

# ZNAČAJ NOVIH TEHNOLOGIJA I NJIHOV UTICAJ NA INDUSTRIJSKI RAZVOJ USLUŽNE DJELATNOSTI I NEZAPOSLENOST

*Pregledni rad*

DOI: 10.7251/DEFSR1841004S	COBISS.RS-ID 7745304	UDK 658.5:004.384]:666.3/7
----------------------------	----------------------	----------------------------

**Milan Šušić<sup>1</sup>**

*Univerzitet za poslovne studije Banja Luka,  
Fakultet za poslovne i finansijske studije, Bosna i Hercegovina*

## **Apstrakt:**

*Nove Informaciono-komunikacione tehnologije pronašle su svoju primjenu u svim područjima djelatnosti (prerađivačka industrija, građevinarstvo, trgovina na veliko i na malo, prevoz i skladištenje, informacije i komunikacije, obrazovanje, zdravstvena zaštita i socijalna briga i druge djelatnosti). CAD/CAM aplikacija se koriste u industriji za projektovanje, izradu prototipova, gotovih proizvoda i realizaciju proizvodnih programa, a u uslužnim djelatnostima kao što je zdravstvena zaštita-stomatologija je proces kojim se postiže završna obrada zuba kroz fino mljevenje gotovih keramičkih blokova radi postizanja efikasnijeg rada. CAD/CAM tehnologija u suštini omogućava kreiranje dvodimenzionalnih, trodimenzionalnih, petodimenzionalnih modela i njihovu materijali-zaciju numeričkim kontrolisanim mašinama. Da bi efikasnije funkcionisali, smanjili troškove, povećali efikasnost prerađivačke industrije i usluga, postigli zadovoljstvo korisnika-pacijenta i na kraju ostvarili profit, mnoge kompanije i stomatološke ordinacije na svijetu usmjerile su pažnju na implementaciju savremenih IT rješenja u svakodnevnoj praksi. Od namjenski izgrađenih keramičkih blokova stomatolog može vrlo brzo pružiti uslugu (precizna nadoknadu u vidu mostova i krunica) koristeći CAD/CAM tehnologiju (računarsko-pomoćno-dizajnirani / kompjuterski podržanu proizvodnju). Prednosti ove tehnologije su predstavljene u ovom radu. Postoje mnogi sistemi poput PoverMill, PoverShape, DeskProto 3D CAM, DeskProto V 7.0 u industriji kao i Cercon, Celai, Cerec, Lava, Everest, koji predstavljaju imperativ moderne stomatologije.*

**Ključne reči:** *projektovanje, dizajn, novi proizvodi, 3D skeniranje, protetika, keramički blokovi, mostovi i krune.*

<sup>1</sup> Autor, Milan Šušić, doktorand, e-mail: i.susic51@gmail.com

## UVOD

CAD / CAM aplikacije se koriste za dizajniranje proizvoda i programa za proizvodne procese, konkretno CNC obradu. CAM softver koristi modele i sklopove kreirane u CAD softveru za generisanje alatnih puteva koji daju mašinske alate da pretvore dizajn u fizičke dijelove. CAD / CAM softver se koristi za projektovanje i izradu prototipova, gotovih dijelova i proizvodnih programa.

CAMWorks sa mašinskom inteligencijom je najnapredniji softver za programiranje CAM-a dostupan za brže, efikasnije i brže traženje proizvoda. CAMWorks je najnovija generacija najboljih CNC programskih rješenja sledeće generacije koja omogućava svojim korisnicima da programiraju pametnije i brže mašine. CAMWorks nudi istinitu mašinsku obradu koja automatski prilagođava promjene u dijelu modela, što eliminiše preusmjeravanje radnog vremena CAM-a zbog ažuriranja dizajna.

Budući da je integrisan u dizajn okruženje, CAMWorks omogućava korisniku da: Održavate asocijativnost između modela dizajna i alata koje osiguravaju da najnovije promjene u dizajnu odražavaju se u traci alata; Uklanjanje dosadašnjih transfera datoteka koristeći standardne formate datoteka kao što su IGES i STEP; Koristite samo jednu datoteku za čuvanje CAD i CAM podataka koji drastično smanjuju upravljanje datotekama; Radite sa istim poznatim korisničkim interfejsom koji obezbeđuje kratku krivu učenja; Koristite drvo i komande za CAMWorks mašinsku obradu pritiskom na dugme i generiranje alatnih puteva bez napuštanja okruženja dizajna; CAMWorks pruža korisnicima mogućnost rada sa više platformi uključujući sopstvenu integrisanu CAD / CAM platformu. CAMWorks Milling softver za programiranje G-kod CNC mlin mašina je dostupan u različitim konfiguracijama, tako da se danas možete kupiti tačno ono što nam je potrebno sada i dodati u svoj CAM sistem kako poslovanje raste.

Danas u uslužnim djelatnostima savremena praksa podrazumijeva povećanu primjenu informacionih i komunikacionih tehnologija. Postoje brojne prednosti za olakšavanje rada u uslužnim djelatnostima, ali i u korištenju stomatoloških usluga koji postaju sve zahtjevniji u pogledu estetike, sa jasno izraženom željom za minimalnim boravkom i ostankom u stomatološkoj ordinaciji. Naime, kada je neophodno zamjeniti uklonjeno patološki izmjenjeno tkivo i proizvoditi fiksne protetske inlee, naznačene su onlive, krune i furniri, ili kada je potrebno napraviti nedostajuće zube, a samim tim i mostovi su prodviđeni, dolazi u načelu do primjene CAD/CAM tehnologije.

U ranim devedesetim, više od 70% privatnih stomatoloških praksi u Sjedinjenim Državama koristilo je računare (Casanova, A. V. Marshall, V.1986), nesumnjivo je prednost takve organizacije rada da povećá brzinu rada, komunikaciju sa pacijentima i smanjenje prostor za skladištenje podataka (Gilboe, D. B. Scott, D. A.1991). Važna uloga je i smanjenje mogućnosti unosa pogrešnih, nelogičnih ili nepotpunih podataka (Chasteen, J. A.1992). Ova računarska aplikacija danas predstavlja najčešći oblik korišćenja u našoj profesiji. Upotreba kompjutera u terapiji je izazov za entuzijaste i vizionare koji su razvili potpuno novo polje: kompjuterizovana stomatologija CAD/CAM sistemi predstavljaju vrhunac računarske tehnologije sa puno realizovanih i potencijalnih aplikacija u stomatologiji. CAD/ CAM sistemi u stomatologiji se sastoje, u osnovi, od tri komponente (Rekov, D.1987): Prva komponenta je uređaj koji odražava pripremu zuba i drugih potpornih tkiva i odgovoran je za digitalizaciju prostornih podataka (CAI - Computer Aided Inspection); Druga komponenta se sastoji od kompjutera koji planira i izračunava oblik tijela

obnove, što je ekvivalentno području CAD-a; Treća komponenta predstavlja numerički kontrolisanu glodačku mašinu koja iz osnovnog oblika proizvodi restauraciju zuba, odgovarajuće CAM područje. Po pravilu se preporučuje dodatna obrada, kao što je poliranje ili pojedinačna preferencija zubnog tehničara ili doktora (Todorović, A.2005).

## 1. RAVOJ CAD/CAM SISTEMA

Sa razvojem software-skih paketa (CAD, CAM i drugi) te kompjuterski upravljanih mašina (CNC) i čitavih postrojenja u procesnoj industriji, kao i sa nastojanjima da se izađe u susret individualiziranim potrebama potrošača, neke od bitnih tačaka razgraničenja pripreme i proizvodnje gube na oštini.

Planiranje procesa prevodi informaciju o dizajnu proizvoda (geometrijski input) u stadijume procesa i instrukcije o efikasnoj proizvodnji. Slično drugim funkcijama razvoja proizvoda i dizajna, planiranje procesa je razvijano uz pomoć kompjutera u computer aided process planing (CAPP).

