

**İKİ FARKLI POLİSAJ DİSK SİSTEMİNİN NANOPARTİKÜLLÜ  
DENTAL KOMPOZİT DOLGU MATERYALLERİNİN YÜZEY  
ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

**EFFECT OF TWO DIFFERENT POLISHING DISC SYSTEMS ON  
THE SURFACE PROPERTIES OF DENTAL COMPOSITE  
RESTORATIVES WITH NANOPARTICLES**

**ARZU TUNA**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

NANOTEKNOLOJİ ve NANOTIP Anabilimdalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

**2011**

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **NANOTEKNOLOJİ ve NANOTIP ANABİLİM DALI'**  
**nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Emir Baki Denkbaş

Üye (Danışman) : Prof. Dr. Arlin Serpuhi Kiremitci

Üye : Doç. Dr. Handan Yavuz

Üye : Doç. Dr. Çiğdem Çelik

Üye : Doç. Dr. Eylem Öztürk Güven

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından ...../...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca ...../...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Adil DENİZLİ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# İKİ FARKLI POLİSAJ DİSK SİSTEMİNİN NANOPARTİKÜLLÜ DENTAL KOMPOZİT DOLGU MATERYALLERİNİN YÜZEY ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ARZU TUNA

## ÖZ

Bu çalışmanın amacı, kullanılan iki farklı çok basamaklı polisaj disk sisteminin, güncel nanodolduruculu ve mikrohibrit kompozit dolgu materyallerinin yüzey özellikleri üzerindeki etkisinin, yüzey pürüzlülük cihazı (Perthometer), SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ve AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) ile incelenmesidir.

Çalışmamızda, bir anterior nanohibrit (Clearfil Majesty Esthetic), bir universal nanohibrit (Tetric Nanoceram), bir anterior mikrohibrit (Gradia Direct) ve bir üniversal nanodolduruculu kompozit (Filtek Supreme xt) kullanılmıştır. Pleksiglas kalıplar içindeki boşluklar, restoratif malzeme ile doldurulup, LED ışık kaynağı ile polimerize edilerek, örnekler hazırlanmıştır. Restorasyonların yüzeyinin iyi bir şekilde tesviye edilip parlatılması için, iki farklı marka alüminyum oksit polisaj disk sistemi (Sof-lex 3M, ESPE; Poli-pro, Premier) kullanılmıştır. Dört değişik restoratif materyalle hazırlanmış örnekler üç gruba ayrılmıştır. Birinci gruba Sof-lex disk sistemi, ikinci gruba Premier poli-pro disk sistemi ile polisaj uygulanmış, üçüncü grup ise şeffaf polyester bant altından çıktığı haliyle bırakılıp polisaj uygulanmamıştır (kontrol grubu). Yüzey pürüzlülük ölçümleri sırasında, 3'ü polisaj yönünde ve 3'ü polisaja dik yönde olmak üzere toplam 6 ölçüm alınarak kaydedilmiştir. Daha sonra elde edilen veriler, T-Testi ve ANOVA tek yönlü varyans analizi ile istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. AKM ve SEM görüntülemeleri için, her bir gruptan birer örnek olacak şekilde toplam 12'şer örnek ayrılarak yüzey özellikleri açısından incelenmiştir.

Yüzey pürüzlülük verilerine göre, polisaj yönü ve polisaja dik yönde yapılan ölçümler arasında anlamlı bir fark gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Bununla birlikte kontrol grubu dikkate alınmadığında, kullanılan restoratif materyaller ve polisaj disk sistemleri arasında ise, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p > 0,05$ ). Yüzey pürüzlülüğü açısından sadece Filtek Supreme ve polisaj yönünde yapılan

ölçümlerde Clearfil Majesty Esthetic için, şeffaf polyester bant altından çıkan, kontrol grubu ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Yüzeylerin SEM ve AKM ile yapılan nitel değerlendirmeleri de, yüzey pürüzlülük verilerini desteklemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Restoratif materyal, Nanokompozit, Polisaj, Polisaj disk sistemi, Yüzey Pürüzlülüğü, Perthometer, AKM, SEM.

**Danışman:** Prof. Dr. Arlin Serpuhi Kiremitci, Hacettepe Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi, Diş Hastalıkları ve Tedavisi Anabilim Dalı.

# **EFFECT OF TWO DIFFERENT POLISHING DISC SYSTEMS ON THE SURFACE PROPERTIES OF DENTAL COMPOSITE RESTORATIVES WITH NANOPARTICLES**

**ARZU TUNA**

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to investigate the effects of two different multi-step polishing disc systems on the surface properties of nanofill and microhybrid composites by using Surface roughness equipment (Perthometer), SEM (Scanning Electron Microscope) and AFM (Atomik Force Microscope).

In our study, an anterior nanohybrid (Clearfil Majesty Esthetic), an universal nanohybrid (Tetric Nanoceram), an anterior microhybrid (Gradia Direct) and an universal nanofill composite (Filtek Supreme xt) were used. After, the spaces in Pleksiglas moulds were filled with restorative material, the samples were prepared by polymerizing with LED light source. In order to polish the surface of restorations, two different aluminum oxide polishing disc systems (Sof-lex, 3M ESPE; Poli-pro, Premier) were employed. The samples prepared with four different restorative materials were separated into three groups. Sof-lex disc systems and Premier poli-pro disc systems were applied to the first group and second group respectively while polishing was not applied to the third group after the removal of Mylar polyester strip (control group). Through the surface roughness analysis, six different measurements, 3 in the lengthwise direction of polishing and 3 in the perpendicular direction of polishing, were recorded. Afterwards, the collected data were evaluated statistically by using T-test and ANOVA One Way Analysis of Variance. For both AFM imaging and SEM imaging, the surface properties of twelve samples taken from each group were analyzed.

According to the surface roughness data, it was obtained that there was a significant difference between the ones in the lengthwise direction of polishing and the ones in the perpendicular direction of polishing ( $p < 0,05$ ). However, it was observed that there was not a significant difference between the restorative materials and polishing disc systems when the control group was not considered. ( $p > 0,05$ ). The results corresponding to the measurements in filtek supreme and in

the lengthwise direction of polishing for clearfil majesty esthetic show that there was not a statistically significant difference between the control group and the others considering the surface roughness ( $p>0,05$ ). The qualitative evaluations by using SEM and AFM also support the surface roughness data.

**Keywords:** Restorative material, nanocomposite, polishing, polishing disc system, surface roughness, Perthometer, AFM, SEM.

**Advisor:** Prof. Dr. Arlin Serpuhi Kiremitci, Hacettepe University, Faculty of Dentistry, Department of Restorative Dentistry.

## TEŞEKKÜR

*Tez çalışmalarım da beni destekleyip her zaman yanımda olan, bütün çalışmalarımı gerçekleştirebilmem için her türlü yardımı özveriyle gösteren, güleryüzü ve anlayışıyla bütün sorunlarıma çözüm getiren, değerli hocam Prof. Dr. Arlin Kiremitci'ye,*

*Lisans döneminden beri hep güleryüzü ve içtenliğiyle tanıdığım, lisans döneminden sonra da bana yol gösterip kararlar almamı sağlayan değerli hocam, Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Emir Baki Denkbaş'a,*

*Çalışmalarım sırasında yardımlarını hiçbir şekilde esirgemeyen Tayfu Vural'a,*

*Lisans döneminden beri beraber olduğum, içtenlikleri ve güleryüzleriyle hep yanımda olan, Özge Çaldıran'a ve Ilgım Göktürk'e,*

*Tüm Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim Dalı ailesine,*

*Hayatım boyunca desteklerini her zaman hissettiğim canım aileme,*

*Sonsuz Teşekkürler...*

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

## Sayfa

ÖZ.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Nanobilim ve Nanoteknoloji.....	3
2.2. Nanoteknolojinin Tarihçesi.....	4
2.3. Nanomalzemeler ve Kompozitler.....	7
2.4. Nanomalzemelerin Üretim Teknikleri.....	8
2.4.1. Yukarıdan Aşağı Üretim Tekniği.....	9
2.4.2. Aşağıdan Yukarı Üretim Tekniği.....	9
2.5. Diş Hekimliğinde Nanoteknoloji.....	10
2.6. Diş Hekimliğinde Kullanılan Restoratif Kompozit Rezinler.....	11
2.6.1. Kompozit Rezinlerin Temel Yapısı.....	14
2.6.1.1. Organik Yapı.....	14
2.6.1.1.1. Metil Metakrilat Matriksli Olanlar.....	14
2.6.1.1.2. BIS-GMA Matriksli Olanlar.....	15
2.6.1.2. İnorganik Yapı.....	16
2.6.1.3. Ara Bağlayıcılar (Sılanlar).....	17
2.6.2 Kompozit Rezinlerin İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklükleri ve Yüzdelerine Göre Sınıflandırılması.....	17



2.7. Dental Nanokompozitler.....	18
2.8. Dental Kompozitlere Uygulanan Bitirme ve Parlatma Yöntemleri.....	20
2.8.1. Bir Restorasyonu Bitirmede Dikkate Alınması Gereken Belli Kriterler....	22
2.8.1.1. Bitirme Aletinin (frezinin) Şekli.....	22
2.8.1.2. Bitirme Aletinin (frezinin) Yüzey Niteliği.....	22
2.8.1.3. Restorasyonun Yüzey Niteliği.....	23
2.8.1.4. İşlem Sırası.....	24
2.8.2. Polisaj Disk Sistemleri.....	24
2.9. Kompozit Resin Yüzeylerinin Nitelik ve Nicelik Açısından Değerlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler.....	25
2.9.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü.....	25
2.9.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu).....	27
2.9.2.1. SEM'in Kullanım Alanları.....	27
2.9.3. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu).....	28
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	30
3.1. Restoratif Materyaller.....	30
3.2. Polisaj Disk Sistemleri.....	31
3.2.1. Sof-lex Disk Sistemi ve Premier Poli-pro Disk Sistemi.....	31
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	33
3.4. Kullanılan Deneysel Yöntemler.....	34
3.4.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü.....	34
3.4.2. İstatistiksel Analizler.....	36
3.4.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntülemesi.....	36
3.4.4. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) Görüntülemesi.....	38
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	40
4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Analizi.....	40
4.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi.....	47
4.2.1. Filtek Supreme xt için SEM Analizi.....	47

4.2.2. Clearfil Majesty Esthetic için SEM Analizi.....	49
4.2.3. Gradia Direct için SEM Analizi.....	51
4.2.4. Tetric Nanoceram için SEM Analizi.....	53
4.3. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) Analizi.....	55
4.3.1. Filtek Supreme xt için AKM Analizi.....	55
4.3.2. Clearfil Majesty Esthetic için AKM Analizi.....	59
4.3.3. Gradia Direct için AKM Analizi.....	63
4.3.4. Tetric Nanoceram için AKM Analizi.....	67
5. GENEL SONUÇLAR.....	71
6. KAYNAKLAR DİZİNİ.....	72
ÖZGEÇMİŞ.....	82

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1.	Nanopartiküllerin üretiminde kullanılan yaklaşımlar (Gürmen ve Ebin, 2008).....	8
Şekil 2.2.	Dental kompozitlerdeki dimetakrilatlar (Bektaş vd., 2006).....	16
Şekil 3.1.	Kullanılan restoratif materyaller.....	30
Şekil 3.2.	Sof-lex disk sistemi.....	32
Şekil 3.3.	Premier poli-pro disk sistemi.....	32
Şekil 3.4.	Restoratif materyalle doldurulmuş kalıp görüntüsü.....	33
Şekil 3.5.	Örneklerin materyal ismi, disk sistemi ve sıra numarasıyla isimlendirilmesi.....	34
Şekil 3.6.	Kullanılan Perthometer M2 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.....	35
Şekil 3.7	Ölçüm yönlerinin şematik gösterimi.....	36
Şekil 3.8.	Kullanılan SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüsü.....	37
Şekil 3.9.	Kullanılan Atomik Kuvvet Mikroskobu (a) AKM (b) AKM'nin mekanik bölümü.....	39
Şekil 4.1.	Filtek Supreme xt için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.....	48
Şekil 4.2.	Cearfil majesty esthetic için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri ve okla gösterilen prepolimerize organik doldurucular. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.....	50
Şekil 4.3	Gradia Direct için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri ve okla gösterilen prepolimerize organik doldurucular. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.....	52
Şekil 4.4.	Tetric Nanoceram için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.....	54
Şekil 4.5.	Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....	56

- Şekil 4.6. Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....57
- Şekil 4.7. Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, Polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....58
- Şekil 4.8. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....60
- Şekil 4.9. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....61
- Şekil 4.10. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, Polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....62
- Şekil 4.11. Gradia Direct restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....64
- Şekil 4.12. Gradia Direct restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....65
- Şekil 4.13. Gradia Direct restoratif malzemesinin, Polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....66
- Şekil 4.14. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....68
- Şekil 4.15. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....69
- Şekil 4.16. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, Polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.....70

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Nanoteknolojinin tarihi gelişimi (İlyasoğlu ve El, 2009).....	6
Çizelge 2.2. Kompozit restorasyon materyallerinin sahip olmaları gereken özellikler (Salz 1992; Moszner and Klapdohr, 2004a).....	14
Çizelge 2.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması (Altun, 2005).....	18
Çizelge 3.1. Restoratif materyaller ve içerikleri.....	30
Çizelge 3.2. Kullanılan polisaj disk sistemleri.....	31
Çizelge 4.1. Kullanılan restoratif malzemelerin, polisaj yönünde, yüzey pürüzlülük değerleri Ra ( $\mu\text{m}$ ) ve standart sapmaları.....	41
Çizelge 4.2. Kullanılan restoratif malzemelerin, polisaja dik yönde, yüzey pürüzlülük değerleri Ra ( $\mu\text{m}$ ) ve standart sapmaları.....	41

## **SİMGELER VE KISALTMALAR**

Bis-GMA	: Bis fenol A Glisidil Dimetakrilat
UDMA	: Üretan Dimetakrilat
Bis-EMA	: Bis fenol A Etilen Glikol Dimetakrilat
TEG-DMA	: Trietilen Glikol Dimetakrilat
R <sub>a</sub>	: Yüzey Pürüzlülük Değeri
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
TEM	: Geçirgenlik Elektron Mikroskobu
AKM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
KDTK	: Kendiliğinden Düzenlenmiş Tekli Katmanlar
UYV	: Ultra Yüksek Vakum
pN	: Pikonewton
nN	: Nanonewton
µm	: Mikrometre
KV	: Kilovolt
Rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı

## 1. GİRİŞ

Kompozit rezinler, diş renginde olmaları, dentin adezivlerle birlikte kullanıldıklarında, diş dokularına adezyon göstermeleri ve diş dokularını desteklemeleri nedeniyle günümüzde sıklıkla hekimler ve hastalar tarafından tercih edilmektedir. Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezin restoratif materyaller, Bis-GMA, UDMA veya TEGDMA gibi, organik rezin matris içinde yer alan baryum alüminyum silikat, kuvars, zirkon ve silikon dioksit gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur. Nanoteknoloji birçok alandaki avantajları ile birlikte diş hekimliğinde de yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur. Günümüzde nanoboyutta doldurucu partiküller içeren kompozitler üretilmeye başlanmıştır. Bu tipteki kompozitlerin fiziksel özellikleri gelişmiştir ve daha iyi polisaj yapılabilme avantajına sahiptirler (Yap et al., 2004a; Özel vd., 2008b). Bu yeni kompozit rezinler, ön ve arka dişlerde ve özellikle estetiğin ön planda olduğu ön dişlerin labial yüzeylerinde kullanılmaktadırlar.

Kompozit rezinlerin estetik görünümü ve klinik ömrü polisaj işlemlerinden büyük oranda etkilenmektedir. İyi bir polisaj, restorasyonlar üzerinde oluşabilecek plak birikiminin azaltılması, restorasyonların renklenmelerinin önlenmesi, diş eti irritasyonunun engellenmesi ve dolaylı olarak ikincil çürüklerin önlenmesinde de önem taşımaktadır.

Günümüzde kompozit restorasyonların bitirme ve polisaj işlemlerinde; elmas ya da karbid bitirme frezleri, arkansas taşları, silikon polisaj lastikleri ve patları, alüminyum oksit içeren diskler, gibi farklı ürünler kullanılmaktadır (Roeder et al., 2000; Baseren, 2004).

Malzemelerin yüzey pürüzlülüğü ve kimyası yüzeye uygulanan çeşitli yüzey işlemleri yardımıyla değiştirilebilir. Estetik diş hekimliğinin temel amacı, mineye benzeyen şekilde parlak ve pürüzsüz yüzey elde etmektir. Son yıllarda nanoteknolojinin gelişmesiyle malzemelerin yüzey özelliklerini nano boyutlarda inceleyebilen cihazlara olan ihtiyaç da artmaktadır. Malzemelerin yüzey pürüzlülüklerinin incelenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemler, yüzey pürüzlülük ölçümü, optik mikroskop, taramalı elektron mikroskobu (SEM),

geçirgenlik elektron mikroskobu (TEM) ve atomik kuvvet mikroskobu (AKM) analizleridir (Vancso et al., 2009).

SEM, yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle çalışır ve yüzeyin topografik yapısıyla ilgili görüntü elde edilmesini sağlar.

1980'lerde geliştirilen AKM ise, taramalı uç mikroskopları serisinin bir üyesidir (Binning et al., 1986). AKM sıvı ya da katı örneklerin yüzey topografisini nanometre seviyesinde görüntüleyebilen ve moleküller arası kuvvetleri ölçebilen bir sistemdir. AKM yüzey görüntülemenin yanı sıra mikro ve nano boyuttaki malzemelerin bölgesel özelliklerini direkt olarak ölçmekte de kullanılabilir.

Bu çalışmanın amacı, nano ve mikro boyutta doldurucu partiküller içeren dört farklı kompozit restoratif materyalin polisajında kullanılan iki farklı polisaj disk sisteminin, kompozitlerin yüzey özellikleri üzerindeki etkilerini, yüzey pürüzlülük cihazı (Perthometer), AKM ve SEM ile incelemek, ayrıca materyaller ve disk sistemleri arasında fark olup olmadığını değerlendirmektir.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Nanobilim ve Nanoteknoloji

Yeni bir teknolojinin en iyi tanımlaması, o teknoloji ile edinilen yeni kelime ve kavramların anlaşılması, kullanım alanlarının en iyi şekilde betimlenmesi ile mümkündür. Eski Yunan dilinde küçük, bodur anlamına gelen “Nano” kelimesi, terminolojik olarak bir metrenin milyarda biri olarak kullanılmaktadır. Uzunluk birimi olarak mikrometrenin ( $\mu\text{m}$ ) binde birini ifade eder. Kıyaslama yapabilmek amacıyla; yaklaşık 10 hidrojen atomunun 1 nanometre (nm) büyüklüğünde olduğu söylenebilir.

“Nanoteknoloji” materyalleri nanometrelerle ölçülebilecek düzeyde işleyen, pek çok çalışma alanını ya da disiplini birleştiren uygulamalı multidisipliner bir teknolojidir (Freitas, 2005).

Başka bir tanıma göre ise nanoteknoloji, aşağı yukarı 1 – 100 nanometre aralığında olan boyutlardaki maddenin incelenmesi ve işlenmesidir. Bu boyutlarda yapılan çalışmalarda gerçekleşen benzersiz fenomenler, yepyeni uygulamalara olanak sağlamaktadır. Nano-boyuttaki bilimi, mühendisliği ve teknolojiyi kapsayan nanoteknoloji, maddenin bu boyut ölçeğinde görüntüleme tekniğini, ölçümünü, modellemesini ve manipülasyonunu içermektedir. Nano-boyutta, malzemelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, tek tek atomların ve moleküllerin ya da kütleli haldeki malzemenin özelliklerinden temel olarak ve yararlı bir yönde farklı olmaktadır. Nanoteknoloji alanında araştırma ve geliştirme çalışmaları, bu yeni özelliklere sahip olan gelişmiş malzemeler, aygıtlar ve sistemlerin anlaşılması ve de yaratılmasına yönelmiştir (Sharifzadeh, 2006; Menceloğlu ve Kırca, 2008).

Nanoteknolojinin temeli, atom veya molekülleri tek tek hassas şekilde birleştirip, doğadaki atomik dizilimi taklit ederek istenen ürünü elde etme ilkesine dayanmaktadır. Çünkü maddeleri farklı kılan; en küçük birim olan atomların dizilişlerindeki çeşitliliğidir.

Nanoteknolojiye olan ilginin gün geçtikçe artmasının 3 temel nedeni vardır;

- Nanoteknolojik araştırmalar, maddenin temel bilgisindeki eksiklikleri tamamlamaktadır.
- Nanoteknoloji, yeni uygulamalar vaat etmektedir.
- Endüstriyel protiplendirme ticari boyut kazanmıştır (Roco., 2007).

Nanobilim ise, nanometre ölçeğinde madde ve enerjiyi inceleyen bilimdir. Önemi, nanometre ölçeğinde fizik kurallarının farklı işlemlerinden ve maddeyle enerjinin bu ölçekte farklı özellikler taşımalarından kaynaklanmaktadır.

Bir tanıma göre nanobilim; hem küçük moleküler olan, hem de tüm boyutlarıyla makroskopik olan sistemlerinkinden çok farklı (genellikle yararlanılabilecek sıradışı ve beklenmeyen yönlerde) dinamik özelliklere neden olan nanoskopik (1–100 nm) uzamsal boyutların en az birine sahip olan sistemlerin yapılarını, dinamiklerini ve özelliklerini inceleyen bilimdir (Sharifzadeh, 2006; Menceloğlu ve Kirca 2008).

## **2.2. Nanoteknolojinin Tarihçesi**

Ünlü fizikçi Richard Feynman 1959 yılında, Amerikan Fizik Topluluğu'nun Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde gerçekleştirilen yıllık toplantısındaki konuşmasında, "Altlarda kullanacak daha çok oda var" sözü ile nanoteknolojiden isim olarak hiç söz etmese de, ilk kez malzemelerin ve aygıtların nanometre aralığındaki özelliklerinin, gelecekte fırsatlara olanak tanıyacağı yaklaşımını ileri sürmüştür. Richard Feynman'ın bu konuşmasıyla, atomik boyutta yapılabilecek teknolojik gelişmeleri ortaya koymasının ardından başlayan minyatürleştirme akımı sonrası, nanoteknoloji terimi, ilk defa, 1974 yılında Taniguchi tarafından tanımlanmıştır (Feynman, 1959; Taniguchi et al., 1974b). Taniguchi'ye göre nanoteknoloji, "nanometre altı çözünürlük ile nanometre duyarlılığında konum kontrol, boyutsal ölçüm ve malzeme işleme teknolojileriyle bütünleşik işleme sistemleri" teknolojileridir (Taniguchi et al., 1996a).

Atom ve moleküllerle oynayarak nano boyutta moleküler üretimden (molecular manufacturing) söz eden ve çalışmalarını Feynman'ın görüşlerine dayandıran bir diğer fizikçi Eric Drexler'dir. Drexler, moleküler imalata ait temel fikirleri, 1980

yılında yayınlanan “Moleküler üretime yönelik protein tasarımı” isimli makalesinde ortaya koymuştur. 1981 yılında ise, “Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology” isimli kitabı ile moleküler yapılardan makinelere geçişi vurgulamıştır. Ayrıca Eric Drexler, bu kitabında “atom ve moleküllerin kendiliğinden düzenlenen (self-assembly) mekanizmalar gibi davranarak nanoboyutta üretim görevlerini yerine getirmeleri” iddiasını sunmuştur. Böylece, aşağıdan yukarıya teknolojilerin kullanımını ile nanomalzemelerin üretimi günümüzde nanoteknolojik çalışmalarda önemli bir alan haline gelmiştir (Drexler, 1992; Menceloğlu ve Kırca, 2008; Benli, 2008).

1981’de taramalı tünelleme mikroskopununun (STM) icat edilmesi, bilim insanlarına yapıları nanoölçekte ele alma ve görüntüleme olanağı sağlamıştır. Bundan sonra, 1985’de “fullerenlerin” keşfi ve 1986’da da “atomik kuvvet mikroskopunun” icat edilmesi, nanobilimle nanoteknolojide asıl dönüm noktaları olmuş ve bunların, bilimle teknolojinin en fazla gelecek vadeden dallarını oluşturmak üzere evrimleşmelerinin önünü açmıştır.

