



**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
YÜZEY RENKLENMESİNE FARKLI POLİSAJ SİSTEMLERİNİN ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuba SARICI

Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Burak DAYI**

Uzmanlık Tezi 2024

**T.C.
DİŞ HEKİMLİĞİ FAKÜLTESİ**

**FARKLI RESTORATİF MATERYALLERİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE
YÜZEY RENKLENMESİNE FARKLI POLİSAJ SİSTEMLERİNİN ETKİSİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Tuba SARICI

**Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı
Diş Hekimliğinde Uzmanlık Tezi**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Burak DAYI**

Bu araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
TDH-2024-3391 proje numarası ile desteklenmiştir.

**MALATYA
2024**

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	3
2.1.Kompozit Rezinler	3
2.2.Rezin Esaslı Dolgu Maddelerinin Yapısı.....	3
2.2.1. Organik Matriks Faz	3
2.2.2. İnorganik Faz	5
2.2.3.Ara Faz (Sılan).....	5
2.3. Kompozit Rezinlerin Özellikleri.....	6
2.3.1. Mekanik Özellikler	6
2.3.2. Fiziksel Özellikler.....	6
2.4. Kompozit Rezinlerin Sınıflandırılması	8
2.4.1. Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması	8
2.4.2. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması.....	9
2.4.3. Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması	11
2.5. Kompozit Rezinlerde Yüzey Bitim ve Polisaj Prosedürleri	11
2.5.1. Bitim ve Polisaj Prosedürlerinde Kullanılan Aşındırıcı Tipleri.....	12
2.5.2. Bitirme ve Polisaj Prosedürlerinde Kullanılan Aletler	13
2.6. Diş Hekimliğinde Renk	17
2.6.1. Renk ve Işık Terimleri	18
2.6.1. Renk Ölçümü	19
2.7. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri	21
2.7.1. Görsel Renk Seçimi Yöntemi	21
2.7.2. Renk Ölçüm Cihazları	22
2.7.3. Spektrofotometre	22
2.7.4. Spektroradyometre	23
2.7.5. Kolorimetre	23
2.7.6. Dijital Kamera Sistemleri	23

2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri	23
2.8.1. Profilometreler	24
2.8.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM).....	25
2.8.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM).....	25
3.MATERYAL ve METOT	26
3.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması	26
3.2. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezin Materyaller.....	26
3.3. Çalışmada Kullanılan Polimerizasyon Cihazı	28
3.4. Çalışmada Kullanılan Polisaj Materyalleri	29
3.5. Kompozit Örneklerin Hazırlanması.....	31
3.6. Numune Gruplarının Oluşturulması	32
3.7. Hazırlanan Numunelerin Yüzey Bitim ve Polisaj İşlemleri	33
3.8. Yüzey Pürüzlülüğünün Mekanik Profilometre ile Ölçümü	34
3.9. Örneklerin Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM) Görüntülerinin Alınması.....	34
3.10. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskobuyla (SEM) Analizi.....	36
3.11. Yüzey Analizleri Tamamlanan Numunelerin İlk Renk Ölçümlerinin Yapılması .	37
3.12. Örneklerin Renklendirilmesi.....	38
3.13. İstatistiksel Analiz.....	39
4.BULGULAR.....	40
4.1. Polisaj Sistemlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Karşılaştırılması.....	40
4.1.1. Mekanik Profilometre Ölçümlerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları	40
4.1.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analiz Sonuçları.....	44
4.1.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analiz Sonuçları.....	51
4.2. Polisaj Sistemlerinin Yüzey Renklenmesine Etkisinin Karşılaştırılması	60
5.TARTIŞMA	73
5.1. Profilometre ile Ölçülen Pürüzlülük Değişimlerinin Değerlendirilmesi	76
5.2. SEM Görüntülerinin Değerlendirilmesi.....	82
5.3. AFM Görüntülerinin Değerlendirilmesi	83
5.4. Renk Değişiminin Değerlendirilmesi	84
SONUÇ.....	88
KAYNAKLAR	90
EKLER.....	101
EK-1. Etik Kurul Onayı	101

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam boyunca büyük bir sabır ve titizlikle bana yardımcı olan, fikir ve desteklerini esirgemeyen, değerli danışman hocam Restoratif Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı Başkanı Doç. Dr. Burak DAYI'ya,

Asistanlık sürecimde birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum, ihtiyaç duyduğum her konuda değerli bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan, kıymetli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Enis ŞİMŞEK ve Dr. Öğr. Üyesi Fikri ÖCAL'a,

Her konudaki en büyük destekçim, varlığı ve sevgisi bana en büyük hediye olan hayat arkadaşım, eşim Doç. Dr. Ahmet SARICI'ya,

Hayatımın her anında yanımda olan, sevgilerini ve desteklerini doyasıya hissettiğim, haklarını asla ödeyemeyeceğim değerli ailelerimize,

Çalışma hayatım ve tez sürecimde sabırları ve olgunluklarıyla beni destekleyen canım yavrularım Ayşe, Mehmet Fatih ve Zeynep'e,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Farklı Restoratif Materyallerin Yüzey Pürüzlülüğü ve Yüzey Renklenmesine Farklı Polisaj Sistemlerinin Etkisinin Değerlendirilmesi

Amaç: Dental restoratif materyallerin yüzey pürüzlülüğü ve renklenmesi kompozit rezinlerin başarısızlık nedenlerinden biridir. Polisaj sistemlerinin doğru kullanılması, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey renklenmesini azalttığı için doğru sistemlerin kullanımının değerlendirilmesi önemlidir. Bu in vitro çalışmanın amacı; farklı polisaj sistemlerinin, farklı yapıdaki restoratif materyallerin renk değişimi ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

Materyal ve Metod: Mikrohibrit kompozit (K, Herculite Classic, Kerr), Nanohibrit kompozit (P, Polofil NHT, Voco), Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Z, Zenit, President Dental) ve Giomer (B, Beautifil II; Shofu Inc.) kullanılarak 160 adet numune elde edildi. Tüm numunelerin başlangıç yüzey pürüzlülük değerleri mekanik profilometre (Mitutoyo SJ 210, Japonya) ile ölçüldü. Her gruptan rastgele seçilen bir örneğin AFM ve SEM görüntüleri elde edildi. Daha sonra her grup kendi içinde OptiDisc (O, Kerr), Twist-Dia (T, Kuraray), Enhance PoGo (E, Dentsply Sirona), Lucida (L, DiaShine) ve kontrol grubu (C) olmak üzere 5 alt gruba ayrıldı. Her grup ait olduğu polisaj sistemi ile polisajlandıktan sonra pürüzlülük değerleri yeniden ölçüldü, AFM ve SEM analizleri tekrar yapıldı. 0. gün renk ölçümleri yapıp, 14 gün kahve solüsyonunda yüzey renklendirmesi yapıldıktan sonra renk yeniden ölçüldü. Örnekler ait oldukları polisaj sistemleriyle yeniden polisajlanıp renk değerleri 3. kez ölçüldü.

Bulgular: Polisaj sonrası profilometre ölçümlerinde en düşük Ra değerleri tüm kompozit grupları için OptiDisc (O) polisaj sistemi ile (KO2, PO2, BO2, ZO2), bu gruplar içinde ise en düşük Ra değeri, Z kompozit grubu ile elde edildi (ZO2:0,33). Polisaj sistemi grupları içinde en yüksek Ra değerleri L ve E sistemleri ile oluştu. Tüm polisaj sonrası ölçümler içinde en yüksek Ra değeri PL2 (Ra:1,70) grubunda görüldü. AFM ile ölçülen Ra değerleri tüm gruplarda profilometre ile ölçülen Ra değerlerinden daha düşük bulundu.

K, P, B, Z için en yüksek $\Delta E1$, $\Delta E3$ değerleri C gruplarında bulundu ($p<0,05$). En

düşük $\Delta E1$ değeri tüm kompozit grupları için T gruplarında, en yüksek $\Delta E2$ (4.5162) ve en düşük $\Delta E3$ (2.8998) değerleri PO grubunda ölçüldü. B ve K için T sistemi, P ve Z için O sistemi yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede etkili bulundu.

Sonuç: Farklı polisaj sistemlerinin kullanılması, çalışmada kullanılan tüm kompozit rezinlerde farklı pürüzlülük değerleri ve farklı renklenme dereceleri elde edilmesine sebep olmuştur. Yeniden polisajlama işlemi renklenmeyi gidermede etkili bir yöntemdir.

Anahtar Kelimeler: Dental kompozit rezin, polisaj sistemi, yüzey pürüzlülüğü, yüzey renklenmesi, yeniden polisajlama



ABSTRACT

Evaluation of the Effects of Different Polishing Systems on Surface Roughness and Surface Discoloration of Various Restorative Materials

Aim: Surface roughness and discoloration of dental restorative materials are among the reasons for the failure of composite resins. Since proper use of polishing systems reduces surface roughness and discoloration, it is important to evaluate the use of the correct systems. The aim of this in vitro study is to assess the effect of different polishing systems on color change and surface roughness of restorative materials with different compositions.

Material and Method: Using Microhybrid composite (K, Herculite Classic, Kerr), Nanohybrid composite (P, Polofil NHT, Voco), Zirconia-containing nanohybrid composite (Z, Zenit, President Dental), and Giomer (B, Beautifil II; Shofu Inc.), a total of 160 samples were obtained. The initial surface roughness values of all samples were measured with a mechanical profilometer (Mitutoyo SJ 210, Japan). AFM and SEM images were obtained from randomly selected samples from each group. Each group was then subdivided into five subgroups: OptiDisc (O, Kerr), Twist-Dia (T, Kuraray), Enhance PoGo (E, Dentsply Sirona), Lucida (L, DiaShine), and a control group (C). After polishing with the respective polishing system, surface roughness values, AFM, and SEM analyses were performed again. On day 0, color measurements were taken, and after 14 days of immersion in coffee solution for surface discoloration, color was measured again. The samples were repolished with their respective polishing systems and color values were measured for the third time

Results: In post-polishing profilometer measurements, the lowest Ra values were obtained with the OptiDisc (O) polishing system for all composite groups (KO2, PO2, BO2, ZO2), and the lowest Ra value within these groups was obtained with the Z composite group (ZO2:0.33). Among the polishing system groups, the highest Ra values were obtained with L and E systems. The highest Ra value among all post-polishing measurements was observed in the PL2 group (Ra:1.70). The Ra values measured by AFM were lower than the Ra values measured by profilometer in all groups.

The highest $\Delta E1$, $\Delta E3$ values for K, P, B, Z were found in C groups ($p < 0.05$). The lowest $\Delta E1$ value was obtained in T groups for all composite groups, the highest $\Delta E2$

(4.5162) and the lowest $\Delta E3$ (2.8998) values were obtained in PO group. T system for B and K and O system for P and Z were found effective in removing discoloration by repolishing.

Conclusion: The use of different polishing systems resulted in varying roughness values and degrees of discoloration in all the composite resins used in the study. Repolishing is an effective method for eliminating discoloration.

Keywords: Dental composite resin, polishing system, surface roughness, surface discoloration, repolishing



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AFM	: Atomik Kuvvet Mikroskobu
Al₂O₃	: Alümina
Au	: Altın
Bis GMA	: Bisfenol-A-Glisidilmetakrilat
Cm	: Santimetre
cm²	: Santimetrekare
EDMA	: Etilen Dimetakrilat
EGDMA	: Etilen Glikol Dimetakrilat
LED	: Işık Yayan Diyot
MMA	: Metil Metakrilat
mm	: Milimetre
mW/cm²	: Miliwatt/santimetrekare
nm	: Nanometre
n	: Sayı
Pd	: Paladyum
pH	: Potential of Hydrogen
Rpm	: Revolutions per minute
Ra	: Yüzey Pürüzlülüğü Ortalama Değeri
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
Sn	: Saniye
TEGDMA	: Trietilen Glisidil Dimetakrilat
UV	: Ultraviyole
UDMA	: Üretan Dimetakrilat
%	: Yüzde
ΔE	: Delta E
°C	: Santigrat derece
μm	: Mikrometre

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1. Monomerlerin kimyasal yapısı	4
Şekil 2.2. Karbid bitirme frezleri	13
Şekil 2.3. Elmas bitirme frezleri	14
Şekil 2.4. Taşlar	14
Şekil 2.5. Aşındırıcı kaplanmış polisaj diskleri	15
Şekil 2.6. Lastikler	15
Şekil 2.7. Aşındırıcı içeren polisaj patı	16
Şekil 2.8. Aşındırıcı emdirilmiş fırçalar	16
Şekil 2.9. Rezin matriks frezler	17
Şekil 2.10. Kontrast ve parlama	19
Şekil 2.11. Munsell renk sistemi	20
Şekil 2.12. (CIE LaB)	21
Şekil 2.13. Spektrofotometre	22
Şekil 3.1. Mikrohibrit kompozit (Herculite classic, Kerr)	27
Şekil 3.2. Nanohibrit kompozit (Polofil NHT, VOCO)	28
Şekil 3.3. Giomer (Beautifil II, Shofu)	28
Şekil 3.4. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Zenit, President)	28
Şekil 3.5. LED Işık Cihazı (Woodpecker, LED B, Medical Instrument Co., Guilin, Çin)	29
Şekil 3.6. OptiDisc, Kerr	30
Şekil 3.7. Twist- Dia, Clearfil	31
Şekil 3.8. Enhance PoGo, Dentsply Sirona	31
Şekil 3.9. Lucida Shine, DiaPolish	31
Şekil 3.10. Numunelerin hazırlanması	32
Şekil 3.11. Mekanik profilometre ile bir numuneden yüzey pürüzlülüğü ölçümü	34
Şekil 3.12. AFM Cihazı	35
Şekil 3.13. AFM Cihazına Numunenin Yerleştirilmesi	35
Şekil 3.14. AFM cihazında numunenin analizi	36
Şekil 3.15. SEM Cihazı	36
Şekil 3.16. SEM Kaplama Cihazı	37
Şekil 3.17. Au-Pd Kaplanmış Numuneler	37

Şekil 3.18. Vita Easysshade V	38
Şekil 3.19. Vita Easysshade V ile Renk Ölçümü	38
Şekil 3.20. Numunelerin ayrı kaplarda distile suda bekletilmesi	39
Şekil 4.1. a. Mikrohibrit kompozit (K) başlangıç, b. Nanohibrit kompozit (P) başlangıç, Giomer (B) başlangıç, d. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Z) başlangıç AFM görüntüleri ve AFM cihazıyla ölçülen Ra değerleri.	46
Şekil 4.2. K kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri a. KE2, b. KO2, c. KL2, d. KT2	47
Şekil 4.3. P kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. PE2, b. PO2, c. PL2, d. PT2.....	48
Şekil 4.4. B kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. BE2, b. BO2, c. BL2, d. BT2.....	49
Şekil 4.5. Z kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. ZE2, b. ZO2, c. ZL2, d. ZT2.....	50
Şekil 4.6. Mikrohibrit Kompozit (K) grubuna ait polisaj işlemi öncesi SEM görüntüleri. a. 5000X büyütme b. 1000X büyütme.	51
Şekil 4.7. K kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile (KE2) polisaj sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	51
Şekil 4.8. K kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile (KO2) polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme b. 1000 büyütme.	52
Şekil 4.9. K kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile (KL2) polisaj sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	52
Şekil 4.10. K kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile (KT2) polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	53
Şekil 4.11. Nanohibrit (P) kompozit grubuna ait, polisaj işlemi öncesi a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme altındaki SEM görüntüleri.	53
Şekil 4.12. P kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a.5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	54
Şekil 4.13. P kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	54
Şekil 4.14. P kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	55
Şekil 4.15. P kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	55

Şekil 4.16. Giomer kompozit materyal (B) grubuna ait numunenin polisaj işlemi öncesi alınan SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	56
Şekil 4.17. B kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	56
Şekil 4.18. B kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	57
Şekil 4.19. B kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	57
Şekil 4.20. B kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	58
Şekil 4.21. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit materyal (Z) grubuna ait numunenin polisaj işlemi öncesi alınan SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	58
Şekil 4.22. Z kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	59
Şekil 4.23. Z kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	59
Şekil 4.24. Z kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	59
Şekil 4.25. Z kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.	60
Şekil 4.26. C grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği.....	66
Şekil 4.27. E grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği.....	67
Şekil 4.28. L grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği.....	68
Şekil 4.29. O grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği	69
Şekil 4.30. T grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği.....	70

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No.....	Sayfa No
Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinlere ait genel bilgiler	27
Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı bilgileri ve özellikleri.....	29
Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan polisaj materyalleri bilgileri	29
Tablo 4.2. Z grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri.....	43
Tablo 4.3. K grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri	43
Tablo 4.4. P grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri.....	44
Tablo 4.5. B kompozit grubu polisaj sistemlerinin ΔE_1 , ΔE_2 , ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması	61
Tablo 4.6. K kompozit grubu polisaj sistemlerinin ΔE_1 , ΔE_2 , ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması	62
Tablo 4.7. P kompozit grubu polisaj sistemlerinin ΔE_1 , ΔE_2 , ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması	63
Tablo 4.8. Z kompozit grubu polisaj sistemlerinin ΔE_1 , ΔE_2 , ΔE_3 değerlerinin karşılaştırılması	64
Tablo 4.9. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, C grubu.	65
Tablo 4.10. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, E grubu.	66
Tablo 4.10.a: E grubu ΔE_2 değeri için çoklu karşılaştırma analiz sonuçları.....	67
Tablo 4.11. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, L grubu.	68
Tablo 4.12. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, O grubu.	69
Tablo 4.12.a: O grubu ΔE_3 değeri için çoklu karşılaştırma analiz sonuçları	69
Tablo 4.13. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, T grubu.	70

1.GİRİŞ

Son yıllarda estetik restoratif materyallerde yaşanan gelişmeler ve estetiğe karşı artan ilgi, diş hekimlerinin doğal diş görünümünü en iyi şekilde taklit edebilen kompozit rezin restorasyonları sıkça tercih etmelerine yol açmıştır. Bu materyaller hem dayanıklılıkları hem de estetik sonuçlarıyla hasta memnuniyetini artırırken, doğal dişlerle neredeyse birebir uyum sağlama özellikleri ile de dikkat çekmektedir. Bu nedenle, modern diş hekimliğinde kompozit rezinler, estetik kaygıları olan hastalar için önemli bir seçenek haline gelmiştir [1].

Kompozit rezinler diş renginde olmaları, cıva içermemeleri, biyolojik olarak uyumlu olmaları, diş dokularına bağlanabilmeleri, konservatif kavite preparasyonuna izin vermeleri, çürük temizlendikten sonra geriye kalan diş dokularını desteklemeleri, tek seansta bitirilebilmeleri ve düşük ısı iletkenlikleri gibi avantajları nedeniyle günümüzde hekimler ve hastalar tarafından tercih edilmektedir [2].

Yüzey pürüzlülüğü, restoratif materyallerin ömrünün azalmasına, diş dokusu ile arasında sekonder çürük oluşumuna ve estetik özelliklerini kaybetmesine neden olabilmektedir. Diş rengindeki restoratif materyallerin estetiği ve ömrü, yüzey kalitesine bağlıdır [3]. İyi bir yüzey polisajı sağlayan sistemlerin kullanılması, yüzey renklenmesi ve yüzey pürüzlülüğünü azalttığı için en iyi polisajı sağlayan sistemlerin tespit edilmesi önemlidir [4].

Restoratif materyallerin renk uyumu ve renk stabilitesi restorasyonun başarısında önemli bir faktördür. Bu materyallerin başarılı olabilmesi için doğal diş yapısını mümkün olduğunca gerçekçi bir şekilde taklit edebilmeleri ve uygulandıkları zamanki renklerini uzun süre koruyabilmeleri gerekmektedir. Bu özellikler, hem tedavi sonrası hasta memnuniyetini artırır hem de estetik açıdan başarılı sonuçlar elde edilmesine yardımcı olur. Dolayısıyla, günümüzde kullanılan restoratif materyallerin seçiminde renk uyumu ve stabilitesi gibi faktörler, diş hekimleri ve hastalar için önem arz etmektedir [5].

Kompozit rezinlerin bileşenleri gibi içsel etkenler ve plak birikimi, yüzey pürüzlülüğü, renklendirici ajanlar gibi dışsal etkenler kompozit rezinlerin renk stabilitesini, dolayısıyla restorasyonun estetiğini ve ömrünü etkilemektedir [6].

Kompozit rezinlerin yüzey pürüzlülüğü 0,2 nm'den fazla olduğu takdirde bakteri retansiyonuna imkân vermektedir [7]. Pürüzsüz restorasyon yüzeyleri plak retansiyonunu, diş eti irritasyonunu, tekrarlayan çürükleri ve restorasyonun renk

değişimini azaltır. Bitirme ve polisaj işlemleriyle bu amaç hedeflenmektedir. Elmas veya tungsten karbid bitirme frezleri, alüminyum oksit veya silikon karbid kaplı aşındırıcı diskler, taşlar, fırçalar, aşındırıcı lastikler ve cila patları kompozit rezinlerin bitirme ve polisaj basamaklarında tercih edilebilecek materyallerdendir [8].

Restoratif diş hekimliğinde kullanılan materyallerin renk stabilitesi ve yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı polisaj prosedürlerinin etkisinin değerlendirilmesi, doğru restoratif materyal ve doğru polisaj sistemi seçimi için yol göstericidir. Bu in-vitro çalışmanın amacı farklı polisaj sistemlerinin yüzey pürüzlülüğünü gidermedeki etkinliğini; mekanik profilometre, AFM ve SEM analizleriyle karşılaştırmalı olarak incelemek ve hastaya bağlı faktörlerden kahve tüketiminin, renk değişikliğine etkisini değerlendirmektir. Ayrıca kullanılan polisaj sistemlerinin, repolishing prosedürü ile uygulanmasının renklenmeyi giderme üzerindeki etkisini değerlendirmektir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.Kompozit Rezinler

Diş hekimliğinde kullanılan ilk estetik dolgu maddesi 1878 yılında Fletcher tarafından geliştirilen silikat simanlardır. Yapısında florür bulundurduğu için antikaryojenik etkinliği vardır fakat çiğneme kuvvetlerine karşı dayanıksız ve polimerizasyon büzülmesi fazla olduğu için zamanla adezyon sorunları ortaya çıkmıştır [9].

Silikat simanların dezavantajlarını ortadan kaldırmak için akrilik rezinler geliştirilmiştir. Kullanımı kolay ve başlangıç renk stabilitesi silikat simana göre daha iyi olan bu materyalin başlangıç estetik özellikleri de daha iyidir. Bu yönleriyle silikat simandan daha avantajlı görünse de yüksek polimerizasyon büzülmesi ve aşınma dirençlerinin düşük olması gibi dezavantajları mevcuttur. 1962 yılında Dr. Bowen, Bis-GMA monomerini sentezleyerek kimyasal yolla polimerize olan yeni bir restoratif materyal olan kompozit rezinleri tanıtmıştır. Bu materyal günümüze kadar önemli gelişmeler göstermektedir [10].

Işıkla polimerize olan kompozit rezinler 1970'lerde piyasaya sürülmüştür. Bu kompozit rezinlerin renk stabilitesinin ve aşınma dirençlerinin kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinlerden daha iyi olduğu bildirilmiştir [11].

2000'li yıllarda nanoteknolojideki gelişmelere bağlı olarak nanofil kompozit rezinler üretilmiştir. Hibrit kompozitlere göre daha yüksek mekanik dayanıklılık, polimerizasyon büzülmesinde azalma, üstün estetik ve cilalanabilirlik, optik özelliklerinin daha iyi olması gibi avantajları mevcuttur [12].

2.2.Rezin Esaslı Dolgu Maddelerinin Yapısı

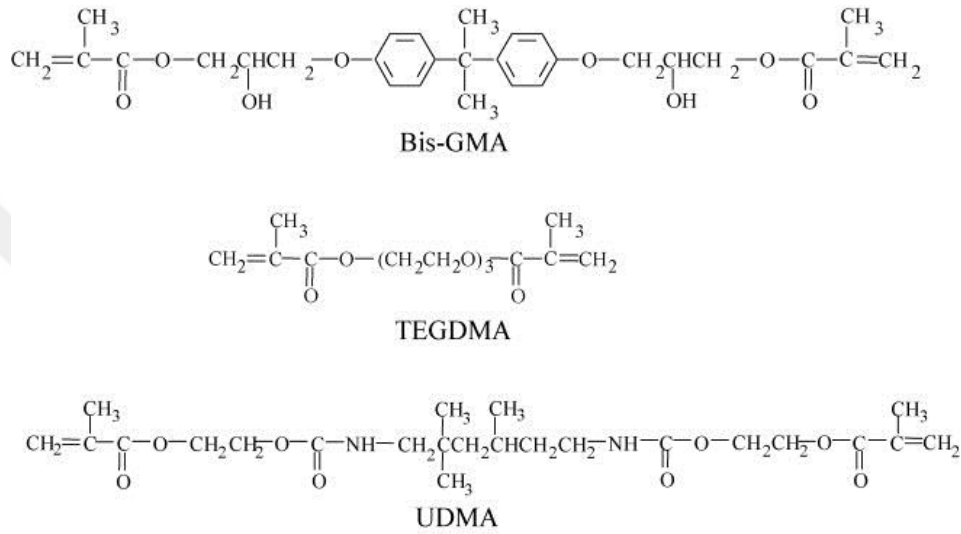
Diş hekimliğinde kullanılan kompozit rezinler üç ayrı fazdan oluşur: Organik matriks faz (continuous phase), inorganik faz (dispersed phase), ara faz (silane coupling agent).

2.2.1. Organik Matriks Faz

Monomer ve ko-monomerler, polimerizasyon başlatıcı, hızlandırıcı ve inhibitörleri, ultraviyole (UV) stabilizatörleri içermektedir [13].

a. *Monomer ve Ko-monomerler*

Bisfenol A ile glisidil metakrilatın birleşmesi ile oluşan bisglisidil metakrilat (Bis-GMA), üretan dimetakriat (UDMA), trietilen glikol dimetakrilat (TEGDMA), etilen glikol dimetakrilat (EGDMA) ve metilmetakrilat (MMA) olarak sayılabilir. İlk üretilen monomer Bis-GMA monomeridir. Ancak sonraki yıllarda daha iyi adezyon ve renk stabilitesi sağlayan UDMA monomeri geliştirilmiştir. Hem Bis-GMA hem de UDMA monomerleri aşırı derecede visközdür. Viskoziteyi azaltmak için TEGDMA, EGDMA ve MMA gibi bazı monomerler matrikse eklenmiştir [14] (Şekil: 2.1).



Şekil 2.1. Monomerlerin kimyasal yapısı

b. *Polimerizasyon Başlatıcı-Hızlandırıcı (Initiatör /Akseleratör)*

En sık kullanılan polimerizasyon başlatıcı ajan kamforokinondur ve aromatik tersiyer aminler (genellikle N, N-dimetil-p-toluidin) ile reaksiyona girerek polimerizasyonun hızlandırılmasına yardımcı olur. Bu kombinasyon, dental materyallerde ve kompozit rezinlerde polimerizasyonun kontrol edilmesini sağlamak için yaygın olarak kullanılır [15].

c. *Inhibitörler*

Rezin materyalin ısı, ışık ve diğer yollarla kendi kendine polimerize olmasını engellemek ve raf ömrünü uzatmak için 4-metoksifenol ve 2,4,6-tertiyerbütilfenol inhibitörleri kullanılmaktadır [16].

d. *Ultraviyole Stabilizatörler*

Bu bileşenler, polimerizasyon sonrası kalan artık monomerlerin UV ışıkla etkileşimi sonucu oluşabilecek kahverengi lekelenmeleri engellemek için eklenir. Bunlar,

polimerizasyon işlemi tamamlandıktan sonra kalan reaksiyonel monomerlerin ve başka kimyasal grupların, özellikle UV ışığının etkisiyle olası reaksiyonlarını engelleyerek renk değişimini önlerler [17].

2.2.2. İnorganik Faz

Kompozit rezinler, çeşitli inorganik doldurucu partiküllerin polimerik bir matriks içine dağılmış olduğu malzemelerdir. Bu doldurucu partiküller, malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için eklenir. Ayrıca, bazı doldurucu partiküllerin özel fonksiyonları da vardır. Stronsiyum, baryum, çinko ve yitrium gibi elementler, kompozit rezinlere radyopaklık sağlamak için kullanılır. Doldurucu partiküllerin çeşitli şekil ve büyüklüklerde olması, kompozit rezinin mekanik özelliklerini ve işlenebilirliğini etkiler. Kuartz, koloidal silika, borosilikat cam, lityum alüminyum silikat ve zirkonyum gibi diğer doldurucu partiküller de mekanik dayanıklılık ve estetik özelliklerini etkiler [18].

İnorganik faz malzemenin genel performansını ve kullanım alanlarını belirleyen önemli bir faktördür [19].

Silika partikülleri, rezine mineye benzer bir yarı translusent görüntü elde etmek için eklenir. Bu partiküller karışımdaki ışığın dağılmasına ve yansımaya katkıda bulunarak bu özelliği sağlarlar.

Saf silika, kristalin ve non-kristalin formlarda bulunabilir. Kristalin silika, sert ve sıkıştırılmış bir yapıya sahiptir ve bu form, kompozit rezinlerin bitirme ve polisaj işlemlerini zorlaştırır. Günümüzde, kompozit rezinlerde genellikle non-kristalin silika formu tercih edilmektedir. Non-kristalin silika, daha kolay işlenebilir ve daha pürüzsüz bir yüzey elde edilmesine olanak tanır [13].

2.2.3.Ara Faz (Silan)

Silanlar organik ve inorganik bileşenler arasında kimyasal bağ oluşturmak için kullanılan bileşiklerdir. Genellikle silanol (Si-OH) grupları içeren bu bileşikler, organik matrikslerdeki metakrilat (metakrilat, metil metakrilat gibi) gruplarıyla kovalent bağ oluşturmaktadır. Bu sayede organik ve inorganik fazlar arasında güçlü bir bağlantı sağlanır [19].

Silan ayrıca rezin ve inorganik partikül arasında etkili bir bağ oluşturarak kompozit rezinin mekanik dayanımını artırır. Suyu karşı direnci artırarak hidrolitik stabiliteyi sağlarlar. Bu özellikleriyle silanlar, kompozit malzemelerin su geçirgenliğini

azaltır, su absorpsiyonunu önler ve restorasyonun klinik ömrünü uzatır [20].

Rezinlerin fiziksel özelliklerini partiküllerin şekli, büyüklüğü ve miktarı belirler. Partikül miktarı arttıkça, organik matriks oranı azalır, ısı genleşme katsayısı, polimerizasyon büzülmesi ve su absorpsiyonu azalır, dayanıklılık artar. Kompozit rezinlerin klinik performansı ve polimerizasyon derecesi organik matriks tarafından belirlenir. Dayanıklılık, suda çözünürlük ve polimerizasyon büzülmesi gibi bazı özellikler organik matriks miktarı ile ilişkilidir. Organik matriks iyi bir yalıtkandır, bu nedenle matriks oranı yüksek olan rezinlerin ısı iletkenliği de düşüktür. Doldurucuların partikül büyüklüğü, bitirme ve polisaj işlemlerinden sonraki yüzey pürüzlülük düzeyini ve rezinin aşınma direncini belirler [21].

2.3. Kompozit Rezinlerin Özellikleri

2.3.1. Mekanik Özellikler

Kompozit rezinlerin aşınmaya karşı gösterdikleri direnç, çeşitli faktörlerden etkilenir. Bunlar; ortamın ısı, internal pörözite, polimerizasyon derecesi, su absorpsiyonu ve rezinin organik ve inorganik komponentlerinin yapısıdır [22].

Silan bağlama ajanları kompozit rezinlerin aşınma dirençlerinde önemli rol oynamaktadır. Silan kullanılmadığında aşınma direnci düşmektedir. Ayrıca inorganik partikül büyüklüğü, oranı ve şekli de rezinlerin aşınma hızında etkili olmaktadır. Hastaya bağlı faktörlerden parafonksiyonel alışkanlıklar ve oklüzyon da aşınma hızına etki eden diğer önemli faktörlerdir [13, 23].

2.3.2. Fiziksel Özellikler

a. Isısal Genleşme Katsayısı

Kompozit rezinlerin ısısal genleşme katsayıları mine ve dentinin ısısal genleşme katsayılarına akrilik rezinlerden daha yakın olup mine ve dentin ısısal genleşme katsayısı değerlerinden üç kat daha fazladır. Kompozit rezin ve mine dentin arasındaki bu ısısal genleşme farkı kompozit rezinlerin bağlanmasını olumsuz yönde etkilemektedir [24].

b. Su Absorpsiyonu

Kompozit rezinlerin su absorpsiyonu akrilik rezinlere oranla daha düşüktür. UDMA matriksli rezinlerin Bis-GMA matriksli rezinlere göre su emilim derecesi daha

düşüktür, TEGDMA monomerleri yapısında eter bağları bulundurduğu için suya afiniteleri fazladır [25].

c. Çözünürlük

Kompozit rezinlerin sudaki çözünürlüğü akrilik rezinlerden daha azdır. Rezinlerin sudaki çözünürlüğü polimerizasyondan sonra geriye kalan atık monomer miktarıyla ilişkilidir. Işıkla polimerize olan kompozit rezinlerde, ışık doğru uygulandığı takdirde polimerizasyon sonrası artık monomer miktarı yok denecek kadar azalmaktadır. Hatalı polimerizasyon, rezinin su absorpsiyonunu ve çözünürlüğünü artırmakta, aşınma direncini düşürmektedir [26].

d. Radyoopasite

Kompozit rezinlere baryum, stronsiyum, yitriyum ve zirkonyum gibi elementler eklenerek radyopak görünmeleri sağlanmıştır. Radyoopasite, kompozit rezinin radyografik tanısında ve takiplerinde önemli bir özelliktir. Ancak bu partiküller kompozit rezinlerde ısısal genleşmeyi artırır, silan bağlama ajanlarını hidrolize eder ve kompozit renginde opasiteye neden olurlar. Bu nedenle inorganik faza sınırlı miktarda eklenmektedirler [27].

e. Optik Özellikler

Restoratif materyallerin estetik özellikleri, renk, translüsensi ve yüzey düzgünlüğü gibi faktörlerden etkilenir [28]. İdeal bir estetik restorasyonun rengi doğal dişlerle uyumlu olmalıdır. Renk tanımında en yaygın kullanılan yöntem Munsell Renk Sistemi'dir. Munsell Renk Sistemine göre rengin hue (ton), value (parlaklık) ve chroma (doygunluk) olmak üzere üç farklı boyutu vardır. Mine ve estetik dolgu materyalleri bir ölçüde translusentdir, estetik restorasyonlar da mine seviyelerindeki bu şeffaflığı devam ettirebilmelidir.

Yüzey pürüzlülüğü ise restorasyonun uzun dönem klinik başarısını ve estetik kabul edilebilirliğini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Pürüzsüz ve parlak yüzeyler plak akümülyasyonuna izin vermediği için sekonder çürük ve renklenme açısından avantaj oluşturmaktadır [29].

2.4. Kompozit Resinlerin Sınıflandırılması

Dental kompozit resinler;

1. Doldurucu partikül büyüklük ve yüzdelere göre,
2. Polimerizasyon tekniklerine göre,
3. Viskozitelerine göre sınıflandırılabilir.

