

# Utjecaj prirodnih sredstava za izbjeljivanje na površinska svojstva kompozita

---

Šalja, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, School of Medicine / Sveučilište u Splitu, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:171:679225>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-11**



Repository / Repozitorij:

[MEFST Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**MARTA ŠALJA**

**UTJECAJ PRIRODNIH SREDSTAVA ZA IZBJELJIVANJE NA  
POVRŠINSKA SVOJSTVA KOMPOZITA**

**DIPLOMSKI RAD**

**Akadska godina:**

**2022./2023.**

**Mentor: izv. prof. dr. sc. Lidia Gavić, dr. med. dent.**

**Split, rujan 2023.**

1. UVOD.....	1
1.1 SASTAV KOMPOZITNIH MATERIJALA.....	2
1.1.1 POLIMERNA MATRICA .....	2
1.1.2 ČESTICE PUNILA .....	3
1.2 TROŠENJE KOMPOZITNIH MATERIJALA.....	4
1.3. KLASIFIKACIJA KOMPOZITNIH MATERIJALA .....	5
1.3.1 TEKUĆI KOMPOZITI.....	5
1.3.2 MIKROHIBRIDNI I NANOHIBRIDNI KOMPOZITI .....	5
1.3.3 BULK FILL KOMPOZITI.....	6
1.4.1 AKTIVNI UGLJEN .....	7
1.4.2 SODA BIKARBONA .....	7
1.4.3 SODA BIKARBONA I LIMUNOV SOK.....	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	9
3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA .....	11
3.1 ODREĐIVANJE BOJE, POVRŠINSKE HRAPAVOSTI I MIKROTVRDOĆE .....	13
3.2. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA.....	13
4. REZULTATI .....	14
5. RASPRAVA .....	29
6. ZAKLJUČAK.....	33
7. LITERATURA .....	35
8. SAŽETAK.....	39
9. SUMMARY .....	41
10. ŽIVOTOPIS.....	43

*Na kraju ovog, još jednog životnog perioda, želim se zahvati svima onima koji su bili uz mene. I posredno, i neposredno. Svima, koji su se prvo molili da upadnem na ovaj fakultet, zatim molili da ga završim. Onima koji su bodrili, navijali, plakali, smijali se, izlazili.. ali i onima koji su razočaravali, ostavljali, demotivirali. Svi ste na svoj način doveli do ovog ishoda i svima sam vam iz sveg srca zahvalna! Ovih 6 godina je tako brzo prošlo uz vas!*

*Tako da, hvala mami, tati, Andru, Nini, didi, Marku, Klari,... Ali i svima onima koje nisam nabrojala. Sigurna sam da ćete se u mojim riječima prepoznati.*



Smolasti kompoziti, kompoziti temeljeni na smolama ili samo kompoziti različiti su nazivi za kompozitne materijale. Oni su mješavine organskih smola i anorganskih čestica punila međusobno povezanih spojnim sredstvom, odnosno kombinacija dvaju ili više kemijski različitih materijala s jasnim graničnim spojem između komponentni i sa svojstvima boljim od pojedinačnih komponenti. Ključna je komponenta mješavina različitih monomera koji konvertiraju u umreženu polimernu matricu za vrijeme polimerizacijskog procesa (1).

Upravo je trijas adhezijske tehnologije, kompozitnih materijala te svjetlosne polimerizacije ključna osnova suvremene restaurativne dentalne medicine. Kompozitni materijali našli su primjenu u svim granama dentalne medicine i rad u suvremenoj ordinaciji dentalne medicine bez njih bi bio neizvediv. Primjenjuju se za velik broj indikacija, primjerice za rekonstrukcije karijesnih defekata, trauma, morfoloških i estetskih abnormalnosti, diskoloracija u trajnoj i mliječnoj denticiji (1).

## **1.1 SASTAV KOMPOZITNIH MATERIJALA**

U sastavu kompozitnih materijala esencijalne su 4 vrste čestica: 1) faza organske matrice, 2) disperzirana faza odnosno čestice punila, 3) inicijatori polimerizacije i/ili katalizatori, 4) čestice koje povezuju smolastu matricu i čestice punila (npr. silan) (2). Ujedinjujući sve navedene komponente, postiže se potpunost kompozitnog materijala (1).

### **1.1.1 POLIMERNA MATRICA**

Polimerna ili smolasta matrica tvar je organskog podrijetla, u koju se dodaju svi ostali sastojci. Organska smolasta matrica, prije procesa polimerizacije, građena je od monomera. Specifičnim procesom polimerizacije monomeri se konvertiraju u polimere. Struktura i svojstva kreiranih polimera direktno su povezana s krajnjim svojstvima kompozita (1).

Suvremeni kompozitni materijali temelje se na metakrilatnim spojevima. Organska matrica trebala bi zauzimati 12-40 % ukupne mase kompozita. Optimalna koncentracija monomera vrlo je bitna za finalna svojstva kompozitnog materijala. Neka od tih svojstva podrazumijevaju: reaktivnost/ stupanj polimerizacije, polimerizacijsko skupljanje, viskoznost, refrakraktorni odnos i drugo (1).

Mnoštvo današnjih kompozita sadrži bisfenol-A-glicidin-metakrilat (skraćeno Bis-GMA) (2). Struktura bisfenol-A-glicidin-metakrilata mijenjala se na brojne načine kako bi se modificirala svojstva hidrofilnosti i viskoznosti. Bis-GMA viskozna je, bezbojna tekućina visoke molekularne mase. Zbog nemogućnosti rukovanja s takvim materijalom, nužno je smanjiti viskoznost. To se postiže dodavanjem niskoviskoznih monomera poput trietilen-glikol-dimetakrilata (skraćeno TEGDMA) (1).

### 1.1.2 ČESTICE PUNILA

Čestice punila su tvari anorganskog sastava. To su komponente kompozita odgovorne za fizička i optička svojstva. Punilo čini materijal tvrdim, čvršćim i gušćim, te se smatra direktno odgovornim za dugovječnost kompozitnog materijala. Viskoznost kompozita povećava se proporcionalno s povećanjem količine čestica punila (2).

Generalno rečeno, veća koncentracija čestica punila dovodi do boljih mehaničkih svojstava kompozita (1).

Veličina čestica punila, koja varira od tradicionalne veličine (makropunjeni kompoziti, 01- 100 mikrometara) do nanoveličine, kontinuirano se smanjuje tokom godina razvoja kompozitnih materijala (1).

Moderni kompozitni materijali sadržavaju čestice punila poput kvarca te silikatnog stakla, u kombinaciji s barijem, stroncijem i cirkonijem (3).

## 1.2 TROŠENJE KOMPOZITNIH MATERIJALA

Trošenje površine kompozitnih materijala temelji se na 3 faktora: a) struktura materijala, b) uvjeti pod kojima je materijal došao u kontakt s abrazivnom tvari, i c) okoliš abrazivnog materijala u relaciji s površinom. Trošenje se može podijeliti na 4 kategorije 1) abrazivno, 2) adhezivno 3) zamor materijala i 4) korozivno (3).

Promatrano u kliničkim uvjetima, abrazivno trošenje uzrokovano četkanjem zubi utječe na sve površine kompozitnog ispuna, za razliku od trošenja uzrokovano okluzalnim silama, koje samo utječe na one dijelove kompozitnog ispuna koje su u kontakti sa zubom antagonistom (3).

Mikrotvrdoća kompozita dobar je prediktivni čimbenik potencijalnog budućeg trošenja (4). Mikrotvrdoća materijala definira se kao otpornost površine na penetraciju ili otpornost površine na trajno udubljenje. Vickersov test jedan je od najčešće korištenih testova za procjenu mikrotvrdoće (5). Mikrotvrdoća materijala također je povezana s različitim svojstvima poput elastičnosti i viskoznosti. Kompoziti kod kojih je smolasta matrica Bis- GMA, pokazuju veću viskoznost u odnosu na kompozite koji imaju druge vrste smolastih matrica. Samim time kompoziti koji uključuju Bis- GMA imaju povećanu mikrotvrdoću, odnosno bolja mehanička svojstva (6).

Također, bitno je uzeti u obzir i tvrdoću abrazivne površine koja dolazi u kontakt s kompozitom. Ako je kompozit tvrdi od materijala koji dolazi u kontakt s njim, trošenje je znatno manje (3).

Prijašnja istraživanja dokazala su da se abrazivno trošenje kompozitnih materijala znatno smanjuje kada je veličina čestica punila povećana, a udaljenost između tih istih čestica smanjena. No, u posljednje vrijeme sve se više promatra utjecaj ostalih komponentni kompozita, poput monomerne matrice. Recentnija istraživanja dokazuju da se otpornost također povećava pri povećanom stupnju polimerizacije organske matrice, te pri povećanju snaga veze između punila i smolaste matrice. Monomerna matrica time ima puno bitniju ulogu nego što se ranije mislilo. Trošenje je, naime, multifaktorijalan i kompleksan proces koji uključuje više sastavnica kompozitnih materijala (3).