1991’de ise, fullerenlerle ilgili çalışmaların sonucunda, temelde kenarları silindirik oluşturacak şekilde yuvarlanmış grafit tabakalardan oluşan ve olağanüstü özellikleri nedeniyle elektronik malzeme mühendisliğinde geniş uygulama potansiyeli olduğu öngörülen, karbon atomlarının tüpe benzer yapılarının keşfi gerçekleşmiştir.

1990’larda, ABD, Avrupa ve Japonya’daki federal hükümetler, nano-elektronik, nano-malzemeler gibi nanoteknolojinin çeşitli dallarında programlarla ilgilenmeye başlamışlardır. 1990’ların sonlarına doğru, bu alanın çeşitli küçük çaplı bilim alanının dağıtılmasıyla değil, aynı bilimin, yani nanoteknolojinin farklı yönleriyle ele alınarak işleneceği anlayışı kabul edilmiştir. Böylece hemen hemen neredeyse tüm sanayileşmiş ülkelerde nanoteknoloji, devlete ait araştırma ve geliştirme programlarının özel bir alanı olarak kurulmuştur (Menceloğlu ve Kırca, 2008).

Çizelge 2.1. Nanoteknolojinin tarihi gelişimi (İlyasoğlu ve El, 2009).

Yıl	Nanoteknoloji Alanındaki Yenilikler ve Gelişmeler
1959	Richard Feynman'ın "Aşağıda Daha Çok Yer Var" adlı konuşmasında nanoteknolojiye ait olaylara değinmesi, nanoteknolojinin başlangıcı kabul edilmektedir.
1974	Nanoteknoloji terimini ilk kez Norio Taniguchi kullanmıştır.
1981	Gerd Binnig ve Gerhard Rohrer taramalı tünelli mikroskobu (STM) üretmişlerdir.
1986	İlk Nanoteknoloji kitabı, Eric Drexler tarafından yazılmıştır. İlk Atomik kuvvet mikroskobu bulunmuştur.
1991	Karbon nanotüp Sumio İjima tarafından üretilmiştir.
1996	Nasa, nanoteknoloji üzerinde çalışmaya başlamıştır.
1997	İlk Nanoteknoloji şirketi olan Zynex, Amerika'da kurulmuştur.
2004	Nanomekanik sistemler için ilk merkez kurulmuştur.

### 2.3. Nanomalzemeler ve Kompozitler

Nanoboyutlu malzemeler üzerine gerçekleştirilen çalışmalar son yıllarda büyük gelişme göstermiştir. Nanoboyutlu malzeme olarak tanımlanan yapılar; nanokristaller, nanopartiküller, nanotüpler, nanoteller, nanoçubuklar veya nano ince filmler gibi farklı sınıflara ayrılmaktadır. Bu konu üzerine ilginin yoğunlaşmasının temel sebebi, maddelerin belli boyut aralığında hacimsel yapılarından farklı olarak olağandışı özellikler ve işlevsellik sergilemeleridir (Goldstain, 1997; Rao et al., 2005).

Yaygın olarak kullanılan yapı elemanları, metaller, polimerler, kompozitler ve seramikler olmak üzere dört gruba ayrılabilir (Staab, 1999). Çeşitli kompozit malzemeler çok eski çağlardan beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Fakat son yıllarda geliştirilen ileri kompozit malzemeler, malzeme uygulamalarında bir devrim meydana getirmiştir (Şen ve Sayman, 2006b). Kompozit malzemeler genel olarak kullanılan destek elemanına göre, fiber destekli ve tanecik destekli olarak sınıflandırılırlar (Staab, 1999). Tanecik destekli kompozit malzemelerde matris malzemesi, bir veya daha fazla farklı malzemedan oluşan tanecikler içermektedir. Bu tanecikler, metalik veya metalik olmayan malzemelerden olabilir. Aynı durum matris malzemesi için de geçerlidir. Kısacası dört farklı bileşim tanımlanabilir;

- a) Metal olmayan matris içerisinde metal olmayan tanecikler,
- b) Metal olmayan matris içerisinde metalik tanecikler,
- c) Metal matris içinde metal tanecikler,
- d) Metal matris içinde metal olmayan tanecikler,

olmak üzere (Jones, 1999). Tanecikli kompozitlerde destek elemanı olarak kullanılan tanecikler, çeşitli şekil ve boyutlarda olabilir.

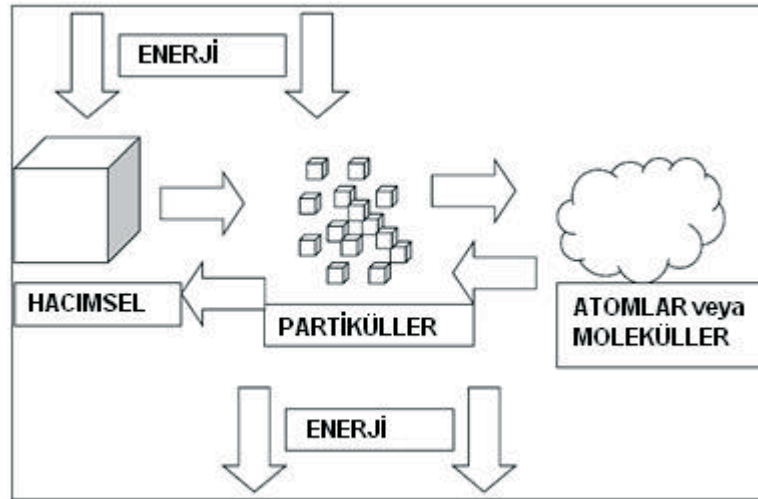
Kompozit malzemelerde polimer esaslı matrislerin yanı sıra, metal veya seramik türevi malzemeler de matris olarak kullanılmaktadır. Diğer matrislerin kullanılmasına rağmen, kompozit malzemelerin % 90'ı polimer esaslı matrislerle üretilmektedir (Bağcı, 2006). Polimerlerin kullanım alanlarının çeşitlenerek artması, dolayısıyla kullanımlarının gerektirdiği mekanik, ısı ve elektriksel özellikleri

sağlayan polimerlerin geliştirilmesi ya da mevcut polimerlerin katkı maddeleri ile istenilen özelliklere getirilmesi önem kazanmış ve bu yönde yapılan çalışmalar artmıştır (Tavman ve Turgut, 2006). Polimerler genel olarak fiberler ve tanecikler ile desteklenmektedir. Fiber destekli polimerik kompozit yapılarda, polimer matrisler çeşitli şekillere sahip fiberler ile desteklenebilmektedir. Fakat günümüzde polimer matrisler, nano boyutlara sahip tanecikler ile de desteklenmeye başlanmış ve elde edilen kompozit malzemeler, polimerik nanokompozitler olarak adlandırılmıştır (Şen F vd., 2010a).

#### 2.4. Nanomalzemelerin Üretim Teknikleri

Nanoyapılı malzemelerin ve cihazların tasarlanmasını, üretimini ve işlevsel olarak kullanımını kapsayan nanoteknoloji alanındaki yeni gelişmeler için ilk basamak, nanopartiküllerin üretimidir. Nanoteknolojik malzemelerin çıkış noktasını oluşturan nanopartiküller geniş bir kimyasal aralık ve morfolojide üretilebilirler (Liveri, 2006). Üretim iki ana yol izlenerek yapılabilir:

- Yukarıdan-aşağıya üretim yaklaşımı
- Aşağıdan-yukarıya üretim yaklaşımı



Şekil 2.1. Nanopartiküllerin üretiminde kullanılan yaklaşımlar (Gürmen ve Ebin, 2008).

### **2.4.1. Yukarıdan Aşağı Üretim Tekniği**

Yukarıdan aşağı üretim yaklaşımına dahil olan yöntemlerde, hacimsel malzemeye dışarıdan mekaniksel ve/veya kimyasal işlemler ile enerji verilmesi sonucunda, malzemenin nano boyuta kadar inebilecek küçük parçalara ayrılması esas alınmaktadır (Sergeev, 2006).

Bu teknikte, kütleli malzeme ele alınır, ardından şekillendirilerek, yapısı oluşturularak ve modifiye edilerek istenilen ürüne dönüştürülür. Küçük ve daha küçük yapılar üretilmesine neden olan motivasyon temel olarak, gelecek nesil bileşenlerde nanoelektronik alanına girmek amacıyla, çeşitli µm teknoloji işlemlerinin geliştirildiği mikroelektronik alanı tarafından belirlenmektedir. Bir diğer önemli yukardan - aşağıya üretim yaklaşımı, özellikle de optik alanına yönelik, son derece hassas bileşenlerin, örneğin mekanik ya da plazma işlemiyle gerçekleştirilen yüzey şekillendirilmesidir. Litografi, nano bileşenlerde çok küçük parça boyutlar elde etmek için kullanılan anahtar teknolojidir. Farklı fiziksel ilkelere dayalı olan ve çözünürlük, hız, kalıptan çıkarma ve transfer adımlarıyla ilgili olarak, farklı özellikleri olan çeşitli litografi metotları bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak, ışın litografi teknikleri (optik, x-ışını, iyon ışın ya da elektron) ya da yumuşak litografi teknikleri (baskı yapma, damgalama, kalıp ve kabartma hazırlama) gösterilebilir (Luther, 2004).

### **2.4.2. Aşağıdan Yukarı Üretim Tekniği**

Nanoteknolojideki bir diğer önemli üretim yolu olan aşağıdan yukarıya yaklaşım ise, atomik veya moleküler boyuttaki yapıları kimyasal reaksiyonlar ile büyüterek, partikül oluşumunun gerçekleştirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Nanokristalin metal ve alaşımlarının üretiminde kullanılan ilk yöntem olan gaz yoğunlaştırma tekniği, aşağıdan yukarıya yaklaşımıyla çalışmaktadır. Kimyasal buhar kaplama, kimyasal buhar yoğunlaştırma, sol-jel ve sprey piroliz yöntemleri de bu yaklaşımın en çok bilinen diğer üyeleridir (Sergeev, 2006).

Aşağıdan yukarı yaklaşım, atomik ya da moleküler kümelerin, daha büyük sistemlere dönüşmek üzere spesifik olarak düzenlenmeleridir. Bu yöntem temel olarak, kendiliğinden düzenlenmenin ilkelerinden, organik/inorganik sınır yüzeylerinden ve moleküler sistemlerin hazırlanmış olan yüzeylere seçici olarak

kimyasal ya da fiziksel bağlanmalarından yararlanır. Çift sarmallar, protein kaplamaları ve çoklu-protein komplekslerini de içeren çeşitli biyolojik moleküler-üstü yapılar, bu tür kendiliğinden yapılanmayla oluşmaktadırlar. Bu tür “programlanabilir” moleküler ve moleküler-üstü sistemler, tanıma işlemleri, sinyal transferi ya da yapıların oluşturulması gibi oldukça seçici işlemlerin meydana getirilmesi için büyük öneme sahiptirler. En fazla çeşitlilik gösteren tanıma birimleri kullanılarak, nanometre boyutlarında olan çok sayıda yapı, şekil ve desen (bantlar, yüzükler, silindirler, filmler, şeritler vs.) oluşturmak mümkün olacaktır. Buna göre, moleküler tanıma tarafından güdülen işlemler, katı cisimlerin kontrollü yapılandırması için bir yaklaşım olarak özel bir öneme sahiptir (Luther 2004).

Teknoloji dünyasında, nano yapıdaki katmanlar ya da kümeler oluşturmak üzere, gaz fazda, sıvı fazda ya da vakumda uygulanabilecek, kendiliğinden-düzenlenmeye dayalı çok sayıda teknik geliştirilmiştir. Ana yöntemlerden bazıları “Kendiliğinden-Düzenlenmiş Tekli-Katmanlar” (KDTK), “yaş kimyasal sentez” ve “gaz fazda ya da vakumda biriktirme” teknikleridir (Luther, 2004).

## **2.5. Diş Hekimliğinde Nanoteknoloji**

Dental materyallerin geliştirilmesinde nanoteknoloji büyük rol oynamaktadır. Düşük polimerizasyon büzülmesi, yüksek aşınma direnci ve biyoyumluluk gösteren kompozitlerin yanı sıra, aşınmaya karşı dirençli, koruyucu kaplamalar, seramikler ve özel yapıda cam doldurucular gibi belirli bir amaca yönelik tasarlanmış nano veya mikroyapılarda, nanoteknolojinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Nanoteknoloji ayrıca dental implant ve biyoseramiklerin yüzey kaplamaları gibi, biyoaktif veya biyoyumlu materyallerin geliştirilmesinde de dikkat çekmektedir (Hench, 1997). Tüm bu alanlarda nanopartiküller ve inorganik-organik nanokompozitler önemli rol oynamaktadır.

Radyopak cam, kuvars veya seramik partikülleri gibi inorganik doldurucular ve dimetakrilat karışım esaslı organik rezin matriksten oluşan kompozitler, diş hekimliğinde restorasyon materyali olarak kullanılmaktadır. Nanoteknoloji sayesinde, restorasyon materyallerinin önemli bazı özelliklerinde, gelişme sağlanabilir. Restorasyon materyallerinin polimerizasyon büzülmesini azaltarak, aşınma direnci ve biyoyumluluğunu artırmak amacıyla, monomer matriks olarak



inorganik-organik hibrid materyaller kullanılabilir. Radikal olarak polimerize olabilen metakrilat grupları veya halka açılma polimerizasyonu yapabilen siklik gruplar içeren, hidrolitik olarak sıkıştırılabilir, organik olarak modifiye edilmiş trialkoksisilanlar, sol-jel işlemi ile elde edilebilir. Nanodoldurucular, elastisite modülünün artışına ve kompozit rezinlerin optik özelliklerinin geliştirilmesine katkıda bulunurlar. Ayrıca düşük ısıda işlenebilir porselenlerin sentezinde de başlangıç bileşeni olarak kullanılabilirler. Üstelik koruyucu ve aşınmaya karşı dirençli kaplama materyali, metal alaşımları ve özel içerikli cam doldurucuların üretilmesinde de iyi tasarlanmış nano ve mikroyapılı sol-jel bileşenler kullanılabilir (Moszner and Klapdohr, 2004a).

Diş hekimliğinde, arka bölge dişlerdeki Sınıf I ve II restorasyonlar yüksek mekanik özellikler taşıyan; ön bölgedeki restorasyonlar ise, üstün estetik özellikler taşıyan kompozitlerin kullanımını gerektirir. Bu nedenle, nanoteknoloji, kompozit rezin araştırmalarında büyük ilgi odağıdır. Partiküllerin boyutlarının azaltılması ve boyut dağılımının genişlemesi sonucunda, daha fazla miktarda doldurucu partikül, kompozit rezin içine ilave edilebilir. Sonuç olarak, hem polimerizasyon büzülmesi azalır hem de gerilme dayanımı, sıkışma dayanımı ve fraktür direnci gibi mekanik özellikler geliştirilir (Moszner and Salz, 2001b; Mitra et al., 2003; Moszner and Klapdohr 2004a). Ayrıca, doldurucu partiküllerin küçük boyutu, kompozit rezinlerin optik özelliklerini artırır çünkü çapları, görünür ışığın dalga boyunun bir fraksiyonudur (0,4 – 0,8 µm). Sonuçta insan gözü partikülleri seçemez (Mitra et al., 2003). Bu kompozitlerin aşınma oranları azalır ve parlaklıkları daha kalıcıdır. Sonuç olarak, üreticiler, gün geçtikçe gelişen nanoteknolojinin sayesinde üretilen nanokompozitleri, hem ön hem de arka dişlerdeki restorasyonlar için önermektedirler.

## **2.6. Diş Hekimliğinde Kullanılan Restoratif Kompozit Rezinler**

Mine ve dentin dokusuna bir bağlayıcı ajan yardımıyla adezyon ile bağlanan kompozit rezinler 1962 yılında Dr. Ray Bowen tarafından tanıtılmış ve günümüze kadar önemli gelişmeler göstermiştir. Kompozit kelimesi terminolojik olarak materyallerin fiziksel bir karışımı anlamına gelmektedir (Hickel et al., 1998; Dayangaç, 2000).

Amalgama alternatif olarak üretilen ve uzun yıllardan beri estetik dolgu materyali olarak kullanılan kompozit rezinler, formülasyonlarındaki değişiklikler, geliştirilen fiziksel özellikleri, diş sert dokularına adezyonları ve geniş renk skalasına sahip estetik görünümleri ile tartışılmaz üstünlüğe sahiptirler. Kompozit rezinler, esas olarak organik bir matriks içerisine, belli oranlarda ilave edilen inorganik doldurucular ve doldurucuların organik matrikse tutunmasını sağlayan bağlayıcı kısımdan oluşan dolgu maddeleridir (Hickel et al., 1998; Craig, 2000a; Jackson et al., 2000).

Genel anlamda, hem organik hem de inorganik maddeleri içeren bu dolgu maddelerine, birleşik anlamına gelen, 'Kompozit' adı verilmiştir (Leinfelder, 1985b; Willems et al., 1993b). Genel olarak ideal bir dolgu maddesi; mekanik etkilere karşı dirençli, kavite duvarlarına adaptasyonu iyi, ısı iletkenliği az, pörözitesi azaltılmış, canlı dokularla biyolojik olarak uyumlu, hazırlanması ve uygulanması kolay, özellikle ön grup dişler için estetik olarak uyumlu, radyopak doldurucu içeren, ağız içinde hacim ve şekil değişikliğine uğramayan, maliyeti ucuz ve raf ömrü uzun, mine-dentin adezivlerle uyumlu, bitirme ve polisaj işlemleri iyi ve kalıcı olmalıdır.

Klinik deneyimler, diş hekimliğinde kullanılan tüm restoratif materyallerin radyopak olması gerektiğini göstermektedir (Chan et al., 1999; Hara and Serra, 2001; Attar et al., 2003). Özellikle estetik materyallerin radyopak özellikte olması, yapılan restorasyonların şekli, konturu, taşkınlığı, pulpa ve periodonsiyum ile ilişkisi hakkında bilgi edinilmesinde ve restorasyon altındaki ikincil çürüklerin teşhisinde büyük önem taşımaktadır (Chan et al., 1999; Hara and Serra, 2001; Jandt et al., 2002; Attar et al., 2003). Kompozit rezinlerin radyopaklığı, polimer matrikse ilave edilen doldurucu partiküllerin miktarına, kimyasal özelliklerine, boyutuna ve yoğunluğuna bağlıdır (Hosoda et al., 1990; Toyooka et al. 1993; Rubo and El-Mowayf, 1998). Radyopaklığı sağlayan radyopak doldurucular, kompozit rezinde ısıl genleşmeyi artırmaları ve materyallerde fazla aşınmaya neden olmalarından dolayı sınırlı miktarda eklenirken, nanoteknoloji ürünü kompozit rezinlere, kimyasal sol-jel işlemi ile mikron ve nano boyutlarında üretilen doldurucuların ilavesiyle bu sorunun ortadan kaldırıldığı ifade edilmektedir (Moszner and Klapdohr, 2004a).

Kompozit restorasyon materyalinde bulunması gereken özellikler, uygulama, fizikokimyasal, klinik ve toksikolojik gereksinimler olmak üzere farklı alt gruplarda incelenebilir (Çizelge 2.2). Dolgu materyallerinin klinik başarısı, büyük oranda, endikasyonun doğru koyulmasına bağlıdır. Posterior bölgedeki restorasyonlarda açığa çıkan stresler, anterior bölgedeki restorasyonlardan çok daha fazladır. Kompozit dolgu materyallerinin klinik başarısını artırmak amacıyla, aşağıda belirtilen konular üzerinde araştırmalar yoğunlaştırılmıştır.

- Kenar uyumunun geliştirilmesi ve tekrarlayan çürüklerin önlenmesi amacıyla polimerizasyon büzülmesinin azaltılması.
- Başta aşınma direnci olmak üzere mekanik özelliklerin geliştirilmesi.
- Bileşenlerin çözünmesinin azaltılmasıyla biyolojik uyumun geliştirilmesi.

Düşük polimerizasyon büzülmesi gösteren, radikal halka açılımı ile polimerize olan siklik monomerler ve likid kristal veya dendritik monomerler gibi, yeni yapıda çapraz bağlı monomerler ile polimerizasyon büzülmesi azaltılabilir (Moszner and Salz, 2001b).

Çizelge 2.2. Kompozit restorasyon materyallerinin sahip olmaları gereken özellikler (Salz 1992; Moszner and Klapdohr, 2004a).

<b>Uygulama</b>	<b>Fizikokimyasal</b>	<b>Klinik ve Toksikolojik</b>
Optimum kıvam (manüplasyon) Renk seçimi kolaylığı Yüksek düzeyde polisajlanabilme Optimum reaktivite Kısıtlı ışık hassasiyeti	İyi mekanik nitelikler Düşük polimerizasyon büzülmesi Kısıtlı su absorpsiyonu/çözünürlük Düşük termal genleşme Yüksek monomer konversiyonu Saklama koşullarında stabilite	Oral koşullarda mükemmel direnç İyi renk stabilitesi Mineye benzer abrazyon direnci Marjin kenarlarında mükemmel uyum Uzun dönem marjinal stabilite Yeterli radyoopasite Adeziv sistemler ile uyum Minimum toksikolojik risk

### **2.6.1. Kompozit Rezinlerin Temel Yapısı**

Kompozit rezinler 3 temel yapıdan oluşmaktadır.

#### **2.6.1.1. Organik Yapı**

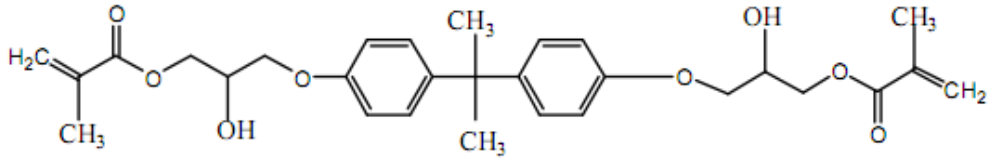
Kompozit rezinler organik matriksin yapısına göre 2'ye ayrılır.

##### **2.6.1.1.1. Metil metakrilat matriksli olanlar**

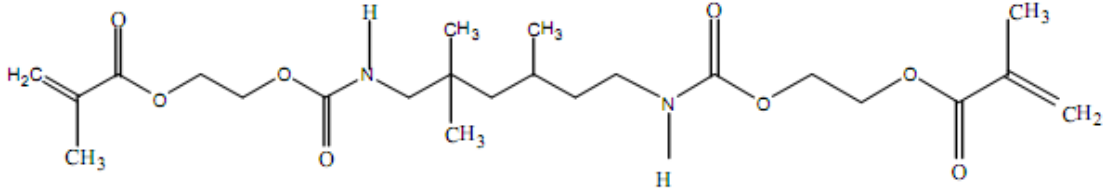
Metakrilat, suda erimeyen visköz bir maddedir. Mikro molekül yapısına sahiptir. İçine boya ilave edilmeyen polimerler şeffaftır. X-ışını geçirgenlikleri vardır. Akirikler yapı itibariyle sert olup bükülmeye ve çekmeye karşı dirençlidirler. Polimetakrilatlar 600 kg/cm<sup>2</sup> kuvvete karşı dayanma gösterebilirler (Craig, 2000a).

#### **2.6.1.1.2. BIS-GMA matriksli olanlar**

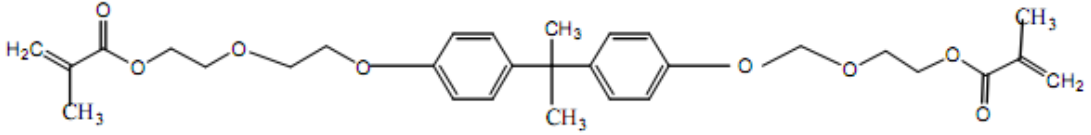
Kompozit rezinlerin özelliklerini, içerdikleri monomerlerin kimyasal yapıları etkilemektedir. Bisfenol A glisidil dimetakrilat (Bis-GMA), bir peroksit katalizör ve amin akseleratör kullanımı ile, ilave polimerizasyon ve iki tane reaktif çift bağ yapabilen, hemen hemen renksiz, visköz bir sıvıdır (Craig, 2000a). Bis-GMA, birçok kompozit rezinin ana monomeri olarak kullanılmaktadır ve kompozit rezinlerin özelliklerinin artırılması için, bu monomerde, bazı değişiklikler yapılmaktadır. Son yıllarda, daha iyi mekanik özellikler sağlamaları açısından, üretan dimetakrilat (UDMA) ve bis-etilen glikol dimetakrilat (Bis-EMA) rezin matrikse eklenmektedir (Craig, 1981b; Dayangaç, 2000; Palin, 2003). Ayrıca organik matriksin içerisine doldurucu partiküllerin yerleştirilebilmesi için, rezinin dilue edilmesi gerekir. Bu yüzden, daha düşük moleküler ağırlıkta, viskozite kontrol edici olarak bilinen ko-monomerler; örneğin trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA) ile karıştırılırlar (Peutzfeldt, 1997; Palin, 2003).