2.4.1. Doldurucu Partikül Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması

- a. Megafil Kompozitler (50-100 μm)
- b. Makrofil Kompozitler (10-100 μm)
- c. Midifil Kompozitler (1-10 μm)
- d. Minifil Kompozitler (0,1-1 μm)
- e. Mikrofil Kompozitler (0,01-0,1 μm)
- f. Hibrit Kompozitler (0,04-1 μm)
- g. Nanofil Kompozitler (0,005-0,01 μm)

a. Megafil Kompozitler

İnorganik doldurucu boyutu 50-100 μm olan kompozitlerdir. Çiğneme yüzeylerine veya çok aşınan bölgelere yerleştirilmesi önerilmektedir [19].

b. Makrofil/Midifil Kompozitler

İnorganik doldurucu boyutu 10-100 μm olan kompozit resinlerdir. Bu tür kompozit resinlerde inorganik doldurucu miktarı ağırlıkça %70-80 dir. İnorganik doldurucular kuartz ve/veya ağır metal cam partikülleridir [30]. Büyük ve sert partiküllerin varlığı organik matriksin inorganik partiküllerden daha fazla aşınmasına yol açar. Bu aşınma, yüzey pürüzlülüğü ve renklenmelere yol açarak estetik ve fonksiyonel problemler yaratır. Ayrıca, oklüzal aşınmaya karşı düşük direnç gösterir, özellikle yüksek stres ve kuvvetlerin uygulandığı bölgelerde kullanımı tavsiye edilmez [31].

c. Minifil Kompozitler

İnorganik doldurucu boyutu 0.1-1 μm arasındadır. İnorganik doldurucular, quartzdan daha kırılğan, baryum ve stronsiyum gibi ağır metalleri içeren, cam ile yoğunlaştırılmış partiküllerdir. Bu partiküllerin kullanımı ile aşınmaya direnç, cilalanabilirlik ve estetik özellikler artmış ve kompozite radyoopasite kazandırılmıştır. Sınıf II ve IV kavite restorasyonlarında tercih edilebilmektedir [13].

d. Mikrofil Kompozitler

İnorganik doldurucu boyutu 0,01-0,1µm arasındadır. Bitim ve polisaj işlemlerinden sonra makrofil kompozitlere göre daha düzgün yüzeyler elde edilebildiği için bu kompozitler cilalanabilir kompozitler olarak adlandırılır ve anterior diş restorasyonlarında tercih edilebilir. Partikül miktarı azaldığı için organik matriks artmıştır bu nedenle su absorpsiyonu artmış, ısısal genleşme katsayısı yükselmiştir. Elastisite modülü düşük olan bu rezinler servikal defektlerin tedavisinde ve sınıf V restorasyonlarda başarılıdır [5, 32].

e. Nanofil Kompozitler

İnorganik doldurucu boyutu 0,005-0,01 µm arasındadır. Yüzey pürüzlülüğü ve estetik açıdan mikrofil kompozitlere, dayanıklılık açısından hibrit kompozitlere benzer özellikler gösterir. İnorganik partiküller nano boyutlu silika ve zirkonyumdan oluşur. Bu partiküller organik matriks içerisinde dağılmış veya nano kümecikler oluşturmuş şekilde bulunurlar [33]. Bu da kompozitin aşınmaya karşı direncini artırır ve polimerizasyon büzülmesinin azalmasına neden olur. Su absorpsiyonu daha az olduğu için renk stabilitesinde artış gözlemlenmektedir [34].

f. Hibrit Kompozitler

Farklı boyutlarda inorganik doldurucular içermekte ve içerdikleri partiküllerin boyutlarına göre özellikleri değişmektedir. Hibrit türünün belirlenmesinde yüzde olarak fazla olan partiküllerin adı kullanılır [35].

Kolloidal silika ve ağır metal içeren cam partikülleri, organik matriks içerisine gelişigüzel dağılmıştır. Bu durum bitim ve polisaj işlemlerini kolaylaştırmış ve estetik olarak üstün özellikli kompozit rezinler elde edilmiştir. Anterior bölgede, sınıf III, IV ve V restorasyonlarda, kompozit veneerlerde ve oklüzal stres alanlarında kullanılabilir [36].

2.4.2. Polimerizasyon Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

- a. Kimyasal yolla polimerize olan kompozit rezinler
- b. Görünür ışıkla polimerize olan kompozit rezinler
- c. Hem kimyasal hem de görünür ışıkla (Dual cure) polimerize olan kompozit rezinler

a. Kimyasal Yolla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Çift patlı sistemler olarak da adlandırılırlar. Patlardan biri hacim olarak %50 oranında organik matriks %50 oranında inorganik dolduruculardan oluşur. Diğer patın içeriğinde benzoil peroksit polimerizasyon başlatıcı olarak, organik aminler polimerizasyonu hızlandırıcı (akseleratör) olarak bulunur. Her iki patın eşit oranda karıştırılmasıyla polimerizasyon başlamaktadır [37]. Kimyasal olarak polimerize olan kompozit rezinler kütsel olarak polimerize olduğu için yüksek büzölme stresleri oluşur, kavite tabanından başlayan bu polimerizasyon süreci kompozitin kavite duvarlarından ayrılmasına sebep olmaktadır [38]. Ayrıca patların karıştırılması sırasında oluşan hava kabarcıkları materyalin dayanıklılık ve su absorpsiyonu gibi özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir [39].

b. Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler

Bu kompozit rezinler tek pat sisteminde üretilmişlerdir. İlk üretildikleri zaman UV ışık ile polimerize edilmekte iken günümüzde hasta ve hekim sağlığı açısından 420-470 nm dalga boyundaki mavi görünür ışıkla polimerize edilmektedir [40]. Polimerizasyon ışık varlığında gerçekleşir, bu nedenle çalışma süresi hekim kontrolündedir. Polimerizasyon 10-15 dakika içerisinde tamamlanır ve 24 saat boyunca devam eder (karanlık polimerizasyon) [41, 42]. Işıkla polimerize olan kompozit rezinlerde mavi ışığa duyarlı fotoaktivatör olarak kamforokinon bulunur. Işık aktivasyonun başlaması için uygun dalga boyunda ışık uygulanması gerekmektedir. İnorganik partikül miktarı fazla olan ve koyu renkli kompozitlerde polimerizasyon daha yavaştır ve derinliği daha azdır. Bu nedenle uygulanan ışık süresini artırmak ve ışınlama derinliğini azaltmak gerekmektedir [13].

c. Hem Kimyasal Hem Görünür Işıkla Polimerize Olan Kompozit Rezinler (Dual-Cure)

Bu tür kompozitlerde polimerizasyon süreci iki aşamadan oluşur: ışıkla başlatılan ve kimyasal olarak devam eden polimerizasyon. Bu sistemde iki farklı pat bulunmaktadır. Bu patlar karıştırıldığında ve ışığa maruz bırakıldığında, amin ve kamforokinon kombinasyonu ışıkla polimerizasyonu başlatır. Aynı şekilde, amin ve benzoil peroksit kombinasyonu ise kimyasal polimerizasyonu başlatır. Polimerizasyonun tam olarak gerçekleşmesinden endişe edilen derin kavitelere, 2 mm'den daha kalın rezin uygulamalarında, ışık ulaşımının zor olduğu interproksimal alanlarda, post ve kron simantasyonunda kullanımı endikedir [43].

2.4.3. Viskozitelerine Göre Sınıflandırılması

a. Kondanse Edilebilen Kompozit Rezinler

Amalgam restorasyonlara alternatif olarak piyasaya sürülmüş, inorganik partikül miktarı hacimce %74 oranına çıkarılmış kondanse edilebilen, visküz kompozit rezinlerdir. Doldurucu partikül boyutunun büyümüş olması bitim ve cilalanabilme özelliklerini olumsuz yönde etkilemiştir. İnorganik partikül miktarı arttığı için polimerizasyon büzülmesinin azalması ve aşınma direncinin artması avantajları arasında sayılabilmektedir [44].

b. Akışkan Kompozit Rezinler

İnorganik doldurucu miktarı azaltılarak viskozitesi azaltılmış hibrit rezinlerdir. Doldurucu partikül miktarı ağırlıkça %45-67 arasındadır ve bu nedenle aşınmaya karşı direnci azalmış, polimerizasyon büzülmesi artmıştır. Akışkan kompozitlerin proksimal yüzü de içeren posterior restorasyonlarda kondanse edilebilen kompozitlerden önce kavite duvarlarına uygulanması dentin duyarlılığının giderilmesinde etkilidir. Ayrıca restorasyon kenar kırıklarının onarımında, servikal abfraksiyon lezyonlarında, pit ve fissür örtülmesinde kullanılabilmektedir [45, 46].

2.5. Kompozit Rezinlerde Yüzey Bitim ve Polisaj Prosedürleri

Kompozit rezin restorasyonlarda uygun bitim ve polisaj prosedürlerinin uygulanması, restorasyonların estetik özelliklerini, prognozunu ve plak tutunması yoluyla gingival sağlığı etkilemektedir. Uygun olmayan bitirme ve polisaj işlemlerinden kaynaklanan yüzey pürüzlülüklerinin varlığı, renklenme, sekonder çürük, plak retansiyonu ve gingival irritasyona bağlı estetik özelliklerin kaybolmasına neden olmaktadır [47].

İdeal anatomik formların verilmesi amacıyla restorasyon yüzeyindeki düzensizliklerin giderilip, restorasyon yüzeyinin şekillendirilmesi için aşındırıcı aletlerin kullanılması işlemi bitim, bitim prosedürleri sonrası yüzeyde oluşan mikro çizik ve pürüzlülüğün giderilmesi için daha küçük boyutlu aşındırıcıların kullanılması işlemi ise polisaj işlemidir [48].

Restoratif materyalin tipi, doldurucu partiküllerinin bileşimi, boyutu ve şekli, restoratif materyalin fiziksel özellikleri, polisaj materyalinin yüzeye uygulanma süresi,

uygulama basıncı, aşındırıcı partiküllerin yapısı, uygulayıcının tecrübesi ve uygulama esnasında kullanılan solüsyonlar (su, gliserin, vazelin, polisaj patı vb.) bitirme ve polisaj işlemlerin kalitesini ve başarısını etkileyen faktörlerdendir [49].

2.5.1. Bitim ve Polisaj Prosedürlerinde Kullanılan Aşındırıcı Tipleri

a. Alüminyum Oksit

Alüminyum oksit sert bir materyaldir. Bu nedenle kesici aletlerin ve aşındırıcı materyallerin yapısına sıkça eklenmektedir. Partikülleri seramik modifiye taşların içerisine karıştırılarak, kağıt, polimer disklere veya bantlara yapıştırılarak, lastik frezlere emdirilerek kompozit rezin restorasyonların bitim ve polisaj işlemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır [50]. Ayrıca polisaj patlarının yapısına katılarak rezin ve seramik restorasyonların polisaj işleminde kullanılmaktadır [51].

b. Karbid Bileşikleri

Karbid aşındırıcıları; silikon karbid, bor karbid ve tungsten karbiden oluşmaktadır. Aşındırma ve kesme işlevi gören bitirme frezleri sıklıkla tungsten karbiden yapılmaktadır. Silikon ve bor karbid ise bağlayıcı bir ajanla birlikte disk ve lastik frezlere eklenerek kullanılmaktadırlar. Silikon karbid elmadan sonra ikinci sert aşındırıcı materyaldir ve özellikle mikrofil kompozitlerde etkin bir şekilde kullanılabilir [52].

c. Elmas Partikülleri

Güçlü karbon bağları sayesinde doğada bilinen en sert materyal elmadır. Bu özelliği sayesinde oldukça rijit bir aşındırıcıdır ve bu özelliğini uzun süre koruyabilmektedir. Çeşitli boyut ve yapıdaki elmas partikülleri veya elmas tozu sert bir matriks üzerine kaplanarak elmas frezler elde edilir [53]. Ayrıca bu partiküller lastiklere veya polisaj patlarına katılarak dental işlemlerde kullanılabilir [54].

d. Silikon Dioksit

Silikon dioksit genellikle beyaz veya şeffaf kristalimsi bir katı halinde bulunur. 7 Mohs sertlik değerine sahiptir. Silikon dioksit lastikler veya elastomerik bitirme ve polisaj sistemlerinde kullanılır [55].

e. Zirkonyum Oksit

Silikon dioksit benzer şekilde lastik veya elastik polisaj sistemlerinin yapısına

katılarak kullanılmaktadır [52].

f. Zirkonyum Silikat

Stripler ve disklerin kesici yüzeylerine yapıştırılarak veya polisaj patlarının içeriğine katılarak kullanılan, partikül boyutu küçük, sert bir aşındırıcıdır [52].

2.5.2. Bitirme ve Polisaj Prosedürlerinde Kullanılan Aletler

a. Karbid Bitirme Frezleri

Elmas ve diğer aşındırıcı partikül içeren bitirme aletlerine göre aşındırma özellikleri daha azdır ve daha kısa ömürlüdür. Elmas frezlere göre yumuşak dokuda daha az doku hasarı oluştururlar. Değişik şekil ve bıçak sayısına sahiplerdir. 8 ila 40 arasında değişen bıçak sayısına sahiplerdir. Bıçak sayısı arttıkça kesme özelliği azalmaktadır. İşlem sonrası kompozit rezin üzerinde pürüzlü bir yüzey bırakmaktadırlar [54] (Şekil: 2.2).



Şekil 2.2. Karbid bitirme frezleri

b. Elmas Bitirme Frezleri

Tungsten karbid frezlere göre kesme ve aşındırma özellikleri daha iyi ve daha uzun ömürlüdürler. Kompozit ve seramik yüzeylerin şekillendirme ve pürüzsüz yüzey elde etme işlemlerinde kullanılır. Gren büyüklüğü arttıkça aşındırma özellikleri artmaktadır. Kaba grenden ince grene doğru kullanılmaktadırlar. Her zaman su soğutması altında kullanılmalıdır. Diş sert dokularında ve perifer yumuşak dokularda hasara neden olurlar. İşlem sonrası pürüzlü ve polisaj gerektiren bir yüzey bırakmaktadırlar [56] (Şekil:2.3).



Şekil 2.3. Elmas bitirme frezleri

c. Taşlar

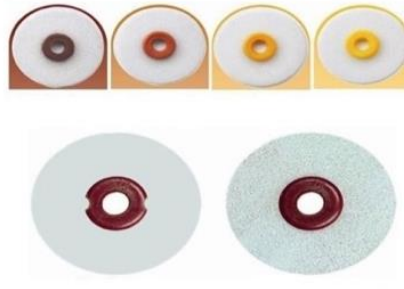
Birbirine yapıştırılmış veya organik rezin ile bağlanmış aşındırıcı partiküllerden oluşmaktadırlar. Restorasyonu şekillendirmek ve bitim işlemleri için kullanılmaktadırlar. Elmas frezlere göre aşındırma özellikleri daha az ve daha kısa ömürlüdürler. İçerdikleri aşındırıcı partikül çeşidine göre renkleri değişmektedir. Silikon karbid içerenler yeşil renkli, alüminyum oksit içerenler beyaz renklidir [52] (Şekil: 2.4).



Şekil 2.4. Taşlar

d. Aşındırıcı Kaplanmış Polisaj Disk ve Stripleri

İnce polimer veya plastik bir zemin üzerine aşındırıcı partiküllerin yapıştırılmasıyla elde edilmektedir (Şekil: 2.5). Bu aşındırıcı partiküller genellikle alüminyum oksittir. Aşındırıcı partiküller ince bir tabaka halinde eklendiği için kısa sürede etkinliği sona ermektedir dolayısıyla tek kullanımlıktırlar [57]. Konveks ve düz yüzeylerde, insizal kenar ve embraşürleri içine alan anterior restorasyonların bitim ve polisajında, interproksimal alanlarda yer alan restorasyonların küçük fazlalıklarını kaldırmakta başarılıdırlar. Partikül büyüklüklerine büyük grenli olandan ince grene doğru sırasıyla kullanılmaları gerekmektedir [58].



Şekil 2.5. Aşındırıcı kaplanmış polisaj diskleri

e. Lastikler

Polisaj lastikleri doğal veya sentetik lastiklere, silikon veya diğer sentetik elastik polimerlere ince grenli aşındırıcı partiküllerin eklenmesiyle oluşmaktadırlar (Şekil: 2.6). Elmas frezlerden sonra kullanılması önerilmektedir. Yumuşak yapıda oldukları için çabuk aşınmaktadırlar. Genellikle diş hekimlerinin çeşitli diş boyut ve şekillerine uygun olarak kullanabilmeleri için farklı şekillerde, boyutlarda ve sertlik derecelerinde üretilmektedirler. Polisaj lastiklerinde kullanılan aşındırıcı çeşitleri; silikon karbid, alüminyum oksit, elmas, silikon dioksit ve zirkonyum oksittir. Polisaj patları ile kullanıma uygundur [52].



Şekil 2.6. Lastikler

f. Aşındırıcı İçeren Polisaj Patları ve Aplikatörler

Genellikle alüminyum oksit veya elmas partiküller içermektedirler. Su soğutması altında kullanıldığında daha etkili sonuç vermektedirler ve gözle görülür yüzey parlaklığına sebep olurlar. Polisaj patları lastik frezlerle, keçe veya süngerle birlikte kullanılabilir [52] (Şekil: 2.7).



Şekil 2.7. Aşındırıcı içeren polisaj patı

g. Aşındırıcı Emdirilmiş Fırçalar ve Keçeler

Aşındırıcı emdirilmiş fırçalar sivri uçlu veya bardak şekilli polimer kıllara aşındırıcı partiküllerin emdirilmesiyle oluşturulmuştur (Şekil: 2.8). Bu fırçalar kompozit ve seramik yüzeylerde diğer polisaj sistemleriyle ulaşılamayan fissür ve oluklara, interproksimal alanlara ulaşabilmek için tasarlanmıştır. Alüminyum oksit emdirilmiş fırçalar, elmas kaplı polisaj diskleriyle kıyaslanabilen düzgün ve parlak yüzeyler oluşturabilmektedirler [59].



Şekil 2.8. Aşındırıcı emdirilmiş fırçalar

h. Rezin Matriks Frezler

Mine veya seramik yüzeye zarar vermeden sadece rezin kompozitten aşındırma yapan polimer veya rezin matriks yapısında frezlerdir (Şekil: 2.9). Braket sökümünde, periodontal kök yüzeyi şekillendirilmesinde, ulaşılamayan alanlardaki renklenmelerin giderilmesinde veya simantasyon sonrası siman artıklarını temizlemekte kullanılmaktadırlar [52].



Şekil 2.9. Rezin matriks frezler

i. Glaze (vernük) Uygulaması

Bitirme ve polisaj işlemlerinin ardından diş-restorasyon sınırında veya kompozit yüzeyinde oluşabilecek mikroskobik defektlere penetre olarak kenar sızıntısı, renklenme ve plak oluşumunu önlemek, aşınma direncini artırmak, hidrasyon ve dehidrasyon problemlerini azaltmak ve restorasyona iyi bir estetik kazandırabilmek amacıyla restorasyon yüzeyine rezin esaslı vernük uygulanması işlemidir. Glaze materyalleri genellikle doldurucusuz Bis-GMA içerikli rezinlerdir [60].

Glaze işleminde kullanılan ajanlar kompozit yüzeyinde polimerizasyon sonrası oluşan serbest radikallerin oksijene bağlanmalarını engellerler. Bu sayede oksijen inhibisyon tabakasının oluşumu önlenmiş olur ve renklenmenin önüne geçilmiş olunur [61].

j. Nanoteknoloji Likit Polisaj Sistemler

Likit polisaj vernüklerinin içerisine, bu vernüklerin eksikliklerini giderebilmek için nanodoldurucular eklenerek geliştirilmiş yeni vernük sistemleridir [62].

2.6. Diş Hekimliğinde Renk

Kompozisyon, bütünlük, simetri, oran, denge, baskınlık, düzlemler ve çizgiler, form ile birlikte renk kavramları estetiğin yapı taşlarını oluşturmaktadır. İyi estetik bu faktörlerin tamamının uyumlu bir biçimde bir arada olması ile sağlanabilmektedir. Renk de bu faktörlerin başında yer almaktadır [63]. Fonksiyon, fonasyon ve estetik prensipleriyle oluşturulan dental restorasyonlara doğal ve canlı bir görünüm kazandırabilmek renk parametrelerinin doğru kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir [64].

Renk retinada yer alan koni ve çubuk hücreleri tarafından algılanmaktadır. Çubuk hücreleri siyah ve beyaz renkleri, koni hücreleri ise mavi, yeşil ve kırmızı renkleri

algılamaktadırlar [65]. İnsan gözünün algılayabildiği ışık dalga boyu 380-700 nanometredir. Işık yoğunluğu rengin algılanmasında önemli bir faktördür. Işık yoğunluğu yüksek olduğunda parlama sebebiyle retinal hücrelerde yorgunluğa sebep olurken düşük yoğunlukta ışık renk tonunun algılanmasını etkilemektedir. İdeal ışık; beyaz, yumuşak ve dağılmış olandır [66].

2.6.1. Renk ve Işık Terimleri

a. Translusensi

Bir materyalin ışığı geçirebilme özelliğidir. Şeffaflık ve opaklık arasında değişen bir eğri şeklinde tanımlanabilir. Minenin yarı saydamlığı, ışığın geliş açısına, dalga boyuna; minenin yüzey dokusuna ve parlaklığına, hidrasyon seviyesine göre farklılık gösterir [64].

b. Floresans (Işıma) Özelliği

Floresans, ışığın bir malzeme tarafından emilmesi ve daha uzun bir dalga boyunda kendiliğinden yayılmasıdır. Floresan özellik dışın canlı görünümüne ve parlaklığına belirli bir katkı sağlamaktadır. Doğal dişle benzer floresans özellik göstermeyen restorasyonlarda bu durum renk uyumsuzluğuna sebep olmaktadır. Ancak pratik uygulamalarımız sırasında renk belirlerken floresans özelliğin bir rolü bulunmamaktadır [67].

c. Opalesans Özelliği

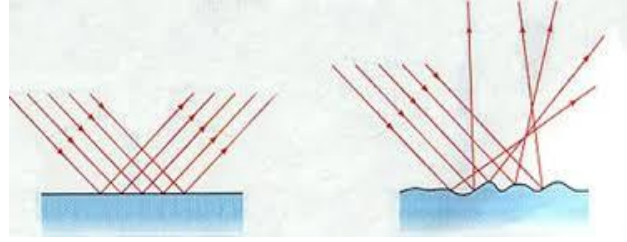
Opalesans, bir malzemenin kendisinden ışık yansıdığı bir renkte, içinden ışık geçtiğinde ise başka bir renkte görünmesi olgusudur. Dişe canlılık ve optik bir derinlik kazandırmaktadır. Mine dokusu aydınlatıldığı zaman mavi renkleri gövdesinde dağıtır ve böylece mine dokusu renksiz olmasına rağmen mavimsi görünmektedir [66].

d. Kontrast ve Parlama

Kontrast, bir nesnenin parlaklığı veya rengi ile onun arka planı arasındaki farklılaşmadan kaynaklanmaktadır. Yüksek kontrastlı nesne formlarının seçimi, düşük kontrastlı nesnelere göre daha kolaydır. Kontrast nesnenin optik özelliklerini destekleyici olsa da aşırı kontrast parlamaya neden olmaktadır. Karanlık bir arka plana karşı aşırı parlak bir nesne görsel algıyı etkileyebilmektedir [66].

Parlaklık rengin algılanmasında önemli bir faktördür ve cilalı bir yüzey görünümü

kazandırır. Gelen ışık miktarının aynı olduğu iki cisimden parlak ve pürüzsüz yüzeye sahip olan cisim gelen ışığı aynı yönde yansıtacağı için daha parlak, pürüzlü yüzeye sahip olan nesne ise ışığı dağıtarak yansıtacağı için daha az parlak görünmektedir (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Kontrast ve parlama

e. Metamerizm

Bir cismin bir ışık kaynağı altında belirlenmiş renginin diğer bir ışık kaynağı altında farklı renkte görünmesi metamerizm olarak adlandırılmaktadır. Metamerizm kaynaklı hataları önleyebilmek için renk belirleme, renk ölçümü gibi işlemlerin standart aydınlanma koşullarında gerçekleştirilmesi gerekir.

Parlak ışıktaki kırmızı-sarı tayf ön plana çıkarken tayfin mavi ucu zayıflar. Aksine floresan ışık kaynağında güç mavi-yeşil uca kayar ve bu yüzden mavi-yeşil renk baskın olarak algılanır [68].

2.6.1. Renk Ölçümü

Renk ölçümü sadece diş hekimliği ile sınırlı olmayıp endüstri ve tıp gibi diğer alanlarda da görülen önemli bir sorundur. Pek çok renk düzeni sistemi mevcuttur ancak dünya çapında tanınma, tutarlılık, esneklik ve basitlik gibi çeşitli nedenlerden dolayı Munsell renk sistemi diş hekimliğinde renk seçimi için tercih edilen sistemdir [66].

a. Munsell Renk Sistemi

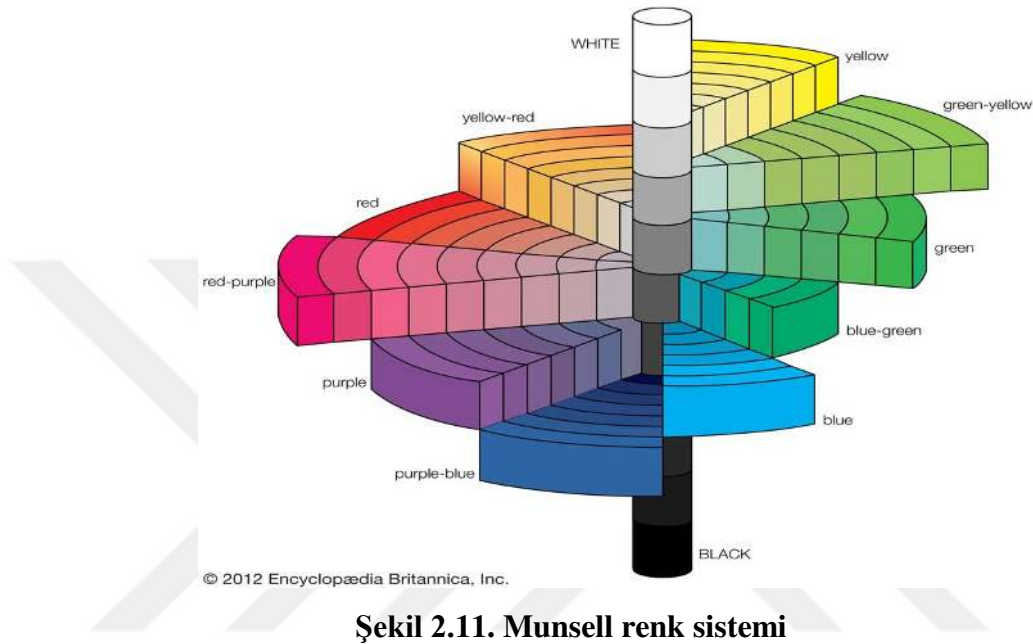
Bu sistemde rengin belirlenmesi üç ana parametre ile olmaktadır:

Renk Tonu (hue): Kırmızı, yeşil, mavi gibi değişik renk ailelerinin ayrımını sağlamaktadır. Renk tonu, dalga boylarının toplamının fizyolojik ve psikolojik bir yorumudur. Diş hekimliği açısından renk tonu, yaygın olarak kullanılan Vita Classic renk tonu kılavuzunda A, B, C veya D ile temsil edilmektedir [69].

Renk Değeri (value): Saf siyah ve saf beyaz arasındaki parlaklık derecesidir. Value veya parlaklık bir nesneden dönen ışık miktarıdır. Parlak nesnelerin gri miktarı

daha az, düşük parlaklığa sahip nesnelerin ise gri miktarı daha fazladır [70].

Renk Yoğunluğu (chroma): Rengin doygunluk derecesidir, güç veya parlaklık olarak da tanımlanabilmektedir. Yoğunluk (chroma) arttıkça renk değeri (value) azalır. Vita Classic renk tonu kılavuzundaki daha yüksek sayılar, artan rengi temsil eder [71] (Şekil: 2.11).



Şekil 2.11. Munsell renk sistemi

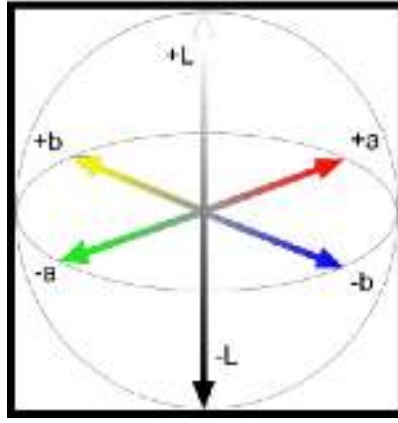
b. CIELaB Renk Sistemi

CIE LaB renk sistemi ışığın renk belirlemedeki etkisini ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu üç boyutlu renk uzayında üç eksen L^* , a^* ve b^* 'dir. L^* değeri, bir nesnenin açıklığının bir ölçüsüdür ve mükemmel siyahın L^* değeri 100 olacak şekilde bir ölçekte ölçülür. a^* değeri, kırmızılığın (Pozitif a^*) veya yeşilliğin (negatif a^*) bir ölçüsüdür. b^* değeri sarılığın (pozitif b^*) veya maviliğin (negatif b^*) ölçüsüdür (Şekil: 2.12). Geometrik şekilde renk düzenlemesi yapıldığından renk farklılıkları matematiksel olarak hesaplanabilmektedir.

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

Renk hesaplama formülü

a^* ve b^* koordinatları doğal renkler için sıfıra yaklaşır ve daha doygun veya yoğun renkler için büyüklük artar. CIE Lab sisteminin avantajı, renk farklılıklarının görsel algı ve klinik önemle ilişkilendirilebilecek birimlerle ifade edilebilmesidir [66].



Şekil 2.12. (CIE LaB)

CIE $L^*a^*b^*$ renk sisteminde değerlendirmede farklılıkların olmasından hareketle 2000 yılında CIEDE 2000, CIE $L^*a^*b^*$ renk sistemine alternatif olarak tanıtılmıştır. CIEDE 2000 için algılanabilirlik değerleriyle kabul edilebilirlik değerlerinin uyumlu olduğu bildirilse de literatürde daha önce yapılan çalışmalarda CIE $L^*a^*b^*$ sisteminin kullanılmasından dolayı karşılaştırma yapma adına CIE $L^*a^*b^*$ sistemi de halen kullanılmaktadır [72]. Hue, chroma ve value parametrelerinin ayrı ayrı inceleneceği durumlarda CIEDE 2000 sistemi önerilmiştir [73].

CIEDE2000 sistemi ile elde edilen ΔE değeri 1'den küçük bulunursa, renk değişimi gözle fark edilemezken, 1'den yüksek değerlerde görsel olarak fark edilebileceği öne sürülmektedir [74]. 3,3 ve üzeri değerler klinik olarak kabul edilemeyen renklenme olduğunu gösteren değerlerdir [75].

2.7. Diş Hekimliğinde Kullanılan Renk Ölçüm Yöntemleri

Dental restorasyonların estetik başarısında doğal dişlerle renk uyumu en önemli faktörlerden biridir. Renk seçimi, dişlerin karmaşık optik özellikleri nedeni ile estetik diş hekimliğinde zorlayıcı ve önemli bir işlemdir. Diş hekimliğinde renk seçimi görsel veya enstrümental (aletsel) olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir.

2.7.1. Görsel Renk Seçimi Yöntemi

Görsel ölçüm, renk skalaları ile yapılan renk seçme işlemidir ve diş hekimliğinde en çok kullanılan yöntemdir. Genellikle güvenilir olmayan ve tutarsız sonuçlar vermektedir. Ortamın aydınlatma koşulları, dişlerin durumu (hidrate veya dehidrate olması), metamerizm, kullanılan renk skalasının güvenilirliği, renk ölçümünü yapan

kişinin yaşı, göz yorgunluğu, psikolojik durumu gibi faktörler ölçümde hatalara sebep olmaktadır. Ayrıca yapılan ölçümler CIE sistemine dönüştürülememektedir [76].

2.7.2. Renk Ölçüm Cihazları

Görsel renk ölçümü ile karşılaştırıldığında, cihazlarla yapılan renk ölçümü; objektif olması, rakamsal olarak ifade edilebilmesi ve hızlı elde edilebilmesi, kesin ve tekrarlanabilir olması gibi avantajlara sahiptir. Spektrofotometre, spektoradyometre, kolorimetre ve dijital kamera sistemleri ile enstrümental renk ölçümü yapılabilmektedir [77].

2.7.3. Spektrofotometre

Yüzey rengini ölçmede en çok kullanılan yöntemdir. Işık kaynağı, dedektör ve bir monokromatörden oluşmaktadır (Şekil: 2.13). Seramikler, restoratif rezinler, yapay dişler, dental materyaller ve renk skalalarındaki renk değişimin tespitinde kullanılmaktadır. Renk ölçümü yapılan objeden yansıyan ışığın, düz beyaz bir yüzeyden yansıyan ışığa oranının ölçülmesiyle rakamsal sonuçlar vermektedir [78].

Bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. İki obje arasındaki renk farkını belirleyebilmektedir. VITA Easyshade V, VITA tarafından geliştirilen spektrofotometrelerin beşinci neslidir. VITA System 3D-Master renk skalasına göre renk ölçümü yapan sistemde LED ışık kaynağıyla ilgili bölgenin aydınlatması sağlanmaktadır. Pille çalışan, kablosuz, küçük ve kolay taşınabilir özelliktedir [79].



Şekil 2.10. Spektrofotometre

2.7.4. Spektoradyometre

Nesneler sahip oldukları renk, doku, parlaklık gibi özelliklerini kazandıran kimyasallar sayesinde elektromanyetik alanlarda ışımaya sebep olmaktadır. Spektoradyometreler ise bu ışımayı ölçerek nesnelerin renk özellikleri hakkında sayısal değerler vermektedirler. Ölçüm yapabilmek için objeye temas etmesine gerek yoktur. Çalışma hassasiyeti gerektirmektedir [80].

2.7.5. Kolorimetre

Kolorimetre, ışığın dalga boyu ve yoğunluğuna göre renk ölçümü yapan bir cihazdır. Kolorimetre, gözdeki algılayıcılarla (koni ve çubuk hücreleri) aynı özellikteki üç renk filtresi yardımıyla yansıyan ışık ışınlarını kırmızı, yeşil ve mavi renk oranında çözümleyerek CIE'nin belirlediği standart gözlemci ile standart aydınlatma koşullarında hesaplama yapmaktadır. Cihazın hassasiyeti ve tekrarlanabilirliği filtrelerinin durumuna bağlı olduğu için zayıftır. Filtrelerin CIE renk tespit sistemi ile uyumluluğu iyi değildir. Bunun yanında kolorimetreler metamerizm miktarını belirleyememektedirler [64].

2.7.6. Dijital Kamera Sistemleri

Nesne üzerinde tek nokta veya alanın değil tüm nesnenin görüntüsünü elde etmemizi sağlayan bir yöntemdir. Sistem bir dijital kamera, bilgisayar yazılımı, renk sensörü ve bir dedektörden (CCD) oluşmaktadır. Dedektör vasıtasıyla alınan görüntü bilgisayar programı yardımıyla CIELaB sistemindeki değerler cinsinden ifade edilmektedir.

