



**T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI TASARIMDAKİ DENTAL İMPLANTLARIN SAYISAL  
ANALİZİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Ceren AYDIN**

**Danışman  
Prof. Dr. Murat YAYLACI**

**RİZE  
2023**

## KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında, İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı, Doç. Dr. Murat Yaylaci danışmanlığında, Ceren Aydın tarafından hazırlanan *Farklı Tasarımdaki Dental İmplantların Sayısal Analizi* adlı bu tez çalışması, 12/06/2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan	: Dr. Öğr. Üyesi Hasan ÖLMEZ	
Üye	: Prof. Dr. Murat YAYLACI	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ali GÜRBÜZ	

## ETİK BEYAN

İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Farklı Tasarımdaki Dental İmplantların Sayısal Analizi” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılacak bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

12/06/2023

**Ceren AYDIN**

## ÖN SÖZ

Bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Farklı tasarımdaki dental implantların sayısal analizi konulu tezde Sonlu Elemanlar Yöntemi kullanılarak implant tasarımlarının, implant ve çevre kemik üzerinde oluşturduğu gerilmeler analiz edilmiştir.

Bu tezin hayata geçirilmesi sürecinde; tez sürecinin planlanmasında, araştırılmasında ve yürütülmesinde bilgi, tecrübe ve önerilerinden yararlandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. Murat YAYLACI'ya saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte yine bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Öğr. Gör. Kerim SÖNMEZ'e, Yüksek İnşaat Mühendisi Gözde Nur NIŞANCI'ya, Yüksek İnşaat Mühendisi Merve TERZİ'ye, ayrıca öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan başta annem ve babam olmak üzere tüm aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ceren AYDIN

2023, RİZE

## İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY .....	I
ETİK BEYAN .....	II
ÖN SÖZ .....	III
İÇİNDEKİLER .....	IV
ÖZET .....	VI
ABSTRACT.....	VII
SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	VIII
TABLolar LİSTESİ .....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	X
GİRİŞ .....	1
1. YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	15
1.1. Geometrik Modelin Oluşturulması.....	15
1.1.1. Kemik Dokunun Modellenmesi.....	16
1.1.2. Dental İmplant ve Dayanağın (Abutment) Modellenmesi.....	17
1.1.3. Sistem Montaj Yapılarının Oluşturulması ve Yerleşim Düzeni.....	20
1.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi Çözümü.....	21
1.2.1. Modelin ANSYS Workbench Programına Alınması.....	22
1.2.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması .....	22
1.2.3. Malzeme Özellikleri .....	23
1.2.4. Mesh Yapısı ve Yükleme .....	23
2. BULGULAR .....	24
2.1. Kemik İçin Elde Edilen Değerler .....	24
2.1.1. Gerilme Değerleri .....	24
2.1.2. Şekil Değiştirme Değerleri .....	25
2.1.3. Yer Değiştirme Değerleri .....	26
2.2. Dental İmplant İçin Elde Edilen Değerler .....	27
2.2.1. Gerilme Değerleri .....	27
2.2.2. Şekil Değiştirme Değerleri .....	29
2.2.3. Yer Değiştirme Değerleri .....	30
2.3. Dayanak İçin Elde Edilen Değerler .....	31
2.3.1. Gerilme Değerleri .....	31

2.3.2. Şekil Değiştirme Değerleri .....	32
2.3.3. Yer Değiştirme Değerleri .....	33
2.4. Farklı Tasarımların Kullanımı Sonucu Değerlerin Karşılaştırılması .....	34
3. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
3.1. Sonuçlar .....	36
3.2. Öneriler.....	38
KAYNAKÇA.....	39



**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisans üstü Eğitim Enstitüsü**  
**Ana Bilim Dalı** : İnşaat Mühendisliği  
**Tez Türü** : Yüksek Lisans  
**Danışman** : Prof. Dr. Murat YAYLACI  
**Hazırlayan** : Ceren AYDIN  
**Yıl** : 2023  
**Sayfa Sayısı** : 42

## ÖZET

### FARKLI TASARIMDAKİ DENTAL İMPLANTLARIN SAYISAL ANALİZİ

Bu çalışmada farklı dental implant tasarımlarının belirli bir kuvvet altındaki gerilmeleri incelenmiştir. Dental implantlar üzerinde oluşan gerilme değerleri gözlemlenerek dayanımın artırılması konusunda tasarımın etkileri gözlemlenmiştir. Giriş bölümünde osseointegrasyon, biyomekanik, dişler, çene kemiği, dental implant, dental implant tasarımı ve sonlu elemanlar yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Dental implant ve dental implant tasarımlarının tarihsel gelişimi incelenerek konuyla alakalı daha öncesinde yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Birinci bölümde farklı tasarımdaki implant modellerinin tanımı yapılarak, modeller sonlu elemanlar metoduna göre oluşturulmuştur. Yapılan çalışmada 3 farklı tasarımdaki implant ve sabit tasarımda abutment kullanılmıştır. Dental implant ve abutment malzemesi olarak titanyum tanımlanmıştır. Oluşturulan implant-abutment birleşimi, sırasıyla alt çene kemiğinde sabit bir noktaya yerleştirilmiş ve 3 farklı tasarım için gerekli sınır şartlar sağlanıp yüklemeler yapıldıktan sonra analiz yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerleri elde edilmiştir. İkinci bölümde tasarlanan 3 modele ilişkin sayısal değerler incelenmiştir. Üçüncü bölümde yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar ve önerilerden bahsedilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomekanik, Dental İmplant, Dental İmplant Tasarımı, Sonlu Elemanlar Yöntemi

**Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies**

**Department** : Civil Engineering

**Thesis Type** : Master's Thesis

**Supervisor** : Prof. Dr. Murat YAYLACI

**Author** : Ceren AYDIN

**Year** : 2023

**Pages** : 42

## **ABSTRACT**

### **NUMERICAL ANALYSIS OF DENTAL IMPLANTS OF DIFFERENT DESIGNS**

In this study, the stresses of different dental implant designs under a certain force were investigated. The stress values on dental implants were observed and the effects of the design on increasing the strength were observed. In the introduction, information is given about osseointegration, biomechanics, teeth, jawbone, dental implant, dental implant design and finite element method. By examining the historical development of dental implant and dental implant designs, previous studies related to the subject are mentioned. In the first chapter, the definition of implant models with different designs was made and the models were created according to the finite element method. In the study, implants in 3 different designs and abutments in fixed design were used. Titanium has been defined as a dental implant and abutment material. The created implant-abutment junction was placed at a fixed point on the lower jawbone, respectively, and the analysis was performed after the necessary boundary conditions were met for 3 different designs and loadings were made. As a result of the analysis, stress, strain and displacement values were obtained. In the second part, the numerical values of the 3 models designed were examined. In the third chapter, the results and recommendations obtained from the study are mentioned.

**Keywords:** Biomechanics, Dental Implant, Dental Implant Design, Finite Element Method

## SEMBOLLER VE KISALTMALAR LİSTESİ

- MÖ : Milattan Önce  
MS : Milattan Sonra  
Mm : Milimetre  
Vd : Ve Diğerleri  
MPa : Megapascal  
N : Newton  
% : Yüzde

## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.</b> Dental implantların çapa göre sınıflandırılması.....	8
<b>Tablo 2.</b> Dental implantların uzunluğa göre sınıflandırılması .....	8
<b>Tablo 3.</b> İmplant modellerinin özellikleri .....	17
<b>Tablo 4.</b> Malzeme Özellikleri.....	23
<b>Tablo 5.</b> Kemik için elde edilen değerler .....	27
<b>Tablo 6.</b> Dental implant için elde edilen değerler .....	31
<b>Tablo 7.</b> Dayanak için elde edilen değerler .....	34
<b>Tablo 8.</b> Maksimum von-Mises gerilme değerleri.....	34
<b>Tablo 9.</b> Maksimum şekil değiştirme değerleri.....	35
<b>Tablo 10.</b> Maksimum toplam yer değiştirme değerleri.....	35
<b>Tablo 10.</b> Modellerin analiz değerleri.....	36

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. İnsanda bulunan alt ve üst çenedeki dişler .....	3
Şekil 2. Diş anatomisi .....	4
Şekil 3. Mandibula (Alt çene kemiği).....	4
Şekil 4. Dental İmplant .....	5
Şekil 5. İmplant Türleri.....	6
Şekil 6. Endosteal implant türleri .....	6
Şekil 7. Farklı tasarıma sahip dental implantlar .....	7
Şekil 8. İmplant gövdesi ve yiv tasarımı .....	9
Şekil 9. Kemik Doku Tasarımı .....	16
Şekil 10. Oluşturulan kemik doku modellemesi.....	16
Şekil 11. Model 1 implant .....	18
Şekil 12. Model 2 implant .....	18
Şekil 13. Model 3 implant .....	18
Şekil 14. Dental implant modellemesi kesit görünümü.....	19
Şekil 15. Dayanak modellemesi .....	19
Şekil 16. Dayanak modellemesi kesit görünümü .....	20
Şekil 17. Model 1 implantın büyük azı dişinin altına yerleştirilmesi .....	20
Şekil 18. Model 2 implantın büyük azı dişinin altına yerleştirilmesi .....	21
Şekil 19. Model 3 implantın büyük azı dişinin altına yerleştirilmesi .....	21
Şekil 20. Modellerin ANSYS Workbench Programına Alınması .....	22
Şekil 21. Ağ Yapısı Oluşturulması .....	23
Şekil 22. Kemikte oluşan gerilme dağılımı .....	24
Şekil 23. Kemikte oluşan şekil değiştirme dağılımı .....	25
Şekil 24. Kemikte oluşan toplam yer değiştirme .....	26
Şekil 25. Dental implantta oluşan gerilme dağılımı .....	28
Şekil 26. Dental implanta oluşan şekil değiştirme dağılımı .....	29
Şekil 27. Dental implantta oluşan toplam yer değiştirme .....	30
Şekil 28. Dayanakta oluşan gerilme dağılımı .....	31
Şekil 29. Dayanakta oluşan şekil değiştirme dağılımı .....	32
Şekil 30. Dayanakta oluşan toplam yer değiştirme .....	33

# GİRİŞ

## *Genel Bilgiler*

İnsanoğlunun varlığından beri insanlar doğuştan eksik olan veya işlevini kaybetmiş uzuvlarının yerini yapay malzemelerden elde ettikleri işlevsel yeni unsurlar ile doldurma ihtiyacı duymuştur. Bu ihtiyaç doğrultusunda birçok farklı çözüm ortaya çıkmıştır. Antik çağlarda tahta, taş, hayvan dişleri ve deniz kabuğunun insan dişine uygun form verilerek çeneye yerleştirilmesi ilk dental implant çalışmalarına örnek verilebilir (Ring, 1995). Kabuk parçaları mandibular dişlere yerleştirilmesi örneği ile diş implantına dair ilk kayıt MS 500 yılına, Mayalara dayanmaktadır. İlk olarak taş implant kullanımını ise MS 800 yıllarında Honduras kültüründe yapılmıştır. 1930'lu yıllarda Dr. Alvin ve Moses Strock, krom-kobalt alaşımı içeren vidalı fiksturlar üzerinde çalışmış ve implant-kemik tutunumunun başarılı olduğunu gözlemlemişlerdir (Abraham, 2014). Pulpasız dişlerde kullandıkları pin şekline benzer implantlar ile endodontik ilk implant Strock kardeşler tarafından yapılmıştır (Sandallı, 2000). Modern implantolojinin temelleri ise Branemark tarafından atılmıştır. Branemark 1952 yılında tavşan femurunda kan dolaşımının incelemesini yaptığı çalışmasında tesadüf eseri titanyum ile kemiğin kaynaştığını gözlemlemiştir. Branemark ve arkadaşları daha sonra yaptıkları çalışma ile kemik ve implant arasındaki fonksiyonel ve yapısal birleşmeyi tanımlayarak, “osseointegrasyon” terimini literatüre kazandırmışlardır (Brenmark, 1977). Günümüzde de insanlar çeşitli sebeplerle diş kaybı yaşamaktadır. Meydana gelen diş kaybı fonksiyonel ve estetik bir eksiklik yaratmaktadır. Bu sebeple günümüzde en fazla ihtiyaç duyulan ve bu alanda geliştirilen dental implantlar kayba uğrayan dişin yerine yerleştirilerek, çeneler arasında meydana gelen kuvvetin eklem noktalarına iletilebilmesini sağlar. Dental implantlar hareketli ya da rijit protezlerin kemik zarı veya mukoza altına, çene kemiği içerisine yerleştirilir. Böylece dişe gelen kuvvetin çene kemiğine iletilmesi sağlanır. Dental implantlar birçok farklı malzemedden üretilebildiği gibi farklı geometrik tasarımlara da sahip olabilirler. İmplant malzemesi ve geometrik tasarım seçilirken mekanik özelliklerin sağlanabilmesi dikkate alınması gereken önemli bir kriterdir. İmplantların geometrik tasarımını sonlu elemanlar metodu ile oluşturulabilir.

### *Osseointegrasyon Tanımı*

Osseointegrasyon kelimesi; Latince “os” kemik ve “integrate” birleşmek kelimelerinin birleşimi ile oluşmuş ve ilk olarak Branemark tarafından 1977 yılında ortaya atılmıştır. Albrektsson’a göre osteointegrasyon canlı kemik doku ile implant arasındaki ışık mikroskobu seviyesindeki direkt bağlantı olarak tanımlanmıştır. American Academy of Implant Dentistry (AAID), 1986 yılında osteointegrasyonu; “implant ve kemik arasında kemik dışında bir doku olmadan, yüklerin ideal şekilde implanttan çevre kemiğe aktarıldığı bağlantı” olarak tanımlamıştır (Dağ, 2015).

Klinik olarak kemik ve implantın birbirine kaynaşması ve tutunmasına denir. Osseointegrasyonun sağlanmasında implantın yerleştirilecek olduğu kemiğin niteliği, implant materyalinin doku uyumluluğu, implant dizaynı, cerrahi teknik, yük iletimi ve yüzey özelliklerinin önemli etkileri olduğu düşünülmektedir (Albrektsson, 1986).

