

---

# Reparasjon og utvidelse av fyllinger

FRODE STAXRUD & JON E. DAHL

## Innledning

Det finnes ingen klare retningslinjer for å avgjøre når en skal foreta reparasjon eller når det er riktig å skifte ut en defekt fylling. Studier basert på studentundervisning i Storbritannia og USA viste at utskiftning var vanligere enn reparasjon, men at indikasjonene på de ulike behandlingsvalgene var ganske like (1). Grunner for utskiftning var sekundærkaries, fraktur av fylling og tann samt slitt fylling. Reparasjon ble foretatt ved fraktur av fylling og ujevn overgang mellom fylling og tann (1). Tre år etter reparasjonen var kvaliteten på fyllingen like god som om fyllingen skulle vært skiftet i sin helhet (2). En reparasjon forlenger levetiden til den opprinnelige fyllingen (3). I tillegg fører den ofte til at tannsubstans spares, og at kostnadene for pasienten blir lavere. Fyllinger med komposittmaterialer av mikrofiller- og hybridtype har særdeles lang levetid, noe som kan tilskrives gode fysiske egenskaper og abrasjonsresistens. En rekke undersøkelser konkluderer med en årlig feilrate (AFR) for slike komposittfyllinger på 1 til 3 prosent, hvilket er fullt på høyde med amalgamfyllingene (4). Karies er årsaken til utskiftning av fyllinger i nesten halvparten av tilfellene, og det er omtrent like mange som svikter på grunn av fyllingsfrakturer (5). Disse funnene betyr at hos pasienter med lav eller ingen kariesaktivitet, bør reparasjon være førstevalg dersom det er teknisk mulig. Samtidig må man ta hensyn til fyllingenes utforming (anatomi) for

å motstå frakturer. Det er ikke uvanlig å se fraktur av en tyggeknete i tilknytning til en klasse II-fylling hvor fyllingen har adekvat feste og god kvalitet. I slike tilfeller vil en utvidelse av fyllingen i stedet for en total utskiftning være gunstig for pasienten.

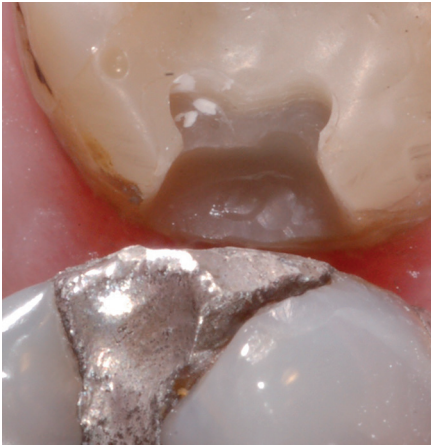
Denne artikkelen tar for seg reparasjon og utvidelse av fyllinger i amalgam, kompositt og glassionomer. Hensikten er å gi klinikerer gode holdepunkter for valg av terapi i tilfeller som gjelder fraktur av fylling og tannsubstans, dårlig kontaktpunkt, attrisjonsskader og behov for toppfylling etter endodontisk behandling. Reparasjon kan i mange tilfeller være et bedre valg enn hel utskiftning av fyllingen (4).

## Prepareringsteknikk, retensjon og materialvalg ved reparasjon/utvidelse av fyllinger

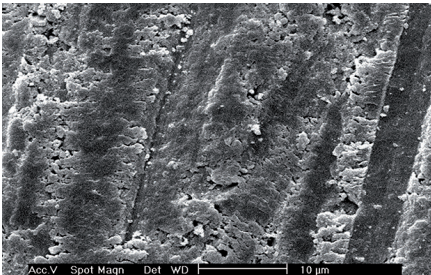
Når vi skal reparere eller utvide fyllinger, vil alle kaviteter ha noen felles trekk, samtidig som de har sine helt særegne forhold. De viktigste faktorer som bestemmer om og eventuelt hvordan vi reparerer, er *skadens omfang* og hvilken *belastning* fyllingen vil bli utsatt for i daglig bruk. Dette gjør at det ikke er mulig å gi en entydig "slik-skal-det-repareres"-anvisning. Kunnskap og personlig erfaring når det gjelder bittfysiologi, materialstyrke og kariesutvikling er grunnleggende, og enhver tannlege må bruke sin faglige forståelse for å gjøre valg i de situasjonene han og hun står overfor. En klinisk og røntgenologisk inspeksjon av kvaliteten til den gjenstående fyllingen er nødvendig for å avsløre svekkelser som sekundærkaries, spalter og in-fraksjoner som kan vanskeliggjøre en holdbar reparasjon.