CAPP podržano većim brojem alata podržanih računarom može biti efikasnije u korišćenju resursa za proizvodnju pojednostavljenjem i unapređenjem planiranja procesa. CAPP je zasnovan na Grupnoj Tehnologiji (GT) kodiranja i klasifikacije za identifikaciju većeg broja osobina ili parametara elemenata proizvoda ili proizvoda. Ovi atributi omogućuju sistemu da odabere osnovni plan procesa za familiju dijelova i obavi veliki dio planiranja. Ostali rad završava planer modifikacijom finog podešavanja plana.

Sledeći stadijum u razvoju je generišući CAPP. Generišuće planiranje procesa određuje pravila odlučivanja zasnovano na grupnu tehnologiju dijlova, odnosno takođe koristi tehnologiju kodiranja. Rezultujući plan procesa zahtjeva minimalnu manualnu interakciju i modifikaciju (na primjer unos dimenzija). Čisto generišući sistem koji može proizvesti cjelokupni plan procesa na osnovu klasifikacije komada i drugih dizajnerskih podataka je cilj za budućnost. Ovakav tip čisto generišućeg sistema uključivaće upotrebu vještačke inteligencije za izradu planova procesa i biće potpuno integrisan u CIM okruženje.

Dalji iskorak u ovom stadijumu je dinamičko, generišući CAPP, koji će uzeti u obzir kapacitete mašina i postrojenja, mogućnosti izrade alata, radne centre i raspored opreme kao i status opreme (npr. Zastoje usljed održavanja) u razvoju planova procesa. Dinamički, generišući CAPP zahtjevaće tijesnu integraciju sa sistemima planiranja proizvodnih resursa, pratiće trenutnu situaciju akvizicijom podataka iz rada postrojenja. CAPP će direktno davati podatke kontrolorima procesa ili, u manje automatizovanom okruženju, davati grafikone o stanju i rasporedu opreme i tokovima materijala u vezi sa tokom razmatranog procesa.

Computer Aided Draughting (*u nekom izvorima Design*) (CAD) ili Crtanje pomoću računara, je izvršilo revoluciju u procesu dizajna. U poređenju sa tradicionalnim tehnikama rada, proizvođači mogu raditi efikasnije korišćenjem CAD sistema jer mogu ostvariti bolji dizajn brže i sa nižom cijenom. Dizajner sa lakoćom može da koristi CAD sistem za generisanje višestruko povezanih, kompleksnih, objekata i njihovo pozicioniranje prema zahtjevima. Dalje, CAD sistem ima mogućnost da stornira entitete, omogućava

korisniku da izabere širok varijetet često korišćenih dijelova iz formirane interaktivne baze. Ovo unapređuje kvalitet i vjerodostojnost predmeta rada kao i brzinu njihove izrade.

Mnogi CAD sistemi su sposobni za davanje geometrijskih podataka kod formiranja čvrstih modela i prototipa čime se vrši integracija sa RP tehnikama. Komercijalno je isplativo integrisati CAD sa CAM (Computer Aided Manufacture) gdje je to moguće. CAM softver koristi geometrijske podatke iz CAD programa za generisanje instrukcija za kontrolu i upravljanje automatskih mašina i alata (CNC strugovi, bušalice, itd).

Razvoj CAM softvera omogućio je spregu CAD/CAM u cilju unapređenja industrije. Istorijski posmatrano, izbušena papirna traka (matrica) je upotrebljavana za programiranje Numerički Kontrolisane (NC) mašine, dok su kasniji modeli koristili mašinske kodove (npr. ASCII) koji su se ukucavali u tekst editor (\*\*\*.txt). U oba slučaja, program je upravljao brzinom kretanja reznih alata, dubinom rezanja itd. Moderni CAD/CAM sistemi, automatski generišu kretanje alata na osnovu 3D CAD podataka i omogućavaju prethodnu simulaciju procesa mašinske obrade na ekranu računara. Proširenje CAD/CAM je potpuno integrisanje svih aspekta proizvodnje i usluga upotrebom podataka generisanih računarom. To je proces poznat kao Computer Integrated Manufacture (CIM). Industrija koja prihvata filozofiju fleksibilne proizvodnje koristi najviše razvijene CIM sisteme u cilju inkorporacije svih proizvodnih informacija u lokalno dostupnu bazu podataka. Sistemi kontrole i obezbjeđivanja kvaliteta mogu biti inkorporirani u CIM sisteme.

Digitalna proizvodnja je pojam koji predstavlja široku mrežu digitalnih modela i metoda kojima se opisuje svaki aspekt životnog ciklusa proizvoda. Ona predstavlja integraciju različitih alata za dizajn proizvoda (CAD), planiranje procesa (CAPP), upravljanje vremenom i poslovne aplikacije, planiranje izgleda fabrike, ergonomiju, simulacije rada robota, softvere za analizu, simulaciju procesa, CAM softvere i ostale aplikacije koje se koriste za planiranje i optimizaciju procesa i objekata stvarnog preduzeća.

U cilju obezbjeđivanja NC instrukcija CAM opremi, moraju biti donijete osnovne odluke koje se tiču upotrebe opreme, alata i sekvenci operacija. Ovo je funkcija CAPP-a. Bez nekih elemenata CAPP-a integracija CAD/CAM ne bi bila moguća.

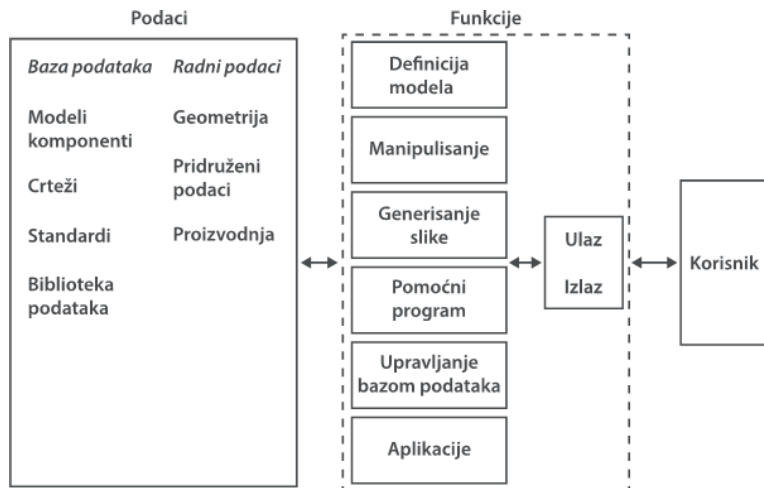
Prednosti CAPP-a su: Smanjenje napora na planiranju procesa; Direktna ušteda na radnoj snazi; Ušteda materijala; Smanjenje škarta; Ušteda alata; Smanjenje rada u procesu.

U tržišnoj ekonomiji, razvoj proizvoda će biti odgovor na projektovane potrebe tržišta, i to obično treba biti identifikovano u formi kratkog dizajna, koji će biti osnova za dalji razvoj proizvoda.

Ovo je veoma širok opis inženjerskog procesa i detalj u svakoj fazi se zanatno razlikuje po broju ljudi koji su uključeni i po prirodi i složenosti proizvoda. Treba voditi računa o tome da je process projektovanja, na primjer vazduhoplovnih motora ili računarskih sistema, vrlo složen proces koji uključuje velike timove i usko je ograničen tehničkim faktorima. U nekim oblastima proizvod može da bude rezultat rada jednog projektanta (dizajnera) ili malog tima, ili može da bude uslovljen nekim faktorima koji imaju dominantnu ulogu.

Arhitektura CAD sistema je prikazan na slici 1. i ona opisuje dizajn kao niz faza, u ovom slučaju napredak od zahtjeva preko konceptualnog dizajna i idejnog projekta na dizajna detalja. U ovom slučaju, međutim, različite faze procesa projektovanja se generalizuju u zajednički obrazac u kojem su modeli dizajna razvijeni kroz proces analize i procjene, vodeći ih do prerade i dorade modela. U ranim fazama dizajna, privremeno

rješenje predlaže projektant (dizajner). Ovo je procjena u odnosu na određen broj gledišta da bi se postigao prikladan dizajn u odnosu na ono što se traži. Ako je prijedlog neupotrebljiv, onda se taj prijedlog modifikuje. Proces se ponavlja sve dok se ne postigne da je projekat dobar, gdje može da se razvija više u dubinu i faza preliminarnog dizajna može da počne.