### *Biyomekanik*

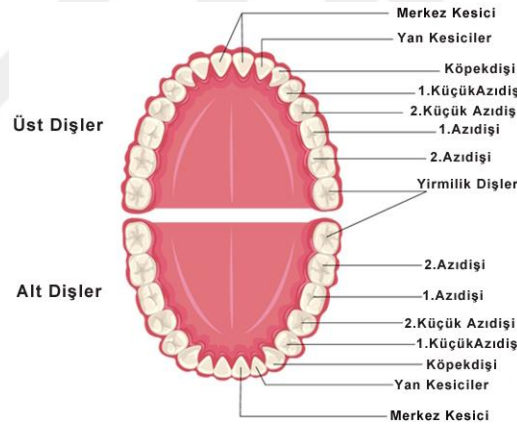
Biyomekanik mekaniğin temel prensibine dayanarak canlılarda meydana gelen kas iskelet sistemi ve biyolojik sistemlerin yapılarını, fonksiyonlarını ve hareketlerini inceleyen bilim dalıdır. Sadece biyoloji ve mühendislik bilim alanlarıyla sınırlı kalmayıp fizik, kimya, matematik, anatomi ve fizyoloji bilimlerinden de destek alır. Biyomekanik canlıların fiziksel mekanizmalarında hastalık, yaşlılık, kaza vb. olaylarda meydana gelen işlev kaybının belirlenmesi ve işlevin canlı yapısına en uygun olacak şekilde tekrardan fonksiyonel hale getirilmesini amaçlar. Bunların yanı sıra protez ve destek ünitelerinin tasarlanması ve imalatında kullanılır. Biyomekaniğin mühendislik ve fen bilimlerinde kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir.

- Fiziksel yüklemelerin modellenmesi ve simülasyonu
- Eklem modellemeleri
- Spor biyomekaniği ve fiziksel kapasite
- Kas mekaniği
- Kırık (kemik vb.) yapılarında ve ruptür (tendon yırtıkları vb.)
- Doku mühendisliği
- Protez, ortoz, implantlar

Sürekli gelişme halinde olan biyomekanik bilimi birçok alanda kullanılmasına rağmen günümüzde özellikle dental implantların tasarımı ve imalatında kullanılmaktadır. Dental implantoloji alanında mevcut olan tasarımların iyileştirilmesi ve performansı artıracak yeni tasarımların imal edilmesine katkı sağlar. Dental implant tasarımı yapılırken karşılaşılan başlıca problem alt çene kemiği ve üst çene kemiğine yerleştirilen implantların mekanik davranışının insan yapısı ile olan uyumlulukların belirlenmesidir.

### *Dişler*

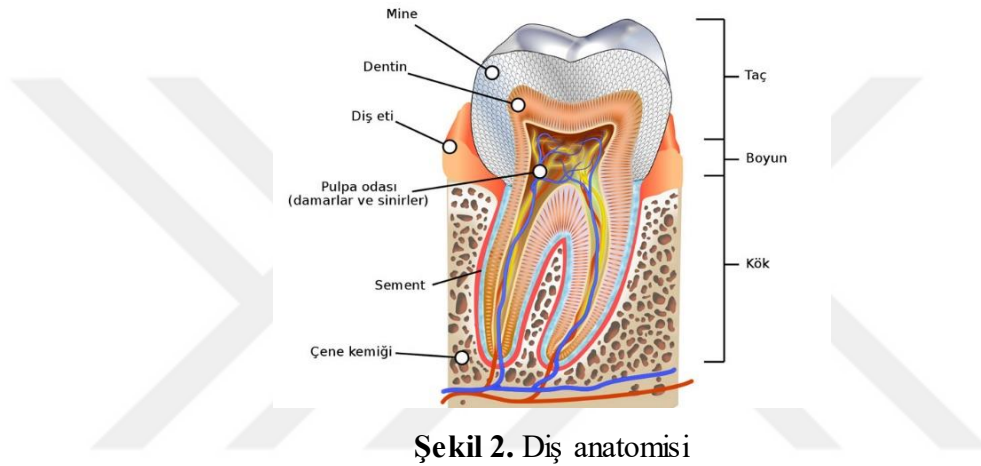
Dişler canlıların hayatını devam ettirmesinde hayati rol oynayan beslenmenin en önemli yapı taşlarından biridir. Sindirim sisteminin başlangıcı olan ağızda, bir uçları alt ve üst çene kemiklerine gömülmüş olan küçük boyutlardaki kemiğimsi görünümdeki sert yapılardır. Besinlerin mekanik olarak parçalanmasına ve öğütülmesine yardımcı olurlar.



**Şekil 1.** İnsanda bulunan alt ve üst çenedeki dişler

Dişler, Şekil 2’de görülen mine, dentin, pulpa (diş özü), ve sement olarak adlandırılan yapılardan oluşur. Mine dişi en dıştan çevreleyen koruyucu katmandır. Vücuttaki en sert ve yoğun mineralleşmiş yapıdır, %96’ sı minerallerden oluşur. İçerisinde sinir hücreleri bulunmadığı için duyarlı değildir. Dentin minenin altındaki katmandır. Yetişkin bir insanın dişinde %75’lik kısmı dentin oluşturur. Kuru ağırlığının %70-75 lik kısmı kalsiyum tozu olması sebebiyle kemikten daha sert bir yapıdır.

Dentin, içinde sinir hücresi veya uzantısı barındırmaz fakat içindeki dentin kanalları nedeniyle hassas ve duyarlı bir dokudur. Bu kanallar mine sınırından pulpanın dış tabakasına kadar devam eder ve içi pulpa sınırındaki dentin yapıcı hücrelerin uzantıları olan iplikçiklerle doludur. Pulpa diş özü olarak da bilinir, dişin orta kısmına ve bu kısımda yer alan yumuşak dokuya verilen addır. İçerisinden geçen sinirler ve kan damarları sayesinde diş enfeksiyondan korunur. Duyarlı bir yapısı vardır. Sement kök etrafını kaplayan kemiksi ve çok ince bir tabakadır. Diş kökünün çene kemiğine tutunmasını sağlar.



Şekil 2. Diş anatomisi

### *Alt Çene Kemiği*

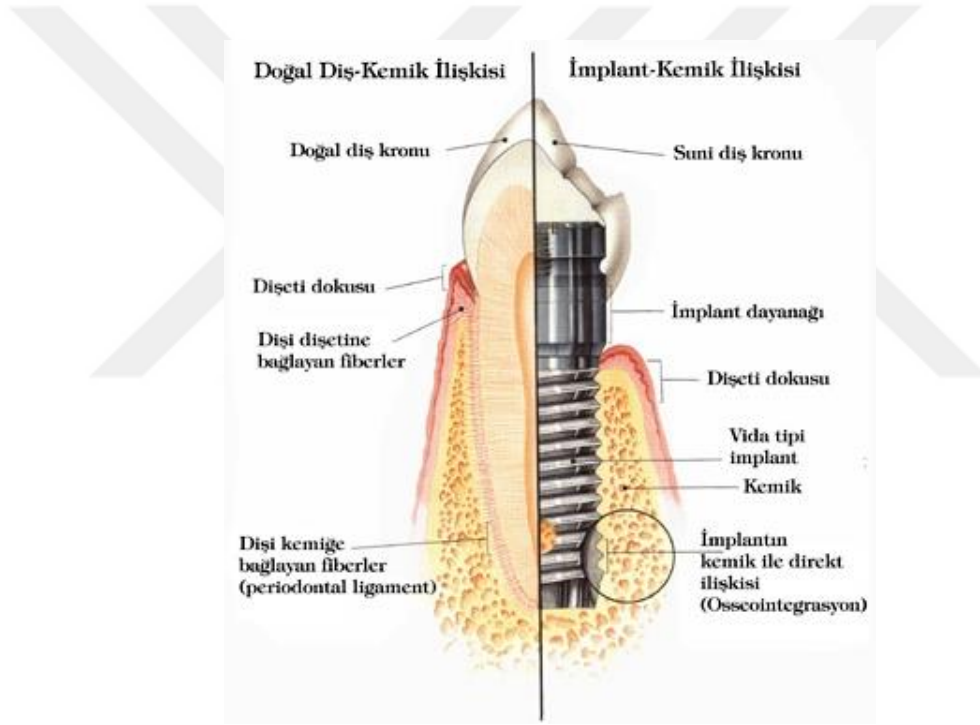
Alt çene kemiği mandibula olarak adlandırılır. Çiğneme, ısırma ve yutkunma fonksiyonlarına yardımcı olan mandibula aynı zamanda kafatasındaki en büyük ve hareket edebilen tek kemiktir. Kafatasına temporomandibular eklemleriyle bağlanır ve mandibulanın hareket etmesi bu eklemler ile sağlanır.



Şekil 3. Mandibula (Alt çene kemiği)

## Dental implant

İmplant kelimesi; Latince'de "in=içine" ve "planto=yerleştirmek, dikmek" anlamına gelen kelimelerin birleşmesiyle oluşur. İmplantasyon insan vücudunda eksik bir bölümü tamamlamak amacıyla cansız doku veya biyometaryallerin canlı organizmalara yerleştirilmesine veya nakledilmesine verilen addır. Yerleştirilen bu cansız metaryallere ise implant adı verilmektedir. Başka bir deyişle implant kelimesi canlı yapıda eksik olan yapay dokunun tamamlanması için kullanılan materyaldir. Diş tedavisinde ağızda eksik olan diş ve dişlerin yerini alarak, sabit ya da hareketli protezlere destek olmak amacıyla kemik üzerine veya kemik içerisine yerleştirilen implantlar ise dental implant olarak adlandırılmaktadır.

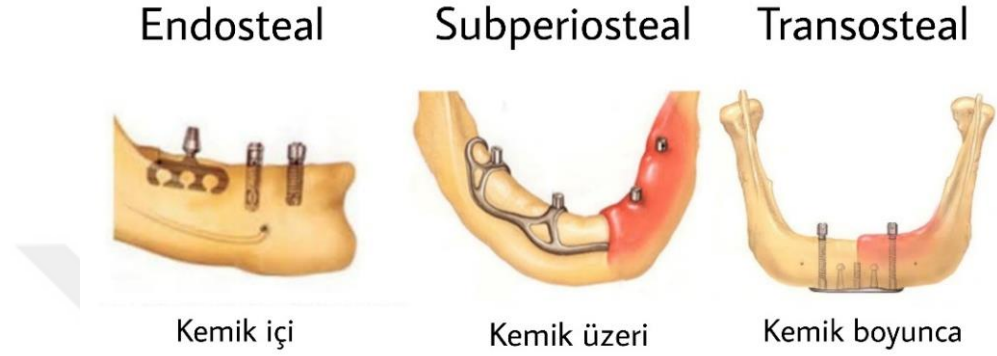


Şekil 4. Dental implant

Dental implantlar çiğneme esnasında meydana gelen kuvveti yivler aracılığıyla çevresindeki destek dokulara eşit olarak dağıtır. İmplantlar çiğneme esnasında farklı açı ve şiddetlerden birçok kuvvete maruz kalmaktadır. Bu nedenle implant tasarımı yapılırken çiğneme esnasında oluşan kuvvetin daha etkili ve homojen olarak yayılmasını ve destek protezlerin amacına uygun kullanılmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

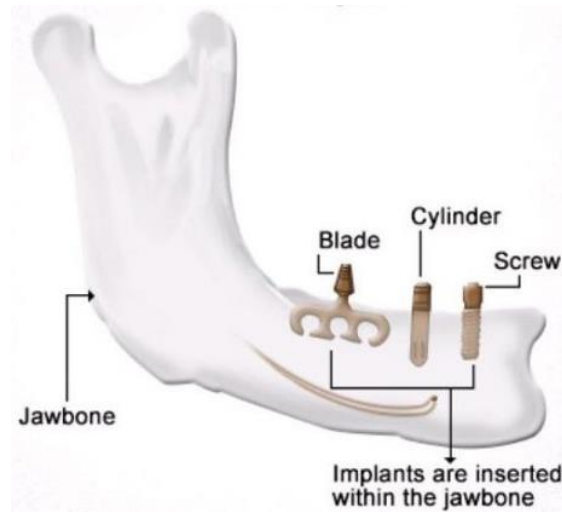
Dental implantlar, kemikteki yerleşim yerine göre farklı kategorilere ayrılabilir;

1. Endosteal (Endosteal) İmplantlar-Kemik içi
2. Subperiosteal İmplantlar-Kemik üzeri
3. Transmandibular (Transosteal) İmplantlar-Kemik boyunca



Şekil 5. İmplant türleri

Günümüzde kullanımını en yaygın olan implant türü endosteal implant türüdür. Endosteal implant türü haricindeki implant türleri uzun ömürlü olmadığı için tercih edilmemektedir (Koutouzis, 2011). Endosteal implantlar alt veya üst çene kemiğine cerrahi müdahale ile yerleştirilerek diş protezine destek olmak ve çiğneme fonksiyonlarını geri kazandırmak amacıyla tasarlanmış yapay kökler olarak tanımlanmaktadır (Federal Register Volume, 2002). Endosteal implantlar kendi içinde; vida tipi, silindirik, blade ve vent tipi olarak dörde ayrılmaktadır;



Şekil 6. Endosteal implant türleri

Kök formu implant olarak da adlandırılan vida tipi implantlar günümüzde en çok kullanılan implant türüdür. Çene kemiği içerisine giren kısımda bulunan yivler vasıtasıyla implantın çene kemiğine stabilizasyonu sağlanmaktadır. Yivler üzerinde kalan pürüzsüz kısımda ise diş eti dokusunun yenilenmesiyle implantın stabilizasyonuna destek sağlanır. Çiğneme esnasında meydana gelen kuvvet yivler aracılığıyla mekanik olarak çene kemiğine iletilir. Böylece yivler vasıtasıyla çene kemiğine iletilen kuvvet homojen ve düşük seviyelerde aktarılır.

### *İmplant Tasarımı*

İmplant tasarımında temel amaç implant stabilitesini sağlamak ve kuvvet altındaki yeteneklerinin sürdürülebilir olmasını sağlamaktır. Günümüzde kullanılan farklı tasarımda birçok implant bulunmaktadır. İmplant tedavisi uygulanırken mekanik stabilitenin sağlanması için kişinin kemik yapısına göre en uygun tasarıma sahip implantın seçilmesi amaçlanmaktadır. Dental implantların mekanik stabilizasyonunun sağlanması çevre kemik dokusuna iletilen gerilme ve gerinimlere bağlıdır. Kemik içerisinde implant çevresinde meydana gelen gerilme ve gerinim alanları farklı implant tasarımları ile ilişkilendirilmiştir. Bu süreçte implantın çeneye yerleştirileceği en uygun konumun belirlenmesi önemli rol oynamaktadır. Bu konuma uygun implantın seçiminde implant ve kemik arayüzeyinin tipi, implant üzerine etki eden yükleme tipi, implant geometrisi, implant çapı ve uzunluğu, implant yüzey işlemleri ve çevre kemiğin kalitesi meydana gelen gerilme ve gerinim transferini etkileyen unsurlardır. Günümüzde kullanımı en yaygın olan endosteal implantlar tasarımlarına göre; silindirik, konik, dar çaplı, geniş çaplı, kısa ve uzun spiral-vent vida formulu, yiv tasarımlarına göre; kare, v tipi, destekli yiv ve ters destekli yiv olarak ve yüzey işlemlerine göre sınıflandırılmaktadır (Karaman, 2018).