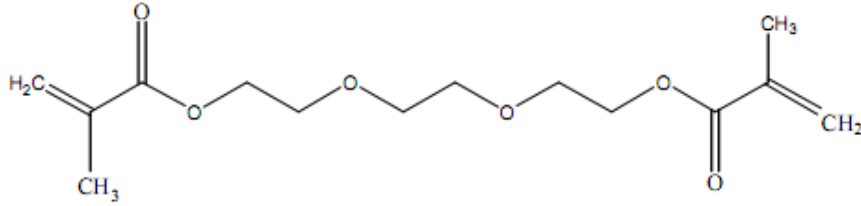
**Bis-GMA : Bis fenol A Glisidil Dimetakrilat**



**UDMA: Üretan Dimetakrilat**



**Bis-EMA: Bis fenol A Etilen Glikol Dimetakrilat**



**TEGDMA: Trietilen Glikol Dimetakrilat**

Şekil 2.2. Dental kompozitlerdeki dimetakrilatlar (Bektaş vd., 2006).

### 2.6.1.2. İnorganik Yapı

Kompozit rezinlerin yapısında bulunan inorganik yapı, matriks içine dağılmış olan çeşitli şekil ve büyüklükteki kuvars, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat, stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium cam, baryum alüminyum silikat gibi inorganik doldurucu partiküllerden oluşur (Dayangaç, 2000).

Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium, rezine radyooposite kazandırır. Silika partikülleri karışımın mekanik niteliklerini güçlendirir, ışığı geçirir ve yayar. Böylece, kompozit rezine, mineye benzer yarı şeffaf bir görüntü kazandırır. Kristalin formlarının sert olması, kompozit rezinin bitirme ve polisaj işlemini

güçleştirir. Bu nedenle, kompozit rezinler günümüzde silikanın nonkristalin formu kullanılarak üretilmektedir (Willems et al., 1993b; Craig, 2000a).

### **2.6.1.3. Ara bağlayıcılar (Silanlar)**

Kompozit rezinlerde, organik polimer matriks fazı ile inorganik faz arasında sıkı bir bağlanmaya ihtiyaç vardır. Bu bağlanma, ara faz ile sağlanır. Kompozit rezinlerde inorganik ve organik komponentleri birbirine bağlayan yapı, silisyum hidrojenli bileşikler olup, bunlara “silan” adı verilmektedir. Kimyasal olarak dayanıklı ve inert olan bu bileşenler, sıvı halden esnek katı hale kadar çeşitli hallerde bulunabilirler (Craig, 2000a).

### **2.6.2. Kompozit Resinlerin İnorganik Doldurucu Partikül Büyüklükleri ve Yüzdelerine Göre Sınıflandırılması**

İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü 50-100 µm olan kompozit rezinlere “megafil kompozitler”, partikül büyüklüğü 10-100 µm olan kompozitlere “makrofil kompozitler”, partikül büyüklüğü 1-10 µm olan kompozit rezinlere ise “midifil kompozitler” denir. İlk kompozitler, makrofil olarak üretilmişlerdir. Makrofil ve midifil kompozitler, “geleneksel kompozitler” diye de adlandırılmaktadır (Dayangaç, 2000).

Doldurucu partikül büyüklüğü 0,1-1 µm olan kompozit rezinlere, “minifil” veya “küçük partiküllü kompozitler”, partikül büyüklüğü 0,01-0,1 µm olan kompozit rezinlere ise, mikrofil kompozitler denir. Mikrofil kompozitlerde, inorganik doldurucular koloidal silika partikülleridir. Doldurucu partikül büyüklüğü 0,005-0,01 µm olan kompozit rezinlere de “nanofil kompozitler” denir. Doldurucular silika kökenli olmayabilir. Partiküller görünür ışık dalga boyundan daha küçük oldukları için ışıkla absorbe olmazlar ve dağılmazlar (Önal, 2004). Farklı büyüklükteki doldurucu partiküllerin karışımını içeren kompozit rezinlere ise, “hibrit kompozitler” adı verilir. Hibrit kompozitler 0,04-1 µm büyüklükteki doldurucu partikülleri içerirler. Bunların partikül büyüklüğü, makropartiküllü rezinden daha küçük; partikül miktarı ise, mikropartiküllü rezinden daha fazladır. Her iki kompozit rezinin özelliklerini taşımasına rağmen, hibrit türünün belirlenmesinde “büyük partikül” adı kullanılır. Küçük partiküller, karışımın ikinci komponentidirler. Bu kompozit rezinlerde doldurucular, silanizasyon dışında hiçbir işlem uygulanmadan monomer matrikse

katılmışlardır. Bu nedenle, bu tür kompozitlere “homojen kompozitler” adı da verilmektedir. Viskozite sorununu çözmek amacıyla önceden polimerize edilmiş mikrofil kompozit kitlesi, 1-20  $\mu\text{m}$  büyüklüğünde partiküller elde edilecek biçimde öğütülmüş ve bu partiküller doldurucu olarak monomer matrikse eklenmiştir. Doldurucu partiküller modifikasyon yapıldığı için, bu tür kompozit rezinlere, “heterojen kompozitler” adı verilir (Leinfelder, 1985b; Swartz et al., 1985; Chung, 1990; Willems et al. 1993b; Bayne et al., 1994b; Craig, 2000a; Dayangaç, 2000).

<b>Kompozit Resin</b>	<b>İnorganik doldurucu partikül büyüklüğü (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>İnorganik doldurucu partikül yüzdesi (%) (ağırlıkça)</b>
<b>Megafil</b>	50-100 $\mu\text{m}$	
<b>Makrofil</b>	10-100 $\mu\text{m}$	%70-80
<b>Midifil</b>	1-10 $\mu\text{m}$	%70-80
<b>Minifil</b>	0.1-1 $\mu\text{m}$	%75-85
<b>Mikrofil</b>	0.01-0.1 $\mu\text{m}$	%35-60
<b>Hibrit</b>	0.04-1 $\mu\text{m}$	%75-80
<b>Nanofil</b>	0.005-0.01 $\mu\text{m}$	

Çizelge 2.3. Kompozit rezinlerin sınıflandırılması (Altun, 2005).

## 2.7. Dental Nanokompozitler

Günümüzde adeziv restorasyonlarda başarılı sonuçlar vermeleri ve estetik üstünlükleri sebebiyle kompozit rezinlerin kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Son yıllarda kompozit rezinlerin performanslarını arttırmak ve fiziksel özelliklerini iyileştirmek amacıyla birçok yeni teknoloji ve materyal geliştirilmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak nano boyutta doldurucu partiküller içeren kompozitler piyasaya sunulmuştur. Nanopartiküller, mikrofil doldurucu içeren kompozitlerde olduğu gibi, polisaj işleminden sonra düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlar ve materyale üstün estetik özellikler kazandırır. Bu tip partiküller içeren kompozit rezinlerin, polisajlanması kolaydır, dayanımları ve aşınmaya karşı dirençleri de yüksektir. Bu nedenle, nanopartikül içeren rezinlerin kullanım alanları, estetik üstünlükleri açısından benzer özelliklere sahip mikrofil doldurucu içeren kompozitlere göre daha fazladır (Mitra et al., 2003; Yap et al., 2004).



Kompozit rezin formülasyonlarında nanoteknolojinin kullanımı, dental malzemeler için son derece umut verici bir gelişmedir. Nanodolduruculu kompozitler, nanomer ve nanoöbekler şeklindeki doldurucu partikülleriyle formüle edilmişlerdir. Yüksek saydamlık, yüksek ve üstün parlaklık gibi elverişli mekanik özellikler ile yüksek stres dayanımı, restorasyon başarısı ve estetiği için önemlidir (Mitra et al., 2003; Baseren, 2004; Dresch et al., 2006; Senawongse and Pongprueksa 2007). Nanokompozitlerin üretimi, yukarıdan aşağı teknikle gerçekleştirilmektedir.

Kompozit rezinlerin özelliklerini, monomerlerin yapısı kadar inorganik doldurucular da etkilemektedir. Son yıllarda uçak, elektronik, biyoteknoloji gibi birçok alanda daha hafif, daha dayanıklı ve daha ucuz ürünlerin üretimini sağlayan nanoteknolojinin restoratif materyallerin üretiminde de kullanılması ile çok iyi parlatılabilen, aşınmaya dayanıklı nanofil (nanopartiküllü) kompozit rezinler üretilmiştir (Ure and Harris, 2003; Moszner and Klapdohr, 2004a; Yücel vd., 2004). Nanodolduruculu kompozitler, estetik özelliklere sahip olup kolay uygulanan materyallerdir (Bayne et al., 1994b; Davis, 2003; Mitra et al., 2003). Nanodolduruculu kompozit materyallerin organik yapısı, diğer kompozit rezinlere benzer polimerik yapılardan meydana gelmektedir. İnorganik yapıyı meydana getiren partiküller ise, iki ayrı kısımdan oluşmaktadır:

- Silika nanodoldurucular (nanomer)
- Nanomer öbekleri (nanocluster)

Nanomer yapısı, kümeleşmemiş partikülleri ifade eder ve kompozit rezinin organik yapısında ayrı ayrı bulunurlar. Nanomer öbekleri ise, 50 nm'den küçük nanomerlerin gevşek bağlar ile bir araya gelerek meydana getirdikleri yapılardır (Ure and Harris, 2003; Davis, 2003; Duke, 2003; Mitra et al., 2003). Bu gruplar tek bir birim gibi mekanik, optik ve termal özellikler gösterirler (Schmidt and Malwitz, 2003).

Makrodolduruculu partiküller pürüzlü, parlamaktan yoksun ve zayıf estetik özellikler sergileyen ve homojen olmayan restorasyon yüzeylerine neden olurlar. Pürüzlü yüzeyler plak birimine yatkın olup, translusent estetik materyallerin elde edilebilmesi güçtür. Tüm bu bulgular dikkate alındığında, özellikle küresele yakın 100 nm' nin altında nanoboyutta partiküller olarak nanodoldurucuların

popülariteleri artmaktadır (Pflug, 1999). Alev pirolizi, alev sprey pirolizi ve sol-jel işlemleri dahil olmak üzere, çeşitli yöntemler ile hazırlanabilirler ve hatta bazen yüzey etkileri (yüksek arayüzey karakteristiği), hacim etkileri ve optik özelliklerine bağlı olarak, yeni ve eşsiz nitelikler sergileyebilirler (Rössler et al., 2001; Schmidt, 2000). Kompozitlerde sıklıkla pirojenik silika doldurucular kullanılmaktadır. Pirojenik alümina, zirkonya ve titania dikkat çeken diğer oksitlerdir. Sol-jel işlemi ile hazırlanan nanopartiküller ile karşılaştırıldıklarında maliyetleri oldukça düşüktür. Geniş yüzey alanları nedeniyle tamamen fonksiyonelize silan uygulanması önemlidir. Nanodolduruculu kompozitlerin polisajlanmaları kolay olup pürüzsüz yüzeyler elde edilebilir. Bağlayıcı ajanlar içindeki nanodoldurucular, mine ve dentine adezyonu artırarak marjinal bütünlüğü geliştirir. Kompozit ve özellikle korucuyu verniklerde nanodoldurucular abrazyona karşı direnci ve yüzey sertliğini artırır (Pflug, 1999).

## **2.8. Dental Kompozitlere Uygulanan Bitirme ve Parlatma Yöntemleri**

Kompozit rezin restorasyonlarda en önemli gereksinim, pürüzsüz bir yüzey bitirilişi sağlamaktır. Yüksek derecede parlamış, pürüzsüz bir yüzeye sahip olan kompozit dolgular, hastaya rahatlık sağlamanın yanında, restorasyonun görünüşünü üstünleştirir, plak birikimini yavaşlatır, yüzeysel renklemeyi azaltır.

Kompozit restorasyonların geleneksel bitirme işlemi, bir seri Alüminyum oksit polisaj diskleri ile yapılır. Çeşitli profilaktik pastalar, eskiden kullanılan kompozit dolgu maddeleri üzerine uygulandığında, başarısız sonuçlar vermiştir. Bununla beraber, son yıllarda kompozit dolgulara yerleştirilen doldurucu partiküllerin teknolojisinde meydana gelen ilerlemeler bu görüşlerin değişmesine neden olmuştur.

Kompozit restorasyonların iyi bir şekilde bitirilmesi, yetersiz preparasyon, dolgu yerleştirme ve diğer aşamalardaki hataları düzeltmez fakat sıradan bir dolgu ile mükemmel bir restorasyon arasındaki farkı yaratır. Bitirme işleminin basit ve kolayca yenilenebilir olması gerekir. Daha az sayıda aşama ve daha az sayıda alet kullanılması tercih edilir. Bununla birlikte, işlem, sabır ve yeterli zaman gerektirir.

Şeffaf polyester bant altında oluşturulan kompozit yüzeyi, mükemmel derecede pürüzsüz olmasına karşın, organik rezin içeriği fazladır. Bunun için klinikte

kompozitlere bitirme ve polisaj işlemi uygulanarak daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli yüzey oluşturmak amaçlanmaktadır (Stoddard and Johanson, 1991). Antoniadi et al. (1991), çalışmalarında kompozit rezinlere mutlaka bitirme işleminin uygulanması gerektiğini, yüzeyden uzaklaştırılacak 250 µm'lik kısım ile daha sert ve aşınmaya daha dirençli bir yüzey ortaya çıkacağını bildirmişlerdir (Gökay vd., 1998).

Başarılı bir kompozit rezin restorasyonu için, uygun pürüzsüzlük ve parlaklığı elde etmek gereklidir. Ayrıca komşu diş dokuları ve restorasyon arasında sağlıklı bir ilişki olmalıdır. Kompozit rezinleri bitirme ve parlatmadaki yetersizlik, plak birikiminin artmasına, diş eti iltihaplarına, dolguda renklenmeye neden olarak hastaya rahatsızlık verir (Weitman and Eames, 1975; Hachiya et al., 1984; Quirynen et al., 1990b; Bollen et al., 1997; Aykent et al., 2010). 0,3 µm olan yüzey pürüzlülüğünü, hastanın dili ile hissedebileceği, Jones ve arkadaşları tarafından gösterilmiştir (Jones et al., 2004). Uygun kontur, pürüzsüzlük ve yüksek parlaklık, hastalar tarafından istenen doğal diş yapısı görünümünü sağlayabilir (Cenci et al., 2008). Pürüzlü bir yüzey yapısı, parlaklığın azalmasına ve malzeme yüzeyinin renklenmesinin artmasına neden olarak restorasyon estetiğini bozar (Sakaguchi et al., 1986; Lu et al., 2005a; Cavalcante et al., 2009). Bu yüzden düz ve parlak yüzeyler elde etmek son derece önemlidir. Kompozit rezin tipi, rezin monomeri, konsantrasyonu ve doldurucu partiküllerin tipi, kullanılan bitirme ve parlatma sistemi gibi değişkenlerin hepsi kompozit rezinin son yüzey parlaklığını etkiler (Yap et al., 1997c; Ozgünaltay et al., 2003; Ergücü and Türkün, 2007; Scheibe et al., 2009; Marghalani, 2010).

Restoratif materyallerin ve tekniklerin tüm tiplerinde şu iki temel amaç vardır:

- Restorasyon kenarlarının ve konturlarının doku ve dişle uyumlu (zarar vermeyecek) bir şekilde bitirilmesi.
- Yüzeyin maksimum parlaklığını sağlayarak, estetiği artırmak, boya ve plak birikimini azaltmak, aşınma ve kırılma olasılığını minimize indirmek.

İdeal olarak bitirilmiş restorasyonun nitelikleri:

- İyi bitirilmiş marjin. Doku sağlığını bozacak taşkınlıklar, aşırılıklar olmamalı.
- Bakteriyel plak ve boyaları çekmeyecek parlak, pürüzsüz bir yüzey.
- Komşu veya karşıt doğal dişlerdekine uygun yüzey niteliği.
- Komşu ve karşıt doğal dişlerle uyumlu renk.
- Çok belirgin kontur, bitirme frezleri ve elmasların çiziklerin izlerini taşımayan bir yüzey bitirimi.

### **2.8.1. Bir Restorasyonu Bitirmede Dikkate Alınması Gereken Kriterler**

#### **2.8.1.1. Bitirme Aletinin (frezinin) Şekli**

Anterior restorasyonları bitirmek için seçilecek frezin şekli, bitirilecek yüzeyin şekline bağlıdır. Labial yüzey için, uzun, uca doğru incelen, ucu düz frez tercih edilir. Böylelikle labial yüzeyin temel şekli kolayca sağlanmış olur.

Servikal kısımda daha ince fakat yine uca doğru incelen frez kullanılmalıdır. Böylece, dişin gingival kısmına uygun şekil verilebilir.

Lingual yüzeyin bitirilmesinde, amerikan futbol topu şeklinde bir alet uygun formu sağlar.

Posterior kompozitlerin polisajı, bir seri elmas doldurucu içeren uçlar ile kolaylıkla gerçekleştirilir. Bu serideki aletler, sarı ve beyaz bantlı olmak üzere 2 çeşitten oluşmaktadır. Sırasıyla önce sarı olanlar (25µm) daha sonra beyaz bantlı olanlar (15µm) kullanılmalıdır. Parlatici ve patlar konik veya ters konik (cup) lastiklerle birlikte kullanılabilir.

#### **2.8.1.2. Bitirme Aletinin (frezinin) Yüzey Niteliği**

Karbit veya elmas seçimi hekimlerin kişisel tercihinine bağlıdır. İkisinin de kendine göre bazı avantajları ve dezavantajları vardır. Bazı hekimler karbitin kompozitten partikülleri koparttığını söylerken, bazıları ise elmasın mine ve sement üzerinde çok zararlı olduğunu ileri sürmektedirler. Bununla birlikte, bazı mikrofil

kompozitlerin bitirilmesi sırasında karbit frezler yüksek devirde kullanılmamalıdır, çünkü yüzeyi bozar ve çatlatırlar. Elmas frezler düşük devirde kullanıldığında mikrofil ve küçük partiküllü hibrid kompozitlerin yüzeyine zarar vermez. Bununla beraber, karbit frezlerle yüksek devirde hibrid kompozitlerin bitirilmesi sırasında elmas frezlerle oluşturulan çizikler içermeyen bozulmamış bir yüzey oluşturulur. Bu da alet seçiminin, kompozit rezinin tipine bağlı olduğunu göstermektedir.

Göz önünde bulundurulması gereken diğer önemli bir faktör daha vardır. Son olarak dörtlü abraziv disk ve strip sistemi kullanılarak yapılan bitirme ve parlatma işleminin derecesi, başlangıçta elmas veya karbit frez kullanma yoluyla kontur verme işlemini tartışılabilir yapmaktadır. Bitirme işleminin başlangıç safhasında kompozitten mikroskobik düzeyde bazı partiküller kopabilir fakat takip eden safhalarda eğer kompozit yüzeyi düzgün ise, sadece o çizik ve hasarı kapamanın ötesinde daha mükemmel bir bitiş sağlanabilir.

Seçilecek aletlerin hepsi, yüzeyin temel konturunu ve niteliğini kazandırır. Bundan hareketle bitirici abraziv disklerin ve polisaj aletlerinin kullanılması uzun ömürlü ve yeterince pürüzsüz bir dolgu elde etmeyi sağlar.

### **2.8.1.3. Restorasyonun Yüzey Niteliği**

Pek çok defa üzerinde düşünülen önemli bir faktör, labial yüzeyin yüzeysel niteliğinin, nasıl olması gerektiğidir. Asıl amaç, restorasyonun yüzeyinin mevcut komşu veya karşıt dişlerin yüzeysel niteliğine uyumlu olmasıdır. Bununla birlikte, eğer sekiz veya on tane ön diş, kompozit ile kaplanıyorsa, hekim değişik bir yüzey özelliği verebilme şansına sahiptir. Gençlerde daha gerçekçi bir görünüş vermek için, hafif oluklar ve membranlar işlenebilir. Yüzeysel oluklar labial yüzeyde ışığın yansımalarını kırmaya büyük ölçüde yardımcıdır fakat doğal olmayan şekilde çok derinleştirilmemelidirler.

Diş yüzeyine yerleştirilen kompozit restorasyonun yüzeysel oluşumları verilebilir fakat genellikle 16 veya 30 bıçaklı karbit bitirme frezleri ile yüzey topografisini oluşturmak daha kolaydır.

Polisaj işlemi çok önemlidir, eğer kaba grenli diskler ile çok fazla geçilirse, son diske sıra gelince yüzey tamamen düzleşmiş olur. İşleme extra-fine polisaj diski ile

başlanabilir. Böylece labial yüzeyin bazı kısımlarını parlatarak oldukça doğal bir görünüm verilebilir. Abrasiv disklere bir alternatif olarak sert abrasiv lastik cup kullanılabilir.

#### **2.8.1.4. İşlem Sırası**

Herhangi bir restorasyonu bitirme işleminde, ilk önce gerekli olan şey, bitirmeyi planlamaktır. Dolguyu yerleştirmeden önce, yüzey dokusunun tipi ve kalınlık miktarı hassaslaştırılmalıdır. Bitirme işlemi sırasında, yüzeyden bir miktar kompozit uzaklaştırılacağından, buna izin verecek kadardan biraz fazla olarak dolgu yerleştirilmelidir. Böylece istenen konturu oluşturmak için yüzeyden aşındırma yapılması mümkün olur. Eğer özel bir etki oluşturmak için kompozit restorasyon birkaç değişik renk tabakasından oluşmuş ise, kullanılan kompozit kalınlığının iyi hesap edilmemesi durumunda bitirme işlemi sırasında yüzeydeki tabaka aşındırılınca ideal renk uyumu engellenmiş olur.

#### **2.8.2. Polisaj Disk Sistemleri**

Genel olarak, restorasyonları bitirmede, konturlama, bitirme ve parlatma olmak üzere 3 farklı basamak kullanılır. Tipik olarak, frezler ve/veya kaba zımpara kağıdı sistemleri yığılı azaltmak ve yeni yerleştirilen kompozit rezin malzemeyi konturlama için kullanılırlar. Bitirme, konturlama malzemeleriyle oluşmuş çizikleri ortadan kaldırır ve düz bir yüzey oluşmasını sağlar. Parlatma, son basamak olarak mineye benzer parlaklıkta bir restorasyon sağlar ve bununla birlikte restorasyonun yüzey enerjisini azaltır (Anusavice and Antonson, 2003).

Plak birikiminin önlenmesi için restorasyon yüzeylerinin pürüzsüz ve polisajlı olması önemlidir. Bakteri tutunması bakımından kritik yüzey pürüzlülüğü değeri, 0,2  $\mu\text{m}$   $R_a$  olarak gösterilmiştir. Hastalar üzerinde yapılan değerlendirmeler insanların 0,25  $\mu\text{m}$  ve 0,50  $\mu\text{m}$  arasındaki pürüzlülük farkını dilleri ile ayırt edebildiklerini göstermiştir (Jones et al., 2004). Bu nedenle pürüzsüz bir restorasyon yüzeyi hastanın rahatlığı için de önemlidir. Ayrıca pürüzlü yüzeyler daha hızlı renklenerek estetik sorun yaratırlar. (Lu et al., 2005a). Verran ve Maryan'a göre (1997), yüzey topografisindeki değişiklikler ve materyalin hidrofobitesi ile kimyası, yüzeye mikroorganizma tutunmasını etkiler; yıkama işlemlerinden sonra daha pürüzlü yüzeylerde yapışık kalan hücre sayısı daha

fazladır. Yüzey pürüzlülüğünün mikroorganizmaların yüzeyde tutunması ve makaslama gerilimlerinden korunmaları için bir faktör olduğu bilinmektedir (Moura et al., 2006).

Başarılı bir kompozit rezin restorasyon için, pürüzsüz ve parlak bir yüzey elde edilmesi şarttır. Bu amaçla, bitirme ve parlatma amacıyla alüminyum oksit diskler kullanılmaktadır. Nagem vd., (2003), kompozit restorasyonların bitirme ve polisaj işlemlerinde, Sof-Lex diskleri ile şeffaf polyester bantları elmas bitirme frezlerinden daha etkili bulmuşlardır. Benzer şekilde, Hoelscher vd. en yüksek pürüzlülük değerini elmas frezlerde elde etmişlerdir (İlday vd., 2008).