Elde edilen görüntünün kalitesi; ortamın aydınlatma koşulları, kullanılan kamera çeşidi, taranan görüntünün boyutu gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu sistemin dezavantajları; elde edilen görüntünün subjektif değerlendirilmesi, kullanılan cihazların kalibrasyon gerekliliği, yazılım güncellemesi gerekmesidir [81].

2.8. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Yöntemleri

Diş hekimliği araştırmalarında pürüzlülük ölçümü için en çok kullanılan yöntemler; Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Profilometre ve Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) 'dur.

2.8.1. Profilometreler

Mekanik, optik ve lazer profilometre olmak üzere üç farklı tipte profilometre mevcuttur. Her üç yöntem de benzer pürüzlülük parametreleri kullanarak ölçüm yapmaktadır.

a. Mekanik (kontak uçlu) Profilometreler

Mekanik profilometreler incelenecek yüzeyde elmas uçlu sivri bir prob gezdirerek tarama yapmaktadır. 1,5 ila 2,5 μm arasında bir çapa sahiptir ve farklı şekillerde olabilir. İnceleme uçları ölçüm yapılan yüzey üzerinde yüzey düzensizliklerine çapraz yönde ve değerlendirme uzunluğu boyunca hareket ederken meydana gelen titreşimler büyütülerek hareketli bir şerit üzerine kaydedilebilmekte ve bu gösterge üzerinden okunarak yüzey pürüzlülüğü belirlenebilmektedir [82].

Mekanik profilometreler hem dijital hem de analog yazılım kullanarak değerleri kaydedebilmektedir. Bu değerlerden R_a değeri, ölçüm yapılan yüzey boyunca ölçülen tüm düzensizliklerin aritmetik ortalamasını ifade etmektedir. R_{max} ; belirli bir mesafe içerisindeki en yüksek ve en derin noktalar arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. R_z belirli bir mesafedeki birbirini izleyen maksimum 5 yükseklik ve derinliğin aritmetik ortalamasını ifade etmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü çoğunlukla ortalama yüzey pürüzlülüğü R_a cinsinden ifade edilmektedir [83].

b. Optik Profilometreler

Bu profilometreler incelenecek yüzeyle temas etmeden, optik ışınla tarama yaparak yüzeyin üç boyutlu topografisini vermektedir. Bu nedenle yüzeyin doğal karakteri optik profilometreler ile gösterilebilmektedir.

Değerlendirilecek yüzeyde belirlenen referans noktaları arasında tarama yapmaktadır. Cihazın optik parçaları 100 μm 'lik alanda tarama yaparak nanometre boyutunda ölçümler verebilmektedir [84].

c. Lazer Profilometreler

Lazer profilometreler yüzeye temas etmeden tarama yapabilmektedir, bu nedenle mekanik profilometrenin bazı dezavantajlarını ortadan kaldırmaktadır. Bu profilometreler ya lazer ışınlarının sapmasını ölçerek veya beyaz ışık ile konfokal ilişkiyi kullanmak

yoluyla yüzey topografisini oluşturmaktadır. Diş sert dokularında lazer profilometre ile yapılan ölçümler, minenin translusensisinden ve renkten etkilenebilmektedir [85].

2.8.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM)

AFM nanometre çözünürlükte yüzeyin üç boyutlu ayrıntılı topografisini veren, diş hekimliği alanında son yıllarda oldukça popüler hale gelen bir metottur. 20-30 nm yarıçapında bir uç vasıtasıyla yüzeyin yüksek çözünürlükte üç boyutlu görüntüsünün elde edilmesini sağlamaktadır [86].

AFM yalıtkan yapıdaki numunelerin yapısını bozmadan inceleyebilen tek yöntemdir. Yüzey kaplaması gerektirmez. Üç boyutlu görüntü elde edilebilmektedir. Tarama hızı nispeten düşüktür ve genel görüntü elde etme süresini kabul edilebilir değerde tutabilmek için sınırlı sayıda veri noktasından ölçüm yapılmaktadır, undercutları belirleyememektedir ve taranacak örnek sayısı azdır [82].

2.8.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)

SEM nanometreden mikrometreye kadar ölçekte organik ve inorganik malzemelerin analizinde, dünya çapında birçok disiplinde kullanılan bir yüzey tarama yöntemidir. 1000.000 büyötmeye kadar görüntü elde edilebilmektedir [87].

Yüksek hızda hızlandırılan elektron demeti yüzey boyunca hareket ettirilerek bir toplayıcıda biriktirilir ve yansıtıcı bir aletle yüzey görüntüsü elde edilir. Elektron akışını sağlayabilmek için kullanılan materyallerin iletken olması gerekmektedir. Bu nedenle yalıtkan malzemeler altın veya paladyum ile kaplanarak analizler yapılmaktadır [88].

3.MATERYAL ve METOT

Bu tez çalışması İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda yürütülmüştür.

Çalışmamız, İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 06-02-2024 tarihli ve 2024/5425 karar numarasıyla etik kurul onayı almış ve İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (İÜBAP) tarafından TDH-2024-3391 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Çalışmanın numune hazırlama süreci ve deney aşamaları İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı'nda, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM) AFM ve SEM laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

3.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Bu çalışmada hazırlanan numune sayısı, İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'na danışılarak belirlenmiştir. I. Tip hata miktarı (alfa): 0,05, testin gücü (1-beta) 0,8 ve etki büyüklüğü 0,29 iken bu test kullanılarak anlamlı bir fark bulunabilmesi için gerekli olan minimum örneklem büyüklüğü 96 bulunmuştur.

3.2. Çalışmada Kullanılan Kompozit Rezin Materyaller

Bu çalışmada bir mikrohbrit kompozit rezin (Herculite classic, Kerr Corporation, ABD) (Şekil: 3.1), bir nanohbrit kompozit rezin (Polofil NHT, VOCO GmbH, Almanya) (Şekil: 3.2), bir giomer (Beautifil II Shofu Inc. Japonya) (Şekil: 3.3) ve bir zirkonyum içerikli nanohbrit kompozit rezin (Zenit, President Dental GmbH, Almanya) (Şekil: 3.4) olmak üzere 4 farklı restoratif materyal kullanıldı. Çalışmada kullanılan restoratif materyallere ait genel bilgiler tablo 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Çalışmada kullanılan kompozit rezinlere ait genel bilgiler

Kompozit	Doldurucu Tipi	Renk	İçeriği	Partikül Boyutu	Üretici firma
Herculite Classic	Mikrohibrit	A1	Bis-GMA, TEGDMA, borosilikat alüminyum cam	0.6 µm	Kerr Corporation, ABD
Polofil NHT	Nanohibrit	A1	TEGDMA, UDMA, Bis-GMA, camsilikat, silika	0.01-0.1 µm	VOCO GmbH, Almanya
Beautifil II	Nanohibrit	A1	Bis-GMA, TEGDMA, SPRG, multifonksiyonel cam	Ortalama: 0.8 µm Aralık: 0.01-4.0 µm	Shofu Inc. Japonya
Zenit	Nanoseramik	A1	Bis-GMA, diüretanmetakrilat, cam dolgu, pirojenik silika	0.6µm İnorganik cam partikülleri 0.7µm	President Dental GmbH, Almanya



Şekil 3.1. Mikrohibrit kompozit (Herculite classic, Kerr)



Şekil 3.2. Nanohibrit kompozit (Polofil NHT, VOCO)



Şekil 3.3. Giomer (Beautifil II, Shofu)



Şekil 3.4. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Zenit, President)

3.3. Çalışmada Kullanılan Polimerizasyon Cihazı

Çalışmamızda kullanılan LED ışık cihazı (Woodpecker, Çin) (Şekil: 3.5), 1250 mW/cm² gücünde kullanıldı. Işınlama uzaklığının eşit olması için tüm örnekler hazırlanırken üzerine bir mylar strip ve 2 mm kalınlığında cam yerleştirilerek, 2 mm kalınlık için 20 sn ışınlama yapıldı. Kullanılan ışık cihazı bilgileri tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Çalışmada kullanılan polimerizasyon cihazı bilgileri ve özellikleri

Işık Cihazı	Üretici Firma	Türü	Dalga Boyu	Işık Yoğunluğu
Woodpecker Curing Light	Woodpecker Medical Instrument Co., Guilin, Çin	LED	385-515 nm	1000 mW/cm ² - 1700 mW/cm ²



Şekil 3.5. LED Işık Cihazı (Woodpecker, LED B, Medical Instrument Co., Guilin, Çin)

3.4. Çalışmada Kullanılan Polisaj Materyalleri

Çalışmamızda; OptiDisc (Kerr Corporation, ABD) (Şekil: 3.6), Twist-Dia (Kuraray Europe GmbH, Almanya) (Şekil: 3.7), Enhance PoGo (Dentsply Sirona, Almanya) (Şekil: 3.8) ve Lucida Shine (DiaShine VH Technologies LTD. ABD) (Şekil: 3.9) olmak üzere dört farklı polisaj sistemi kullanılmıştır.

Kullanılan polisaj sistemleri ve genel özellikleri tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3. Çalışmada kullanılan polisaj materyalleri bilgileri

Polisaj Sistemi	Özellikleri	Üretici Firma
OptiDisc	Ekstra kalın, kalın/orta, ince, ekstra ince partikül boyutuna sahip alüminyum oksit içeren yarı saydam polyester diskler	Kerr Corporation, ABD
Twist-Dia	Başlangıç polisaj: 14 µm,	Kuraray Europe GmbH,

	Yüksek parlaklık: 10 µm çapta elmas partikül ile kaplanmış esnek silikon spiraller	Almanya
Enhance PoGo	Alüminyum oksit emdirilmiş silikon bitim frezleri ve elmas partikülleri emdirilmiş silikon polisaj frezleri	Dentsply Sirona, Almanya
Lucida Shine	Elmas partikülleri içeren suda çözünabilir polisaj patı, yıldız şekilli sıkıştırılmış keçe ve mandren	DiaShine VH Technologies LTD. Amerika



Şekil 3.6. OptiDisc, Kerr



Şekil 3.7. Twist- Dia, Clearfil



Şekil 3.8. Enhance PoGo, Dentsply Sirona

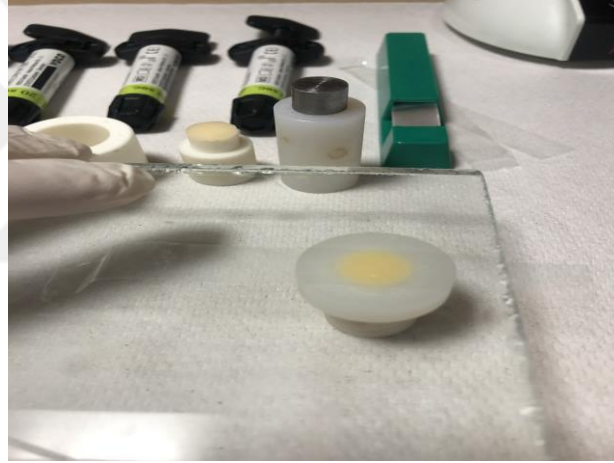


Şekil 3.9. Lucida Shine, DiaPolish

3.5. Kompozit Örneklerin Hazırlanması

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezin örnekler, 10 mm çap ve 2 mm yükseklikteki teflon kalıplar yardımıyla hazırlandı. Çalışma numunelerinin oluşturulması

aşamasında restoratif materyallerin teflon kalıplara yapışmaması için kalıpların iç yüzeyine ince bir tabaka vazelin uygulandı. Daha sonra el aletleri yardımıyla restoratif materyaller üretici firma talimatları doğrultusunda teflon kalıplara yerleştirildi. Tüm numunelerin üst yüzeyine bir Mylar strip ve ışınlama uzaklığının eşit olması amacıyla 2 mm kalınlığında cam yerleştirilerek 1250 mW/cm² güce sahip LED ışık cihazıyla (Woodpecker, MedNet EC, Almanya) 20 saniye boyunca polimerize edildi (Şekil: 3.10). Mikrohibrit kompozit (Herculite classic, Kerr Corporation, ABD), nanohibrit kompozit (Polofil NHT, VOCO GmbH, Almanya), giomer (Beautiful II Shofu Inc. Japonya) ve zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Zenit, President Dental GmbH, Almanya) restoratif materyallerinden 40'ar adet (n=8) standart disk şeklinde numuneler elde edildi. Polimerize edilmiş numuneler kalıplardan ayrılarak polisaj işleminden önce polimerizasyonun maturasyonu için 24 saat boyunca oda sıcaklığında distile suda bekletildi.



Şekil 3.10. Numunelerin hazırlanması

3.6. Numune Gruplarının Oluşturulması

Hazırlanan numuneler her kompozit rezin grubu için 40'ar adet olmak üzere 4 farklı kompozit rezinden toplam 160 adet numune hazırlandı.

Grup 1: Mikrohibrit kompozit rezin ile hazırlanan grup (K)

Grup 2: Nanohibrit kompozit rezin ile hazırlanan grup (P)

Grup 3: Giomer ile hazırlanan grup (B)

Grup 4: Zirkonyum içerikli kompozit rezin ile hazırlanan grup (Z)

Daha sonra her kompozit rezin grubu kendi içinde kullanılacak polisaj

sistemlerine göre 4 alt grup ve bir kontrol grup olmak üzere toplam 5 alt gruba ayrıldı. Her bir alt gruptaki numune sayısı 8 (n=8) adettir.

Alt Grup 1: Kontrol grubu (C)

Alt Grup 2: OptiDisc grubu (O)

Alt Grup 3: Twist-dia Grubu (T)

Alt Grup 4: Enhance PoGo Grubu (E)

Alt Grup 5: Lucida Shine Grubu (L)

3.7. Hazırlanan Numunelerin Yüzey Bitim ve Polisaj İşlemleri

Tüm numunelerin yüzeylerine klinik bitim prosedürlerini taklit etmek ve oksijen inhibisyon zonunu uzaklaştırmak amacıyla her numunede değiştirilen sarı kuşak alev uçlu frez (Plus No.TR-11EF) ile yüzey bitim işlemi uygulandı. Daha sonra her grup ait olduğu polisaj sistemi ile üretici firma talimatları doğrultusunda polisajlandı. Kontrol grubunda yer alan numunelere yüzey bitim prosedürü sonrası herhangi bir polisaj uygulanmadı.

OptiDisc (Kerr Corporation, ABD) grubunda yer alan numuneler için her numunede değiştirilerek kullanılmak şartıyla, sırasıyla kalın, orta/kalın, ince, ekstra ince disklerle 15-20 sn boyunca, hafif baskı uygulanarak, su soğutması olmaksızın 8000-10000 rpm hızında polisaj uygulandı. Her disk grubu geçişinde yüzey akan su altında yıkandı.

Twist-Dia (Kuraray Europe GmbH, Almanya) grubunda yer alan numuneler, iki aşamalı olarak; ön polisaj için 14 µm elmas partiküller içeren silikon spiral lastik ve yüksek parlaklık için 10 µm elmas partikül içeren silikon spiral lastik ile su soğutması olmadan 8000-20000 rpm hızında 15-20 sn boyunca polisajlandı.

Enhance PoGo (Dentsply Sirona, Almanya) grubunda yer alan numuneler iki aşamalı olarak önce alüminyum oksit içeren silikon lastiklerle daha sonra elmas partikülleri içeren polisaj lastikleriyle su soğutması olmadan, 10000-15000 rpm hızda 15-20 sn boyunca polisajlandı. Lastikler her numunede değiştirildi.

Lucida Shine (DiaShine VH Technologies LTD. ABD) grubunda yer alan örneklerin yüzeylerine Lucida Shine polisaj patı bir miktar uygulandıktan sonra tüm yüzeye yayıldı ve tek yönde, sıkıştırılmış keçe fırça ile 15-20 sn boyunca 2000-4000 rpm hızda su soğutması olmadan polisajlandı. Daha sonra su soğutması altında polisaj patı olmaksızın, maksimum hızda, yeniden keçe fırça ile tüm yüzey, polisaj patı tamamen yüzeyden uzaklaşana dek polisajlandı. Her örnekte keçe fırça değiştirildi.

3.8. Yüzey Pürüzlülüğünün Mekanik Profilometre ile Ölçümü

Numunelerin yüzey pürüzlülük ölçüm işlemleri İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan mekanik profilometre (Mitutoyo SJ-210, Japonya) ile gerçekleştirildi. Numuneler sırayla, her numune yüzey polisajı öncesi ve sonrası olmak üzere ikişer kez, profilometrenin ölçüm tablasına tarayıcı uç ile 90^0 değim açısı olacak şekilde yerleştirildi. Polisaj sisteminin kenarlara tam olarak ulaşamama riski göz önünde bulundurularak, yüzey pürüzlülüğü ölçülürken tarayıcı ucun numune kenarlarına yerleştirilmesinden kaçınıldı (Şekil: 3.11). Her numune için üç farklı bölgeden yüzey pürüzlülük ölçümü yapıp Ra değerleri kaydedildi ve üç değerin aritmetik ortalaması, ilgili numune için yüzey pürüzlülük değeri (Ra_{ort}) olarak kaydedildi. Cihaz üretici firma talimatları doğrultusunda her 15-20 ölçümden sonra bir kez kalibre edildi.

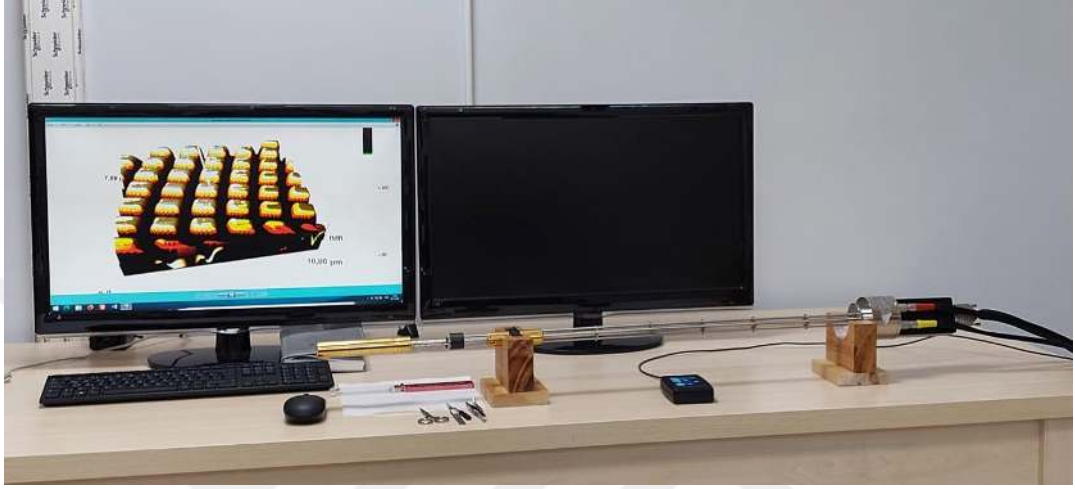


Şekil 3.11. Mekanik profilometre ile bir numuneden yüzey pürüzlülüğü ölçümü

3.9. Örneklerin Atomik Kuvvet Mikroskop (AFM) Görüntülerinin Alınması

Örneklerin AFM analizleri, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM) AFM laboratuvarında gerçekleştirildi. AFM cihazıyla (Low Temperature Scanning Tunneling Microscopy System (LT-STM) Nanomagnetics Instruments, Oxford, İngiltere) (Şekil: 3.12) her gruptan rastgele seçilen bir örnek yüzey

polisajı işlemi yapılmadan önce ve sonra olmak üzere toplam iki kez tarandı. Numunenin üst yüzeyiyle temas ederek hareket eden 50 mikrometre çapında ucu özel bir yöntemle sivriltilmiş bir tungsten iğne (QTF: Quartz Tuning Fork) vasıtasıyla 80 μm x 80 μm tarama alanında yapay olarak renklendirilmiş 3 boyutlu yüzey görüntüsü ve yüzey pürüzlülük değeri (Ra) elde edildi (Şekil: 3.13-14).



Şekil 3.12. AFM Cihazı



Şekil 3.13. AFM Cihazına Numunenin Yerleştirilmesi



Şekil 3.14. AFM cihazında numunenin analizi

3.10. Örneklerin Taramalı Elektron Mikroskopuyla (SEM) Analizi

Örneklerin SEM analizleri, İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM) SEM laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. SEM laboratuvarında bulunan SEM cihazıyla (LEO-EVO 40/Cambridge-İngiltere) (Şekil: 3.15) her gruptan rastgele seçilen bir örneğin yüzey polisajı işlemi öncesi ve sonrası olmak üzere ikişer kez yüzey analizleri yapıldı. Kullanılan kompozit rezin örnekleri yalıtkan oldukları için işlem öncesi yüzeyleri SEM kaplama cihazıyla (BAL-TEC SCD 050 (Liechtenstein)) (Şekil: 3.16) altın-paladyum ile kaplandı (Şekil: 3.17). İkincil elektron (SE) ve geri saçılım elektron detektörlerini kullanarak malzemelerin yüzeylerinden yüksek büyütmede gri seviye farkına dayalı görüntüler elde edildi.



Şekil 3.15. SEM Cihazı



Şekil 3.16. SEM Kaplama Cihazı



Şekil 3.17. Au-Pd Kaplanmış Numuneler

3.11. Yüzey Analizleri Tamamlanan Numunelerin İlk Renk Ölçümlerinin Yapılması

Yüzey analiz işlemleri tamamlanan tüm örneklerin başlangıç (0. gün) renk ölçümleri için İnönü Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Restoratif Diş Tedavisi Anabilim Dalı bünyesinde bulunan spektrofotometre (VITA-EasyShade V, VITA Zahnfabrik, Almanya) kullanılmıştır (Şekil: 3.18).

Tüm numunelerin başlangıç renkleri, günün yaklaşık aynı saatlerinde, aynı aydınlatma altında, tüm numuneler aynı zemin üzerine konularak her numune için dört farklı noktadan ölçülerek değerler kaydedildi (Şekil: 3.19). Hazırlanan örnekler renk ölçüm cihazının uç çapından (5mm) daha geniş (10mm) hazırlandı ve tarama sırasında

zeminden kaynaklanabilecek ölçüm hataları en aza indirilmeye çalışıldı. Ortalama L_0^* , a_0^* , b_0^* değerleri kaydedildi. Her numune için yapılan dört ölçümden sonra cihaz kalibre edildi.



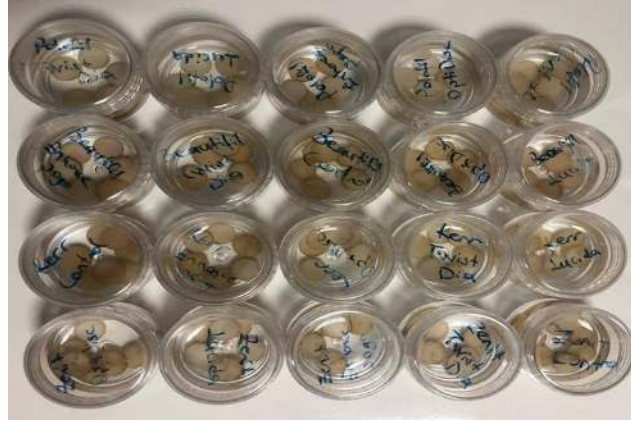
Şekil 3.18. Vita Easyshade V



Şekil 3.19. Vita Easyshade V ile Renk Ölçümü

3.12. Örneklerin Renklendirilmesi

Tüm numunelerin başlangıç renk ölçümleri yapıldıktan sonra, her grup birbiriyle karışmayacak şekilde ayrı kaplar içerisinde, yaklaşık 14 aylık kahve tüketimine denk gelen 14 gün boyunca her gün yenilenen kahve solüsyonuna bırakıldı. Kahve solüsyonu 3.6 g kahve (Nescafe Classic, Nestle, İsviçre) 300 ml kaynamış suda çözdürüldükten 10 dk sonra filtre kağıdıyla filtre edilerek hazırlandı [89]. Şekil 3.20’de numunelerin birirleriyle karışmayacak şekilde ayrı kaplarda distile suda bekletilmesi aşaması görülmektedir.



Şekil 3.20. Numunelerin ayrı kaplarda distile suda bekletilmesi

14 gün sonunda tüm numuneler akan su altında yıkandıktan sonra ikinci renk ölçümleri ilk ölçüm için tanımlanan şekilde yeniden yapıldı ve tüm değerler L1*, a1*, b1* olarak kaydedildi.

Daha sonra tüm numuneler ait oldukları polisaj sistemleriyle yeniden polisajlanıp tüm renk ölçümleri 3. kez, aynı prosedürle yapıldı ve değerler L2*, a2*, b2* olarak kaydedildi.

Ölçümler arasındaki ΔE değerlerini hesaplamak için CIEDE2000 formülünden yararlanıldı.

1. ölçüm ve 2. ölçüm arasındaki ΔE değeri ΔE_1 ,
2. ölçüm ve 3. ölçüm arasındaki ΔE değeri ΔE_2 ,
1. ölçüm ve 3. ölçüm arasındaki ΔE değeri ΔE_3 olarak kaydedildi.

3.13. İstatistiksel Analiz

Nicel değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik (Kolmogorov-Smirnov Testi) yöntemlerle incelendi. Varyansların homojenliği varsayımı Levene testi ile incelendi. Tanımlayıcı istatistikler medyan ile birlikte minimum ve maksimum değerler hesaplanarak özetlendi. Parametrik test varsayımlarını karşılamayan bağımlı ölçümler Friedman testi kullanılarak analiz edildi. Çoklu karşılaştırmalar için Bonferroni düzeltilmiş Wilcoxon testi kullanıldı. 0.05'ten küçük bir p değeri anlamlı kabul edildi. İstatistiksel analizler SPSS 28.0 (IBM Corp., Armonk, NY, ABD) paket programı kullanılarak gerçekleştirildi.

4.BULGULAR

Çalışmamızda hazırlanan toplam 160 numunenin, polisaj prosedürleri öncesi ve sonrasında olmak üzere, yüzey pürüzlülük analizleri, mekanik profilometre (Mitutoyo SJ-210, Japonya), Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) cihazlarıyla gerçekleştirildi.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda, gruplar arasında yüzey pürüzlülük değerleri açısından polisaj prosedürleri öncesinde ve sonrasında elde edilen veriler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulundu ($p<0.05$).

Yüzey renklendirilmesi işlemi öncesi (0. gün) ve sonrasında (14. gün) spektrofotometre (Vita EasyShade V) ile yapılan ölçümler sonucunda CIEDE2000 formülü kullanılarak ΔE renk değişim değerleri elde edildi ($\Delta E1$).

Daha sonra yeniden polisajlama prosedürleri uygulandı ve 14.gün ölçümleriyle kıyaslanarak yeni bir ΔE renk değişimi değeri bulundu ($\Delta E2$).

0.gün ve yeniden polisajlama prosedürleri uygulanmasının ardından elde edilen renk değerleri kullanılarak $\Delta E3$ değerleri bulundu.

$\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$ değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklar elde edildi ($p<0.05$).

Ayrıca kullanılan her polisaj sistemi çalışmada kullanılan diğer polisaj sistemleriyle karşılaştırılarak, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey renklenmesine dair anlamlı farklar bulundu ($p<0.05$).

4.1. Polisaj Sistemlerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin Karşılaştırılması

4.1.1. Mekanik Profilometre Ölçümlerinin İstatistiksel Analiz Sonuçları

Çalışmamızın sonucunda elde edilen verilere göre kullanılan kompozit rezinler ve polisaj sistemleri arasındaki mekanik profilometre (Mitutoyo SJ-210, Japonya) ile yapılan ölçümlerin aritmetik ortalamalarının karşılaştırmalı değerlendirmeleri, minimum, maksimum, ortanca ve p-değerleri tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Profilometre ölçümlerinin istatistiksel analizi

Profilometre ölçümleri	Kompozit/polisaj	Ortanca (Ra)	Minimum (Ra)	Maksimum (Ra)	p-değeri
1.Ölçüm (polisaj öncesi)	Zenit kontrol(ZC)	0.98	0.71	1.18	0.393
	Zenit OptiDisc (ZO)	0.94	0.72	1.19	
	Zenit Lucida (ZL)	0.86	0.75	1.14	
	Zenit Twist-Dia (ZT)	1.07	0.54	1.24	
	Zenit Enhance PoGo (ZE)	0.86	0.81	1.07	
2.Ölçüm (polisaj sonrası)	Zenit kontrol (ZC2)	0.98	0.71	1.18	0.001
	Zenit OptiDisc (ZO2)	0.33	0.29	0.51	
	Zenit Lucida (ZL2)	0.76	0.40	1.60	
	Zenit Twist-Dia (ZT2)	0.59	0.46	1.27	
	Zenit Enhance PoGo (ZE2)	0.77	0.42	1.03	
1.Ölçüm (polisaj öncesi)	Kerr Kontrol (KC)	1.18	0.98	2.28	0.827
	Kerr OptiDisc (KO)	1.28	0.73	2.64	
	Kerr Lucida (KL)	1.40	0.78	3.74	
	Kerr Twist-Dia (KT)	1.21	0.96	2.31	
	Kerr Enhance PoGo (KE)	1.32	0.99	2.23	
2.Ölçüm (polisaj sonrası)	Kerr Kontrol (KC2)	1.18	0.58	1.44	0.046
	Kerr OptiDisc (KO2)	0.46	0.28	0.86	
	Kerr Lucida (KL2)	0.80	0.50	2.12	
	Kerr Twist-Dia (KT2)	0.59	0.38	1.10	
	Kerr Enhance PoGo (KE2)	0.90	0.51	1.36	
1.Ölçüm (polisaj öncesi)	Beautifil II Kontrol (BC)	1.28	0.91	1.79	0.91
	Beautifil II OptiDisc (BO)	1.28	1.01	1.98	
	Beautifil II Lucida (BL)	1.18	1.07	1.37	
	Beautifil II Twist-Dia (BT)	1.34	0.98	1.67	
	Beautifil II Enhance PoGo (BE)	1.28	1.05	2.56	
2.Ölçüm (polisaj sonrası)	Beautifil II Kontrol (BC2)	1.28	0.65	1.61	0.056
	Beautifil II OptiDisc (BO2)	0.62	0.48	1.07	
	Beautifil II Lucida (BL2)	0.98	0.83	1.37	
	Beautifil II Twist-Dia (BT2)	0.55	0.43	0.89	
	Beautifil II Enhance PoGo (BE2)	0.94	0.51	1.32	
1.Ölçüm (polisaj öncesi)	Polofil Kontrol (PC)	1.49	1.02	2.55	0.215
	Polofil OptiDisc (PO)	1.36	1.03	2.22	
	Polofil Lucida (PL)	1.78	1.20	3.73	
	Polofil Twist-Dia (PT)	1.99	1.39	3.29	
	Polofil Enhance PoGo (PE)	1.82	1.00	3.16	
2.Ölçüm (polisaj sonrası)	Polofil Kontrol (PC2)	1.49	1.02	2.55	<0.001
	Polofil OptiDisc (PO2)	0.59	0.38	0.83	
	Polofil Lucida (PL2)	1.70	0.94	2.22	
	Polofil Twist-Dia (PT2)	0.89	0.34	1.52	
	Polofil Enhance PoGo (PE2)	1.06	0.57	2.71	

Tablo 4.1'de, farklı grupların minimum, maksimum, ortanca değerleri ve p-değerleri sunulmuştur. ZC, ZO, ZL, ZT ve ZE ölçümleri için yapılan analizde p-değerinin ($p=0.393$) anlamlı olmaması, bu ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını göstermektedir. Bu durum, bu ölçümler arasındaki pürüzlülük düzeylerinin birbirine yakın olduğunu ve klinik olarak belirgin bir farklılık göstermediklerini düşündürebilir. Ortanca değerler farklılık gösterebilir, bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı olmadığından, bu grupların benzer pürüzlülük düzeylerinde oldukları söylenebilir.

ZC2, ZO2, ZL2, ZT2 ve ZE2 ölçümleri için p-değerinin 0.001 olarak bulunması, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. Ortanca değerlere bakıldığında, ZC2 (0.98) en yüksek ortanca değere sahip olup, bu grubun diğerlerine göre daha yüksek pürüzlülük düzeyleri olabileceğini düşündürür. ZL2 (0.76) ve ZE2 (0.77) ortanca değerleri birbirine yakın olup, orta düzeyde bir pürüzlülüğü temsil ederken, ZT2 (0.59) ve özellikle ZO2 (0.33) en düşük ortanca değerlere sahiptir, bu da en az pürüzlü yüzeylerin bu grupta olduğunu göstermektedir.

KC, KO, KL, KT ve KE ölçümleri için p-değerinin 0.827 olması, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterir. KC2, KO2, KL2, KT2, KE2 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmaktadır ($p<0,05$). KC2, KO2, KL2, KT2 ve KE2 grubu için yapılan analizde, p-değerinin 0.046 olarak bulunması, bu ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu gösterir. Ortanca değerlere bakıldığında, KC2 (1.18) ve KE2 (0.90) ölçümleri en yüksek ortanca değerlere sahip olup, diğer ölçümlere göre daha yüksek pürüzlülük düzeylerine işaret ederken, KO2 (0.46) ölçümleri en düşük ortanca değerlere sahip olup, daha düşük pürüzlülük düzeyleri ile ilişkili olabilir.

BC, BO, BL, BT ve BE ölçümleri için p-değerinin 0.91 olması, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterir. BC2, BO2, BL2, BT2 ve BE2 ölçümleri için p-değerinin 0.056 olarak bulunması, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını ifade etmektedir.

PC, PO, PL, PT ve PE ölçümleri için p-değerinin 0.215 olarak bulunması, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını gösterir. PC2, PO2, PL2, PT2 ve PE2 ölçümleri için p-değerinin <0.001 olması, bu gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu güçlü bir şekilde göstermektedir. Ortanca değerlere göre, PL2 (1.70) en yüksek ortanca değere sahip olup, bu grubun diğerlerine göre en yüksek pürüzlülük düzeylerine sahip olabileceğini düşündürmektedir. PC2 (1.49) ve PE2

(1.06) de göreceli olarak yüksek ortalanca değerlere sahiptir, bu da bu grupların belirgin bir pürüzlülük gösterdiğine işaret eder. Buna karşın, PO2 (0.59) ve PT2 (0.89) en düşük ortalanca değerlere sahip olup, diğer gruplara göre daha düşük pürüzlülük düzeyleri ile ilişkilendirilebilir.

Tablo 4.2. Z grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri

Grup 1-Grup 2	Test İstatistik	Standart hata	p-değeri
ZO2 -ZT2	-1.875	0.791	0.018
ZO2 -ZE2	-2.000	0.791	0.011
ZO2 -ZL2	-2.250	0.791	0.004
ZO2 -ZC2	3.250	0.791	<0.001
ZT2 -ZE2	-0.125	0.791	0.874
ZT2 -ZL2	0.375	0.791	0.635
ZT2 -ZC2	1.375	0.791	0.082
ZE2-ZL2	0.250	0.791	0.752
ZE2-ZC2	1.250	0.791	0.114
ZL2 -ZC2	1.000	0.791	0.206

Tablo 4.2'de, Z kompozit grubu için, grup çiftleri arasında yapılan karşılaştırmaların p-değerleri yorumlanmıştır. ZO2-ZC2 karşılaştırmasında p-değeri <0.001 bulunmuş ve test istatistiği 3.250 ile en yüksek fark gözlenmiştir. ZO2-ZL2 ve ZO2-ZE2 karşılaştırmaları da anlamlı farklılıklar göstermiştir.

