

Resinbaserte direkte fyllinger og «chairside»  
CAD/CAM keram-«inlays» i posteriore  
områder.

Hva er hovedforskjellene og hva bør anbefales?

En litteraturstudie



Prosjektoppgave for integrert mastergradsstudium i odontologi.

19.02.2021 Bergen

Karl Andreas Dahle og Martin Michael Nilsen

Veiledere: Morten Eirik Berge og Torgils Læg Reid

# Innholdsfortegnelse

Innholdsfortegnelse .....	1
Sammendrag .....	2
Abstract.....	3
Takk til.....	5
Interessebindinger .....	5
Introduksjon.....	6
Resinbaserte direkte restaureringer .....	9
«Chairside» CAD/CAM .....	10
Hva skiller «chairside» CAD/CAM-produserte restaureringer fra andre restaureringer? .....	13
Vurderingskriterier.....	15
Bakgrunn for valg av oppgave.....	16
Formål .....	17
Material og metode .....	17
Resultater.....	19
Diskusjon.....	19
Overlevelsesrate fra systematiske oversikter og metaanalyser .....	20
Estetikk.....	24
Biologiske og funksjonelle feilslag .....	25
Risikofaktorer .....	28
Generelle Funn.....	31
Det økonomiske aspektet .....	32
Konklusjon .....	32
Litteraturliste .....	34

## Sammendrag

Tap av tannsubstans kan føre til behov for restaureringer av ulike materialer. Vi har i denne oppgaven sett på restaureringsmaterialer til bruk i tyggebelastede tenner posterioert i munnhulen.

Resinbaserte fyllingsmaterialer er et vanlig anvendt materiale for restaureringer i dagens odontologiske praksis. Vi har valgt å sammenligne det mot restaureringer i en annen form som begynner å bli mer og mer vanlig, men som fortsatt kanskje er lite kjent, nemlig «chairside» CAD/CAM-framstilte keramiske restaureringer. Begge disse behandlingsmetodene har generelt sett blitt anvendt på tilnærmet like indikasjoner i posteriore områder, klasse I- og II- kaviteter.

Litteratursøket ble utført med hjelp av den medisinske søkedatabasen PubMed med predefinerte søkeord, og artikler ble identifisert og valgt etter inklusjon- og eksklusjonskriterier.

Litteratursøket avdekket begrenset antall tilgjengelige kliniske studier med lang oppfølgingstid og bedre, omforente vurderingskriterier. Det var få artikler som var tilstrekkelig spesifikke, med like eksklusjons- og inklusjonskriterier, og som fullt ut muliggjorde en direkte evaluering og sammenligning av de to behandlingsvariantene.

De vanligste tekniske og biologiske feilslagene for CAD/CAM-«inlays» er rapportert å være fraktur eller «chipping» av restaureringsmateriale og tann, etterfulgt av endodontiske komplikasjoner, og til slutt sekundærkaries. For konvensjonelle direkte komposittrestaureringer er den vanligste årsak til mislykket restaurering sekundærkaries.

Både restaurering gjennom direkte teknikk i form av komposittmaterialer og indirekte teknikk gjennom «chairside» CAD/CAM-keramrestaurering i form av «inlays», ser ut til å være gode alternativer ved restaurering av posteriore tenner. Teknikkene har relativt lik forventet varighet i munnhulen. Hovedforskjellen på restaureringene er relatert til kostnader, hva restaureringene består av og de ulike, mest vanlige komplikasjonene som oppstår over tid. Den store forskjellen i pris og det reduserte tannsubstans tapet ved direkte teknikk gjør at kompositrestaureringer i de fleste tilfeller vil være anbefalt behandling fremfor CAD/CAM-keram-«inlays».

## Abstract

Loss of tooth substance may lead to need for restoration by use of various materials. In this study we have evaluated partial tooth restoration techniques and materials used in posterior teeth in the oral cavity.

Resin-based composite is a commonly used material for restorations in today's dental practice. Our aim was to compare it to another form of restoration that is getting more common, but perhaps still is lesser known, called "chairside" CAD/CAM-produced ceramic restorations. Both treatment alternatives are generally used on quite similar indications in posterior areas in class I and class II cavities.

The literature search was conducted in the medical search database PubMed with predefined descriptors, and articles were identified and chosen by inclusion- and exclusion criteria.

The search revealed a limited amount of available clinical studies with a long follow-up time. There were few articles that were sufficiently specific, with similar assessment criteria and inclusion criteria, to fully enable a direct evaluation and comparison of the two treatment variants.

The most common technical and biological failures of CAD/CAM-inlays are reported to be fracture, or chipping of restoration material and tooth, followed by endodontic complications, and finally secondary caries. For conventional direct composite restorations, the most common cause of failure is secondary caries.

Restorations made by both the direct technique, in the form of composite materials, and by the indirect technique, using chairside CAD/CAM inlays, seem to be good options when restoring posterior teeth. The techniques have a relatively similar expected longevity in the oral cavity. The main difference between the restorative techniques includes the patients cost, the type of restorative material, and the various most common complications that occur over time. The considerably lower price and the reduced loss of tooth substance makes composite restorations by direct technique the preferred treatment in most cases when compared to CAD/CAM-ceramic inlays.

## Takk til

Tusen takk til hovedveileder Morten E. Berge og biveileder Torgils Lægroid for all hjelp med masteroppgaven, spesielt med tanke på deres gode faglige støtte og konkrete innspill. Deres veiledning har vært essensiell i å styre litteraturskuta i riktig retning.

Vi vil også rette en takk til Jacobsen Dental og Sjögren, G. for besvarelser på henvendelser via e-post. Takk for god informasjon rundt pris og funksjonen bak CAD/CAM, i tillegg til bilder av maskinene som brukes til CAD/CAM-restaureringer og andre oppklarende spørsmål.

## Interessebindinger

Det ble ikke oppdaget noen interessekonflikter under arbeidet med dette litteraturstudiet.

## Introduksjon

I følge statistikken beholder pasienter i dag tennene sine lengre sammenlignet med tidligere(1), og det kan være flere grunner dette. Det finnes nyere og bedre materialer for å restaurere tannsettet med enn tidligere, folk flest har trolig mer kunnskap om hvilke ernæringsrutiner som skader tennene enn tidligere og det har nok aldri vært lettere for pasienten selv å finne informasjon om gode orale hygienerutiner på internett enn det det er i dag. En annen faktor som har redusert antall fyllinger, er at kriteriene for inngrep og legging av fylling har blitt strammet inn betraktelig, samt innføring av fluor som reseptfritt profylaktisk middel mot karies fra 1971. Fluorholdig tannkrem ble da tilgjengelig for alle(2). Hos den offentlige tannhelsetjenesten i Oslo ble antallet approksimale fyllinger i perioden fra 1979 til 1996 redusert med 600% etter at kriteriene for fyllingsterapi ble endret (3). Færre fyllinger vil videre føre til færre tilfeller av sekundærkaries. I Oslo ble det i 1973, 1984, 1993 og i 2003 gjennomført studier av 35-åringers orale helse. I 2003, ble 149 tilfeldige 35-åringer undersøkt og sammenlignet med statusene fra 1973, 1984 og 1993, illustrert i Figur 1(4). Studien indikerte at den gjennomsnittlige DMFS-scoren gradvis ble redusert fra 68.2 i 1973 til 26.1 i 2003. DMF-score er en indeks som tar utgangspunkt i «decay» (karies), «missing» (manglende) og «filled» (fylte), og kan enten fokusere på T for «teeth» (tenner), eller S for «surfaces» (flater)(5). For kariesflater var det gjennomsnittlig 83% reduksjon og for fylte flater var det 56% reduksjon. Denne studien viser også en reduksjon i gjennomsnittlig manglende tannflater på 73%, som representerer en reduksjon i ekstraksjon av tenner og at flere tannflater er til stede i munnen.

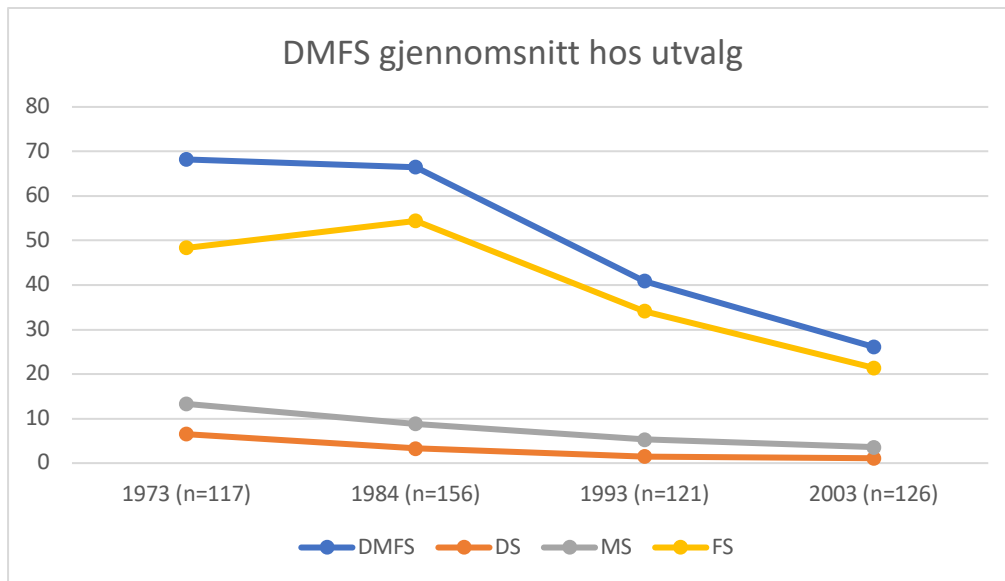


Fig. 1: Grafisk fremstilling av nedgang i DMFS hos utvalg av 35 åringer i Oslo, med tanke på årstall(4).