Sof-lex Disk Sistemi'nde, çapları 9,5 ve 12,7 mm olan alüminyum oksit diskler yer almaktadır. Kalın (C), orta (M), ince (F) ve süper ince (SF) olmak üzere 4 farklı aşındırıcı partiküllü disk tipi, sırasıyla uygulanarak bitirme işlemi tamamlanır. Premier Poli-pro Disk Sistemi ise, çapları 8 ve 12 mm olan alüminyum oksit diskler içermektedir. Kalın (C), orta (M), ince (F) ve süper ince (SF) şeklindeki 4 farklı disk tipi sırasıyla uygulanarak bitirme işlemi gerçekleştirilir.

## **2.9. Kompozit Resin Yüzeylerinin Nitelik ve Nicelik Açısından Değerlendirmesinde Kullanılan Yöntemler**

### **2.9.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü**

Pürüzlülük ile ilgili yüzeyi karakterize etmek için, bir kaç yöntem kullanılmaktadır. En çok kullanılan yöntem, mekanik olarak çizilen bir aletin, kullanılmasıyla, yüzey üzerinde bir çizgi boyunca oluşan, profili belirlemektir ve düz (izo elektrik) çizgiye göre, profil dalgalanmalarıyla pürüzlülüğü ifade etmektir. Genelde bir yüzey, yüksek genlikli (amplitüdü) girinti ve çıkıntılarla ve kısa dalga boylarıyla karakterize ise, pürüzlü olarak kabul edilmektedir. Eğer dalga boyları uzunsa, yüzey düzgün ama dalgalı olarak düşünülmektedir. Pürüzlülük ölçümü sırasında, pürüzlülük ölçen cihazın, uzun dalga boylu titreşimleri dikkate almayacak şekilde ve dalgalı olan bazal çizgi üzerinde süperpoze olan kısa dalgalı sapmaları kullanacak şekilde ayarlaması gerekmektedir. Pürüzlülük değeri belirlenmek istendiğinde, yüzeyi karakterize eden bütün girinti ve çıkıntıları kaydeden sivri bir uç yüzey boyunca hareket ettirilmekte, sivri uç yüzeyi çizirken bazal çizgiden itibaren bütün sapmalar ölçülmektedir. Matematiksel tarife göre  $R_a$  denilen değer,

gölgeli (taranmış) alanın ölçülmüş uzunluğa bölünmesiyle hesap edilmektedir. Bu parametre, sivri uç tarafından çizilen yüzeyin bir kısmı için ortalama pürüzlülük değerini vermektedir.  $R_a$  değerinin, girinti ve çıkıntılarının yüksekliğine bağlı olmadığı belirtilmektedir. Pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen sonuçların: materyalin kendisi, yumuşaklığı, boşlukların mevcudiyeti, cihazın şekli ve özellikle yüzey işaretleyicisinin şekli, seçilen pürüzlülük parametresi gibi birçok faktöre de bağlı olduğu bildirilmiştir (Leitao and Hegdanl, 1981).

Yüzey pürüzlülüğü, materyal yüzeyinin iki boyutlu parametresidir ve perthometer yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı ile ölçülebilir. Cihazın kaydedici ucu belirli bir hızda örnek yüzeyinde gezerken, yüzeydeki pürüzlülüklere bağlı olarak ucun yaptığı dikey hareketler, elektriksel akım farklılıkları yaratarak yüzey profili olarak kaydedilmekte ve yüzey topografisi ile ilgili değerler rakamsal veya grafiksel olarak elde edilebilmektedir (İnan vd., 2008).

Rakamsal olarak elde edilen değerlerden  $R_a$ , belirli bir ölçüm mesafesinde, tüm yüzey düzensizliklerinin (yükseklik ve derinliklerinin) mutlak toplamalarının aritmetik ortalamasını;  $R_{max}$ , belirli mesafedeki en yüksek ve en derin noktalar arası mesafeyi;  $R_z$  ise, bu mesafedeki birbirini izleyen 5 maksimum yükseklik ve derinliğin ortalamasını ifade etmektedir. Yüzey pürüzlülüğü çoğunlukla aritmetik ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ) olarak ifade edilir.  $R_a$  değerinin 0.2  $\mu m$ 'den düşük olduğu durumlarda daha fazla plak birikiminin beklenmeyeceği bildirilmiştir (Karahanlı, 2002).

Perthometer M2 portatif yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı, yüzey pürüzlülük parametresinin, ISO-JIS-CNOMO standartlarına göre ölçümünü yapabilmektedir. Ölçülen uzunlukları hafızaya alarak bilgisayara aktarmaktadır. Profil eğrisi ile birlikte malzeme oran eğrisinin çizimini yapabilmektedir. Entegre yazıcı cihazı ile ölçüm sonuçlarının ve R görünüş diyagramının çıktısı alınabilmektedir. Bu cihaz kalibrasyon mastarı ile birlikte otomatik kalibrasyon yapma özelliğine sahiptir. Ayrıca cihaz hem portatif hem de sabit olarak kullanılabilir (Gülmez vd., 2009).



## **2.9.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)**

1960'lı yılların ortalarında ilk ticari mikroskobun çıkarılması ile kullanımı yaygınlaşmaya başlayan Scanning (taramalı) Elektron Mikroskobu (SEM), organizmaların 3 boyutlu ve daha detaylı bir şekilde incelenmesine olanak vermiş, zamanla mikroskopik canlıların sistematüğinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Bargu, 2002).

Biyolojik botanik, hücre biyolojisi, tıp (Adli Tıp, anatomi, mikrobiyoloji, biyokimya, fizyoloji, toksikoloji, patoloji), madde bilimleri ve yeryüzü bilimlerinden elde edilen örnekleri 100.000 kez büyüterek yüzey yapılarını görüntüleyerek yüzeyde meydana gelen farklılıklar değerlendirilir (Benjamin and Raymond, 1978; Hayat, 1978; Bozzola and Russell, 1998). Üç boyutlu hayali bir görüntü oluşturur. Her geçen gün geliştirilen özellikleri ile SEM, ışık mikroskobundan 300 defa daha fokus derinliğine ve 20 ile 100.000 arasında net görme oranına sahiptir (Hayat, 1978; Bozzola and Russell, 1998; Terim Kapakin, 2006).

### **2.9.2.1. SEM' in Kullanım Alanları**

Medikal olarak, sağlıklı, sağlıklı kan ve doku örneklerini veya hastalığa sebep olan etkenleri belirlemede, ilaç verilen hastalarla, verilmeyenler arasındaki farkları gözleyerek ilacın hasta üzerindeki etkilerini belirlemede kullanılabilir.

Adli tıp alanında, metal parçaları, boya ve mürekkep gibi maddeleri karşılaştırmada ya da polis laboratuvarlarında, saç veya iplik gibi delilleri incelemeye kullanılabilir.

Soğuk ve sıcak gibi farklı koşullar altında, metallerin dayanıklılığını belirlemede kullanılırken, ayrıca güvenlik nedeniyle güçlü bir metal kullanımı gerektiren uçak, tren, gemi ve otomobil gibi araçların yapımında kullanılan metallerin dayanıklılığını da belirlemede kullanılır.

Ayrıca bilimsel araştırmalarda, biyologlar, bitki ve hayvan dokularına bakmak; kimyagerler, mikroskopik kristallerin, metallerin, plastiklerin ve seramiklerin yapısını incelemek gibi amaçlarla da SEM'i kullanmaktadırlar (Terim Kapakin, 2006).

### 2.9.3. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu)

AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu), yüzey topografisini angstrom (Å) mertebesinden 100 mikrona ( $\mu$ ) kadar görüntüleyebilen bir yeni kuşak mikroskoptur. Bu cihaz ile moleküller arası nanonewton (nN) boyutlarında kuvvetlerin ölçülmesi mümkün olmaktadır. Mikroskop olarak en önemli avantajı, özel bir hazırlama işlemi uygulamadan, örneklerin doğrudan ve hemen hemen her ortamda görüntülenebilmesidir (Binning et al. 1986; Çınar vd., 2005). Bu özellikleri nedeniyle, malzemelerin nanometre boyutlarında yüzey özelliklerinin incelenmesi amacıyla, malzeme ile ilgili hemen hemen tüm teknolojilerde gittikçe yaygınlaşan bir uygulama alanı bulmuştur.

Atomik kuvvet mikroskobu (AKM), özellikle gıda, çevre ve tıp teknolojileri başta olmak üzere elektronik, telekomünikasyon, biyomedikal, kimyasal, otomotiv, uzay, havacılık ve enerji gibi alanları etkileyen geniş bir teknoloji aralığında proses ve malzeme problemlerini çözmek amacıyla kullanılmaktadır. İncelenen malzemeler, ince ve kalın film kaplamaları, seramikler, alaşımlar, camlar, sentetik ve biyolojik membranlar, metaller, polimerler ve yarı iletkenleri içermektedir. AKM ile aşınma, yapışma, temizleme, çürüme, kapiler davranış, pürüzlendirme, sürtünme, kayganlaştırma, kaplama ve cilalama gibi işlemlerin materyal üzerindeki sonuçları da incelenebilmektedir.

Çok duyarlı kantileverin yüzeyi taramasıyla üç boyutlu görüntüyü oluşturabilir, yine aynı hassas kantilever ile atomik seviyedeki kuvvetleri piko-newton (pN) mertebesindeki hassasiyetle ölçebilir. AKM'nin bu üstün özelliklerinden yararlanılarak moleküllerin görüntülenmesi ve kullanılan kantileverlerin kimyasal olarak modifiye edilerek kullanılmasıyla birçok nanoteknolojik uygulama gerçekleştirilmiştir. Özellikle kantilevere tutturulmuş atomik boyuttaki iğneye çeşitli moleküllerin bağlanabilmesi birçok spesifik uygulamayı da beraberinde getirmiştir. Bu uygulamaların en çarpıcı olanlarından biri de AKM'nin afinite sensör çalışmalarında kuvvet ölçümü yapılarak kullanılabilmesidir. Nanoteknolojinin en önemli elemanları arasında yer alan AKM, bir ön hazırlama aşaması olmadığı için biyolojik moleküllerin üç boyutlu yapısını bozmadan, buldukları ortamda görüntülenmesini sağlamaktadır. Bu özelliği alternatifleri olan SEM ve TEM gibi

mikroskobik tekniklere önemli bir üstünlük elde etmesini sağlamıştır (Canh, 1993; Çınar vd., 2005).

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1 Restoratif Materyaller

Çizelge 3.1. Restoratif materyaller ve içerikleri.

	Kompozit Tipi	Rezin Tipi	Doldurucu Tipi	Doldurucu Partikül Büyüklüğü	Doldurucu İçeriği Ağırlıkça/ Hacimce	Üretici
<b>Filtek supreme xt</b>	Universal nanofil	BIS-GMA BIS-EMA TEG-DMA UDMA	Zirkonyum oksit Silisyum oksit	Nanopartikül 5-20 nm; Nanoöbek 0,6-1,4 µm	%78,5 % 59,5	3M ESPE, St.Paul, MN, USA
<b>Clearfil Majesty Esthetic</b>	Anterior nanohibrit	BIS-GMA Hidrofobik Aromatik dimetakrilat Hidrofobik Alifatik dimetakrilat	Silanize baryum cam Prepolimerize organik doldurucular	Silanize baryum cam 0,7 µm; Organik doldurucular 2,5 µm	%78 %66	Kuraray Medikal, Japonya
<b>Gradia Direct</b>	Anterior mikrohibrit	UDMA	Prepolimerize organik Doldurucular ve silika	0,85 µm	%75 %64-65	GC, Tokyo, Japonya
<b>Tetric Nanoceram</b>	Universal nanohibrit	Üretan dimetakrilat BIS-GMA Etoksile BIS-EMA	Baryum cam, yiterbiyum triflorid, karışık oksit, silikon dioksit	0,6 µm	%63,5 wt.	Ivoclar, Vivadent Schaan, Liechtenstein



Şekil 3.1. Kullanılan restoratif materyaller.

## 3.2 Polisaj Disk Sistemleri

### 3.2.1 Sof-lex Disk Sistemi ve Premier Poli-pro Disk Sistemi

Çizelge 3.2. Kullanılan polisaj disk sistemleri.

Bitirme ve Parlatma İşlemleri	İşlem Basamakları İçeriği ve Ortalama Partikül Büyüklüğü	Üretici
Sof-lex Disk Sistemi	Kalın alüminyum oksit diskleri (92 µm-98 µm) Orta alüminyum oksit diskleri (25 µm-29 µm) İnce alüminyum oksit diskleri (16 µm-21 µm) Süper ince alüminyum oksit diskleri (2 µm-5 µm)	3M, Dental Ürünler (St. Paul, MN, USA)
Premier Poli-pro Disk Sistemi	Kalın alüminyum oksit diskleri (80 µm) Orta alüminyum oksit diskleri (40 µm) İnce alüminyum oksit diskleri (30 µm) Süper ince alüminyum oksit diskleri (9 µm)	Premier Dental Ürünler Şirketi (PA, USA)



Şekil 3.2. Sof-lex disk sistemi.



Şekil 3.3. Premier poli-pro disk sistemi.

### 3.3. Örneklerin Hazırlanması

Dört çeşit restoratif materyal ve polisajda kullanılmak üzere, iki farklı polisaj disk sistemi seçildi. Derinliği 2 mm, genişliği 12 mm çapında boşluklar içeren, pleksiglas kalıplara restoratif materyaller yerleştirildi. Şeffaf bant (mylar strip) altında basınç uygulanarak LED ışık kaynağı (radii plus, SDI, Australia) ile 40 saniye süreyle polimerize edildi.



Şekil 3.4. Restoratif materyalle doldurulmuş kalıp görüntüsü.

Kullanılan 4 restoratif materyalin her birinden 21 örnek olmak üzere, toplam 84 örnek hazırlandı.

Her bir grupta yer alan 7 örnek Sof-lex disk sistemiyle, 7 örnek Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlandı ve kalan 7 örnek ise kontrol grubunu oluşturmak üzere, şeffaf polyster bant altından çıktığı halde bırakıldı. Her bir gruptan birer örnek ise SEM için ayrıldı. Böylece 4 çeşit restoratif materyalin kullanıldığı çalışmamızda, 2 polisaj disk sistemi ve birer kontrol grubu olmak üzere, 3 farklı yöntemle hazırlanmış örneklerden, toplam 12'şer örnek AKM ve SEM' nda incelenmek üzere ayrıldı.

Hazırlanan örneklerin polisaj işlemi, 20000 rpm (revolution per minute) hızında dönen mikromotor angıldruvası (KaVo 181 DBN INTRAmatic) ucuna takılan diskler yardımıyla, 30 sn süresince yapıldı. Her restoratif materyal grubundaki birinci alt gruba, sof-lex disk sistemindeki alüminyum oksit diskler, kalın (Coarse), orta (Medium), ince (Fine), süper ince (Extrafine) sırasıyla uygulandı. İkinci alt gruba ise, aynı şekilde, Premier poli-pro disk sistemi, kalın (Coarse), orta (Medium), ince (Fine), süper ince (Extrafine) sırasıyla uygulandı.

Alüminyum oksit polisaj diskleri kullanılırken uygulanan basınç, esnek disk sistemlerinde, çok kritik olmamakla birlikte önemlidir. Bu yüzden, çalışmamızda polisaj işlemleri tek bir hekim tarafından yapılmıştır. Ayrıca polisaj su kullanılmadan, kuru bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada, polisaj işleminde esnek alüminyum oksit diskler kullanıldığında, kuru polisajın, ıslak polisaja göre daha iyi veya benzer sonuçlar ortaya çıkardığı rapor edilmiştir (Dodge et al., 1991; Janus et al., 2010).

Her bir örneğin altına restoratif materyal ismi, kullanılan polisaj disk sistemi ve gruptaki sıra numarasını belirten numara cam kalemle yazıldı.



Şekil 3.5. Örneklerin materyal ismi, disk sistemi ve sıra numarasıyla isimlendirilmesi.

### 3.4. Kullanılan Deneysel Yöntemler

#### 3.4.1. Yüzey Pürüzlülük Ölçümü

Perthometer M2 profilometre yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı, Hacettepe Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi AR-GE laboratuvarından temin edildi. Cihaz ile 5,6 mm tarama boyunda ölçümler yapılarak, yüzey topografisindeki değişiklikler kantitatif olarak değerlendirildi.





Şekil 3.6. Kullanılan Perthometer M2 yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı.

Otomatik ve dinamik kalibrasyon özelliğine sahip olan Perthometer cihazının kalibrasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra, örneklerin yüzey pürüzlülüğü  $R_a$  cinsinden ölçüldü. Ölçüm yapılırken, her bir restoratif materyal çeşidi için alınan ölçümlerden sonra kalibrasyon işlemi tekrarlandı.

Her bir restoratif materyalle doldurulmuş toplam 84 örnek için, polisaj yönünde ve polisaja dik yönde, 3'er tane olmak üzere, toplam 6 ölçüm yapılarak kaydedildi. Daha sonra ölçümlerin istatistiksel analizi yapıldı.



Şekil 3.7 Ölçüm yönlerinin şematik gösterimi

### 3.4.2 İstatistiksel Analizler

İstatistiksel analiz çalışmaları, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda yapıldı. SPSS programı kullanıldı. Gruplar arası değerlendirmeler, T-Testi ve Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapıldı.

### 3.4.3. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Görüntülemesi

SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) ölçümleri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği SEM laboratuvarında bulunan, JSM 6400 (Tokyo, JAPAN) modelindeki SEM ile yapıldı.

Dört çeşit restoratif dolgu materyali kullanılarak, 3 farklı yöntem uygulanmış olan toplam 12 örneğin her birinin, 20 KV' ta olmak üzere  $\times 500$  ve  $\times 2000$  büyütmede SEM görüntülemeleri yapılarak kaydedildi.



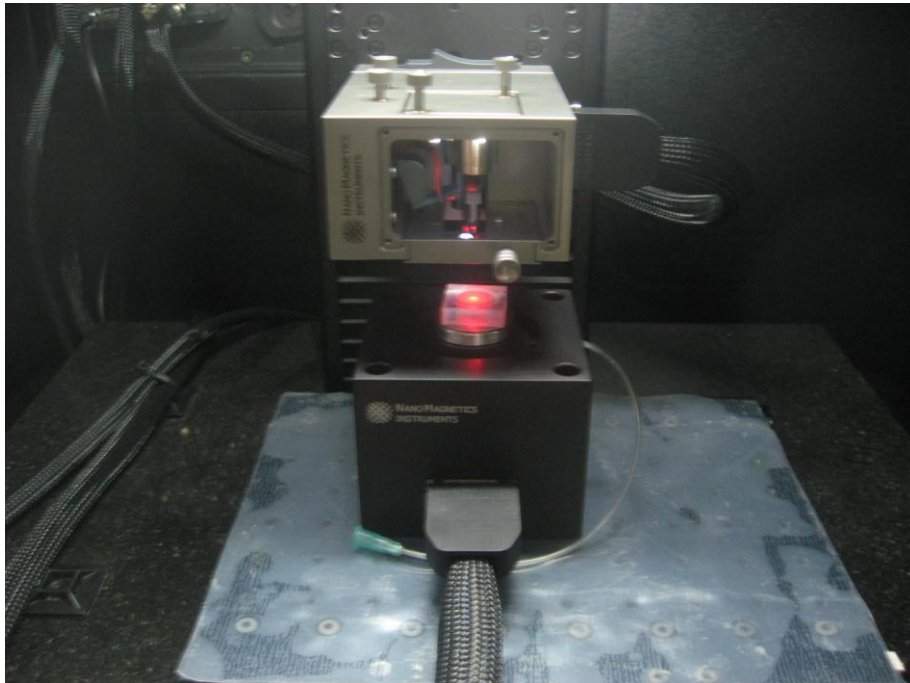
Şekil 3.8. Kullanılan SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) görüntüsü.

#### **3.4.4. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) Görüntülemesi**

AKM ölçümleri, Hacettepe Üniversitesi Kimya Bölümü, Nanoteknoloji ve Nanotıp Anabilim dalı bünyesinde bulunan atomik kuvvet mikroskobu (Nanomagnetics Instruments, Oxford, İngiltere) ile gerçekleştirildi. Hazırlanan pleksiglas kalıplardaki boşluklara yerleştirilmiş kompozit dolgu materyallerinin yüzey özellikleri incelenmek üzere görüntüleri alındı. Dört restoratif materyal ve 3 farklı yöntem için hazırlanmış toplam 12 örneğin görüntülenmeleri gerçekleştirildi. Her bir örnek çift yüzlü karbon bant ile tutucuya yerleştirildi. Görüntüleme işlemi hava ortamında, yarı değen modda, silikon uç ile yapıldı. İnceleme sırasında, 256 × 256 piksel çözünürlükte, 40 × 40 µm<sup>2</sup> lik alan görüntüsü alınarak örnek görüntüleme işlemleri gerçekleştirildi.



(a)



(b)

Şekil 3.9. Kullanılan Atomik Kuvvet Mikroskobu. (a) AKM; (b) AKM'nin mekanik bölümü.



## 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Analizi

Her bir restoratif materyal için hazırlanan örneklerin yüzey pürüzlülüğü, yüzey pürüzlülük cihazı ile kantitatif olarak ölçüldü. Toplam 84 örneğin,  $R_a$  cinsinden ölçülen pürüzlülük değerleri istatistiksel olarak değerlendirildi.

T-Testi analizlerine göre, polisaj yönünde ve polisaja dik yönde yapılan ölçümlerin arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görüldü ( $p<0,05$ ). Kullanılan restoratif dolgu materyalleri arasında ise anlamlı bir fark gözlemlenmedi ( $p>0,05$ ).

Kontrol grubu (Şeffaf polyester bant altı) dikkate alınmadığında;

Gradia Direct restoratif dolgu malzemesi için, Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulandığında, polisaj yönünde ve polisaja dik olacak şekilde ölçüm değerleri arasında anlamlı bir fark görüldü ( $p<0,05$ ).

Clearfil Majesty Esthetic ve Tetric Nanoceram restoratif materyallerinde, Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulandığında ise, polisaj yönünde ve polisaja dik yöndeki ölçümler arasında anlamlı bir fark gözlemlendi ( $p<0,05$ ).

Filtek Supreme xt restoratif materyalinde, hem Sof-lex hem de Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış gruplarda, polisaj yönü ve polisaja dik yöndeki ölçümlerin sonuçları arasında anlamlı bir fark gözlemlendi ( $p<0,05$ ).

Kontrol grubu (şeffaf polyester bant altı) dikkate alınarak uygulanan varyans analizinde;

Polisaj yönünde yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre, restoratif malzemeler arasındaki fark anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Fakat polisaj sistemleri arasında polisaj yönünde yapılan ölçümlerin sonuçlarında anlamlı bir fark gözlemlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Ancak ikisi bir arada değerlendirildiğinde, polisaj sistemleri ve restoratif malzeme arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ).

Polisaj yönüne dik olarak yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre ise, gerek malzeme, gerek polisaj sistemleri, gerekse her ikisi birlikte ele alındığında aradaki fark anlamlıdır ( $p<0,05$ ).

Çizelge 4.1. Kullanılan restoratif malzemelerin, polisaj yönünde, yüzey pürüzlülük değerleri Ra ( $\mu\text{m}$ ) ve standart sapmaları.

\* İstatistiksel olarak farklı olan gruplar.

Polisaj Sistemleri	Restoratif Kompozitler				
	Filtek supreme xt	Clearfil Majesty Esthetic	Gradia Direct	Tetric Nanoceram	Tüm kompozitler
Polyester Bant Altı Kontrol Grubu	0,210(0,156)	0,301(0,157)	0,108*(0,051)	0,477*(0,099)	0,266(0,179)
Sof-lex 3M ESPE Disk Sistemi	0,282(0,170)	0,294(0,063)	0,224(0,099)	0,232(0,070)	0,258(0,107)
Premier Poli-pro Disk Sistemi	0,216(0,040)	0,235(0,097)	0,254(0,054)	0,200(0,101)	0,227(0,076)
Tüm Sistemler	0,236(0,132)	0,277(0,111)	0,195(0,094)	0,294(0,150)	0,250(0,127)

Çizelge 4.2. Kullanılan restoratif malzemelerin, polisaja dik yönde, yüzey pürüzlülük değerleri Ra ( $\mu\text{m}$ ) ve standart sapmaları.

\*İstatistiksel olarak farklı olan gruplar.