Tablo 4.3. K grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri

Grup 1-Grup 2	Test İstatistik	Standart hata	p-değeri
KO2-KT2	-0.375	0.791	0.635
KO2-KL2	-1.625	0.791	0.040
KO2-KC2	1.750	0.791	0.027
KO2-KE2	-1.875	0.791	0.018
KT2-KL2	1.250	0.791	0.114
KT2-KC2	1.375	0.791	0.082
KT2-KE2	-1.500	0.791	0.058
KL2-KC2	0.125	0.791	0.874
KL2-KE2	-0.250	0.791	0.752
KC2-KE2	-0.125	0.791	0.874

Tablo 4.3'te, K kompozit grubu için, grup çiftleri arasında yapılan karşılaştırmaların p-değerleri yorumlanmıştır. KO2-KC2 karşılaştırması p-değeri 0.027, KO2-KL2 p-değeri 0.040, KO2-KE2 p-değeri 0.018 olarak anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.4. P grubu profilometre ölçümleri karşılaştırmalı analizleri

Grup 1-Grup 2	Test İstatistik	Standart hata	p-değeri
PO2-PT2	-0.500	0.791	0.527
PO2-PE2	-1.625	0.791	0.040
PO2-PC2	2.375	0.791	0.003
PO2-PL2	-3.000	0.791	<0.001
PT2-PE2	-1.125	0.791	0.155
PT2-PC2	1.875	0.791	0.018
PT2-PL2	2.500	0.791	0.002
PE2-PC2	0.750	0.791	0.343
PE2-PL2	1.375	0.791	0.082
PC2-PL2	-0.625	0.791	0.429

Tablo 4.4'de, P kompozit grubu için, grup çiftleri arasında yapılan karşılaştırmaların p-değerleri yorumlanmıştır. PO2-PC2 karşılaştırmasında p-değeri 0.003 ve test istatistiği 2.375 ile en yüksek fark gözlenmiştir. PO2-PL2 karşılaştırması da p-değeri <0.001 ile anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızda kullanılan kompozit grupları polisaj uygulama sonrası, uygulanan polisaj prosedürlerine göre karşılaştırıldığında; Z kompozit grubu için, O polisaj sistemi uygulama sonrası elde edilen ortalama pürüzlülük değerleri, L, T, E ve C gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulunmuştur ($p<0,05$). T polisaj sistemi, E, L, C gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). E polisaj sistemi L ve C gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$). L polisaj sistemi C grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

K kompozit grubu için; O polisaj sistemi uygulama sonrası elde edilen pürüzlülük değerleri L, C ve E gruplarıyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$), T grubuyla karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

4.1.2. Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) Analiz Sonuçları

Hazırlanan numunelerin belirlenen polisaj sistemleriyle polisajı öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülüklerini değerlendirmek ve üç boyutlu renklendirilmiş görüntülerini elde etmek için her gruptan rastgele seçilen bir numunenin analizi İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi'nde (İBTAM) bulunan Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) (Low Temperature Scanning Tunneling Microscopy System (LT-STM))

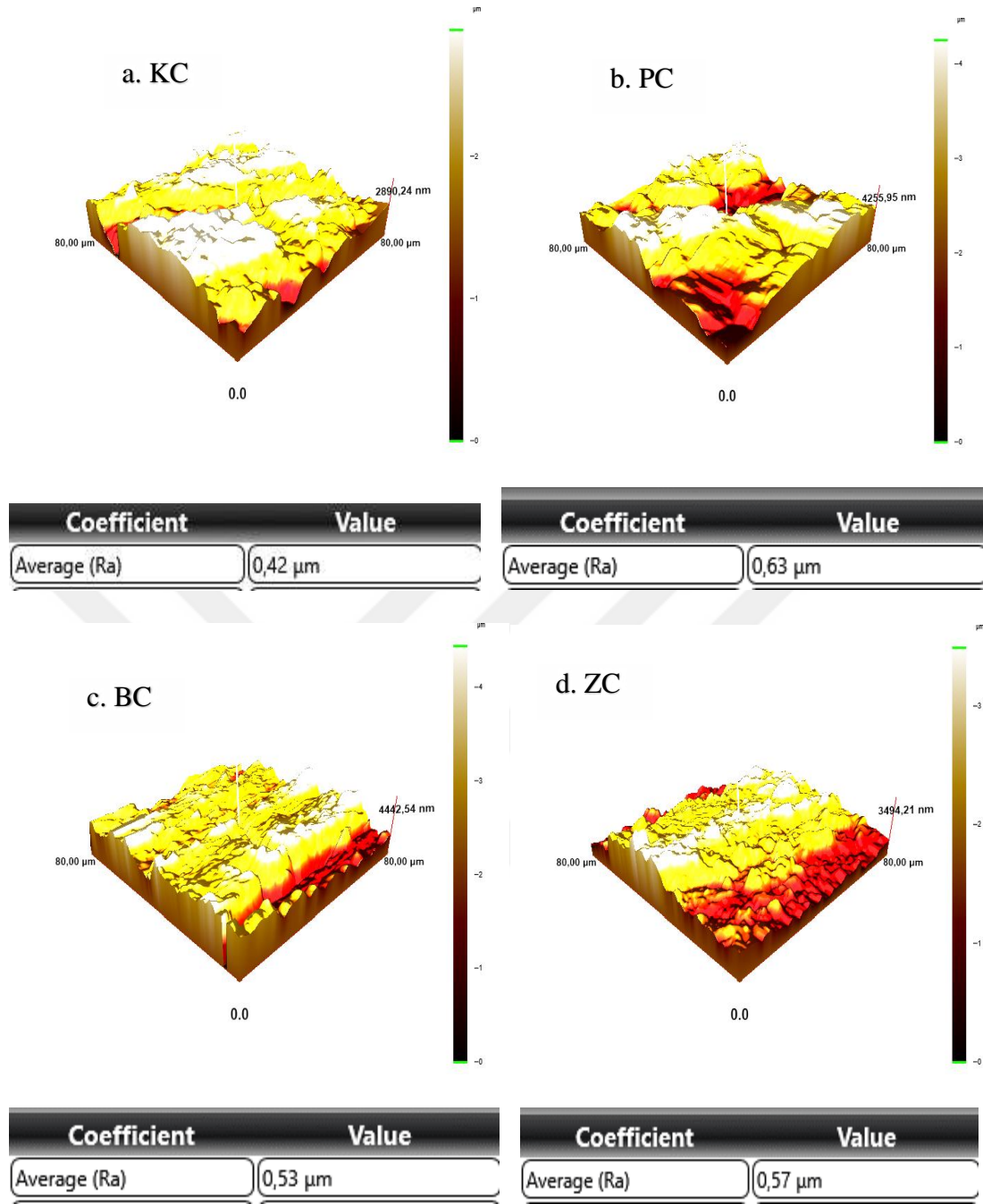
Nanomagnetics Instruments, Oxford, İngiltere) cihazıyla gerçekleştirildi.

AFM ile elde edilen görüntülerde açık renklerle gösterilen alanlar en yüksek pürüzlülüğe sahip alanları, koyu renkte görülen alanlar ise düşük pürüzlülüğe sahip alanları ifade etmektedir. Farklı kompozit rezinler ve farklı bitim ve polisaj sistemleri kullanıldığından elde edilen AFM görüntüleri farklılıklar gösterdi. Ayrıca, materyallerin yüksekten düşüğe pürüzlülük sıralamaları mekanik profilometre ile yapılan ölçümlerden elde edilen sıralamadan farklı bulundu.

AFM cihazının ölçtüğü Ra değeri tüm örnekler için, mekanik profilometre cihazıyla elde edilen Ra değerlerinden daha düşük bulundu.

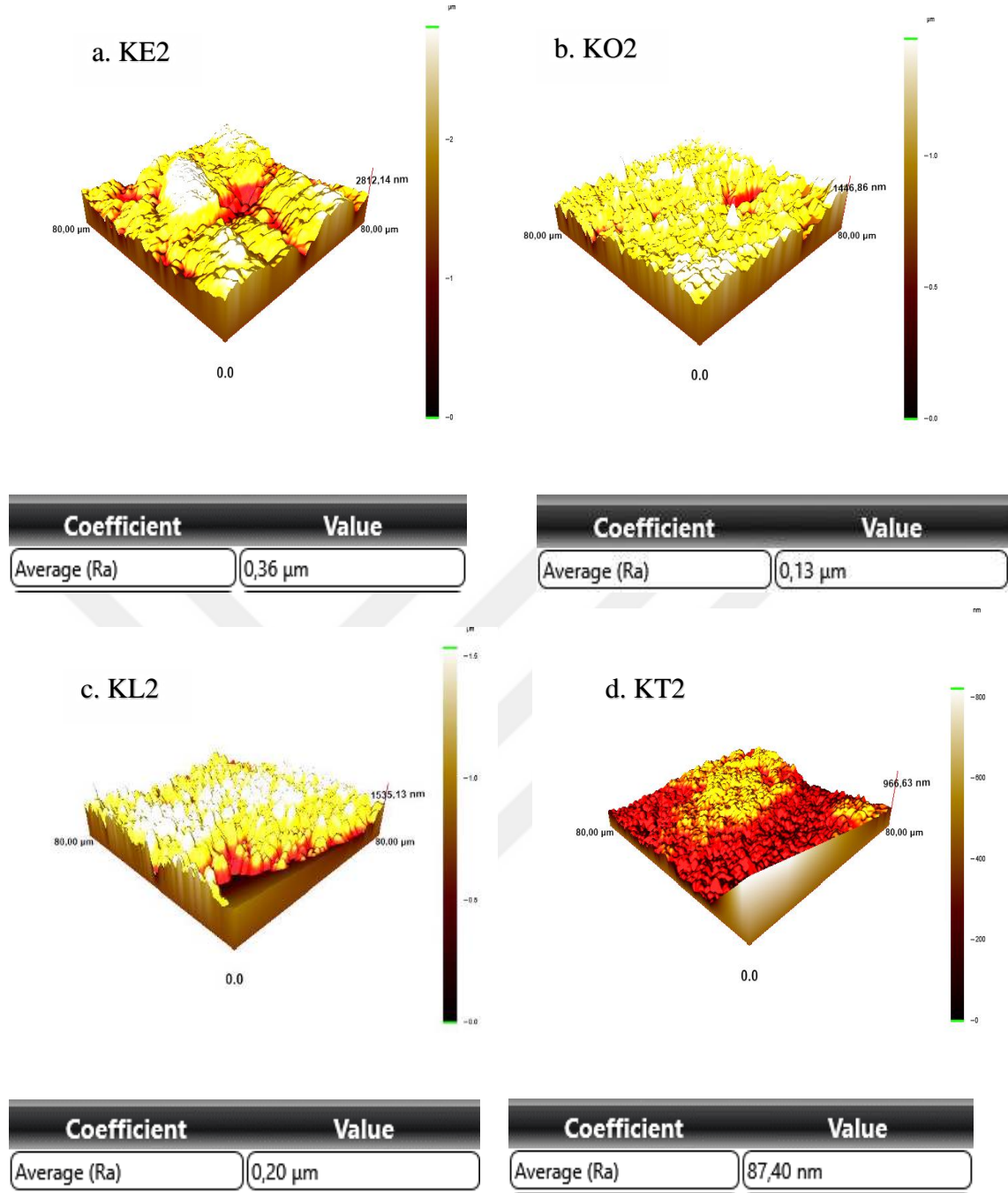
Kontrol örneklerin değerlendirildiği AFM analizinde P kompozit grubu başlangıç yüzey pürüzlülüğü en yüksek değerde bulundu (Ra: 0,63 μm), mekanik profilometre ölçümleri incelendiğinde de AFM ölçümü ile paralel olarak en yüksek Ra değeri P kompozit grubuna aittir.

Polisaj sonrası en yüksek pürüzlülük değerleri gösteren kompozit rezin grupları incelendiğinde; AFM ölçümünde en yüksek Ra değeri PL2 (0,55 μm) grubunda bulundu. Bu sonuç mekanik profilometre ile yapılan ölçümden elde edilen sonuçla uyumludur (PL2: 1,70 μm).



Şekil 4.1. a. Mikrohibrit kompozit (K) başlangıç, b. Nanohibrit kompozit (P) başlangıç, Giomer (B) başlangıç, d. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Z) başlangıç AFM görüntüleri ve AFM cihazıyla ölçülen Ra değerleri.

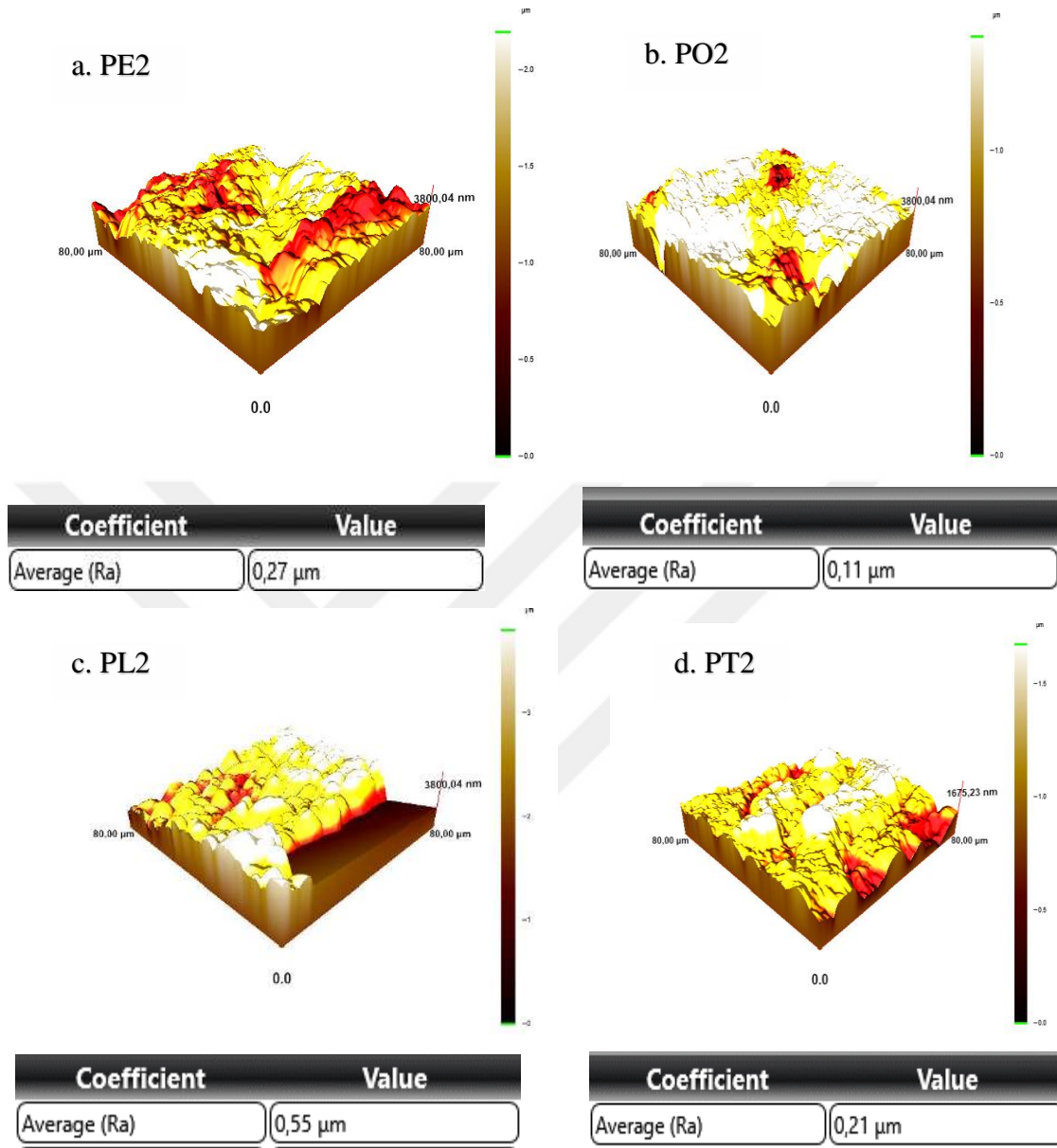
Şekil 4.1.a'da verilen çalışmamızda kullanılan kompozit rezinlerin aynı yüzey bitim prosedürü sonrası (C grubu) alınan ilk AFM görüntüleri analiz edildiğinde; tüm gruplarda birbirine benzer şekilde tepeler ve çukurlar mevcuttur. Tepeler ve çukurlar arası mesafeler yaklaşık olarak birbirlerine yakın görünmektedir. Bütün gruplarda ölçülen Ra değerleri birbirine yakın olup mekanik profilometre ile ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması ile uyumlu bulunmuştur.



Şekil 4.2. K kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri a. KE2, b. KO2, c. KL2, d. KT2

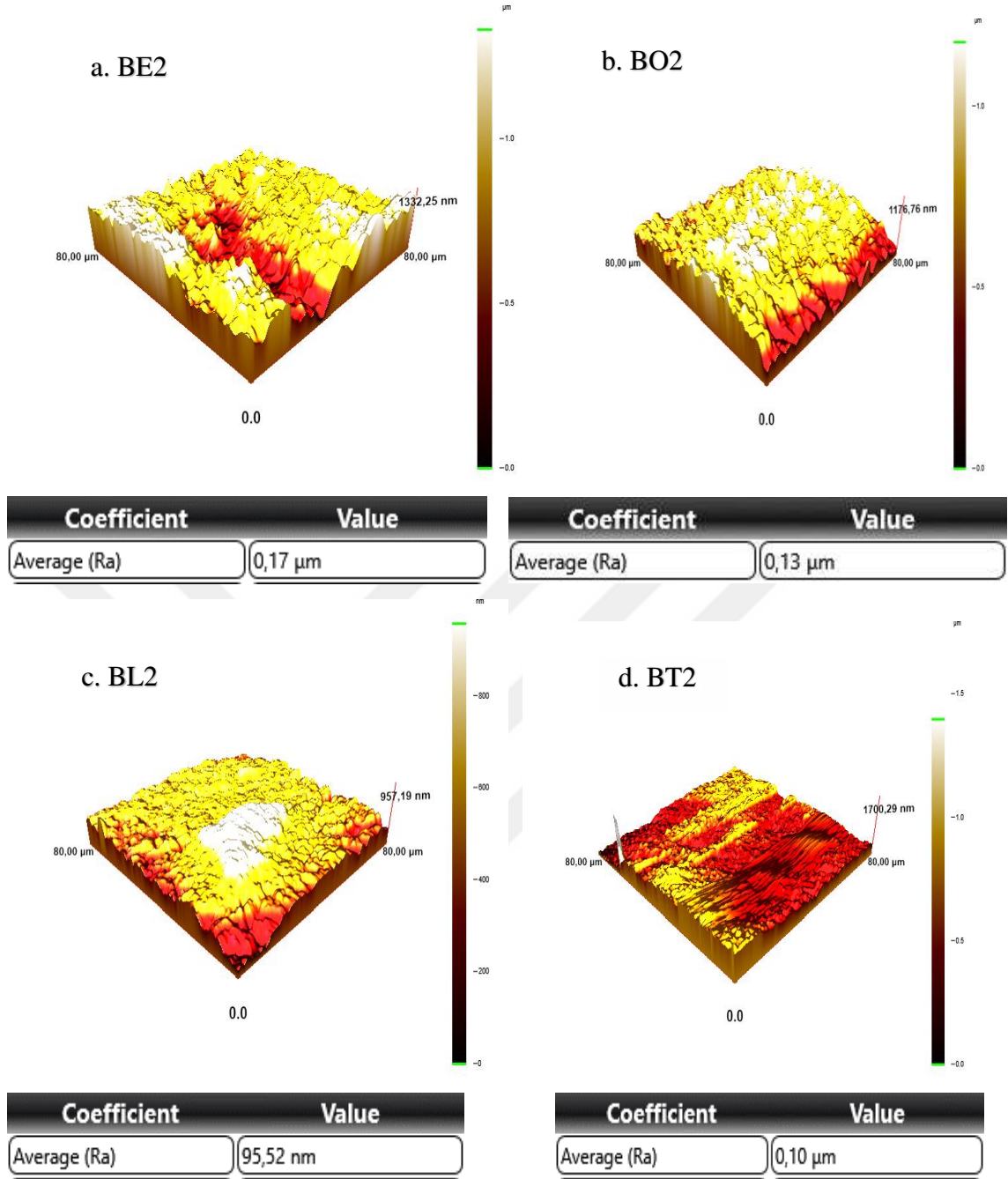
Şekil 4.2’de verilen grafikler incelendiğinde mikrohibrit kompozit rezinin (K) farklı polisaj sistemleriyle polisaj yapıldıktan sonra alınan AFM analiz sonuçları yer almaktadır. KE2 grubunda en fazla tepe ve çukurların yer aldığı bulunmuş ve en yüksek Ra değeri elde edilmiştir. Bu grubu KL2 takip etmekte olup tepe ve çukurlar arası mesafenin bir miktar azaldığı görülmektedir. En az tepe ve çukur görüntüleri KT2 grubunda yer alırken en düşük Ra değeri de KT2 grubuna aittir. Tüm gruplarda elde edilen Ra değeri yalnızca yüzey bitim işlemi sonucu ölçülen Ra değerlerinden daha küçük

bulundu.



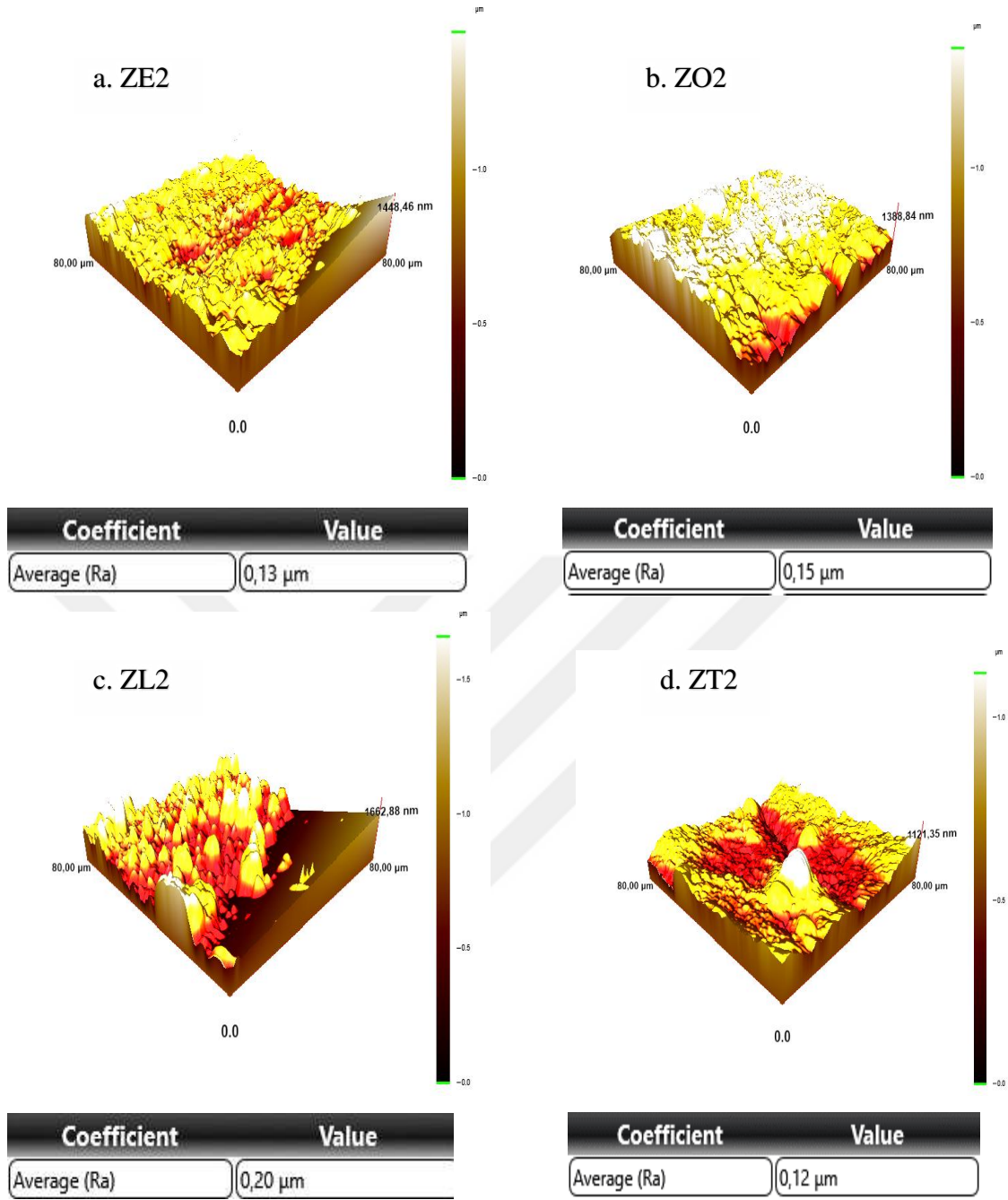
Şekil 4.3. P kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. PE2, b. PO2, c. PL2, d. PT2.

Şekil 4.3'te verilen grafiklerde P kompozit rezin grubunun AFM analiz sonuçları görülmektedir. Buna göre PO2 grubundaki örneklerde yüzey çukur ve tepeleri en az görülmektedir. Bu grubun Ra değeri en düşük olarak hesaplandı. PO2 grubunu sırasıyla; PT2, PE2 ve PL2 takip etmektedir. En pürüzlü yüzey parametreleri PL2 grubundadır. Tüm grupların Ra değerleri, yalnızca yüzey bitim işlemi uygulandıktan sonra ölçülen Ra değerlerinden daha düşüktür.



Şekil 4.4. B kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. BE2, b. BO2, c. BL2, d. BT2.

Şekil 4.4'te verilen grafiklerde B kompozit grubu için yapılan AFM analiz sonuçları yer almaktadır. Buna göre BL2 grubu yüzeyi incelendiğinde en az tepe ve çukur oluşumunun bu grupta olduğu görülmektedir. BL2 grubunu sırasıyla BT2, BO2 ve BE2 grupları izlemekte ve ölçülen Ra değerleri de bu sıralamaya uygun olarak artmaktadır. Tüm gruplarda ölçülen Ra değerleri, yalnızca yüzey bitim işlemi sonrası ölçülen Ra değerlerine göre azalmıştır.

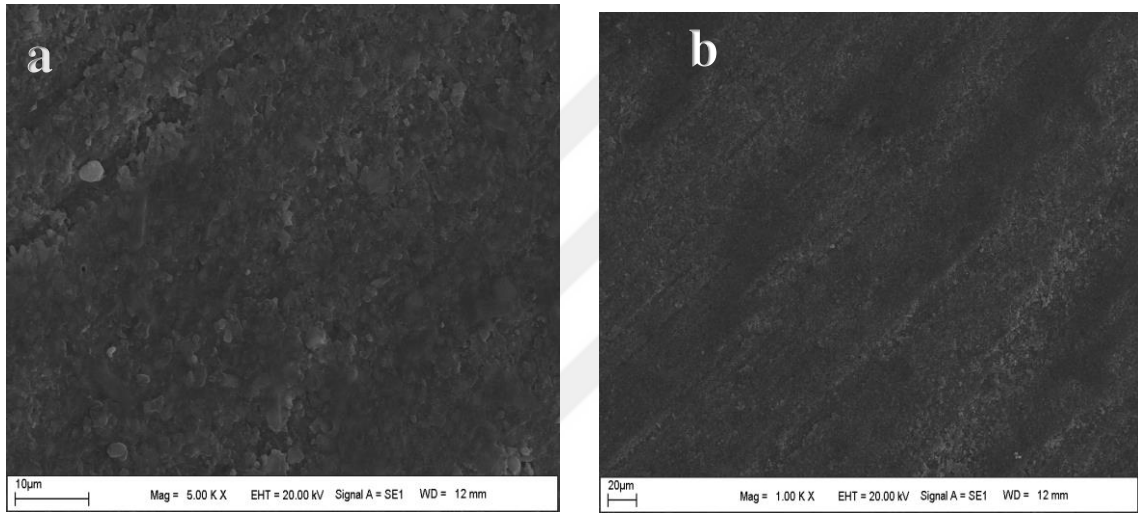


Şekil 4.5. Z kompozit grubu için polisaj grupları uygulama sonrası alınan AFM görüntüleri ve elde edilen Ra değerleri. a. ZE2, b. ZO2, c. ZL2, d. ZT2.

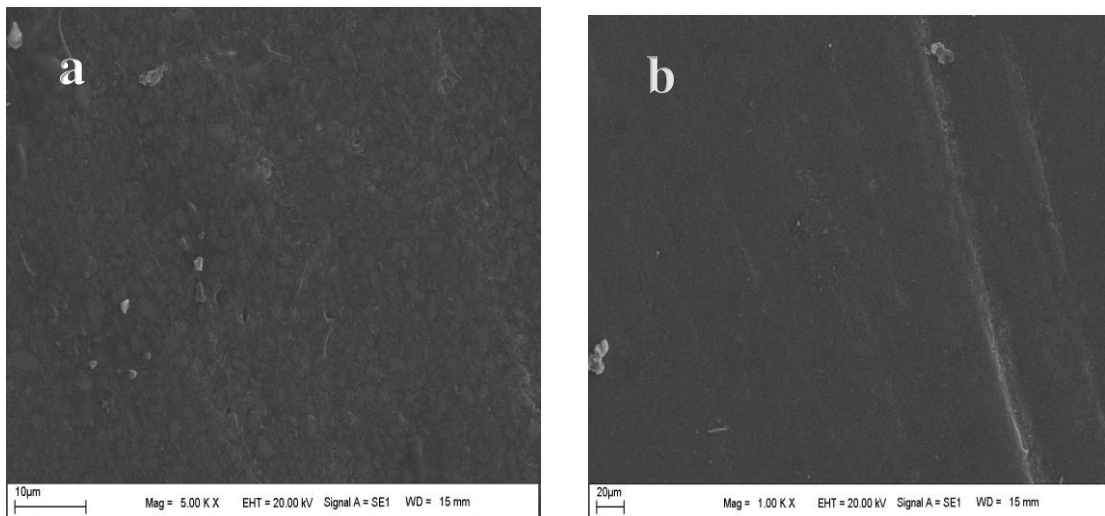
Şekil 4.5'te verilen grafiklerde Z kompozit rezin grubu için yapılan AFM analiz sonuçları yer almaktadır. Bu analizlere göre çukur ve tepeler arasındaki yükseklik farkları en az ZT2 grubundadır. Bu grubun ölçülen Ra değeri en düşük olup yüzey pürüzlülüğü en düşüktür. Bu grubu sırasıyla ZE2, ZO2 ve ZL2 grupları takip etmektedir. En yüksek Ra değerleri ZL2 gruplarında ölçülmüş olup en pürüzlü yüzeyler bu grupta yer almaktadır. Tüm gruplarda ölçülen Ra değerleri yüzey polisajı öncesi ölçülen Ra değerlerinden düşük bulunmuştur.

4.1.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) Analiz Sonuçları

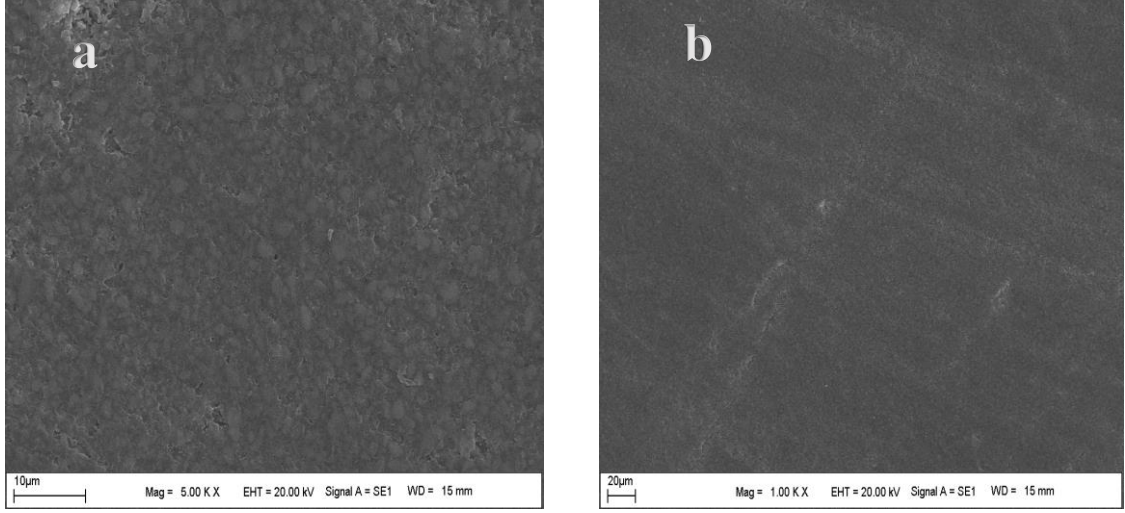
Çalışmamızda hazırlanan kompozit rezin numunelerin, her gruptan rastgele seçilen bir örneğin polisaj işlemi öncesi ve sonrasında polisaj ve bitim yapılan yüzeylerinden 1000X ve 5000X büyütme altında taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri İnönü Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Merkezi (İBTAM) bünyesinde bulunan SEM cihazı (LEO-EVO 40/Cambridge-İngiltere) ile alındı. Alınan görüntülerin analizleri yapıldığında tüm gruplarda polisajlanan ve polisajlanmayan yüzeyler arasında görüntü farklılıkları tespit edildi.



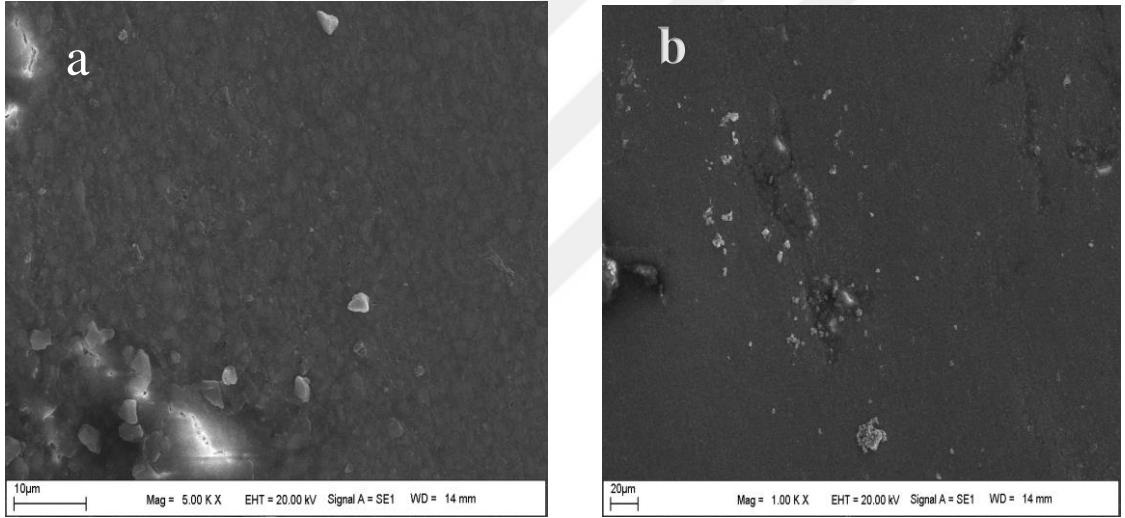
Şekil 4.6. Mikrohibrit Kompozit (K) grubuna ait polisaj işlemi öncesi SEM görüntüleri. a. 5000X büyütme b. 1000X büyütme.