Statistisk sentralbyrå (SSB) har en mer generell statistikk på landsbasis fra 2020, som viser at 29,4% av 18-åringer i Norge har helt kariesfrie tenner(6).

Trenden viser altså en reduksjon i karieserfaring i den norske befolkningen, og at man er mer opptatt av at det skal beholdes flere tenner. Interessen for profylaktisk og konserverende behandling, hvor hovedfokuset ligger i forebyggende og mindre invasiv behandling, øker. Det betyr at behovet for gode restaureringsmaterialer som bedrer prognosen på tannivå blir stadig viktigere.

Selv om det er stor nedgang karieserfaring, er fortsatt karies den vanligste årsaken til at tenner må behandles. Statistikken viser at de vanligste lesjonene er approximal- og fissurkaries i premolarer og molarer(3). Dersom slike lesjoner oppdages tidlig nok, kreves det lite fjerning av frisk tannsubstans for å reparere lesjonen. Det vil si at vi ofte slipper å måtte inkludere cuspetopper og ekstendere fyllingen mot det bukkale eller linguale etter preparering, spesielt ved primærkaries. Lesjoner som dette kan repareres ved hjelp av direkte fyllingsteknikk, men også indirekte ved hjelp av f.eks. «inlays»(7). Selv om det finnes flere måter å restaurere tennene på, er det likevel en



type materiale som dominerer markedet i Norden, og disse materialene går under kategorien resinbaserte fyllingsmaterialer (kompositter)(8).

Til tross for at disse materialene er foretrukne av mange norske tannleger, betyr det ikke nødvendigvis at dette materialet er best egnet for alle pasienter. Faktorer som holdbarhet, pris, tannlegens kunnskaper om og ferdigheter med bruk av materialet spiller inn. Dette er også en av hovedgrunnene til at denne oppgaven hovedsakelig vil fokusere på fyllingsterapi med komposittmaterialer og keram-«inlays» produsert ved hjelp av CAD/CAM, som er en indirekte restaureringsteknikk. Det som også gjør dette temaet aktuelt, er at hverdagen til tannlegen er blitt mer digitalisert. Samtidig som det forskes mye på dentale materialer, forskes det på nye metoder å restaurere tenner med, blant annet ved hjelp av datateknologi, og da spesielt i sammenheng med tannteknisk produksjon(9). Dette skal vi omtale senere.

I en undersøkelse gjort av Lægreid et al i 2014, ble det kartlagt hvilke behandlingsmetoder tannleger ville benyttet seg av i ulike restaureringskasus på molarer. Her ble hele 476 tannleger spurt, hvorav 59% responderte. Trenden i undersøkelsen viste at tannleger stort sett velger komposittbehandling der det er mulig, og ved større kasus går de over til kronebehandling(10). Bare et fåtall brukte «inlay/onlay» i de ulike presenterte kasusene. Valget av restaureringstype viste stor variasjon, og spesielt på mellomstore restaureringer så det ut til å være delte meninger.

Tidligere var amalgam førstevalget ved direkte fyllingsterapi i molarer og premolarer. Dette var hovedsakelig på grunn av bedre levetid og gode mekaniske egenskaper sammenlignet med for eksempel resinbaserte materialer. I en longitudinell klinisk undersøkelse fra 2003 ble det vist til at median levetid for en amalgamfylling var ca. 12,8 år, sammenlignet med levetiden på resinbaserte fyllinger som var på rundt 7,8 år.(11) Dette er en betydelig forskjell og gjorde at flere norske tannleger foretrakk det

førstnevnte alternativet i tyggebelastede flater. Etter at bruk av amalgam ble forbudt i 2008 på grunn av kvikksølvinnholdet, ble den kliniske beslutningsprosessen hos flere norske tannleger utfordret(10). Resinbasert kompositt ble da det eneste reelle alternativet for direkte fyllingsterapi. Kompositt har sine utfordringer både når det gjelder teknikk, styrke og holdbarhet, og spørsmålet er om det i dag finnes gode nok alternativer som er like estetiske og vevsbesparende som kompositt. Et slikt alternativ kan være CAD/CAM-produserte indirekte keramiske «inlays».

## Resinbaserte direkte restaureringer

De resinbaserte fyllingsmaterialene har vist seg å ha akseptabel levetid, men den kliniske oppførselen avhenger blant annet av sammensetning, egenskaper og operatørteknikk(8). De deles opp i kompositter, kompomerer og resinforsterkede glassionomerer, og anvendes ved forskjellige indikasjoner. Av disse materialene er det komposittmaterialer som er mest brukt.

Kompositter består av en organisk matrise med uorganisk fyllstoff som ved herding danner et sterkere og hardere materiale(8). Tradisjonelt består den organiske delen av metakrylatmonomerer som polymeriseres ved lysinitiert herding og gir et tredimensjonalt kryssbundet polymernettverk.(12) Disse materialene legges som oftest ved direkte teknikk. Det betyr at behandler preparerer og fyller tannen i én seanse. Kompositt kan også brukes ved indirekte teknikk, hvor utforming og polymerisering av restaureringen blir gjort på modell utenfor munnhulen, for deretter å bli sementert i tannen.

Det er flere grunner til at disse materialene dominerer i dagens marked. De er relativt brukervennlige og har i tillegg en plastisitet som kan gi god fyllingsadaptasjon og kanttilslutning. De muliggjør at behandler kan utforme fyllingen etter ønsket form og estetikk, hvor tannlegen selv bestemmer når den skal herdes. Plastisiteten gjør også

at behandler kan utføre vevsbesparende behandling, som er et viktig prinsipp innen skandinavisk odontologi i dag(13, 14).

Posteriore resinbaserte fyllingers ytelse er bedret siden 90-tallet grunnet utvikling og forbedring av materialene. Introduksjonen av nye og flere fillerpartikler til komposittmatriksen har gitt bedret slitestyrke, frakturresistens og redusert krymping under herdeprosessen(13, 15, 16). Komposittfyllinger oppfattes som forholdsvis rimelige sammenlignet med andre permanente alternativer, og kvaliteten og estetikken oppleves som god(17).

For å binde en resinbasert komposittfylling til tannen benyttes ulike «bonding»-systemer som gir bedre binding og retensjon til dentin og emalje(11). Vi kommer ikke til å omtale «bonding»-systemer videre i denne oppgaven, men anerkjenner at adhesjon til tann er viktig for vedvarende funksjon og estetikk ved både indirekte og direkte teknikk.

### «Chairside» CAD/CAM

Begrepet «chairside» betyr at hele produksjonsprosessen foregår i nærheten av tannlegestolen. CAD/CAM står for «Computer-aided Design/Computer-aided Manufacturing»(18). «Chairside» CAD/CAM-restaureringer består av keramer og/eller resinmaterialer(19), og utformes/produseres ved hjelp av spesielle maskiner på klinikken. Slike maskiner benytter CAD/CAM-teknologi. I 1985 introduserte Mörman og Brandestini den første digitale «chairside» behandlingsmetoden gjennom det vi kaller CEREC-systemet. CAD/CAM-teknologi har siden den gang blitt en av de raskest utviklende metodene innen moderne restaurerende tannbehandling(18).

Første generasjon av CAD/CAM-maskiner ble opprinnelig laget for å produsere enkle og små restaureringer som «inlays» og «onlays»(20) Prosessen var langsom, og dette systemet brukte 2D-bilder av de skannede områdene, som vist i figur 2, og 3D-bilder. Etter hvert kom utviklingen av teknologi, som ved hjelp av en støttedatamaskin la grunnlaget for at «chairside»-konseptet kunne bli en realitet(20).



Fig. 2: Viser en CEREC 1-maskin som ble benyttet av Sjögren et al. i en studie av «inlays». Bildet er mottatt fra Göran Sjögren via e-post.

Det finnes fem ulike, kjente CAD/CAM-systemer på markedet i dag: Lava C.O.S., CEREC, E4D, iTero og Trios(18). Trios, iTero og Lava C.O.S. er «frittstående systemer» som ikke står tilkoblet en produksjonsenhet. CEREC og E4D kan være koblet til en programvare for produksjon av ønsket restaurering. Ved bruk av sistnevnte skanner tannlegen nabotenner, preparering, motstående kjeve, i tillegg til å registrere okklusjon for å kunne tilpasse restaureringen etter dette. Skanningsprosessen kan ta omtrent 3-4 minutter for en erfaren operatør og krever for noen systemer pulverlegging på preparerte tenner for å tilrettelegge for skanningen og gjøre det lettere for maskinen å gjenkjenne kontraster(18).

Avtrykkstaging av en preparering blir utført med en intraoral digital skanner og denne prosessen danner et *optisk avtrykk*(20). Kaviteten registreres ved hjelp av en optisk laser eller digital videoteknologi ved hjelp av en intraoral avtrykksskannestav. Prepareringsgrensen må markeres i maskinens innebygde program og avtrykket må kontrolleres av operatøren. Maskinen kommer så med et forslag til restaurering(18). Operatøren kan forme og designe restaureringen videre, og tilpasse f.eks. anatomi, utforming, justering av approksimale kontaktpunkt og okklusale kontaktpunkt(20).

Filen sendes til en fresemaskin som freser ut restaureringen fra en blokk av valgt materiale. Fresingen tar ca. 5-20 minutter. Restaureringen prøves inn på pasienten, eventuelle justeringer gjøres, og til slutt utføres eventuell farging og glansbrenning(18). Etter dette er restaureringen ferdig og kan sementeres med resinsement.