### 1.3. KLASIFIKACIJA KOMPOZITNIH MATERIJALA

Kompozitni materijali mogu se podijeliti temeljem niza kriterija. To su kriterij veličine čestica anorganskog punila, zatim kriterij prema poziciji kliničke primjene, prema boji i transparentiji itd. Prema podjeli s obzirom na konzistenciju, dijelimo ih na visoko viskozne i na tekuće kompozite (7).

#### 1.3.1 TEKUĆI KOMPOZITI

Tekući kompoziti pripadaju skupini konvencionalnih kompozitnih materijala. Prvi put su se pojavili na tržištu devedesetih godina prošlog stoljeća (2). Tekući kompoziti te generacije nisu imali adekvatna mehanička svojstva. Iz tog razloga, nisu se koristili na zubima koji trpe jake okluzalne sile. Daljnjom tehnologijom i promjenom sastava, mehanička svojstva znatno su se poboljšala (8).

Tekući kompoziti imaju nešto drugačije karakteristike od konvencionalnih kompozita (2). Karakterizira ih niska viskoznost te niži modul elastičnosti (7). Što se kemijskog sastava tiče, količina čestica punila smanjena je na 37%- 50% (u volumenu), u usporedbi s 50%-70% čestica punila za ostale konvencionalno minipunjene hibride (2). Jedan od predstavnika ove skupine je Evo Ceram Flow (Ivoclar, Vivadent) (7).

#### 1.3.2 MIKROHIBRIDNI I NANOHIBRIDNI KOMPOZITI

Mikrohibridni kompoziti nastali su sredinom devedesetih godina prošlog stoljeća te su se, svojevremeno, smatrali univerzalnim kompozitima. Daljnjim tehnološkim unaprjeđivanjima i uključivanjem nanočestica i prepolimeriziranih čestica nastaju nanohibridni kompoziti. Nanočestice omogućuju dobro poliranje, a nanokompleksi adekvatna mehanička svojstva. Težinski udio punila makrohibridnih i nanohibridnih kompozita iznosi 70-80%. Jedan od predstavnika ove skupine je Evo Ceram (Ivoclar, Vivadent) (7).

### 1.3.3 BULK FILL KOMPOZITI

Nova generacija dentalnih kompozita nazvanih bulk-fill nedavno je predstavljena na tržištu i sve je prihvaćenija od strane kliničara (9).

Riječ je o materijalima koji se apliciraju u kavitet u slojevima od 4 do 5 mm, ovisno o proizvođaču i vrsti. Nastali su usavršavanjem kompozitnih materijala kako bi popravili svoje fizičko-kemijske karakteristike te pojednostavili uporabu. Prednost bulk-fill kompozita nad konvencionalnima jest mogućnost nanošenja u manje slojeva; tim postupkom smanjuje se vrijeme rada te se smanjuju inkluzije zraka (7).

Kao što je prethodno rečeno, proizvođači kompozitnih materijala uglavnom usavršavaju mehanička svojstva povećavanjem koncentracije čestica punila. To nije slučaj kod bulk fill materijala, kod kojega je koncentracija punila smanjena, kako bi se optimizirao proces polimerizacije (10).

Sumirajući brojna istraživanja, danas se smatra da su mehanička svojstva bulk fill kompozita slična ili malo lošija od konvencionalnih kompozita, no znatno bolja od tekućih kompozita (7).

## 1.4. PRIRODNA SREDSTVA ZA IZBIJELJIVANJE

Zbog povećane svjesnosti o vlastitom izgledu te samim tim o izgledu osmijeha, estetika je postala jedna od glavnih aspekata stomatologije. Boja zubi jedna je od glavnih estetskih odlika zuba. Za poboljšanje estetike zubi na tržištu postoje razne opcije, poput ljuskica, krunica te samog izbjeljivanja. Tehnike izrade protetskih nadomjestaka poput ljuskica i krunica podrazumijeva uklanjanje tvrdih zubnih struktura, dok je izbjeljivanje puno manje invazivno. Danas, većina pacijenata odabire prirodna sredstva za izbjeljivanje koja se mogu primjenjivati kod kuće. Ta sredstva obećavaju učinkovito izbjeljivanje zubi u kratkom vremenskom periodu (11).

Primarno djelovanje prirodnih sredstava za izbjeljivanje je mehaničko uklanjanje plaka i ekstrinzičnih obojenja te poliranje površine zuba. Za razliku od plaka, vanjska obojenja se ne

mogu učinkovito ukloniti s vodom i zubnom četkicom. Stoga se smatra da je abrazivnost primjenjivanih sredstava jedna od glavnih čimbenika izbjeljivanja (12).

#### 1.4.1 AKTIVNI UGLJEN

Ugljen se već stoljećima koristi u različite medicinske svrhe. Prvi pismeni dokazi sežu još u doba starog Grčke. Međutim, to prirodno sredstvo je tek odnedavno našlo svoje mjesto u stomatološkoj industriji. Danas je ugljen najpoznatiji kao prirodno sredstvo za izbjeljivanje zubi (13).

Aktivni ugljen u prahu može se nanositi na zube prstima, štapićima za žvakanje ili tkaninom. Također se može koristiti kao samostalna pasta za zube u kombinaciji s zubnom četkicom (14).

#### 1.4.2 SODA BIKARBONA

Soda bikarbona ili natrijev hidrogenkarbonat, kemijske formule  $\text{NaHCO}_3$  bijeli je prah topljiv u vodi. Nastaje kao sporedni proizvod u proizvodnji sode. Soda bikarbona našla je primjenu u raznim industrijama; koristi se za gašenje požara, te kao prašak za pečenje. U medicini se upotrebljava kao sredstvo za neutralizaciju želučane kiseline, jer u otopini, zbog procesa hidrolize, djeluje slabo lužnato (15).

Soda bikarbona već se desetljećima koristi kao abrazivna komponenta komercijalnih pasta za zube. Ona je biološki kompatibilna, ima puferski kapacitet, te u visokim dozama ima antibakterijsko djelovanje (12).

### 1.4.3 SODA BIKARBONA I LIMUNOV SOK

Limunov sokom bogat je limunskog kiselinom (16). To je trikarboksilna hidroksi-kiselina, kemijskog sastava  $C_6H_8O_7$  te se nalazi i u drugim voćnim sokovima (17). Kiselina doprinosi niskoj vrijednosti pH iona, odnosno kiselom okolišu. Dentalna erozija, kao posljedica demineralizacije uslijed niskog pH indeksa, u literaturi je dobro dokumentirana (15). Organske kiseline poput limunske također smanjuju površinsku mikrotvrdoću kompozitnih materijala (18).

## **2. CILJ ISTRAŽIVANJA**

Hipoteza ovog istraživanja bila je da prirodna sredstva koja se koriste za izbjeljivanje kod kuće, ne utječu na površinska svojstva kompozita: glatkoću i mikrotvrdoću te da ne mogu dovesti do promjene u svjetlini kompozita. Nadalje, hipoteza je također da neće biti razlike u učinkovitosti između korištenih sredstava za izbjeljivanje.

Specifični ciljevi istraživanja bili su:

- Procijeniti utjecaj odabranih komercijalnih sredstava za izbjeljivanje kod kuće na mikrotvrdoću kompozita s različitim punilima.
- Procijeniti utjecaj odabranih komercijalnih sredstava za izbjeljivanje kod kuće na površinsku glatkoću kompozita s različitim punilima.
- Procijeniti utjecaj odabranih komercijalnih sredstava za izbjeljivanje kod kuće na svjetloću kompozita s različitim punilima.

### **3. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA**

Za istraživanje odabrana su tri komercijalna pripravka za izbjeljivanje zuba kod kuće. To su aktivni ugljen u granulama (Carbomed, Jadranski Galenski laboratorij, Hrvatska), mješavina limunskog soka (Koncentrat soka limuna, Spar, Austrija) i soda bikarbona (Šafram d.o.o., Hrvatska). Istraživanje se sastojalo od 45 kompozitnih ispuna izrađenih u kavitetima unutar uzoraka od samostvrdnjavajućeg akrilata (GC, Sjedinjene Američke Države). Akrilatne pločice, s kavitetima dimenzija 2x2x2 mm, su bile pripremljene uz pomoć silikonskog kalupa (Henry Schein, Sjedinjene Američke Države). Kaviteti su se zatim punili kompozitnim materijalom, zaglađivali uz pomoć celuloidne matrice te polimerizirali. Nakon stvrdnjavanja akrilata te polimerizacije kompozita, pločice su dopolirane karburandnim diskovima od 500 i 1200 grita (FEPA, Struers, Danska) uz vodeno hlađenje, na automatskom polir-aparatu (RotoPol 22, Streuers, Danska). Ovaj postupak morao se obaviti kako bi se mogle ispitati promjene površinske hrapavosti i mikrotvrdoće. Za četkanje uzoraka korištena je električna četkica (Oral B, Sjedinjene Američke Države).