**Şekil 7.** Farklı tasarıma sahip dental implantlar

### İmplant Çapı

İmplant çapı implantta bulunan en geniş yivin tepe noktasından karşısındaki yivin tepe noktasına kadar olan mesafe olarak tanımlanır (Lee, 2005). Genellikle kullanılan implant çapları ortalama 4 mm civarındadır. İmplant desteğini yeterli miktarda sağlamak için implant çapının minimum 3.25 mm olması önerilir. Daha fazla yüzey alanına sahip ve geniş çaplarda implantlar da mevcuttur, fakat maksilla ve mandibulada yeterli genişlik bulunmadığından kullanımı yaygın değildir (Palmer vd., 2012).

**Tablo 1.** Dental İmplantların Çapa Göre Sınıflandırılması (Al-Johany vd., 2016)

Çap	Ekstra Dar	Dar	Standart	Geniş
Ölçü	$X < 3.0 \text{ mm}$	$3.0 \text{ mm} \leq X < 3.75 \text{ mm}$	$3.75 \text{ mm} \leq X < 5 \text{ mm}$	$X \geq 5 \text{ mm}$
Açıklama	3 mm'den küçük	3 mm'ye eşit / 3mm'den büyük veya 3.75 mm'den küçük	3.75 mm'e eşit / 3.75 mm'den büyük veya 5.0 mm'den küçük	5 mm'e eşit/ 5mm'den büyük

### İmplant Uzunluğu

İmplant uzunluğu, implant platformu ve implant apeksi arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir (Lee vd., 2005). İmplant uzunlukları 6-20 mm aralığında değişmektedir (Searson, 2005). İmplantolojide mümkün oldukça uzun implantların kullanılmasıyla implant başarısının artırılması istenmektedir (Misch, 2007). Normal kök uzunluklarına en yakın uzunluk değerleri kullanılmak istendiği için en yaygın kullanılan implant uzunlukları 8-15 mm arasında değişen değerlerdir (Palmer vd., 2012).

**Tablo 2.** Dental İmplantların Uzunluğa Göre Sınıflandırılması (Al-Johany vd., 2016)

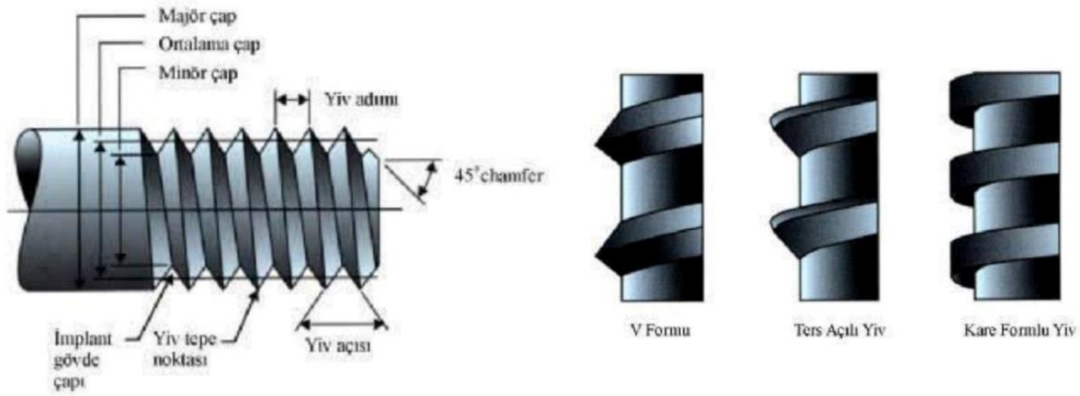
Uzunluk	Ekstra Kısa	Kısa	Standart	Uzun
Ölçü	$X \leq 6 \text{ mm}$	$6 \text{ mm} < X < 10 \text{ mm}$	$10 \text{ mm} \leq X < 13 \text{ mm}$	$X \geq 13 \text{ mm}$
Açıklama	6.0 mm'den küçük / 6.0 mm'e eşit	6.0 mm'den büyük veya 10 mm'den küçük	10 mm'e eşit / 10 mm'den büyük veya 13 mm'den küçük	13 mm'e eşit/ 13 mm'den büyük

### İmplant Gövdesi

İmplant gövdesi boyun ve apexten oluşmaktadır. İmplant gövde şekli olarak silindirik, vida, blade ve vent tipi olarak dörde ayrılmaktadır.

Vida tipi, diğer adıyla kök tipi implantların oluşan stresi kemiğe daha düşük seviyede ve homojen bir şekilde iletildiği tespit edilmiştir. Günümüzde en çok kullanılan implant türüdür. Silindirik implantlarda kemik ile moleküler düzeyde retinasyon sağlanarak primer stabilizasyona katkı sağlanmaktadır (Sarı, 2021). Vent tipi implantlarda implantın yerleştirileceği kemikte daha fazla ankraj alanına sahip ve en az deformasyon oluşuracak şekilde implant hacminin küçültülmesi amaçlanmıştır (Spiekermann vd., 1995). Blade tipi implantlar silindirik implantların yerleştirilmesinin zor olduğu daha dar alanlarda, ince kretlerde kullanılır. Fakat dokudan çıkarıldıklarında fazla kemik kaybına sebebiyet verdikleri için günümüzde kullanımını yok denecek kadar azdır (Arlin, 1987).

Dental implanta gelen kuvvetlerin kemik dokuya iletmesinde yiv tasarımı biyomekanik açıdan önemlidir. Yivler; implantın yüzey alanını artırmak, kemik-implant arasında oluşan stresi homojen bir şekilde dağıtmak ve primer stabilizasyonu sağlamak için tasarlanmıştır (Ivanoff vd., 1999). Dental implantlarda yüzey alanını belirleyen değişkenler; yiv şekli, yiv adımı, yiv derinliğidir.



Şekil 8. İmplant gövdesi ve yiv tasarımı

### *Sonlu Elemanlar Yöntemi*

Sonlu elemanlar yöntemi veya sonlu elemanlar metodu parçadan bütüne gitme prensibine dayanmaktadır. Karmaşık geometrideki materyallerin analizini yapmak oldukça zordur. Analizler bu yöntemle tek boyutta, iki boyutta ve üç boyutta yapılabilmektedir. Sonlu elemanlar yöntemi, incelenecek olan bölgenin küçük ve basit alanlara (elemanlara) ayrılarak incelenmesinin daha kolay olmasına olanak veren ve çözümü bu küçük parçalar içerisinde sağlayabilen matematiksel bir analizdir.

Sonlu elemanlar yöntemi analizinin önemli bir avantajı karmaşık biyomekanik problemleri diğer çözüm yöntemlerinin yetersiz kaldığı durumda çözmeye yeteneğidir. Analizi çok pahalı deneysel araç ve yöntemler gerektiren birçok materyalin kolaylıkla incelenmesine olanak sağlar (Ebrahimi, 2012).

Sonlu Elemanlar Yöntemi ilk kez 1950'li yılların sonlarına doğru uçak gövdelerinde meydana gelen gerilme analizi için geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda bu yöntem ve çözüm teknikleri hızla gelişerek günümüzde pek çok mühendislik probleminin çözümünde kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat, elektrik, makine, uçak, hidrodinamik, atom gibi çeşitli mühendislik alanlarının yanı sıra, tıp dalında ortopedi, kalp ve damar cerrahisi, estetik cerrahi bölümlerinde kullanılmaktadır (Fish and Belytschko, 2007).

Diş hekimliği alanında sonlu elemanlar yöntemi gerilme analizi ile alakalı yapılan ilk çalışma Ledley ve Huang'ın (1968) yaptığı araştırmadır. Bu çalışmada sayısal modellemesi yapılmış bir dişe farklı yönlerde kuvvetler uygulanarak bu kuvvetlerin dişe destek sağlayan kemik dokusunda meydana getirdiği gerilmeler incelenmiş ve değerlendirilmiştir (Ledley and Huang, 1968). Yöntemin diş hekimliğinde kullanılması ise 1970'lerde Farah ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarla başlamış ve günümüz diş hekimliğindeki yerini almıştır.

### *Literatür Özeti*

Holmgren vd. (1998), çalışmalarında oluşturulan implant tasarımlarının basamaklı silindirik ve düz silindirik implantın, implant çapı farklılığının (3,8 mm, 4,5 mm, 5,5 mm, 6,5 mm) etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca kademeli bir silindirik implant tasarımının, düz silindirik implant tasarımına göre gerilme hatlarını ve gerilme dağılımını analiz etmişlerdir. Isırma kuvveti yönünün (dikey, yatay, eğik) her iki implant tasarımındaki etkilerini incelemişlerdir.

DeTolla vd. (2000), çalışmalarında bilgisayar destekli tasarımın ve sonlu elemanlar metodunun geçmişten bugüne olan rolü ve dental implantlarda kullanılmasını irdelemişlerdir.

Steigenga (2004), yaptığı çalışmada dental implant tasarımlarının biyomekanik yönlerinin osseointegrasyon gücü ve kalitesi, kemik-implant arayüzü ile dental implantların uzun vadedeki başarısı ile ilişkileri üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir.

Gümüş (2007), yaptığı çalışmada, yiv tasarımının ve iki farklı dental implant çapının, değişik açılarda yükleme yapılmasıyla farklı yoğunluktaki kemik doku üzerinde oluşturdukları stresleri üç boyutlu sonlu elemanlar analizi yöntemi ile karşılaştırmıştır. Çalışmanın sonucunda oblik yüklemenin dik yüklemeye göre belirgin bir şekilde daha fazla stres oluşturduğunu saptamıştır.

Baggi vd. (2008) tarafından yapılan çalışmada; kemik ile dental implantlar arasındaki biyomekanik etkileşimi, sonlu elemanlar analizi ile sayısal olarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmada bazı geometrik ve mekanik parametrelerin kemik üzerindeki gerilme dağılımına etkisi vurgulanmıştır. Kemik aşırı yüklenmesiyle ilişkili risk göstergeleri açıklanmıştır. Beş farklı dental implantın gerilmeye dayalı performansları değerlendirilmiştir.

Huang vd. (2008), yaptıkları çalışmada implant tasarımlarının kemik üzerinde meydana getirdiği gerilme ve arayüzey kayması analizini doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi ile gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada üç boyutlu doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi kullanılarak, kemik çevresinde meydana gelen gerilme ve yüklenmiş implantın boyutları araştırılmıştır.

Ding vd. (2009) yaptıkları çalışmada, yükleme için dental implantlı bir çene kemiğinin üç boyutlu sonlu eleman modelini oluşturmak ve farklı çaplardaki implantların çene kemikte oluşturdukları stres dağılımını analiz etmeyi amaçlamışlardır. Farklı çaplardaki anında yüklenen implantlarda implant-kemik arayüz gerilme dağılımını üç boyutlu sonlu elemanlar analiziyle incelemişlerdir.

El-Anwar vd. (2011), yaptıkları çalışmada implant davranışını gözlemlemek için basitleştirilmiş tasarım denklemlerini elde etmek amacıyla, çap ve uzunlukta kademeli artışa sahip 25 farklı implant tasarımını sonlu elemanlar yöntemiyle analiz etmişlerdir. Analiz sonucunda, artan implant uzunluğu ve çapının süngerimsi ve kortikal kemikler üzerinde daha iyi stres dağılımı sağladığı gözlemlenmiştir.

Gültekin vd. (2012), yaptıkları çalışmada diş hekimliğinde implantta sonlu elemanlar analizinin uygulanmasını araştırmışlardır. Bu çalışma Brånemark'ın keşfinden günümüze dek, sonlu elemanlar analizinin dental implantlar için en yaygın restorasyon tekniği haline gelmesiyle oluşan gelişmeleri içermektedir.

Köse (2013) yaptığı tez çalışmasında; gerçek bir hastaya ait protezi optik tarama yöntemi kullanarak taramış, elde edilen verilere uygun alt çene kemiği modeli oluşturarak bu yapıdan çeşitli hasarlı modeller elde etmiştir. Çalışmanın analiz kısmında, farklı yükleme koşulları altında çene kemiğindeki hasarın, dayanak boyu ve protez malzeme dolgusu kullanılarak telafi edilmesiyle oluşturulan yeni 12 modelin, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizleri yapılmıştır. Yapılan bu analizler ile hasarlı ve hasarsız durumdaki çene kemiğinin gerilme analizlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Aynı yükleme şartları altında hasarlı yapıların telafisi için uygulanabilir en uygun yöntemin protez malzeme dolgusu ile sağlanabileceği bulunmuştur.

Özyılmaz (2014), yaptığı çalışmada 3 farklı modeldeki çeşitli yüksekliklerde implant vidaları ve abutmentlerin gerilme değerlerini kıyaslayarak başarı oranlarının şartlara bağlı olarak değişimi gözlemlemiştir.

Damlar vd. (2014), yaptıkları çalışmada iki farklı tasarıma sahip, farklı özelliklerde sekiz adet sonlu eleman modelinin Von Mises stress dağılımını sonlu elemanlar yöntemi ile analiz etmişlerdir.

Jafarian vd. (2019) yaptıkları çalışmada; farklı uzunluk ve çaplardaki implantların çevresinde oluşan gerilme dağılımını sonlu elemanlar analiz yöntemi ile incelemişlerdir. İmplantların yerleştirme derinliklerinin azalması ile gerilme miktarının arttığını gözlenmiştir.

Robau Porrua vd. (2020) yaptıkları çalışmada; bir dental implantın uzunluğu, çapı ve elastisite modülünün çevre kemik üzerinde oluşturduğu gerilme ve şekil değiştirme dağılımına etkisini sonlu elamanlar analizi ile incelemişlerdir. Analiz sonucunda en yüksek von Mises gerilme değerleri implant kortikal kemik üzerinde gerçekleşmiştir. Simüle edilen üç değişkenin (implant çapı, uzunluğu ve elastisite modülü) etkisi von Mises gerilme ve şekil değiştirmede anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Demirkol (2020), yaptığı çalışmada implant üstü protezleri implantın şekli, çapı, uzunluğu, çevre kemik dokusunun yapısı, protetik üst yapı tasarımı ve kullanılan materyal gibi birçok biyomekanik açıdan incelemiştir.

Sarıok (2021), yaptığı çalışmada güncel dental implant ve üst yapı dizaynları hakkında genel makro ve mikro tasarım parametrelerini incelemiş, üst yapı dizaynında kullanılan tasarım materyalleri ve yöntemleri arasında karşılaştırmalı çalışma sonuçlarını incelemiştir.

Banazlı (2022), yaptığı çalışmada implant çapı ve titanyum materyalini değiştirerek dar çaplı implantların ve implantlara bağlı dayanak sisteminin fiziksel özellikleri ve mekanik komplikasyonlarını kırılma dayanım testi ile karşılaştırmıştır. Dayanım açısından 2.9 mm çaplı TiZr veya 3 mm çaplı Ti Gr 23 alaşımı tercihinde fark yokken, 2.7 mm çapa sahip Ti Gr 23 implantların boyun bölgesine az kuvvet gelen alanlarda tercih edilmesi gerektiğini saptamıştır.

