir yol oluşturulmuş ve bu yol boyunca olan gerilme değişimleri incelenmiştir. Orta hat boyunca oluşturulan yol A-B, B-C ve C-D olarak isimlendirilen üç bölgeye ayrılmıştır (Şekil 4).

**Tablo 2.** Kullanılan takviye malzemelerinin mekanik özellikleri [11]

Elemanlar	Ex (MPa)	Ey (MPa)	Ez (MPa)	Termal Genleşme Katsayısı X	Termal Genleşme Katsayısı Y	Termal Genleşme Katsayısı Z
CrCo	210000	210000	210000	1.44E-005	1.44E-005	1.44E-005
Tek Yönlü Fiber Takviyeli Karbon/Epoksi	135000	10000	10000	-3E-007	2.8E-005	2.8E-005
Tek Yönlü Fiber Takviyeli Cam/Epoksi	40000	8000	8000	6E-006	3.5E-005	3.5E-005
Tek Yönlü Fiber Takviyeli Kevlar/Epoksi	75000	6000	6000	4E-006	4E-005	4E-005
Örgü Takviyeli Karbon/Epoksi	70000	70000	70000	2.1E-006	2.1E-006	2.1E-006
Örgü Takviyeli Cam/Epoksi	25000	25000	25000	1.16E-005	1.16E-005	1.16E-005
Örgü Takviyeli Kevlar/Epoksi	30000	30000	30000	7.4E-006	7.4E-006	7.4E-006

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Numuneler üzerinde sıcaklık değişiminin orta hat boyunca gerilme değişimi üzerine etkisi incelenmiştir (Şekil 5, Şekil 6).

Takviyeli numuneler için 0 °C sıcaklıkta numuneler üzerinde çekme gerilmeleri oluşurken 70 °C sıcaklıkta numuneler üzerinde basma gerilmeleri oluşmuştur. Vücut sıcaklığı olan 36 °C sıcaklıkta ise hiçbir numunede gerilme meydana gelmemiştir.

Takviyesiz numunelerde 0 °C, 36 °C, 70 °C sıcaklık değerlerinde herhangi bir gerilme meydana gelmemiştir. Bunun sebebi, takviye malzemesi bulunmayan üst damak protezlerinde sıcaklık farkından kaynaklanan genleşme veya büzülmelerin aynı oranla olması ve hava boşluğunun genleşmeye karşı bir direncinin olmamasından dolayıdır.

0 °C sıcaklıkta protezin A-B hattı boyunca düşen gerilme değerleri, protezin B-C, C-D hattı doğrultusunda yavaş bir şekilde artış göstermiştir. Protez A-B bölgesinde CrCo takviyeli numunede 10,936 MPa ile en yüksek gerilme oluşmuş, en düşük gerilme ise üzerinde gerilme olmayan takviyesiz numunede gerçekleşmiştir. Protez C-D hattında örgü karbon epoksi takviyeli numunede 15,271 MPa ile en yüksek gerilme meydana gelmiş, en düşük gerilme ise yine takviyesiz numunede ortaya çıkmıştır.

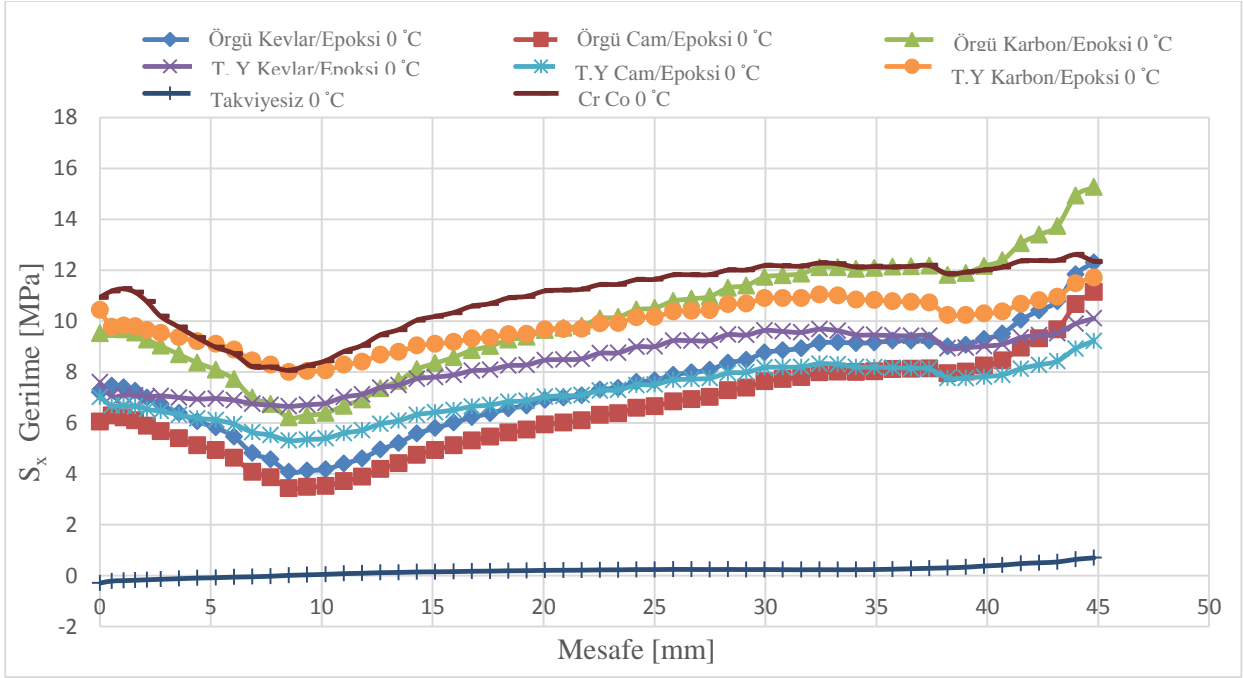
36 °C sıcaklıkta hiçbir numunede gerilme oluşmadığı görülmüştür ve çalışmada grafiğine yer verilmemiştir.