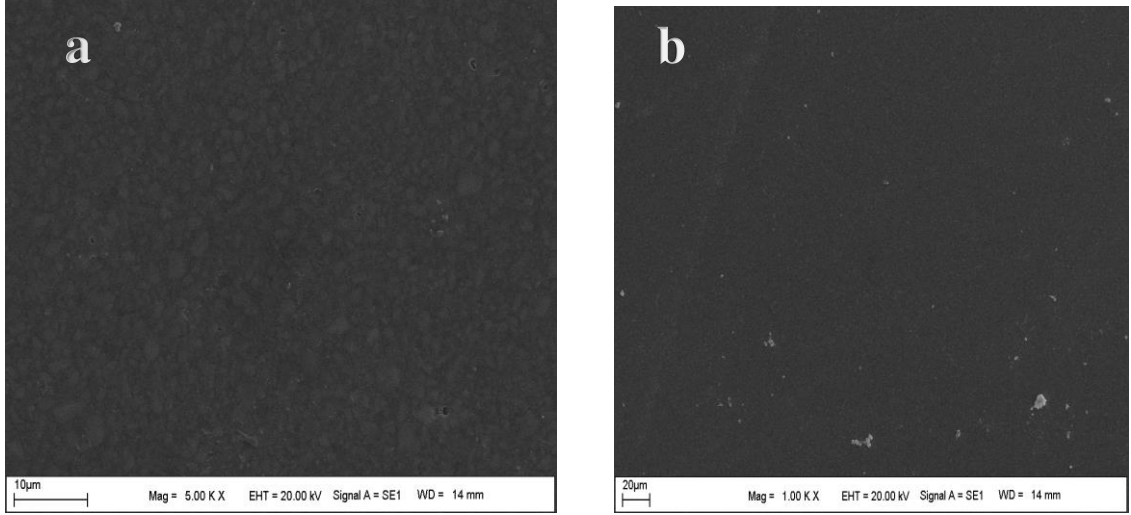
Şekil 4.7. K kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile (KE2) polisaj sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.8. K kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile (KO2) polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme b. 1000 büyütme.

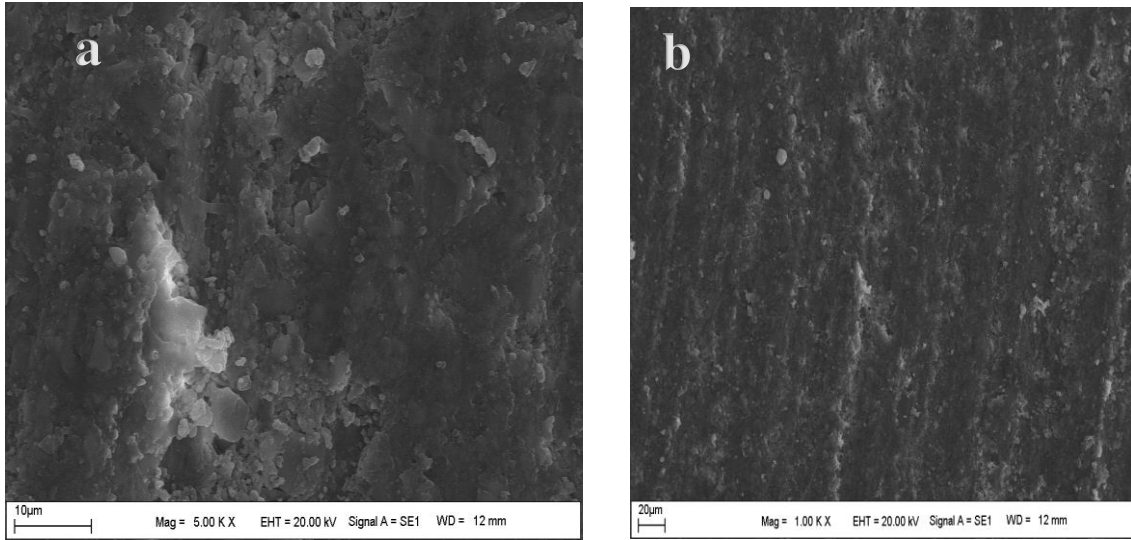


Şekil 4.9. K kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile (KL2) polisaj sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

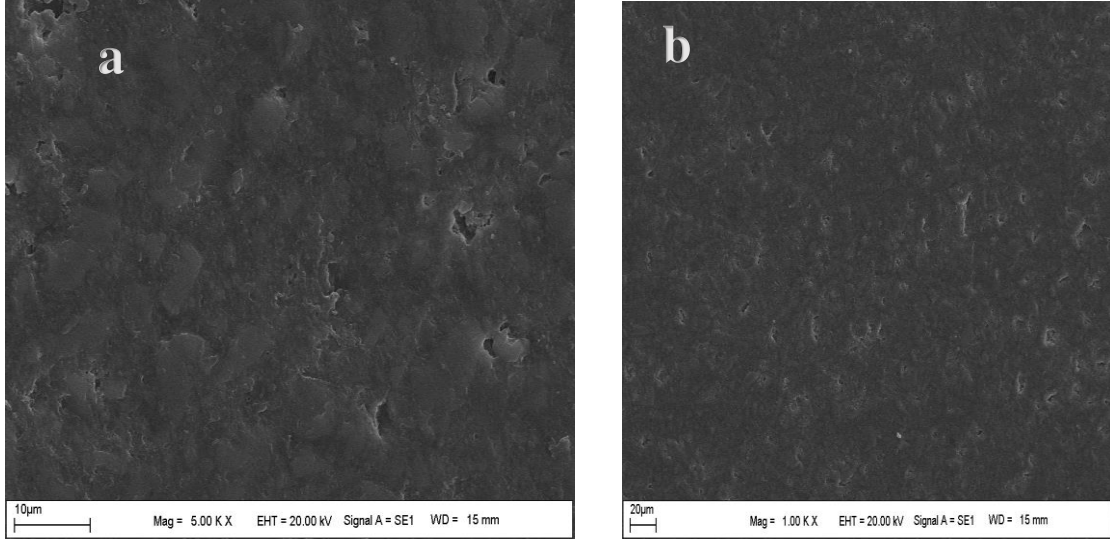


Şekil 4.10. K kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile (KT2) polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

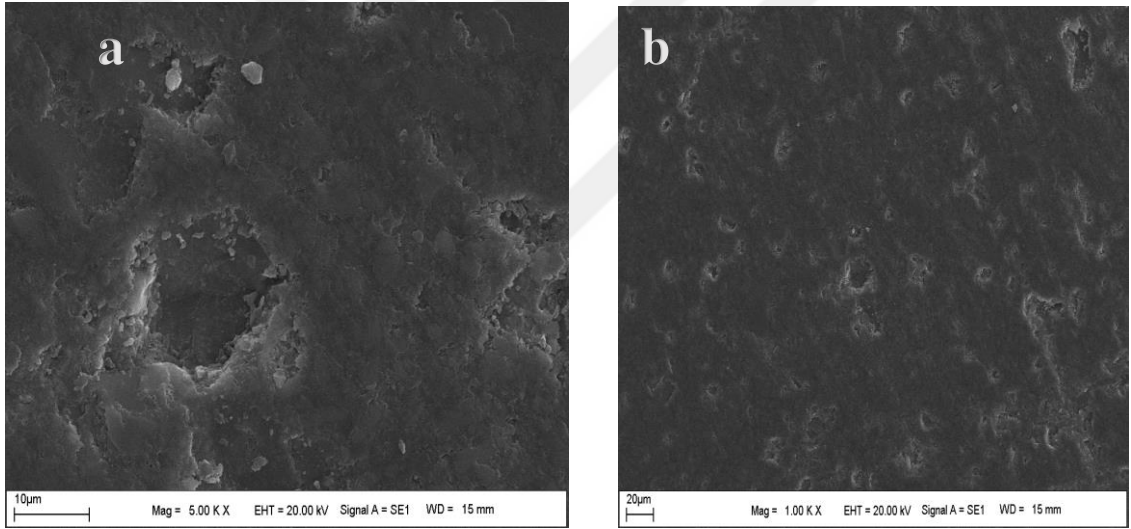
K kompozit grubunda, yüzey bitim işlemi sonrası alınan ilk SEM görüntülerinde, yüzeyde çizikler ve sığ çukurlar görülmektedir. E, O, T polisaj prosedürlerinden sonra yüzey SEM görüntüleri daha homojen ve uniform görüntüdedir. Sadece L polisaj sistemi uygulama sonrası yüzeyden kopan inorganik partiküllerin görüntüsü mevcuttur (Şekil: 4.6-10)



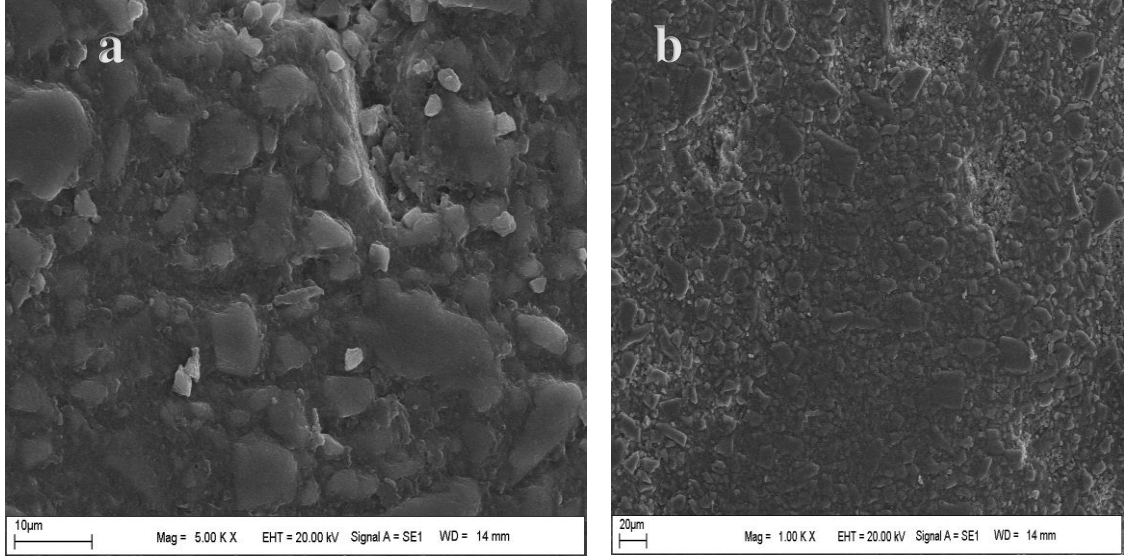
Şekil 4.11. Nanohibrit (P) kompozit grubuna ait, polisaj işlemi öncesi a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme altındaki SEM görüntüleri.



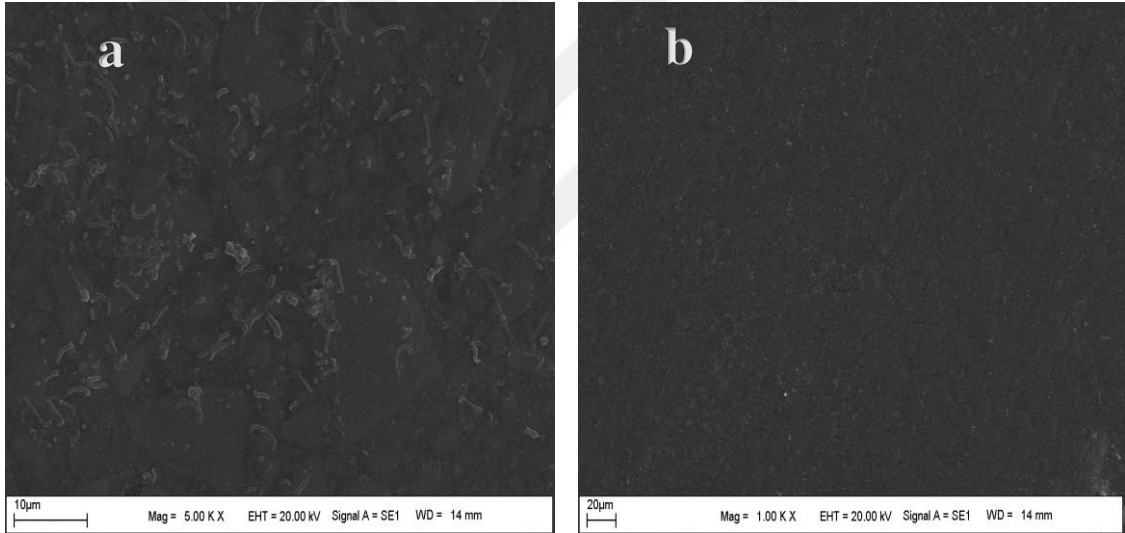
Şekil 4.12. P kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a.5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.13. P kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

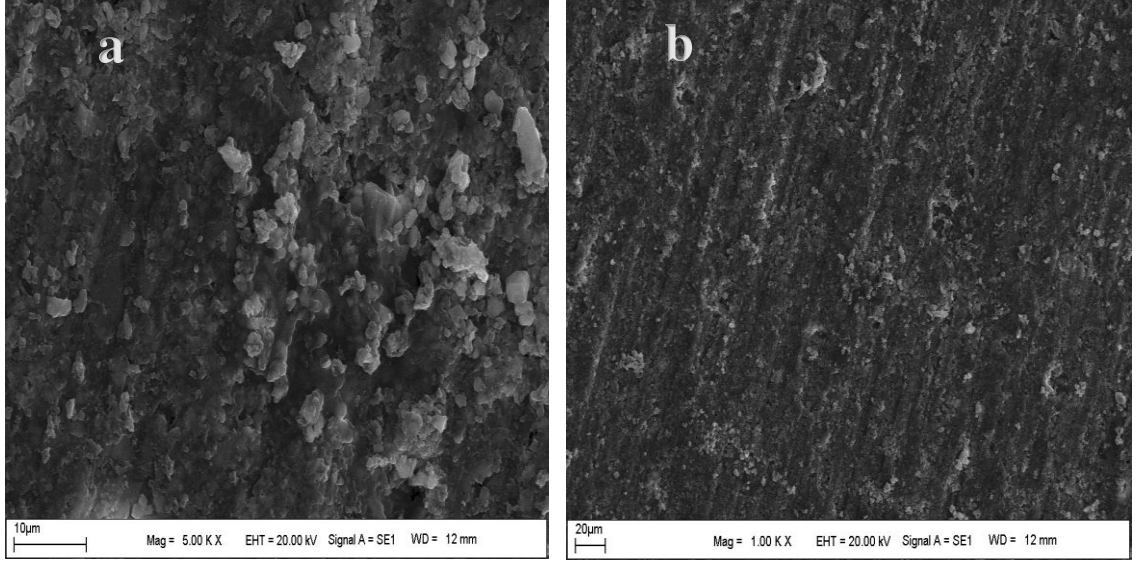


Şekil 4.14. P kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

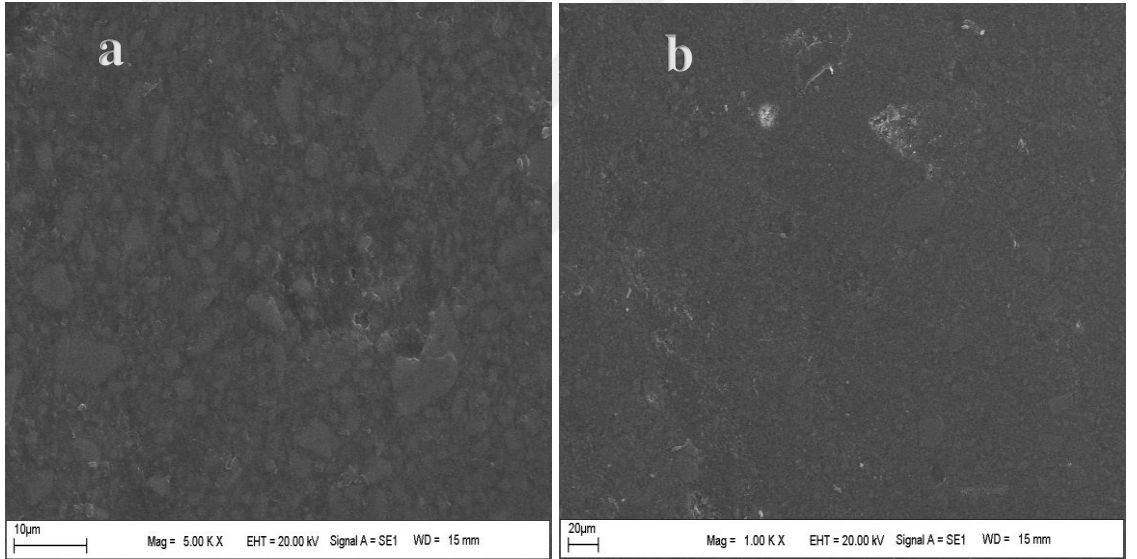


Şekil 4.15. P kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüleri; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

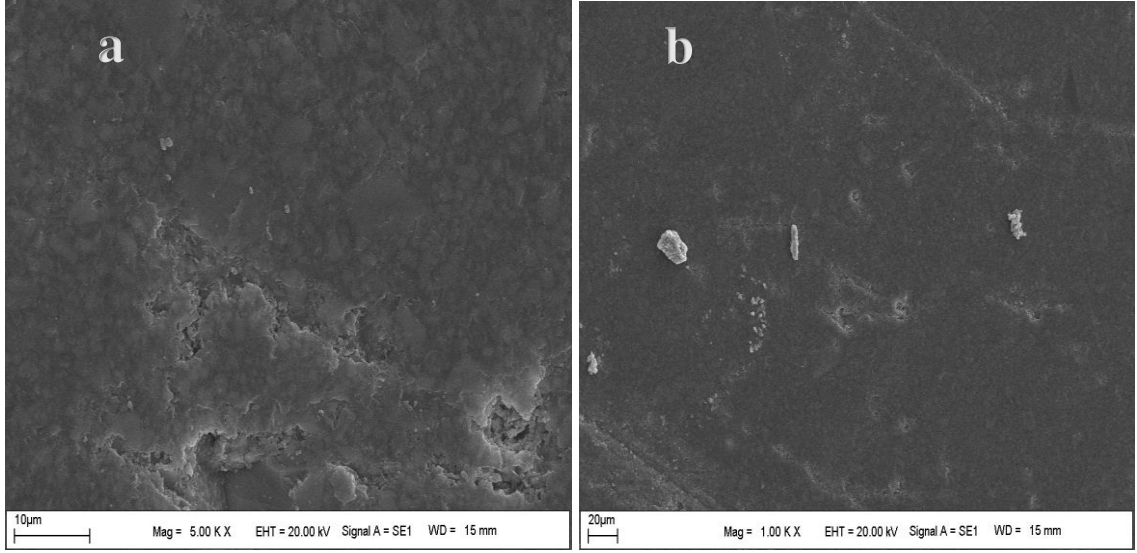
P kompozit grubunda, yüzey bitim işlemi sonrası alınan ilk SEM görüntülerinde, yüzeyde çizikler ve derin çukurlar görülmektedir. T polisaj prosedürlerinden sonra yüzey SEM görüntüleri daha homojen ve uniform görüntüdedir. E ve O polisaj sistemleri uygulama sonrası çukurcuk görüntüleri azalmış ve sığlaşmıştır. L polisaj sistemi uygulama sonrası yüzey diğer görüntülerle kıyaslandığında daha pürüzlü görünmektedir (Şekil: 4.11-15).



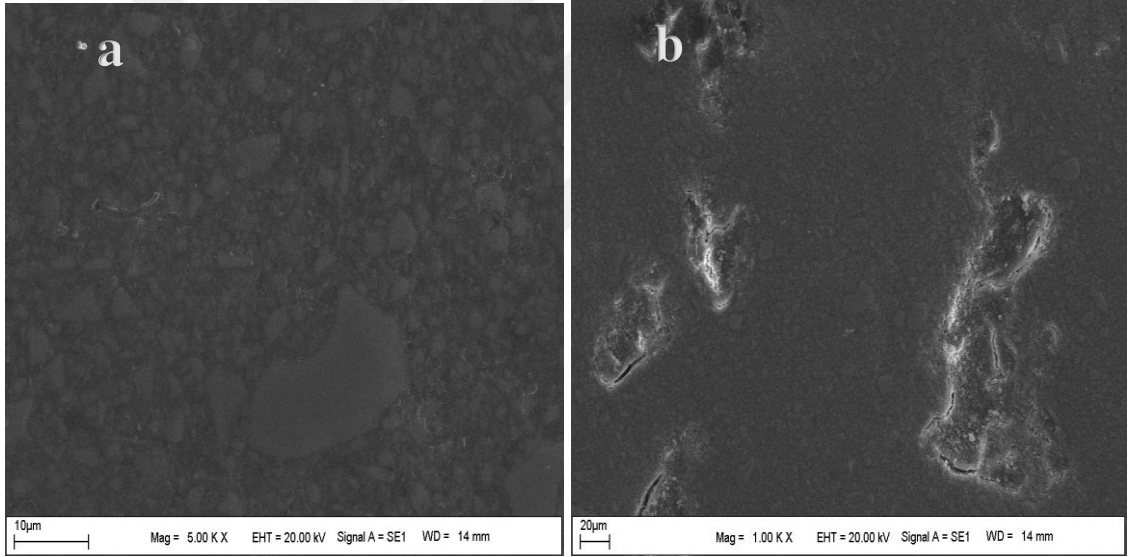
Şekil 4.16. Giomer kompozit materyal (B) grubuna ait numunenin polisaj işlemi öncesi alınan SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



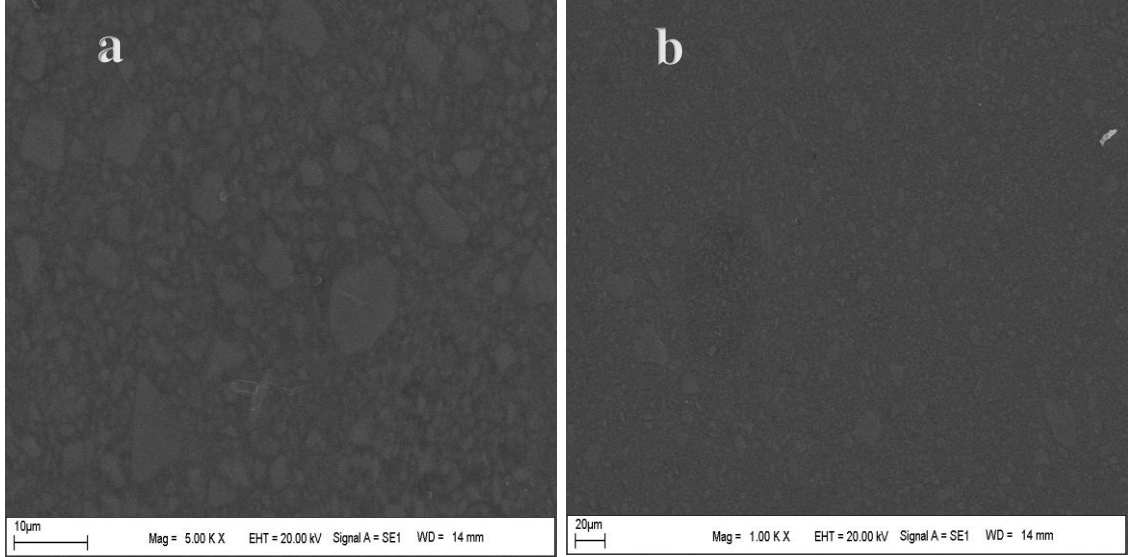
Şekil 4.17. B kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.18. B kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

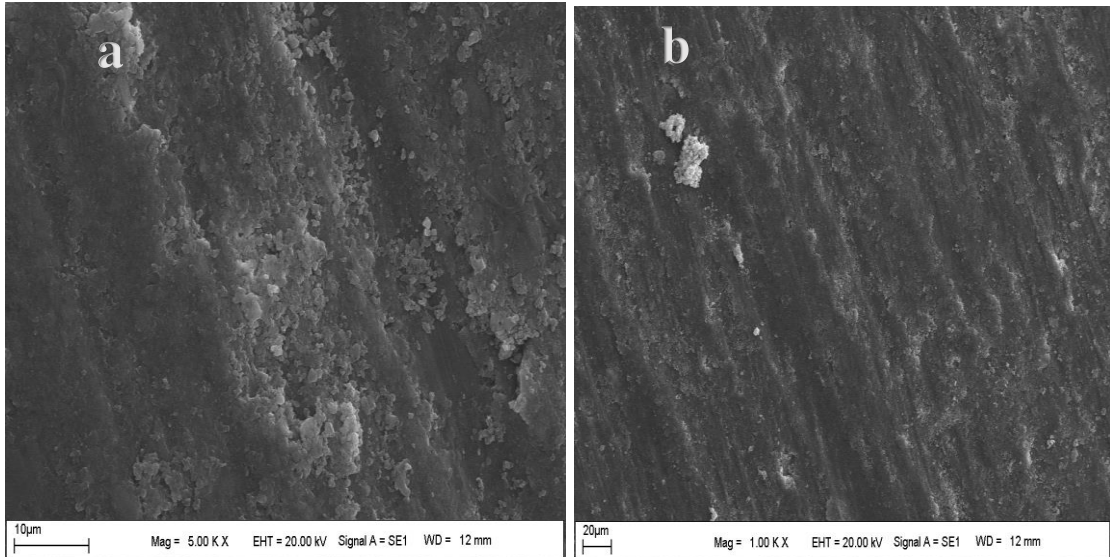


Şekil 4.19. B kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

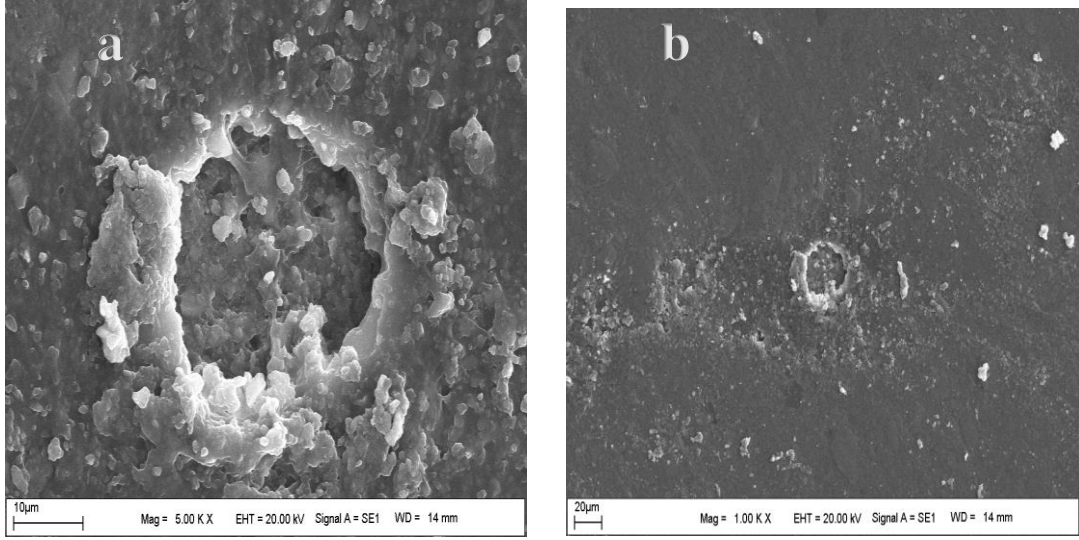


Şekil 4.20. B kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

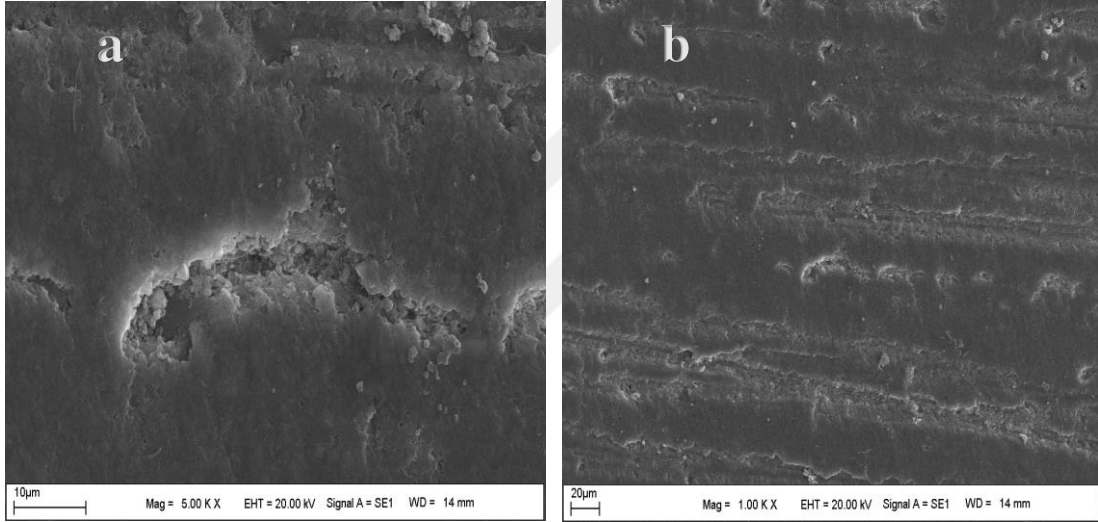
B kompozit grubunda, yüzey bitim işlemi sonrası alınan ilk SEM görüntülerinde, yüzeyde çizikler ve inorganik partikül kümeleri görülmektedir. T polisaj prosedürlerinden sonra yüzey SEM görüntüleri daha homojen ve uniform görünümdedir. E ve L polisaj sistemleri uygulama sonrası yüzey bir miktar daha homojenleşmiş fakat pürüzlü yüzey görüntüsü kısmen devam etmektedir. O polisaj sistemi uygulama sonrası yüzey diğer görüntülerle kıyaslandığında daha pürüzlü görünmektedir (Şekil: 4.16-20).



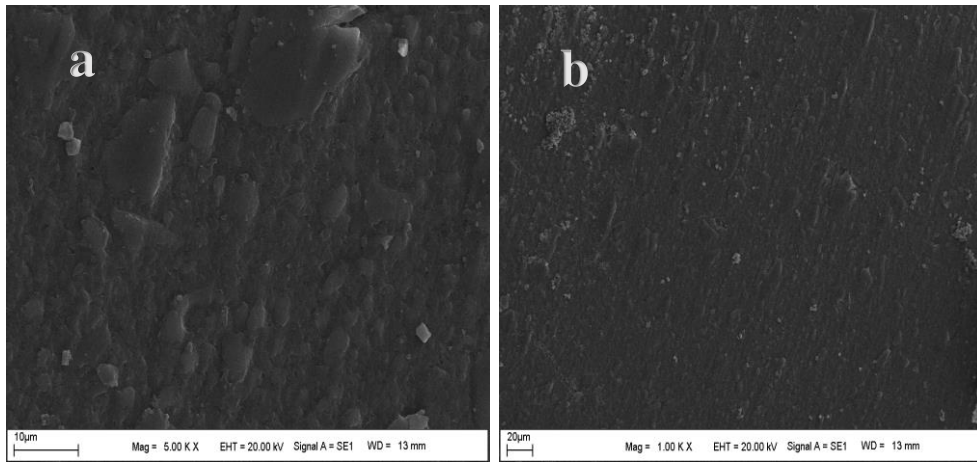
Şekil 4.21. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit materyal (Z) grubuna ait numunenin polisaj işlemi öncesi alınan SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



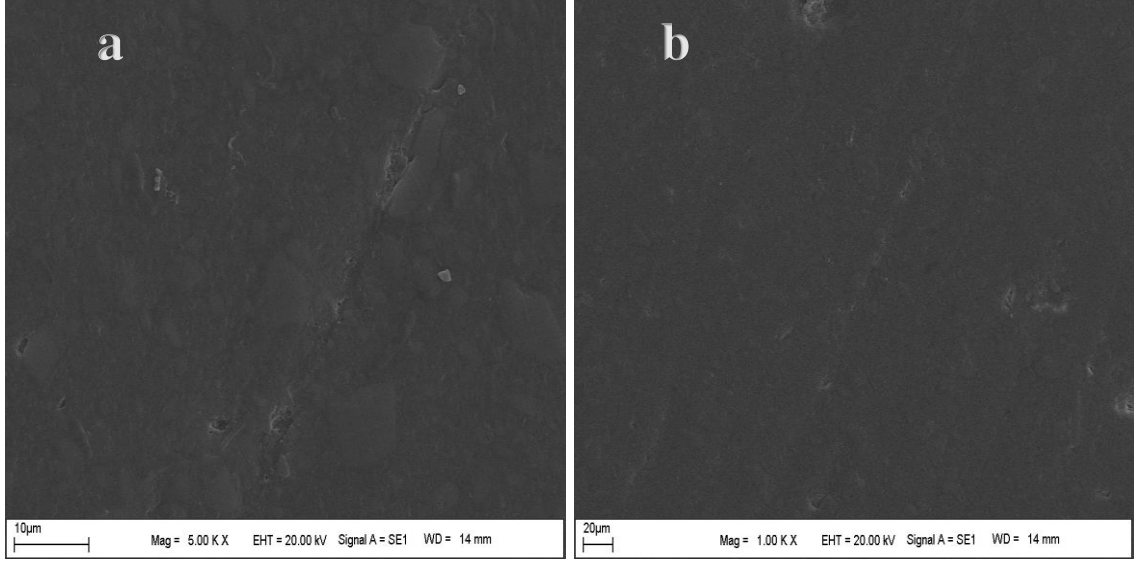
Şekil 4.22. Z kompozit grubuna ait E polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.23. Z kompozit grubuna ait O polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.24. Z kompozit grubuna ait L polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.



Şekil 4.25. Z kompozit grubuna ait T polisaj sistemi ile polisajı sonrası elde edilen SEM görüntüsü; a. 5000 büyütme, b. 1000 büyütme.

Z kompozit grubunda, yüzey bitim işlemi sonrası alınan ilk SEM görüntülerinde, yüzeyde çizikler ve inorganik partikül kümeleri görülmektedir. T polisaj prosedürlerinden sonra yüzey SEM görüntüleri en homojen ve uniform görüntüsündedir. E ve O polisaj sistemi uygulama sonrası yüzeyde derin çukur görüntüsü mevcuttur, O polisaj sistemi uygulama sonrası çizik ve çukur görüntüleri azalmış fakat devam etmektedir (Şekil: 4.21-25).

4.2. Polisaj Sistemlerinin Yüzey Renklenmesine Etkisinin Karşılaştırılması

Çalışmamızda kullanılan kompozit rezinlerin renk ölçümleri tüm örnekler için; yüzey pürüzlülüğü ölçümü sonrası başlangıç (1), 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası (2) ve renklendirme sonrası yeniden polisaj uygulaması sonrasında (3) olmak üzere üçer kez yapıldı. Renk ölçümleri kıyaslamaları için CIEDE2000 programı kullanıldı, 1. Ölçüm ve 2. Ölçüm arası renk değişim miktarları $\Delta E1$, 2. Ölçüm ve 3. Ölçüm arası renk değişim miktarları $\Delta E2$, 1. Ölçüm ve 3. Ölçüm arası renk değişim miktarları $\Delta E3$ olarak kaydedildi ve istatistiksel analizler bu gruplar üzerinden gerçekleştirildi.