Det arbeides kontinuerlig med forsterking og innovering av estetiske CAD/CAM-materialer i industrien. Dagens monoblokk-keramer tåler både de mastikatoriske kreftene og traumatiseringen under fresing av blokkene. Keramblokkene består ofte av keram som enten er forsterket ved sintring for å øke den krystallinske fasen i en glassmatriks, eller er forsterket med fillerpartikler av Zirkonia som øker keramets bøyestyrke ved å forhindre sprekkdannelser i materialet. Dette gir materialer som egner seg til bruk i posteriore områder i munnhulen(20-22).

Den marginale tilpasningen på restaureringer fremstilt med CAD/CAM er et viktig kontrollpunkt i å kunne evaluere den kliniske oppførselen. Det finnes mange publiserte rapporter som omhandler den marginale kanttilpasningen på restaureringer fra CAD/CAM-systemer. En aksial diskrepans på under 120 µm i restaureringer fra CAD/CAM anses som klinisk akseptabelt, og restaureringene fra CAD/CAM-systemer så ut til å klare det på godt under denne verdien. Flere lignende studier konkluderer med at det er sammenlignbare verdier på kanttilslutninger marginalt og internt på slike restaureringer, uavhengig av hvilket materiale som ble benyttet på blokkene(20, 23). Tannleger som hadde gjennomført tre fulle øvingsøkter, fikk vesentlig bedre kanttilslutning enn det uerfarne brukere oppnådde. De uerfarne fikk kun en halv dags øving og hadde ingen tidligere erfaring med systemene(24). Erfaring med metodene og prosedyrene kan være fordelaktig for å skape restaureringer med god kanttilslutning.

En studie publisert i 2020(25) sammenlignet ulike avtrykksteknikker og fremstillingsmetoder for helkeramkroner i materialet lithiumdisilikat-forsterket glasskeram på premolarer og molarer. Modeller fremstilt ved bruk av konvensjonell avtrykksteknikk i «polyvinyl siloxane» ble skannet med desktopskanner og helkeramkroner som ble fremstilt av en erfaren tanntekniker ble sammenlignet med CAD/CAM-fremstilte helkeramkroner. Samtlige av de tre intraorale skannerne gav bedre marginal og innvendig tilpasning på kronerrestaureringene enn de tannteknikerfremstilte kronene. Det nevnes ikke hvilken fremstillingsmetode tannteknikeren benyttet seg av. Et annet klinisk forsøk fra 2020, viser at intraorale skannere er bedre enn konvensjonell avtrykksteknikk på nøyaktig gjengivelse av approssimalrom hos pasienter med periodontalt kompromitterte tannsett(26). En in vitro-studie som sammenlignet keram-«onlays» fremstilt ved varme presse av tanntekniker med CAD/CAM fant ingen forskjell i marginal sementspalte, men at begge metoder gav god tilpasning som lå lavere enn 100 µm(27).

## Hva skiller «chairside» CAD/CAM-produserte restaureringer fra andre restaureringer?

I behandlingssituasjoner hvor en klasse I- eller II-kavitet skal restaureres kan både direkte og indirekte restaureringsteknikk være alternativer til behandling. Pasienten skal veiledes og informeres om eventuelle fordeler og ulemper med de ulike behandlingene. Det er flere forskjeller mellom resinbasert kompositt lagt med direkte teknikk, og keramrestaureringer produsert med «chairside» CAD/CAM. De har blant annet ulike styrkeegenskaper, biomekaniske egenskaper, ulik vevsvennlighet, slitasjestyrke og pris(28, 29). Prisdifferensen for indirekte og direkte teknikk er tydelig. Forfatterne av oppgaven har vært i kontakt med Jacobsen Dental AS, som tilbyr salg og installasjon av CAD/CAM-maskiner i Norge. De opplyser til oss via e-post at prisen for installasjon av CEREC intraoral skanner og fresemaskin på tannklinikk ligger mellom 1-1,6 millioner kroner og at prisen avhenger av hva tannlegen ønsker å få ut av systemet og hvilke muligheter som finnes på klinikken. Tilleggskostnader vil være

keramblokkene som bearbeides i fresemaskinene, vedlikehold av maskiner, oppdatering av maskinvare og eventuelle kurs for å utvikle kunnskap og forståelse, som vi antar vil være sannsynlig å regne med. Jacobsen Dental anslår at materialkostnaden for fremstilling av en CAD/CAM-keramrestaurering på ett ledd til å være omtrent 370 NOK medregnet mva, men da er ikke prisen for anskaffelse av systemet medregnet. Etter å ha undersøkt prisliste på nett hos privatpraktiserende tannleger i Bergen, ser vi at mange velger å ikke vise pris for keraminnlegg, men for de som er publisert varierer prisen på et keraminnlegg mellom 4218(30) og 5850(31) kroner. Prisen for en 3-flaters komposittfylling på en molar ved klinikkene som tilbyr laveste og høyeste pris for keraminnlegg er hhv. 1520(31) og 1763(30)NOK. Vi antar etter søk i prislistene i Bergen, at et keraminnlegg kan koste pasienten fra mellom ca. 2,4 ganger til 3,9 ganger så mye som en komposittfylling. Det er også ofte dyrere å reparere «chairside» CAD/CAM-«inlays» sammenlignet med komposittbehandling, da utskiftning av hele restaureringen ofte vil være nødvendig(32). Når det kommer til vevsvennlighet er keramer mer biokompatible og vil gi færre slimhinneforandringer enn det kompositten gjør(28, 33). Keramer, i tillegg til gull og herdet resinbasert kompositt, benyttes i produksjon av dentale innlegg. Keramer har en relativt stabil struktur og er lite reaktive sammenlignet med kompositt. Kompositt inneholder reaktive bestanddeler som kan lekke ut og reagere med slimhinnen. Et av de reaktive materialene er Bis-GMA, som er en av de vanligste komponentene i kompositt(28).

«Chairside» CAD/CAM-«inlays» og direkte fyllingsteknikk skiller seg fra hverandre også ved at direkte teknikk er avhengig av at behandler anvender kompositten riktig og utformer fyllingen på en optimal måte. Det er stort rom for operatørfeil, som kan føre til dårligere kanttilslutning og en uheldig anatomisk form(34). Dette kan igjen føre til komplikasjoner som vi skal belyse i løpet av oppgaven. Ved CAD/CAM-teknikk skannes prepareringen og filen overføres til et digitalt system, som deretter lar operatøren frese restaureringer med god kanttilslutning og hensiktsmessig anatomisk form. Resultatet skal bli en godt tilpasset restaurering. Behandler har mulighet til å

lage en god, estetisk restaurering, mindre avhengig av behandlerens evne til å forme et plastisk materiale(35). En annen forskjell er at behandler, ved direkte teknikk, kan preparere som lesjonen tilsier og være mindre avhengig av en viss prepareringsform og dermed kan spare mer frisk tannsubstans. Det er ingen krav om at vegger må konvergere/divergere eller at det må være en viss innførselsretning, ettersom materialet er plastisk og behandler pakker og former det i kaviteten etter behov. Ved preparering for «inlays» er behandler bundet av kravene til en kavitetsutforming som må til for å skape en god og sterk restaurering(36).

Det er også ulikheter mellom restaureringer fremstilt med «chairside» CAD/CAM og restaureringer fremstilt av tanntekniker. Den største forskjellen ligger i at «chairside» CAD/CAM gir operatøren mulighet til å fremstille restaureringen i en fresemaskin på tannklinikken, og den behandlende tannlegen kan umiddelbart utføre eventuelle justeringer og tilpasninger før den sementeres i samme seanse. Det finnes to ulike arbeidsprosedyrer for anvendelse av digitale avtrykk. Ved bruk av den første, må tannlegen skanne, lage en digital avtrykksfil, og deretter sende den til et tannteknikerlaboratorium som fremstiller den ønskede erstatningen, ved f.eks. varmpressteknikk, fresing fra blokker eller brenning av keram. Dette er gjerne den konvensjonelle og tradisjonelle måten å fremstille protetiske løsninger på. Ved bruk av den andre prosedyren behandler tannlegen den digitale filen og designer selv den protetiske erstatningen, før keramblokker freses til en ferdig restaurering lokalt i klinikken. Ved bruk av dette systemet kan tannlegen også sende inn avtrykksfilen til tanntekniker ved større behandlinger(37).

## Vurderingskriterier

Hvordan kan en restaureringsbehandling vurderes som vellykket eller mislykket? For vurdering av tannrestaureringer finnes ulike systemer som kan modifiseres for å tilpasses ulike studier. Cvar og Ryge foreslo i 1971 fem vurderingskriterier, som senere har blitt revidert og utvidet med flere kategorier. «Modifisert United States



Public Health Service criteria», eller modifiserte USPHS-kriterier, og FDI-kriterier er eksempler på slike systemer. En studie av Marquillier et al. hevder at FDI-kriteriene i 2008 ble ansett som *standardkriterier* og at disse er anbefalt å benytte i forsøk som vurderer dentale restaureringer. Forfatterne publiserte i 2017 en artikkel hvor de sammenlignet hyppigheten i anvendelse av de to nevnte settene av vurderingskriterier. Det ble observert at andelen studier som benytter FDI-kriteriene har økt signifikant fra 2010 og det anbefales å benytte FDI-kriteriene i fremtidige studier for bedre standardisering av vurdering av tannrestaureringer i fremtiden(38).