Baştan (2022), yaptığı çalışmada molar tek diş eksikliği rehabilitasyonu için farklı sayı ve tasarımlardaki implantlar ile desteklenen protetik üniteye uygulanan fonksiyonel ve parafonksiyonel kuvvetlerin neden olduğu stres dağılımlarının değerlendirilmiştir. Çalışmada 5 farklı model oluşturulmuş ve brüksizmi olan bireylerde posterior tek diş eksikliğinin rehabilitasyonu amaçlı iki implant üzerine tek kuron veya yeni nesil geniş çaplı ve kısa implant üzeri tek kuron uygulamaları stres dağılımını azaltma açısından avantajlar sunduğunu saptamıştır.

### *Çalışmanın Amacı ve Kapsamı*

Bu çalışmada farklı tasarıma sahip üç adet dental implantın, üzerine etkiyen sabit kuvvet altında meydana gelen gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerleri incelenmek istenmektedir. Yivler arası mesafe (adım mesafesi), yiv derinliği ve implant kanalının implant üzerindeki etkileri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analiz edilecek ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.



## 1. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Sonlu elemanlar yöntemi ile analize başlanmadan önce, üzerinde çalışma yapılacak cismin üç boyutlu modelinin çıkarılması gerekmektedir. Bu modellemeler elde edilirken cismin geometrisine göre manyetik rezonans ve bilgisayarlı tomografi gibi farklı görüntüleme yöntemleri kullanılabilir. Bu şekilde modellenecek cisim yüzeyinin üç boyutlu tarayıcılar ile taranıp görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılması veya üç boyutlu modelleme programları kullanarak modellerin oluşturulması sağlanabilmektedir. Geometrik modeller sonlu elemanlar analiziyle oluşturulurken eleman adı verilen basit geometrik yapılara ayrılırlar. Elemanlar boyutlarına, geometrik şekillerine, düğüm sayısı gibi özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Bu elemanlar ana yapının geometrisi ile tam uyumlu olup, mevcut ana yapının her bölgesinde istenen mekanik özellikleri sağlamaktadırlar. (Terzi, 2020)

Bilgisayar ortamına aktarılan modelin gerçeğe en yakın şekilde analizinin yapılabilmesi ve daha basit bir modele indirgenebilmesi için elemanlara bölme uygulamasına ağ yapısı oluşturma denir. Cismin tamamının elemanlara bölünebilmesi için ağ yapısı oluşturma işlemi ile matematiksel model oluşturulur. Modeli oluşturan elemanların birbirine temas ettiği köşe noktalarına düğüm noktası adı verilir. Gerilme, yer değiştirme, şekil değiştirme değerlerinin daha hassas bir şekilde elde edilebilmesi için yeterli sayıda düğüm noktası kullanılması gerekmektedir.

Elemanlara ayrılan model için; kullanılan malzemeye ait elastisite modülü, poisson oranı gibi veriler programa aktarılarak, cisme uygulanacak olan yükleme koşulları ve sınır koşulları ayarlanarak analiz işlemi gerçekleştirilir. (Nişancı, 2020)

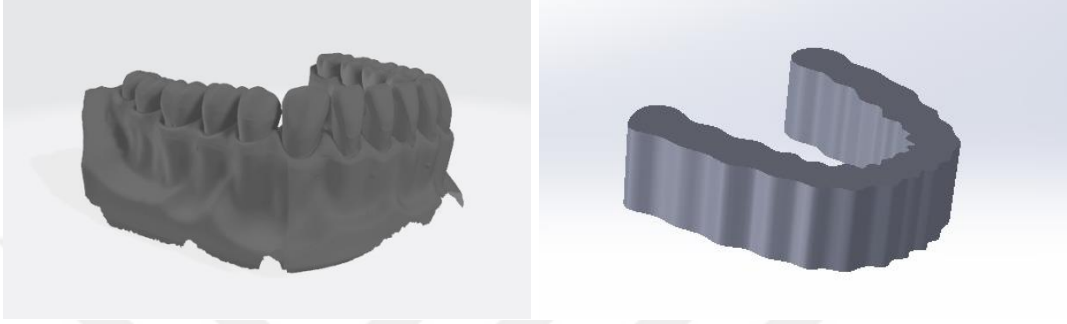
Analiz sonucunda tüm elemanlarda ve cismin bütününde meydana gelen gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerlerine ulaşılmaktadır. Bu çalışmada sonlu elemanlar analizi için ANSYS Workbench programı (ANSYS, 2016) kullanılmıştır.

### 1.1. Geometrik Modelin Oluşturulması

Yapılan çalışmada Solidworks (Solidworks, 2019) programı kullanılarak dental implant, dayanak (abutment) ve mandibulanın katı modellenmesi yapılmıştır.

### 1.1.1. Kemik Dokunun Modellenmesi

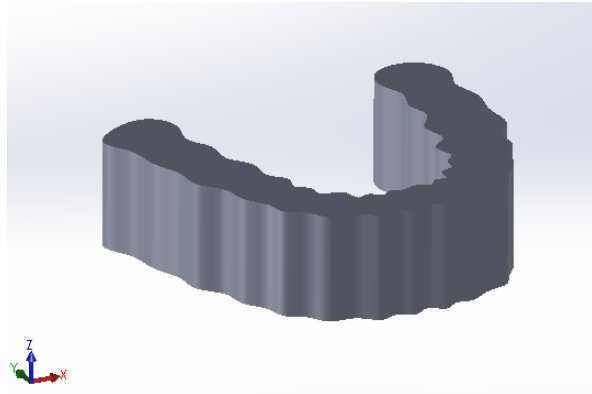
Bu kısımda bilgisayarlı tomografi ile sağlıklı bir bireyden elde edilen çene kemiği görüntüsü üç boyutlu koordinatlar korunarak bilgisayar ortamına aktarılmış, Solidworks 2019 programı ile daha basite indirgenerek üç boyutlu katı modellemesi elde edilmiştir.



Şekil 9. Kemik Doku Tasarımı

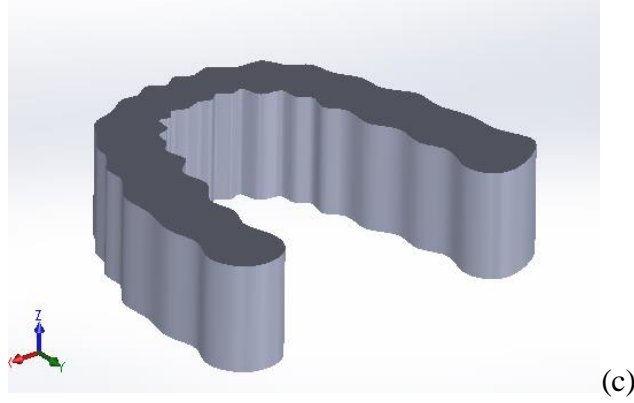


(a)



(b)

Şekil 10. Oluşturulan kemik doku modellemesi (a) ön düzlem (b) üç boyut (c) üç boyut



(c)

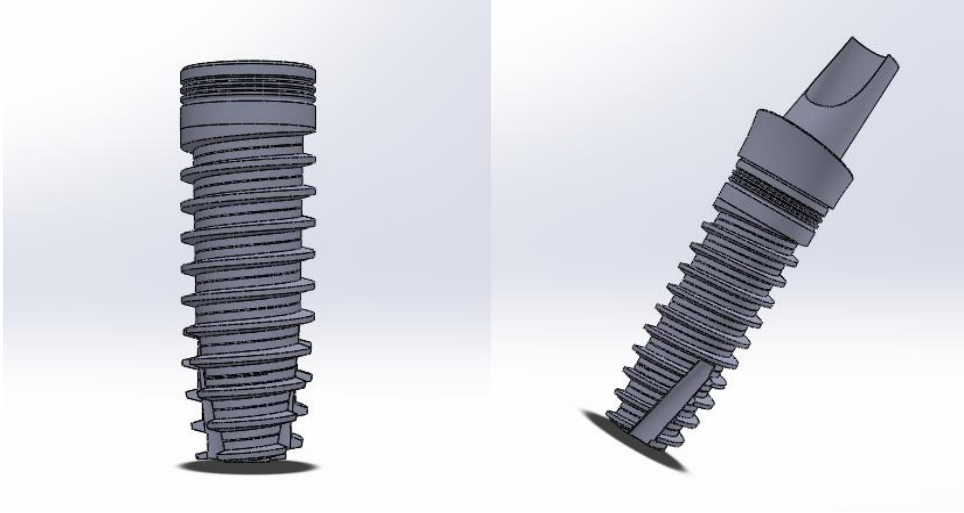
**Şekil 10.** (Devam) Oluşturulan kemik doku modellemesi (a) ön düzlem (b) üç boyut (c) üç boyut

### 1.1.2. Dental İmplant ve Dayanağın (Abutment) Modellemesi

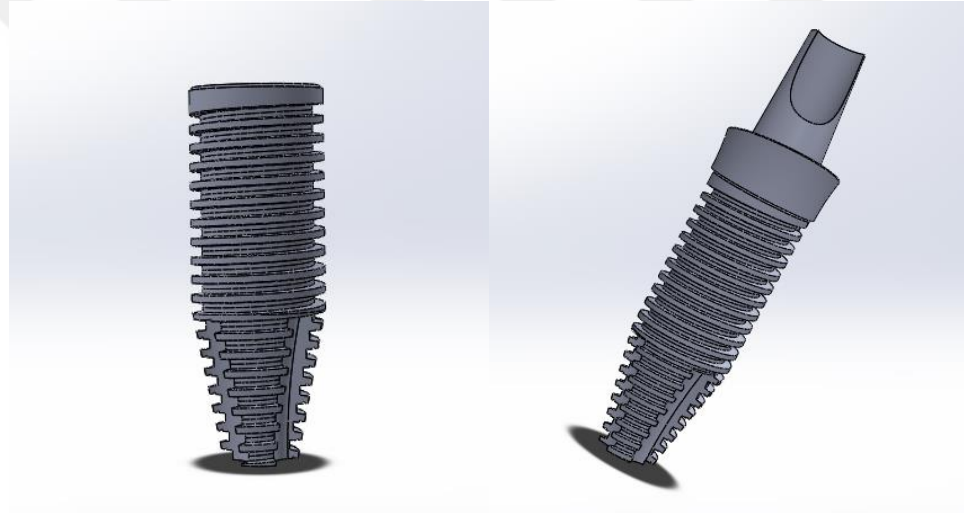
Yapılan çalışmada farklı tasarımlara sahip 3.9 mm çapında ve 13 mm uzunluğunda 3 adet implant modellemesi Solidworks programı kullanarak elde edilmiştir. Modelleme yapılırken adım mesafesi, kanal sayısı ve yiv derinliği değerleri dikkate alınmıştır. Modellerin özellikleri Tablo 3’de belirtilmiştir.

**Tablo 3.** İmplant modellerinin özellikleri

Model Adı	Çap	Uzunluk	Adım Mesafesi	Kanal	Yiv Derinliği
Model 1	3.9 mm	13 mm	1.02 mm	2 adet	1.2 mm
Model 2	3.9 mm	13 mm	0,6 mm	3 adet	1.1 mm
Model 3	3.9 mm	13 mm	0.75 mm	0	0.7 mm



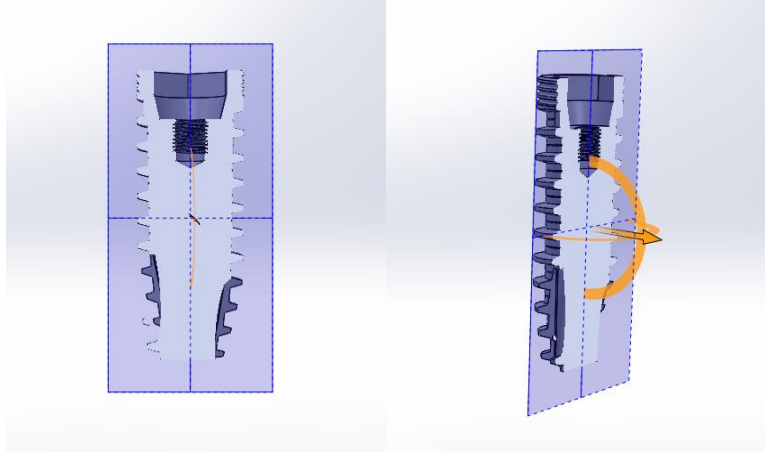
Şekil 11. Model 1 İmplant



Şekil 12. Model 2 İmplant

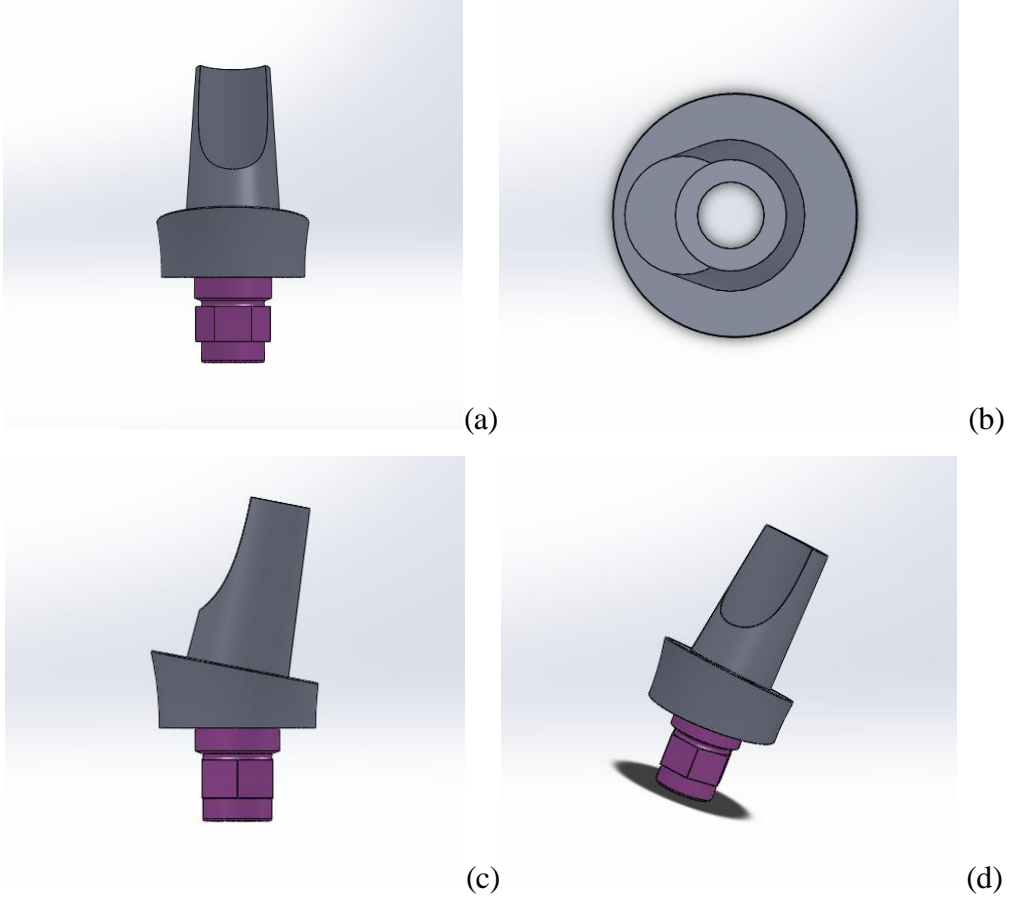


Şekil 13. Model 3 İmplant



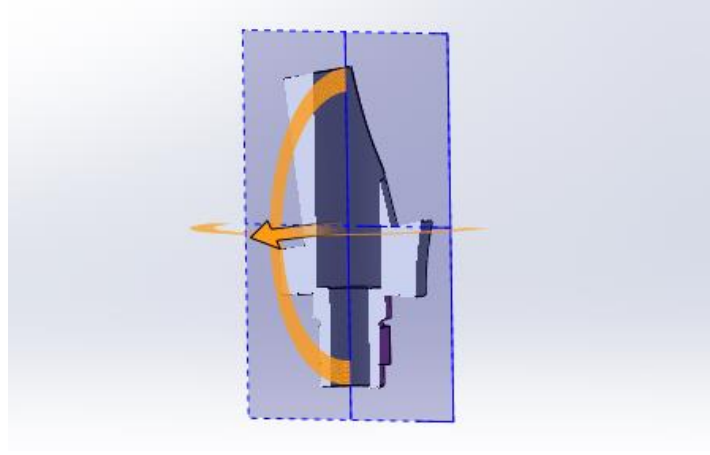
Şekil 14. Dental implant modellemesi kesit görünümü (Model 1)