Slika 1.: Arhitektura CAD sistema

U ovoj fazi projekat je prečišćen, tako da procjena i modifikacija može da se obavlja na većem nivou detalja. Konačno, faza dizajna detalja doprinosi na sličan način da se završi definisanje dizajna za proizvodnju.

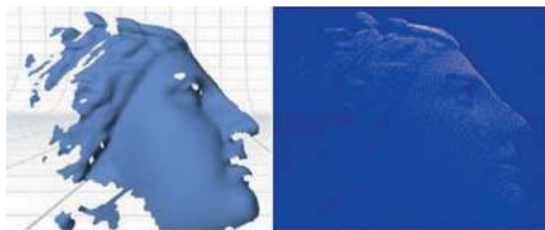
Do sada, CAD sistemi su opisani u veoma opštim pojmovima. Tačnije, mogu da sadrže sledeće elemente: hardver: računar povezan sa perifernom opremom; softver: računarski program(e) koji radi(e) na hardveru; podatke: struktura podataka koju je stvorio i kojom manipuliše softver; ljudska znanja i aktivnosti.

## 2. NAPREDNE METODE I UREĐAJI ZA KREIRANJE GEOMETRIJE I BRZU IZRADU PROTOTIPA

Kao što klasično skeniranje fotografija ili teksta predstavlja ulazne veličine u razne računarske aplikacije, a štampanje i crtanje izlaznu formu računarskih aplikacija i dok se sve to dešava u dvodimenzionalnom prostoru, razvojem novih naprednih tehnologija perifernih jedinica granice su pomaknute prema trodimenzionalnom prostoru. Upravo, industrijski dizajn ima velike koristi od ovih novih metoda koje omogućavaju jednu novu dimenziju u radu industrijskih dizajnera. Kao što je CAD predstavljao veliki korak naprijed u odnosu na klasično crtanje bazirano na ortogonalnoj projekciji i papiru, tako trodimenzionalno (3D) skeniranje i brza izrada prototipa omogućava jednu potpuno novu dimenziju u prezentaciji ideja i konceptata dizajnera.

### 3D skeniranje

Pod 3D skeniranjem podrazumijevamo prikupljanje prostornih podataka o geometriji posmatranog objekta putem uređaja koje u širem smislu nazivamo 3D skeneri i koji predstavljaju vezu između realnog objekta i CAD modela. 3D skeniranje ima svoju široku primjenu u industriji, kontroli geometrije proizvedenih dijelova, osiguranju kvaliteta, inženjerskom dizajnu, antropometriji, građevini, urbanizmu, geodeziji, filmskoj industriji i računarskoj animaciji, zaštiti spomenika i kulturne baštine, arheologiji, medicini, itd. 3D skenere dijelimo u dvije osnovne kategorije: kontaktne i beskontaktni skeneri. U beskontaktnu skenere ubrajamo čitav niz tehnologija poput „*Time of flight*” — skenera, triangulacij skih skenera, skenera sa strukturisanim svjetlom (*white light*), kompjutersku tomografiju (CT), mikrografiju, magnetnu rezonancu (MRI), fotogrametriju i niz drugih. Osnovna svrha 3D skenera je stvaranje oblaka tačaka (*point cloud*) koje predstavljaju prostorne koordinate tačaka posmatrane površine (Slika 2.).



Slika 2.: Skenirana skulptura Artemide i oblak tačaka

### Kontaktne skeneri

Kontaktne skeneri (CMM - coordinate measuring machine) predstavljaju jednu od prvih tehnologija 3D skeniranja (Slika 3.). Funkcionišu na principu pipala, koje dodiruju objekta očitavaju koordinatu tačke dodira, a sastoje se od pomičnog stalka, čije se koordinate očitavaju na mikrometarskom nivou, i samog pipala, te upravljačkog softvera koji uz upravljanje ima mogućnost provlačenja osnovnih geometrijskih oblika kroz očitane tačke. Nedostaci ovih skenera su sporost prikupljanja podataka i dodir koji može, ili oštetiti objekt (npr. krhki arheološki nalazi), odnosno deformisati ili pomaknuti manje dijelove.



Slika 3.: CMM skener i kontaktno pipalo

### *Time of flight skeneri*

„Time of flight“ (vrijeme leta) laserski skeneri (Slika 4.) se temelje na očitavanju razlike vremena između odaslato g impulsa laserskog svjetla i refleksije odbijene zrake koju prima detektor. Na temelju veličine vremenskog intervala  $\Delta t$  i poznate brzine laserske zrake (brzina svjetlosti  $c$ ), izračunava se udaljenost kao  $s = (c \times \Delta t) / 2$ . Pomično ogledalo velikom brzinom prenosi emitovani zrak preko površine objekta i tako stvara oblak tačaka. Ovi skeneri su pogodni za vrlo velike udaljenosti, ali nemaju veliku preciznost (rezolucija je nekoliko milimetara). Tipična primjena ovih skenera je u građevini, odnosno konzervatorskim i restauratorskim radovima, te očuvanju kulturne baštine.

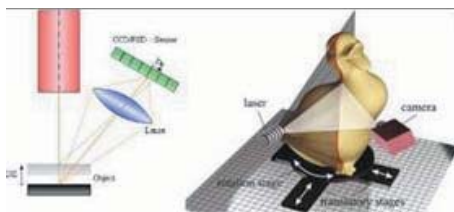


*Slika 4.: Time of flight skener*

### *Triangulacijski skeneri*

Triangulacijski laserski skeneri (Slika 5.) se sastoje od izvora laserske zrake, te objektivna i zaslona na koji se projektuje reflektovana zraka. Objektiv je postavljen tako da se nalazi na konstantnoj udaljenosti od laserskog zraka i pod konstantnim uglom s obzirom na zrak. Kako se posmatrani objekt pomiče, tako dolazi do pomicanja reflektovane zrake na zaslonu. Iz ovih poznatih veličina (ugao objektivna i zraka te udaljenost objektivna od zraka) i pozicije reflektovane zrake na zaslonu određuje se nepoznata udaljenost objekta. Češće se ne radi samo o jednom zraku, već o laserskom snopu, čime se očitava pozicija čitave linije tačaka, a prelaskom snopa preko objekta čitava površina. Kako se ovim načinom prikuplja geometrija vidljive strane objekta, često se za manje objekte koristi zakretno postolje kojim se zakreće objekt oko svoje ose, čime se dobija niz skeniranih površina, a iz poznatog ugla zakreta omogućava se jednostavno povezivanje površina u zatvoreno tijelo. Za veće objekte koje nije moguće smjestiti na rotacijsko postolje, vrši se skeniranje sa raznih strana objekta, a kasnije putem zajedničkih markera (barem tri za svaki susjedni sken) preklapanjem se spajaju susjedni skenovi. Metoda temeljena na triangulaciji je brza, a preciznost skeniranja je velika. Tako, npr. NextEngine 3D Desktop skener (Slika 6.) ( [www.nextengine.com](http://www.nextengine.com) ) čija cijena iznosi 3 000 USD, ima rezoluciju od 0.125 mm.