Den første hovedkategorien i FDI-kriteriene, modifisert i 2010, er estetiske egenskaper og inneholder fire underkategorier: overflateglans, misfarging (overflate/marginalt), farge sammenlignet med tannsubstans og translusens, og estetisk anatomisk form. Modifiserte USPHS-kriterier har lignende vurderingskriterie(38, 39). I tillegg til estetiske egenskaper, benytter FDI-kriteriene to hovedkategorier: de funksjonelle og de biologiske egenskapene. De funksjonelle underkategoriene er: frakturer av restaureringsmateriale, tap av retensjon, marginal tilpasning, okklusal slitasje, approssimal anatomisk form (kontaktpunkt og kontur), radiografisk undersøkelse og pasientens oppfatning. Biologiske egenskaper har underkategoriene: postoperativ hypersensitivitet og vitalitet, tilbakefall ved sekundærkaries, erosjon og abfraksjon, infraksjon av emalje, periodontal respons, nærliggende mukosa, oral og generell helse(38, 39). De modifiserte USPHS-kriteriene vurderer restaureringens egenskaper som følger: overflatetekstur, marginal misfarging, fargetilpasning til tannen, anatomisk form, fraktur og retensjon, marginal holdbarhet, okklusjon, postoperativ sensibilitet og sekundærkaries(38).

## Bakgrunn for valg av oppgave

Bakgrunnen for valg av tema for oppgaven, er at en av forfatterne hadde sommerjobb på en privat tannklinikk, der en arbeider mye med CAD/CAM og indirekte restaureringer. Dette er noe som virket både nytt og spennende, ettersom

vi i løpet av studietiden ikke har benyttet denne måten å arbeide på. CAD/CAM virket som en effektiv og tidsbesparende behandlingsform ved indirekte teknikk, med tanke på at tannlegen kunne skanne, produsere og sementere den indirekte restaureringen med pasienten i stolen. For oss virker det som om denne behandlingsmetoden kan konkurrere med kompositten i fremtidens klinikk. Vi vurderte derfor det til at prosjektoppgaven kunne være en mulighet til å lære mer om temaet, og til å sammenligne behandlingsmetodene direkte og indirekte teknikk for kl.I og kl.II kaviteter i posteriore tenner.

## Formål

Formålet med denne oppgaven var å beskrive arbeidsprosedyrer og teknologien bak bruken av CAD/CAM-teknikk til fremstilling av «inlays» i restorativ odontologi. I tillegg ville vi gjennomføre en litteraturstudie for å samle inn data og prøve å sammenligne den kliniske oppførselen til CAD/CAM-fremstilte keram «inlays» med resinbaserte komposittfyllinger i kl.I og kl.II kaviteter i posteriore tenner.

## Material og metode

For å finne litteratur til oppgaven ble det besluttet å gjennomføre elektronisk søk etter PICO-modellen. Det ble gjort to søk i «U.S. National Library of Medicine National Center for Biotechnology» database PubMed. Det ble vurdert at de to temaene skulle deles i to separate søk, ettersom det var en begrenset mengde artikler som omhandler indirekte restaureringsteknikk i forhold til antallet artikler som omhandler direkte teknikk. Søkene ble utformet ved å kombinere relevante søkeord i de to ulike kategoriene vi har kalt *indirekte teknikk* (søk 1) og *direkte teknikk* (søk 2), som vist i Figur 3. Søkeordene ble kombinert med «AND»/«OR». I begge søkene ble «vener\*», «crown\*» og «implant\*» ekskludert fra søkene ved å kombineres med «NOT».

PICO	Nøkkelord	Søk 1	Søk 2
------	-----------	-------	-------

		Søkeord	Søkeord
Population	Varighet og kvalitet på restaureringer på 2-3 flater gjort med ulike metoder i posteriore områder	«clinical study»	«clinical study»
Intervention	Mindre approssimale/okklusale restaureringer av tenner i posteriore områder på to eller tre flater.	«Ceram inlay*», «Cad/cam», «indirect restoration*»	«direct composite restoration*», «composite filling*», «composite restoration*»
Comparison	Ikke aktuelt		
Outcome	Fungerer én teknikk bedre enn den andre i det lange løp?	«survival rate», «longevity»	«survival rate», «longevity»

Fig. 3: Viser søkeordene benyttet i økene sortert etter PICO-modellen. Comparison er ikke aktuelt.

Søkene ble gjennomført 29. September 2020, nytt søk for å identifisere eventuelle nye aktuelle artikler ble gjennomført 6. januar 2021. Det opprinnelige utvalget av tilgjengelige artikler ble begrenset til artikler publisert etter 2010 og artiklene ble først vurdert etter tittel og abstrakt hvor følgende inklusjons- og eksklusjonskriterier var med å spisse søkeresultatet: Artikler måtte være på norsk eller engelsk, artiklene måtte omhandle restaureringer i permanente posteriore tenner (premolarer/molarer), artikler som kun omhandlet hvilken effekt vitalitet har på varigheten av restaureringene ble ekskludert. Figur 4 illustrerer hvordan materiale til oppgaven ble samlet inn.

## Resultater

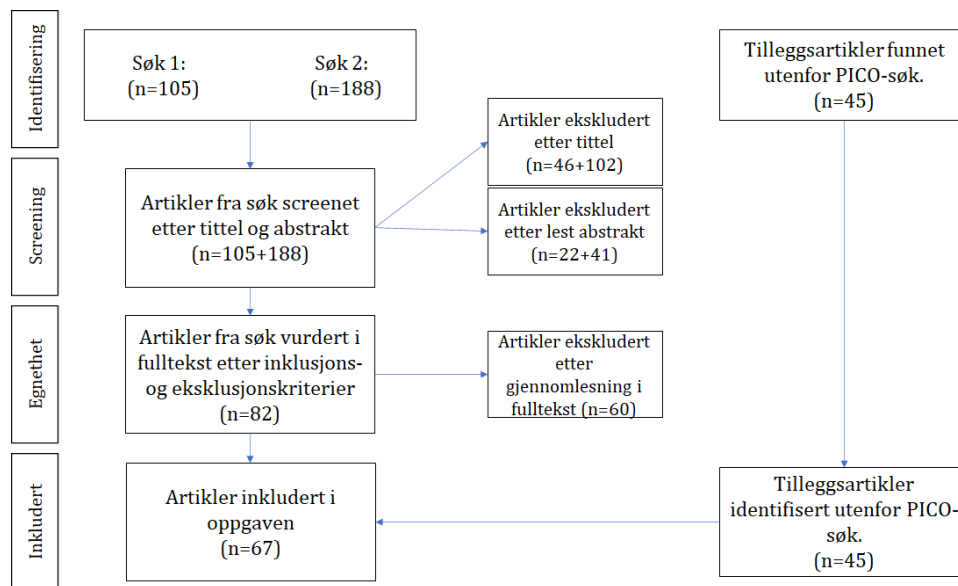


Fig. 4: Flytskjema illustrerer innsamling av aktuell litteratur for oppgaven.

I PICO-søkene for indirekte teknikk og direkte teknikk ble henholdsvis 105 og 188 artikler identifisert gjennom PubMed. Artiklene ble først screenet etter tittel, deretter etter gjennomlesning av abstrakt. Etter screeningprosessen var 68 artikler fra «søk 1» og 143 artikler fra «søk 2» ekskludert etter eksklusjonskriteriene. 82 artikler ble lest i fulltekst og vurdert for egnethet. 60 artikler ble ikke inkludert i den endelige oppgaven etter gjennomlesning av fulltekst da de ikke egnet seg til vår problemstilling. Supplerende litteratur ble identifisert fra litteraturlister i artikler fra søkene, via veiledere og spesifiserte søk i PubMed.

## Diskusjon

I metaanalysene og de systematiske oversiktene som ble funnet og valgt ut i litteratursøket for indirekte teknikk blir det understreket at det har vært, og fortsatt er, mangel på randomiserte kontrollerte kliniske studier når det kommer til keramiske «inlays». Tidligere forsøk på å kun inkludere randomiserte kontrollerte kliniske studier har endt opp med veldig strenge inklusjonskriterier og forfatterne har

ikke klart å samle god evidens på overlevelse av restaureringer, spesielt ikke når det kommer til oppfølgingsstudier på over fem år(40-42).

Vi har ikke lyktes å finne en metastudie som inkluderer artikler hvor det spesifiseres resultater om overlevelse og suksess for kun keram-«inlays». Mindre keramrestaureringer, «inlay» og «onlay», blir ofte kategorisert og vurdert samlet som én restaureringsmetode, som *partielle keramiske restaureringer* eller lignende betegnelser(42). En systematisk oversikt og metaanalyse trekker frem Beier et al. 2012(43) som den eneste studien som presenterer separate data for «inlay»- (n=334) og «onlay»- (n=213) restaureringer(42).

## Overlevelsesrate fra systematiske oversikter og metaanalyser

### Indirekte teknikk:

Beier et al. 2012 oppgir estimert overlevelsesrate for keramiske «inlays» etter 5, 10 og 12 år til å være 98,9%, 96,8% og 89,6%. Studien estimerer overlevelsesraten for «onlays» til å være 98,9%, 92,4% og 92,4% for de samme tidsintervallene. Studiet ble utført av to erfarne tannleger på Innsbruck Medisinske Universitet. Det ble ikke funnet noen statistisk signifikant forskjell for overlevelse mellom helkeramiske «inlays» og «onlays»(43). Yoon, *et al.* skriver i sin *in vitro-studie* som sammenligner prepareringsvarianter for «inlay»/«onlay»-restaureringer med at bondede, CAD/CAM-fremstilte «inlay»- og «onlay»-restaureringer i lithium disilicat i premolarer er pålitelige uavhengig av prepareringsdesign innenfor de rammene som er satt i forsøket(44).