Oluşturulan dental implant modeline göre uygun bir dayanak tasarlanarak katı modellemesi yapılmıştır. (Şekil 15-16)



Şekil 15. Dayanak Modellemesi (a) ön düzlem (b) üst düzlem (c) yan düzlem (d) üç

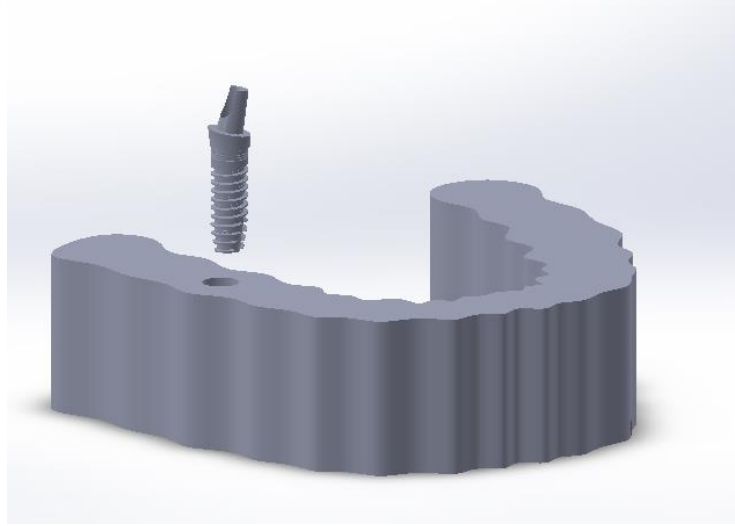
boyut



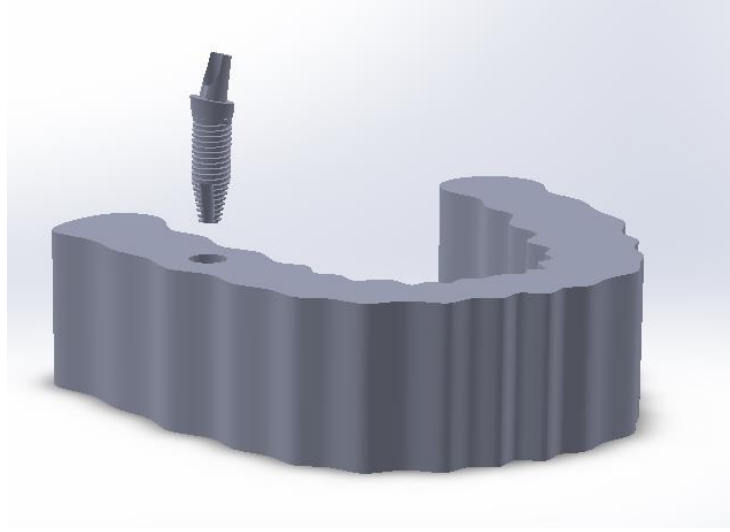
**Şekil 16.** Dayanak Modellemesi kesit görünümü

### **1.1.3. Sistem Montaj Yapılarının Oluşturulması ve Yerleşim Düzenleri**

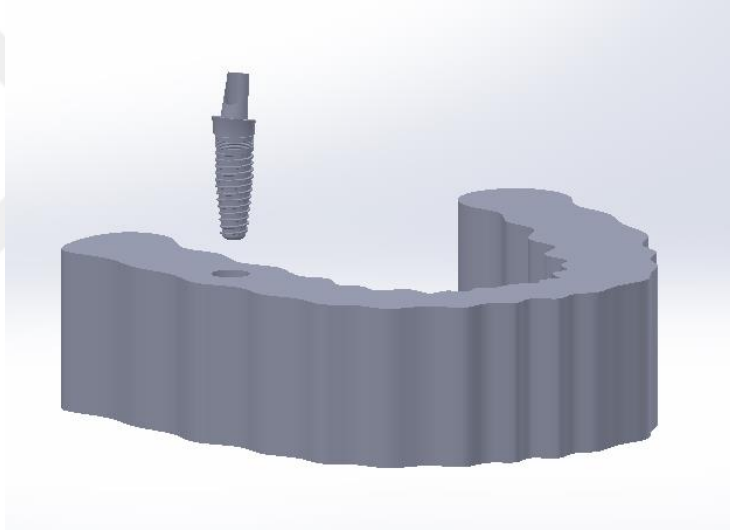
Yapılan çalışma sonucunda montaj işlemleri için yerleşim düzenleri oluşturulmuş, farklı tasarımdaki 3 implant da mandibula üzerindeki sabit noktaya (büyük ağı dişaltı) sırasıyla yerleştirilmiştir. (Şekil 17-18-19)



**Şekil 17.** Model 1 implantın büyük ağı dişinin altına yerleştirilmesi



**Şekil 18.** Model 2 implantın büyük ağı dişinin altına yerleştirilmesi



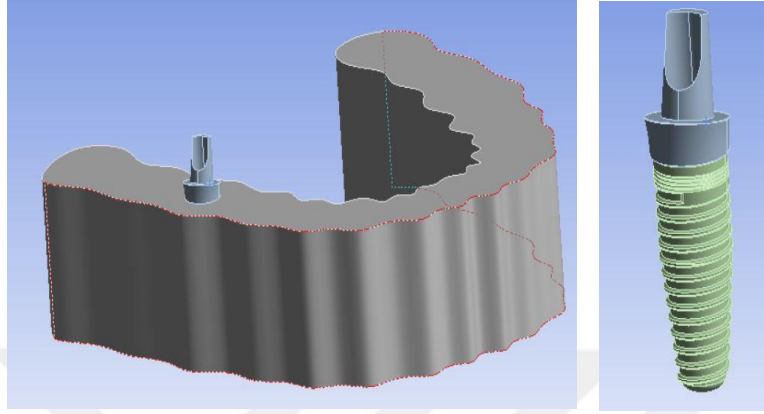
**Şekil 19.** Model 3 implantın büyük ağı dişinin altına yerleştirilmesi

### **1.2. Sonlu Elemanlar Yöntemi Çözümü**

Katı model oluşturulması ile sayısal çözüm elde etmek için model Ansys Workbench programına aktarılmış, gerekli sınır şartlar ve malzemeler tanımlanarak analiz yapılmıştır.

### 1.2.1. Modelin ANSYS Workbench Programına Alınması

Solidworks 2019’da katı modeli oluşturulan kemik doku, dayanak ve dental implantlar, ANSYS Workbench programına sonlu elemanlar analizi için aktarıldı.



Şekil 20. Modellerin ANSYS Workbench programına alınması

### 1.2.2. Malzeme Özelliklerinin Tanımlanması

Dental implant yapımında seçilen malzemede belli özelliklerin bulunması gerekir. Seçilen malzemede istenen özellikler;

- Etrafındaki yumuşak ve sert dokularla uyum sağlamalı,
- Korozyona karşı dirençli olmalı,
- Oluşabilecek mekanik, fonksiyonel, termal streslere karşı direnç göstermeli,
- Şekillendirilebilmeli,
- Yüzeyi kaplanabilmeli,
- Yapımı ve uygulanması kolay olmalı,
- Biyouyumlu olmalıdır (Sauk vd., 1992).

Bu çalışmada Ansys Workbench’e aktarılan geometri için Titanyum kullanılmıştır. Titanyum, günümüzde dental implant yapımında en yaygın olarak kullanılan materyallerden biridir. Yer kabuğunda bol miktarda bulunur. Titanyum, biyouyumluluk, korozyon direnci, yüksek bir ağırlık/tokluk oranı ile makul bir yapı sergilemektedir. Titanyumun yaptığı birçok alaşım sayesinde birçok farklı sektörde kullanılması mümkündür.

### 1.2.3. Malzeme Özellikleri

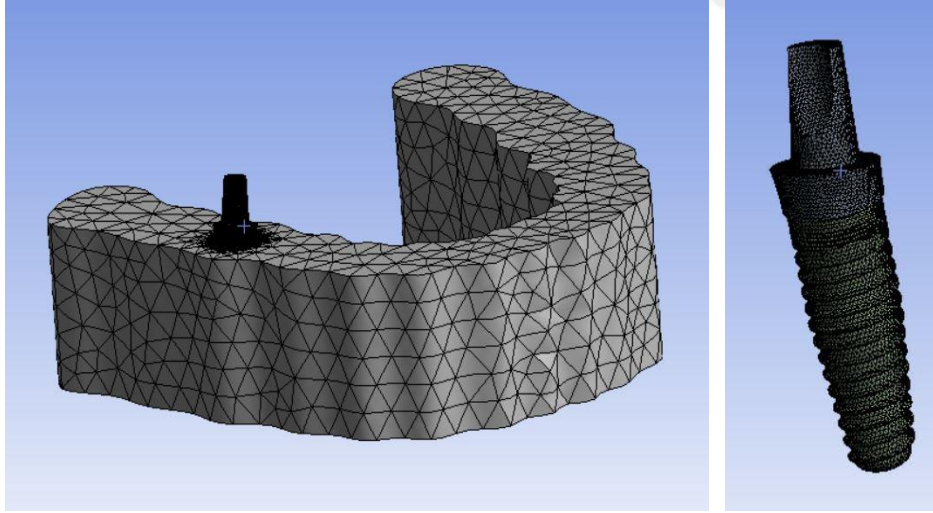
Analizi gerçekleştirmek için sisteme girilmesi gereken veriler tek tek tanımlanmıştır. Elastisite modülleri ve poisson oranları literatürden temin edilmiştir. Yapılan çalışmada kullanılan veriler tabloda verilmektedir.

**Tablo 4.** Malzeme Özellikleri

Malzeme	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Sert Kemik	14000	0.30
Yumuşak Kemik	1500	0.30
Titanyum	110000	0.35

### 1.2.4. Mesh Yapısı ve Yükleme

Malzeme özelliklerinin tanımlanmasının ardından analiz için ağ yapısı oluşturuldu. Oluşturulan ağ yapısının ardından dayanakların her birine 50 N'luk yük uygulanarak analiz yapıldı.



**Şekil 21.** Ağ yapısı oluşturulması

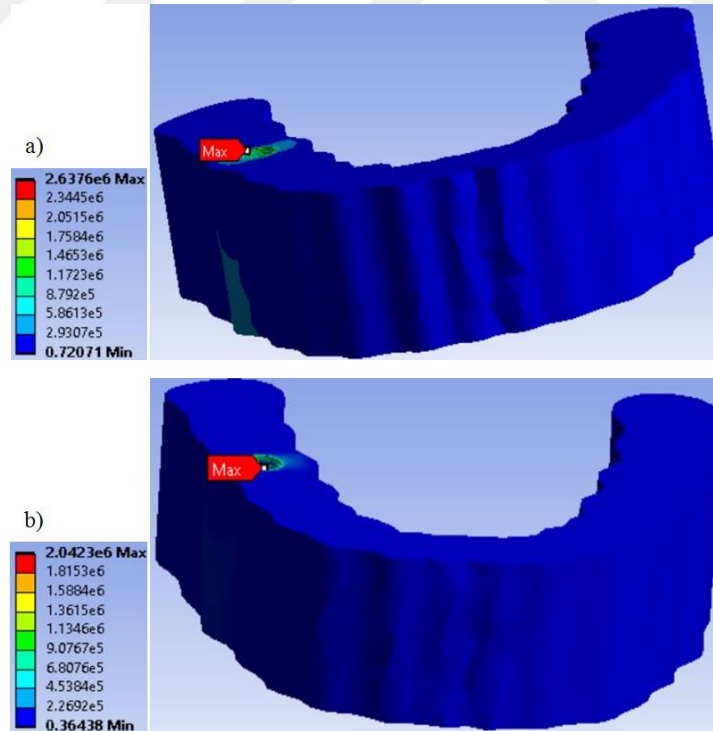
## 2. BULGULAR

Gerçeğe en yakın değerlerin elde edilebilmesi amaçlanarak analiz yöntemi olarak sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Tasarlanan modeller büyük azı dişinin altına yerleştirilerek 50 N kuvvet altında her bir model için analiz gerçekleştirilmiştir. Üç modelde de malzeme olarak titanyum kullanılmıştır. Analizler sonucunda modeller üzerinde meydana gelen gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerleri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

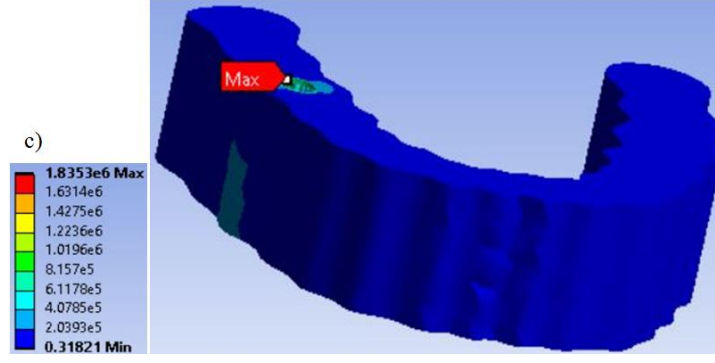
### 2.1. Kemik İçin Elde Edilen Değerler

#### 2.1.1. Gerilme Değerleri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, kemikte oluşan maksimum von-Mises gerilme değeri, Model 1 için 2,6376 MPa, Model 2 için 2.0423 MPa, Model 3 için 1.8353 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 22).