Uzorci su podijeljeni prvo u tri skupine. Prva skupina uzoraka (n=14) sadržavala je tekući kompozit Tetric EvoFlow (Ivoclar Vivadent, Lihtenštajn). Druga skupina uzoraka (n=15) sadržavala je kruti kompozit Tetric EvoCeram (Ivoclar Vivadent, Lihtenštajn), dok je treća skupina (n=15) sadržavala kruti, bulk-fill kompozit Tetric EvoCeram Bulk fill (Ivoclar Vivadent, Lihtenštajn). Sve tri skupine kompozita dijelile su istu boju, A2. Unutar svake skupine kompozita (n=15), korištena su tri sredstva za izbjeljivanje. Jedno sredstvo za izbjeljivanje primjenjivano je na 5 uzoraka (n=5). Na taj način, na svaku skupinu kompozitnih uzoraka su primijenjena sva 3 sredstva za izbjeljivanje. Radi statističke vjerojatnosti, svako sredstvo za izbjeljivanje primijenjeno je na 5 pločica od sve 3 vrste kompozita.

U vremenskim periodima između četkanja uzorci su se pohranjivali u umjetnoj slini (pH = 6,8; CaCO<sub>3</sub>: 0,15 g; MgCO<sub>3</sub>: 0,078 g; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>: 0,204 g; HEPES: 14,31 g; KCl: 6,72 g).



### **3.1 ODREĐIVANJE BOJE, POVRŠINSKE HRAPAVOSTI I MIKROTVRDOĆE**

U svrhu određivanja površinske hrapavosti kompozita (Ra) korišten je profilometar Surface Roughness Tester KR210 (KairDa, Kina). Procjena površinske hrapavosti izvršena je prije početka korištenja testiranih sredstava za izbjeljivanje zuba te nakon 14 dana. Izvršena su tri mjerenja za svaki uzorak koristeći prosječni način mjerenja. Kao izmjerena vrijednost za statističku analizu korišten je medijan tri izmjerene vrijednosti.

Utvrđivanje mikrotvrdoće kompozita provedeno je Vickersovim dijamantnim indenterom (HMV Shimatzu, Japan). Korištena sila od 980 mN djelovala je na svakom uzorku 10 sekundi.

### **3.2. STATISTIČKA OBRADA PODATAKA**

Dobiveni podatci uneseni su u unaprijed kreiranu tablicu u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, SAD) gdje su kodirani za daljnju obradu u statističkom paketu za društvene znanosti (R, inačica 4.1.2). Inicijalna raščlamba rezultata odrađena je deskriptivnom statistikom. Vrijednosti kontinuiranih varijabli prikazane su srednjom vrijednošću i standardnom devijacijom. Normalnost distribucije kvantitativnih varijabli procijenjena je Shapiro-Wilks testom. Razlike među grupama i unutar grupe su uspoređene jednosmjernom analizom varijance (ANOVA) uz Tukey post-hoc test.

#### **4. REZULTATI**

U Tablicama 1, 2 i 3. prikazana je deskriptivna statistika parametara uzoraka. Mjerene su karakteristike hrapavosti (G) (Tablica 1.), mikrotvrdoće (MT) (Tablica 2.) i svjetline (S) (Tablica 3.) prije tretmana izbjeljivanja (T0) te nakon tretmana izbjeljivanja (T1). Uzorci su podijeljeni prema materijalu (EvoFlow, EvoCeram, BulkFill) te prema odabranom sredstvu izbjeljivanja (soda, soda i limun, ugljen).

**Tablica 1.** Deskriptivna statistika parametara uzoraka – hrapavost (H)

<b>Materijal</b>	<b>Sredstvo za izbjeljivanje</b>	<b>Hrapavost (H)</b>	
		<b>T0</b>	<b>T1</b>
EvoFlow	Soda	0,35±0,14	0,51±0,22
	Soda + limun	0,30±0,10	0,65±0,40
	Ugljen	0,32±0,25	0,44±0,20
EvoCeram	Soda	0,26±0,06	0,69±0,29
	Soda + limun	0,38±0,12	0,75±0,52
	Ugljen	0,32±0,12	0,59±0,28
BulkFill	Soda	0,33±0,18	0,61±0,21
	Soda + limun	0,33±0,08	0,59±0,29
	Ugljen	0,41±0,21	0,75±0,10

**Tablica 2.** Deskriptivna statistika parametara uzoraka – mikrotvrdoća (MT)

Materijal	Sredstvo za izbjeljivanje	Mikrotvrdoća (MT)	
		T0	T1
EvoFlow	Soda	44,84±2,61	30,03±4,76
	Soda + limun	38,80±2,46	29,64±7,76
	Ugljen	46,19±12,19	31,36±9,38
EvoCeram	Soda	84,07±7,02	46,92±6,18
	Soda + limun	77,99±7,94	56,15±5,51
	Ugljen	74,56±6,50	48,02±4,06
BulkFill	Soda	78,82±4,68	51,19±2,01
	Soda + limun	80,42±5,81	52,49±3,86
	Ugljen	83,94±3,81	56,81±5,00

**Tablica 3.** Deskriptivna statistika parametara uzoraka – svjetlina (S)

Materijal	Sredstvo za izbjeljivanje	Svjetlina (S)	
		T0	T1
EvoFlow	Soda	12,84±3,20	15,00±2,02
	Soda + limun	14,04±3,83	15,67±1,75
	Ugljen	11,44±3,71	10,55±5,69
EvoCeram	Soda	15,63±0,83	11,63±3,96
	Soda + limun	14,76±1,51	9,60±3,17
	Ugljen	14,64±2,07	17,05±2,07
BulkFill	Soda	7,60±4,22	5,58±3,10
	Soda + limun	5,51±0,56	3,00±1,51
	Ugljen	6,48±1,49	6,73±3,74

Za uzorke u razdoblju prije provođenja tretmana (T0) proveden je *two-way ANOVA* test, kojim je utvrđena statistički značajna razlika u mikrotvrdoći i svjetlini među uzorcima različitih materijala (Tablica 4.). Tukey *post hoc* testom (Tablica 5.) utvrđena je statistički značajna razlika u svjetlini između uzoraka EvoCeram i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ) te EvoFlow i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ). Izmjerena vrijednost varijable svjetline (S) kod BulkFill materijala statistički značajno je niža od vrijednosti za ostala dva materijala. Također, utvrđena je statistički značajna razlika u mikrotvrdoći između uzoraka EvoFlow i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ) te EvoFlow i EvoCeram ( $P \leq 0,001$ ), pri čemu je izmjerena mikrotvrdoća materijala EvoFlow statistički značajno niža od mikrotvrdoće ostala dva materijala.

Nije pronađena statistički značajna razlika glatkoće uzoraka između različitih materijala. Osim toga, nije pronađena statistički značajna razlika u karakteristikama uzoraka prema odabranom sredstvu za izbjeljivanje prije provođenja tretmana.

**Tablica 4.** – Rezultati ANOVA testa prije provođenja tretmana izbjeljivanja (T0)

<b>Hrapavost (H)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	0,195	0,824
Materijal	2	0,323	0,726

<b>Mikrotvrdoća (MT)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	2,907	0,066*
Materijal	2	132,904	1,0e-16***

<b>Svjetlina (S)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	1,095	0,344
Materijal	2	42,384	1,05e-10***

Napomena: oznaka df označava stupnjeve slobode (degrees of freedom). \*\*\* - statistička značajnost na razini od 1%, \*\* - statistička značajnost na razini od 5%, \* - statistička značajnost na razini od 10%

**Tablica 5.** – Rezultati Tukey *post hoc* testa prije provođenja tretmana izbjeljivanja (T0)

<b>Hrapavost (H)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	0,02270	0,917
Ugljen - soda	0,03560	0,810
Ugljen – soda+limun	0,01290	0,970
EvoCeram - BulkFill	-0,03695	0,789
EvoFlow - BulkFill	-0,04062	0,752
EvoFlow - EvoCeram	-0,00367	0,997
<b>Mikrotvrdoća (MT)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	-6,12391	0,054
Ugljen - soda	-3,62971	0,339
Ugljen – soda+limun	2,49420	0,595
EvoCeram - BulkFill	-2,06634	0,691
EvoFlow - BulkFill	-37,66542	≤0,001
EvoFlow - EvoCeram	-35,29909	≤0,001
<b>Svjetlina (S)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	-0,81444	0,669
Ugljen - soda	-1,39667	0,315
Ugljen – soda+limun	-0,58222	0,819
EvoCeram - BulkFill	8,47505	≤0,001
EvoFlow - BulkFill	6,24444	≤0,001
EvoFlow - EvoCeram	-2,23060	≤0,001

Učinak tretmana izbjeljivanja testiran je Student T-testom. Uspoređeni su rezultati mjerenja uzoraka u periodu T0 (prije tretmana) i T1 (nakon tretmana), posebno za svaki materijal i svako sredstvo (ukupno 9 skupina).