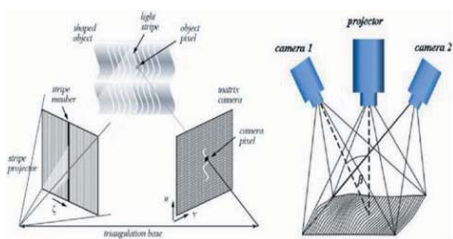




Slika 5.: Princip triangulacije laserskog zraka i Slika 6.: Triangulacijski i skenirana geometrija laserski NextEngien skenner laserskog snopa

### Skeneri sa strukturisanim svjetlom

Skeneri sa strukturisanim svjetlom, koji se još nazivaju i White light skeneri (skeneri bijelog svjetla), temelje se na principu projekcije crta bijelog svjetla te očitavanja dobijenih projekcija, najčešće digitalnim (CCD) kamerama (Slika 7.). Obično se sistemi temelje na dvjema CCD kamerama, koje pod istim uglom, s obzirom na projektor među njima, softverski raspoznaju rub između svjetla i tame projektovane linije, te se na osnovu poznatog ugla gledanja određuje udaljenost. U ovu grupu spadaju i skeneri koji se temelje na prelasku zrake svjetlosti preko objekta, te se iz dinamičke promjene projektovane konture rekonstruiše površina. Puno su češći skeneri koji se temelje na uzorku niza paralelnih linija svjetla i tame. Prednost ove metode je ta što se mogu vrlo brzo projektovati uzorci s linijama, te se znatno brže od triangulacijskih laserskih skenera može očitati geometrija objekata. Mana im je ta što im je ograničeno korištenje pri dnevnom svjetlu, te prostorije u kojima se vrši skeniranje treba zatamniti, odnosno skeniranje na otvorenom vršiti u sumrak ili noću. Što je projektor jači, a samim tim i skuplji, to je ovaj problem manje izražen. Takođe, zbog karakteristika optike, prije sprovođenja mjerenja zahtijeva se često kalibriranje CCD kamera. Rezolucija im se kreće do reda veličine jednog mikrona. Robusnost skeniranja ovom metodom je nešto veća nego što je to slučaj kod triangulacijskih laserskih skenera, a prekrivanjem površine bijelim prahom titanovog dioksida u potpunosti se eliminiše problem refleksije oko bridova, prisutan kod triangulacijskih skenera. Cijena ovih skenera je nešto veća od triangulacijskih laserskih pa se tako cijena GOM-ovog skenera ATOS (Slika 8.) kreće oko nekih 70 000 EUR i više (zavisi od jačine projektor i vrsti objektiva).



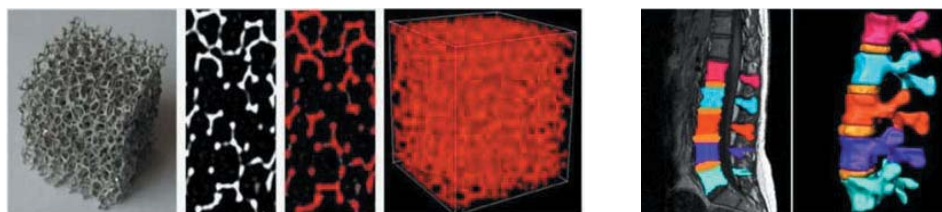
Slika 7.: Princip projekcije strukturiranih linija očitavanja konture površine

Slika 8.: GOM-ov skener ATOS i skenirani rotor Francis turbine



## ***Kompjuterska tomografija, mikrotomografija i magnetna rezonanca***

Radi se o metodama koje se pretežno koriste u medicini te proučavanju strukture materijala. Ovim metodama se dobijaju uzastopni presjeci objekata različitog sastava, a kasnije se softverskom obradom kreira 3D geometrija. Kompjuterska tomografija (CT) trodimenzionalne slike kreira iz niza dvodimenzionalnih presjeka nastalih zračenjem X zraka (Slika 9.). Mikrotomografija je tomografija koja omogućava skeniranje sitnih struktura na mikronivou, a naročito primjenu ima u nauci o materijalima. Magnetna rezonanca (MRI) (Slika 10.), za razliku od CT-a koji se koristi jakim jonizirajućim zračenjima, radi na principu magnetnog polja te omogućava veće kontraste i bolju rezoluciju kod snimanja mekih tkiva. Za razliku od MRI-a, kompjuterska tomografija nalazi veću primjenu kod određivanja strukture raznih materijala poput betona, kamena, metalnih pjena i sl.



*Slika 9.: Metalna pjena, presjek dobijen CT-om Slika10.: Geometrija kичme dobijena rekonstrukcijom MRI snimaka*

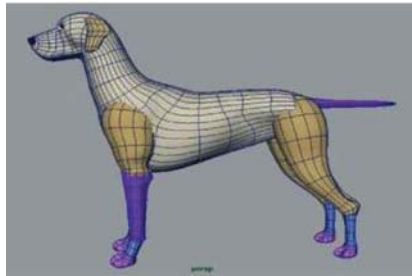
## ***Pretvaranje oblaka tačaka u CAD geometriju***

Samim skeniranjem i obradom skenirane površine posao nije završen i tek iza skeniranja predstoji mukotrpan rad pretvaranja skeniranog u CAD geometriju. Sam format zapisa, STL format, predstavlja velik broj podataka (koordinate oblaka tačaka) koje je potrebno smanjiti kako bi se skenirana geometrija koristila u drugim aplikacijama. Formiraju se modeli sastavljeni od ravnih poligonih (najčešće trougaonih) površina, te modeli površina definisani putem NURBS prostornih površina, a koji se dalje pretvaraju u CAD zapis tijela. Modeli sastavljeni od mreže trougaonih površina, gdje se pojedini trouglovi definišu između tačaka oblaka, sadrže još uvijek previše podataka za manipulisanje. Često sam softver skenera omogućava definisanje mreže trougaonih površina (Slika 11.). Ovakva mreža je i dalje previše kompleksna i glomazna da bi se mogla koristiti u raznim CAD aplikacijama i neophodna je njena simplifikacija matematičkim funkcijama i primitivnim geometrijama.



Slika 11.: Skenirana površina definisana preko mreže trougaonih površina

Većina ozbiljnijih CAD aplikacija poput CATIA-e, SolidWorksa, Rinoceresa i sl., omogućava učitavanje oblaka tačaka u STL formatu, te definisanje primitivnih ploha poput ravni, kugle, kupe, cilindra i kompleksnih matematičkih površina poput NURBS-ova. NURBS, čije ime dolazi od *Non-uniform rational basis spline*, svoje početke nalaze u industriji brodogradnje kod aplikacija za definisanje linija broda, a kasnije se ove matematičke formulacije trodimenzionalnih ploha naveliko koriste u računarskoj grafici za kreiranje krive i ploha koje omogućuju veliku fleksibilnost u definisanju analitičkih i slobodnih oblika. Poslednjih godina je došlo do znatnog razvoja softvera u području računarske animacije, gdje se NURBS površine (Slika 12.) koriste za opisivanje animiranih likova, a sami likovi se kreiraju na osnovu modela iz modelarskog plastelina, koji se skenira 3D skenerima poput NextEngine skenera.

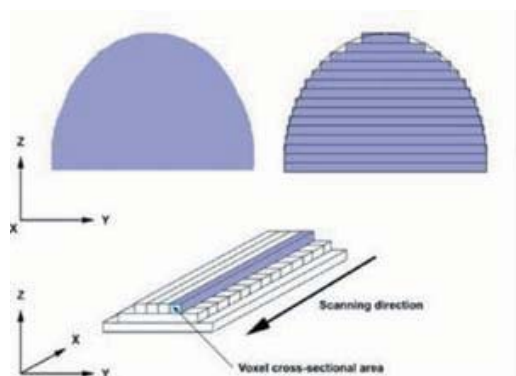


Slika 12.: Model kera sastavljen od NURBS površina

### ***Brza izrada prototipa***

Brza izrada prototipa (*Rapid Prototyping*) je automatizovana izrada tijela temeljena na formiranju slobodnih oblika. S ovim metodama se započelo oko 1989. godine, kada su se na temelju računski zadanih oblika mašina izrađivali modeli i dijelovi prototipa. Danas je brza izrada prototipa uznapredovala do nivoa da se čak koristi u proizvodnji maloserijskih dijelova proizvoda. Iako je cijena jednog izrađenog predmeta znatno veća nego cijena istog tog oblika proizvedenog na klasičan način, npr. brizganjem, uštede pri razvoju su znatne. Cijena uređaja za brzu izradu prototipa (zavisno o tehnologiji) iznosi od 40 000 EUR, do 120 000 EUR (za uređaje koji mogu izraditi objekte manjih dimenzi-