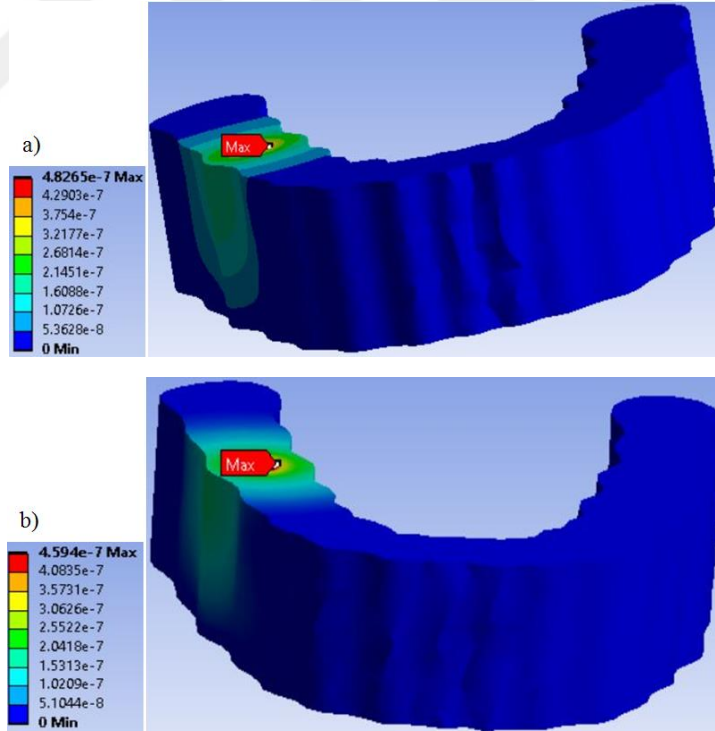
Şekil 22. Kemikte oluşan gerilme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3



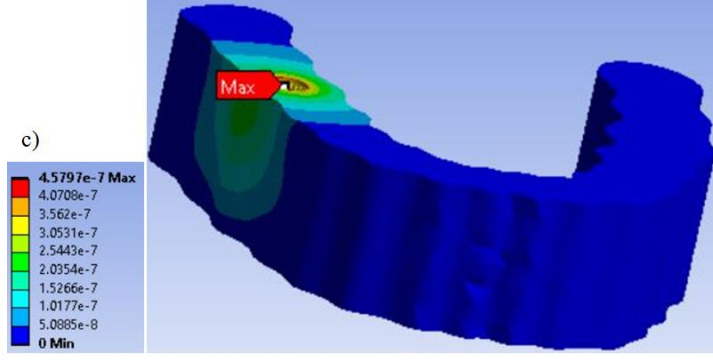
Şekil 22. (Devam) Kemikte oluşan gerilme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

### 2.1.2. Şekil Değişirme Değerleri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, kemikte oluşan maksimum şekil değışirme değeri nin, Model 1 için  $19.975 \times 10^{-5}$ , Model 2 için  $19.569 \times 10^{-5}$ , Model 3 için  $17.301 \times 10^{-5}$  olduğu görülmüştür (Şekil 23).



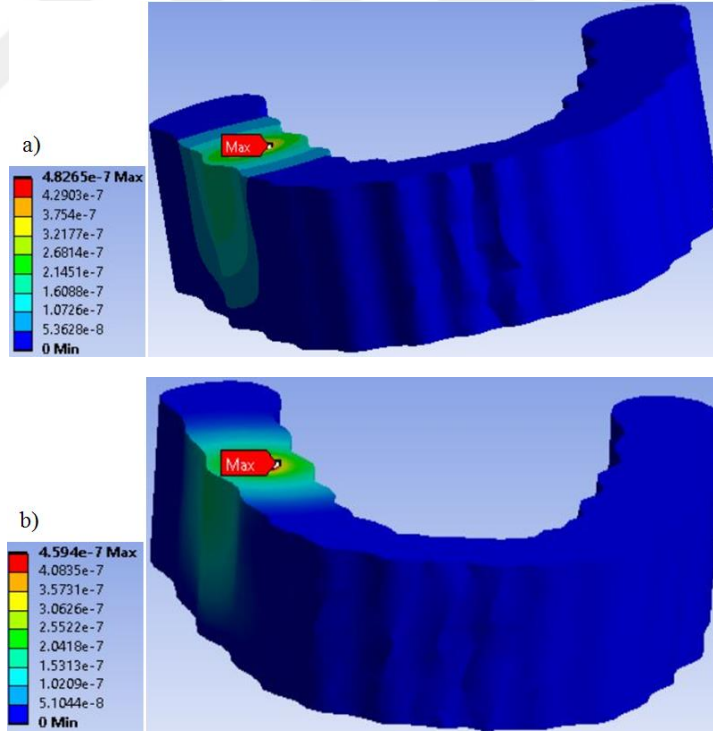
Şekil 23. Kemikte oluşan şekil değışirme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3



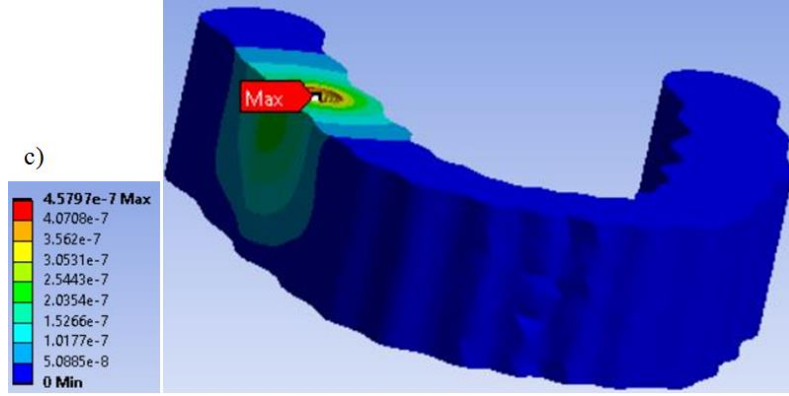
Şekil 23. (Devam) Kemikte oluşan şekil değiştirme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

### 2.1.3. Yer Değiştirme Değerleri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, kemikte oluşan maksimum yer değiştirme değerinin, Model 1 için  $4.8265 \times 10^{-4}$  mm, Model 2 için  $4.5940 \times 10^{-4}$  mm, Model 3 için  $4.5797 \times 10^{-4}$  mm olduğu görülmüştür (Şekil 24).



Şekil 24. Kemikte oluşan toplam yer değiştirme (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3



Şekil 24. (Devam) Kemikte oluşan toplam yer değıştirme (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

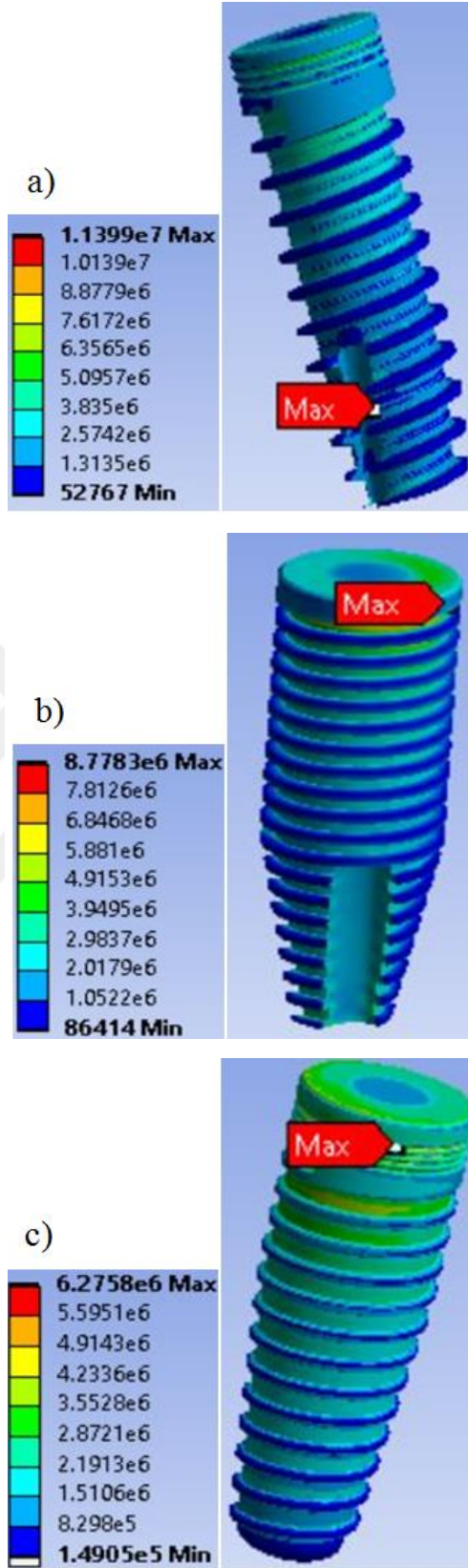
Model	Max gerilme değeri (MPa)	Max şekil değıştirme	Max yer değıştirme (mm)
M1	2.6376	$19.975 \times 10^{-5}$	$4.8265 \times 10^{-4}$
M2	2.0423	$19.569 \times 10^{-5}$	$4.5940 \times 10^{-4}$
M3	1.8353	$17.301 \times 10^{-5}$	$4.5797 \times 10^{-4}$

Tablo 5. Kemik için elde edilen değeri

## 2.2. Dental İmplant İçin Elde Edilen Değeri

### 2.2.1. Gerilme Değeri

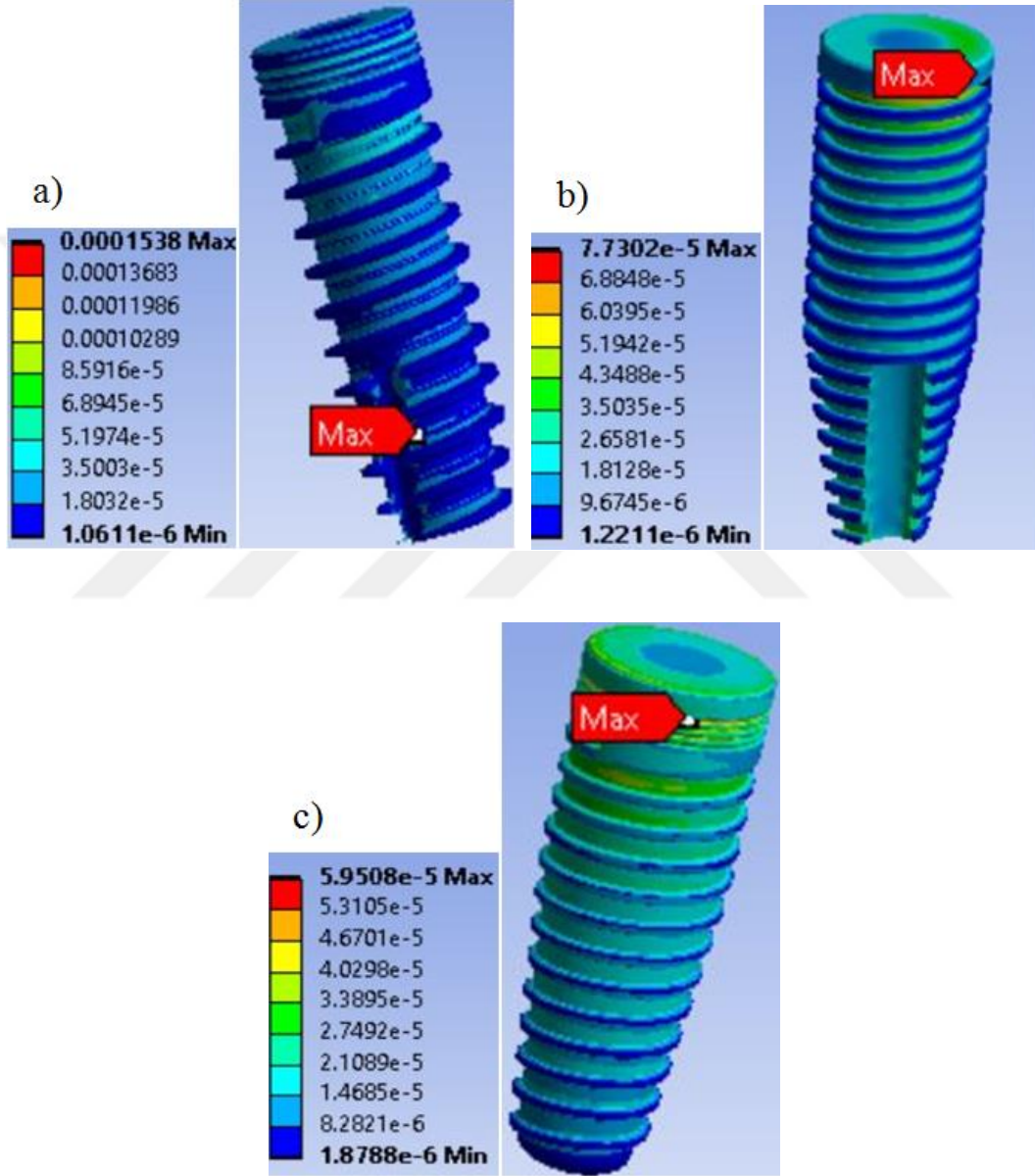
Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dental implantta oluşan maksimum von Mises gerilme değeri, Model 1 için 11.3990 MPa, Model 2 için 8.7783 MPa, Model 3 için 6.2758 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 25).