Učinak tretmana izbjeljivanja na svjetlinu prikazan je na slici 1. T-testom utvrđen je statistički značajan utjecaj sredstva sode ( $P \leq 0,05$ ) i sode i limuna ( $P \leq 0,05$ ) na materijale od EvoCeram. Tako je kod materijala EvoCeram varijabla svjetline manja za prosječno 4,01

jedinicu nakon tretmana sodom, te za 5,16 jedinica nakon tretmana sodom i limunom. Tretman ugljenom nema statistički značajan učinak na svjetlinu EvoCeram materijala. Nadalje, kod materijala BulkFill pronađen je statistički značajan učinak sode i limuna ( $P \leq 0,01$ ) na varijablu svjetline, za prosječno 2,51 jedinice. Učinak tretmana sode i tretmana ugljenom nije statistički značajan. Također, niti jedno sredstvo tretmana nema statistički značajan učinak na svjetlinu EvoFlow materijala (Tablica 6.).

**Tablica 6.** – Rezultati T-testa prije provođenja tretmana (T0) i nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1) za varijablu svjetlina (S)

Materijal	Sredstvo za izbjeljivanje	Svjetlina (S)		
		$\Delta T1-T0$	T	P
EvoFlow	Soda	2,16	-1,1687	0,280
	Soda+limun	1,63	-0,8635	0,413
	Ugljen	-0,89	0,2931	0,776
EvoCeram	Soda	-4,01	2,4290	0,035**
	Soda+limun	-5,16	3,2890	0,011**
	Ugljen	2,41	-1,8396	0,103
BulkFill	Soda	-2,02	0,7956	0,452
	Soda+limun	-2,51	3,4797	0,008***
	Ugljen	0,25	-0,1406	0,891

Napomena: \*\*\* - statistička značajnost na razini od 1%, \*\* - statistička značajnost na razini od 5%, \* - statistička značajnost na razini od 10%

Učinak tretmana izbjeljivanja na hrapavost prikazan je na slici 2. T-testom (Tablica 7.) utvrđen je statistički značajan utjecaj tretmana izbjeljivanja sodom na materijal EvoCeram ( $P \leq 0,05$ ), pri čemu je izmjerena vrijednost varijable hrapavost viša za prosječno 0,43 jedinice nakon tretmana izbjeljivanja. Na razini statističke značajnosti od 10%, sličan je utjecaj i tretmana izbjeljivanja ugljenom ( $P \leq 0,10$ ). Ipak, kako je razina značajnosti iznad 5%, potrebno je provesti dodatna ispitivanja učinka tretmana izbjeljivanja ugljenom na hrapavost materijala EvoCeram.

S druge strane, utjecaj tretmana izbjeljivanja ugljenom ima statistički značajan ( $P \leq 0,05$ ) učinak na hrapavost materijala BulkFill, pri čemu je izmjerena vrijednost varijable



hrapavost prosječno viša za 0,34 jedinice nakon tretmana. Učinak tretmana izbjeljivanja sodom i sodom i limunom također ima pozitivan utjecaj na hrapavost, ali samo na razini statističke značajnosti od 10%.

Na hrapavost materijala EvoFlow tretman niti jednim sredstvom nije imao statistički značajan učinak na razini značajnosti od 5%, dok je na razini od 10% uočen pozitivan utjecaj tretmana sode i limuna.

**Tablica 7.** – Rezultati T-testa prije provođenja tretmana (T0) i nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1) za varijablu hrapavost (H)

Materijal	Sredstvo za izbjeljivanje	Hrapavost (H)		
		$\Delta T1-T0$	T	P
EvoFlow	Soda	0,16	-1,2536	0,256
	Soda+limun	0,36	-1,9273	0,090*
	Ugljen	0,12	-0,8160	0,438
EvoCeram	Soda	0,43	-2,9117	0,022**
	Soda+limun	0,37	-1,5562	0,158
	Ugljen	0,28	-2,0071	0,079*
BulkFill	Soda	0,28	-2,2000	0,059*
	Soda+limun	0,26	-1,9293	0,089*
	Ugljen	0,34	-3,2455	0,012**

Napomena: \*\*\* - statistička značajnost na razini od 1%, \*\* - statistička značajnost na razini od 5%, \* - statistička značajnost na razini od 10%

Učinak tretmana izbjeljivanja na mikrotvrdoću prikazan je na slici 3. T-testom (Tablica 8.) utvrđen je statistički značajan učinak ( $P \leq 0,001$ ) svih tretmana izbjeljivanja (soda, soda i limun, ugljen) na smanjenje mikrotvrdoće BulkFill i EvoCeram materijala. Tako je učinak na mikrotvrdoću BulkFill materijala približno sličan za sva sredstva izbjeljivanja – izmjerena veličina varijable mikrotvrdoća nakon tretmana manja je za oko 27 jedinica nakon tretmana izbjeljivanja. Kod EvoCeram materijala, najsnažniji učinak na mikrotvrdoću izmjeren je kod tretmana sodom (umanjenje za oko 37,16 jedinica), zatim kod tretmana ugljenom (umanjenje za oko 26,54 jedinice) te zatim kod tretmana sodom i limunom (21,84 jedinice).

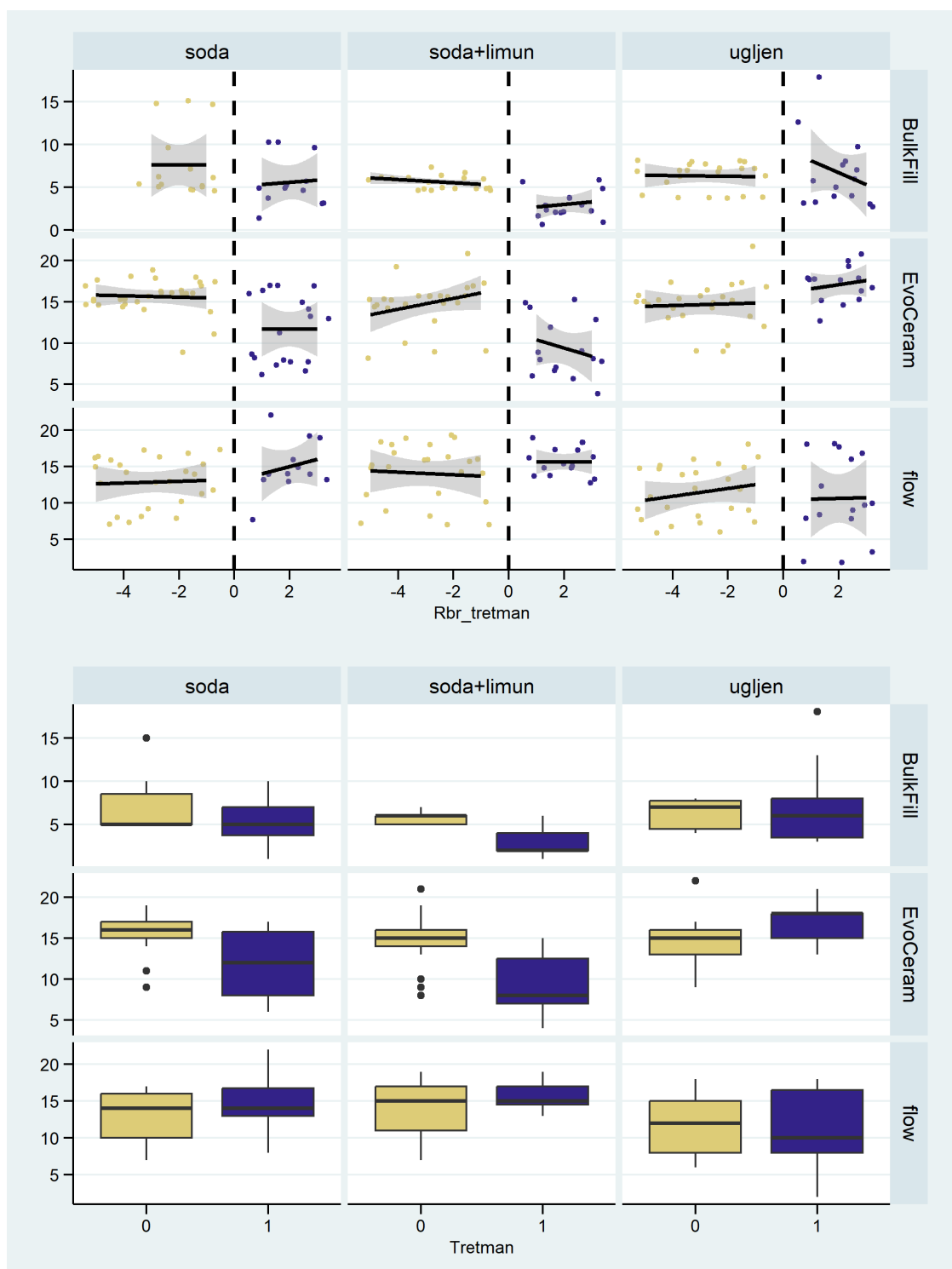
I kod EvoFlow materijala uočen je smanjujući utjecaj tretmana izbjeljivanja na mikrotvrdoću. Učinak tretmana izbjeljivanja sodom na mikrotvrdoću uočen je na razini statističke značajnosti od 1% ( $P \leq 0,01$ ), pri čemu je izmjerena mikrotvrdoća nakon tretmana niža za prosječno 14,81 jedinica. Učinak tretmana izbjeljivanja sodom i limunom na mikrotvrdoću nešto je niže statističke značajnosti, na razini od 5% ( $P \leq 0,05$ ), pri čemu je izmjerena mikrotvrdoća nakon tretmana niža za prosječno 9,16 jedinica. Izbjeljivanje ugljenom također ima umanjujući utjecaj na mikrotvrdoću, ali samo na razini statističke značajnosti od 10%.