Morimoto et al. 2016 kan ikke skille CAD/CAM-produserte fra teknikerfremstilte partielle indirekte restaureringer «inlays»/«onlays» i sin systematiske analyse og konkluderer, som tidligere oversiktsartikler har konkludert med, at det grunnet mangel på tilstrekkelig evidens kan fastslås hvilken produksjonsteknikk som gir best overlevelse. Morimoto et al. estimerer den samlede overlevelsesraten ved 5 års

oppfølging for feltspat- og glasskeram til 92% og at overlevelsesraten ved 10 års oppfølging er gått ned til 91%.(42)

I en gjennomgang av oversiktsartikkelen av Morimoto *et al.*, ser forfatterne på effekten av ulike produksjonsmetoder for mindre indirekte restaureringer («inlays», «onlays»). De konkluderer at den samlede overlevelsesraten for «chairside» CAD/CAM-produserte restaureringer ved 5 (n=3746) og 10 (n=1259) års oppfølging henholdsvis er 97% og 89%(42). I denne artikkelen skiller forfatterne mellom teknikerfremstilte og «chairside» CAD/CAM-produserte restaureringer, men finner ingen signifikant forskjell i overlevelsesrate på grunnlag av materialvalg eller fremstillingsmetode: Det konkluderes med at «inlay»-/ «onlay»-restaureringer i keram viser høy overlevelse og at dette er en trygg og pålitelig behandling(40).

Carvalho *et al.* publiserte i 2018 en systematisk oversikt hvor CAD/CAM-fremstilte keramrestaureringer ble undersøkt og de fant at «inlay»/ «onlay» (n=1826) har en estimert overlevelsesrate på 90.9% etter 5 år oppfølging. 88% av restaureringene var gjort i premolarer og molarer, kun 3% var i anteriore tenner og 9% var ikke gjort rede for(41).

I en systematisk metaanalyse av Araujo *et al.* fra 2016 analyserte forfatterne keramiske «inlays» og «onlays» samlet (n=1692) og overlevelsesraten ble ikke estimert, men presentert enkeltvis fra 7 studier. Overlevelsesraten varierte fra 87% til 100% ved 5 års observasjonstid(45).

En systematisk oversikt funnet utenfor PICO-søket for indirekte teknikk med CAD/CAM-restaureringer i enkelttenner, estimerer overlevelsesraten for «inlay»/ «onlay» (n=1619) etter 5 år til 92,9%(46).

Sampaio, F.B.W.R. *et al.* konkluderte i 2019 med sin metaanalyse at keram-«inlays» og «onlays» viser høy overlevelsesrate og at slike restaureringer er en trygg

behandlingsmetode uavhengig av fremstillingsteknikk(40). Carvalho et al. skriver at overlevelsesraten for enkelttannsrestaureringer fremstilt med CAD/CAM-teknologi ligner overlevelsen observert hos konvensjonelt fremstilte restaureringer(41). Morimoto et al. mener de ikke har tilstrekkelig evidens for å trekke noen konklusjon om hvilken fremstillingsmetode som er best(42). Artikkene understreker nødvendigheten av at fremtidige undersøkelser burde gjennomføres som prospektive, randomiserte kliniske studier, samt behovet for å benytte standardiserte evalueringskriterier(40-42).

### **Direkte teknikk:**

I en metaanalyse publisert i 2014 ser Opdam et al. på varighet av mindre komposittrestaureringer (Klasse I og II) i posteriore tenner. Etter en observasjonstid mellom 6 og 22 år var 569 av 2816 komposittrestaureringer gått tapt. Årlig feilslagsrate «Annual Failure Rate» ble funnet å være 1,8% ved 5 år og 2,4% ved 10 år(47).

Moraschini et al. beregner i en oversiktsartikkel, hvor de sammenligner varigheten av amalgam- og komposittfyllinger, middelverdien for overlevelse for komposittrestaureringer ved 55 og 72 måneders oppfølging til å være henholdsvis 86,2% og 85,8%. Syv av åtte studier inkludert i artikkelen indikerte høyere overlevelse for amalgam enn kompositt(48). En litteraturgjennomgang av denne studien beregner årlig feilslagsrate for kompositt til å være 3.17% ved 12-120 måneders oppfølging(49)

I 2016 ble en oversiktsartikkel hvor da Veiga, et al. sammenlignet varigheten av direkte og indirekte komposittrestaureringer publisert. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell i overlevelse. Denne konklusjonen var den samme uavhengig av type tann som ble restaurert(50).

## Generelt:

I litteraturen som er funnet til oppgaven finnes det variasjon i overlevelsesrate for både indirekte keramrestaureringer og direkte komposittrestaureringer.

Overlevelsesraten ved 5 år for partielle CAD/CAM-restaureringer estimeres av Sampaio, et al. (97%)(40), Carvalho et al. (90,9%)(41) og Witteben et al. (92,9%)(46). Dessverre finnes det få, store langtidsstudier med mer enn fem års oppfølging av indirekte partielle restaureringer med spesifikke resultater for CAD/CAM. Morimoto et al. estimerer at partielle CAD/CAM-restaureringer i keram (n=1259) har en overlevelsesrate på 89% ved 10 års oppfølging. Det er verdt å merke seg at de tre studiene som gir den estimerte overlevelsesraten ved 10 år ble publisert i 2008(51), 2006(52) og 2004(53). Restaureringene i studiene er produsert for relativt lenge siden og med bruk av den første «chairside»-modellen som kom på markedet, CEREC 1. Etersom det er opp mot 30 år siden restaureringene i de tre studiene ble satt inn på pasient, og flere generasjoner med «chairside» CAD/CAM-systemer siden er kommet på markedet, finnes det et tydelig behov for nyere langtidsstudier av CAD/CAM-restaureringer fremstilt med mer moderne «chairside»-systemer.

I sine publikasjoner, som omhandler komposittrestaureringer med direkte teknikk, estimerer Opdam et al.(47) at årlig feilslagsrate ved 5 og 10 års oppfølging er 1,8% og 2,4%, og Moraschini et al.(48) middelverdien for overlevelsesrate ved 55 og 72 måneder til 86,2 og 85,8% (AFR: 3.17% ved 12-120 måneders oppfølging)(49). I sistnevnte studie inngår 8 artikler og totalt benyttes minst 9 ulike resin kompositter (to artikler oppgir ikke type kompositt) og 5 ulike adhesivsystemer (3 oppgir ikke type). Studien gjennomført av da Veiga, et al.(50) inkluderte også 8 artikler i sin studie, ingen duplikater med Moraschini et al., og det ble oppgitt bruk av 8 ulike resinbaserte materialer og 5 adhesivsystemer. Det har ikke lyktes oss å identifisere nyere langtidsstudier (10 års oppfølging og overlevelse) som omhandler overlevelse av resinbaserte restaureringer i posteriore tenner i databasen PubMed. Den store variasjonen i resinbasert materiale som er benyttet i disse studiene kan tenkes å gi et



mer generelt bilde av hvor god prognose som kan forventes av en posterior resinbasert restaurering i klinisk praksis.

## Estetikk

I en systematisk oversikt av overlevelse av helkeramrestaureringer på minimum fem år, presenterer Araujo et al. at det ble rapportert få keramrestaureringer som gikk tapt som følge av estetiske problemer, ingen av disse var «inlay»/ «onlay»(45).

Opdam et al. konkluderer at det er fordelaktig å benytte indirekte teknikk i kasus hvor best mulig form og estetisk utseende er nødvendig, og understreker at dette er spesielt gjeldende for keramer, da keramer har best estetiske egenskaper. De konkluderer også med at kompositt presterer bedre enn keramer når det kommer til frakturresistens i restaureringer og at keram burde begrenses til estetisk sone(54).

Beier et al. konkluderer med at helkeramiske restaureringer i posteriore tenner, premolarer og molarer, gir forutsigbar og ofte vellykket estetisk restaurering(43).

Demarco, et al. skrev i 2017 at komposittfyllinger i posteriore området sjelden går tapt grunnet estetiske årsaker, men at det er tendenser til at de med høyere sosioøkonomisk status oftere ønsker å få behandling som bedrer oral estetikk(55). På den andre siden fant Chrysanthakopoulos et al. at 22% av komposittrestaureringer som måtte skiftes ut ble fjernet grunnet misfarging, men beskriver ikke om dette gjelder anteriore eller posteriore tenner(56).

I en svensk studie utført av Olsson et al., siktet forfatterne på å identifisere om demografiske ulikheter mellom individer påvirket pasientenes valg av kronerrestaurering for første molar i overkjeven, etter rotfylling (n=36 139). Restaureringsvalg ble delt i to kategorier: «Crown» (all indirekte teknikk:

krone/«inlay»/ «onlay») og «restoration» (all direkte restaurering: kompositt/GIC). De fant at gruppen som fikk behandling med indirekte teknikk hadde høyere inntekt, høyere utdanningsnivå, inkluderte færre single individer, høyere gjennomsnittlig alder og at en stor andel av denne gruppen var født i Sverige. Alle nevnte variabler var signifikant ulike fra gruppen som fikk direkte restaureringer(57).

Pasientene rapporteres å være fornøyd med det estetiske resultatet for både direkte kompositt- og indirekte keramrestaureringer. Samtidig blir det rapportert at både indirekte teknikk med keram og direkte teknikk med kompositt har klinisk akseptabel estetikk etter 10 år. Det nevnes visse forskjeller mellom de to systemene, men de er ikke statistisk signifikante(36, 58, 59).

## Biologiske og funksjonelle feilslag

### Indirekte teknikk:

Boitelle et al. gjør et estimat basert på en systemisk litteraturgjennomgang om at CAD/CAM-produserte keramrestaureringer har bedre marginal tilpasning enn keramrestaureringer produsert med andre metoder, med forbehold om at det ikke finnes mange kliniske studier. De understreker at det viktigste under produksjon av keramrestaureringer ikke er presis tilpasning av den faste protesen, men å sikre forutsigbarhet og stabilitet i produksjon av et stort antall restaureringer med samme maskin(60).