ja). Ako se ovo uporedi s gubicima jednog lošeg kalupa za brizganje plastičnih materijala, gdje uzrok greški leži u krivoj interpretaciji crteža od strane alatničara ili čak greški u CAD modelu, tada je dovoljno približno tri do četiri škart kalupa da bi gubici bili jednaki cijeni 3D štampača. Greške u izradi kalupa su vrlo česte u industriji polimernih proizvoda. Princip brze izrade prototipa je građenje dvodimenzionalnih presjeka tijela ( $xy$  ravni) u smjeru ose okomite na ravan presjeka ( $z$  ravan). Prvi uređaji za brzu izradu prototipa temeljili su se na izrezivanju kartona prema konturi presjeka u  $xy$  ravni i slaganje tih izrezanih poprečnih presjeka u smjeru  $z$  ravni. Pri tom je korak presjeka koji se izrezuje odgovarao debljini kartona iz kojeg se presjek izrezuje. Većina uređaja za brzu izradu prototipa upravo funkcioniše na ovim temeljima, gradi se sloj po sloj poprečnih presjeka u smjeru  $z$  ravni. Na slici 13. je prikazan princip stvaranja oblika koji odgovara polovini cilindra. Ako bi ipak željeli izraditi puni cilindar, tada bi trebalo u donjoj polovini cilindra, ispod cilindra postavljati materijal koji će cilindar držati u svom položaju kako se ne bi prevrnuo. Ovaj dodatni materijal se zove „materijal nosač“ (*carrier material*) i neopodno je pri izradi prototipa. Materijal nosač može biti ili materijal drugačijeg sastava od osnovnog materijala, koji se naknadno odstrani, ili čak ako se izrada prototipa temelji na prašini koja se međusobno povezuje (solidificira), nepovezane čestice prašine stvaraju podršku ovim ukrućenim (solidificiranim) česticama.



Slika 13.: Princip građenja prototipa polovine cilindra

Prototip se u računarima definiše na način da se prvo standardnim CAD programima kreira virtualna geometrija tijela, koja se onda šalje na perifernu jedinicu gdje se sloj po sloj gradi prototip.

Pri tom je standardni format komuniciranja između CAD paketa i softvera koji upravlja izradom prototipa STL (Stereolitography) format. Tehnologije brze izrade prototipova su:

- lasersko sinterovanje,
- modeliranje odlaganjem tekućine,
- stereolitografija,
- izrada laminiranih modela,
- topljenje elektronskom zrakom,
- 3D štampanje

### 3. CAD / CAM TEHNOLOGIJA U USLUŽNIM DJELATNOSTIMA - STOMATOLOGIJI

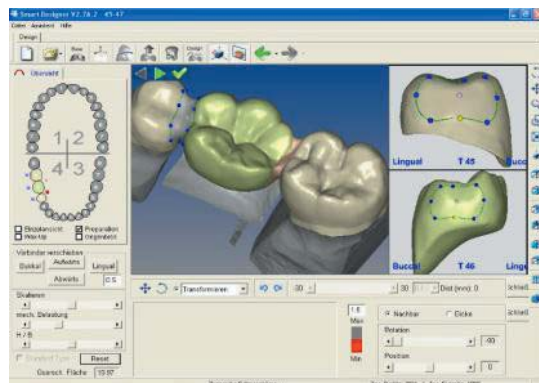
Godine 1985., pomoću trouglastih kamera, izvršeno je višedimenzionalno mjerenje, omogućavajući prenos informacija o mjerenju na ekran računara. Pomoću računara, softvera za obradu slika i povezivanja sa CNC glodalicom, dobija se prva restauracija sili-katnih injekcija na Univerzitetu u Cirihi. Potom je gotovo nezamisliva tehnologija i praktično kreiranje novog koncepta u stomatologiji. U Nemačkoj, CAD/CAM tehnologija je uvedena u stomatološku praksu 1988. godine (Ritter, A. V.2002). Savremeni softver pruža takvu mogućnost da je minimalna debljina restauracije manja od preporučene, upozorava zubara na postojeći problem. Takođe, na virtuelnom modelu su označene i jasno prepoznatljive kritične oblasti koje se mogu ispraviti ponuđenim alatima. ([www.sirona.com](http://www.sirona.com)).

Razvoj tehnologije je otišao od kopiranja mašine do potpuno kompjuterski kontrolisanog sistema, sa velikom bazom oblika zuba, što je omogućilo automatsku proizvodnju krunica i mostova. Danas postoji nekoliko ovih sistema (Cerec, Cercon Celaia, Lava, Everest) i smatra se da će oni u budućnosti imati mnogo veću upotrebu u proizvodnji fiksne restauracije. Slika 14. prikazuje fiksnu restauraciju proizvedenu pomoću kompjutera kontrolisanog sistema.



*Slika 14.: Proizvodnja fiksne restauracije pomoću računarskog sistema*

Zahvaljujući CAD/CAM tehnologiji i brojnim studijama, to je rezultiralo formulom za izuzetno vjernu restauraciju, koja ne posjeduje samo izuzetne estetske karakteristike, već i izuzetno biokompatibilnu. To je nemetalna keramika. U zavisnosti od defekta u zubima, ovi materijali se mogu koristiti za izradu krunica i mostova, zubnih furnira, ali i za specijalne nadopune (slika 15.).



Slika 15.: Inovativna CAD/CAM tehnologija

Sve ove restauracije proizvedene su u laboratorijama za zubnu tehnologiju, opremljene CAD/CAM tehnologijom (kompjuterom), što garantuje izuzetnu preciznost i estetiku. Formiranjem 3D slike zuba i desni na ekranu, on dozvoljava stomatologu da po kursoru formira vrlo precizan odgovarajući anatomski dizajn nedostajuće zubne supstance. Dobijeni 3D modeli pružaju idealne osnove za restauraciju. Prilikom dizajniranja je na vrlo jednostavan način uzet u obzir odnos sa susjednim zubima, zubi u suprotnoj vilici koja uspostavljaju odgovarajuće kontakte, ali i odnos između restauracija i mekog tkiva i desni.

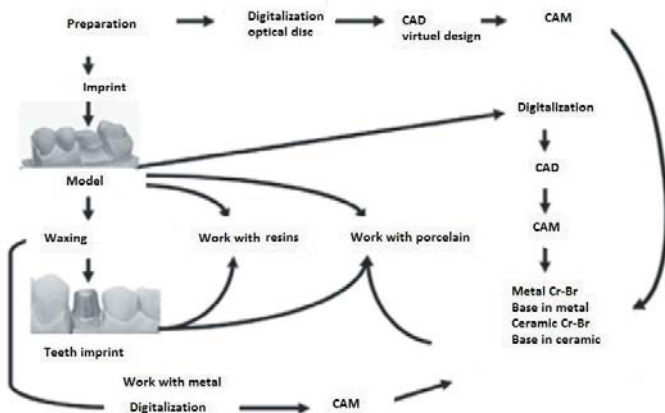
CAD/CAM mašina kroz dalje mljevenje završenih keramičkih blokova proizvodi obnovu zuba što je tačno replika 3D crteža, tj. dizajn restauracije, koji obavlja zubar preko CAD/CAM softvera. Fabrički keramički blokovi koji se obrađuju procesom glodanja, izrađeni su u više različitih nijansi, tako da boja odgovara potrebama pacijenata, kao i parametrima koji određuju visok nivo estetike.

#### 4. PROCES PROIZVODNJE KERAMIČNIH RESTORACIJA CAD-CAM TEHNOLOGIJOM

Proces proizvodnje keramičkih restauracija pomoću CAD/CAM tehnologije je precizniji od konvencionalnog procesa proizvodnje metalno-keramičkih krunica i mostova. Slika 16. prikazuje pregled CAD/CAM sistema u procesu proizvodnje krunskih mostova.