**Tablica 8.** – Rezultati T-testa prije provođenja tretmana (T0) i nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1) za varijablu mikrotvrdoća (MT)

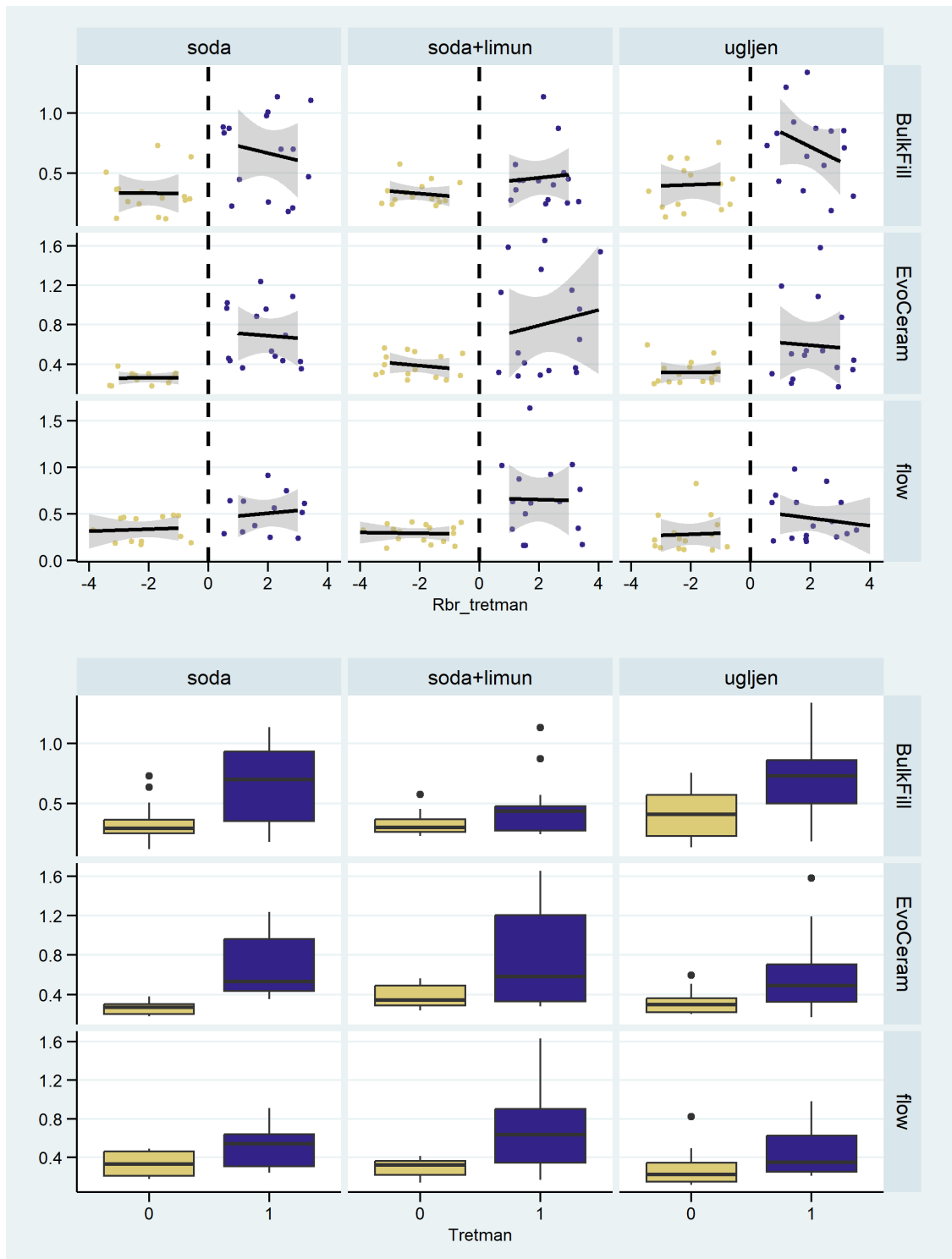
Materijal	Sredstvo za izbjeljivanje	Mikrotvrdoća (MT)		
		$\Delta T1-T0$	T	P
EvoFlow	Soda	-14,81	5,4584	0,002***
	Soda+limun	-9,16	2,5153	0,036**
	Ugljen	-14,83	30,6926	0,063&*
EvoCeram	Soda	-37,16	9,7309	$\leq 0,001$ ***
	Soda+limun	-21,84	5,0532	$\leq 0,001$ ***
	Ugljen	-26,54	7,7489	$\leq 0,001$ ***
BulkFill	Soda	-27,63	12,1286	$\leq 0,001$ ***
	Soda+limun	-27,92	8,9552	$\leq 0,001$ ***
	Ugljen	-27,13	9,6497	$\leq 0,001$ ***

Napomena: \*\*\* - statistička značajnost na razini od 1%, \*\* - statistička značajnost na razini od 5%, \* - statistička značajnost na razini od 10%