En metaanalyse fra 2016 viser registrerte feilslag av «inlay»/«onlay». Åtte av de 13 inkluderte studiene benyttet seg av modifiserte USPHS-kriterier, som ligner på, men har en noe *grovere* kategoriinndeling enn, FDI-kriteriene. Med et konfidensintervall på 95% var sjansen for feilslag: 4% for fraktur og «chipping» av tann eller restaurering, 3% for endodontiske problemer, 1% for sekundærkaries, og 1% for tap av retensjon («debonding»/mistet restaurering). Det var ikke registrert alvorlig marginal misfarging på noen av restaureringene under observasjonstidene<sup>(42)</sup>.

Araujo, et al. rapporterte om totalt 115 registrerte feilslag hos 550 restaureringer fra de 7 «inlay»/«onlay»-artiklene inkludert i sin studie. Dette gir et feilslag på ca. 20%. To av artiklene har en oppfølgingstid på 15 år, én har 12 år. Fordelingen av registrerte feilslag var: 53 keramfrakturer, 18 mistet restaurering, 17 sekundærkariestilfeller, 13 endodontiske problemer, 7 tannfrakturer, 4 marginale defekter og 3 periodontale problemer. Med unntak av to restaureringer tapt grunnet sekundærkaries stammer 15 av de 17 feilslagene fra de to studiene med 15 års oppfølging. Samtlige av de registrerte *mistet restaurering* og *tannfraktur*, samt 29 keramfrakturer er funn fra disse artiklene(45).

I en artikkel publisert i 2016 benyttet Collares, et al. seg av data fra et praksisbasert, online undersøkelsesnettverk kalt «Ceramic Success Analysis» (CSA), hovedsakelig med tannleger fra Tyskland. De samlet data om et stort antall «inlays»/«onlays» sementert mellom 1994 og 2014 (n=5791). De rapporterte at de vanligste årsakene til mislykkede restaureringer var fraktur av restaurering eller tann (44,5%) og endodontiske komplikasjoner (16,4%). Gjennomsnittsobservasjonstiden var på 3 år og gikk til maks 15 år. Årlig feilprosent etter oppfølgingstid var etter tredje året på 1%, mens etter 10 år på 1.6%. De merket seg at antallet mislykkede restaureringer økte med oppfølgingstiden og at sekundærkaries ble den mest vanlige grunnen til feilslag etter 8 års oppfølging og foreslår at dette kan skyldes nedbrytning av sement og adhesiv(61).

#### **Direkte teknikk:**

I en systematisk oversikt over posteriore resinkompositter fant Ástvaldsdóttir, et al. i 2015 at grunnen til mislykket restaurering i synkende rekkefølge var sekundærkaries, frakturert eller mistet fylling, frakturert tann og endodontiske komplikasjoner. De kunne observere at frakturer og endodontiske problemer oppstod tidlig i

oppfølgingen, mens kariestilfellene økte med årene og at det derfor er viktig med lang oppfølgingstid i slike studier(15).

I en oversiktsstudie av resinbaserte fyllinger som omhandlet posteriore tenner med klasse I og II restaureringer, (n=2816) med en oppfølgingstid på artiklene fra 6 til 22 år, var årsak til tap av restaureringer karies (38,8%), fraktur av tann (13,5%), fraktur av fylling (26%), endodontisk smerte (9,1%), ekstraksjon (4,4%), andre (8,1%). I løpet av det første året gikk 27 restaureringer tapt, 21 grunnet endodontiske komplikasjoner. Etter to år er 33 restaureringer registrert tapt, blant annet 6 grunnet karies, 17 grunnet fraktur av tann. Opp mot seks års oppfølging går stadig flere restaureringer tapt, særlig grunnet karies. I løpet av det sjettede året går 41 av 75 tapte restaureringer tapt grunnet karies, mens 23 grunnet fraktur. Vanligste årsaker til tapt posterior komposittrestaurering var sekundærkaries og fraktur(47).

I studien av restaureringer utført i den offentlige tannhelsetjenesten (DOT) i Bergen og omegn i 2012 gikk 407 av 4030 resinbaserte restaureringer tapt. Gjennomsnittlig oppfølgingstid var 4,6 år. De vanligste årsakene var sekundærkaries (n=284), mistet fylling (n=31), frakturert restaurering (n=20), marginal defekt (n=9)(62). Forfatterne merker seg at det kan tenkes at sekundærkariestilfellene muligens er noe forhøyet, grunnet at mange av restaureringene er lagt på permanente tenner hos tenåringer, som anses til å være en mer sårbar gruppe for karies i forhold til resten av befolkningen ifølge studien(62).

### **Generelt:**

Oversiktsstudiene over «inlay»-/«onlay»-restaureringer viser at fraktur av keram er den vanligste komplikasjonen som fører til tap av slike restaureringer. Endodontiske problemer er den mest vanlige biologiske komplikasjonen tidlig i oppfølgingsperioden, deretter ble det registrert flere tilfeller av sekundærkaries med tiden. 15 av 17 tapte restaureringer grunnet sekundærkaries var registrert i to artikler

med 15 års oppfølging i en studie(42, 45). Collares et al. foreslår i sin artikkel at det lave antallet tilfeller av sekundærkaries delvis kan skyldes at de pasientene som velger dette restaureringsalternativet er mer motiverte og har lav kariesrisiko(61). Dette kan stemme godt overens med den demografiske studien av behandlingsvalg fra Sverige(57).

Når det kommer til de vanligste feilslagene for komposittfyllinger viste studiene at sekundærkaries var den vanligste grunnen til mislykket restaurering(62, 63). Flere merker seg at frakturer og endodontiske problemer oppstår tidlig i oppfølgingstiden. Det kan tenkes at dette skyldes påkjenningen pulpa utsettes for når tannen prepareres, som temperaturøkning eller bakteriell lekkasje i dentintubuli. Dette kan oppstå når en restaurering legges og ved uheldig håndtering av kompositten, enten ved utilstrekkelig fuktighetskontroll, for kort herdetid eller uheldig utforming som gir økt mastikatorisk traumatisering(64-66).

## Risikofaktorer

### Indirekte teknikk:

En metanalyse utført av Morimoto et al. i 2016, undersøkte komplikasjonsraten for partielle keramrestaureringer («inlay»/«onlay») og kom frem til at god adhesjon med resinsement til keramet økte overlevelsesraten. Sjansen for at restaureringer mislyktes var også 80% lavere om den behandlede tannen var vital(40). Beier et al. fant at avitale tenner viste signifikant høyere risiko for feilslag og ingen økt risiko som følge av pasientrelatert parafunksjon hos de partielle keramrestaureringene(43). Flere studier har vist at faktorer som alder, type tann (premolar/molar), størrelse på restaurering, ikke var av statistisk signifikant betydning for restaureringens overlevelse(43, 67-69).

Den samlede informasjonen identifisert i artikkelen skrevet av Collares, et al. viste at tre risikofaktorer var statistisk signifikante for keramiske «inlays» og «onlays»:

Cervikal begrensning av preparering som avsluttes i dentin gav 78% økt sjanse for tapt restaurering sammenlignet med restaureringer som hadde cervikal avslutning i emalje, om cervikal prepareringshøyde var økt ved hjelp av glassionomersement ble risikoen for feilslag doblet, restaureringen sementert med 1- og 2-steps-resinadhesiver viste 142% høyere sjanse for feilslag enn de lagt med 2- og 3-steps-resinadhesivsystemer(61).

### **Direkte teknikk:**

Kopperud et al. fant, i sin studie av restaureringer utført i DOT, at mislykkede komposittrestaureringer var signifikant relatert til: ung alder hos pasienten, høy tidligere karieserfaring, dyp kavitet, bruk av skålformede approksimale prepareringer og komposittmaterialet Filtek Z100. Faktorer som kjønn, oral hygiene, kariesangrepets alvorlighetsgrad, kavitetsbredde var ikke statistisk signifikant assosiert med forekomst av komplikasjoner(62).

I en studie publisert i 2010 vurderer Opdam, et al. hvordan pasientens beregnede kariesrisiko påvirker utfallet ved posteriore klasse II-komposittrestaureringer ved 12 års oppfølging. I tillegg sammenlignes amalgam med direkte kompositt. De fant at restaureringer lagt på pasienter som var i «høyrisiko»-gruppen viste signifikant lavere overlevelsesrate sammenlignet med «lavrisiko»-gruppen. «Høyrisiko»-gruppen hadde 2,5 ganger så høy sjanse for sekundærkaries sammenlignet med «lavrisiko»-gruppen. Det ble ikke funnet noen signifikant forskjell mellom overlevelsen i premolarer og molarer. De trekker frem at komposittrestaurerte tenner har lavere frakturnrate og at dette støtter hypotesen om at restaureringer festet med adhesiv styrker tannsubstansen(63).

### **Generelt:**

Det finnes flere mulige risikofaktorer som påvirker restaureringers prognose. For indirekte, partielle keramrestaureringer rapporterer ulike studier om at risikoen øker

signifikant dersom det ikke benyttes en resinsement(42, 61). Utover dette skriver Morimoto, et al. at vitale tenner hadde 80% mindre sjanse for mislykkede fyllinger og foreslår at sunn pulpa er en signifikant faktor for vellykkethet(42). På den andre siden finner ikke Collares, et al. noen evidens for at endodontisk behandling påvirker overlevelsen hos «inlays»/«onlays»(61). Dyp marginal restaureringskant kan være en faktor som spiller inn på feilslagsraten i alle typer restaureringer da restaureringen bondes mot dentin fremfor emalje og det samtidig kan tenkes at det blir vanskeligere for pasienten å holde rent(61, 62). Ettersom sekundærkaries er den vanligste årsaken til mislykkede komposittrestaureringer, vil det kunne være rimelig å anta at kariesaktivitet er en viktig risikofaktor. Kopperud, et al. fant at tidligere karieserfaring var signifikant relatert til mislykkede komposittrestaureringer og Opdam, et al. viser at pasienter som er ansett som å ha høy risiko for utvikling av karies har 2,5 ganger så høy sjanse for utvikling av sekundærkaries relatert til resinbaserte restaureringer som de med lav risiko. I tillegg er det vist at overlevelsesraten på resinbaserte fyllinger i *høyrisikogruppen* var signifikant lavere enn hos *lavrisikogruppen*(62, 63).