Polisaj Sistemleri	Restoratif Kompozitler				
	Filtek supreme xt	Clearfil Majesty Esthetic	Gradia Direct	Tetric Nanoceram	Tüm kompozitler
Polyester Bant Altı Kontrol Grubu	0,210(0,156)	0,301*(0,157)	0,108*(0,051)	0,477*(0,099)	0,266(0,179)
Sof-lex 3M ESPE Disk Sistemi	0,116(0,008)	0,168(0,035)	0,168(0,066)	0,121(0,025)	0,143(0,045)
Premier Poli-pro Disk Sistemi	0,167(0,033)	0,170(0,036)	0,183(0,044)	0,134(0,041)	0,164(0,041)
Tüm Sistemler	0,164(0,096)	0,213(0,110)	0,153(0,061)	0,232(0,174)	0,190(0,119)

Tek yönlü varyans analizinde (ANOVA), her restoratif malzeme ayrı ayrı ele alındığında;

Gradia Direct için, polisaj yönünde ve polisaja dik yönde yapılan ölçümlerde polisaj sistemleri arasındaki fark anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

Clearfil Majesty Esthetic için, polisaja dik yapılan ölçümlerde, polisaj sistemleri arasındaki fark anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

Filtek Supreme xt için, polisaj yönünde ve polisaja dik yönde yapılan ölçümlerde, polisaj sistemleri arasında anlamlı fark gözlemlenmedi ( $p > 0,05$ ).

Tetric Nanoceram için, polisaj yönünde ve polisaja dik yapılan ölçümlerde, polisaj sistemleri arasındaki fark anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

Tek yönlü varyans analizinde (ANOVA), disk sistemleri ayrı ayrı ele alındığında;

Sof-lex disk sistemiyle yapılan polisajlarda, polisaja dik yönde yapılan ölçümlerde, restoratif malzemeler arasındaki fark anlamlıdır ( $p < 0,05$ ).

Premier poli-pro disk sistemiyle yapılan polisajlarda, hem polisaj yönünde hem de polisaja dik yönde yapılan ölçümlerde, restoratif malzemeler arasında anlamlı bir fark gözlemlenmedi ( $p > 0,05$ ).

Şeffaf polyester bant altından çıkarılmış kontrol grubu örneklerinde ise, restoratif malzemeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ( $p < 0,05$ ).

Barbosa vd. (2005), mikrofil, hibrit ve packable (kondanse edilebilir) kompozitlerin, Sof-lex diskler ve Astropol bitirme uçlarıyla polisajlanabilirliklerini karşılaştırmışlar ve en düşük ortalama  $R_a$  değerini Sof-lex alüminyum disklerle polisaj yapılan örneklerde elde etmişlerdir. Bunun sebebi olarak alüminyum oksit disklerin kompozitin yapısındaki inorganik doldurucuları yerinden çıkartmaması gösterilmektedir. Ayrıca Sof-Lex disklerin içerdiği alüminyum oksitin sertliği, Astropol bitirme uçlarının içerdiği silikon oksitin sertlik değerinden oldukça yüksektir. Bu nedenle alüminyum oksit abraziv disklerle en pürüzsüz yüzey elde edilebilmektedir (Özgünaltay et al., 2003; İlday vd., 2008). Bitirme ve parlatma işleminde daha pürüzsüz yüzeyler elde etmek için uygulanan ve çoğunlukla



alüminyum oksitten oluşan aşındırıcı partiküller, üzerinde çalışılan restoratif materyal içeriğindeki partiküllerden daha yüksek sertlik derecesine sahip olmalıdır. Aksi halde parlatma materyali partikülün sadece ortamdan uzaklaşmasını sağlayacaktır. Bu işlem sonucunda kompozit yüzeyinde partikülün sadece yeri boş kalmayacak ayrıca taşıyıcı matriks üzerinde sürüklenme izleri oluşacaktır (Reis et al., 2003). Parlatma işleminin ardından materyalin yüzey özellikleri materyal içeriğindeki partikül boyutları ile de ilgilidir. Bazı araştırmacılar büyük partiküller içeren materyaller ile daha pürüzlü yüzeyler oluşturulduğunu bildirmişlerdir (Gladys et al.,1997; Reis et al., 2003). Bunun yanı sıra daha küçük partikül içerikli materyallerin daha pürüzlü sonuçlar verdiği işaret eden araştırmalar da mevcuttur (Gladys et al.,1997; Xie et al., 2000). Bitirme ve parlatma işlemlerinin ardından yüzey özelliklerini etkileyen faktörler arasında materyal partikül büyüklüğünün yanı sıra partikül şekillerindeki farklılık, sertlik dereceleri, partiküllerin dağılımları, miktarları ve partiküller ile ara fazın bağlantı dayanıklılığı gibi faktörler de mevcuttur (Gladys et al.,1997; Reis et al., 2003; Bagheri et al., 2007).

İlday vd. (2008), yapmış oldukları çalışmada, kullandıkları polisaj sistemleri içerisinde ortalama yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirildiğinde en iyi sistem olarak Sof-Lex polisaj sistemini bulmuşlardır.

Gomis et. al. (2003), dört farklı yüzey bitirme işlemi olarak, 15 ve 30 µm elmas frez, beyaz silikon lastik, Shofu sistemi ve Sof-lex diskleri uyguladıkları seramik örneklerin yüzey özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, Sof-lex disklerinin Shofu sistemine nazaran yüzey pürüzlülüğünü gidermede daha başarılı olduğunu görmüşlerdir (Çökük, 2009).

Çökük (2009), yaptığı çalışmada, uygulanan polisaj yöntemleri arasında en düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin Sof-lex ve Shofu sistemi kullanılan gruplarda olduğunu göstermiştir.

Herrgott et. al. (1989), yaptıkları çalışmada, Sof-lex disk sistemi ile oluşturulan yüzeylerin şeffaf bantla oluşturulan yüzeylere istatistiksel olarak benzer derecede pürüzlülük gösterdiğini saptamışlardır (Özel vd., 2008a).

Özel vd. (2008a)' nin yaptıkları çalışmada, polisaj sistemlerinin etkinliğinin kompozitin tipine göre farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca, nanohibrit ve akışkan kompozitlerin polisajında, tek basamaklı polisaj sistemi olan PoGo'nun, çok basamaklı disk sistemi olan Sof-lex ile benzer pürüzlülük gösterdiğini ve mikrohibrit kompozitin polisajında Sof-lex'ten daha pürüzsüz yüzey oluşturduğunu saptamışlardır.

Bouvier et al. (1997)' nin üç farklı polisaj tekniğinin (Sof-lex disk, Enhance sistem ve Tungsten Karbid frez) restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisini incelediği çalışmada, polisaj yapılmadan önce en düzgün yüzeyin tüm materyaller için şeffaf bant altında hazırlanan örneklerden elde edildiğini, polisaj sonrası en düzgün yüzeyin ise, kompozit rezin ve poliasit- modifiye kompozit rezinlerde Sof-lex disklerle, en pürüzlü yüzeyin de Tungsten Karbid frezlerle elde edildiğini belirtmişlerdir.

Özden ve Kansu (1998), yaptıkları bir çalışmada kullanılan bitirme ve polisaj işlemlerinin kompozit materyal farkı gözetmeksizin etkili olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinde, şeffaf bant kullanarak polimerize edilmiş kontrol gruplarında, yüzeyi polisajlanan gruplara göre, daha yüksek değerler elde etmişlerdir. Bunun nedeni, bantla polimerizasyon sırasında çok düzgün yüzeyler oluştuğu halde profilometre aletinin hassas ucunun ölçüm yaptığı alanı katederken yüzeydeki ufak bir poröziteye denk gelmesi ile ortalamanın etkilenmesindedir. Disklerle bu yüzey işlenirken yüzeydeki pürüzlülükler de düzeltilmektedir. Böylece kontrol grubundan daha düşük değerler elde edilebilmektedir. Bu sonuç göstermektedir ki; klinik olarak herhangi bir uygulama yapılmamış restorasyon da dahil olmak üzere tüm kompozit restorasyonlarda polisaj işlemi yapılması uygundur.

Bagheri et al. (2007)' nin üç farklı restoratif materyali karşılaştırdıkları çalışmalarında şeffaf bant grupları diğer gruplara kıyasla daha pürüzsüz yüzeyler oluşturmuştur. Aynı şekilde Janus et al. (2010), yaptıkları çalışmada en pürüzsüz yüzeyleri polisaj uygulamadıkları şeffaf bant gruplarında gözlemlemişlerdir.

Endo et al. (2010), Filtek Supreme xt, Tetric evoceram, Grandio ve Venus diamond restoratif materyellerine, Heraeus sistemi, Shofu sistemi ve Sof-lex disk sistemi olmak üzere uyguladıkları 3 farklı polisaj işleminden sonra, en düşük yüzey pürüzlülük  $R_a$  değerlerini nanodolduruculu bir kompozit olan Filtek Supreme xt'de saptamışlardır. Ayrıca kullanılan dört restoratif materyalin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış yüzey pürüzlülük ölçümlerinde ise, iyi ve düzgün bir yüzey elde etmede klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri olan  $0,2 \mu\text{m}$ 'nin altında yüzey pürüzlülük değerleri gösterdiğini rapor etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da, genellikle klinik olarak kabul edilebilir eşik değeri olan  $0,2 \mu\text{m}$  veya  $0,2 \mu\text{m}$ 'nin altında pürüzlülük elde edilmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda, Sof-lex disklerinin, Supresnap (Nagem et al., 2003), CompoSystem (Janus et al., 2010) veya Hawe Neos (Joniot et al., 2000) alüminyum oksit disklerinden daha pürüzsüz yüzey oluşturduğu gösterilmiştir. Polisaj aletlerinin etkinlikleri, partikül sertliğine, boyutuna ve aşındırıcıların şekline olduğu kadar, partikülleri diske bağlayan materyale ve diskin yapıldığı malzemeye de bağlıdır.

Bu çalışmanın sonucunda, Premier poli-pro disk sisteminin etkinliğinin, Sof-lex disk sisteminden istatistiksel olarak farklı olmadığı gösterilmiştir. Birçok çalışmada da alüminyum oksit esaslı abrazivlerin kompozit bitirme ve polisaj işlemlerindeki etkinliği kanıtlanmıştır (Lu et al., 2003b; Baseren, 2004; Yap et al., 2004a; Barbosa et al., 2005; Venturini et al., 2006). Ayrıca, kullanılan restoratif malzemeler arasında da, yüzey pürüzlülüğü açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, polisaj yönünün kullanılan restoratif malzemeye göre, yüzey pürüzlülüğünde etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi; Zimmerli et al. (2011), da çalışmalarında polisaj yönünün yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini rapor etmişlerdir.

Bizim çalışmamızda Filtek Supreme xt için her iki polisaj diski ile elde edilen değerler şeffaf polyester bant altından çıkan yüzeyden farklı değildir. Buna karşılık, Tetric Nanoceram ve Clearfil Majesty Esthetic için şeffaf bant altından çıkan yüzeyler istatistiksel olarak daha pürüzlü bulundu. Çalışmada yer alan tek

mikrohibrit kompozit olan Gradia Direct materyalinde, şeffaf bant altından çıkan yüzeylerin istatistiksel olarak daha pürüzsüz olduğu gözlemlendi.

Sof-lex polisaj disk sistemi ve Filtek Supreme xt restoratif materyali ile ilgili dental literatürde yüzey pürüzlülük çalışmaları bulunmaktadır. Ancak, Clearfil Majesty Esthetic ve Gradia Direct restoratif materyalleri, yüzey pürüzlülük çalışmaları dışında da bazı çalışmalarda kullanılmış olmalarına rağmen; Tetric Nanoceram restoratif materyali ile Premier poli-pro disk sisteminin kullanıldığı, yayınlanmış, herhangi bir çalışmaya dental literatürde rastlanmamıştır. Bu yönüyle çalışmamız, hem Tetric Nanoceram restoratif materyali için, hem de Premier poli-pro polisaj disk sistemi için dental literatürde bir ilk olmuştur.

## 4.2. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu) Analizi

### 4.2.1. Filtek Supreme xt için SEM Analizi

Filtek Supreme xt, üniversal bir nanokompozittir ve içeriğindeki nanoboyuttaki inorganik partiküller öbekler şeklinde görülmektedir. Herhangi bir hibrit yapı gözlenmemektedir (Şekil 4.1. (a),(b),(c)). Filtek Supreme xt nanokompoziti, diğer kullanılan kompozit materyallerinden, hibrit yapı içermemesi yönünden farklıdır.

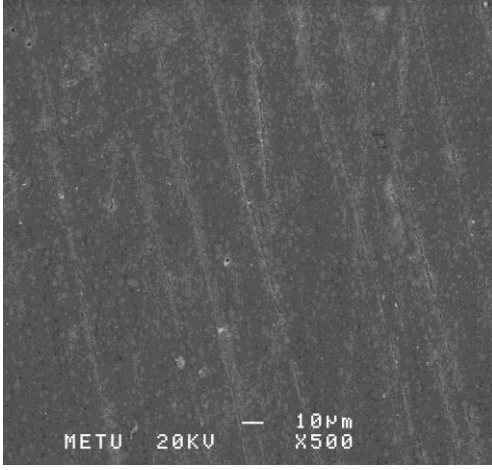
Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanan örnek yüzeylerinde derin olmamakla birlikte, bazı yüzey defektleri görülmüştür (Şekil 4.1. (a)).

Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj yapılan örneklerin yüzey topografyası, Sof-lex disk sistemiyle yapılan polisaja benzer bir görüntü oluşturmuştur, ancak yüzeydeki polisaj çizikleri biraz daha fazla ve derin bir şekilde gözlemlenmiştir (Şekil 4.1. (b)).

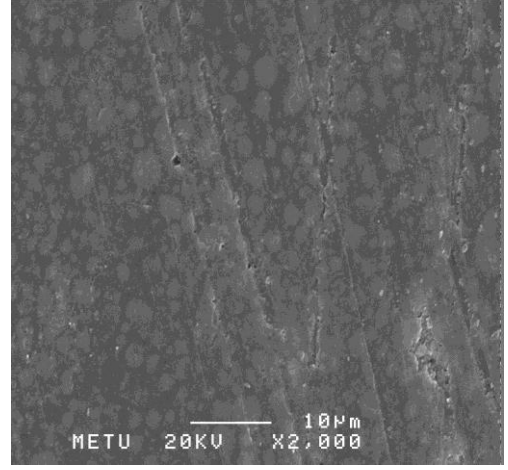
Şeffaf bant altı, polisaj uygulanmamış, kontrol grubu örneklerinde ise, nanopartiküller öbekler halinde görülmektedir. Yüzeydeki hava kabarcıkları ve küçük bazı defektler dışında yüzey topografisi düzgün ve pürüzsüzdür (Şekil 4.1. (c)).

Endo et al. (2010), Filtek Supreme xt, Tetric evoceram, Grandio ve Venus diamond restoratif materyellerine, Heraeus sistemi, Shofu sistemi ve Sof-lex disk sistemi olmak üzere uyguladıkları 3 farklı polisaj işleminden sonra yaptıkları SEM incelemelerinde, Filtek Supreme xt ve Tetric evoceram restoratif malzemesinin, oldukça pürüzsüz bir yüzey gösterdiğini bildirmişlerdir.

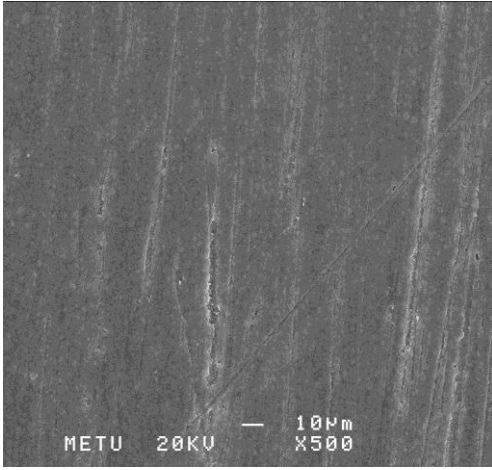
Janus et al., (2010), çalışmalarında kullandıkları Filtek Supreme xt, Synergy D6, Tetric evoceram ve Grandio restoratif materyalleri arasında, SEM görüntülemelerinde, en düzgün ve pürüzsüz yüzeyi Filtek Supreme xt restoratif malzemesinde gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise, kullandığımız kompozitler (Filtek Supreme xt, Clearfil Majesty Esthetic, Gradia Direct, Tetric Nanoceram) ile Filtek Supreme xt arasında, yüzey pürüzlülüğü açısından fark görülmemiştir.



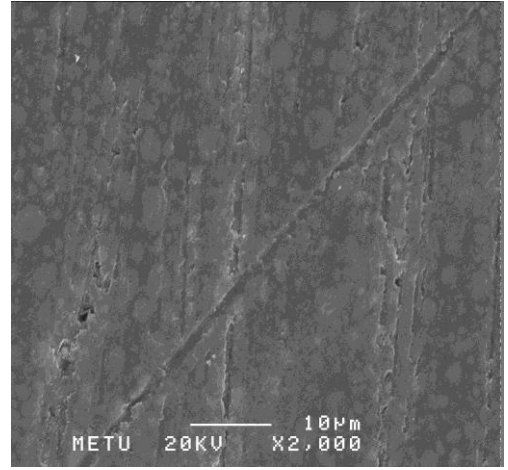
(a) ×500 büyütme



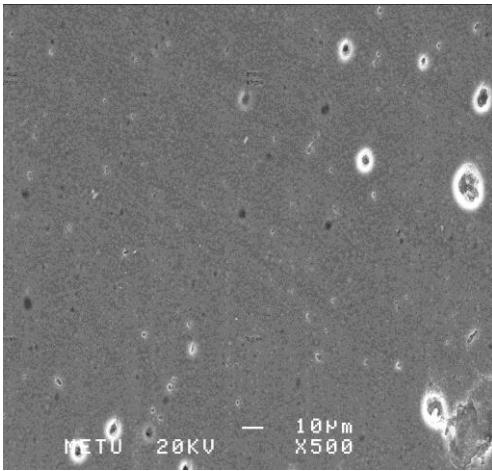
(a) ×2000 büyütme



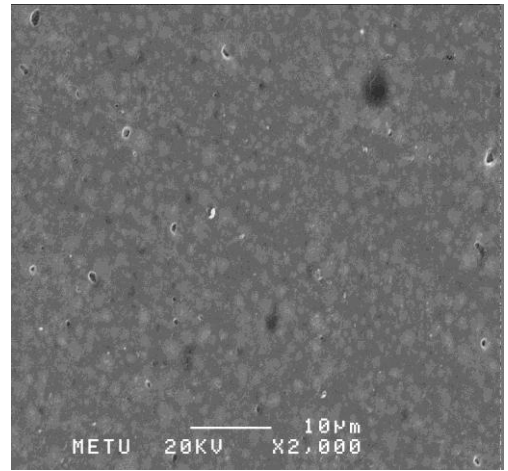
(b) ×500 büyütme



(b) ×2000 büyütme



(c) ×500 büyütme



(c) ×2000 büyütme

Şekil 4.1 Filtek Supreme xt için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.

#### 4.2.2. Clearfil Majesty Esthetic için SEM Analizi

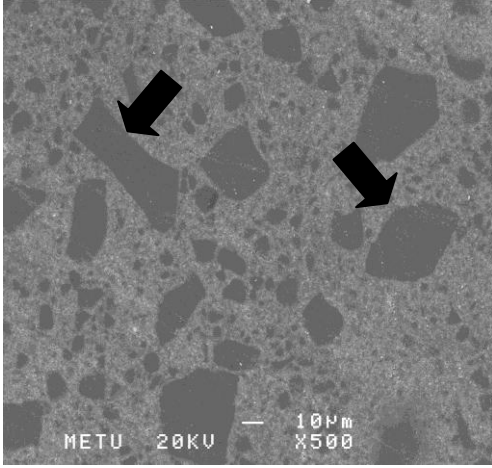
Clearfil Majesty Esthetic, anterior nanohibrit yapıda bir kompozittir. Yapısında, mikron boyuttaki prepolimerize organik doldurucular ve nanoboyuttaki partiküller mozaik bir şekilde gözlemlenmektedir. İnorganik partiküller arasında büyük boyutsal farklılıklar görülmektedir (Şekil 4.2. (a),(b),(c)).

Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanan örnek yüzeylerinde, Tetric Nanoceram dışında, diğer kompozit materyallerindeki örneklere göre, polisaja bağlı olarak oluşan çizikler daha az ve yüzeysel olarak gözlemlenmiştir (Şekil 4.2. (a)).

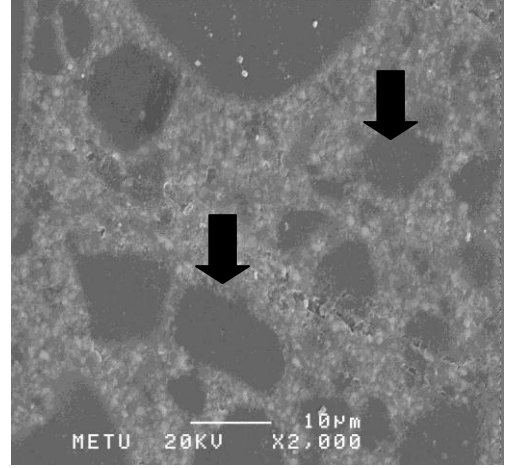
Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanmış örneklerin yüzey topografyası, Sof-lex disk sistemiyle polisaj yapılmış örneklere göre daha belirgin polisaj çizikleri içermektedir. Ancak, yine de, Tetric Nanoceram materyali dışındaki diğer materyal örneklerine göre daha pürüzsüz bir yüzey gözlemlenmiştir (Şekil 4.2. (b)).

Şeffaf bant altından çıkarılmış, polisaj uygulanmamış, kontrol grubu örneklerinde ise, rezinden zengin tabaka nedeniyle inorganik partikül içermeyen, pürüzsüz ve homojen dağılımlı bir görüntü oluşmuştur. Yüzey topografyası düzgün olmakla beraber, partiküller arasında büyüklük farkı yoktur (Şekil 4.2.(c)).

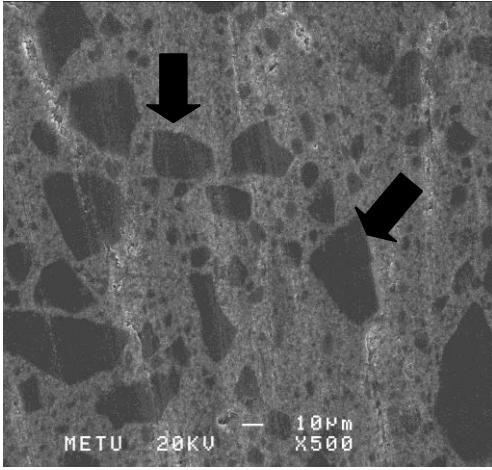
Clearfil Majesty Esthetic restoratif materyali kullanılarak, SEM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



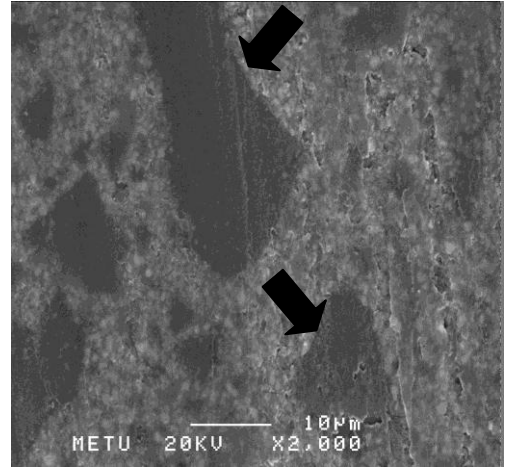
(a) ×500 büyütme



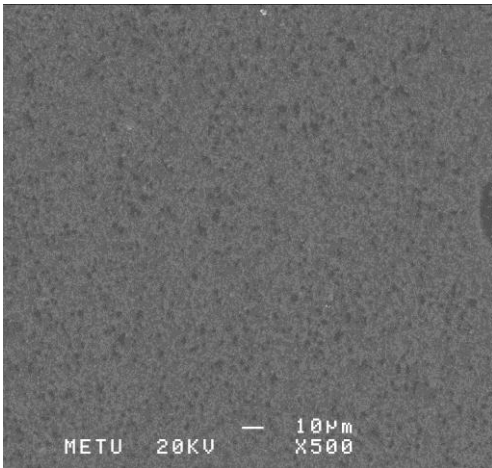
(a) ×2000 büyütme



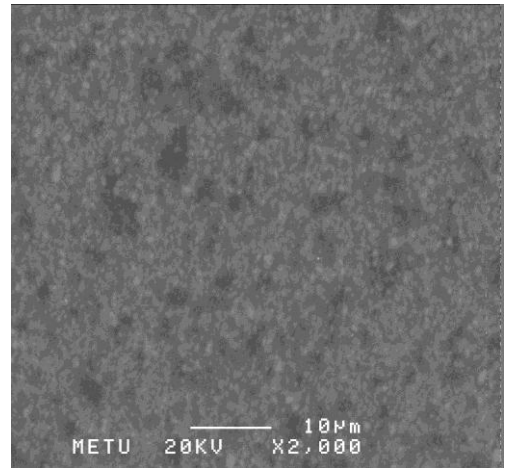
(b) ×500 büyütme



(b) ×2000 büyütme



(c) ×500 büyütme



(c) ×2000 büyütme

Şekil 4.2. Cearfil majesty esthetic için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri ve okla işaretlenmiş prepolimerize organik doldurucular. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.