Primjenom modernih mašina tipa MC KSL za brušenje gotovih keramičkih i cirkonijih blokova, fiksna protetska obnova može se danas izraditi samo u roku od 2-3 sata u kancelariji.

Prednosti ove mašine su višestruke. Preciznost mljevenja se kreće u rasponu od +/- 25 mikrona, dok vrijeme potrebno za brušenje kružnog mosta ne prelazi 6 minuta. Zahvaljujući rezoluciji od 7, 5 mikrona, protetske površine za restauraciju koje se proizvode na ovaj način sigurno se lijepe, u poređenju sa konvencionalnim radovima ([www.kalmar.hr/usluge/cadcam](http://www.kalmar.hr/usluge/cadcam)).



Slika 16. Prikaz eksternog CAD/CAM sistema u procesu proizvodnje krunskih mostova (M. Takashi, H. Iasuhiro, K. Jun, K. Soichi, T. Iukimichi, 2009).

Protetička obnova se vrši u nekoliko faza, koje se odvijaju sledećim redosledom (Joda, T. Buser, D.2016): a) *Pregled i istorija* Na osnovu indikacija i statusa zuba, dentist dijagnosticira i preporučuje nekoliko opcija, objašnjavajući prednosti i nedostatke, u zavisnosti od indikacije; b) *Priprema zuba za postavljanje protetskih restauracija*. Proces počinje brušenjem zuba i njegovom supresijom, koji obavlja zubar u zavisnosti od vrste keramike koja se koristi za određeni klinički slučaj, tj. da se stvori protetička restauracija; c) *Uzimanje otiska zuba*. Zubar vrši otisak zuba (jedan ili više, u zavisnosti od kojih protetskih radova radi), na kome će vršiti dalju konstrukciju i livenje protetske restauracije; d) *Lijevanje modela*. Na osnovu otiska zuba, izrađen je gipsani model, na kojem se vrši dalji rad, na osnovu otiska zuba; e) *3D skeniranje modela*. 3D oralna kamera snima zube, nakon čega se slika prenosi na računar i obrađuje pomoću softvera. Ove kamere omogućavaju visok stepen preciznosti i efikasnosti i posebno su pogodne za restauraciju pojedinačne krune; f) *Modeliranje*. CAD/CAM softver koji modeluje zube na osnovu unijetih zahtjeva; g) *3D zubno štampanje*. Prije nego što počnete sa štampanjem zuba, potrebno je da montirate keramičke blokove u frezanje. Keramički blok je fiksiran na točku koji omogućava blokiranje. Most se proizvodi procesom glodanja na osnovu 3D modela iz bloka postavljenog u CAD/CAM uređaju. Freza razvija željeni oblik u skladu sa uputstvima računara. Keramički blok se obrađuje okretanjem svoje ose, diamond disk se rotira, kreće se gore i dole oko keramičkog bloka i obrađuje ga. Kretanje dijamantskog diska omogućeno je pomoću električne šine; h) *Cementacija*. Protetske restauracije su cementirane posebnim estetskim cementom za keramiku bez metala. Postoje dva tipa cementiranja - privremeno i definitivno. Privremeno cementiranje restauracije vrši se u periodu prilagođavanja protetske restauracije do čeljusti, dok se definitivno cementiranje vrši nakon što se obezbijedi prihvatanje protetskih restauracija.

Prednosti keramike bez metala u poređenju sa metalokeramičkim radovima: Kompletna biokompatibilnost materijala; Odsustvo alergije na ovaj materijal (pate od velikog broja pacijenata sa metalnim mostovima alergijske reakcije zbog velike količine nikla u leguri metala); Odsustvo bimetalizma kod radova bez metala (stvaranje niskona-



ponskih nivoa između dva metala, npr. između metalno-keramičkih krunica); Čvrstina radova je 4 puta veća od metala koji se koristi za metalokeramike radove; Perzistentnost i ne mijenjajući svoje fizičke i hemijske osobine čak i nakon dugih godina provedenih u ustima; Estetska superiornost u poređenju sa metalokeramičnim radovima; Korisni efekti na desni, tj. „gingiva” sa kojom dolazi u kontakt; Odsustvo tamne promjene boje „gingive” na spoju krune i desni.

Nedostaci keramike bez metala u poređenju sa metal-keramičkim radovima: Cijena. Zbog skupog i dugogodišnjeg razvoja ove tehnologije, skupe CAD/CAM mašine i skupi proces proizvodnje, krunice bez metala su skuplje od metal-keramičkih radova. Međutim, uzimajući u obzir odnos između cijene i kvaliteta, može se reći da je odnos na strani keramike bez metala.

## 5. OPTIČKE METODE PROSTORNE DIGITALIZACIJE

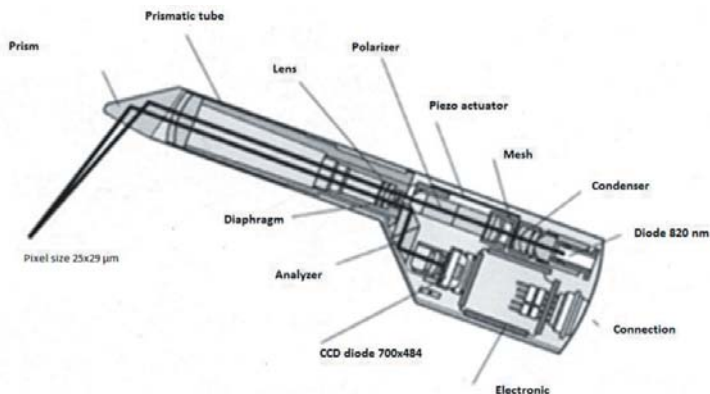
Optičke metode prostorne digitalizacije, kao što su mehaničke, na osnovu kriterijuma prostora gdje se vrši skeniranje, dijele se kao: a) intraoralni, b) ekstraoralne metode.

Što se tiče veličine područja skeniranja, one se klasifikuju na tačkastu i prugastu površinu. Intraoralno skeniranje podrazumijeva rad u stomatološkoj ordinaciji, dok su ekstraoralne metode uglavnom povezane sa laboratorijskim radom. Obe metode su razvijene jedna pored druge, ali danas u praktičnoj primjeni pristoji samo jedna intraoralna (dva su u izjavi) i veliki broj ekstraoralnih sistema. Zahtjevi postavljeni za njih su različiti. Iz ergonomskih razloga, intraoralni skener ne treba fiksirati na preostale zube. Ovo utiče na zahtjev svog oblika, veličine, težine i sposobnosti održavanja higijene, ali prije svega brzine skeniranja. Empirijski je dokazano da obučeni korisnik može držati glavu glave skenera nepokretnim i još uvijek u odnosu na skenirani zub, uglavnom na 0, 5 sekunde. Podaci o brzini prikupljanja mjerenja podataka, pored rezolucije, jedan su od najvažnijih u izboru sistema i njegovoj širokoj primjenljivosti. Veličina polja skeniranja je minimalno 14x14mm, a optimalno 25x14mm. Opseg dubine skeniranja treba da bude najmanje 10 mm, ali ne bi trebalo da bude veći od 14 mm. Rezolucija skenera treba biti najmanje  $\pm 25\mu\text{m}$  (Pfeiffer J Dental 1998). Najpoznatiji predstavnik intraoralne optičke metode je Cerecov sistem (Sirona Dental Systems GmbH, www. Sirona. de) prikazan na slici 17. (Schneider, V.2000).



Slika 17.: Sirona, 3M Dental CAD / CAM system

Ova tehnika koristi više svjetlosnih zraka, u obliku linija, predviđenih na pripremi (područje koje je izrezalo liniju). Zraci u brzim oscilacijama se kreću preko objekta, tako da se u kratkom vremenskom periodu dobija trodimenzionalni oblik pripreme. Slično konvencionalnoj fotografiji, kamera u vrijeme snimanja treba da bude što dalje je moguće. Fiksiranje kamere naspram objekta na ovom sistemu nije neophodno, jer vrijeme potrebno za obradu podataka od svih 340.000 piksela je manje od 0,5 sekundi (Slika 18). Tokom 2005. godine prikazani su još dva intraoralna skenera Evolution 4D i HintEls.