Veggene i en preparert kavitet for «inlay»- eller «onlay»-restaureringer trenger som tidligere nevnt å være svakt divergerende mot det okklusale for at innlegget skal kunne sementeres på plass. Det kan argumenteres for at dette kan føre til en økt fjerning av frisk tannsubstans under preparering for å unngå undersnitt i kaviteten og for å ha større flate for binding mellom tann og keram. Dette er kanskje spesielt aktuelt i tilfeller hvor pasient må bytte ut en fylling som baserer seg på mekanisk retensjon i tydelige undersnitt, som f.eks. amalgamfyllinger.

Det registreres sjeldnere tilfeller av sekundærkaries som årsak til tapt restaurering og det kreves lengre oppfølging før karies oppstår i restaureringer laget med indirekte teknikk sammenlignet med direkte teknikk ifølge studiene vi har sett på. En reparasjon eller utskiftning av en restaurering som er kariesfri, vil kunne tenkes å gjennomføres uten tap av mye ytterligere tannsubstans, men en restaurering som

skiftes på grunn av sekundærkaries vil kreve at kaviteten vil øke i volum ved fjerning av karies. Det kan tenkes at dette vil påvirke tannens langtidsprognose, dersom det behøves flere utskiftninger i løpet av et langt liv. En pasient kan dra nytte av å investere i indirekte keramrestaurering for å hindre økt substans tap på lang sikt, men dette er spekulasjon.

## Generelle Funn

I litteraturstudien ønsket vi å sammenligne hvordan direkte komposittrestaureringer og indirekte CAD/CAM -keram-«inlays» i posteriore tenner (premolarer/molarer) presterte klinisk. Ettersom det ikke lyktes å finne større studier som sammenlignet direkte kompositteknikk med CAD/CAM-fremstilte keraminnlegg, identifiserte vi mange faktorer som gjør det utfordrende å sammenligne de to. Ulike evalueringskriterier og ulike modifiseringer av kriterielister for restaureringer er brukt. Flere studier understreker viktigheten av å tolke resultatene fra systematiske oversikter og metaanalyser som omhandler varighet av ulike former for tannbehandling med forsiktighet, da de ofte inneholder få randomiserte kliniske kontrollerte studier. Enkeltstudiene inkludert i oversiktsartiklene inneholder i mange tilfeller et begrenset antall restaureringer, samt at restaureringer kan være lagt, vurdert og fulgt opp av ulike operatører og med ulike systemer, materialer og ulike erfaringsnivå(40, 43, 54).

Flere metaanalyser og systematiske oversikter inkluderte enkeltstudier som omhandlet partielle enkelttannsrestaureringer («inlay»/«onlay») som én gruppe. Beier, et al(43). fant ikke noen signifikant forskjell mellom «onlays» og «inlays», og Yoon, et al(44). kunne ikke påvise noen statistisk signifikant forskjell på frakturresistensen mellom ulike prepareringsvarianter. «Inlay»/«onlay» er relativt like i utforming med unntak av at en «onlay»-restaurering strekker seg opp over en eller flere av tannens kuser. «Inlays» og «onlays» oppfører seg veldig likt i pasientens munn(43, 44) og forskjellen mellom de to ligger kanskje mer i definisjonen



enn i funksjonen. Vi har derfor valgt å inkludere tall fra studier som ser på disse samlet i oppgaven, dog med forståelse av at det ikke er helt samme restaurering og at det er en viss usikkerhet knyttet til at disse i alle henseende oppfører seg likt klinisk.

## Det økonomiske aspektet

Det kan oppstå en etisk problemstilling som følge av den høye kostnaden av å investere i et CAD/CAM-system i klinikken, med tanke på behandlingsvalg hos pasient. Tannlegen har gjort en stor investering i systemet og det må benyttes for å unngå at investeringen blir et «tapsprosjekt». For å rettferdiggjøre investeringen er det mulig at behandler i noen tilfeller vil helle mot CAD/CAM-restaureringer, selv om resinbaserte fyllinger er et vel så godt alternativ for pasienten. Behandler burde uavhengig av sine investeringer gi nøytral informasjon som kan hjelpe pasienten med å bidra til et valg av restaurering. Keram-«Inlays» er i en tydelig høyere prisklasse enn resinbaserte komposittrestaureringer, uten at dette virker å ha noen tydelig innvirkning på prognosen for restaureringen. Siden litteraturen ikke kan dokumentere vesentlig forskjell mellom teknikkene, vil det i de fleste tilfeller være vanskelig å rettferdiggjøre bruken av keramiske-«inlays» fremfor resinbaserte restaureringer når de presterer tilnærmet likt.

## Konklusjon

Det finnes et behov for videre kliniske RCT-studier på området, med lengre oppfølgingstid, like vurderingskriterier, nytt utstyr og nye materialer. Det er vanskelig å trekke en endelig konklusjon for hva som bør anbefales, grunnet mangelen av resultater fra nyere studier. Resultatene fra søket viser relativt lik suksess- og overlevelsesrate, med små forskjeller på vanligste feilslag og restaureringers egenskaper, til tross for den store prisforskjellen på de to behandlingene. Etter litteraturstudiet mener vi at både indirekte CAD/CAM-, og teknikerfremstilte «inlays» og «onlays», samt komposittrestaureringer ved direkte teknikk, kan være pålitelig og

trygg behandling for posteriore tenner i dagens kliniske virksomhet. Direkte teknikk er billigere og mer vevsbesparende enn indirekte teknikk, og vil i de fleste tilfeller være et tydelig førstevalg for å behandle posteriore tenner med substansstap som tilsvarer klasse I- og II-kaviteter.

## Litteraturliste

1. Skau DHol. Tenner og tannstatus i den voksne befolkning i Norge Tannlegetidende2010 [Available from: <https://www.tannlegetidende.no/i/2010/3/dnt-371715>].
2. Birkeland J. Fluorid – Atter i Fokus. Tannlegetidende. 2001.
3. Espelid I. Ungdoms orale helse i Norge ved tusenårsskiftet: Tannlegetidende; 2002 [Available from: <https://www.tannlegetidende.no/i/2002/5/dnt-28551>].
4. Skudutyte-Rysstad R, Eriksen HM. Changes in caries experience among 35-year-old Oslo citizens, 1973-2003. Acta Odontol Scand. 2007;65(2):72-7.
5. Edward Lo B, MDS, PhD, FHKAM. Caries Process and Prevention Strategies: Epidemiology, Epidemiology: The DMF Index Dentalcare.com [Available from: <https://www.dentalcare.com/en-us/professional-education/ce-courses/ce368/epidemiology-the-dmf-index>].
6. ssb.no. Tannhelsetenesta 2020, 22. Juni [Available from: <https://www.ssb.no/tannhelse>].
7. Dentistry GH. What is the difference between a crown, a cap, an inlay or onlay? 2017, 11. August [Available from: <https://ghdentistry.com/difference-crown-cap-inlay-onlay/>].
8. Hilde B. Molvig Kopperud WJF, Preben Hørsted-Bindslev. Moderne tannfargede fyllingsmaterialer 2011, 6. Januar [Available from: <https://www.tannlegetidende.no/i/2011/1/dnt-417506>].
9. Hilde Kjærnet Haugen FE-H, Ketil Hegerstrøm Haugli og Trude Myhrer. Utviklingen av tannteknisk produksjon i Norge. Tannlegetidende. 2020, 20. August.
10. Laegreid T, Gjerdet NR, Johansson A, Johansson AK. Clinical decision making on extensive molar restorations. Oper Dent. 2014;39(6):E231-40.
11. Van Nieuwenhuysen JP, D'Hoore W, Carvalho J, Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. J Dent. 2003;31(6):395-405.
12. Nils Roar Gjerdet HMT. Tannfargede fyllinger. Tannlegetidende. 19.02.2004.
13. Peutzfeldt HBMKoA. Kompositte materialer - basale egenskaber. Tannlegetidende. 2016.
14. Aandahl CCBLs. God klinisk praksis i tannhelsetjenesten – en veileder i bruk av faglig skjønn ved nødvendig tannbehandling. Helsedirektoratet: Helsedirektoratet; 01/2011.
15. Ástvaldsdóttir Á, Dagerhamn J, van Dijken JW, Naimi-Akbar A, Sandborgh-Englund G, Tranæus S, et al. Longevity of posterior resin composite restorations in adults – A systematic review. J Dent. 2015;43(8):934-54.
16. Ilie N, Rencz A, Hickel R. Investigations towards nano-hybrid resin-based composites. Clin Oral Investig. 2013;17(1):185-93.
17. Malhotra N, Mala K, Acharya S. Resin-based composite as a direct esthetic restorative material. Compend Contin Educ Dent. 2011;32(5):14-23; quiz 4, 38.
18. Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. J Dent Res. 2018;97(10):1082-91.
19. Bjørn Einar Dahl HJR. Digitale avtrykk. Tannlegetidende 13.02.2014;2.
20. Harsono M, Simon JF, Stein JM, Kugel G. Evolution of chairside CAD/CAM dentistry. Tex Dent J. 2013;130(3):238-44.
21. Seghi RR, Sorensen JA. Relative flexural strength of six new ceramic materials. Int J Prosthodont. 1995;8(3):239-46.