#### 4.2.3. Gradia Direct için SEM Analizi

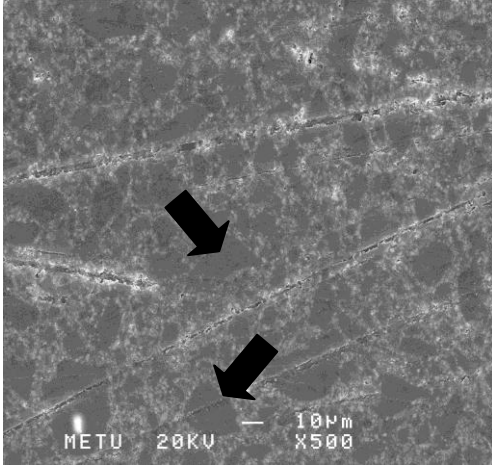
Gradia Direct, anterior bir mikrohibrit dolgu malzemesidir. Buna bağlı olarak SEM görüntülerinde, mikrohibrit yapısı açıkça görölmektedir. Yapısında nanopartiküllerin yanı sıra, prepolimerize organik doldurucular da bulunmaktadır. İnorganik partiküller arasında büyük boyutsal farklılıklardan dolayı mozaik bir görüntü gözlemlenmektedir (Şekil 4.3. (a),(b),(c)).

Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanmış örneklerin yüzey topografyasında çizikler belirgin bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 4.3. (a)).

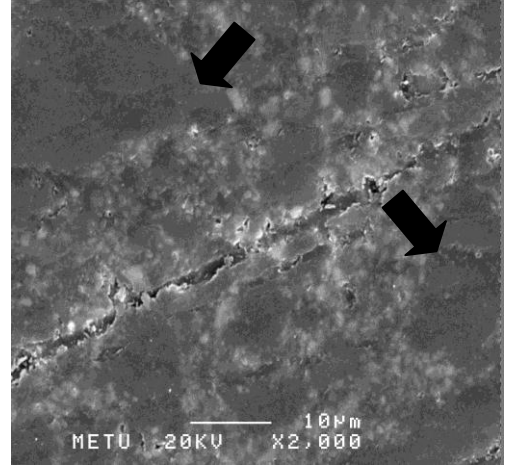
Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanmış örnek yüzeylerinde, Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanmış örnek yüzeylerine göre bariz bir farklılık gözlenmemektedir. Yüzeyde polisaja bağlı çizikler görölmektedir. (Şekil 4.3. b).

Şeffaf bant altından çıkarılmış, polisaj uygulanmamış, kontrol grubunda ise, rezinden zengin tabakadan dolayı inorganik partiküller net bir şekilde görünmemektedir. Yüzey pürüzsüzdür ve mozaik yapı yoktur. Mikropartiküller net bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 4.3. (c)).

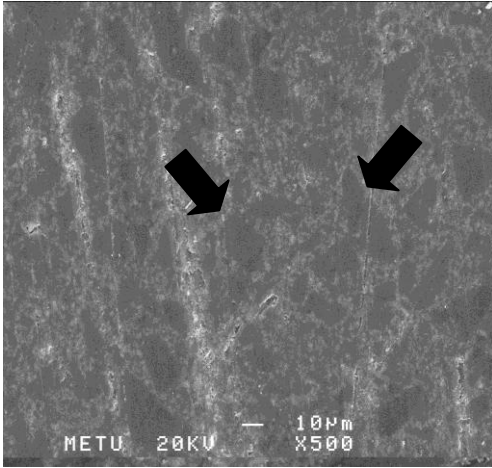
Gradia Direct restoratif materyali kullanılarak, SEM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



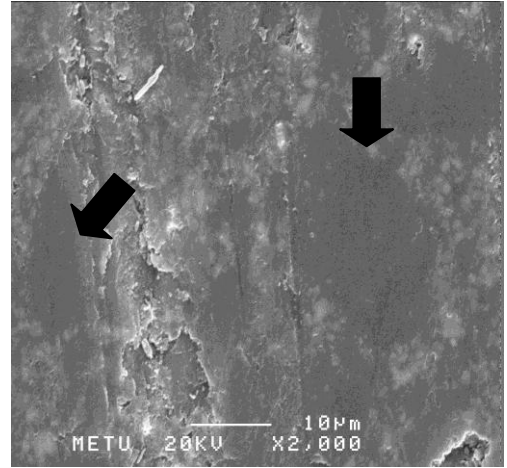
(a) ×500 büyütme



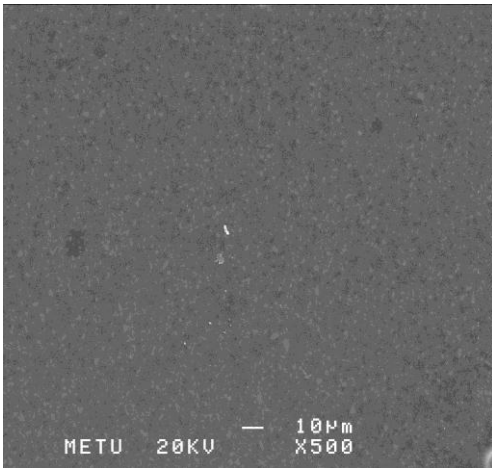
(a) ×2000 büyütme



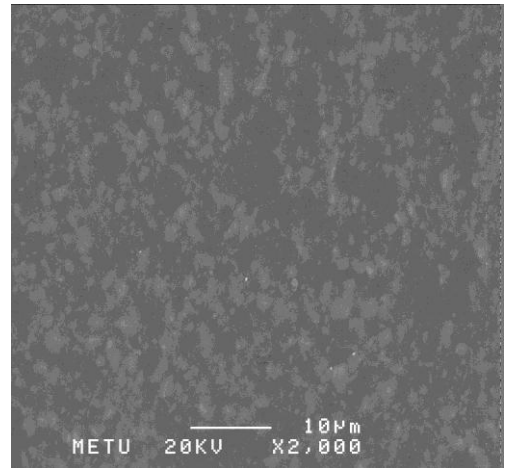
(b) ×500 büyütme



(b) ×2000 büyütme



(c) ×500 büyütme



(c) ×2000 büyütme

Şekil 4.3 Gradia Direct için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri ve okla gösterilen prepolimerize organik doldurucular. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.

#### 4.2.4. Tetric Nanoceram için SEM Analizi

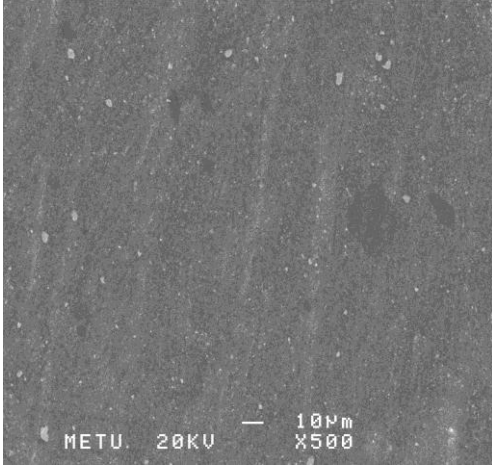
Tetric Nanoceram' ın yapısında daha çok nanopartiküller bulunur ve öbek içermez. Partikül büyüklükleri arasında, boyut farklılığı fazla olmamakla beraber, genelde partiküller nanoboyuttadır (Şekil 4.4. (a),(b),(c)).

Sof-lex disk sistemi ile polisaj uygulanmış örneklerin yüzey topografyasında, polisaj çizikleri çok az gözlemlenmekle beraber, yüzey pürüzsüz bir görünüme sahiptir. Hibrit yapı pek belirgin değildir ve inorganik nanopartiküller çok net görünmemektedir (Şekil 4.4. (a)).

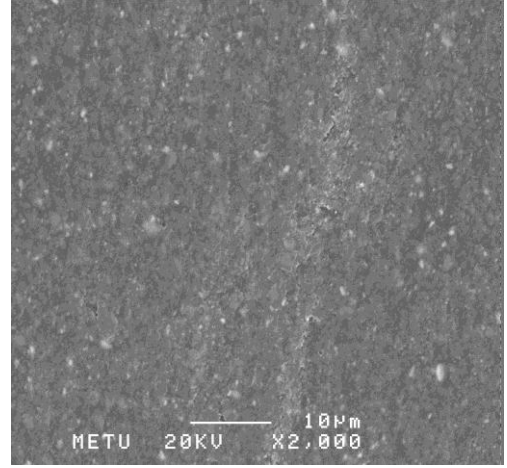
Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanmış örneklerin yüzeylerinde, polisaj çizikleri hem az hem de yüzeyseldir (Şekil 4.4. (b)).

Şeffaf bant altından çıkarılmış, polisaj uygulanmamış, kontrol grubu örneklerinin SEM görüntülerinde, yüzey oldukça pürüzsüzdür ve nanopartiküller net bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 4.4. (c)).

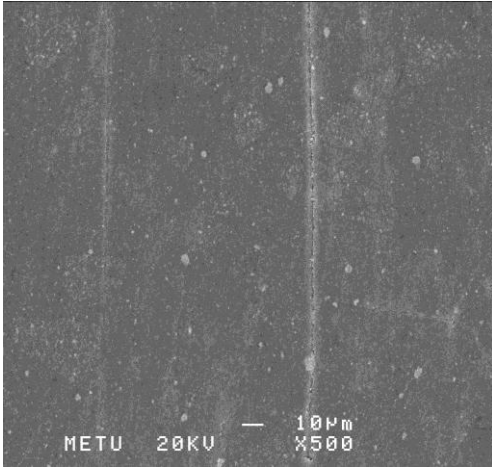
Tetric Nanoceram restoratif materyali kullanılarak, SEM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



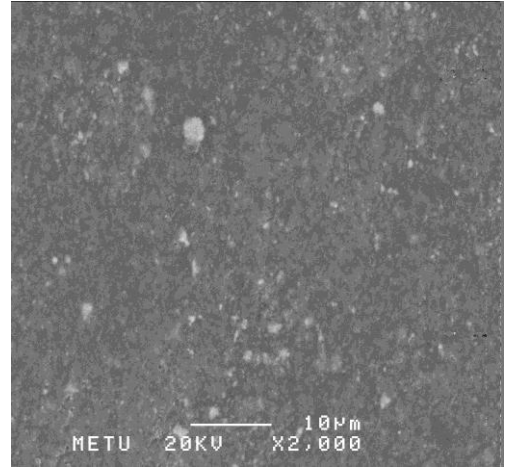
(a) ×500 büyütme



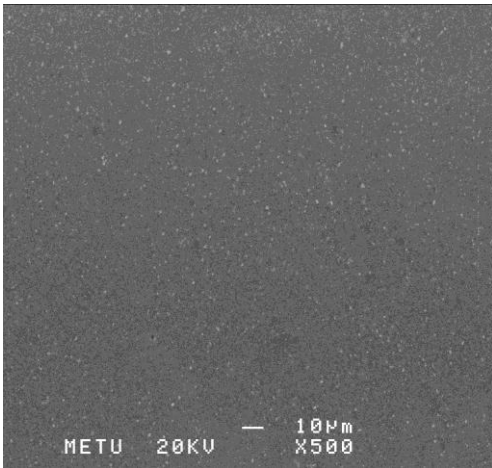
(a) ×2000 büyütme



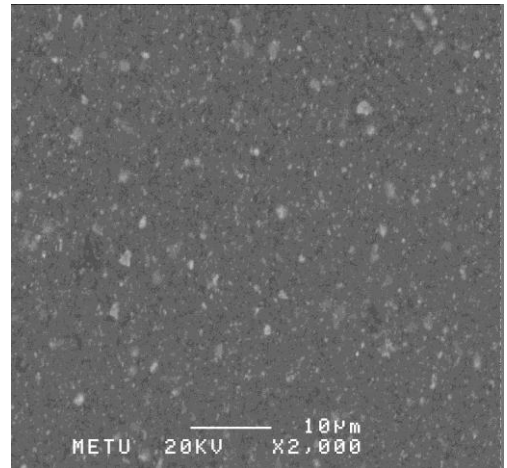
(b) ×500 büyütme



(b) ×2000 büyütme



(c) ×500 büyütme



(c) ×2000 büyütme

Şekil 4.4. Tetric Nanoceram için, ×500 ve ×2000 büyütmede SEM görüntüleri. (a) Sof-lex disk sistemi; (b) Premier poli-pro disk sistemi; (c) Polyester bant altı kontrol grubu.

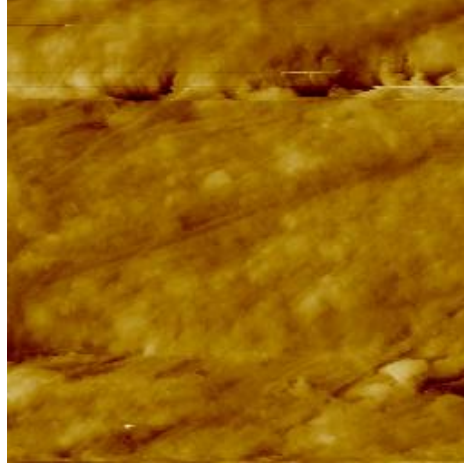
### 4.3. AKM (Atomik Kuvvet Mikroskobu) Analizi

#### 4.3.1. Filtek Supreme xt için AKM Analizi

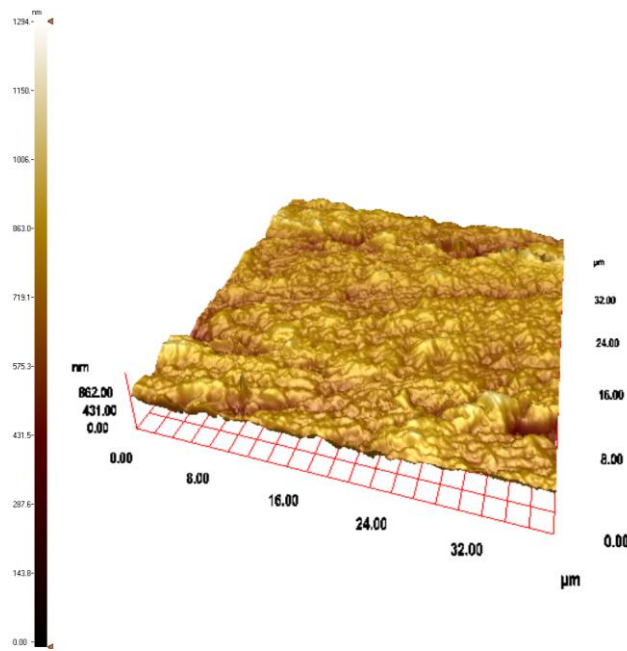
Filtek Supreme xt restoratif materyali için, Sof-lex ve premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanmış örneklerin AKM görüntüleri karşılaştırıldığında, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanan örnekteki polisaj çizikleri, Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanan örneğe göre daha fazladır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Buna bağlı olarak da ölçülen  $R_a$  yüzey pürüzlülük değeri, Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanan örnekte daha yüksek ölçülmüştür (Şekil 4.5 (c) ve Şekil 4.6(c)).

Şeffaf bant altından çıkarılmış haliyle bırakılmış, polisaj uygulanmamış, kontrol grubu örneğinin AKM görüntüleri, polisajlı örneklerle karşılaştırıldığında daha pürüzsüz olmasına rağmen, yüzeyde bir çeşit defekt görüntülenmiştir (Şekil 4.7). Defekt görünümüne, yüzeyde kalmış bir toz parçasının veya şeffaf bant üzerindeki bir düzensizliğin neden olduğu düşünülebilir. Türkün ve Türkün (2004), restoratif yüzeylerin, rezin matrisinin doğası gereği tamamen hatasız olmadığını ve polyester matris bandında da düzensizlikler görülebileceğini belirtmiştir. Bizim çalışmamızda da, bu düzensizliğe bağlı olarak, diğer restoratif materyallerdeki kontrol gruplarına göre,  $R_a$  yüzey pürüzlülük değeri daha yüksek olarak ölçülmüştür (Şekil 4.7(c)).

Janus et al. (2010), Filtek Supreme xt, Synergy D6, Tetric evoceram, Grandio restoratif materyallerine, CompoSystem ve Sof-lex disk sistemleri ile polisaj uyguladıkları çalışmalarında, Sof-lex disk sisteminin CompoSystem disk sistemine göre daha pürüzsüz yüzey oluşturduğunu AKM ile tespit etmişlerdir. Ayrıca Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin içerdiği partiküllerin, öbekler içerisinde homojen dağılımından dolayı, diğer kompozit malzemelere göre, daha pürüzsüz bir yüzey meydana getirdiğini rapor etmişlerdir.



(a)

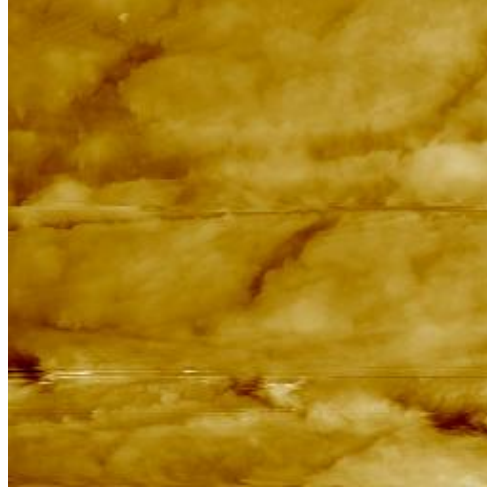


(b)

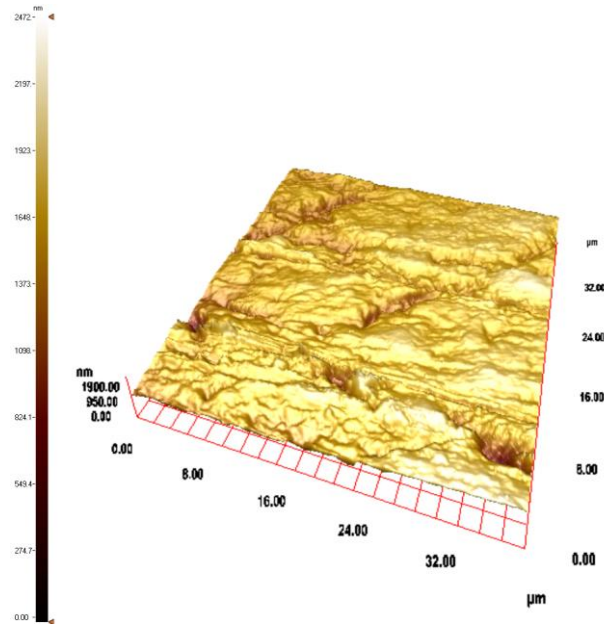
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	134.4525	nm	Roughness Average
	sq	152.5147	nm	Root Mean Square
	ssk	1.330062	-	Surface Skewness
	sku	2.027371	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.5. Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri



(a)

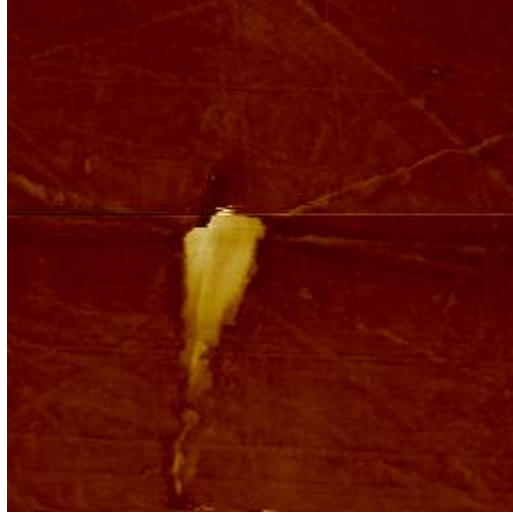


(b)

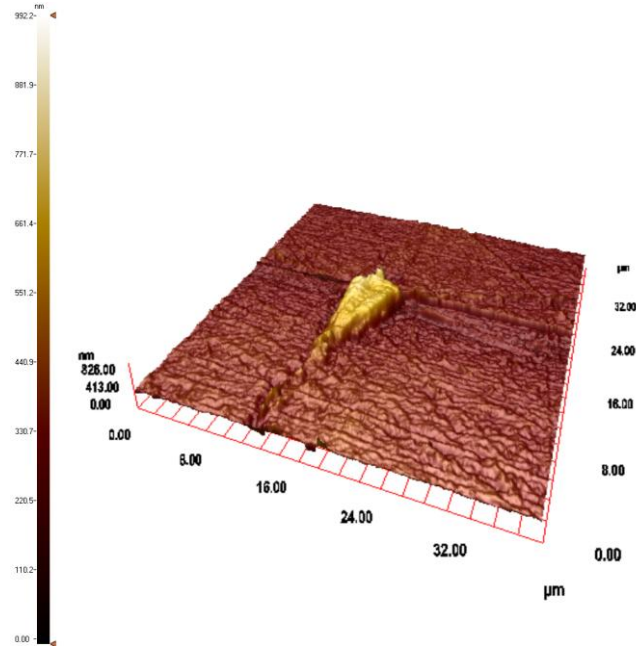
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	417.4091	nm	Roughness Average
	sq	443.7258	nm	Root Mean Square
	ssk	1.145009	-	Surface Skewness
	sku	1.391504	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.6. Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)



(b)

	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	145.0503	nm	Roughness Average
	sq	149.9839	nm	Root Mean Square
	ssk	1.098879	-	Surface Skewness
	sku	1.289551	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.7. Filtek Supreme xt restoratif malzemesinin, polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.

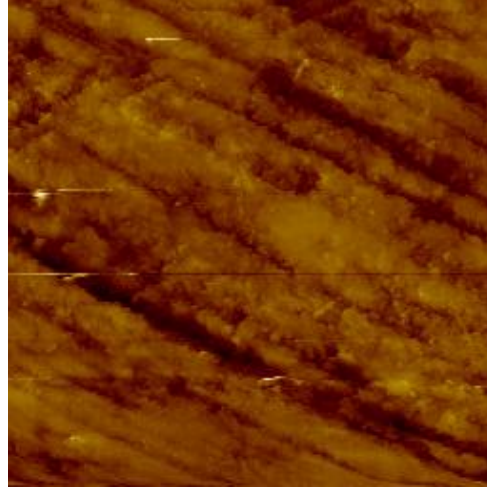


### 4.3.2. Clearfil Majesty Esthetic için AKM Analizi

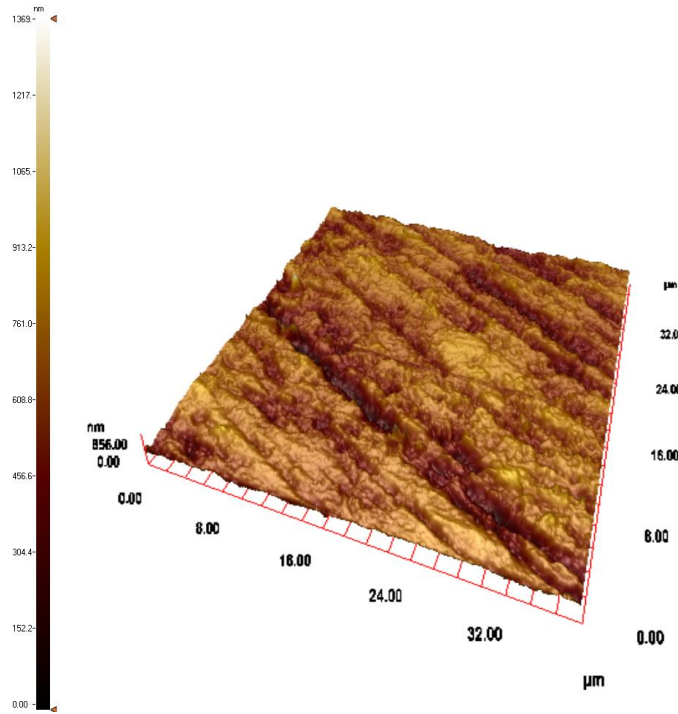
Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin AKM görüntüleri incelendiğinde, yüzeysel polisaj çizikleri dışında, yüzeyin pürüzsüz olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.8 ve Şekil 4.9). Ayrıca polisaj disk sistemleri için, ölçülen  $R_a$  pürüzlülük değerleri, birbirine yakın çıkmıştır (Şekil 4.8 (c) ve Şekil 4.9(c)).