Slika 18.: Šema Cerec 2 glave skenera

Skeniranje ekstraoralnih sistema vrši se na modelu, i iz tog razloga postoji potreba za stomatološkom tehničkom laboratorijom. U ovim sistemima to nije kritično brzo prikupljanje podataka, jer su glava skenera i predmet koji se skenira nepokretni, već širina skeniranja i preciznost mjerenja.

Drugo rešenje, za postizanje treće dimenzije korišćenjem CCD čipova, daje postupak laserskog triangiranja, poslije Lelandais i Clainchardina (1984). Ako fokusirate laserski dotok vazduha sa oscilujućim ogledalom za CCD kameru, postaje jasno ograničena laserska linija. Velika prednost ovog sistema je mogućnost skeniranja podrivnih površina. Ovaj mod je za sada jedino moguć kao ekstraoralne metode.

Predstavnik skenera ekstraoralnih tačaka je Cerec Scan (Slika 19.) i Cerec inLab (Slika 20.). Skener je fiksiran na jedan od motora za glodanje i predmet skeniranja je pokretan. Rezolucija skenera je slična intraoralnom skeneru, ali vrijeme skeniranja jednog zuba je mnogo duže. Za „čtetvoročlani” most potrebno je 2-3 minuta. Ove godine fabrika je razvila novi skener sa visokom rezolucijom, u kojoj se ovaj put svodi na oko 40 sekundi (Cerec INEOS) (Monkmeier, U. R. i sar.2005).



*Slika 19. Cerec Scan – integrisani laserski skener, za skener u lijevom motoru*



*Slika 20.: Cerec inLab sistem - s lijeva na desno: inEos ekstra-oral Cerec u laboratoriji sa ugrađenim tačnim skenerom, PC računar sa 3*

## **6. ISTRAŽIVANJE ZADOVOLJSTVA PACIJENTA U KORIŠĆENJU CAD/CAM TEHNOLOGIJE U BOSNI I HERCEGOVINI**

Uopšteno govoreći, imajući u vidu da su za pružanje usluga stomatologa, pacijenti od suštinskog značaja, jer ako nema pacijenata za pružanjem usluge nema potrebe, a ključno je kontinuirano sprovoditi istraživanje i analizu povratnih informacija od pacijenata. Kada se analiziraju mišljenja, osjećanja i iskustva pacijenata, potrebno je uzeti u obzir sve faktore koji na bilo koji način dodiruju pacijenta. To su prije svega: brzina pružanja usluga, bol koji se (ne) osjeća kada se pružaju usluge, estetske efekte i cijenu usluga kao jedan od najvažnijih elemenata, s obzirom na ekonomsku krizu i turbulentno tržišno kretanje u našoj zemlji i u regionalnu.

Shodno tome, formulisano je deset pitanja koja su formirana u upitniku za procjenu nivoa zadovoljstva pacijenata nakon izrade zubnih implantata koristeći CAD/CAM tehnologiju. Poslije liječenja pacijenta, dok se još nalazi na stomatološkoj stolici, zamolite pacijenta da izdvoji nekoliko minuta da popuni upitnik, izražavajući svoja mišljenja i osjećanja o iskustvu sa zubnim restauracijama.

Da bi se ispitao nivo zadovoljstva pacijenta, pregledano je 200 pacijenata i postavljeno 10 pitanja po pacijentu, uz mogućnost davanja pet odgovora na pitanje u poslednjih 6 meseci (Tabela 1.).

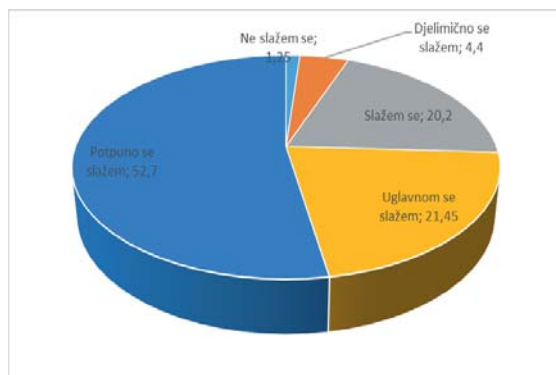
Takođe, pored gore navedenih pitanja, na koje pacijent odgovara, ukazujući na nivo saglasnosti sa gore navedenim nalazima, pacijent može da verbalno i pismeno izloži svoje sugestije koje bi doprinele daljem poboljšanju i unaprijeđenju pružanja ove usluge.

Tabela 1: Struktura pitanja za pacijente sa pet predloženih odgovora na temu zadovoljstva pruženim uslugama stomatologa koristeći CAD/CAM tehnologije (Autor 2018)

PITANJA	Ne slažem se	Delimično se slažem	Slažem se	Uglavnom se slažem	Potpuno se slažem	Ukupno:
1. Proces priprema za protetiku, restauracija je prijatna i ne traje dugo.	0	20	26	56	98	200
2. Nije neophodno više puta da dodete do stomatolog, kako bi završio pripremu proces.	0	0	76	84	40	200
3. Izrada presađivanja donosi iznenađujuće kratak rok.	0	0	10	45	145	200
4. Tokom proizvodnje restauracije, ona je uključena iznenađujuće profesionalno osoblje	25	30	25	36	84	200
5. Instaliranje restauracije je potpuno bezbolno.	0	25	65	48	62	200
6. Restoracije se ne razlikuju od entiteta prirodni zubi izgledaju potpuno prirodno.	0	0	25	40	135	200
7. Kada se restauracija postavi, potreban je određeni period prilagodavanja.	0	8	60	45	87	200
8. Stomatološke restauracije daju potpuno prirodno osećanja, nema potrebe za određenim ograničenjima hrana.	0	0	0	0	200	200
9. Preporučite prijateljima proces usluga.	0	5	95	50	50	200
10. Cijena je pristupačna.	0	0	22	25	153	200
<b>Ukupno:</b>	<b>25</b>	<b>88</b>	<b>404</b>	<b>429</b>	<b>1054</b>	<b>2000</b>
Učešće u %.	1, 25	4, 40	20, 20	21, 45	52, 70	100

Rezultati istraživanja pokazuju da su pacijenti izuzetno zadovoljni proizvodnjom proteza pomoću CAD/CAM tehnologije. Pošto su pitanja formulisana uglavnom da se prva kolona (ne slažem se) odražava na najniži nivo zadovoljstva pacijenta (1, 25%), dok poslednje dvije kolone (ja se uglavnom slažem i slažem se) odražavaju najviši stepen zadovoljstva pacijenta (74, 15%).

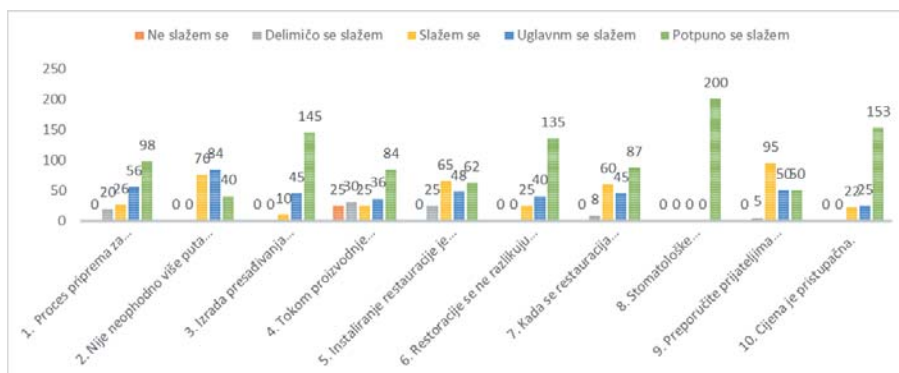
Rezultati istraživanja i odgovori u zavisnosti od zadovoljstva pacijenata prikazani su na sledećoj slici 21. (grafikon):



Slika 21.: Struktura odgovora na upitnik o zadovoljstvu pacijenta (Autor 2018.)