S. BENLİ, G. BAŞ

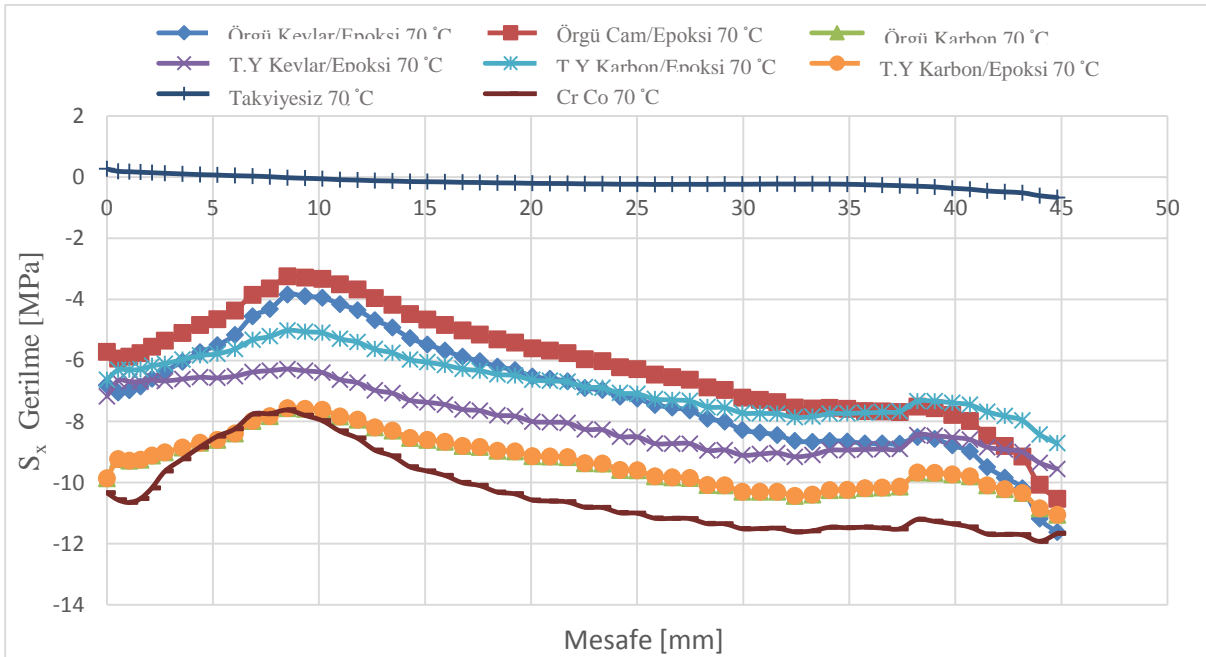
70 °C sıcaklıkta protezin A-B hattı boyunca düşen gerilme değerleri, protezin B-C, C-D hattı doğrultusunda yavaş bir şekilde artış göstermiştir. Protez A-B bölgesinde en yüksek gerilme -10,649 MPa ile CrCo takviyeli numunede gerçekleşirken, en düşük gerilme ise takviyesiz numunede meydana gelmiştir. Protez C-D hattında ise CrCo takviyeli numunede -11,707 MPa ile en yüksek gerilme meydana gelmiştir.