Şekil 25. Dental İmplantta Oluşan Gerilme Dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

## 2.2.2. Şekil Değişirme Değerleri

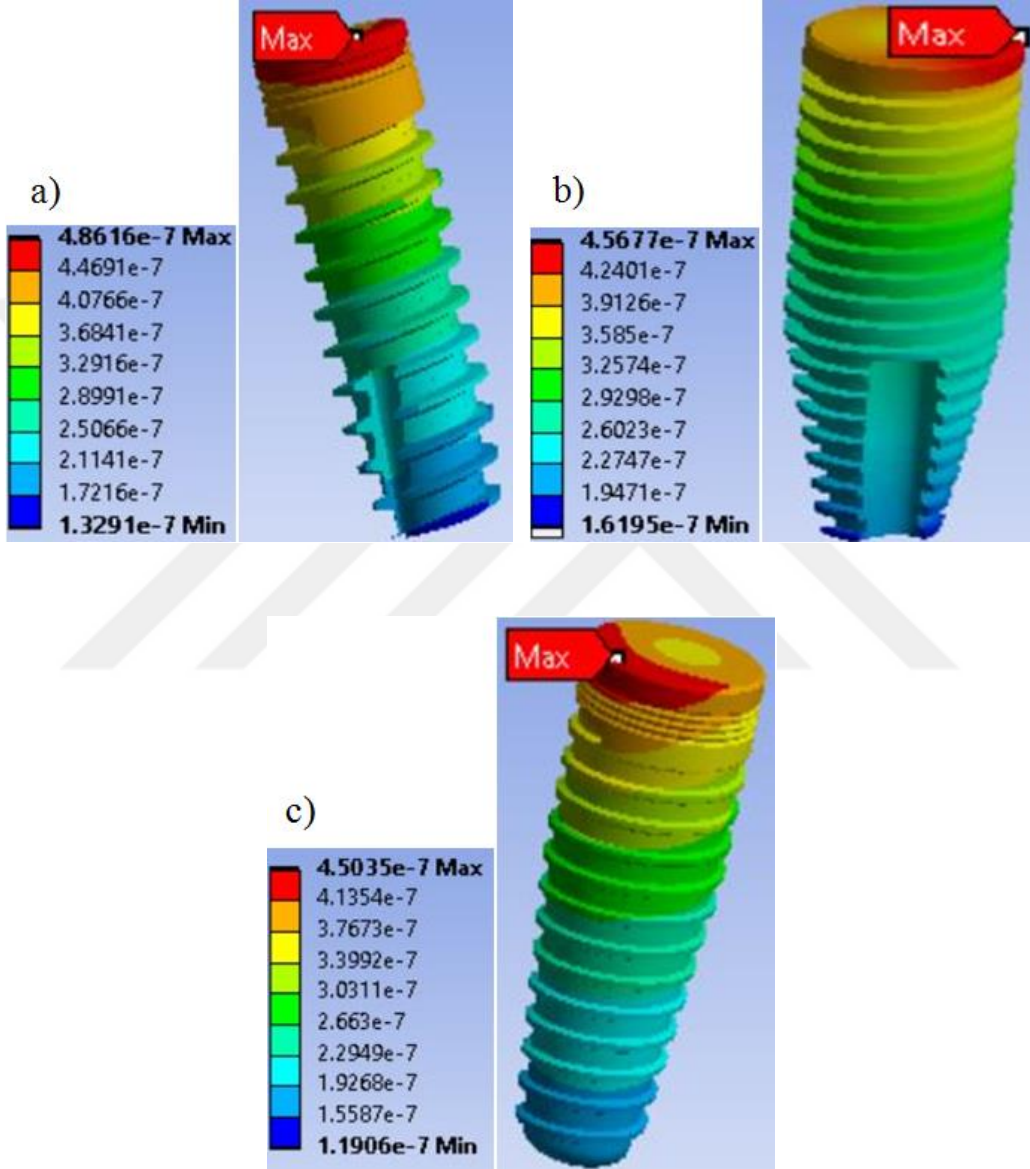
Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dental implantta oluşan maksimum şekil değışirme değeri, Model 1 için  $15.3800 \times 10^{-5}$ , Model 2 için  $7.7302 \times 10^{-5}$ , Model 3 için  $5.9508 \times 10^{-5}$  olduğu görülmüştür (Şekil 26).



Şekil 26. Dental implantta oluşan şekil değışirme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

### 2.2.3. Yer Değiştirme Değerleri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dental implantta oluşan maksimum yer değiştirme değeri, Model 1 için  $4.8616 \times 10^{-4}$  mm, Model 2 için  $4.5677 \times 10^{-4}$  mm, Model 3 için  $4.5035 \times 10^{-4}$  mm olduğu görülmüştür (Şekil 27).



Şekil 27. Dental implantta oluşan toplam yer değiştirme (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

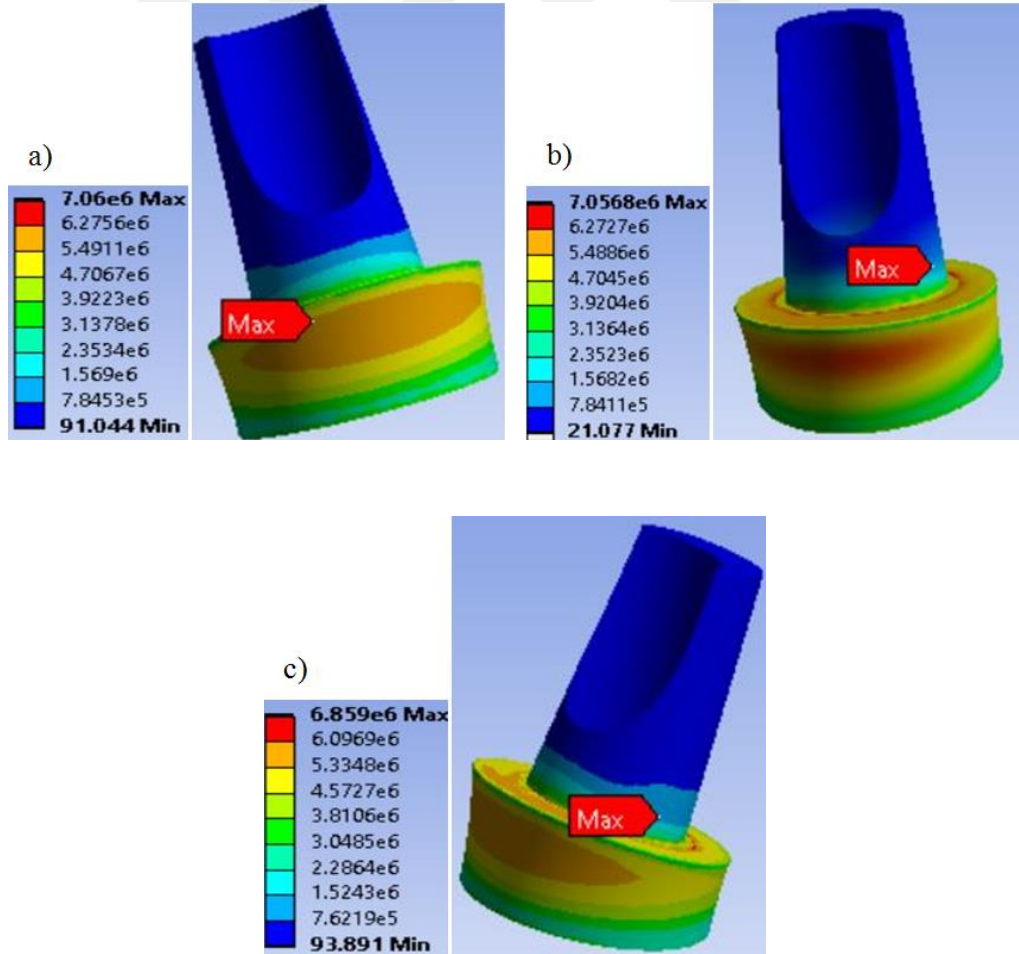
**Tablo 6.** Dental implant için elde edilen değerler

Model	Max gerilme değeri (MPa)	Max şekil değiştirme	Max yer değiştirme (mm)
M1	11.3990	$15.3800 \times 10^{-5}$	$4.8616 \times 10^{-4}$
M2	8.7783	$7.7302 \times 10^{-5}$	$4.5677 \times 10^{-4}$
M3	6.2758	$5.9508 \times 10^{-5}$	$4.5035 \times 10^{-4}$

## 2.3. Dayanak İçin Elde Edilen Değerler

### 2.3.1. Gerilme Değerleri

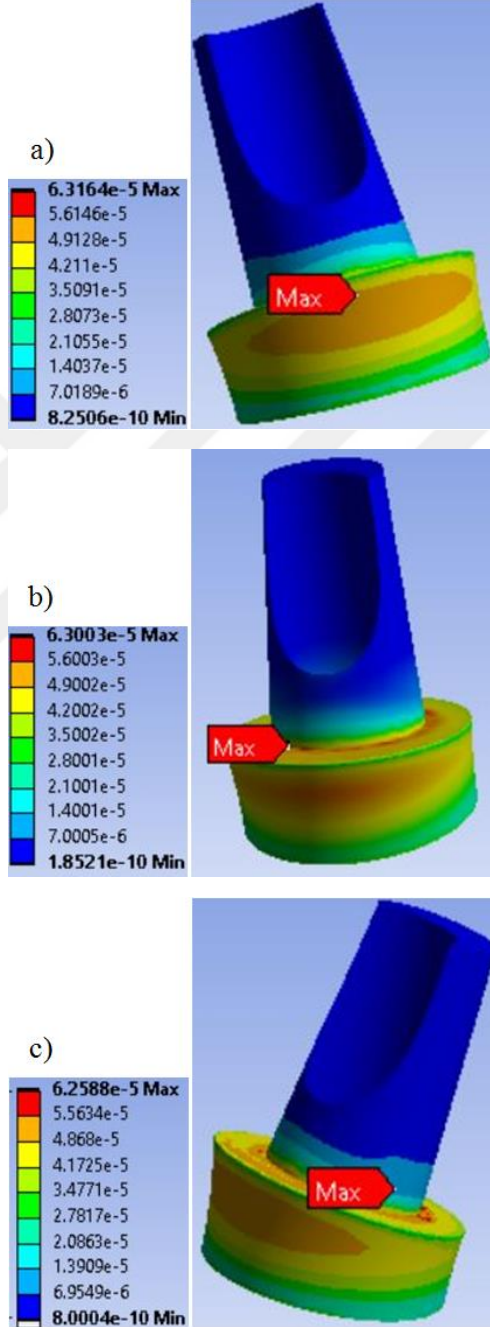
Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dayanakta oluşan maksimum von-Mises gerilme değeri, Model 1 için 7.0600 MPa, Model 2 için 7.0568 MPa, Model 3 için 6.8559 MPa olarak ölçülmüştür (Şekil 28)



**Şekil 28.** Dayanakta oluşan gerilme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

### 2.3.2. Şekil Değişirme Değerleri

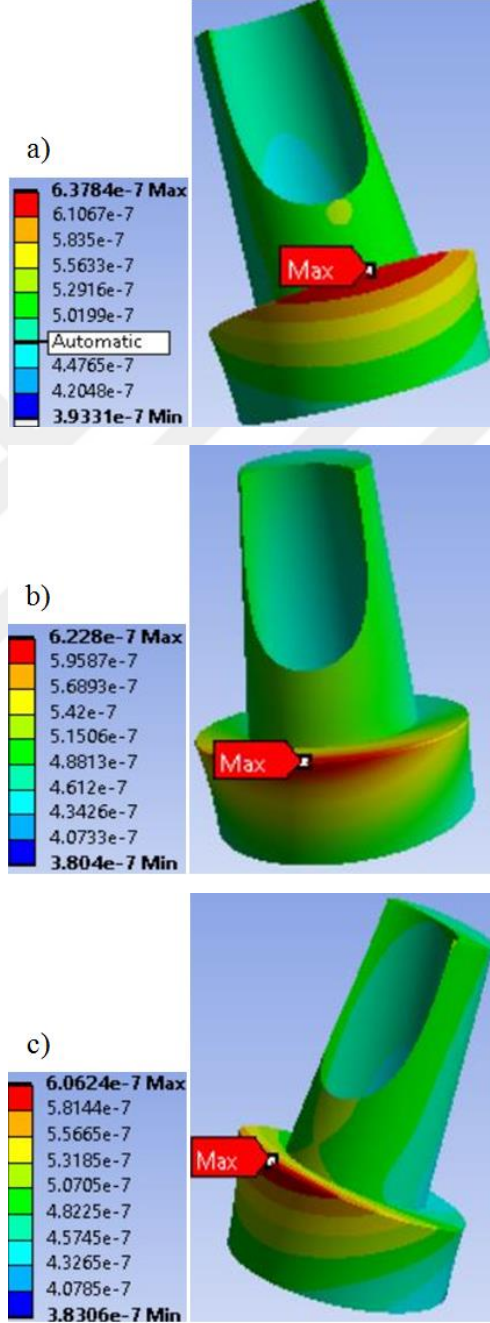
Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dayanakta oluşan maksimum şekil değışirme değeri, Model 1 için  $6.3164 \times 10^{-5}$ , Model 2 için  $6.3003 \times 10^{-5}$ , Model 3 için  $6.2588 \times 10^{-5}$  olduğu görülmüştür (Şekil 29).



Şekil 29. Dayanakta oluşan şekil değışirme dağılımı (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

### 2.3.3. Yer Değiştirme Değerleri

Yapılan analizlerin sonuçlarına göre, dayanakta oluşan maksimum yer değiştirme değeri, Model 1 için  $6.3784 \times 10^{-4}$  mm, Model 2 için  $6.2280 \times 10^{-4}$  mm, Model 3 için  $6.0624 \times 10^{-4}$  mm olduğu görülmüştür (Şekil 30).



Şekil 30. Dayanakta oluşan toplam yer değiştirme (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3

**Tablo 7.** Dayanak için elde edilen değerler

Model	Max gerilme değeri (MPa)	Max şekil değiştirme	Max yer değiştirme (mm)
M1	7.0600	$6.3164 \times 10^{-5}$	$6.3784 \times 10^{-4}$
M2	7.0568	$6.3003 \times 10^{-5}$	$6.2280 \times 10^{-4}$
M3	6.8559	$6.2588 \times 10^{-5}$	$6.0624 \times 10^{-4}$

#### 2.4. Farklı Tasarımların Kullanımı Sonucu Oluşan Değerlerin Karşılaştırılması

Aşağıdaki tablolarda, malzeme olarak Titanyum kullanılarak yapılan analizler sonucunda kemikte, dayanaklarda ve dental implantlarda oluşan maksimum von-Mises gerilme değerleri, maksimum şekil değiştirme değerleri ve maksimum toplam yerdeğiştirme değerleri verilmektedir (Tablo 8-10).

Tablo 8 ele alındığında kemik için gerilme değerleri Model 2, Model 3 te yakın olduğu fakat Model 3'te daha yüksek bir değer aldığı görülmektedir. Dental implantlarda ise gerilme değerleri, Model 1'de en yüksek değeri alırken Model 3' de ise en düşük değeri almıştır. Dayanaklar için değerler Model 1 ve Model 2'de birbirine yakın olmasının yanısıra maximum von-Mises gerilme değeri Model 1'de, minimum gerilme ise Model 3'de olmuştur.

**Tablo 8.** Maksimum von-Mises gerilme değerleri (MPa)

	Model 1	Model 2	Model 3
Kemik	2.6376	2.0423	1.8353
Dental İmplant	11.3990	8.7783	6.2758
Dayanak	7.0600	7.0568	6.8559

Tablo 9'da yer alan verilerde görüldüğü üzere şekil değiştirme değerleri kemikte, Model 1 ve Model 2'de birbirine yakınken Model 3'de daha düşük değer almıştır. Dental implantlarda en fazla değeri Model 1'de, en küçük değeri de Model 3'de almıştır. Dayanaklar için sonuçlar birbirine yakın değerler almıştır.