Sa slike 21. može se konstatovati da najznačajnije učešće u strukturi odgovora donosi konačne odgovore na niz od 10 pitanja: potpuno se slažem i uglavnom se slažem, odnosno najviši nivo zadovoljstva pacijenata u iznosu od 74, 15%. Minimalno učešće u setu od 10 pitanja odgovara: ne slažem se, to je najniži nivo zadovoljstva pacijenata od 1, 25%. Uvođenje novih tehnologija u Bosni i Hercegovini dovodi do poboljšanja usluga u oblasti stomatologije, što potvrđuje zadovoljstvo pacijenata (94, 35%). Cijene pristupačnosti za pacijente su zadovoljavajuće (89%). Na pitanje „Izrada presađivanja donosi iznenađujuće kratak rok“, zadovoljstvo pacijenata je 95%. Na pitanje da li stomatološka restauracija daje prirodno osećanje, zadovoljstvo pacijenta je 100%.

Odgovarajući pojedinačno na svako postavljeno pitanje iz upitnika za datu strukturu, odgovori su sledeći: (Slika 22.)



Slika 22.: Struktura odgovora iz upitnika na pitanja zadovoljstva pacijenta (Autor 2018)

## ZAKLJUČCI

Kompjuterski podržana proizvodnja je ono što CAM predstavlja i koristi se za programiranje CNC mašina. CAM softver ima mogućnost da pojednostavi proces mašin-

ske obrade, omogućavajući korisnicima da podese posao u „Job Tree“ - tako da mogu organizovati svoj tok posla, postaviti Toolpaths i pokrenuti simulacije svojih dijelova koji se prekidaju za dijagnostiku. CAM će takođe stvoriti g-kod za svoju CNC mašinu koja će se pratiti u toku izvršenja operacija. Generalno, CAM počinje sa ciklusom Roughinga da bi se uklonio materijal iz materijala. Kako se ciklus približava završetku, polu-završnoj obradi i završi Toolpaths precizira dio u nešto što je spremno za rukovanje ili distribuciju.

Kompjuterska proizvodnja (CAM) je upotreba softvera za kontrolu alatnih mašina i srodnih u proizvodnji proizvoda. CAM se takođe može odnositi na korišćenje računara za pomoć u svim operacijama proizvodnog postrojenja, uključujući planiranje, upravljanje, transport i skladištenje. Njegova osnovna svrha je stvaranje bržeg proizvodnog procesa i komponenti i alata sa preciznijim dimenzijama i konzistentnošću materijala, koja u nekim slučajevima koristi samo potrebnu količinu sirovina (time minimizira otpad), uz istovremeno smanjenje potrošnje energije.

CAM je naknadni računarski proces pomoću računarskog dizajna (CAD), a ponekad i pomoću računarskog inženjeringa (CAE), jer model koji se generiše u CAD-u i potvrđuje u CAE-u može se unositi u CAM softver, koji zatim upravlja mašinskim alatom. CAM se koristi u mnogim školama uz pomoć računarskog dizajna (CAD) za stvaranje objekata.

CAD/CAM tehnologiju u uslužnim djelatnostima - estetskim fiksnim restauracijama koristi se u razvoju inleja, onleja, krunica i mostova. Upotreba ove tehnologije pruža visok kvalitet, profesionalnost, profit, ali i stalan rast „novih“ i zadovoljnih pacijenata.

Primjena novih tehnologija ima značajan uticaj na industrijski razvoj, razvoj uslužnih djelatnosti, kvalitet proizvoda i usluga, a sve navedeno dovodi do zapošljavanja, veće potrošnje i kvaliteta života uopšte.

Bilo koji napredak u oblasti informacionih i komunikacionih tehnologija istovremeno se primjenjuje u svim oblastima djelatnosti uključujući industriju, medicinu-stomatologiju, i druge djelatnosti. Ovaj rad predstavlja dodatni dokaz neophodnosti primjene novih (informacionih) tehnologija u industrijskoj proizvodnji i uslužnim djelatnostima. Širenje informacionih i komunikacionih tehnologija će u budućnosti doprinijeti još većem utjecaju u industriji na projektovanju i dizajniranju novih proizvoda, izradi prototipova, izradi novih proizvoda, a u uslužnoj djelatnosti na pravovremenim dijagnozama, blagovremenim i adekvatnim tretmanima, nadgledanjima terapijskih efekata, ali i postizanju visokog nivoa estetike u grani medicine-stomatologiji.

„Idealni CAD/CAM sistem“ već dugi niz godina je san mnogih istraživača. Pošto je preciznost CAD/CAM tehnologijom u funkciji svih pojedinačnih grešaka u procedurama i opremi, a to skeniranje je početni izvor mogućih netačnosti, skener sa višom rezolucijom će najviše doprinijeti kvalitetu čitavog sistema.

Istraživanje je pokazalo da uvedene nove tehnologije u oblasti medicine-stomatološke usluge u Bosni i Hercegovini je dovelo do poboljšanja usluga, a što potvrđuje zadovoljstvo pacijenata (94, 35%). Cijene pristupačnosti za pacijente su vrlo zadovoljavajuće (89%). Na pitanje da li je proizvodnja restauracije kratka, zadovoljstvo pacijenata iznosilo je 95%. Na pitanje da li zubne restoracije daju prirodno osjećanje? Zadovoljstvo pacijenta je 100%. Upotreba CAD/CAM tehnologije značajno skraćuje vrijeme stvaranja protetičkog rada, a CAD/CAM sistemi su jednostavniji za korišćenje.



## LITERATURA

- Casanova, A, Marshall, W. (1986). Computer applications in large group practices. *DentClinic of North America*. 30, 673-81.
- Chasteen, J. A. (1992). Computer database approach for dental practice. *J Am Dent Assoc*, 123: 26 -33.
- Gilboe, D.B., Scott, D.A. (1991). Computer system for dental practice management. *J Can Dent Assoc*, 57:782-6.
- Joda, T. Buser, D. (2016). *Digital implant dentistry — a workflow in five steps*, URL: <http://www.dental-tribune.com/htdocs/uploads/printarchive/editions16-20.pdf>.
- Kindersley, London.
- Konz, S., Johnson, S. (2003). Occupational Ergonomics With CD / Edition 6.
- Marmaras, N. Poulakakis, G. Papakostopoulos, V. (1999). Ergonomics design in ancient Greece. *Applied Ergonomics*, 30, 361-368.
- Monkmeyer, U.R. et al. (2005). The prefabricated anatomical polychrome CAD/CAM crown for the inLab system. *Int J Comp Dent*, 16-78.
- Pfeiffer, J. Dental (1998). CAD/CAM technologies: the optical impression (I). *Int J Comp Dent* 29-33.
- Rekow, D. (1987). Computer aided design and manufacturing in dentistry: A review of the state of art. *J Prosthet Dent*, 58, 512-516.
- Ritter, A. V. (2002). Chairside CAD/CAM in Dentistry, *JERD*, 15(2).
- Schneider, W. (2000). Cerec 3. *Int J Comp Dent*. 33-46 [www. Sirona.de](http://www.Sirona.de)
- Takashi, M., Yasuhiro, H., Jun, K. Soichi, K., Yukimichi, T. (2009). A review of dental CAD/CAM: current status and future perspectives from 20 years of experience. *Dental Materials Journal*.
- Tambini, M.(1999). *The look of the century - Design icons of the 20th centry*. Dorling
- The Ergonomic Research Society - <http://www.ergonomics.org.uk/>
- Todorović, A. (2005). *The application of CAD/CAM technology in dental prosthetics*. Belgrade: Copyright edition.
- Urlich, K., Eppinger, D. (2008). Product Desing and Development, fourth edition, Mc Graw- Hill, International edition.
- Veljača, T. (2008). *Kreiranje CAD i numeričkog modela iz 3D skeniranog objekta uz evaluaciju modela termovizijskom analizom naprežanja*. Završni rad. Split: FESB.
- [www.nextengine.com](http://www.nextengine.com)