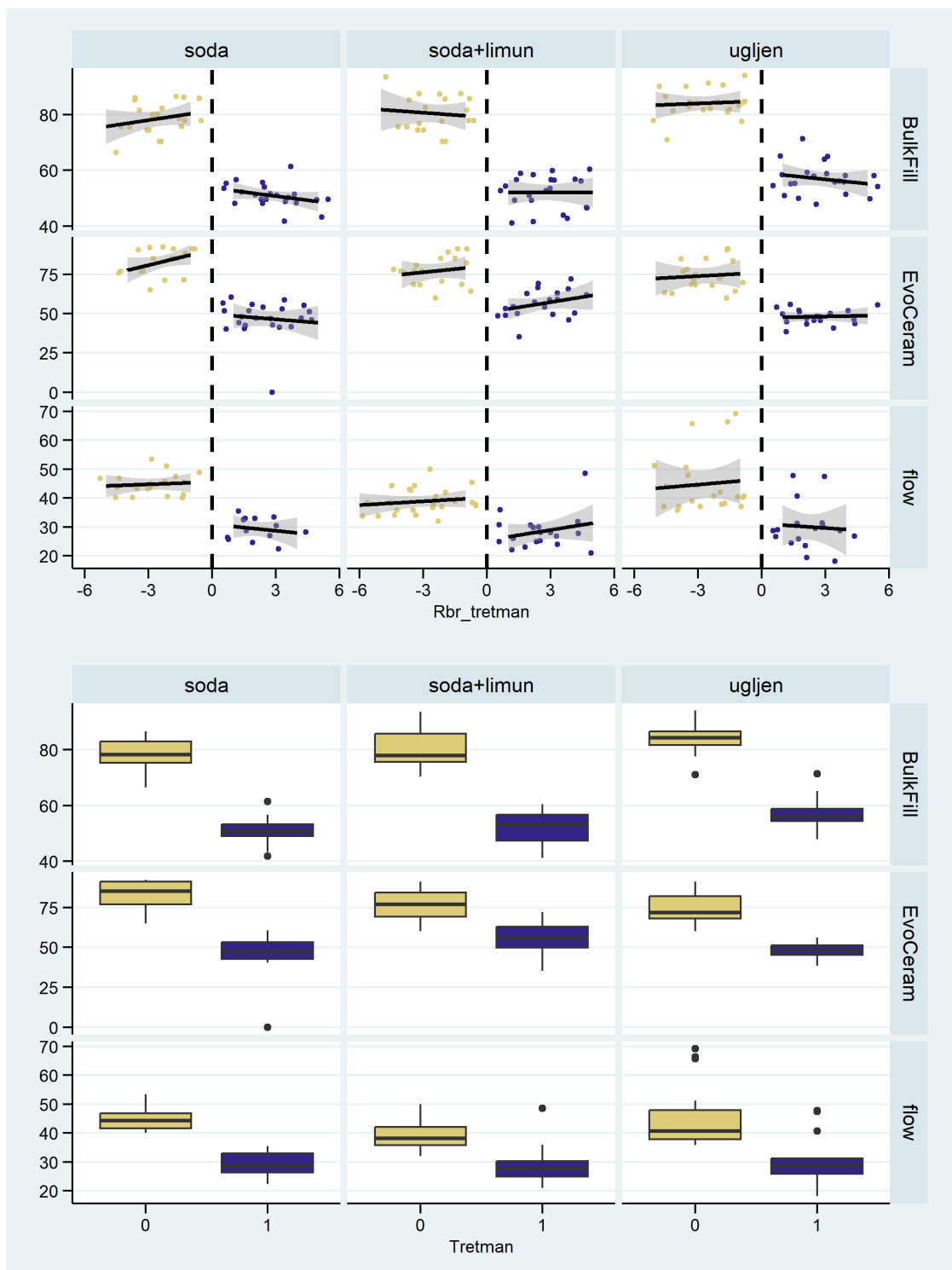
**Slika 1** - Mjerene vrijednosti varijable "S" (svjetlina) ovisno o periodu, materijalu i sredstvu



**Slika 2** - Mjerene vrijednosti varijable “H” (hrapavost) ovisno o periodu, materijalu i sredstvu



**Slika 3** - Mjerene vrijednosti varijable “MT” (mikrotvrdoća) ovisno o periodu, materijalu i sredstvu



Konačno, za uzorke u razdoblju nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1) proveden je *two-way ANOVA* test, kako bi se utvrdile razlike između skupina uzoraka nakon provođenja tretmana izbjeljivanja ovisno o materijalu i sredstvu izbjeljivanja. Rezultati analize prikazani su u Tablici 9.

Prethodno je utvrđeno da postoje statistički značajne razlike u svjetlini i mikrotvrdoći uzoraka, ovisno o materijalu. Te razlike ostaju prisutne i nakon tretmana izbjeljivanja (Tablica 10.) – potvrđena je statistički značajna razlika u svjetlini između uzoraka EvoCeram i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ) te EvoFlow i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ), kao i statistički značajna razlika u mikrotvrdoći između uzoraka EvoFlow i BulkFill ( $P \leq 0,001$ ) te EvoFlow i EvoCeram ( $P \leq 0,001$ ).

**Tablica 9.** – Rezultati ANOVA testa nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1)

<b>Hrapavost (H)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	0,246	0,783
Materijal	2	0,95	0,395
<b>Mikrotvrdoća (MT)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	0,546	0,683
Materijal	2	62,407	5,03e-13***
<b>Svjetlina (S)</b>			
	<b>Df</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sredstvo za izbjeljivanje	2	1,03	0,366
Materijal	2	19,88	1,11e-06 ***

Napomena: oznaka df označava stupnjeve slobode (degrees of freedom). \*\*\* - statistička značajnost na razini od 1%, \*\* - statistička značajnost na razini od 5%, \* - statistička značajnost na razini od 10%

**Tablica 10.** – Rezultati Tukey *post hoc* testa nakon provođenja tretmana izbjeljivanja (T1)

<b>Hrapavost (H)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	0,056718	0,862
Ugljen - soda	-0,01477	0,990
Ugljen – soda+limun	-0,07195	0,784
EvoCeram - BulkFill	0,02744	0,965
EvoFlow - BulkFill	-0,11587	0,547
EvoFlow - EvoCeram	-0,14331	0,401
<b>Mikrotvrdoća (MT)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	2,25600	0,568
Ugljen - soda	1,56011	0,762
Ugljen – soda+limun	-0,69589	0,947
EvoCeram - BulkFill	-3,27541	0,299
EvoFlow - BulkFill	-23,22691	≤0,001
EvoFlow - EvoCeram	-19,95149	≤0,001
<b>Svjetlina(S)</b>		
	<b>Razlika</b>	<b>P</b>
Soda+limun - soda	-1,44087	0,595
Ugljen - soda	0,58135	0,918
Ugljen – soda+limun	2,02222	0,353
EvoCeram - BulkFill	7,57770	≤0,001
EvoFlow - BulkFill	8,57738	≤0,001
EvoFlow - EvoCeram	0,99968	0,772

Prethodno je utvrđeno da u periodu T0 nije postojala statistički značajna razlika među uzrocima ovisno o odabranom tretmanu izbjeljivanja koji će se provesti, kada se kontrolira za vrstu materijala. Rezultati ANOVA testa u Tablici 9. pokazuju kako to vrijedi i nakon provođenja tretmana izbjeljivanja, odnosno u periodu T1.

Takvi rezultati su u skladu s rezultatima iz Tablica 6. i 7., koji sugeriraju da niti jedno sredstvo za izbjeljivanje nema statistički značajan učinak na hrapavost (H) i svjetlinu (S) za sva tri materijala, kao i rezultatima iz Tablice 8., koji sugeriraju da sva tri sredstva za izbjeljivanje imaju statistički značajan učinak na mikrotvrdoću (MT) va tri testirana materijala.

Zaključno, iako su pronađeni određeni statistički značajni učinci tretmana izbjeljivanja na glatkoću (G) i svjetlinu (S), učinak ovisi o materijalu na kojeg se primjenjuju. Tako tretman sodom i limunom utječe na svjetlinu materijala EvoCeram i Bulkfill, dok tretman sodom utječe

na svjetlinu materijala EvoCeram. Tretman izbjeljivanja ugljenom nije utjecao na svjetlinu niti jednog materijala, a niti jedno sredstvo nije utjecalo na svjetlinu materijala EvoFlow.

Kad je riječ o hrapavosti, izbjeljivanje sodom povećalo je vrijednost glatkoće EvoCeram materijala, a izbjeljivanje ugljenom povećalo je vrijednost glatkoće BulkFill materijala. Na razini statističke značajnosti od barem 5%, tretman izbjeljivanja sodom i limunom nije utjecao na glatkoću niti jednog materijala. Također, niti jedno sredstvo nije utjecalo na hrapavost materijala EvoFlow na spomenutoj razini statističke značajnosti.

Također, vidljiv je utjecaj svih sredstava za izbjeljivanje na smanjenje mikrotvrdoće svih korištenih materijala.



## **5. RASPRAVA**

U ovom istraživanju uspoređivana su različita komercijalna sredstva za izbjeljivanje zubi, odnosno njihov utjecaj na kompozitne materijale, u vidu promjene svjetline, mikrotvrdoće i površinske hrapavosti. Na temelju prikupljenih rezultata, možemo reći kako su neke početne hipoteze potvrđene, dok neke nisu.

Uspjeh dentalnih restauracija ovisi o njihovim mehaničkim svojstvima kao što su otpornost na savijanje, otpornost na lom, savojna čvrstoća, otpornost na trošenje. Idealni restaurativni materijal trebao bi ostati nepromijenjen pod utjecajem sredstava za izbjeljivanje, no njihov učinak na mikrotvrdoću materijala do danas ostaje upitan (7). Brojna su istraživanja ispitivala učinke sredstava za izbjeljivanje na dentalne restaurativne materijale s obzirom na boju, mehanička svojstva i morfološke promjene (7) Bez obzira na velik broj istraživanja koja su proučavala istu temu, do danas nije postignut znanstveni konsenzus (11-13, 19). Površinska mikrotvrdoća spada u jednu od najbitnijih mehaničkih svojstava dentalnih materijala. Ona osigurava dugotrajnost kompozitnog materijala, budući da povećava otpornost na trošenje pri mastikatornim silama. Stoga je, za dugotrajnost kompozitnog ispuna, veoma bitno očuvati je optimalnom (20).