Polisaj uygulanmamış, şeffaf bant altından çıkarılmış haliyle bırakılmış, kontrol grubunda ise, yüzey son derece pürüzsüzdür (Şekil 4.10). Ayrıca ölçülen  $R_a$  yüzey pürüzlülük değeri oldukça düşüktür (Şekil 4.10(c)).

Clearfil Majesty Esthetic restoratif materyali kullanılarak, AKM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



(a)

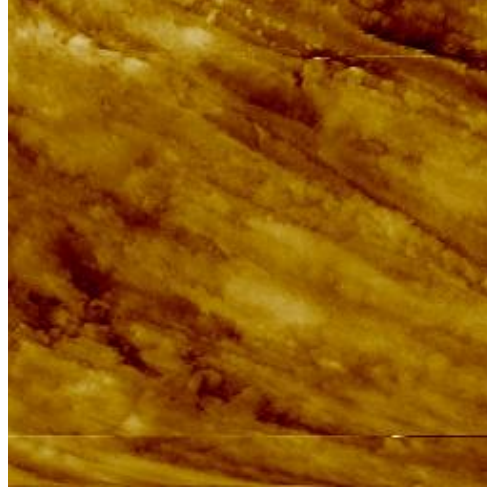


(b)

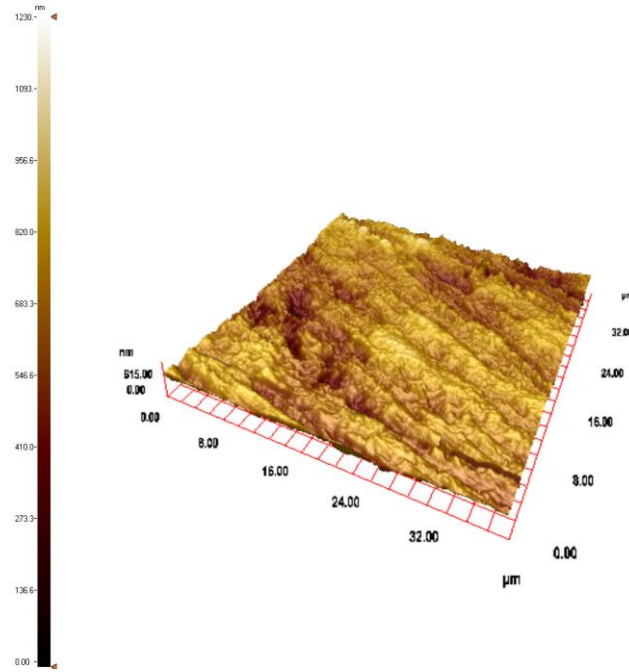
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	93.11739	nm	Roughness Average
	sq	130.1918	nm	Root Mean Square
	ssk	2.041307	-	Surface Skewness
	sku	5.235203	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.8. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)

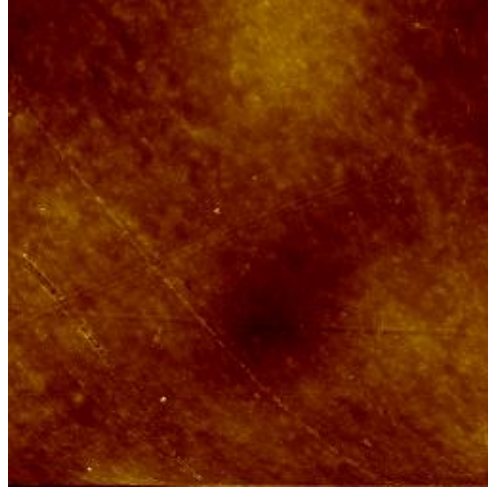


(b)

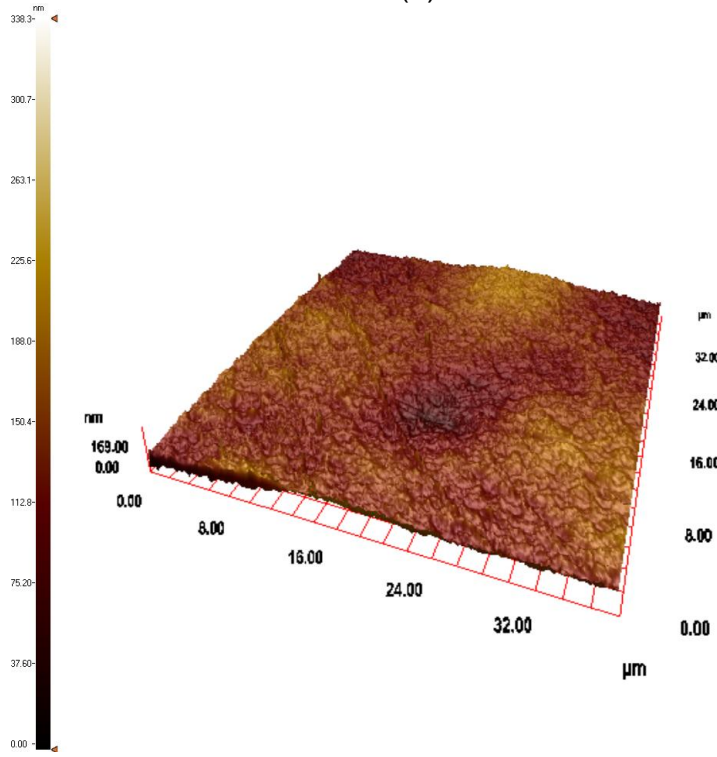
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	109.694	nm	Roughness Average
	sq	132.3142	nm	Root Mean Square
	ssk	1.502379	-	Surface Skewness
	sku	2.695148	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.9. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)



(b)

	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	34.22666	nm	Roughness Average
	sq	39.99952	nm	Root Mean Square
	ssk	1.398384	-	Surface Skewness
	sku	2.239999	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

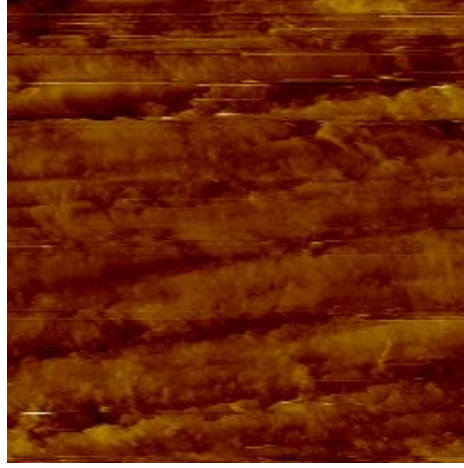
Şekil 4.10. Clearfil Majesty Esthetic restoratif malzemesinin, polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.

### 4.3.3. Gradia Direct için AKM Analizi

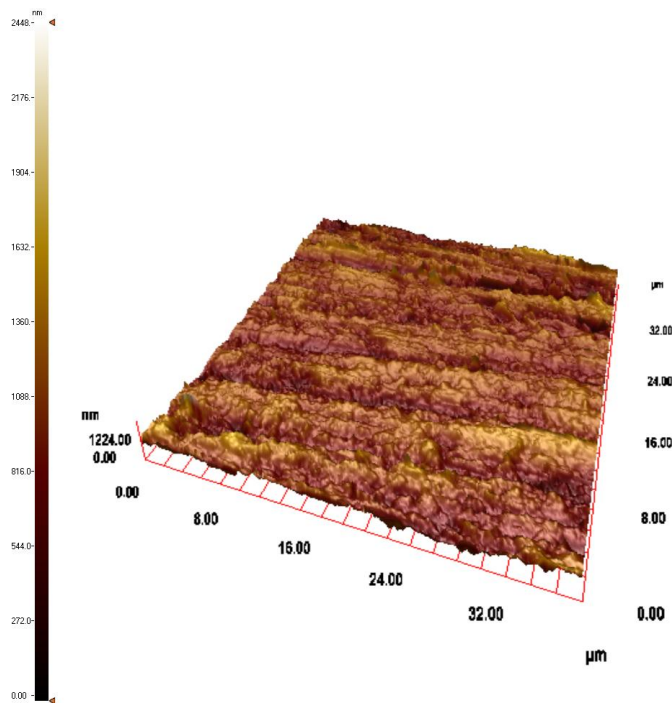
Gradia Direct restoratif malzemesi için, Sof-lex disk sistemiyle ve Premier poli-pro disk sistemiyle, polisaj uygulanmış AKM görüntülerinde, belirgin polisaj çizikleri gözlemlenmektedir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Yüzey pürüzlülük  $R_a$  değerlerinde ise, Sof-lex disk sistemiyle polisaj uygulanmış örnek yüzeyinde ölçülen  $R_a$  değeri, Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj uygulanmış örnek yüzeyine göre biraz daha yüksek çıkmıştır (Şekil 4.11(c) ve Şekil 4.12 (c)).

Polisaj uygulanmamış, şeffaf bant altından çıkarılmış haliyle bırakılmış, kontrol grubu örneğinin AKM görüntüsünde ise, yüzey düzgün ve pürüzsüzdür (Şekil 4.13). Ayrıca  $R_a$  yüzey pürüzlülük değeri ise, yüzeyin düzgün olmasından dolayı oldukça düşüktür (Şekil 4.13(c)).

Gradia Direct restoratif materyali kullanılarak, AKM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



(a)

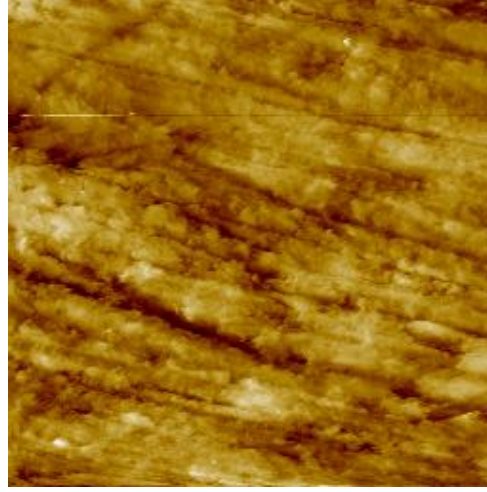


(b)

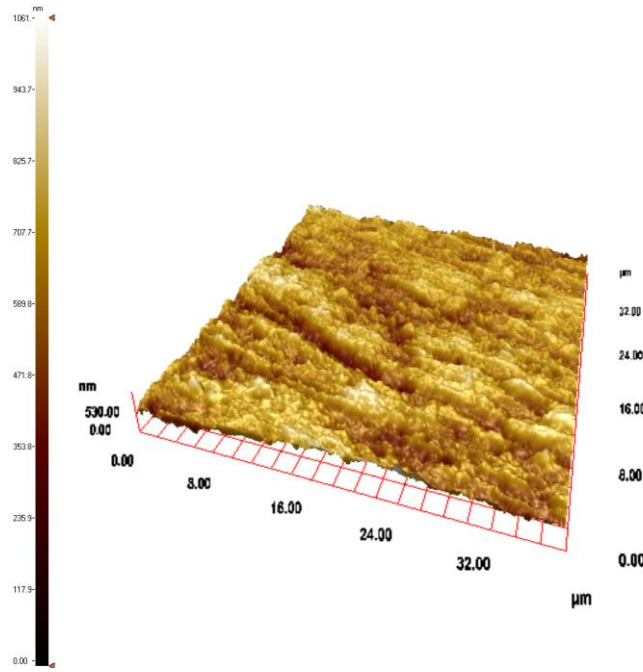
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	233.4061	nm	Roughness Average
	sq	287.3985	nm	Root Mean Square
	ssk	1.553281	-	Surface Skewness
	sku	2.845863	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.11. Gradia Direct restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)

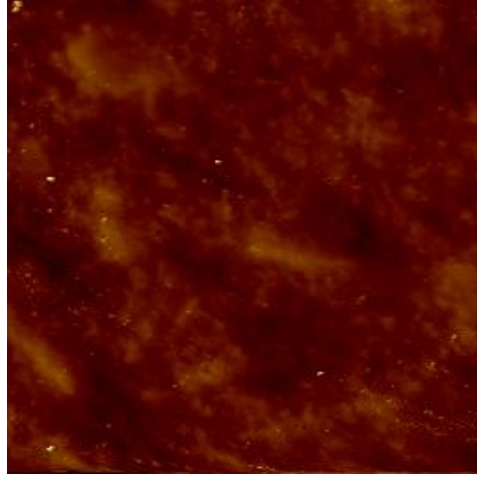


(b)

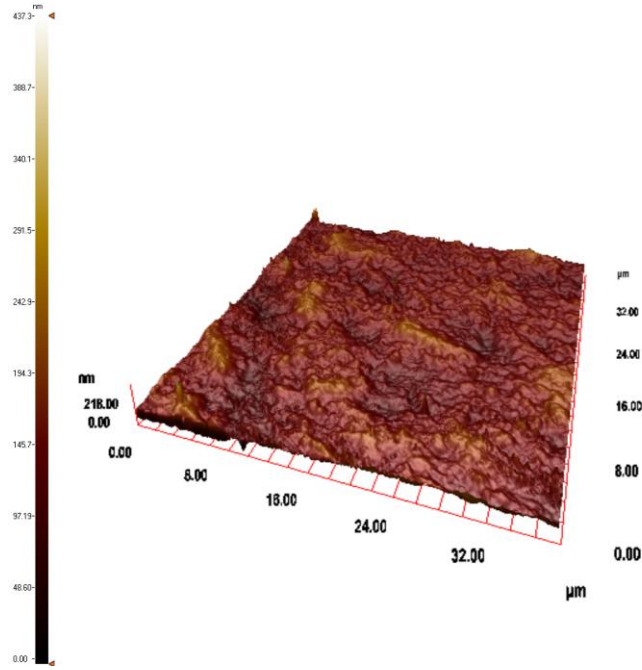
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	136.6536	nm	Roughness Average
	sq	159.0713	nm	Root Mean Square
	ssk	1.353465	-	Surface Skewness
	sku	2.030019	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.12. Gradia Direct restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)



(b)

	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	73.59114	nm	Roughness Average
	sq	77.90247	nm	Root Mean Square
	ssk	1.141661	-	Surface Skewness
	sku	1.385554	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.13. Gradia Direct restoratif malzemesinin, polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.

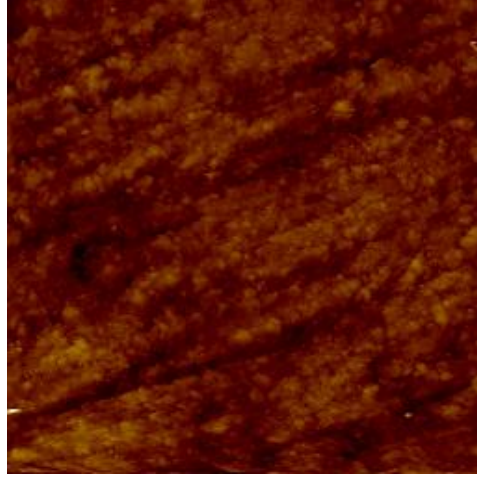


#### 4.3.4. Tetric Nanoceram için AKM Analizi

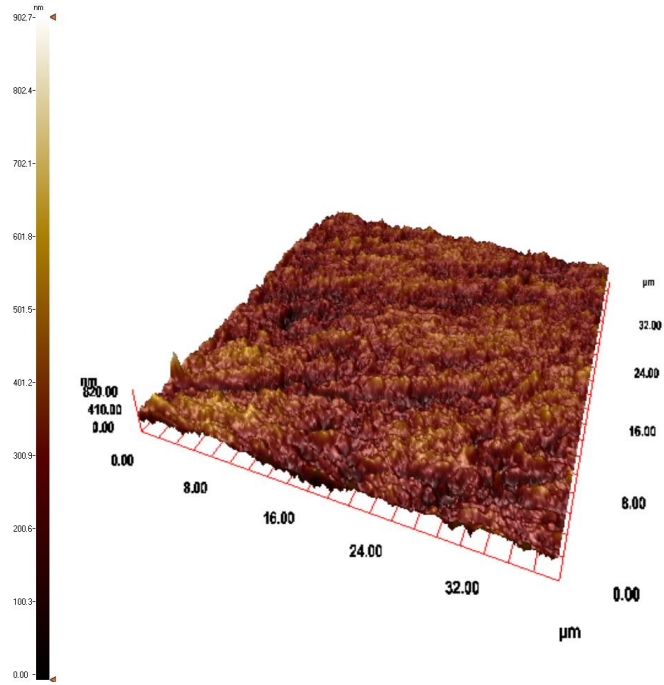
Tetric Nanoceram restoratif malzemesi için, Sof-lex ve Premier poli-pro disk sistemiyle polisaj yapılan örneklerde yüzeydeki polisaj çizikleri görülmektedir (Şekil 4.14 ve Şekil 4.15). İki polisaj disk sistemi karşılaştırıldığında, ölçülen  $R_a$  yüzey pürüzlülük değerleri ise, birbirine yakın değerlerdir (Şekil 4.14 (c) ve Şekil 4.15 (c)).

Şeffaf bant altından çıkarılmış haliyle bırakılan, polisajsız, kontrol grubunun AKM görüntülerinde, yüzey pürüzsüz ve düzgün bir şekilde gözlemlenmektedir (Şekil 4.16). Buna bağlı olarak da, yüzey pürüzlülük değeri  $R_a$  oldukça düşük çıkmıştır (Şekil 4.16 (c)).

Tetric Nanoceram restoratif materyali kullanılarak, AKM ile yüzey pürüzlülüğünün incelendiği, dental literatürde yayınlanmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.



(a)

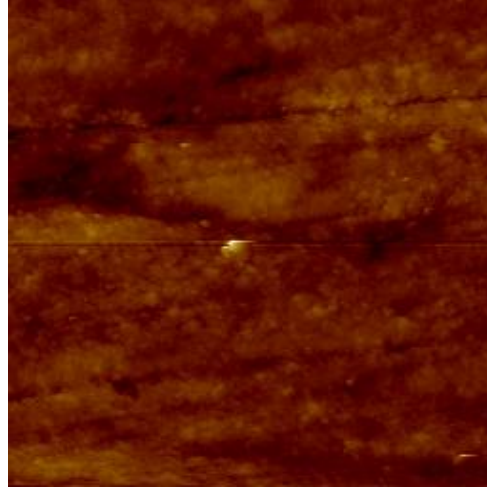


(b)

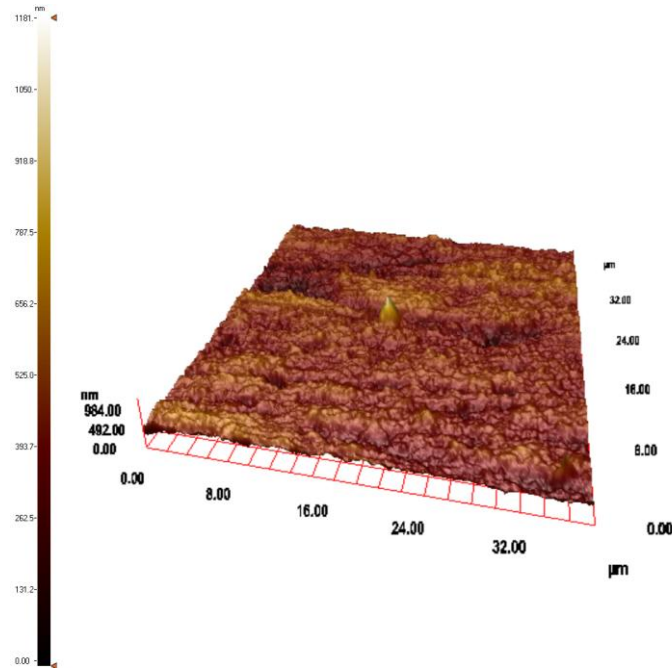
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	131.3881	nm	Roughness Average
	sq	149.4858	nm	Root Mean Square
	ssk	1.338935	-	Surface Skewness
	sku	2.023929	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.14. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, Sof-lex disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)

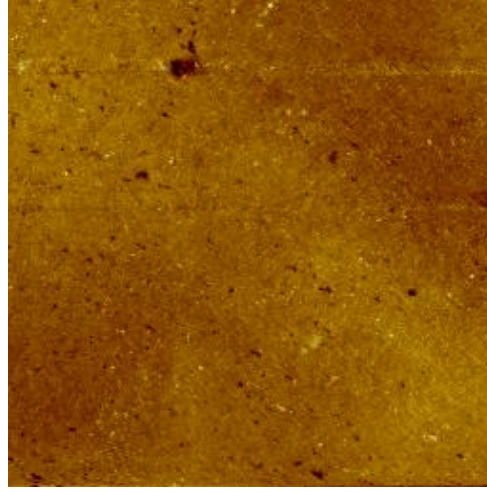


(b)

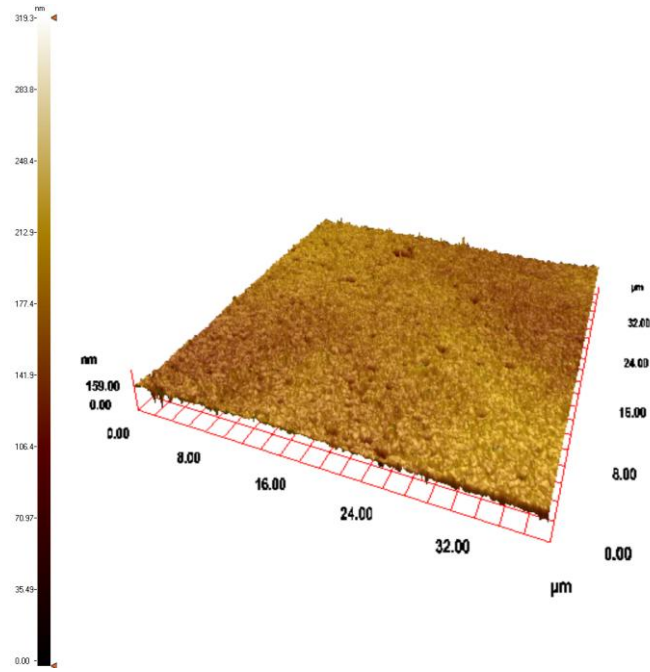
	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	144.5192	nm	Roughness Average
	sq	163.3573	nm	Root Mean Square
	ssk	1.34341	-	Surface Skewness
	sku	2.095259	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.15. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, Premier poli-pro disk sistemiyle polisajlanmış, yarı değen moda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.



(a)



(b)

	Coefficient	Value	Unit	Description
▶	sa	20.97084	nm	Roughness Average
	sq	25.53785	nm	Root Mean Square
	ssk	1.531519	-	Surface Skewness
	sku	2.891708	-	Surface Kurtosis
*				

(c)

Şekil 4.16. Tetric Nanoceram restoratif malzemesinin, polyester bant altından çıkan polisajlanmamış, kontrol grubunun, yarı degen modda alınan AKM görüntüleri. (a) Yüzey görüntüsü; (b) 3B görüntüsü; (c) Yüzey pürüzlülük değerleri.