Protezlerin güçlendirilmesinde takviye elemanı kullanılmasının darbe ve eğilme direncini arttırdığı yapılan literatür değerlendirilmesinde tespit edilmiştir [6].

Literatürde damak protezleri ile alakalı termal gerilme analizi yapılmamasına karşın Y.Y Cheng ve ark. tarafından yapılan çalışmada oklüzal yüklem altında oluşan yüksek düşük gerilme lokasyonları, bu çalışmada çıkan yüksek düşük gerilme lokasyonlarıyla benzerlikler göstermektedir [2].



Şekil 5. Üst damak protezi orta hattı boyunca 0 °C altında gerilme analizi



Şekil 6. Üst damak protezi orta hattı boyunca 70 °C altında gerilme analizi

**KOMPOZİT TAKVİYELİ ÜST DAMAK DIŞ PROTEZİNİN FARKLI SICAKLIKLAR ALTINDA TERMAL GERİLME ANALİZİ****4. SONUÇLAR**

Takviyesiz numunelerde protez içeriğinde farklı malzemeler ve dolayısıyla farklı termal genleşme katsayıları olmadığından dolayı sıcaklık değişimi ile termal gerilmeler oluşmadığı olağan sonucu görülmüştür. Buna karşılık takviye elemanı içeren protez numunelerinde sıcak ve soğuk yüklemelerde çekme ve basma gerilmeleri olduğu gözlemlenmiştir.

Takviye elemanlarının numuneler üzerinde olan gerilme dağılımı ve şiddetine olan etkisi incelendiğinde takviye elemanlarının termal genleşme katsayıları ile bağlantılı olacak şekilde oluşan gerilme büyüklüklerine tesir ettiği görülmüştür.

Protez ön kısımdaki çekme ve basma gerilmeleri protez arka kısmındaki gerilmelere göre daha düşüktür. En düşük gerilme değerleri bölge özelinde takviyeli ve takviyesiz numunelerde protez orta bölgesine denk gelmektedir.

Termal yükleme altında, takviyelenen numunelerde takviyesiz numunelere göre yüksek oranda termal gerilmeler olduğu görülmüştür. Bu netice değerlendirildiğinde fiber takviyelerle güçlendirilen protez damaklarda takviye malzemelerinin termal özelliklerinin de malzeme seçiminde önemli bir kriter olarak değerlendirilmesi gerektiği görülmüştür.

Oluşturulan modellerin laboratuvar şartlarında deneysel analiz ve doğrulamaları ilerleyen aşamalarda başka bir çalışma konusu olabilir.

**KAYNAKLAR**

- [1] KHINDRIA S. K., MITTAL S., SUKHIJA U., "Evolution of Denture Base Materials", The Journal of Indian Prosthodontic Society, 9, 2 ,64-69, 2009.
- [2] CHENG Y.Y., LI J.Y., FOK S.L., CHEUNG W.L., CHOW T.W., "3D FEA of High-Performance Polyethylene Fiber Reinforced Maxillary Dentures", Science Direct, 26, 9, e211-e219, 2010.
- [3] MANAPPALLIL J.J., Basic Dental Materials (Second Edition), Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd, India, 2003.
- [4] NAIK A.V., "Complete Denture Fractures: A clinical study", The Journal of Indian Prosthodontic Society 9, 3, 148-150, 2009.
- [5] STIPHO H. D., "Repair Of Acrylic Resin Denture Base Reinforced With Glass Fiber", The Journal of Prosthetic Dentistry, 80, 5, 546-550, 1998.
- [6] JAGGER D. C., HARISSON A., JANDT K. D., "The Reinforcement of Denture Journal of Oral Rehabilitation", 26, 3, 185-194, 1999.
- [7] MCCABE F.J., WALLS G.W.A., Applied Dental Materials (Ninth Edition), Blackwell Publishing Ltd., London, 2008.
- [8] CHENG Y.Y., CHEUNG W.L., CHOW T.W., "Strain Analysis Of Maxillary Complete Denture With Three-Dimensional Finite Element Method", The Journal of Prosthetic Dentistry, 103,5, 309-318, 2010.
- [9] DYER S.R., LASSILA L.V.J., JOKINEN M., VALLITTU P.K., "Effect of Fiber Position and Orientation on Fracture Load of Fiber-Reinforced Composite", 20, 10, 947-955, 2004.
- [10] ANSYS Release 14.0, "Ansys Help Menu", 2001.
- [11] [http://www.performancecomposites.com/carbonfibre/mechanical\\_properties\\_2.asp](http://www.performancecomposites.com/carbonfibre/mechanical_properties_2.asp) (erişim tarihi 10.05.2017.)