U našem istraživanju, zabilježeno je smanjenje mikrotvrdoće kompozitnih materijala nakon izlaganja prirodnim sredstvima za izbjeljivanje (tablica 2, slika 3). Nadalje, najveća promjena mikrotvrdoće zabilježena je na Bulk-fill kompozitnom materijalu.

Smanjeni udio čestica punila slabi mehanička svojstva, a pogotovo sposobnost odupiranja mastikatornim silama (21). Takav smanjeni udio čestica punila osnovna je karakteristika Bulk-fill kompozita, naspram konvencionalnih kompozita, koji imaju adekvatan udio čestica punila (21). U kliničkim uvjetima, Bulk fill kompozit nanosi se u slojevima od 4mm, naspram konvencionalnih kompozitnih materijala, koji se nanose u slojevima od 2mm. Promjena dubine kompozitnog materijala ima kompleksan efekt na tvrdoću, boju te na polimerizacijsko skupljanje. Sva ta svojstva kod Bulk fill materijala mogu imati drugačije vrijednosti naspram konvencionalnih kompozita (21). Također, izlaganje kiselim otopinama, poput limunske kiseline, mogu izazvati smanjenje površinske mikrotvrdoće kompozita omekšavanjem bisfenol-A- polimera, koji je često prisutan u organskim materijalima, što su potvrdili Khan i sur. (22).

Limunska kiselina, u kombinaciju sa sodom bikarbonom, bila je jedna od sredstava za izbjeljivanje korištena u našem istraživanju. Iako su sve vrste kompozita pokazale određeni trend pada vrijednosti mikrotvrdoće u mjerenju nakon izlaganju sredstvima za izbjeljivanje, to je posebno jasno vidljivo na Bulk fill kompozitu. Ne može se sa sigurnošću reći da je tretiranje Bulk fill uzoraka s limunskom kiselinom i sodom pokazalo značajniji pad vrijednosti mikrotvrdoće u odnosu na tretiranje isključivo sa sodom i s ugljenom. To nas dovodi do zaključka da sva prirodna sredstva za izbjeljivanje korištena u ovom istraživanju imaju negativan efekt na površinsko svojstvo mikrotvrdoće.

Drugo ispitivano svojstvo u našem istraživanju bila je hrapavost. Do danas, vrlo se mali broj istraživanja bavio utjecajem prirodnih sredstava za izbjeljivanje na svojstvo hrapavosti. U svom istraživanju konvencionalnih sredstava za izbjeljivanje i njihov utjecaj na kompozite, Hellwing i sur. zaključuju da sredstva poput karbamid peroksida i hidrogen peroksida ne utječu znatno na hrapavost površine kompozita (23). Naprotiv tome, Hafez i suradnici dolaze do zaključka da određena sredstva za izbjeljivanje utječu na površinsku hrapavost kompozita. Taj učinak bi mogao biti povezan s pH vrijednosti sredstva za izbjeljivanje, te s udjelom čestica punila i organske matrice unutar kompozita (24). Što se pH vrijednosti tiče, određena istraživanja tvrde suprotno. Catelan i sur. istraživali su utjecaj kiselih agensa na kompozitne uzroke. Uzorci su sadržavali kompozitne materijale s različitim udjelima punila i matrice, međutim, nisu dokazali promjenu površinske hrapavosti nakon tretiranja kiselim otopinama (25).

Mikrostruktura kompozita, odnosno udio čestica punila i organske matrice, i njihov utjecaj na površinsku hrapavost, bila su tema istraživanja Rybe i suradnika. Naime, dokazano je da kompozitni materijali koji u sebi sadrže veće čestice punila (1-100  $\mu\text{m}$ ), pokazuju veće vrijednosti Ra nego kompoziti s manjim česticama punila. Poliranje ispuna ima puno manji učinak na hrapavost nego sama unutarnja struktura, odnosno veličina čestica punila (26).

U ovom istraživanju, hrapavost se primjenom sredstava za izbjeljivanje mijenjala ovisno o korištenom sredstvu, te ovisno o kompozitnom materijalu na kojeg se to sredstvo nanosilo. Utvrđen je statistički značajan utjecaj tretmana izbjeljivanja sodom na materijal EvoCeram ( $P \leq 0,05$ ), pri čemu je izmjerena vrijednost varijable hrapavosti viša za prosječno 0,43 jedinice nakon tretmana izbjeljivanja. Na razini statističke značajnosti od 10%, sličan je utjecaj i tretmana izbjeljivanja ugljenom. Ipak, kako je razina značajnosti iznad 5%, potrebno je provesti dodatna ispitivanja učinka tretmana izbjeljivanja ugljenom na hrapavost materijala EvoCeram.

S druge strane, utjecaj tretmana izbjeljivanja ugljenom ima statistički značajan (Slika 2, tablica 7) učinak na hrapavost materijala BulkFill, pri čemu je izmjerena vrijednost varijable hrapavosti prosječno viša za 0,34 jedinice nakon tretmana. Učinak tretmana izbjeljivanja sodom i sodom i limunom također ima pozitivan utjecaj na glatkoću, ali samo na razini statističke značajnosti od 10%.

Ovo istraživanje ima i određenih ograničenja. Naime, studija bi trebala sadržavati više komercijalnih pripravaka te ih testirati kroz dulji period vremena. S obzirom da je kroz period od 14 dana došlo do smanjenja mikrotvrdoće, za očekivati je da bi dulje izlaganje sredstvima za izbjeljivanje dovelo do statistički značajnijih rezultata. Nadalje, izvjesno je da osim promjena koje su se dogodile na površini kompozitnih materijala, sredstva za izbjeljivanje mogla bi djelovati i na druge restaurativne materijale, što je u budućnosti potrebno dodatno ispitati. Također su potrebne dodatne studije za ispitivanje sveobuhvatnosti učinkovitosti dostupnih prirodnih sredstava te bi ih bilo potrebno, u istom vremenskom razdoblju, usporediti s konvencionalnim sredstvima za izbjeljivanje.

## **6. ZAKLJUČAK**

Cilj ove studije bio je procijeniti i usporediti učinkovitost izbjeljivanja različitih komercijalno dostupnih prirodnih sredstava za izbjeljivanje zuba koji se koriste kod kuće te procijeniti utjecaj istih na površinske svojstva kompozita poput svjetline, mikrotvrdoće i glatkoće.

Prema rezultatima istraživanja možemo tvrditi sljedeće:

1. Korištena sredstva dovela su do smanjenja mikrotvrdoće kod uzoraka svih materijala.
2. Korištena sredstva imala su najveći utjecaj na mikrotvrdoću kod uzoraka materijala Bulk filla.
3. Tretman sodom i limunom utjecao je na povećanje svjetline uzoraka Bulk fill i EvoCeram kompozitnog materijala.
4. Tretman sodom bikarbonom utjecao je na povećanje svjetline uzoraka materijala EvoCeram.
5. Izbjeljivanje sodom bikarbonom povećalo je hrapavost uzoraka EvoCeram materijala.
6. Izbjeljivanje ugljenom povećalo je hrapavost uzoraka BulkFill materijala.

## **7. LITERATURA**

1. Tarle, Z. Restaurativna dentalna medicina. 1. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada, 2019. 381
2. Baroudi K, Rodrigues JC. Flowable Resin Composites: A Systematic Review and Clinical Considerations. *J Clin Diagn Res.* 2015;9(6):Ze18-24.
3. Johnsen GF, Taxt-Lamolle SF, Haugen HJ. Wear model simulating clinical abrasion on composite filling materials. *Dent Mater J.* 2011;30(5):739-48.
4. Marović D, Pandurić V, Tarle Z, Ristić M, Sariri K, Demoli N, Klarić E, Janković B, Prskalo K. Degree of conversion and microhardness of dental composite resin materials. *J Mol Struct.* 2013;10.1016.
5. Saati K, Khansari S, Mahdisiar F, Valizadeh S. Evaluation of Microhardness of Two Bulk-fill Composite Resins Compared to a Conventional Composite Resin on surface and in Different Depths. *J Dent (Shiraz).* 2022;23(1):58-64.
6. Kelić K, Matić S, Marović D, Klarić E, Tarle Z. Microhardness of Bulk-Fill Composite Materials. *Acta Clin Croat.* 2016;55(4):607-14.
7. Canjuga M. Bulk fill kompozitni restaurativni materijali. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Stomatološki fakultet; 2018
8. Shinkai K, Taira Y, Suzuki S, Kawashima S, Suzuki M. Effect of filler size and filler loading on wear of experimental flowable resin composites. *J Appl Oral Sci.* 2018;26:e20160652.
9. Lapas-Barisic M, Gamulin O, Panduric V, Spanovic N, Tarle Z. Dugoročna naknadna polimerizacija dvaju „bulk-fill” kompozita. *Acta stomatolog Croat. Int. J. Oral Health Dent.* 2016;50(4):292-300.
10. Chesterman J, Jowett A, Gallacher A, Nixon P. Bulk-fill resin-based composite restorative materials: a review. *Br Dent J.* 2017;222(5):337-44.
11. Tomás DBM, Pecci-Lloret MP, Guerrero-Gironés J. Effectiveness and abrasiveness of activated charcoal as a whitening agent: A systematic review of in vitro studies. *Ann Anat.* 2023;245:151998.
12. Li Y. Stain removal and whitening by baking soda dentifrice: A review of literature. *J Am Dent Assoc.* 2017;148(11s):S20-s6
13. Sanchez N, Fayne R, Burroway B. Charcoal: An ancient material with a new face. *Clin Dermatol.* 2020;38(2):262-4.