22. Badawy R, El-Mowafy O, Tam LE. Fracture toughness of chairside CAD/CAM materials - Alternative loading approach for compact tension test. *Dent Mater.* 2016;32(7):847-52.
23. Al-Rabab'ah MA, Macfarlane TV, McCord JF. Vertical marginal and internal adaptation of all-ceramic copings made by CAD/CAM technology. *Eur J Prosthodont Restor Dent.* 2008;16(3):109-15.
24. Jeremy Plourde DN, Masly Harsono, Lindsay Fox, Matthew Finkelman, Gerard Kugel. Scanning Experience Affects Fit of E4D CAD/CAM All-Ceramic Crowns. 2012 AADR Annual Meeting (Tampa, Florida); Tampa, Florida Abstract Archives; 2012.
25. Lee JH, Son K, Lee KB. Marginal and Internal Fit of Ceramic Restorations Fabricated Using Digital Scanning and Conventional Impressions: A Clinical Study. *J Clin Med.* 2020;9(12).
26. Schlenz MA, Schubert V, Schmidt A, Wöstmann B, Ruf S, Klaus K. Digital versus Conventional Impression Taking Focusing on Interdental Areas: A Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(13).
27. Guess PC, Vagkopoulou T, Zhang Y, Wolkewitz M, Strub JR. Marginal and internal fit of heat pressed versus CAD/CAM fabricated all-ceramic onlays after exposure to thermo-mechanical fatigue. *J Dent.* 2014;42(2):199-209.
28. Gjerdet NR. Allergi og dentale materialer. *Tannlegetidende.* 2013.
29. Tapie L, Lebon N, Mawussi B, Fron-Chabouis H, Duret F, Attal JP. Understanding dental CAD/CAM for restorations--accuracy from a mechanical engineering viewpoint. *Int J Comput Dent.* 2015;18(4):343-67.
30. Tannlegethuset. Priser <https://tannlegethuset.no/priser/> [
31. tannlegesenter S. Prislister <https://sandsli-tannlegesenter.no/Om-oss/Prislister/> [
32. Loomans B, Özcan M. Intraoral Repair of Direct and Indirect Restorations: Procedures and Guidelines. *Oper Dent.* 2016;41(S7):S68-s78.
33. Kvam K. Helkeramiske protetiske erstatninger. *Tannlegetidende.* 2004.
34. Bortolotto T, Onisor I, Krejci I. Proximal direct composite restorations and chairside CAD/CAM inlays: marginal adaptation of a two-step self-etch adhesive with and without selective enamel conditioning. *Clin Oral Investig.* 2007;11(1):35-43.
35. Spitznagel FA, Scholz KJ, Strub JR, Vach K, Gierthmuehlen PC. Polymer-infiltrated ceramic CAD/CAM inlays and partial coverage restorations: 3-year results of a prospective clinical study over 5 years. *Clin Oral Investig.* 2018;22(5):1973-83.
36. Hopp CD, Land MF. Considerations for ceramic inlays in posterior teeth: a review. *Clin Cosmet Investig Dent.* 2013;5:21-32.
37. Rønold BEDoHJ. Digitale avtrykk. *Tannlegetidende.* 2014.
38. Marquillier T, Doméjean S, Le Clerc J, Chemla F, Gritsch K, Maurin JC, et al. The use of FDI criteria in clinical trials on direct dental restorations: A scoping review. *J Dent.* 2018;68:1-9.
39. Hickel R, Peschke A, Tyas M, Mjör I, Bayne S, Peters M, et al. FDI World Dental Federation - clinical criteria for the evaluation of direct and indirect restorations. Update and clinical examples. *J Adhes Dent.* 2010;12(4):259-72.
40. Sampaio F, Özcan M, Gimenez TC, Moreira M, Tedesco TK, Morimoto S. Effects of manufacturing methods on the survival rate of ceramic and indirect composite restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Esthet Restor Dent.* 2019;31(6):561-71.
41. Alves de Carvalho IF, Santos Marques TM, Araújo FM, Azevedo LF, Donato H, Correia A. Clinical Performance of CAD/CAM Tooth-Supported Ceramic Restorations: A Systematic Review. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2018;38(4):e68-e78.

42. Morimoto S, Rebello de Sampaio FB, Braga MM, Sesma N, Özcan M. Survival Rate of Resin and Ceramic Inlays, Onlays, and Overlays: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Dent Res*. 2016;95(9):985-94.
43. Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Giesinger JM, Dumfahrt H. Clinical performance of all-ceramic inlay and onlay restorations in posterior teeth. *Int J Prosthodont*. 2012;25(4):395-402.
44. Yoon HI, Sohn PJ, Jin S, Elani H, Lee SJ. Fracture Resistance of CAD/CAM-Fabricated Lithium Disilicate MOD Inlays and Onlays with Various Cavity Preparation Designs. *J Prosthodont*. 2019;28(2):e524-e9.
45. Araujo NS, Moda MD, Silva EA, Zavanelli AC, Mazaro JV, Pellizzer EP. Survival of all-ceramic restorations after a minimum follow-up of five years: A systematic review. *Quintessence Int*. 2016;47(5):395-405.
46. Wittneben JG, Wright RF, Weber HP, Gallucci GO. A systematic review of the clinical performance of CAD/CAM single-tooth restorations. *Int J Prosthodont*. 2009;22(5):466-71.
47. Opdam NJ, van de Sande FH, Bronkhorst E, Cenci MS, Bottenberg P, Pallesen U, et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *J Dent Res*. 2014;93(10):943-9.
48. Moraschini V, Fai CK, Alto RM, Dos Santos GO. Amalgam and resin composite longevity of posterior restorations: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2015;43(9):1043-50.
49. Alhareky M, Tavares M. Amalgam vs Composite Restoration, Survival, and Secondary Caries. *J Evid Based Dent Pract*. 2016;16(2):107-9.
50. da Veiga AM, Cunha AC, Ferreira DM, da Silva Fidalgo TK, Chianca TK, Reis KR, et al. Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2016;54:1-12.
51. Otto T, Schneider D. Long-term clinical results of chairside Cerec CAD/CAM inlays and onlays: a case series. *Int J Prosthodont*. 2008;21(1):53-9.
52. Reiss B. Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent*. 2006;9(1):11-22.
53. Sjögren G, Molin M, van Dijken JW. A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont*. 2004;17(2):241-6.
54. Opdam N, Frankenberger R, Magne P. From 'Direct Versus Indirect' Toward an Integrated Restorative Concept in the Posterior Dentition. *Oper Dent*. 2016;41(S7):S27-s34.
55. Demarco FF, Collares K, Correa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Should my composite restorations last forever? Why are they failing? *Braz Oral Res*. 2017;31(suppl 1):e56.
56. Chrysanthakopoulos NA. Reasons for Placement and Replacement of Resin-based Composite Restorations in Greece. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2011;5(3):87-93.
57. Olsson SR, Pigg M, Isberg PE, Fransson H. Demographic factors in the choice of coronal restoration after root canal treatment in the Swedish adult population. *J Oral Rehabil*. 2019;46(1):58-64.
58. Pol CW, Kalk W. A systematic review of ceramic inlays in posterior teeth: an update. *Int J Prosthodont*. 2011;24(6):566-75.
59. Thordrup M, Isidor F, Hörsted-Bindslev P. A prospective clinical study of indirect and direct composite and ceramic inlays: ten-year results. *Quintessence Int*. 2006;37(2):139-44.

60. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil.* 2014;41(11):853-74.
61. Collares K, Corrêa MB, Laske M, Kramer E, Reiss B, Moraes RR, et al. A practice-based research network on the survival of ceramic inlay/onlay restorations. *Dent Mater.* 2016;32(5):687-94.
62. Kopperud SE, Tveit AB, Gaarden T, Sandvik L, Espelid I. Longevity of posterior dental restorations and reasons for failure. *Eur J Oral Sci.* 2012;120(6):539-48.
63. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res.* 2010;89(10):1063-7.
64. Caviedes-Bucheli J, Correa-Ortiz JA, García LV, López-Torres R, Lombana N, Muñoz HR. The effect of cavity preparation on substance P expression in human dental pulp. *J Endod.* 2005;31(12):857-9.
65. Wisithphrom K, Murray PE, About I, Windsor LJ. Interactions between cavity preparation and restoration events and their effects on pulp vitality. *Int J Periodontics Restorative Dent.* 2006;26(6):596-605.
66. Murray PE, Hafez AA, Smith AJ, Cox CF. Bacterial microleakage and pulp inflammation associated with various restorative materials. *Dent Mater.* 2002;18(6):470-8.
67. Malament KA, Margvelashvili-Malament M, Natto ZS, Thompson V, Rekow D, Att W. Comparison of 16.9-year survival of pressed acid etched e.max lithium disilicate glass ceramic complete and partial coverage restorations in posterior teeth: Performance and outcomes as a function of tooth position, age, sex, and thickness of ceramic material. *J Prosthet Dent.* 2020.
68. Strasding M, Sebestyén-Hüvös E, Studer S, Lehner C, Jung RE, Sailer I. Long-term outcomes of all-ceramic inlays and onlays after a mean observation time of 11 years. *Quintessence Int.* 2020;51(7):566-76.
69. Nejatidanesh F, Amjadi M, Akouchekian M, Savabi O. Clinical performance of CEREC AC Bluecam conservative ceramic restorations after five years--A retrospective study. *J Dent.* 2015;43(9):1076-82.