Tablo 4.5. B kompozit grubu polisaj sistemlerinin $\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$ değerlerinin karşılaştırılması

	Ortanca	Minimum	Maksimum	
$\Delta E1$ BC	9.0232	6.8806	15.3010	<0.001
$\Delta E2$ BC	0	0	0	
$\Delta E3$ BC	9.0232	6.8806	15.3010	
$\Delta E1$ BE	7.5907	4.9286	8.1150	0.002
$\Delta E2$ BE	4.7824	3.5446	5.2644	
$\Delta E3$ BE	3.6853	3.1845	5.2618	
$\Delta E1$ BL	7.5895	6.1127	8.4396	0.005
$\Delta E2$ BL	3.7126	2.3397	4.5352	
$\Delta E3$ BL	4.7651	3.1448	42.2890	
$\Delta E1$ BO	7.1174	4.8876	8.2628	0.002
$\Delta E2$ BO	3.9603	2.7766	6.5067	
$\Delta E3$ BO	3.4129	2.6754	6.4024	
$\Delta E1$ BT	5.7307	4.9292	7.4394	0.008
$\Delta E2$ BT	2.9362	0.9947	4.8722	
$\Delta E3$ BT	3.3671	2.7844	5.7983	

Tablo 4.5'te giomer restoratif materyale (B) ait renk değişikliği ölçüm sonuçlarının ortanca değerleri ($\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$), minimum, maksimum değerler ve p değerleri yer almaktadır. Tüm gruplar için hesaplanan p değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

Tablodaki değerlere bakıldığında en yüksek $\Delta E1$ değeri kontrol grubuna aittir. Bu, kontrol grubunda yer alan numunelerin 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası en yüksek renklenme parametreleri gösterdiğini ifade etmektedir. C grubunu sırasıyla; E, L, O ve T grupları takip etmektedir. 14 gün renklendirme işlemi sonunda en düşük renklenme parametreleri B kompozit grubu için T polisaj sistemine aittir.

$\Delta E2$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E2$ değeri E grubuna aittir. Bu grubu sırasıyla L, O, T ve C grupları takip etmektedir. Kontrol grubuna herhangi bir yeniden polisaj uygulanmadığı için 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası sonuçlarıyla aynıdır ve renk değişimi değeri 0 çıkmıştır. E polisaj sistemi B kompozit grubunda 14 gün renklendirme sonrasıyla kıyaslandığında yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede en yüksek etkiye sahiptir.

$\Delta E3$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E3$ kontrol grubuna aittir. Bu grupta yer alan numuneler, 0. Gün ve yeniden polisaj sonrası ölçülen değerlerde en yüksek değişim parametreleri göstermektedir. C grubunu sırasıyla; L, E, O ve T grupları takip

etmektedir. 0. Gün ve yeniden polisaj sonrası değerler karşılaştırıldığında en yüksek değer kontrol grubundan sonra Lucida grubuna aittir. T grubu yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede 0. Günle kıyaslandığında B kompozit grubu için en yüksek etkiye sahiptir.

Tablo 4.6. K kompozit grubu polisaj sistemlerinin $\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$ değerlerinin karşılaştırılması

	Ortanca	Minimum	Maksimum	
$\Delta E1$ KC	9.6981	4.8505	13.5513	<0.001
$\Delta E2$ KC	0	0	0	
$\Delta E3$ KC	9.6981	4.8505	13.5513	
$\Delta E1$ KE	7.1838	5.0474	10.1918	0.005
$\Delta E2$ KE	2.6462	1.8671	3.7428	
$\Delta E3$ KE	5.2322	3.3951	8.0693	
$\Delta E1$ KL	7.1633	5.2816	8.8512	0.002
$\Delta E2$ KL	2.7010	0.7737	5.3643	
$\Delta E3$ KL	4.5983	3.5023	7.7818	
$\Delta E1$ KO	6.9882	6.4834	13.6156	0.011
$\Delta E2$ KO	4.0458	1.8230	5.7181	
$\Delta E3$ KO	5.3389	2.8486	10.7759	
$\Delta E1$ KT	5.2119	3.4009	7.5704	0.008
$\Delta E2$ KT	1.889	1.0093	3.5486	
$\Delta E3$ KT	4.5196	2.0972	6.0767	

Tablo 4.6'da mikrohibritle kompozit grubuna (K) ait renk değişikliği ölçüm sonuçlarının ortanca değerleri ($\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$), minimum, maksimum değerler ve p değerleri yer almaktadır. K kompozit grubuna ait tüm polisaj grupları için hesaplanan p değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0,05$).

$\Delta E1$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E1$ kontrol grubuna aittir (9.6981). Bu C grubunda yer alan tüm numunelerin 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası en yüksek renklenme parametreleri gösterdiğini ifade etmektedir. C grubunu sırasıyla; E, L, O ve T grupları takip etmektedir. E grubu (7.1838) ve L grubu (7.1633) birbirine yakın renklenme parametrelerine sahiptir. En az renklenen grup T grubudur. 14 gün renklendirme işlemi sonunda en düşük renklenme parametreleri K kompozit grubu için T polisaj sistemine aittir.

$\Delta E2$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E2$ O polisaj grubuna aittir. Bu grubu sırasıyla; L, E ve T grupları takip etmektedir. E grubu (2.6462) ve L grubu (2.7010) birbirlerine yakın etkiye sahiptirler. Kontrol grubuna herhangi bir yeniden polisaj

uygulanmadığı için 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası sonuçlarıyla aynıdır ve renk değişimi değeri 0 çıkmıştır. O polisaj sistemi K kompozit grubunda 14 gün renklendirme sonrasıyla kıyaslandığında yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede en yüksek etkiye sahiptir.

$\Delta E3$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek değer C grubuna aittir. Bu grubu sırasıyla; O, E, L ve T grupları takip etmektedir. 0. Gün ve yeniden polisajlama sonrası değerler karşılaştırıldığında en düşük değer T grubuna aittir. T grubu yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede 0. Günle kıyaslandığında K kompozit grubu için en yüksek etkiye sahiptir.

Tablo 4.7. P kompozit grubu polisaj sistemlerinin $\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$ değerlerinin karşılaştırılması

	Ortanca	Minimum	Maksimum	
$\Delta E1$ PC	8.166	6.1642	10.7998	<0.001
$\Delta E2$ PC	0	0	0	
$\Delta E3$ PC	8.166	6.1642	10.7998	
$\Delta E1$ PE	5.6808	4.1678	8.8716	0.002
$\Delta E2$ PE	2.8903	1.8927	5.4719	
$\Delta E3$ PE	4.0311	2.8259	5.5433	
$\Delta E1$ PL	6.8231	4.0510	10.2060	0.002
$\Delta E2$ PL	3.1058	2.7176	4.7576	
$\Delta E3$ PL	3.8400	1.3765	7.2467	
$\Delta E1$ PO	6.9329	6.3891	7.2334	<0.001
$\Delta E2$ PO	4.5162	4.0112	5.6018	
$\Delta E3$ PO	2.8998	1.7979	4.0656	
$\Delta E1$ PT	5.1427	3.2052	5.8967	0.002
$\Delta E2$ PT	2.2961	1.358	3.1491	
$\Delta E3$ PT	3.4671	1.3668	4.7886	

Tablo 4.7'de nanohibrit kompozit (P) grubuna ait renk değişikliği ölçüm sonuçlarının ortanca değerleri ($\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$), minimum, maksimum değerler ve p değerleri yer almaktadır. K kompozit grubuna ait tüm polisaj grupları için hesaplanan p değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

$\Delta E1$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E1$ kontrol grubuna aittir (8.166). Bu C grubunda yer alan tüm numunelerin 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası en yüksek renklenme parametreleri gösterdiğini ifade etmektedir. C grubunu sırasıyla; O, L, E ve T grupları takip etmektedir. O grubu (6.9329) ve L grubu (6.8231) birbirine yakın renklenme parametrelerine sahiptir. En az renklenen grup T grubudur. 14 gün

renklendirme işlemi sonunda en düşük renklenme parametreleri P kompozit grubu için T polisaj sistemine aittir.

$\Delta E2$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E2$ O polisaj grubuna aittir. Bu grubu sırasıyla; L, E ve T grupları takip etmektedir. Kontrol grubuna herhangi bir yeniden polisaj uygulanmadığı için 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası sonuçlarıyla aynıdır ve renk değişimi değeri 0 çıkmıştır. O polisaj sistemi P kompozit grubunda 14 gün renklendirme sonrasında kıyaslandığında yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede en yüksek etkiye sahiptir.

$\Delta E3$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E3$ kontrol grubuna aittir. Bu grupta yer alan numuneler, 0. Gün ve yeniden polisajlama sonrası ölçülen değerlerde en yüksek değişim parametreleri göstermektedir. C grubunu sırasıyla; E, L, T ve O grupları takip etmektedir. 0. Gün ve yeniden polisajlama sonrası değerler karşılaştırıldığında en düşük değer O grubuna aittir. O polisaj sistemi yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede 0. Günle kıyaslandığında P kompozit grubu için en yüksek etkiye sahiptir.

Tablo 4.8. Z kompozit grubu polisaj sistemlerinin $\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$ değerlerinin karşılaştırılması

	Ortanca	Minimum	Maksimum	
$\Delta E1$ ZC	11.4759	8.8679	16.3016	<0.001
$\Delta E2$ ZC	0	0	0	
$\Delta E3$ ZC	11.4759	8.8679	16.3424	
$\Delta E1$ ZE	7.0643	4.1653	8.4564	<0.001
$\Delta E2$ ZE	2.1458	1.391	6.0035	
$\Delta E3$ ZE	4.4005	3.2661	6.7739	
$\Delta E1$ ZL	7.0781	5.1228	11.0209	0.008
$\Delta E2$ ZL	2.8857	1.4475	6.852	
$\Delta E3$ ZL	4.4116	2.8213	8.801	
$\Delta E1$ ZO	6.5511	4.9264	7.5602	0.002
$\Delta E2$ ZO	3.9396	2.6958	4.5988	
$\Delta E3$ ZO	3.6872	2.5376	5.0791	
$\Delta E1$ ZT	6.2034	4.9792	7.1835	<0.001
$\Delta E2$ ZT	2.6736	1.018	3.7767	
$\Delta E3$ ZT	4.186	3.4356	5.3976	

Tablo 4.8'de zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit (Z) grubuna ait renk değişikliği ölçüm sonuçlarının ortanca değerleri ($\Delta E1$, $\Delta E2$, $\Delta E3$), minimum, maksimum değerler ve p değerleri yer almaktadır. Z kompozit grubuna ait tüm polisaj grupları için hesaplanan p değerleri istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).

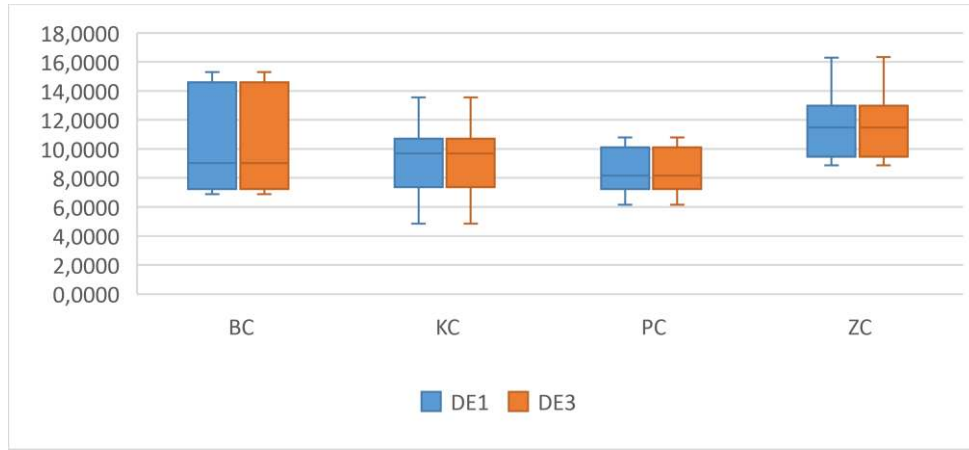
$\Delta E1$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E1$ kontrol grubuna aittir (11.4759). Bu C grubunda yer alan tüm numunelerin 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası en yüksek renklenme parametreleri gösterdiğini ifade etmektedir. C grubunu sırasıyla; L, E, O ve T grupları takip etmektedir. L grubu (7.0781) ve E grubu (7.0643) birbirine yakın renklenme parametrelerine sahiptir. En az renklenen grup T grubudur. 14 gün renklendirme işlemi sonunda en düşük renklenme parametreleri Z kompozit grubu için T polisaj sistemine aittir.

$\Delta E2$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E2$ O polisaj grubuna aittir. Bu grubu sırasıyla; L, T ve E grupları takip etmektedir. Kontrol grubuna herhangi bir yeniden polisaj uygulanmadığı için 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrası sonuçlarıyla aynıdır ve renk değişimi değeri 0 çıkmıştır. O polisaj sistemi Z kompozit grubunda 14 gün renklendirme sonrasıyla kıyaslandığında yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede en yüksek etkiye sahiptir.

$\Delta E3$ değerleri karşılaştırıldığında; en yüksek $\Delta E3$ kontrol grubuna aittir. Bu grupta yer alan numuneler, 0. Gün ve yeniden polisajlama sonrası ölçülen değerlerde en yüksek değişim parametreleri göstermektedir. C grubunu sırasıyla; L, E, T ve O grupları takip etmektedir. 0. Gün ve yeniden polisaj sonrası değerler karşılaştırıldığında en düşük ΔE O grubuna aittir. O grubu yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede 0. Gnle kıyaslandığında Z kompozit grubu için en yüksek etkiye sahiptir.

Tablo 4.9. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, C grubu.

Değişken	Grup				p**
	BC	KC	PC	ZC	
$\Delta E1$	9.023 (6.881-15.301)	9.698 (4.851-13.551)	8.166 (6.164-10.8)	11.476 (8.868-16.302)	0.07308
$\Delta E2$	0	0	0	0	0
$\Delta E3$	9.023 (6.881-15.301)	9.698 (4.851-13.551)	8.166 (6.164-10.8)	11.476 (8.868-16.302)	0.07308

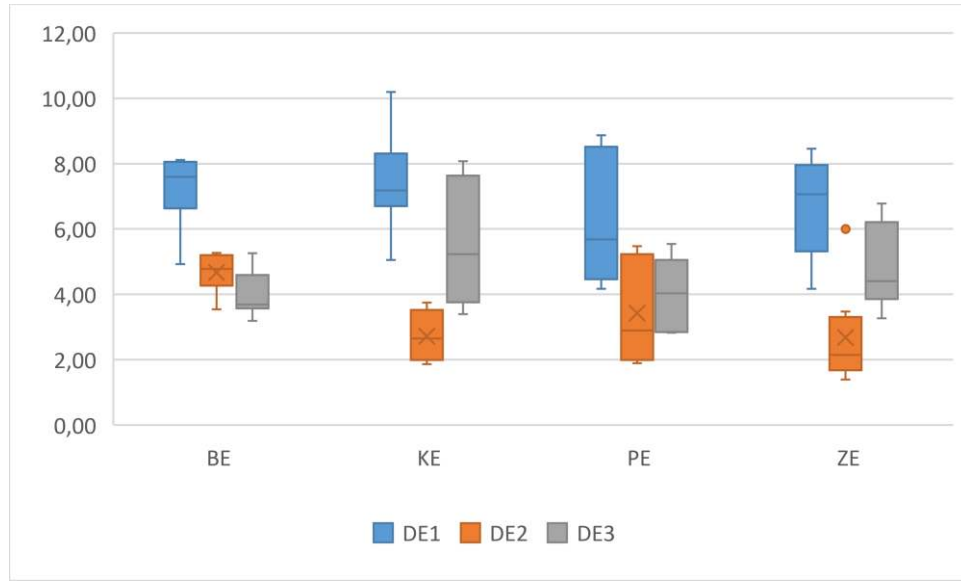


Şekil 4.26. C grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği

Tablo 4.9' da C gruplarının kompozit gruplarına göre ortalama ΔE değerleri (min-max) şeklinde sunulmuştur. Verilen değerlere göre C grubunda kompozit rezin grupları ΔE ortalama değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Tablo 4.9'da Verilen ΔE değerleri incelendiğinde; 14 gün renklendirme sonrası en yüksek renk değişim parametreleri Z kompozit grubunda bulunmuştur. Z grubunu sırasıyla; K, B ve P grubu izlemektedir. C grubunda en az yüzey renk değişikliği P kompozit grubunda gerçekleşmiştir (Şekil: 4.26). C grubunda yeniden polisajlama prosedürü olmadığı için $\Delta E2$ ve $\Delta E3$ değerleri tablo 4.9'da verildiği gibi bulunmuştur

Tablo 4.10. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, E grubu.

	Grup				p
	BE	KE	PE	ZE	
$\Delta E1$	7.591 (4.929-8.115)	7.184 (5.047-10.192)	5.681 (4.168-8.872)	7.064 (4.165-8.456)	0.80744
$\Delta E2$	4.782 (3.545-5.264)	2.646 (1.867-3.743)	2.89 (1.893-5.472)	2.146 (1.391-6.003)	0.01807
$\Delta E3$	3.685 (3.184-5.262)	5.232 (3.395-8.069)	4.031 (2.826-5.543)	4.401 (3.266-6.774)	0.17579



Şekil 4.27. E grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği

Tablo 4.10.a: E grubu $\Delta E2$ değeri için çoklu karşılaştırma analiz sonuçları

İkili Karşılaştırmalar	p	İstatistiksel anlamlılık
BE-KE	0.00671	$p < 0,05$
BE-PE	0.07504	$p > 0,05$
BE-ZE	0.00227	$p < 0,05$
KE-PE	0.28998	$p > 0,05$
KE-ZE	0.66946	$p > 0,05$
PE-ZE	0.14224	$p > 0,05$

Tablo 4.10' da verilen değerlere göre E polisaj sistemi uygulama sonrası ortalama ΔE değerleri incelendiğinde; $\Delta E1$ ve $\Delta E3$ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur ($p > 0,05$). $\Delta E2$ ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar mevcuttur ($p < 0,05$).

E polisaj sistemi ile polisajlanan kompozit örneklerde 14 gün renklendirme sonrası en yüksek renk değişikliği parametreleri B grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; K, Z ve P kompozit grupları takip etmektedir.

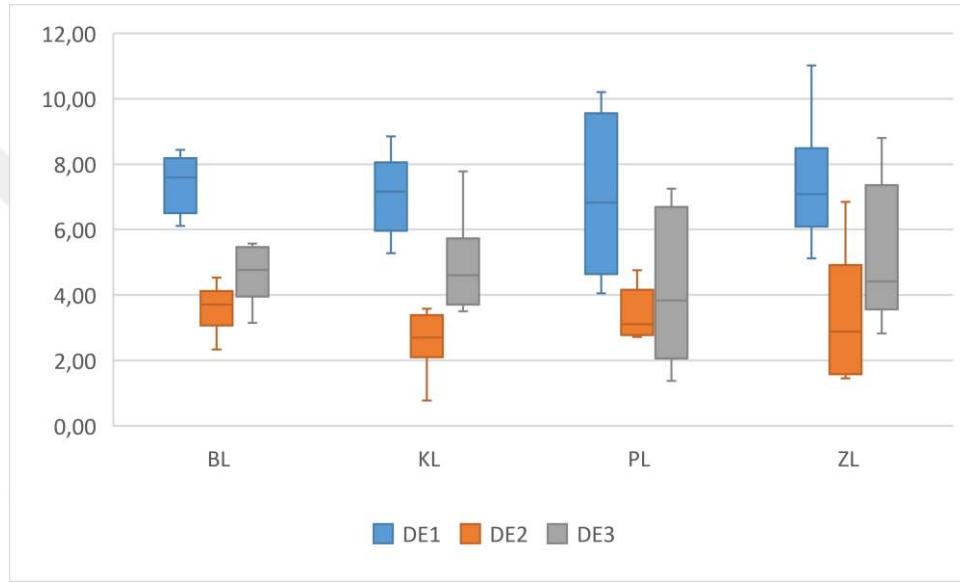
Yeniden polisajlama prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 14 gün renklendirme sonrası elde edilen renk ölçümleriyle kıyaslandığında E polisaj grubu için en yüksek renk farklılığı parametreleri B kompozit grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; P, K ve Z kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisajlama prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 0. Gün renk ölçümleriyle kıyaslandığında E polisaj grubu için en yüksek renk değişikliği parametreleri K kompozit grubunda bulunmuştur. K grubunu sırasıyla; Z, P ve B grupları

takip etmektedir (Şekil: 4.27).

Tablo 4.11. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, L grubu.

	Grup				P
	BL	KL	PL	ZL	
$\Delta E1$	7.589 (6.113-8.44)	7.163 (5.282-8.851)	6.823 (4.051-10.206)	7.078 (5.123-11.021)	0.94708
$\Delta E2$	3.713 (2.34-4.535)	2.701 (0.774-5.364)	3.106 (2.718-4.758)	2.886 (1.448-6.852)	0.28541
$\Delta E3$	4.765 (3.145-42.289)	4.598 (3.502-7.782)	3.84 (1.377-7.247)	4.412 (2.821-8.801)	0.70008



Şekil 4.28. L grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği

Tablo 4.11'de L polisaj sisteminin kompozit gruplarına göre ortalama ΔE değerleri (min-max) şeklinde sunulmuştur. Tablodaki verilere göre kompozit grupları arasında aynı polisaj sistemi ile polisaj ve yeniden polisaj sonrası bulunan değerler istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$).

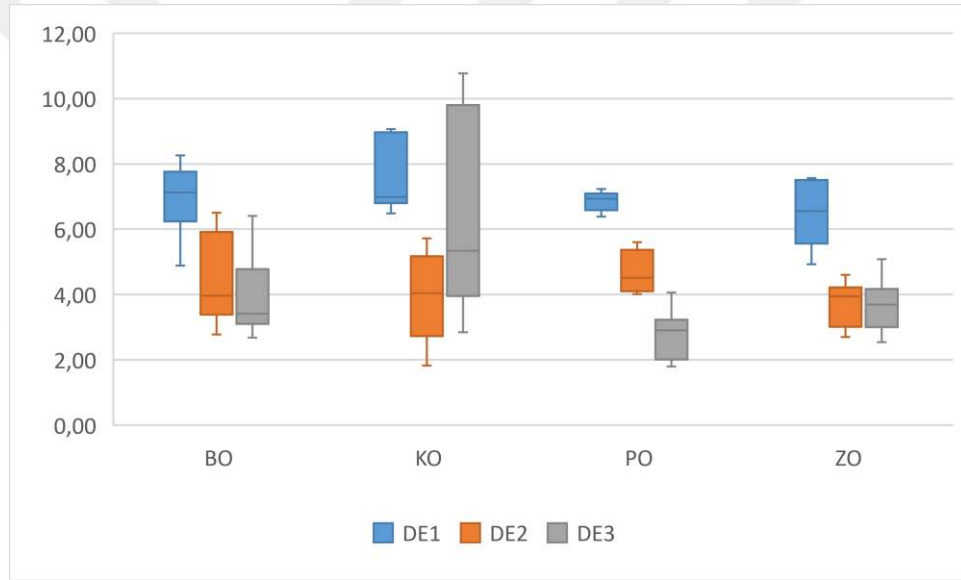
Tablo 4.11'de verilen ortalama ΔE değerleri incelendiğinde; L polisaj sistemi ile polisajlanan kompozit örneklerde 14 gün renklendirme sonrası en yüksek renk değişikliği parametreleri B grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; K, Z ve P kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 14 gün renklendirme sonrası elde edilen renk ölçümleriyle kıyaslandığında L polisaj grubu için en yüksek renk farklılığı parametreleri B kompozit grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; P, Z ve K kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 0. Gün renk ölçümleriyle kıyaslandığında L polisaj grubu için en yüksek renk değişikliği parametreleri B kompozit grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; K, Z ve P grupları takip etmektedir (Şekil: 4.28).

Tablo 4.12. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, O grubu.

	Grup				P
	BO	KO	PO	ZO	
$\Delta E1$	7.117 (4.888-8.263)	6.988 (6.483-13.616)	6.933 (6.389-7.233)	6.551 (4.926-7.56)	0.45362
$\Delta E2$	3.96 (2.777-6.507)	4.046 (1.823-5.718)	4.516 (4.011-5.602)	3.94 (2.696-4.599)	0.28475
$\Delta E3$	3.413 (2.675-6.402)	5.339 (2.849-10.776)	2.9 (1.798-4.066)	3.687 (2.538-5.079)	0.00671



Şekil 4.29. O grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği

Tablo 4.12.a: O grubu $\Delta E3$ değeri için çoklu karşılaştırma analiz sonuçları

İkili Karşılaştırmalar	p	İstatistiksel anlamlılık
BO-KO	0.0571	$p > 0,05$
BO-PO	0.03062	$p < 0,05$
BO-ZO	0.92295	$p > 0,05$
KO-PO	< 0.001	$p < 0,05$
KO-ZO	0.04661	$p < 0,05$
PO-ZO	0.03786	$p < 0,05$

Tablo 4.12'de, O polisaj sisteminin kompozit gruplarına göre ortalama ΔE değerleri (min-max) şeklinde sunulmuştur. Verilen değerlere göre hesaplanan p değeri

yalnızca $\Delta E3$ değeri için anlamlıdır ($p<0,05$).

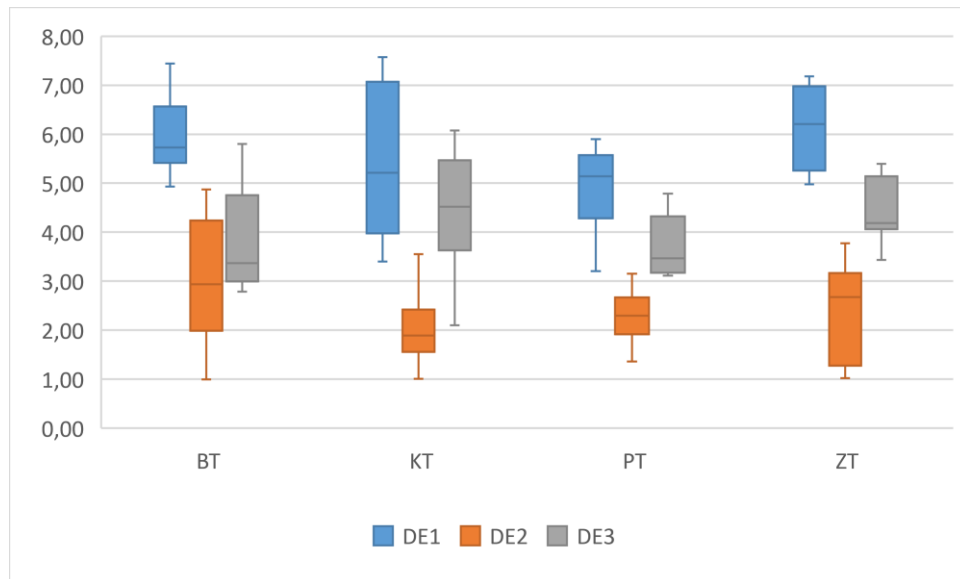
Tablo 4.12’de verilen ortalama ΔE değerleri incelendiğinde; O polisaj sistemi ile polisajlanan kompozit örneklerde 14 gün renklendirme sonrası en yüksek renk değişikliği parametreleri B grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; K, P ve Z kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası elde edilen renk ölçüm değerleri, 14 gün renklendirme sonrası elde edilen renk ölçümleriyle kıyaslandığında O polisaj grubu için en yüksek renk farklılığı parametreleri P kompozit grubunda bulunmuştur. P grubunu sırasıyla; K, B ve Z kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 0. Gün renk ölçümleriyle kıyaslandığında O polisaj grubu için en yüksek renk değişikliği parametreleri K kompozit grubunda bulunmuştur. K grubunu sırasıyla; Z, B ve P grupları takip etmektedir (Şekil: 4.29).

Tablo 4.13. Polisaj gruplarına göre kompozit materyallerin ΔE değerlerinin karşılaştırılması, T grubu.

	Grup				p
	BT	KT	PT	ZT	
$\Delta E1$	5.731 (4.929-7.439)	5.212 (3.401-7.57)	5.143 (3.205-5.897)	6.203 (4.979-7.184)	0.13023
$\Delta E2$	2.936 (0.995-4.872)	1.889 (1.009-3.549)	2.296 (1.358-3.149)	2.674 (1.018-3.777)	0.3632
$\Delta E3$	3.367 (2.784-5.798)	4.52 (2.097-6.077)	3.467 (1.367-4.789)	4.186 (3.436-5.398)	0.10051



Şekil 4.30. T grubu için ΔE değerlerinin karşılaştırılması grafiği

Tablo 4.13'te, T polisaj sisteminin kompozit gruplarına göre ortalama ΔE değerleri (min-max) şeklinde sunulmuştur. Tablodaki verilere göre kompozit grupları arasında aynı polisaj sistemi ile polisaj ve yeniden polisaj sonrası bulunan değerler karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır ($p>0,05$).

Tablo 4.13'te verilen ortalama ΔE değerleri incelendiğinde; T polisaj sistemi ile polisajlanan kompozit örneklerde 14 gün renklendirme sonrası en yüksek renk değişikliği parametreleri Z grubunda bulunmuştur. Z grubunu sırasıyla; B, K ve P kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 14 gün renklendirme sonrası elde edilen renk ölçümleriyle kıyaslandığında T polisaj grubu için en yüksek renk değişikliği parametreleri B kompozit grubunda bulunmuştur. B grubunu sırasıyla; Z, P ve K kompozit grupları takip etmektedir.

Yeniden polisaj prosedürleri uygulama sonrası alınan renk ölçümleri, 0. Gün renk ölçümleriyle kıyaslandığında T polisaj grubu için en yüksek renk değişikliği parametreleri K kompozit grubunda bulunmuştur. K grubunu sırasıyla; Z, P ve B grupları takip etmektedir (Şekil: 4.30).

Çalışmamızda 0.gün ve 14 gün renklenme sonrası elde edilen değerlerle karşılaştırdığımızda $\Delta E1$ değerleri elde ettik. Kahve solüsyonunda bekletme sonrası en yüksek renklenme bulguları bu değer in yüksek olmasıyla anlaşılabilir. En yüksek $\Delta E1$ değerleri B kompozit için bulundu. Bu grubu sırasıyla Z, K ve P kompozit grupları takip etti. Tüm ölçümler içerisinde en fazla yüzey renklenmesi kontrol grubundan sonra BE grubunda elde edildi.

Çalışmamızda 14. Gün renklenme sonrası elde edilen renk değerleri, yeniden polisaj prosedürleri sonrası ölçülen renk değişikliğiyle karşılaştırıldığında $\Delta E2$ değerleri elde ettik. Polisaj sistemlerinin yeniden polisajlama ile renklenmeyi giderme etkinliği bu değer in yüksek olmasıyla anlamlandırılabilir. Çalışmamızda en yüksek $\Delta E2$ değerleri BE grubunda bulunmuştur. E polisaj sistemi B kompozit grubunda yeniden polisajlama ile renklenmeyi gidermede en etkilidir. Bu grubu sırasıyla PO, KO, BO ve ZO grupları takip etmektedir. O polisaj sistemi tüm kompozit grupları için renklenmeyi gidermede diğer polisaj sistemlerine göre daha etkilidir. O polisaj sisteminin renklenmeyi gidermedeki bu etkinliğinin kalın grenden ince grene doğru kullanılarak yüzeyden diğer polisaj sistemlerine göre fazla aşındırma yapmasıyla ilişkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızda 0.gün ve yeniden polisaj sonrası ölçülen değerleri karşılaştırdığımızda $\Delta E3$ değerleri elde ettik. 0. Gün ile repolishing sonrası ölçümlerin birbirine yakın olması yani $\Delta E3$ değerinin düşük olması yeniden polisaj prosedürünün etkili olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda en düşük $\Delta E3$ değerleri sırasıyla PO, BT, BO ve PT gruplarında bulundu. Yalnızca PO için bulunan $\Delta E3$ (2.8998) değeri klinik olarak kabul edilebilir değerin (3,3) altındadır. O ve T polisaj sistemleri yeniden polisaj ile renklenmeyi gidermede etkilidir.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz verilere dayanarak; tüm kompozit grupları için farklı polisaj prosedürleri farklı renklenme değerleri elde etmeye neden olmuştur ve bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$).



5.TARTIŞMA

Dental restoratif materyallerin, ağız ortamında uzun süre estetiğini ve işlevselliğini koruyabilmesi için yeterli mekanik özelliklere sahip olmaları gerekir [90]. Natürel dişler ve restoratif materyaller, çiğneme kuvvetleri, asidik pH, sıcaklık değişimleri, aşınma ve biyolojik etkiler gibi birçok zorlu koşulla karşı karşıya kalır. Bu nedenle, bu materyallerin dayanıklılık, aşınma direnci, yüzey tekstürü ve biyouyumluluk gibi özellikleri oldukça önemlidir. İyi bir restoratif materyal, doğal dişlerin fonksiyonunu ve estetiğini uzun süre koruyabilmelidir [91].

İnorganik doldurucu partikül boyutu, kompozit rezinlerin genel özelliklerini etkileyen birkaç parametreden biridir. Bununla birlikte, dental kompozit rezinlerin fiziksel ve mekanik özellikleri birçok faktöre bağlıdır. Bunlar; monomerlerin kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri, polimer matrisi, kullanılan bağlayıcı ajan ve doldurucu partiküllerin konsantrasyonu, türü, boyutu ve dağılımıdır [92].

Son yıllarda kompozit rezinlerdeki en önemli gelişmelerden biri nanoteknolojinin dental kompozit rezinlere uygulanmasıdır. Nanoteknolojiyle, çeşitli fiziksel veya kimyasal yöntemlerle yaklaşık 0.1-100 nm aralığındaki inorganik partiküller üretilmektedir [93]. Bu partiküller kompozit rezinlere ilave edilerek, kompozit rezinlerin mekanik ve fiziksel özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Doldurucu partiküllerin boyutu hibrit kompozitlerde 0,04-20 µm ve mikrohibrit kompozitlerde 0,7-3,6 µm civarındayken, son zamanlarda yaklaşık 5-100 nm arasında değişen boyutlarda doldurucu partikül içeren yeni restoratif materyaller geliştirilmiş ve diş hekimliğinde uygulanmıştır [94].

Çalışmamızda farklı tip ve büyüklükte doldurucu partikül içeren dört farklı kompozit rezin grubunun (Mikrohibrit Kompozit Resin, Nanohibrit Kompozit Resin, Giomer, Zirkonyum içerikli Nanohibrit Kompozit Resin), farklı polisaj sistemleri uygulanması öncesi ve sonrasındaki yüzey pürüzlülüğünün Mekanik Profilometre, AFM ve SEM analizleriyle değerlendirilmesi yapıldı.

Yüzey pürüzlülüğü analizlerinde, geniş ölçüm aralığına sahip olan ve 2 boyutlu görüntü sağlayan profilometreler sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat yüzey özelliklerini yansıtmada yetersiz kaldıkları için son yıllarda 3 boyutlu görüntü analizi yapabilen AFM cihazları tercih edilir hale gelmiştir [95-97] . Çalışmamızda örneklerin yüzey polisajı öncesi ve sonrası yüzey analizleri için öncelikle numune yüzeyinde herhangi bir işleme

gereksinim duyulmadan yapılabilen AFM analizi, daha sonra SEM analizi ile yüzeylerin üç boyutlu değerlendirilmesi yapıldı. Çalışmamızda göreceli karşılaştırmalar yapabilmek için yüzey pürüzlülüğü profilometre ile nicel olarak analiz edilip, AFM ve SEM analizleriyle de nitel olarak değerlendirilmiştir.