14. Brooks JK, Bashirelahi N, Reynolds MA. Charcoal and charcoal-based dentifrices: A literature review. *J Am Dent Assoc.* 2017;148(9):661-70.
15. Soda bikarbona. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.
16. Mandinić Z, Carević M. Etiologija i prevencija erozije zuba. Zbornik referata i radova XXXI, XXXII i XXXIII.32.
17. Limunska kiselina. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.
18. Münchow EA, Ferreira AC, Machado RM, Ramos TS, Rodrigues-Junior SA, Zanchi CH. Effect of acidic solutions on the surface degradation of a micro-hybrid composite resin. *Braz Dent J.* 2014;25(4):321-6
19. Jung CB, Kim HI, Kim KH, Kwon YH. Influence of 30% hydrogen peroxide bleaching on compomers in their surface modifications and thermal expansion. *Dent Mater J.* 2002;21(4):396-403.
20. Ciccone-Nogueira JC, Borsatto MC, de Souza-Zaron WC, Ramos RP, Palma-Dibb RG. Microhardness of composite resins at different depths varying the post-irradiation time. *J Appl Oral Sci.* 2007;15(4):305-9.
21. Karaman E, Tuncer D, Firat E, Ozdemir OS, Karahan S. Influence of different staining beverages on color stability, surface roughness and microhardness of silorane and methacrylate-based composite resins. *J Contemp Dent Pract.* 2014;15(3):319-25.
22. Khan AA, Siddiqui AZ, Al-Kheraif AA, Zahid A, Divakar DD. Effect of different pH solvents on micro-hardness and surface topography of dental nano-composite: An in vitro analysis. *Pak J Med Sci.* 2015;31(4):854-9.
23. Polydorou O. The effect of two bleaching products on microhardness and surface texture of different dental aesthetic restorative materials (disertacija). Freiburg (Breisgau): Sveučilište u Freiburgu; 2004.
24. Hafez R, Ahmed D, Yousry M, El-Badrawy W, El-Mowafy O. Effect of in-office bleaching on color and surface roughness of composite restoratives. *Eur J Dent.* 2010;4(2):118-27.
25. Catelan A, Briso AL, Sundfeld RH, Goiato MC, dos Santos PH. Color stability of sealed composite resin restorative materials after ultraviolet artificial aging and immersion in staining solutions. *J Prosthet Dent.* 2011;105(4):236-41.

26. Ryba TM, Dunn WJ, Murchison DF. Surface roughness of various packable composites. Oper Dent. 2002;27(3):243-7.

## **8. SAŽETAK**

**Naslov:** Utjecaj prirodnih sredstava za izbjeljivanje na površinska svojstva kompozita

**Cilj:** Ovo istraživanje procjenjivalo je učinak izbjeljivanja komercijalnih sredstava za izbjeljivanje na kompozitnim materijalima, te površinska svojstva glatkoće i mikrotvrdoće na istima.

**Materijali i metode:** 45 uzoraka podijeljeno je u tri jednake skupine ovisno o vrsti kompozita. Sve tri skupine kompozita dijelile su istu boju, A2. Unutar svake skupine kompozita (n=15), korištena su tri sredstva za izbjeljivanje: aktivni ugljen, pasta limunovog soka i sode bikarbone te soda bikarbona. Indeks izbjeljivanja testiran je na početku istraživanja spektrofotometrom. Površinska glatkoća testirana je uređajem Surface Roughness Tester K210, a površinska mikrotvrdoća Vickersovim testom. Sva tri parametra su ponovno testirana 14 dana nakon početka primjene sredstava za izbjeljivanje.

**Rezultati:** ANOVA testom potvrđen je statistički značaj svih sredstava za izbjeljivanje na parametre glatkoća i svjetlina. Utjecaj na glatkoću i svjetlinu značajno ovisi do vrste kompozita na kojoj se primjenjuje, i do sredstva koje se koristi. Tako tretman sodom i limunom utječe na svjetlinu materijala Evociramo i Bulkfill, dok tretman sodom utječe na svjetlinu materijala EvoCeram. Tretman izbjeljivanja ugljenom nije utjecao na svjetlinu niti jednog materijala, a niti jedno sredstvo nije utjecalo na svjetlinu materijala EvoFlow. Kad je riječ o glatkoći, izbjeljivanje sodom povećalo je glatkoću EvoCeram materijala, a izbjeljivanje ugljenom povećalo je glatkoću BulkFill materijala. Na razini statističke značajnosti od barem 5%, tretman izbjeljivanja sodom i limunom nije utjecao na glatkoću niti jednog materijala. Također, niti jedno sredstvo nije utjecalo na glatkoću materijala EvoFlow na spomenutoj razini statističke značajnosti. Što se mikrotvrdoće tiče, vidljiv je utjecaj svih sredstava za izbjeljivanje na smanjenje iste.

**Zaključak:** Sva sredstva za izbjeljivanje su pokazala značajan utjecaj na mikrotvrdoću, na svim kompozitnim uzorcima. Utjecaj na glatkoću i svjetlinu je varijabilan, te ovisi o primijenjenom sredstvu i kompozitnom uzorku.

**Ključne riječi:** izbjeljivanje kompozita, aktivni ugljen, soda bikarbona, limunov sok, glatkoća, mikrotvrdoća

## **9. SUMMARY**

**Title:** The influence of natural bleaching agents on the surface properties of composites

**Objective:** This study evaluated the bleaching effect of commercial bleaching agents on composite materials, and the surface properties of smoothness and microhardness on the same.

**Materials and methods:** 45 samples were divided into three equal groups depending on the type of composite. All three groups of composites shared the same color, A2. Within each group of composites (n=15), three whitening agents were used: activated carbon, lemon juice and baking soda paste, and baking soda. The bleaching index was tested at the beginning of the research with a spectrophotometer. The surface smoothness was tested with the Surface Roughness Tester K210, and the surface microhardness with the Vickers test. All three parameters were tested again 14 days after the start of the application of the whitening agents.

**Results:** ANOVA test confirmed a statistical significance of all bleaching agents on smoothness and brightness parameters. The effect on smoothness and brightness depends significantly on the type of composite on which it is applied, and on the means used. Thus, the treatment with soda and lemon affects the brightness of the EvoCeram and Bulkfill materials, while the treatment with soda affects the brightness of the EvoCeram material. The charcoal bleaching treatment did not affect the brightness of either material, and neither agent affected the brightness of the EvoFlow material. When it comes to roughness, soda bleaching increased the roughness of the EvoCeram material and charcoal bleaching increased the smoothness of the BulkFill material. At a statistical significance level of at least 5%, the soda-lemon bleaching treatment did not affect the roughness of either material. Also, none of the agents affected the roughness of the EvoFlow material at the aforementioned level of statistical significance. As far as microhardness is concerned, the impact of all bleaching agents on its reduction is visible.

**Conclusion:** All bleaching agents showed a significant influence on microhardness, on all composite samples. The effect on smoothness and brightness is variable and depends on the applied agent and the composite sample.

**Key words:** whitening of composites, activated carbon, baking soda, lemon juice, roughness, microhardness

## **10. ŽIVOTOPIS**

## **OBRAZOVANJE**

- 2005.- 2013. Osnovna škola Ivana Gundulića, Dubrovnik
- 2013.- 2017. Gimnazija Dubrovnik, Opća gimnazija
- 2017.-2023. Medicinski fakultet u Splitu, integrirani studij Dentalna medicina

## **MATERINSKI JEZIK**

- hrvatski

## **OSTALI JEZICI**

- engleski
- španjolski
- talijanski

## **AKTIVNOSTI**

- članica studentske organizacije Zubolina
- članica Studentskog zbora Medicinskog fakulteta u Splitu
- sudionica kongresa studenata dentalne medicine u Zagrebu