**Tablo 9.** Maksimum şekil değiştirme değerleri

	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
Kemik	$19.975 \times 10^{-5}$	$19.569 \times 10^{-5}$	$17.301 \times 10^{-5}$
Dental İmplant	$15.3800 \times 10^{-5}$	$7.7302 \times 10^{-5}$	$5.9508 \times 10^{-5}$
Dayanak	$6.3164 \times 10^{-5}$	$6.3003 \times 10^{-5}$	$6.2588 \times 10^{-5}$

Tablo 10'daki sayısal veriler incelendiğinde maksimum toplam yer değiştirme değerleri, kemikte, dental implantlarda ve dayanaklarda tüm modellerde birbirine yakınken en fazla değer Model 1'de en düşük değer Model 3'de görülmüştür.

**Tablo 10.** Maksimum toplam yer değiştirme değerleri (mm)

	<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
Kemik	$4.8265 \times 10^{-4}$	$4.5940 \times 10^{-4}$	$4.5797 \times 10^{-4}$
Dental İmplant	$4.8616 \times 10^{-4}$	$4.5677 \times 10^{-4}$	$4.5035 \times 10^{-4}$
Dayanak	$6.3784 \times 10^{-4}$	$6.2280 \times 10^{-4}$	$6.0624 \times 10^{-4}$

### 3. SONUÇ VE ÖNERİLER

#### 3.1. Sonuçlar

Yapılan çalışmada aynı boyutlarda farklı tasarımlara sahip 3 adet dental implantın tek tip implant malzemesi ile desteklenmesi sonucu oluşan gerilme dağılımları, şekil değiştirmeler ve yer değiştirmeler incelenmiştir. Elde edilen modellerin analizi ANSYS Workbench sonlu elemanlar programı ile yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

**Tablo 11.** Modellerin analiz değerleri

		<b>Model 1</b>	<b>Model 2</b>	<b>Model 3</b>
	Adım Mesafesi	1.02 mm	0.6 mm	0.75 mm
	Kanal Sayısı	2 adet	3 adet	0
	Yiv Derinliği	1.2 mm	1.1 mm	0.7 mm
<b>Kemik</b>	Gerilme (MPa)	26.376	20.423	18.353
	Şekil Değiştirme	$19.975 \times 10^{-5}$	$19.569 \times 10^{-5}$	$17.301 \times 10^{-5}$
	Yer Değiştirme (mm)	$4.8265 \times 10^{-4}$	$4.5940 \times 10^{-4}$	$4.5797 \times 10^{-4}$
<b>Dental İmplant</b>	Gerilme (Mpa)	113.990	87.783	62.758
	Şekil Değiştirme	$15.3800 \times 10^{-5}$	$7.7302 \times 10^{-5}$	$5.9508 \times 10^{-5}$
	Yer Değiştirme (mm)	$4.8616 \times 10^{-4}$	$4.5677 \times 10^{-4}$	$4.5035 \times 10^{-4}$
<b>Dayanak</b>	Gerilme (MPa)	70.600	70.568	68.559
	Şekil Değiştirme	$6.3164 \times 10^{-5}$	$6.3003 \times 10^{-5}$	$6.2588 \times 10^{-5}$
	Yer Değiştirme (mm)	$6.3784 \times 10^{-4}$	$6.2280 \times 10^{-4}$	$6.0624 \times 10^{-4}$

Model 1 ve Model 2’ de kanal sayısı ve yiv derinliği birbirine yakın, adım mesafesi farkı daha fazla olduğu için Model 1 ve Model 2’de oluşan değerlerde adım mesafesinin etkileri incelenmiştir;

- Kemikte oluşan şekil değiştirme değerleri birbirine yakınken, gerilme ve yer değiştirme değeri Model 1’ de daha yüksektir.
- Dental implantta oluşan yer değiştirme değerleri birbirine yakınken, gerilme ve şekil değiştirme değeri Model 1’de daha yüksektir.
- Dayanakta oluşan gerilme ve şekil değiştirme değerleri birbirine yakınken, yer değiştirme değeri Model 1’de daha yüksektir.

Model 2 ve Model 3’ de adım mesafesi değeri birbirine yakın, kanal sayısı ve yiv derinliği değeri farkı daha fazla olduğu için Model 2 ve Model 3’de oluşan değerlerde kanal sayısı ve yiv derinliğinin etkileri incelenmiştir;

- Kemikte oluşan yer değiştirme değeri birbirine yakınken, Model 2’de şekil değiştirme ve gerilme değeri daha yüksektir.
- Dental implantta oluşan yer değiştirme değeri birbirine yakınken, Model 2’de şekil değiştirme ve gerilme değeri daha yüksektir.
- Dayanakta oluşan şekil değiştirme değeri birbirine yakınken, gerilme ve yer değiştirme değeri Model 2’de daha yüksektir.

Tüm bu veriler ele alındığında;

- Adım mesafesi arttıkça kemik dokuda gerilme ve yer değiştirme değeri; dental implantta gerilme ve şekil değiştirme; dayanakta ise yer değiştirme değeri artmıştır.
- Yiv derinliği ve kanal sayısı arttıkça; kemik dokuda gerilme ve şekil değiştirme; dental implantta gerilme ve şekil değiştirme; dayanakta gerilme ve yer değiştirme değeri artmıştır.

Sonuçlara bakıldığında kemik doku, dental implant ve dayanak için maksimum von-Mises gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerlerinin Model 1’de, minimum değerlerin ise Model 3’de olduğu görülmüştür.

Tasarım olarak daha boşluklu yapıya sahip olan Model 1’de gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değeri daha yüksekken, tasarım olarak daha boşluksuz, bütün bir yapıya sahip olan Model 3’de gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değeri daha düşüktür. Bu sebeple Model 3 implant tasarımının kullanılması önerilir.

### 3.2. Öneriler

Konu üzerinde bundan sonra yapılması önerilecek çalışmalar aşağıda sıralanmıştır.

1. Yapılan çalışmalar farklı boyutlar ve yoğunluklardaki çene kemiği için tekrarlanabilir.
2. Alt çene kemiğinde farklı boyutlarda ve farklı tasarımlarda dental implantlar kullanılarak gerilme, şekil değiştirme ve yer değiştirme değerleri incelenerek en iyi implant tasarımı seçilebilir.
3. Yapılan çalışmada dental implantın yerleştirildiği bölge değiştirilerek elde edilen sonuçlar incelenebilir.
4. Oluşturulan modeller farklı yazılım programlarıyla analiz edilip çıkan sonuçlar karşılaştırılabilir.
5. Dental implantta kullanılan malzeme titanyumdan farklı bir malzeme seçilip analiz sonucu karşılaştırılabilir.
6. Sunulan öneriler dikkate alınarak, aynı analiz şartlarında üst çene kemiği için de çalışma yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- Abraham, C.M. (2014). A brief historical perspective on dental implants, their surface coatings and treatments, *The Open Dentistr Journal*, 8: 50-55.
- Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P., & Eriksson, A. R. (1986). The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 1, 11–25.
- Al-Johany, S. S., Al Amri, M. D., Alsaeed, S., & Alalola, B. (2017). Dental Implant Length and Diameter: A Proposed Classification Scheme. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 26(3), 252–260.
- ANSYS 16.0, (2016). Swanson Analysis Systems Inc., Houston PA, USA.
- Arlin M. (1987). Dental implants. Periodontal considerations. *Journal (Canadian Dental Association)*, 53(8), 615–617.
- Baggi, L., Cappelloni, I., Maceri, F. and Vairo, G. (2008). Stress-based performance evaluation of osseointegrated dental implants by finite-element simulation. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 16, 971–987.
- Banazlı, Y. (2022). Farklı materyallerden imal edilerek üst yapısı tamamlanan dar çaplı dental implantların kırılma dayanımlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi. Uzmanlık tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 91.
- Baştan, Aİ. (2022). Tek diş eksikliğinde farklı adet ve tasarımlarda implant uygulanmasının farklı kuvvetler altında oluşturduğu stres dağılımının sonlu elemanlar analiz yöntemi ile incelenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, 201.
- Brånemark, P. I., Hansson, B. O., Adell, R., Breine, U., Lindström, J., Hallén, O., ..., Ohman, A. (1977). Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery. Supplementum*, 16, 1–132.
- Dağ, M., Karaçaylı, Ü. (2015). Dental implantlarda yapısal ve yüzey özellikleri, *Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 25, 119-127.
- Damlar, İ., Özyılmaz, E., Altan, A. ve Özyılmaz, E. (2014). Üç boyutlu sonlu eleman analiz yöntemiyle iki ticari implant sisteminin gerilme dağılımlarının incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2(3), BiyoMekanik2014, ISSN: 1308-6693, 175-180.
- Demirkol, H. (2020). İmplant üstü protezlerin biyomekanik özellikleri. Bitirme Tezi, İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 52.

- DeTolla, D. H., Andreana, S., Patra, A., Buhite, R., & Comella, B. (2000). Role of the finite element model in dental implants. *The Journal of oral implantology*, 26(2), 77–81.
- Ding, X., Zhu, X. H., Liao, S. H., Zhang, X. H., & Chen, H. (2009). Implant-bone interface stress distribution in immediately loaded implants of different diameters: a three-dimensional finite element analysis. *Journal of prosthodontics: official journal of the American College of Prosthodontists*, 18(5), 393–402.
- Ebrahimi, F. (Ed.). (2012). Finite Element Analysis - New Trends and Developments. InTech, 5-20.
- Fish, J., & Belytschko, T. (2007). *A first course in finite elements* (Vol. 1). New York: Wiley.
- Gültekin, B. A., Gültekin, P., Yalçın, S., (2012). Application of Finite Element Analysis in Implant Dentistry. *Finite Element Analysis – New Trends and Developments* (pp.21-54), Rijeka: Intech Publications.
- Gümüş, H.Ö. (2007). Üç farklı dental implant yiv tasarımının ve iki farklı dental implant çapının değişik yoğunluktaki kemik üzerinde oluşturdukları streslerin üç boyutlu sonlu elemanlar stres analizi yöntemi ile karşılaştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 117.
- Holmgren, E. P., Seckinger, R. J., Kilgren, L. M., Mante, F. (1998). Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis--a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. *The Journal of oral implantology*, 24(2), 80–88.
- Huang, H. L., Hsu, J. T., Fuh, L. J., Tu, M. G., Ko, C. C., & Shen, Y. W. (2008). Bone stress and interfacial sliding analysis of implant designs on an immediately loaded maxillary implant: a non-linear finite element study. *Journal of dentistry*, 36(6), 409–417.
- Ivanoff, C. J., Gröndahl, K., Sennerby, L., Bergström, C., & Lekholm, U. (1999). Influence of variations in implant diameters: a 3- to 5-year retrospective clinical report. *The International journal of oral & maxillofacial implants*, 14(2), 173–180.
- Jafarian, M., Mirhashemi, F. S., & Emadi, N. (2019). Finite element analysis of stress distribution around a dental implant with different amounts of bone loss: An in vitro study. *Dental and medical problems*, 56(1), 27–32.
- Karaman, H. (2018). Dental implantların yapısal analizi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa, Türkiye, 117.

- Koutouzis, T., Richardson, J., & Lundgren, T. (2011). Comparative soft and hard tissue responses to titanium and polymer healing abutments. *Journal of Oral Implantology*, 37(sp1), 174-182.
- Köse, S. (2013). Hasarlı çene kemiği tedavisinde protez dolgu malzemesinin ve abutment boyunun etkisinin sonlu elemanlar yöntemiyle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye, 113s.
- Ledley, R. S., & Huang, H. K. (1968). Linear model of tooth displacement by applied forces. *Journal of dental research*, 47(3), 427-432.
- Lee, J. H., Frias, V., Lee, K. W., & Wright, R. F. (2005). Effect of implant size and shape on implant success rates: a literature review. *The Journal of prosthetic dentistry*, 94(4), 377-381.
- Misch, C.E. (2007) Contemporary Implant Dentistry. 3rd Edition, Mosby, St. Louis.
- Mohamed I. El-Anwar, Mohamed M. El-Zawahry. (2011). A three dimensional finite element study on dental implant design, *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 9(1):77-82
- Nişancı, G.N., (2021). Kemik dokuda ve implant çevresindeki gerilme dağılımına farklı protez tasarımlarının etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 16.
- Nişancı, G.N., Güvercin, Y, Ateş S.M., Ölmez, H., Uzun Yaylacı E. and Yaylacı, M., (2020). "Investigation of the effect of different prosthesis designs and numbers on stress, strain and deformation distribution", *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(4), 138-152. <https://doi.org/10.24107/ijeas.816227>
- Özyılmaz, E. (2014). Kisa dental implantlarda implant üstü protetik yapılara etki eden fonksiyonel kuvvetlerin sonlu elemanlar analizi yöntemiyle incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 71.
- Palmer R. Howe L. C. Palmer P. J. Bavisha K. & Suleiman M. (2012). *Implants in clinical dentistry (Second)*. Informa Healthcare. Retrieved May 18 2023 from <http://site.ebrary.com/id/10516044>.
- Ring, M.E. (1995). A thousand years of dental implants: A definitive history- Part 1. *Compendium Continuing Education Dental*, 16, 1060-1069.
- Robau-Porrúa, A., Pérez-Rodríguez, Y., Soris-Rodríguez, L. M., Pérez-Acosta, O., & González, J. E. (2020). The effect of diameter, length and elastic modulus of a dental implant on stress and strain levels in peri-implant bone: A 3D finite element analysis. *Bio-medical materials and engineering*, 30(5-6), 541-558.

- Sandallı P. (2000). *Oral İmplantoloji*, Erler Matbaacılık, 84-86.
- Sarı, P. (2021). İmplant yüzeylerinin mikro ve makro topografisinin değerlendirilmesi ve osteointegrasyon açısından önemi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 14.
- Sarıok, E. (2021). Güncel dental implant ve üst yapı dizaynları. Bitime Tezi, İstanbul Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, 53.
- Sauk, J.J., O'Neal, R.B., and Someman, M.J. (1992). Biological requirements for material integration. *Journal of Oral Implants*, 18, 243-255.
- Searson, L. J., Gough, M., & Hemmings, K. (2005). History and development of dental implants. *Implantology in general dental practice*. London, Chicago: Quintessence Publishing Co, 19-41.
- Solidworks 2019, (2019). Dassault Systèmes Solidworks Corporation. Waltham MA, USA.
- Spiekermann H., Donalt K. ve Hassel T. (1995). *Color Atlas of Dental Medicine* New York: Thieme Medical Publishers.
- Steigenga, J., Al-Shammari, K., Misch, C., Nociti, F. H., Jr, & Wang, H. L. (2004). Effects of implant thread geometry on percentage of osseointegration and resistance to reverse torque in the tibia of rabbits. *Journal of periodontology*, 75(9), 1233–1241.
- Terzi M, Güvercin Y, Ateş S.M, Sekban D.M, Yaylacı M., (2020). Effect of different abutment materials on stress distribution in peripheral bone and dental implant system. *Sigma Journal of Engineering And Natural Sciences*, 38(3), 1515-1527.
- Terzi, M. (2021). Kemik dokuda ve implant çevresindeki gerilme dağılımına farklı protez malzemelerin etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 14.