Bollenl ve ark. kompozit restorasyonların yüzeylerinde pürüzlü alanların varlığının, restorasyonun uzun dönem klinik başarısını düşürdüğünü, yüzeyde renklenmeye ve bakteri adezyonuna izin vermek suretiyle sekonder çürük oluşumuna, gingival irritasyona sebep olduğunu bildirmişlerdir Ayrıca yüzey pürüzlülüğü arttıkça bakteri adezyonunun arttığını ve 0,2 µm'lik yüzey pürüzlülüğü varlığında adezyon başladığını bildirmişlerdir [98].

Göztaş ve ark. bir nanofil (3M Filtek Supreme) ve dört nanohibrit kompozit rezin (Tetric EvoCeram, Dentsply Ceram X, Voco Grandio, Bisco Elite) kullanarak yaptıkları çalışmada, farklı kompozit materyallere aynı bitim ve polisaj prosedürü (OptiDisc) uygulamış ve farklı pürüzlülük dereceleri elde etmişlerdir. Dolayısıyla bitirme ve polisajla pürüzlülüğün ne derecede giderilebileceğinin polisaj için seçilen materyallere, kompozit rezinlerin türüne, doldurucu tipine ve miktarına göre değişkenlik gösterdiğini bildirmişlerdir [99]. Çalışmamızda, farklı kompozit türleri için aynı bitim prosedürü sonrası ölçülen pürüzlülük değerlerindeki farklılıkların, kompozit materyallerin içeriklerine bağlı olarak değiştiğini düşünmekteyiz.

Korkmaz ve ark. tek aşamalı ve çok aşamalı bitim ve polisaj sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, mylar strip kullanılarak elde edilen kompozit yüzeylerinin en pürüzsüz yüzeyler olduğunu bulmuşlardır. Fakat bu yüzey pürüzsüz olmasına rağmen, rezin içeriği oldukça zengin bir yüzey olduğunu, bu içeriğin yüzeyin mekanik ve fiziksel özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini, bu nedenle bu yüzeyin bitim ve polisaj prosedürleriyle uzaklaştırılmasının daha sert, aşınmaya daha dirençli, renk ve dolayısıyla estetik özellikler bakımından daha stabil yüzeyler elde edilmesi açısından önemli olduğunu bildirmişlerdir [100, 101]. Bu nedenle çalışmamızda kontrol grubu olarak mylar striple elde edilen yüzeyler sarı kuşak elmas bitim frezleriyle uzaklaştırılarak elde edilen yüzeyler seçilmiştir.

Jones ve ark. aynı hibrit kompozit rezin (Z100) kullanarak farklı boyutlarda gren büyüklüğüne sahip (80, 320, 800, 1000 gren büyüklüğü) silikon karbid aşındırıcı disklerle yüzey bitim işlemi uygulamış ve farklı partikül büyüklükleri için farklı pürüzlülük değerleri elde edilmiştir [102]. Dental restorasyonların bitim ve polisaj işlemlerinde aşındırıcı içeren diskler, lastik frezler, elmas partiküllere sahip aşındırıcılar gibi çeşitli

materyaller partikül boyutu kademeli azalacak şekilde kullanılmaktadır [103]. Çalışmamızda kullanılan polisaj sistemleri; ekstra kalın, kalın/orta, ince, ekstra ince partikül boyutuna sahip alüminyum oksit içeren yarı saydam polyester diskler (OptiDisc. Kerr, ABD), 14 µm ve 10 µm çapta elmas partikül ile kaplanmış esnek silikon spiraller (Twist-Dia, Kuraray, Almanya), alüminyum oksit emdirilmiş silikon bitim frezleri ve elmas partikülleri emdirilmiş silikon polisaj frezleri (Enhance PoGo, Dentsply Sirona, Almanya) ve elmas partikülleri içeren suda çözünebilir polisaj patı, yıldız şekilli sıkıştırılmış keçe ve mandren içeren Lucida (DiaShine, Amerika) polisaj sistemleri kullanılmıştır. Farklı polisaj sistemleri için farklı pürüzlülük düzeyleri elde edilmiş ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$).

Kompozit rezinlerin yetersiz polimerizasyonu, organik matriks ile suyun reaksiyona girmesini kolaylaştırarak kompozit rezinin daha fazla su emilimi göstermesine ve dolayısıyla daha fazla renklenmesine neden olmaktadır [104]. Çalışmamızda eksik polimerizasyonu önlemek için üretici firmaların önerdiği sürelerle (2mm kompozit tabakası için 20 sn boyunca 1250 mW/cm² ışınlama) polimerizasyon gerçekleştirildi. Nomoto ve ark. polimerizasyon cihazının ışık uygulayan fiber ucu ile restorasyon yüzeyi arası mesafe arttıkça ışık yoğunluğunun azaldığını bildirmişlerdir [105]. Bu nedenle çalışmamızda LED ışık kaynağının tüm örneklerle uygulama ucunun eşit uzaklıkta olması için numunelerin üzerine 2 mm kalınlıkta cam yerleştirildi. Böylelikle polimerizasyon hatalarından kaynaklanabilecek yüzey fiziksel ve mekanik özellik kayıplarının önüne geçilmeye çalışıldı.

Ferracane ve ark., kompozit rezindeki reaksiyona girmemiş bileşiklerin elimine edilmesi ve polimerizasyonun tamamlanması için örneklerin 24 saat suda bekletilmesini tavsiye etmişlerdir [106]. Bu amaçla çalışmamızda da tüm örnekler polimerizasyon sonrası 24 saat boyunca distile suda bekletildi.

Koupis ve ark., A4 rengindeki kompozitte polimerizasyon derinliğinin A2 rengindeki kompozite göre daha az olduğunu bulmuşlardır ve bu farklılığın nedeninin materyalin formülasyonundaki kantitatif değişikliklere bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Kompozit rezinlerde polimerizasyon derinliğinin azalmasının restorasyonun bitim ve polisaj işlemlerini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir [107]. Biz de çalışmamızda kompozit rezin renginden kaynaklanabilecek polimerizasyon hatalarını en aza indirebilmek için tüm kompozit rezinlerin rengini A1 olarak seçtik.

Awliya ve ark., mikrohibrit kompozit (Filtek Z250), nanofil kompozit (Filtek Supreme) ve organik modifiye seramik kompozit (Ormocer) kullanarak yaptıkları yüzey

renklenmesi çalışmasında ağız ortamında farklı etkenlere maruz kalan restorasyonların fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişiklikler meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu değişikliklerin restorasyonun kalitesini düşürdüğünü ve sonunda değiştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir [108]. Bir fincan kahvenin 15 dakikada tüketildiği ve günde ortalama 3,2 fincan kahve tüketimi olduğu kahve üreticileri tarafından bildirilmektedir. Bu tüketim miktarı baz alındığında, çalışmamız kompozit örneklerin yaklaşık 14 aylık kahve tüketimine denk gelecek şekilde, 14 gün boyunca her gün yeniden hazırlanan çözünebilir kahve içerisinde bekletilmesiyle gerçekleştirildi [109]. Çalışmamızda kahve solüsyonunda bekletme sonrasında tüm kompozit örneklerin yüzey renk parametrelerinde farklılıklar olmuştur.

Çalışmamızda farklı içeriklere sahip dört kompozit rezin, dört farklı polisaj sistemi ile polisajlandıktan önce ve sonra yüzey pürüzlülüğü test edildi. Her kompozit rezin grubu için, polisaj uygulanmayan bir grup kontrol grubu olarak değerlendirildi. Daha sonra tüm numuneler standart renklendirme protokolü uygulanması öncesi ve sonrasında ve renklendirme sonrası ait oldukları polisaj sistemleriyle yeniden polisajlandıktan sonra yüzey renk parametreleri kaydedildi. Tüm parametrelerin istatistiksel karşılaştırmaları yapılarak analiz edildi. Çalışmamızın bulguları ışığında aşağıda yer alan hipotezlerimiz kabul edildi.

1. Farklı içeriğe sahip kompozit rezinler, farklı polisaj prosedürü uygulanması sonucu farklı yüzey pürüzlülük özellikleri gösterecektir.
2. Polisaj uygulanmayan kontrol grubunun yüzey pürüzlülük ve renklenme değerleri yüksek olacaktır.
3. Farklı polisaj prosedürleri uygulama sonrası, farklı renklenme değerleri elde edilecektir.
4. Yüzey renklendirme prosedürü sonrası uygulanan yeniden polisajlama işlemi yüzey renklenmesini gidermede etkilidir.

5.1. Profilometre ile Ölçülen Pürüzlülük Değişimlerinin Değerlendirilmesi

Kompozit rezinlerin fiziksel özelliklerinden optik özellikleri; renk, translusensi, yüzey düzgünlüğü, parlaklık gibi faktörlere bağlıdır (bkz: bölüm 2.2.2). Çalışmamızda bu özelliklerden yüzey pürüzlülüğü ve renk parametrelerini değerlendirmek üzerine deneyler ve analizler yapılmıştır. St. Pierre ve ark., farklı kompozit rezinler (Durafill VS, Filtek Supreme Ultra, Grandio SO, and Venus Pearl) kullanarak yaptıkları çalışmada 12 farklı

polisaj sistemi uygulamış ve yüzey pürüzlülükleri açısından kompozit rezinler ve polisaj sistemleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Bu sonucu kompozit rezinlerin farklı büyüklük ve sertlikte doldurucu partikül içerdikleri için, bitim ve polisaj işlemlerinden sonra yüzey pürüzlülüklerinin farklı olduğuna bağlamışlardır [110]. Çalışmamızda tüm kompozit rezinlerin yüzey bitim işlemleri sonrası ve uygulanan polisaj prosedürleri sonrası ölçülen pürüzlülük parametreleri birbirinden farklıdır ve istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,05$). Bu farklılıklar kompozit rezinlerin yapısı ve/veya kullanılan polisaj sistemlerinin farklılıklarından kaynaklanabilir.

Yüzey pürüzlülüğün değerlendirilmesinde iki boyutlu analiz yapabilen mekanik profilometreler ve üç boyutlu yüzey analizi yapabilen optik profilometreler sıklıkla kullanılmaktadır [111, 112]. Profilometreler taradığı yüzeylerin μm cinsinden ortalama Ra değerlerini vermektedir. Çalışmamızda yüzey pürüzlülüğü, iki boyutlu ölçüm yapan bir mekanik profilometre (Mitutoyo SJ-210, Japonya) ile her örneğin üç farklı noktasından ölçülüp bu değerlerin aritmetik ortalaması o numune için ortalama Ra değeri olarak μm cinsinden kaydedildi. Literatürde Ra değerinin eşik değeri için ortak bir görüş yoktur, çoğunlukla Bollenl ve ark.'nın yaptıkları çalışmada bildirdikleri $0,2 \mu\text{m}$ eşik değeri olarak kabul edilmektedir. $0,2 \mu\text{m}$ üstündeki değerler plak ve bakteri tutunumu için elverişli pürüzlülük düzeyleridir [98].

Çalışmamızda tüm kompozit grupları için, polisaj prosedürleri öncesi numunelerde (kontrol grubu) ortalama olarak en yüksek Ra değerleri elde edilmiştir. Bu sonuç, numunelerin yüzeylerinin sadece sarı kuşak elmas frez ile bitim yapıp polisaj yapılmamasından kaynaklıdır. Tüm kompozit grupları için tüm başlangıç pürüzlülük değerleri eşik değeri olan $0,2 \mu\text{m}$ 'un üstünde bulunmuştur.

Weitman ve ark. $0,7-1,4 \mu\text{m}$ aralığında Ra değerleri ile sonuçlanan farklı yöntemlerle cilalanmış yüzeyler arasında plak birikiminde kayda değer bir fark olmadığını bildirilmişlerdir [113]. Çalışmamızda polisaj sonrası elde edilen tüm Ra değerleri $0,33$ ile $1,70 \mu\text{m}$ arasında bulunmuştur. Bu da polisaj prosedürleri sonrası klinik olarak kabul edilebilir aralıkta ve biraz daha üstünde sonuçlar bulunduğunu göstermektedir. Chung ve ark. $1 \mu\text{m}$ 'den küçük Ra değerlerinin klinik olarak pürüzsüz görüldüğünü bildirmişlerdir [114]. Çalışmamızda da polisaj sonrası Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit, mikrohibrit kompozit ve giomer kompozit grupları için tüm polisaj sonrası ölçümlerde; nanohibrit kompozit grubu içinse OptiDisc ve Twist-Dia polisaj sistemlerinde elde edilen ölçümlerde $1 \mu\text{m}$ 'dan küçük değerler elde edilmiştir. Ayrıca Jones ve ark., yapılan restorasyonların hastayı rahatsız etmemesi ve dil ile algılanmaması

için pürüzlölük değerlerinin 0,3 µm'dan küçük olması gerektiğini önermektedir [102]. Çalışmamızda sadece zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit grubunda OptiDisc polisaj sistemi ile 0,33 µm değer elde edilebilmiştir.

Kompozit rezinlerin mekanik özellikleri büyük ölçüde inorganik doldurucu partiküllerin bileşimden, boyutlarından, yüzdesinden ve şeklinden etkilenmektedir. Büyük ve az sayıda partikül içeren kompozit rezinlerin bitim ve polisaj işlemleri sırasında içeriklerindeki inorganik partiküllerin yüzeyden kopmasıyla daha pürüzlü yüzeyler oluştuğu bildirilmektedir [13, 115]. Çalışmamızda giomer kompozit grubu için polisaj sonrası Ra değeri en düşük Twist-Dia polisaj sisteminde bulunmuştur (BT2: 0.55). Polisaj sonrası en yüksek Ra değeri Lucida polisaj sistemine aittir (BL2: 0.98). Giomer restoratif materyal büyük ve sert inorganik partiküller içerdiği için farklı boyutlarda elmas partiküllerin büyükten küçüğe doğru kullanıldığı Twist-Dia polisaj sistemiyle daha düşük pürüzlölük parametreleri gösterdiğini düşünmekteyiz.

Costa ve ark., mikrofil, nanofil ve minifil hibrit doldurucu içerikli kompozit rezinlerin yüzey pürüzlölüklerini karşılaştırdığı çalışmada; tüm örneklerin tek yüzeyine karbid frezle bitim işlemi uygulanmış daha sonra altı farklı polisaj sistemi ile polisaj yapılmıştır. Bu işlemler sonucunda Ra değeri açısından en pürüzlü yüzeyler, minifil hibrit kompozit (inorganik partikül boyutu: 0,6-0,8 µm), en az pürüzlü yüzeyler ise mikrofil kompozitte (inorganik partikül boyutu: 40 nm) bulunmuştur [116]. Gönölol ve ark., farklı bitirme ve cilalama tekniklerinin nanohibrit ve mikrohibrit kompozit rezinler üzerindeki etkisini karşılaştırmış, elde ettikleri verilerde mikrohibrit kompozit nanohibrit kompozite göre daha az yüzey pürüzlölüğü gösterdiğini, daha küçük partikül boyutuna sahip kompozit rezinlerin, kesin olarak daha düşük yüzey pürüzlölölüğü göstermeyeceğini ifade etmişlerdir [4]. Çalışmamızda ise bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde, sarı kuşak alev uçlu frezle yapılan bitim işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlölükleri ortanca değerleri açısından en pürüzlü yüzeyler nanohibrit kompozit rezin örneklerinde, en az pürüzlü yüzeyler ise zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit rezinlerde elde edildi.

Karadaş ve ark., dört bulk fill kompozit rezin (SonicFill, Filtek Bulk Fill Flowable, X-tra fil, Filtek Bulk Fill Posterior) ve üç nanofil kompozit rezinin (Filtek Ultimate, G-aenial Universal Flo, Herculite XRV Ultra) yaşlandırma sonrası pürüzlölük değerlerini inceledikleri çalışmalarında; nanofil kompozit rezinlerde anlamlı bir artış gözlenmezken, bulk fill kompozit rezinlerde pürüzlölölüğün başlangıç değerlerine göre arttığını bildirmişlerdir. Bu farklılığın inorganik partikül büyüklölüğü farklarından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir [117]. Ruivo ve arkadaşlarının yaptıkları bir başka

çalışmada ise, beş farklı kompozit rezin değerlendirilmiştir: iki geleneksel tepilebilir kompozit rezin (Z100™ Restorative ve Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative-3M Oral Care), bir "hızlı sertleşen" kompozit rezin (Estelite Σ Quick-Tokuyama Dental Corporation), bir biyoaktif, florür salan kompozit rezin (Beautifil II-Shofu Inc.) ve bir self adesiv akışkan kompozit rezin (Vertise Flow-Kerr Corporation). Bu kompozit rezin örnekleri florür içeren bir diş macunu ile 6 aylık fırçalama simülasyonuna tabi tutulmuş ve en yüksek pürüzlülük değerleri (Ra); florür salan kompozit rezin (Beautifil II-Shofu Inc.)' de bulunmuştur. Bunu sırasıyla self adesiv akışkan kompozit (Vertise Flow-Kerr Corporation), "hızlı sertleşen" kompozit rezin (Estelite Σ Quick-Tokuyama Dental Corporation), geleneksel tepilebilir kompozit rezin (Z100™ Restorative) ve Filtek™ Supreme Ultra Universal Restorative-3M Oral Care) takip etmektedir. Çalışmada elde edilen bu sonuçları araştırmacılar ilgili kompozit rezinlerin partikül boyutu, şekli ve miktarıyla ilişkilendirmişlerdir [118]. Çalışmamızda biyoaktif, florür salan kompozit rezin olarak Beautifil II (Shofu Inc.) kullanılmış ve tüm ölçümlerde en pürüzlü yüzeylere sahip kompozit rezinlerden biri olmuştur.

Shimokawa ve ark., nanohibrit, nanofil, bulk fill ve ormoser kompozitler ile yaptıkları bir çalışmada, ormoser materyalin daha fazla, zirkonyum içerikli nanofil kompozit rezinin ise daha az pürüzlülük değerleri sergilediğini bulmuşlardır [119]. Marigo ve ark. nanofil kompozit rezinlerde nanomer boyutlu partiküller ve nanokümeler birlikte bulunurken; nanohibrit kompozit rezinlerde prepolimerize edilmiş formda cam doldurucu ve nanodoldurucular yer aldığı için, nanohibrit kompozit rezinlerdeki prepolimerize partiküllerin, bitim ve polisaj işlemleri ile koparak doldurucu matris ara yüzünün bozulmasına, dolayısıyla yüzeyin pürüzlenmesine neden olabileceğini bildirmişlerdir [120]. Çalışmamızda da tek prepolimerize doldurucu partikül içeren nanohibrit kompozit rezin olan nanohibrit kompozit grubu, genel olarak tüm polisaj prosedürleri uygulamadan sonra en fazla yüzey pürüzlülüğü gösteren kompozit rezin olmuştur. Nanohibrit kompozit rezin için polisaj sonrası Ra değeri en düşük OptiDisc polisaj sisteminde bulunmuştur (PO2: 0.59). Polisaj sonrası en yüksek Ra değeri Lucida polisaj sistemine aittir (PL2: 1.70). Polisaj sistemleri uygulama sonrası elde edilen bu farklı yüzey pürüzlülük parametreleri kullanılan sistemlerin tek aşamalı veya çok aşamalı olmasından, aşındırıcı partiküllerin sertlik farkından kaynaklanabilir. Ayrıca OptiDisc polisaj sistemi nanohibrit kompozit grubunda hem rezin matristen hem de inorganik dolduruculardan eşit oranda aşındırma yaptığı için en düşük pürüzlülük düzeyleri elde edilmiş olabilir.

Lu ve ark. yüzey pürüzlülüğünde, kullanılan polisaj sisteminin aşındırıcı özelliğinin kompozit rezinin bileşiminden daha önemli olduğunu bildirmişlerdir [121]. Bizim çalışmamızda da elmas partikül içeren polisaj sistemlerinin kullanıldığı kompozit rezin grupları alüminyum oksit içeren polisaj sistemlerinin kullanıldığı kompozit rezin gruplarına göre daha yüksek pürüzlülük parametreleri gösterdi. Özellikle tek partikül boyutuna sahip elmas aşındırıcı içeren Lucida polisaj grubunda en yüksek pürüzlülük değerleri elde edildi. Bitim ve polisaj sistemlerinde kullanılan aşındırıcı materyallerin sertliği, boyutu, şekli ve polisaj sırasında uygulanan basınç ve hız, bitim ve polisaj işlemlerinin etkinliğini belirleyen faktörlerdir [122].

Çalışmamızda, polisaj öncesi ve sonrası yüzey pürüzlülük parametreleri incelendiğinde, tüm kompozit grupları için polisaj öncesi ve sonrası değerlerler karşılaştırıldığında; en fazla pürüzlülük değişimi KO2 (Ra: 1,28- 0,46) grubunda saptanmıştır. PL2 (Ra: 1,78- 1,70) grubunda ise anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu farklılık polisaj sistemlerinin içerdiği aşındırıcı tipi farklılığından veya tek aşamalı/çok aşamalı olmasından kaynaklanabilir. Polisaj sonrası tüm kompozit rezin gruplarının kendi içlerinde pürüzlülük değerleri karşılaştırılmasında, Lucida polisaj sistemi ile polisajlanan nanohibrit kompozit rezin grubu diğer kompozit gruplarına göre daha yüksek pürüzlülük değerleri sergiledi.

Bashetty ve ark., tek aşamalı bitim ve polisaj sistemleri ile çok aşamalı sistemlerini karşılaştırdıkları çalışmada, tek aşamalı bitim ve polisaj sistemleriyle çok aşamalı sistemlere göre daha az pürüzlülük düzeyleri elde edildiğini ve hasta başında geçirilen sürenin de azaldığını bildirmişlerdir [123]. Çalışmamızda tek aşamalı sistem olarak sadece Lucida polisaj sistemi yer almaktadır. Fakat Lucida polisaj sisteminin diğer bitim ve polisaj sistemlerinden pürüzlülüğü giderme etkinliğinin daha düşük olduğu bulunmuştur. Bu sonuç Lucida'nın tek aşamalı olmasından ve tek boyutta elmas partikül içeren polisaj patıyla kullanılmasından dolayı pürüzlülüğü gidermedeki etkinliğinin daha az olduğunu düşündürmektedir. En düşük pürüzlülük parametreleri ise Optidisc polisaj sisteminden elde edilmiştir. Bu sonuç çok aşamalı bitim ve polisaj sistemlerinin pürüzlülüğü gidermedeki etkinliğinin daha iyi olduğunu gösteren diğer çalışmalarla paralellik göstermektedir [59, 100].

Üçtaşlı ve ark., mikrofil (Clearfil ST, Kuraray), hibrit (Clearfil AP-X, Kuraray) ve tepilebilir kompozit rezin (Clearfil Photo Posterior, Kuraray) kullanarak yaptıkları çalışmada hazırlanan numuneleri sof-lex disk ve PoGo polisaj sistemleriyle polisajladıktan sonra yüzey pürüzlülük değerlerini karşılaştırmış ve çok aşamalı bitim ve

polisaj sistemleriyle daha pürüzsüz yüzeyler elde etmişlerdir. Bu farklılığın aşındırıcı partiküllerin kullanılan kompozit rezinin inorganik doldurucu partiküllerinden daha sert olmasından kaynaklandığını, aksi takdirde bu sistemlerin, kompozit rezinlerin sadece organik matriks kısmından aşındırma yapıp inorganik doldurucuların bitim yüzeylerinde çıkıntı ve sivrilikler oluşturarak daha pürüzlü yüzeyler elde edilmesine neden olacağını belirtmişlerdir [124]. Çalışmamızda zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit grubu için polisaj sonrası Ra değeri en düşük OptiDisc polisaj sisteminde bulunmuştur (ZO2:0,33). Polisaj sonrası en yüksek Ra değeri Enhance PoGo polisaj sistemine aittir (ZE2: 0.77). Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit için elde edilen bu pürüzlülük değerleri, Enhance PoGo sisteminin tek boyutta elmas partikül içeren polisaj lastikleri içermesinden kaynaklandığını düşünmekteyiz. Elmas partikülleri kompozit rezinin inorganik partiküllerinden daha serttir ve yüzeyde çizikler oluşturma eğilimindedir. Sert aşındırıcılar kullanılacaksa büyükten küçüğe azalan gren büyüklüğünde kullanılmalıdır.

Koh ve ark., PoGo/Enhance® (DENTSPLY/Caulk), Sof-Lex™ (3MTM ESPETM), Astropol® (Ivoclar Vivadent), ve Optidisc™ (Kerr) polisaj sistemlerini kullandıkları çalışmalarında PoGo/Enhance® ile polisajlanan yüzeyleri OptiDisc grubuna göre daha pürüzlü bulmuşlardır [125]. OptiDisc ve Enhance PoGo polisaj sistemlerinin kullanıldığı diğer bir çalışmada yüzey pürüzlülük değerleri AFM ile değerlendirilmiş ve OptiDisc, Enhance PoGo polisaj sisteminden daha üstün yüzey özellikleri göstermiştir [126]. Çalışmamızda da literatürdeki diğer çalışmalarla benzer şekilde OptiDisc ile polisajlanan yüzeyler tüm kompozit grupları için anlamlı derece düşük yüzey pürüzlülük parametreleri oluşturmuştur ($p<0,05$). Çalışmamızda mikrohbrit kompozit grubu için polisaj sonrası Ra değeri en düşük OptiDisc polisaj sisteminde bulunmuştur (KO2: 0.46). Polisaj sonrası en yüksek Ra değeri Enhance PoGo polisaj sistemine aittir (KE2: 0.90). Mikrohbrit kompozit rezin için Enhance PoGo ile elde edilen bu sonuçlar polisaj sisteminin içerdiği aşındırıcı tipinden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Aytaç ve ark., elmas partiküller içeren bitim ve polisaj sistemlerinin kullanılmasının kompozit yüzeyinde daha derin çizikler oluşturduğunu ve daha pürüzlü yüzeyler oluşturduğunu bildirmişlerdir [127]. Chour ve ark. Sof-Lex disk, elmas polisaj frezi ve Astrobrush kullanarak kompozit rezin örneklerle polisaj yapmış ve en pürüzlü yüzeyleri elmas polisaj frezi kullanılarak bitirilen yüzeylerde bulmuşlardır. Elmas polisaj frezlerinin kullanımından sonra alüminyum oksit içeren polisaj sistemi kullanmanın daha düşük yüzey pürüzlülüğü parametreleri verebileceğini belirtmişlerdir [128].

Çalışmamızın sonuçlarında; genel olarak elmas partikül içeren polisaj sistemlerinin daha pürüzlü yüzeyler oluşturduğu söylenebilir. Ayrıca tek aşamalı polisaj sistemleri hasta başında geçirilen süreyi kısaltması yönünden avantajlı gibi görünse de çok aşamalı sistemlerden daha pürüzlü yüzeyler elde edilmesi yönü ile dezavantajlıdır. Bununla birlikte tüm polisaj sistemleri için polisaj süresi boyunca uygulanan basınç standardize edilemediği için de farklı sonuçlar elde edildiği düşünülebilir.

5.2. SEM Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Çalışmamızda, farklı polisaj sistemlerinin farklı kompozit rezin türleri üzerine etkileri, tüm kompozitlere aynı bitim prosedürü uygulandıktan sonra ve polisaj sistemleri uygulandıktan sonra yüzeydeki değişiklikleri incelemek amacıyla SEM görüntüleme yönteminden yararlanılmıştır.

SEM görüntülerinin çok farklı magnifikasyonlarda elde edilmesi, çözünürlüğün; tarayıcı ucun boyutuyla sınırlı olduğu mekanik profilometre ile mümkün olmayan çeşitli seviyelerde yüzey pürüzlülüğünün analiz edilmesine olanak tanır.

Prolongo ve ark., farklı yüzey işlemleri uygulanmış kompozit yüzeylerde adesiv bağlanma dayanıklılığını ölçmüş ve yüzeye uygulanan işlemler sonrası yüzey pürüzlülükleri mekanik profilometre ve SEM ile analiz etmişlerdir. Yapılan bu çalışmaya göre araştırmacılar mekanik profilometrenin, taranan yüzeydeki tepe ve düzlüklerin ortalama yüksekliğini ölçebildiğini fakat bu ölçümün bir yüzeyi tam olarak karakterize etmek için tek başına yeterli olmadığını, benzer ortalama pürüzlülüğe sahip iki yüzeyin çok farklı yüzey dokuları sunabileceğini bildirmişlerdir [129]. Biz de çalışmamızda yüzey polisaj işlemleri öncesi ve sonrasında yüzey pürüzlülüğü üzerine kalitatif değerlendirme yapabilmek için AFM ve SEM cihazlarından yararlandık.

SEM görüntülerinde yüzeye uygulanan işlemler sonrasında inorganik doldurucu partiküllerin yüzeyden kopması sonucu oluşabilecek mikro boşluklar, çatlak ve çizikler görüntülenebilmektedir. Bizim çalışmamızda da kompozit gruplarının tamamında sarı kuşak alev uçlu frezle yüzey bitim işlemi sonrası alınan tüm görüntülerde yüzeylerden kopan inorganik doldurucular, çizikler ve oyuklar görülmektedir. Bu görüntüler mekanik profilometre ile ölçülen değerlerle paralellik göstermektedir. Twist-Dia polisaj sistemine ait tüm SEM görüntüleri ve mikrohbrit kompozit grubundan OptiDisc polisaj sistemi diğer polisaj sistemleriyle kıyaslandığında daha uniform ve homojendir. Mekanik profilometre ölçümlerinde ise en pürüzsüz yüzey ZO2 grubunda elde edilmiştir. ZO2

grubu SEM analizinde yüzeydeki çizikler ve sığ çukurlar görülebilmektedir. Kontrol gruplarından sonra en heterojen yüzey görüntüsü ZE2 grubuna aittir. Tek boyutta elmas aşındırıcılar içeren Enhance PoGo ve Lucida grupları tüm kompozit örneklerde daha derin çizikler, çukurlar ve inorganik partiküllerin yüzeyden kopmuş görüntüsüne neden olmuştur. İki farklı elmas partikül boyutuna sahip T grubu ise en homojen yüzeyler oluşturmuştur. Bu sonuca göre; elmas aşındırıcı partikülleri büyük partikülden küçük partiküle doğru azalan şekilde kullanmak yüzeyde daha uniform görüntüye sebep olabilir.

Kılıç ve ark., dört farklı bulk-fill kompozit (Filtek Bulk Fill, X-tra fil, Beautifil-Bulk Restorative ve Fill Up) ve iki nano-fill rezin bazlı kompozit (Ceram.x SphereTEC and Filtek Z550) kullanılarak sadece alüminyum oksit, alüminyum oksit ve elmas, sadece elmas partikülleri içeren (Sof-Lex Diamond, Clearfil Twist Dia, HiLuster Plus, OptiDisc) farklı polisaj sistemleri kullandıkları çalışmada en düşük pürüzlülük düzeylerini alüminyum oksit içeren polisaj sisteminde (OptiDisc), en fazla pürüzlülük değerlerini ise elmas aşındırıcı içeren polisaj sisteminde (Twist Dia) bulmuşlardır (mekanik profilometre, AFM ve SEM analizleri birbiriyle uyumludur) ve bu farklılığı alüminyum oksit partiküllerinin rezinin organik ve inorganik matriks kısımlarından eşit miktarda aşındırma yapmasıyla ilişkilendirmişlerdir [97]. Çalışmamızda ise SEM analizinde en uniform yüzeyler, bu çalışmanın aksine Twist Dia grubunda bulunmuştur.

5.3. AFM Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Kontak profilometreler 2D görüntüler ürettiğinden ve malzemenin yüzey özelliklerini yeterince yansıtmadığından, son zamanlarda dental malzemelerin yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi için atomik kuvvet mikroskobu (AFM) cihazları kullanılmaktadır [95, 96]. AFM, malzeme yüzeyinden yüksek çözünürlüklü 3D nanometrik görüntüler elde edebilmektedir [97]. Çalışmamızda genel olarak tüm örneklerin başlangıç yüzey pürüzlülükleri polisaj sonrası ölçümlerle kıyaslanınca daha yüksektir. Bu yüzey özellikleri farklılıkları mekanik profilometre ölçümleri ve SEM görüntüleri ile paraleldir.

Kılıç ve Gök, bulk fill ve nanofil rezinlerin yüzey pürüzlülükleri üzerine yaptıkları çalışmada mekanik profilometre ve AFM cihazıyla tarama yapmış ve yüzey pürüzlülük değerlerinde farklılıklar bulmuşlardır. Bu farklılığın, AFM analizi ile değerlendirilen alanın küçük olmasından kaynaklanabileceğini materyalin bütününde yüzey özelliklerinde farklılıklar olabileceğini bildirmişlerdir [97]. Çalışmamızdaki AFM

cihazıyla ölçülen Ra değerleri incelendiğinde; polisaj öncesi en az pürüzlü yüzey K (Ra:0,42 μ m) kompozit grubuna aittir. Başlangıç AFM ölçümlerinde en yüksek Ra değerleri sırasıyla P, Z, B, K gruplarına aittir. Bu sıralama mekanik profilometre ile yapılan ölçümlerden elde edilen Ra değerleri sıralamasından farklı bulunmuştur.

AFM cihazıyla elde edilen Ra değerleri polisaj sistemlerine göre değerlendirildiğinde; K kompozit grubu için T polisaj sistemi, P kompozit grubu için O polisaj sistemi, B kompozit grubu için L polisaj sistemi, Z kompozit grubu için T polisaj sistemi en düşük Ra değerlerindedir. Bu sonuçlar SEM analizi ile uyumludur. Polisaj sonrası AFM ile elde edilen Ra değerleri tüm gruplar için birbirine yakın ve klinik olarak kabul edilebilir Ra değerinin altındadır. Yalnızca PL2 grubu için ölçülen Ra değeri diğer gruplardan daha yüksek çıkmıştır, bu da hem mekanik profilometre ölçümleri ile hem de SEM görüntüleriyle uyumludur.

Tüm polisaj sonrası gruplar karşılaştırıldığında en düşük yüzey pürüzlülük parametreleri KT2 grubuna aittir. Başlangıç ve polisaj sonrası alınan AFM görüntüleri karşılaştırıldığında; tüm grupların yüzey morfolojilerinde değişiklikler gözlenmiştir. Başlangıç görüntülerinde var olan yoğun yükseklik ve alçaklık farkları, polisaj sonrası gruplarda da halen izlenmekte fakat derinlikleri ve sıklıkları daha az görülmektedir.

5.4. Renk Değişiminin Değerlendirilmesi

Kompozit rezinlerin renk değişikliği üzerine farklı polisaj prosedürleri uygulamanın ve renklenme sonrası yeniden polisaj prosedürleri uygulamanın etkilerini de değerlendirdiğimiz bu in vitro çalışmada; tüm örneklerin sarı kuşak alev uçlu frezle bitim işleminden sonra (0. gün), 14 gün kahve solüsyonunda bekletme sonrasında ve yeniden polisaj uygulama sonrası olmak üzere üç kez renk ölçümü yapıldı. Dayı ve ark., kahvenin en fazla renk değişimine neden olan içecek olduğunu, onu kırmızı şarap ve çayın izlediğini ve kahvenin her gün dünya çapında tüketilen popüler bir içecek olduğunu belirtmiştir [130]. Bu nedenle, çalışmamızda renklendirici solüsyon olarak kahve çözeltisi kullanılmıştır. Özkanoğlu ve ark. kritik renklenme döneminin, leke penetrasyonunun beş mikrona kadar ulaşabildiği ilk 5 hafta olduğunu bildirmişlerdir [131]. Bu nedenle çalışmamızda tüm kompozit rezin örnekler 14 aylık kahve tüketimine denk gelen 14 gün boyunca kahve solüsyonunda renklendirilmiştir.