## 5. GENEL SONUÇLAR

- Bu çalışmada yer alan kompozit rezin restoratif materyallerinin tümünün kullanıldığı yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştıran başka bir çalışma dental literatürde yer almamaktadır. Sadece Filtek Supreme xt ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma, bu özelliği ile dental literatürde bir ilk olarak yer alacaktır.
- Bu çalışma yüzey pürüzlülük değerlendirmesinde polisaj yönü ve polisaja dik yönde yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermiştir. Bu bulgu ışığında deneysel çalışmalarda tek bir yönde ölçüm yapmanın gerçek değeri yansıtmadığı sonucunu çıkarabiliriz.
- Yüzey pürüzlülük ölçümleri milimetrik boyutta bir doğru boyunca yapılırken AKM ile mikroboyutta bir alan değerlendirilir. Nano özellikte değerlendirme yapma olanağı sunan AKM ile homojen olmayan bir yüzeyin spesifik bir bölgesi yanılma payı olmaksızın değerlendirilebilir.
- Yüzey topografisi ve pürüzlülük değerlendirmelerinde nanoboyutta çalışmak yüzeyin gerçek karakteristiğini yansıtmaması bakımından çok daha değerlidir.
- Bu çalışmada kullanılan Sof-lex polisaj disk sistemi ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma olmasına karşın, Premier poli-pro disk sistemi ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışma poli-pro disk sisteminin, Sof-lex disk sistemine benzer etkinlikte olduğunu göstermiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Altun C., **2005**. Kompozit Dolgu Materyallerinde Son Gelişmeler. *Gülhane Tıp Dergisi*; 47(1):77-82.
- Antoniadi M. H., Papadogianis Y., Kubia K. E., Kubias S., **1991**. Surface hardness of light-cured and self-cured composite resins. *J Prosthet Dent*; 65:215-220.
- Antonson S. A., Yazıcı A. R., Kılınc E., Antonson E. A., Hardigan P. C., **2011**. Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*; JJOD-1682. Doi:10.1016/j.jdent.2011.01.006.1-9.
- Anusavice K. J., Antonson S. A., **2003**. Finishing and polishing Materials. In: Anusavice, Kenneth J, editors. *Phillips' Science of Dental Materials*. 11th ed. Philadelphia: Saunders; 351-377.
- Attar N., Tam L. E., McComb D., **2003**. Flow, strength, stiffness and radiopacity of flowable resin composites. *J Can Dent Assoc*; 69(8): 516-521.
- Arıkan A., Altan E., **2005**. Nanoölçekte talaş kaldırma-1. *TT Magazin* 10; 86-97.
- Aykent F., Yondem I., Ozyeşil A. G., Gunal S. K., Avunduk M. C., Ozkan S., **2010**. Effect of different finishing techniques for restorative materials on surface roughness and bacterial adhesion. *J Prosthet Dent*; 103:221-7.
- Bagheri R., Burrow M. F., Tyas M. J., **2007**. Surface characteristics of esthetic restorative materials an SEM study. *J Oral Rehabil*; 34:68-76.
- Bağcı, İ., **2006**. Epoksi reçinesi ile nanokompozit sentezi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Barbosa S. H, Zanata R. L., Navarro M. F., Nunes O. B., **2005**. Effect of different finishing and polishing techniques on the surface roughness of microfilled, hybrid and packable composite resins. *Braz Dent J*;16(1):39-44.
- Bargu S., **2002**. Diyatom Früstül'lerinin Taramalı (Scanning) Elektron Mikroskobu İçin Hazırlanmasında Alternatif Metod E. Ü. Su Ürünleri Dergisi; 9(1-2): 183-187.
- Baseren M., **2004**. Surface roughness of nanofill and nanohybrid composite resin and ormocer-based tooth-colored restorative materials after several finishing and polishing procedures. *J Biomater Appl*; 19:121-134.
- Bayne, S. C., Wilkerson, M., **1998a**. A Characterization of first Generation Flowable Composites. *JADA*; 129: 567-577.
- Bayne S. C., Heymann H. O., Swift E. J. Jr., **1994b**. Update on dental composite restorations. *JADA*; 125(6): 687-701.

- Bektaş Ö. Ö., Eren D., Hürmüzlü F., **2006**. Farklı iki kompozit rezinin su emilimi yönünden Karşılaştırılması. Cumhuriyet Üniversitesi, Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi; 9(2):22-28.
- Benjamin F. T., Raymond T. J., **1978**. Diagnostic Electron Microscopy, Volum I. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Benli B., **2008**. Nanoteknoloji ve antik çağlara uzanan killi nano yapılar. İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kibited Dergisi; 1(3)143-162.
- Binning G., Quate C. F., and Gerber Ch., **1986**. "Atomic force microscope," Physics Review Letters; 56:930.
- Bollen C. M., Lambrechts P., Quirynen M., **1997**. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dental Materials; 13:258-269.
- Bouvier D., Duprez. J. P., Lissac M., **1997**. Comparative evaluation of polishing systems on the surface of three esthetic materials. J Oral Rehabil; 24:888-894.
- Bozzola J. J., Russell L. D., **1998**. Electron Microscopy Principles and Techniques for Biologist, 2 th Edition. Jones and Bartlett Publishing, Inc. London.
- Canh, T.M., **1993**. Sensor Physics and Technology Series. Chapman&Hall Inc. New York. 10001 USA. 2:122.
- Cavalcante L. M., Masouras K., Watts D. C., Pimenta L. A., Silikas N., **2009**. Effect of nanofillers' size on surface properties after toothbrush abrasion. American Journal of Dentistry 22:60-64.
- Cenci M. S., Venturini D., Pereira-Cenci T., Piva E., Demarco F. F., **2008**. The effect of polishing techniques and time on the surface characteristics and sealing ability of resin composite restorations after one-year storage. Oper Dent; 33:169-176.
- Chan D. C. N., Titus H. W., Chung K. H., Dixon H., Wellinghoff S. T., Rawls H. R., **1999**. Radiopacity of tantalum oxide nanoparticle filled resins. Dent Mater; 15:219-222.
- Chung, K. H., **1990**. The relationship between composition and properties of posterior resin composites. J Dent Res, 69:3, 852-856.
- Craig R. G., **2000a**. Direct esthetic Restorative Materials. Restorative Dental Materials, Mosby Year Book Inc., 244-267.
- Craig R. G., **1981b**. Chemistry, composition, and properties of composite resins. Dent Clin North Am; 25: 219-239.

- Çınar M. Ö., Ülgen Ş. D., Çubukçu E., Koçum C. İ., **2005**. Molekül Algılama Amaçlı Atomik Kuvvet Mikroskobu Tasarımı ve Üretilmesi. Biyomut, National Symposium on Biomedical Engineering; 230-234.
- Çökük N., **2009**. Tam Seramik Sistemlerine Uygulanan Farklı Polisaj Metotlarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg; 19(2):98-104.
- Davis N., **2003**. A nanotechnology composite. Compend Contin Educ Dent; 24: 662-670.
- Dayangaç B., **2000**. Kompozit Rezin Restorasyonlar, Güneş Kitabevi, 1-20, 74-84.
- Dodge W. W., Dale R. A., Cooley R. L., Duke E. S., **1991**. Comparison of wet and dry finishing of resin composites with aluminum oxide discs. Dent Mater 7(1):18-20.
- Dresch W., Volpato S., Gomes J. C., Ribeiro N. R., Reis A., Loguercio A. D., **2006**. Clinical evaluation of a nanofilled composite in posterior teeth: 12-month results. Oper Dent; 31:409-417.
- Drexler E., **1992**. Nanosystems: Molecular machinery, manufacturing, and computation, John Wiley & Sons, Inc. New York, USA.
- Duke E. S., **2003**. Has dentistry moved into the nanotechnology era? Compend Contin Educ Dent; 24(5): 380-382.
- Endo T., Finger W. J., Kanehira M., Utterodt A., Komatsu M., **2010**. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. Dent Mater J; 29(2): 213–223.
- Ergücü Z., Önem E., Türkün Ş. L., Güneri P., Boyacıoğlu H., **2007**. Farklı nanokompozitlerin radyoopasitelerinin Karşılaştırılması. SÜ. Diş Hek. Fak. Derg. 16:1-7.
- Ferracane J. L., Greener E. H., **1986**. The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. J Biomed Mater Res. 20:121-131.
- Feynman, R. P., **1959**. "There's Plenty of Room at the Bottom-An Innovation to Enter a New Field of Physics". Meeting of the APS, California Institute of Technology, December.
- Freitas R. A., **2005**. What is nanomedicine? Nanomedicine 2005;1:2-9.
- Gladys S., Van Meerbeek B., Braem M., Lambrechts P., Vanherle G., **1997**. Comparative physico-mechanical characterization of new hybrid restorative materials with conventional glass-ionomer and resin composite restorative materials. J Dent Res; 76:883-894.
- Goldstain A., **1997**. Handbook of Nanophase Materials, Marcel Dekker Inc, New York, USA, 369p.



- Gomis J. M., Bizar J., Anglada J. M., Samsó J., Peraire M., **2003**. Comparative evaluation of four finishing systems on one ceramic surface, *Int J Prosthodont*, 16(1):74-77.
- Gökay O., Özyurt P., Seçkin B., **1998**. Farklı Bitirme ve Cila Yöntemleri Uygulanmış Bir Kompozit Rezinin Çeşitli Likitler Karşısında Gösterdiği Yüzey Sertlik Değerlerinin Karşılaştırılması. *T. Klin. Diş. Hek. Bil.* 4:55-60.
- Gülmez S., Aykut Ş., Demetgül M., **2009**. Manganlı çeliklerin düzlem yüzey taşlanmasında taşlama parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin deneysel olarak incelenmesi. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Türkiye.
- Gürmen S., Ebin B., **2008**. Nanopartiküller ve Üretim Yöntemleri. İ.T.Ü., Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü. *Metalurji Dergisi*, No. 150, ISSN: 1300-4824, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası.
- Hachiya Y., Iwaku M., Hosoda H., Fusayama T., **1984**. Relation of finish to discoloration of composite resins. *J Prosthet Dent*. 52:811-4.
- Hara A. T., Serra A. C., Rodrigues Jr A. L., **2001**. Radiopacity of glass ionomer/composite resin hybrid materials. *Braz Dent J*; 12(2): 85-89.
- Hayat M. A., **1978**. Principles and Techniques of Scanning Electron Microscopy, Volum 6. Litton Educational Publishing, Inc. New York, USA.
- Hench, L. L., **1997**. Sol.gel materials for bioceramic applications., *Curr. Opin. Solid State Mater Sci*; 2:604-610.
- Herrgott A. M, Ziemiecki T. L, Dennison J. B., **1989**. An evaluation of different composite resin systems finished with various abrasives. *J Am Dent Assoc*; 119:729-732.
- Hickel R., Dasch W., Janda R., Tyas M., Anusavice K., **1998**. New Direct Restorative Materials. *Int Dent J*; 48:3-16.
- Hoelscher D. C., Neme A. M., Pink F. E., Hughes P. J., **1998**. The effect of three finishing systems on four esthetic restorative materials. *Oper Dent*; 23:36-42.
- Hosoda H., Yamada T., Inokoshi S., **1990**. SEM and elemental analysis of composite resins. *J Prosthet Dent.*, 64(6):669-676.
- İlday N. Ö., Erdem V., Bayındır Y. S., **2008**. Farklı Bitirme ve Parlatma İşlemlerinin Üç Farklı Resin Materyalin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniv. Diş Hek Fak Derg.*18(1):19-24.
- İlyasoğlu H., El S. N., **2009**. Nanoemülsiyonlar: Oluşumları, Yapıları ve Kollodial Salınım Sistemleri Olarak Gıda Sektöründe Kullanım Alanları, *Gıda* (2010) 35(2): 143-150.

- İnan H., Tamam E., Bağış B., **2008**. Tam protezlerde kullanılan farklı kaide materyallerinin yüzey pürüzlülüğü yönünden in vitro incelenmesi. S.Ü. Dişhek. Fak. Der., 17: 171-176.
- Jackson Ronald D., Morgan M., **2000**. The New Posterior Resins and a Simplified Placement technique. JADA, 131: 375-383.
- Jandt K. D, Abdullah M. O. A., Khalid A., Vowles R. W., Allen G. C., **2002**. Mechanical properties and radiopacity of experimental glass-silica-metal hybrid composites. Dental Mater 18: 429-435.
- Janus J., Fauxpoint G., Arntz Y., Pelletier H., Etienne O., **2010**. Surface roughness and morphology of three nanocomposites after two different polishing treatments by a multitechnique approach. Dent Mater; 26: 416-425.
- Jones R. M., **1999**. Mechanics of Composite Materials (2th ed.). US: Taylor & Francis.
- Jones C. S., Billington RW., Pearson GJ., **2004**. The in vivo perception of roughness of restorations. Br Dent. J 196:42-45.
- Joniot S. B., Gregoire G. L., Auther A. M., Roques Y. M., **2000**. Three-dimensional optical profilometry analysis of surface states obtained after finishing sequences for three composite resins. Oper Dent 25(4):311-5.
- Karahanlı I. A., **2002**. Farklı yüzey işlemleri uygulanmış alaşım gruplarına bakteri tutunmasının in vitro olarak değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniv. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Labella R., et al., **1999**. Polimerization Shrinkage and elasticity of Flowable Composites and Filled Adhesives. Dent Mater; 15:128-137.
- Leinfelder K. F., **1998a**. A report on a New Condensable Composite Resin. Comp Cont Educ Dent;19: 230-237.
- Leinfelder K. F., **1985b**. Composite Resins. Dent. Clin. North Am; 29:359-371.
- Leitao J., Hegdahl T., **1981**. On the measuring of roughness. Acta Odontol Scand 39:379-384.
- Liveri V. T., **2006**. Controlled Synthesis of Nanoparticles in Microheterogeneous Systems, Springer Science Business Media, Inc., New York, USA.
- Lu H., Roeder L. B., Lei L., Powers J. M., **2005a**. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. J Esthet Restor Dent;17:102-108.
- Lu H., Roeder L. B., Powers J. M., **2003b**. Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. J Esthet Restor Dent;15(5):297-304.

- Luther, W., **2004**. International Strategy and Foresight Report on Nanoscience and Nanotechnology. Duesseldorf Germany, Final Report 19 Mart;4-6.
- Manhart J., Chen H. Y., Hickel R., **2001a**. The suitability of packable resin-based composites for posterior restorations. J Am Dent Assoc;132:639-645.
- Manhart J., Kunzelmann K. H., Chen H. Y., Hickel R., **2000b**. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. Dent Mater; 16:33-40.
- Marghalani H. Y., **2010**. Effect of finishing/polishing systems on the surface roughness of novel posterior composites. Journal of Esthetic and Restorative Dentistry 22:127-138.
- Menceloğlu Y. Z., Kırca M. B., **2008**. Uluslar arası rekabet stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye, Yayın No: TÜSİAD-T/2008-11/474.
- Mitra S. B, Wu D., Holmes B. N., **2003**. An application of nanotechnology in advanced dental materials. J Am Dent Assoc; 134(10):1382-90.
- Moszner N., Klapdohr S., **2004a**. Nanotechnology for dental composites. Int J of Nanotechnology; 1:130-156.
- Moszner N., Salz U., **2001b**. New developments of polymeric dental composites., Prog. Polym. Sci., 26:535-576.
- Moura J. S., Da Silva J., Pereira T., Cury A. A. D. B., Garcia R. C. M. R., **2006**. Influence of acrylic resin polymerization methods and saliva on the adherence of four candida species. J Prosthet Dent; 96:205-211.
- Nagem Filho H., D'Azevedo M. T. F. S., Nagem H. D., Marsola F. P., **2003**. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. Braz Dent;14(1):37-41.
- Nalçacı A., Ulusoy N., **2005**. Farklı polimerizasyon zamanlarının kondanse edilebilir kompozit rezinlerin yüzey sertliği üzerine etkisi. Ankara Üniversitesi Dişhekimliği Fakültesi Dergisi 32:79-84.
- Önal B., **2004**. Restoratif diş hekimliğinde maddeler ve uygulamaları. Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Yayınları, 101-103.
- Özden A., Kansu G., **1998**. Kompozit Resin Materyallerde Bitirme ve Parlatma İşlemlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. T Klinik Diş Hek Bil; 4:158-162.
- Özel Y., Çelik Ç., Karabulut E., **2008a**. Farklı polisaj sistemlerinin kompozitlerin yüzey pürüzlülüğüne etkisi. S.Ü. Diş hek Fak Der;17:39-43.
- Özel Y., Ünlüer Ş., Gökalp S., Karabulut E., Arhun N., **2008b**. Sıcak Çayın Kompozit Resinlerin Mikrosertliğine Etkisi. ADO Klinik Bilimler Dergisi; 2(4)228-232.

- Özgünaltay G., Yazici A. R., Görücü J., **2003**. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of new tooth-coloured restoratives. *Journal of Oral Rehabilitation*; 30:218-224.
- Palin W. M., **2003**. Fleming GJ. Low-shrink monomers for dental restorations. *Dent Update*; 30:118-222.
- Peutzfeldt A., **1997**. Resin composites in dentistry: the monomer systems. *Eur J Oral Sci*; 105: 97-116.
- Pflug K., **1999**. Dental Materials Having a Nanoscale Filler, WO 99/17716, Dentsply Corp.
- Quirynen M., Bollen C. M., Papaioannou W., Van Eldere J., Van Steenberghe D., **1996a**. The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 11:169-178.
- Quirynen M., Marechal M., Busscher H. J., Weerkamp A. H., Darius P. L., van Steenberghe D., **1990b**. The influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. An in vivo study in man. *Journal of Clinical Periodontology*; 17:138-144.
- Rao C. N. R., Müller A., Cheetham A. K., **2005**. The Chemistry of Nanomaterials Volume 1, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA, Weinheim.
- Reis A. F., Giannini M., Lovadino J. R., Ambrosano G. M., **2003**. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater*; 19:12-18.
- Roco M. C., **2007**. National Nanotechnology Initiative- Past, Present, Future. In: *Handbook of Nanoscience, Engineering and Technology*, Goddard III WA, Brenner DW, Lyshevski SE, Iafrate GJ. Chapter 3. Taylor&Francis, USA, pp. 1-21.
- Roeder L. B., Tate W. H., Powers J. M., **2000**. Effect of finishing and polishing procedures on the surface roughness of packable composites. *Oper Dent*; 25(6):534-43.
- Rössler A., Skillas G., Pratsinis S. E., **2001** .Nanopartikel. *Materialien der Zukunft.*, *Chem. unserer Zeit*; 35:32-41.
- Rubo M. H, El-Mowafy O., **1998**. Radiopacity of dual cured and chemical-cured-resin-based cements. *Int J Prosthodont*; 11: 70-74.
- Sakaguchi R. L., Douglas W. H., DeLong R., Pintado M. R., **1986**. The wear of a posterior composite in an artificial mouth: a clinical correlation. *Dental Materials*; 2:235-240.
- Salz, U., **1992**. The Restored Tooth . A Complex Bonding System, Ivoclar-Vivadent Report; 7:1-27.

- Scheibe K. G., Almeida K. G., Medeiros I. S., Costa J. F., Alves C. M., **2009**. Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *J Appl Oral Sci*; 17:21-26.
- Schmidt, H., **2000**. Sol-gel derived nanoparticles as inorganic phases in polymer-type matrices., *Macromol. Symp.*, 159:43-55.
- Schmidt G., Malwitz M., **2003**. Properties of polymer-nanoparticle composites. *Curr Opin Coll Int Sci*; 8: 103-108.
- Senawongse P., Pongprueksa P., **2007**. Surface roughness of nanofill and microhybrid resin composites after polishing and brushing. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*; 19:265-273.
- Sergeev B. E., **2006**, *Nanochemistry*, Elsevier, B. V., Amsterdam, Netherlands. 249p.
- Sharifzadeh M., **2006**. Nanotechnology Sector Report, Cronus Capital Markets, 1st Quarter.
- Staab G. H., **1999**. *Laminar Composites* (1th ed.). US: Butterworth-Heinemann.
- Stoddard J. W., Johnson G. H., **1991**. An Evaluation of Polishing Agents for Composite Resin *J Prosthet Dent*; 65: 491-495.
- Swartz M. L., Philips R. W., Moore B. K., Roberts T. A., **1985**. Effect of filler content and size on properties of composites. *J Dent Res*; 64:12,1396-1404.
- Şen F., Palancıoğlu H., Aldaş K., **2010a**. Polimerik Nanokompozitler ve Kullanım Alanları *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*; 7(1):111-118.
- Şen F., Sayman O., **2006b**. Fiber takviyeli kompozit levhalarda bağlantı şekilleri ve pim bağlantıları. *MakineTek Dergisi*, Bileşim Yayıncılık, İstanbul, Kasım sayısı, 92-94.
- Taniguchi N., **1996a**. "Nanotechnology: Integrated Processing Systems for Ultra-Precision and Ultra-Fine Products", Oxford University Pres, 406p.
- Taniguchi N., **1974b**. "On the Basic Concept of Nanotechnology" *Proceedings of ICPE*, Tokyo, Japan, 18-23.
- Tavman İ. H., Turgut A., **2006**. Mikro ve nano boyutlu tanecik katkılı polimer kompozitlerin mekanik özellikleri, *Proceedings of 11th International Materials Symposium*, April 19-21, Denizli, 570-575.
- Terim Kapakin K. A., **2006**. *Scanning-Elektron Mikroskobu*, YYÜ Vet Fak Derg, 17 (1-2):55-58.
- Toyooka H., Taira M., Wakasa K., Yamaki Fujita M., Wada T., **1993**. Radiopacity of 12 visible-light-cured dental composite resins. *J Oral Rehabil*; 20: 615-622.

- Türkün L. S., Türkün M., **2004**. The effect of one-step polishing system on the surface roughness of three esthetic resin composite materials. *Oper. Dent.*, 29:203-211.
- Unterbring G.L., Lienberg W.H., **1999**. Flowable Resin Composites "Filled adhesives": Literature Review and Clinical Recommendations. *Quint. Int.*, 30:4,249-256.
- Ure D., Harris J., **2003**. Nanotechnology in dentistry: reduction to practice. *Dent Update*; 30:10-15.
- Uzer E., Türkün Ş. L., **2005**. Poliasit Modifiye Kompozit Rezin ile Nano Dolduruculu Bir Kompozit Rezinin Kenar Sızıntılarının Karşılaştırılması. *A.Ü. Diş Hek Fak Derg*; 32(3):181-190.
- Vancso J., Schön P., Duvigneau J., **2009**. What's New in Atomic Force Microscopy of Polymers? An Update, *Microscopy and Analysis*, 120:5-11.
- Venturini D., Cenci M. S., Demarco F. F., Camacho G. B., Powers J. M., **2006**. Effect of polishing techniques and time on surface roughness, hardness and microleakage of resin composite restorations. *Oper Dent*; 31(1):11-7.
- Verran J., Maryan C. J., **1997**. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. *J Prosthet Dent*; 77:535-539.
- Weitman R. T., Eames W. B., **1975**. Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *J Am Dent Assoc*; 91:101-106.
- Willems G., Celis J. P., Lambrechts P., Braem M., Vanherle G., **1993a**. Hardness and Young's modulus determined by nanoindentation technique of filler particles of dental restorative materials compared with human enamel. *J Biomed Mater Res.*, 27: 747–755.
- Willems G., Lambrechts P., Braem M., Vanherle G., **1993b**. Composite resins in the 21st century. *Quint. Int.*, 24 :641-657.
- Xie D., Brantley W. A., Culbertson B. M., Wang G., **2000**. Mechanical properties and microstructures of glass ionomer cements. *Dent Mater*; 16:129-138.
- Yap A. U., Yap S. H., Teo C.K., Ng J.J., **2004a**. Comparison of surface finish of new esthetic restorative materials. *Oper Dent*; 29:100-104.
- Yap A. U., Tan C.H., Chung S.M., **2004b**. Wear behaviour of new composite restoratives. *Oper Dent.*, 29:269-274.
- Yap A. U., Lye K. W., Sau C. W. **1997c**. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. *Operative Dentistry*; 22:260-265.
- Yılmaz B., Özyurt P., **1999**. Cam-İonomer Simanların Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Farklı Bitirme Tekniklerinin Etkisinin Araştırılması. *J Dental Sci*; 5:118-125.

- Yula E., Deveci Ö., **2010**. Nanotıp, mikrodizilimler ve klinik mikrobiyolojide kullanımları. Dicle Tıp Dergisi; 37(4):422-428.
- Yücel T., Tarım B., Ulukapı H., Demirci M., **2004**. Ön bölge dişlerde direkt estetik restorasyonlar. TDBD dergisi; 83:10-22.
- Zimmerli B., Koch T., Flury S., Lussi A., **2011**. The influence of toothbrushing and coffee staining on different composite surface coatings. Clin Oral Invest. DOI 10.1007/s00784-011-0522-2.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Arzu Tuna  
Doğum Yeri : Sivas  
Doğum Yılı : 08.06.1985  
Medeni Hali : Bekar  
Elektronik posta adresi : arzutuna@hacettepe.edu.tr  
Yabancı Dili : İngilizce

### **Eğitim ve Akademik Durumu:**

Lise 1999-2003 : Selçuk Anadolu Lisesi, Sivas.

Lisans 2003-2008 : Hacettepe Üniversitesi Biyoloji Bölümü, Ankara.

Yüksek Lisans 2008-2011 : Hacettepe Üniversitesi Nanoteknoloji ve Nanotıp ABD.