Dental kompozit rezinlerin yüzey renklenmesini gidermede yeniden polisajlama proedürlerinin kullanılması ile ilgili literatürde çok fazla çalışma yoktur [132].

Çalışmamızda polisaj yapıldıktan sonra kahve ile renklendirilmiş olan kompozit numunelerin yeniden polisajlama prosedürleri sonrası elde edilen renk değişimi parametrelerini değerlendirdik.

Fidan, kahve ile renklendirilmiş ve ardından farklı polisaj sistemleri kullanılarak polisajlanmış rezin kompozit numunelerin renk değişimi üzerinde yeniden polisaj prosedürlerinin etkisi araştırmış, bunun için tek aşamalı ve iki aşamalı polisaj sistemleri kullanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre yeniden polisajlama ile renk değişikliğinin kahvede bekletmeye kıyasla azaldığını, çok aşamalı polisaj sistemlerinin renklenmeyi gidermede tek aşamalı polisaj sistemlerinden daha etkili olduğunu bildirmiştir [132]. Çalışmamızda bu çalışmaya paralel olarak yeniden polisajlama ile renk değişikliği bulgularında azalma tespit edildi. Çok aşamalı polisaj sistemi olan Optidisc polisaj sistemi renklenmeyi gidermede en etkili bulundu, en az etkili olan grup ise tek aşamalı polisaj sistemi olan Lucida grubu oldu.

Spektrofotometreler, bir ürünün renginin yansıma eğrisini her 10 nm'de bir ölçen monokromatörler ve fotodiyotlar içerdiğinden, renk değişimini ölçmede kolorimetrelerden daha üstün olarak kabul edilir [133]. Bu nedenle çalışmamızdaki renk ölçümleri bir spektrofotometre ile yapıldı.

Nesnellik, ölçümün tekrarlanabilir olması ve küçük renk değişikliklerini tespit edebilen hassasiyette olması nedeniyle çalışmamızda CIEDE2000 sistemini kullandık [134]. Miotti ve ark., CIEDE2000 analizinin insan gözünün renk farklarını nasıl algıladığına benzer bir şekilde yaklaştıran önemli ayarlamalar yaptığını bildirmişlerdir [135]. Oliveira ve ark., CIEDE2000 formülüyle renk farkı için elde edilen algılanabilirlik ve kabul edilebilirlik eşikleri arasında daha iyi bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir [136]. CIEDE2000 sisteminde renk değişiminin büyüklüğü ΔE ile ifade edilir. Kabul edilebilir ΔE değeri için kesin bir değer yoktur. Paravina ve ark. çalışmalarında kabul edilebilir renk değişimi değerini 3,3'e kadar olduğunu, $\Delta E < 1$ olduğu durumlarda renk değişikliğinin insan gözüyle algılanamayacağını bildirmişlerdir [137]. Bizim çalışmamızda da 3.3 veya daha az olan ΔE değerleri klinik olarak kabul edilebilir değer olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda 0. gün ve 14 gün renklendirme sonrası yapılan ölçümlerde elde edilen ΔE değerleri (ΔE_1) tüm gruplar için kabul edilebilir değer olan 3,3 ün üstünde bulundu. Moraes ve ark., iki mikrohibrit (Filtek Z250 ve Charisma) kompozit materyalle yaptıkları çalışmada hazırladıkları numuneleri 6 ay boyunca distile suda bekletmiş ve daha sonra yüzey pürüzlülüklerini ölçmüşlerdir. Bu ölçüm sonucunda Charisma daha üstün yüzey özellikleri sergilemiştir. Araştırmacılar bu durumu Filtek

Z250'nin rezin matriks sistemlerinde TEGDMA bulunmasına ve içerikteki TEGDMA'nın artmasının su alımında bir artışa yol açmasına bağlamışlardır. Bu monomerin BisGMA ve UDMA ile karşılaştırıldığında daha yüksek hidrofiliklik sunduğunu ve bunun da su emilimine ve dolayısıyla yüzey özelliklerinin kaybına neden olduğunu bildirmişlerdir [138]. Çalışmamızda yer alan mikrohibrit, nanohibrit ve giomer kompozit rezinler hem BisGMA hem de TEGDMA içermektedir. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit ise sadece BisGMA içermektedir. Zirkonyum içerikli nanohibrit kompozit grubu TEGDMA içermemesine rağmen Moraes ve ark. çalışmasının aksine yüksek renklenme parametreleri sunmuştur. Bu durumun zirkonyum içerikli kompozit rezinin daha büyük doldurucu partikül ve düşük doldurucu partikül konsantrasyonu içermesinden kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz.

Berber ve ark., nanohibrit kompozitlere, Enhance, Sof-Lex, Hiluster ve OptiDisc ile polisaj uyguladıkları çalışmalarında mylar striple hazırlanan örnekleri kontrol grubu olarak belirlemişlerdir. Tüm örnekleri 24 saat boyunca farklı renklendirici solüsyonlarda bekletmiş ve en yüksek renk değişikliği parametrelerinin mylar strip yüzeylerinde bulunduğunu en az renk değişikliği parametrelerinin ise Enhance grubunda bulunduğunu bildirmişlerdir. Sof-Lex ve OptiDisc gruplarının renklenme değerlerinin birbirine yakın olduğunu bildirmişlerdir [139]. Çalışmamızda bu sonucun aksine OptiDisc gruplarında Enhance PoGo grubundan daha düşük ΔE değerleri bulunmuştur. Bu durum kullanılan kompozit rezinlerin yapılarının farklı olmasından veya polisaj uygulama sırasındaki farklılıklarından kaynaklanabilir.

Hezer ve ark., anterior kompozit rezinlerin farklı polisaj sistemleri (Dentoflex (Kerr), Composoft (EVE), Diapolisher Paste (GC) ve Twist Dia (Kuraray)) uyguladıktan sonra kahve solüsyonunda renklendirmiş ve renklenmeye en dirençli yüzeylerin Twist Dia grubunda olduğunu bildirmişlerdir [140]. Çalışmamızda da 0. gün ve 14. gün renklendirme sonrası elde edilen $\Delta E1$ değerleri bu çalışmayla paralel olarak en düşük Twist Dia gruplarında bulundu. Twist-Dia gruplarında 0. gün ve 14. gün renk değişikliği değerleri ile elde edilen $\Delta E1$ değerleri en düşük nanohibrit ve mikrohibrit kompozit gruplarında bulundu, bu gruplar en iyi renk stabilitesi gösterdi.

Özdaş ve ark., Filtek Z250, Voco x-tra base, Beautifil Flow Plus, Beautifil II kullanarak yaptıkları renklendirme çalışmasında en yüksek renklenme parametrelerini Beautifil II kompozitte elde etmişlerdir. Yüksek miktarda rezin matriks, daha büyük doldurucu partiküller ve düşük doldurucu partikül konsantrasyonundan oluşan kompozit rezinlerin renk değişimine karşı daha yüksek bir eğilime sahip olduğunu bildirmişlerdir

[141]. Bizim çalışmamızda da giomer kompozit grubu $\Delta E1$ değerlerine göre en yüksek renklenme parametreleri göstermiştir. Bu durum giomer kompozitin fazla miktarda rezin matriks içermesi, dolayısıyla su absorpsiyonunun diğer kompozit rezinlere göre daha yüksek olmasıyla da ilgili olabilir.

Karadaş ve Demirbuğa, bulk fill (SonicFill, Filtek Bulk Fill Flowable, X-tra fil, Filtek Bulk Fill Posterior) ve nanokompozitler (G-aenial Universal Flo, Herculite XRV Ultra, Filtek Ultimate) kullanarak yaptıkları çalışmada, yüzey yaşlandırma işlemleri sonrası, en pürüzlü yüzeyler XF grubunda bulunmuş fakat en yüksek renklenme değerleri FU grubunda bulmuşlardır [117]. Biz de çalışmamızda bu çalışmaya paralel olarak, polisaj işlemleri sonrası en pürüzlü yüzeyleri nanohibrit kompozit rezin örneklerde, fakat en fazla yüzey renklenme bulgularını giomer kompozit örneklerde elde ettik. Bu sonuca göre çalışmamızdaki yüzey pürüzlülüğü fazla olan kompozit rezinler, daha yüksek renk değişikliği parametreleri göstermemişlerdir.

SONUÇ

Dört farklı kompozit rezin ve dört farklı polisaj sistemi kullanarak elde edilen yüzeylerin, yüzey pürüzlülüğü ve yüzey renk değişikliği parametrelerini değerlendirdiğimiz bu çalışmada;

- Kullanılan kompozit rezinlerin türünün, doldurucu boyut, şekil ve miktarının, organik matriks bileşenlerinin yüzey pürüzlülüğü ve yüzey renklenme parametrelerini etkilediği,
- Kullanılan polisaj sistemlerinin içerdikleri aşındırıcı sertliklerinin, türlerinin, boyutlarının, tek aşamalı veya çok aşamalı olmasının, yüzey bitim özelliklerine etki eden faktörlerden olduğu,
- Polisaj uygulanmayan yüzeylerin her aşamada en yüksek renklenme ve pürüzlülük düzeyleri oluşturduğu ve bu pürüzlülük düzeylerinin kullanılan tüm analiz türlerinde aynı yönde desteklendiği,
- Polisaj uygulama sonrası en pürüzlü yüzeylerin nanohibrit kompozit türünde ve Lucida polisaj sistemi ile meydana geldiği, kahve ile renklendirme sonrası en fazla yüzey renklenme parametrelerinin giomer kompozit rezinde ve Enhance PoGo polisaj sistemi ile oluştuğu, renklenmeye en dirençli yüzeylerin nanohibrit kompozit rezinde ve Twist-Dia polisaj sistemi ile meydana geldiği, yeniden polisajlama aşamasında renklenmeyi gidermede en etkili polisaj sisteminin OptiDisc polisaj sistemi olduğu,
- Yeniden polisaj uygulama sonrası klinik olarak kabul edilebilir tek renk değişikliği parametrelerinin nanohibrit kompozit için OptiDisc polisaj grubunda bulunduğu,
- Yüzey pürüzlülüğü en yüksek olan kompozit rezinlerin yüzey renklenmesinin en yüksek olmadığı bulunmuştur.

Kompozit rezinlerin polisaj işlemlerinin, kompozit rezinlerin klinik başarısındaki önemini değerlendirdiğimiz bu in-vitro çalışmada, farklı polisaj sistemleri ile farklı sonuçlar elde edildi. Çalışmamızda hazırladığımız düz yüzeye sahip numuneler farklı yüzey özelliklerine sahip ağız ortamındaki restorasyonları birebir taklit etmemektedir. Ayrıca bu çalışmada tükürük, farklı pH değerleri, yeme içme alışkanlıkları, oklüzal stres gibi in-vivo şartlar taklit edilmediğinden ileri in-vivo ve in-vitro çalışmalara ve ideal

kompozit rezin-polisaj sistemlerini tespit edebilmek için uzun dönem klinik takip çalışmalarına ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

1. Antonson, S.A., et al., Comparison of different finishing/polishing systems on surface roughness and gloss of resin composites. *Journal of Dentistry*, 2011. **39**: p. e9-e17.
2. Gladwin, M.A. and M.D. Bagby, Clinical aspects of dental materials. (No Title), 2000.
3. Dunkin, R. and D.W. Chambers, Gingival response to class V composite resin restorations. *The Journal of the American Dental Association*, 1983. **106**(4): p. 482-484.
4. Gönülol, N. and F. Yılmaz, The effects of finishing and polishing techniques on surface roughness and color stability of nanocomposites. *Journal of dentistry*, 2012. **40**: p. e64-e70.
5. Choi, M.-S., et al., Changes in surface characteristics of dental resin composites after polishing. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 2005. **16**: p. 347-353.
6. Nasim, I., et al., Color stability of microfilled, microhybrid and nanocomposite resins—an in vitro study. *Journal of dentistry*, 2010. **38**: p. e137-e142.
7. Rodrigues, C., et al., Repolishing resin composites after bleaching treatments: Effects on color stability and smoothness. *Operative dentistry*, 2019. **44**(1): p. 54-64.
8. Ehrmann, E., E. Medioni, and N. Brulat-Bouchard, Finishing and polishing effects of multiblade burs on the surface texture of 5 resin composites: microhardness and roughness testing. *Restorative dentistry & endodontics*, 2019. **44**(1).
9. Bowen, R., Use of epoxy resins in restorative materials. *Journal of Dental Research*, 1956. **35**(3): p. 360-369.
10. Ferracane, J., et al., Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. *Journal of dental research*, 1997. **76**(8): p. 1508-1516.
11. Hickel, R., et al., New direct restorative materials. *International dental journal*, 1998. **48**(1): p. 3-16.
12. Dabanoglu, A., et al., Three body wear resistance of resin composites. *DGZ/EFCD-Tagung, München*, 2003.
13. Dayangaç, B., Kompozit rezin restorasyonlar. 2000: Güneş Kitabevi.
14. Labella, R., et al., Monomethacrylate co-monomers for dental resins. *European*

- journal of oral sciences, 1998. **106**(3).
15. Chen, M.-H., Update on dental nanocomposites. Journal of dental research, 2010. **89**(6): p. 549-560.
 16. Karunagaran, S. and T.-M.G. Chu, The effect of inhibitor concentrations on the chemical and mechanical properties of Bis-GMA-based resin dental composites. Journal of Materials Science Research, 2013. **2**(2): p. 118.
 17. Bayırlı, G.S. and Ş. Şirin, Konservatif diş tedavisi. 1982: Yayl y.
 18. Habib, E., et al., Inorganic fillers for dental resin composites: present and future. ACS biomaterials science & engineering, 2016. **2**(1): p. 1-11.
 19. Willems, G., et al., Composite resins in the 21st century. Quintessence international, 1993. **24**(9).
 20. Schneider, L.F.J., L.M. Cavalcante, and N. Silikas, Shrinkage stresses generated during resin-composite applications: a review. Journal of dental biomechanics, 2010. **2010**.
 21. Karabela, M.M. and I.D. Sideridou, Synthesis and study of properties of dental resin composites with different nanosilica particles size. Dental materials, 2011. **27**(8): p. 825-835.
 22. Canyurt, M.B., E.A. Oktay, and S. Karaoğluoğlu, Diş Hekimliğinde İndirekt Kompozit Rezinler. Current Research in Dental Sciences, 2021. **34**(2): p. 144-149.
 23. Luo, J., R. Seghi, and J. Lannutti, Effect of silane coupling agents on the wear resistance of polymer-nanoporous silica gel dental composites. Materials Science and Engineering: C, 1997. **5**(1): p. 15-22.
 24. Sideridou, I., D.S. Achilias, and E. Kyrikou, Thermal expansion characteristics of light-cured dental resins and resin composites. Biomaterials, 2004. **25**(15): p. 3087-3097.
 25. Gajewski, V.E., et al., Monomers used in resin composites: degree of conversion, mechanical properties and water sorption/solubility. Brazilian dental journal, 2012. **23**: p. 508-514.
 26. Berger, S.B., et al., Characterization of water sorption, solubility and filler particles of light-cured composite resins. Brazilian dental journal, 2009. **20**: p. 314-318.
 27. Pekkan, G., Radiopacity of dental materials: An overview. Avicenna Journal of Dental Research, 2016. **8**(2): p. 8-8.
 28. Lucena, C., et al., Optical behavior of one-shaded resin-based composites. Dental materials, 2021. **37**(5): p. 840-848.

29. Mikhail, S.S., et al., Optical characteristics of contemporary dental composite resin materials. *Journal of dentistry*, 2013. **41**(9): p. 771-778.
30. Wang, Y., M. Zhu, and X. Zhu, Functional fillers for dental resin composites. *Acta biomaterialia*, 2021. **122**: p. 50-65.
31. Ferracane, J.L., Resin composite—state of the art. *Dental materials*, 2011. **27**(1): p. 29-38.
32. Tjan, A.H. and C.A. Chan, The polishability of posterior composites. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1989. **61**(2): p. 138-146.
33. Zhang, L., P. Yu, and X.-Y. Wang, Surface roughness and gloss of polished nanofilled and nanohybrid resin composites. *Journal of Dental Sciences*, 2021. **16**(4): p. 1198-1203.
34. Mitra, S.B., D. Wu, and B.N. Holmes, An application of nanotechnology in advanced dental materials. *The Journal of the American Dental Association*, 2003. **134**(10): p. 1382-1390.
35. Azzouz, R., S. Allaoui, and R. Moulart, Composite preforming defects: a review and a classification. *International Journal of Material Forming*, 2021. **14**(6): p. 1259-1278.
36. Van Dijken, J.W., A clinical evaluation of anterior conventional, microfiller, and hybrid composite resin fillings: A 6-year follow-up study. *Acta Odontologica Scandinavica*, 1986. **44**(6): p. 357-367.
37. Riva, Y.R. and S.F. Rahman. Dental composite resin: A review. in *AIP conference proceedings*. 2019. AIP Publishing.
38. Thadathil Varghese, J., et al., Comparative analysis of self-cure and dual cure-dental composites on their physico-mechanical behaviour. *Australian Dental Journal*, 2024. **69**(2): p. 124-138.
39. Soderholm, K.-J., Influence of silane treatment and filler fraction on thermal expansion of composite resins. *Journal of dental research*, 1984. **63**(11): p. 1321-1326.
40. Price, R.B., Light curing in dentistry. *Dental Clinics*, 2017. **61**(4): p. 751-778.
41. Roberson, T., H.O. Heymann, and E.J. Swift Jr, *ARABIC-Sturdevant's art and science of operative dentistry: Arabic bilingual edition*. 2013: Elsevier Health Sciences.
42. Micali, B. and R.T. Basting, Effectiveness of composite resin polymerization using light-emitting diodes (LEDs) or halogen-based light-curing units. *Brazilian oral*

- research, 2004. **18**: p. 266-270.
43. Jm, P., Craig's restorative dental materials. Mechanical properties, 2006: p. 51-96.
 44. Leinfelder, K.F., S.C. Bayne, and E.J. Swift, Packable composites: overview and technical considerations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 1999. **11**(5): p. 234-249.
 45. Bayne, S.C., et al., A characterization of first-generation flowable composites. *The Journal of the American Dental Association*, 1998. **129**(5): p. 567-577.
 46. Cho, K., et al., Dental resin composites: A review on materials to product realizations. *Composites Part B: Engineering*, 2022. **230**: p. 109495.
 47. Shintani, H., et al., Effects of various finishing methods on staining and accumulation of *Streptococcus mutans* HS-6 on composite resins. *Dental Materials*, 1985. **1**(6): p. 225-227.
 48. Chandler, H., R. Bowen, and G. Paffenbarger, Method for finishing composite restorative materials. *The Journal of the American Dental Association*, 1971. **83**(2): p. 344-348.
 49. Oğlakçı, B. and K. Yamanel, Güncel Kompozit Bitirme ve Polisaj Sistemleri. *Türkiye Klinikleri Restorative Dentistry-Special Topics*, 2023. **9**(1): p. 22-29.
 50. Gömleksiz, S. and O. Gömleksiz, The effect of contemporary finishing and polishing systems on the surface roughness of bulk fill resin composite and nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2022. **34**(6): p. 915-923.
 51. Da Costa, J.B., F. Goncalves, and J.L. Ferracane, Comparison of two-step versus four-step composite finishing/polishing disc systems: evaluation of a new two-step composite polishing disc system. *Operative dentistry*, 2011. **36**(2): p. 205-212.
 52. Jefferies, S.R., Abrasive finishing and polishing in restorative dentistry: a state-of-the-art review. *Dental Clinics of North America*, 2007. **51**(2): p. 379-397.
 53. Pietrokovski, Y., et al., Comparison of different finishing and polishing systems on surface roughness and bacterial adhesion of resin composite. *Materials*, 2022. **15**(21): p. 7415.
 54. Ölmez, A. and S. Kisbet, Kompozit rezin restorasyonlarda bitirme ve polisaj işlemlerindeki yeni gelişmeler. *Acta Odontologica Turcica*, 2012. **30**(2): p. 115-22.
 55. Mukhija, B., D. Kandaswamy, and V. Venkatesh, Surface Roughness Of A Nanocomposite After Finishing With Three Different Polishing Systems-A Two Dimensional Profilometric Evaluation. *International Journal of Clinical Dentistry*,

2012. **5**(4).
56. Borges, C., et al., Dental diamond burs made with a new technology. *The Journal of prosthetic dentistry*, 1999. **82**(1): p. 73-79.
 57. Lehmann, A., et al., Press-on force effect on the efficiency of composite restorations final polishing—preliminary in vitro study. *Coatings*, 2021. **11**(6): p. 705.
 58. Jung, M., K. Hornung, and J. Klimek, Polishing occlusal surfaces of direct Class II composite restorations in vivo. *Oper Dent*, 2005. **30**(2): p. 139.
 59. Yap, A.U., et al., Finishing/polishing of composite and compomer restoratives: effectiveness of one-step systems. *Operative Dentistry-University Of Washington-*, 2004. **29**: p. 275-279.
 60. Commar, B.C., et al., Alcohol and light-polymerizing glaze effect on the physical and mechanical properties of a bisacrylate composite resin before and after immersion in chlorhexidine gluconate. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 2021. **125**(5): p. 832. e1-832. e6.
 61. Blinov, A.V., et al., Nanoscale composite protective preparation for cars paint and varnish coatings. *Coatings*, 2022. **12**(9): p. 1267.
 62. Atabek, D., H. Sillelioglu, and A. Ölmez, The efficiency of a new polishing material: nanotechnology liquid polish. *Operative dentistry*, 2010. **35**(3): p. 362-369.
 63. Durand, L.B., et al., Color, lightness, chroma, hue, and translucency adjustment potential of resin composites using CIEDE2000 color difference formula. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2021. **33**(6): p. 836-843.
 64. Sarikaya, I. and A.U. Güler, Diş hekimliği uygulamalarında renk kavramı. *Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences*, 2009. **15**(2): p. 118-129.
 65. Lamb, T.D., Why rods and cones? *Eye*, 2016. **30**(2): p. 179-185.
 66. Vadher, R., et al., Basics of color in dentistry: A review. *IOSR J Dent Med Sci*, 2014. **13**(9): p. 78-85.
 67. Fondriest, J., Shade matching in restorative dentistry: the science and strategies. *International journal of Periodontics and restorative dentistry*, 2003. **23**(5): p. 467-480.
 68. KJ, A., Physical properties of dental materials. *Phillips science of dental materials*, 2005: p. 52-53.
 69. Jouhar, R., M.A. Ahmed, and Z. Khurshid, An overview of shade selection in clinical dentistry. *Applied Sciences*, 2022. **12**(14): p. 6841.

70. Della Bona, A., Color and appearance in dentistry. Vol. 1. 2020: Springer.
71. Chu, S.J., Fundamentals of color: shade matching and communication in esthetic dentistry. (No Title), 2004.
72. Khashayar, G., et al., The influence of varying layer thicknesses on the color predictability of two different composite layering concepts. Dental Materials, 2014. **30**(5): p. 493-498.
73. Fidan, M. and Z. Dereli, Translüsensi Özelliğinin Polisaj Uygulanan Kompozit Rezinlerde Cielab ve Ciede Renk Sistemlerine Göre Karşılaştırılması. 2021.
74. Greenwall, L., Bleaching techniques in restorative dentistry: An illustrated guide. 2001: CRC Press.
75. Paravina, R.D., M. Kimura, and J.M. Powers, Evaluation of polymerization-dependent changes in color and translucency of resin composites using two formulae. Odontology, 2005. **93**: p. 46-51.
76. Kurt, M., B. Turhan Bal, and C. Bal, Güncel Renk Ölçüm Yöntemleri: Sistematik Derleme. Türkiye Klinikleri Journal of Dental Sciences, 2016. **22**(2).
77. Okubo, S.R., et al., Evaluation of visual and instrument shade matching. The Journal of prosthetic dentistry, 1998. **80**(6): p. 642-648.
78. Liberato, W.F., et al., A comparison between visual, intraoral scanner, and spectrophotometer shade matching: A clinical study. The Journal of prosthetic dentistry, 2019. **121**(2): p. 271-275.
79. O'Brien, W.J., Dental materials and their selection. Vol. 10. 2002: Quintessence Chicago.
80. Martin-de las Heras, S., et al., Objective measurement of dental color for age estimation by spectroradiometry. Forensic science international, 2003. **132**(1): p. 57-62.
81. Craig, R.G., Restorative dental materials. 1980: Mosby.
82. Filiz, H., A.T.E. Avunduk, and E.C. Yanardağ, Diş hekimliğinde yüzey pürüzlülüğü araştırma yöntemleri: derleme makalesi. Uşak Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2023. **2**(2): p. 28-35.
83. Joniot, S., et al., Three-dimensional optical profilometry analysis of surface states obtained after finishing sequences for three composite resins. Operative dentistry, 2000. **25**(4): p. 311-315.
84. Kakaboura, A., et al., Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter.

- Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 2007. **18**: p. 155-163.
85. Çökük, D.N., Tam Seramik Sistemlerine Uygulanan Farklı Polisaj Metotlarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2009. **2009**(2): p. 98-104.
 86. Vahabi, S., B.N. Salman, and A. Javanmard, Atomic force microscopy application in biological research: a review study. Iranian journal of medical sciences, 2013. **38**(2): p. 76.
 87. Singh, S., Microscopes in conservative dentistry and endodontics research. 2022, Medknow. p. 333-337.
 88. Paradella, T.C. and M.A. Bottino, Scanning Electron Microscopy in modern dentistry research. Brazilian Dental Science, 2012. **15**(2): p. 43-48.
 89. Güler, E., et al., Farklı içeceklerde bekletilen kompozit rezinlerin renk stabilitelerinin karşılaştırılması. Atatürk Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi, 2013. **23**(1): p. 24-29.
 90. Ferracane, J.L., A Historical Perspective on Dental Composite Restorative Materials. Journal of Functional Biomaterials, 2024. **15**(7): p. 173.
 91. Suryawanshi, A. and N. Behera, Dental composite resin: a review of major mechanical properties, measurements and its influencing factors. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik, 2022. **53**(5): p. 617-635.
 92. Masouras, K., N. Silikas, and D.C. Watts, Correlation of filler content and elastic properties of resin-composites. Dental Materials, 2008. **24**(7): p. 932-939.
 93. Kaviya, N., D. Somasundaram, and D. Roy, Advancement in nanotechnology for restorative dentistry. Eur. J. Mol. Clin. Med, 2020. **7**(1): p. 3295-3306.
 94. Rastelli, A.N., et al., The filler content of the dental composite resins and their influence on different properties. Microscopy research and technique, 2012. **75**(6): p. 758-765.
 95. Ipek, İ. and K. Bilge, The effect of different liquids on the surface roughness and color stability of single shade and nanohybrid resin composites: An AFM and SEM analysis. Microscopy Research and Technique, 2024.
 96. Guler, S. and M. Unal, The evaluation of color and surface roughness changes in resin based restorative materials with different contents after waiting in various liquids: An SEM and AFM study. Microscopy research and technique, 2018. **81**(12): p. 1422-1433.
 97. Kılıç, V. and A. Gök, Effect of different polishing systems on the surface roughness

- of various bulk-fill and nano-filled resin-based composites: An atomic force microscopy and scanning electron microscopy study. *Microscopy Research and Technique*, 2021. **84**(9): p. 2058-2067.
98. Bollenl, C.M., P. Lambrechts, and M. Quirynen, Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dental materials*, 1997. **13**(4): p. 258-269.
 99. Göztaş, Z., et al., Nanodoldurucu içeren beş farklı kompozitin yüzey sertliği ve pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi. *Selcuk Dental Journal*, 2014. **1**(2): p. 43-48.
 100. Korkmaz, Y., et al., The influence of one-step polishing systems on the surface roughness and microhardness of nanocomposites. *Operative dentistry*, 2008. **33**(1): p. 44-50.
 101. Pirkoca, G., et al., Farklı sistemlerle bitirme ve cila uygulanan üç kompozit rezinin yüzey pürüzlülüğü. *European Annals of Dental Sciences*, 2009. **37**(1): p. 37-44.
 102. Jones, C., R. Billington, and G. Pearson, The in vivo perception of roughness of restorations. *British dental journal*, 2004. **196**(1): p. 42-45.
 103. Chan, K.H., et al., Resin composite filling. *Materials*, 2010. **3**(2): p. 1228-1243.
 104. Jang, Y., et al., Effect of insufficient light exposure on polymerization kinetics of conventional and self-adhesive dual-cure resin cements. *Operative dentistry*, 2017. **42**(1): p. E1-E9.
 105. Nomoto, R., K. Uchida, and T. Hirasawa, Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. *Dental materials journal*, 1994. **13**(2): p. 198-205,272.
 106. Ferracane, J. and J. Condon, Rate of elution of leachable components from composite. *Dental Materials*, 1990. **6**(4): p. 282-287.
 107. Koupis, N.S., et al., Curing depth of (polyacid-modified) composite resins determined by scraping and a penetrometer. *Dental materials*, 2004. **20**(10): p. 908-914.
 108. Awliya, W.Y., et al., The effect of commonly used types of coffee on surface microhardness and color stability of resin-based composite restorations. *The Saudi dental journal*, 2010. **22**(4): p. 177-181.
 109. Guler, A.U., et al., Effects of different drinks on stainability of resin composite provisional restorative materials. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2005. **94**(2): p. 118-124.

110. St-Pierre, L., et al., Influence of polishing systems on surface roughness of composite resins: polishability of composite resins. *Operative dentistry*, 2019. **44**(3): p. E122-E132.
111. Nair, V.S., et al., Three-dimensional evaluation of surface roughness of resin composites after finishing and polishing. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 2016. **19**(1): p. 91-95.
112. Daud, A., et al., A randomised controlled study on the use of finishing and polishing systems on different resin composites using 3D contact optical profilometry and scanning electron microscopy. *Journal of dentistry*, 2018. **71**: p. 25-30.
113. Weitman, R.T. and W.B. Eames, Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *The Journal of the American Dental Association*, 1975. **91**(1): p. 101-106.
114. Chung, K.-h., Effects of finishing and polishing procedures on the surface texture of resin composites. *Dental Materials*, 1994. **10**(5): p. 325-330.
115. Sabbagh, J., et al., Characterization of the inorganic fraction of resin composites. *Journal of oral rehabilitation*, 2004. **31**(11): p. 1090-1101.
116. Costa, J.D., et al., The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2007. **19**(4): p. 214-224.
117. Karadaş, M. and S. Demirbuğa, Evaluation of color stability and surface roughness of bulk-fill resin composites and nanocomposites. 2017.
118. Ruivo, M.A., et al., Surface roughness and filler particles characterization of resin-based composites. *Microscopy research and technique*, 2019. **82**(10): p. 1756-1767.
119. Shimokawa, C.A.K., et al., In vitro evaluation of surface properties and wear resistance of conventional and bulk-fill resin-based composites after brushing with a dentifrice. *Operative dentistry*, 2019. **44**(6): p. 637-647.
120. Marigo, L., et al., 3-D surface profile analysis: different finishing methods for resin composites. *Operative dentistry*, 2001. **26**(6): p. 562-568.
121. Lu, H., L.B. Roeder, and J.M. Powers, Effect of polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2003. **15**(5): p. 297-304.
122. Scheibe, K.G.B.A., et al., Effect of different polishing systems on the surface roughness of microhybrid composites. *Journal of Applied Oral Science*, 2009. **17**: p. 21-26.

123. Bashetty, K. and S. Joshi, The effect of one-step and multi-step polishing systems on surface texture of two different resin composites. *Journal of Conservative Dentistry and Endodontics*, 2010. **13**(1): p. 34-38.
124. Uctasli, M., et al., The effect of different finishing and polishing systems on the surface roughness of different composite restorative materials. *J Contemp Dent Pract*, 2007. **8**(2): p. 89-96.
125. Koh, R., et al., Finishing systems on the final surface roughness of composites. *J Contemp Dent Pract*, 2008. **9**(2): p. 138-145.
126. Ali, A.M.M., et al., Surface Roughness of Nano-Hybrid Universal Composite Restorative Materials After Different Finishing and Polishing Protocols. *Nanotechnology Perceptions*, 2024: p. 148–158-148–158.
127. Aytac, F., et al., Effects of novel finishing and polishing systems on surface roughness and morphology of nanocomposites. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2016. **28**(4): p. 247-261.
128. Chour, R.G., et al., Comparative evaluation of effect of different polishing systems on surface roughness of composite resin: An: in vitro: study. *Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry*, 2016. **6**(Suppl 2): p. S166-S170.
129. Prolongo, S., et al., Surface pretreatments for composite joints: study of surface profile by SEM image analysis. *Journal of adhesion science and technology*, 2010. **24**(11-12): p. 1855-1867.
130. Dayı, B. and F. Öcal, Evaluation of the effects of whitening toothpaste containing nanohydroxyapatite on surface roughness and color change in restorative materials. *PeerJ*, 2023. **11**: p. e15692.
131. Ozkanoglu, S. and E. Akin, Evaluation of the effect of various beverages on the color stability and microhardness of restorative materials. *Nigerian journal of clinical practice*, 2020. **23**(3): p. 322-328.
132. Fidan, M., The effects of different repolishing procedures on the color change of bulk-fill resin composites. *European Oral Research*, 2024. **58**(1): p. 14-21.
133. Chittem, J., G.S. Sajjan, and M.V. Kanumuri, Spectrophotometric evaluation of colour stability of nano hybrid composite resin in commonly used food colourants in Asian countries. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 2017. **11**(1): p. ZC61.
134. Tejada-Casado, M., et al., Chroma-dependence of CIEDE2000 acceptability

- thresholds for dentistry. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2024. **36**(3): p. 469-476.
135. Miotti, L., et al., The use of resin composite layering technique to mask discolored background: a CIELAB/CIEDE2000 analysis. *Operative dentistry*, 2017. **42**(2): p. 165-174.
136. De Oliveira, D.C.R.S., et al., Effect of different in vitro aging methods on color stability of a dental resin-based composite using CIELAB and CIEDE 2000 color-difference formulas. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2015. **27**(5): p. 322-330.
137. Paravina, R.D., M.M. Pérez, and R. Ghinea, Acceptability and perceptibility thresholds in dentistry: A comprehensive review of clinical and research applications. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 2019. **31**(2): p. 103-112.
138. De Moraes, R.R., et al., Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics*, 2008. **17**(4): p. 323-326.
139. Berber, A., et al., Effect of different polishing systems and drinks on the color stability of resin composite. *J Contemp Dent Pract*, 2013. **14**(4): p. 662-7.
140. Hezer, A., et al., The Effect of Different Polishing Methods on the Color Stability of Anterior Aesthetic Composite Restorations.
141. Özdaş, D.Ö., et al., Color stability of composites after short-term oral simulation: An in vitro study. *The open dentistry journal*, 2016. **10**: p. 431.

EKLER

EK-1. Etik Kurul Onayı