Det er ikke sannsynlig at man kan oppnå en kjemisk forbindelse mellom gammel fylling og reparasjonsmaterialet, enten man anvender kompositt, amalgam eller glassionomermateriale. Dette har flere grunner, som vi skal komme tilbake til. Man må derfor sørge for å skape muligheter for både *makro-* og *mikromekanisk retensjon*. Ved å gi kaviteten en gunstig fasong kan den makromekaniske

retensjonen økes, noe som bidrar til å avlaste bondingfugen slik at den får lenger holdbarhet. Svalehaler, furer og undersnitt er enkle å preparere med grove diamanter (se figur 1) og vil, sammen med horisontal understøttelse av fyllingsmaterialet, ta opp både vertikale og horisontale krefter under okklusjon og artikulasjon. Dette vil bidra til å minske stresset i sammenføyningen. Den mikromekaniske forbindelsen besørages av ulike bondingsystemer. Man har forsøkt å øke styrken i bondingfugen både ved å etse med forskjellige konsentrasjoner av flussyre (HF) og ved å sandblåse overflaten med pulver av forskjellige kornstørrelser. Dermed gjøres overflaten mer ru, noe som øker muligheten for mikromekanisk retensjon (6, 7) (figur 2). Disse tiltakene øker styrken i fugen i en viss grad, men det er ikke mulig å si at en metode er bedre enn de andre. Ets med



**Fig. 1.** Svalehalepreparering for å øke mekanisk retensjon. Foto: Frode Staxrud.



**Fig. 2.** Scanning elektronmikroskopisk bilde av preparert komposittoverflate som viser gode muligheter for mikromekanisk retensjon.

flussyre har til dels farlige biologiske bivirkninger på bløtvev, og det må advares mot intraoral bruk. Sandblåsing krever beskyttelse av pasientens gingiva og tiltak mot spredning i operasjonsrommet. Det viser seg imidlertid at ets med 37 prosent fosforsyre gir omtrent like god effekt som sandblåsing og kan håndteres som en del av bondingprosedyren (6, 7).

De materialer som er aktuelle å bruke til reparasjon/utvidelse er begrenset til kompositt og kompomer, amalgam (ikke i Norge og Sverige) og glassionomer (GIC). Materialene disse kommer i kontakt med er kompositt, kompomer, glassionomer, amalgam, gull- og krom-koboltlegeringer og keramer. Generelt kan man si at i områder med direkte okklusjon/tyggebelastning bør man velge komposittmaterialer eller amalgam av hensyn til abrasjonsresistens og fysisk styrke. I områder uten direkte belastning kan man gjerne velge GIC, forutsatt at man får ønsket estetikk. Uansett valg av materiale er det meget viktig å følge materialprodusentenes bruksanvisninger.

## Reparasjon og utvidelse av amalgamfyllinger

Amalgam er et lite benyttet materiale til nye fyllinger i Norden. Både i Norge og Sverige er bruken av kvikksølvholdige produkter, som amalgam, forbudt av miljømessige årsaker. Amalgam har i lang tid vært benyttet ved reparasjon og utvidelse av gamle amalgamfyllinger, og mye tyder på at det er en god behandling. I en klinisk studie ble pasienter med defekte amalgamfyllinger delt i to grupper, én hvor fyllingene ble skiftet ut, og én hvor fyllingen ble reparert med amalgam (8). Etter syv år var det ingen forskjell mellom de to gruppene. Det betyr at når en defekt amalgamfylling repareres med amalgam, blir resultatet like godt som om hele fyllingen skulle vært skiftet ut.

Kompositt blir ofte valget når en tyggeknute frakturerer eller ved kantfrakturer av en amalgamfylling. I mange tilfeller vil makro-

mekanisk retensjon, kombinert med komposittens binding til resterende tannsubstans, sikre en varig reparasjon (se figur 3). Dersom man ønsker en form for binding mellom kompositt og amalgam, viser studier at silanisering av amalgamoverflaten er nødvendig (9, 10). Imidlertid baserer disse studiene seg på resultater fra binding til et par dager gammel amalgam, og det er uklart hvordan resultatet vil være når amalgamfyllingen har stått mange år i munnhulen.



**Fig. 3.** Buccal cusp på 15, reparert for 12 år siden med kompositt mot amalgam. Ekstra retensjon oppnådd ved bruk av svalehalepreparering. Foto: Frode Staxrud.

## Reparasjon og utvidelse av tannfargede fyllinger

Det er vist at bruk av *bondingsystemer* vesentlig bedrer styrken i forbindelsen mellom ny og gammel kompositt i forhold til ikke å bruke bonding (11). Der vi planlegger å gjøre en fyllingsreparasjon/utvidelse, er som oftest kaviteten avgrenset av både fyllingsmaterialer og tannstrukturer. Emalje og dentin krever at vi bruker bondingsystemer for at resinbaserte kompositte fyllingsmaterialer skal sitte fast med akseptabel styrke.

### Bondingers virkemekanisme og typer

Vi har i dag et variert utvalg bondingmaterialer å velge blant (12). En grovinndeling av typene kan være å skille mellom dem som

krever separat bruk av syre til å etse overflaten av kaviteten, såkalt *ets og skyl*, (4. generasjon bonding) og dem som har inkorporert etsingen i primeren, kalt *selvetsende* (5. generasjon). Innenfor disse er det systemer med separat primer og bonding og systemer med primer og bonding i samme væske. Selvetsende alt-i-ett-bondinger refereres av og til som 6. generasjon bonding (enkelte produsenter kaller dem 7. generasjon). Dette er enkelt illustrert i figur 4.

Bondingen baserer seg på at man ønsker å oppnå en svært tett kontakt mellom de materialene som skal sammenføres. Når avstanden mellom to molekyler er mer enn 0,7 nm (tilsvarende størrelsen på 7 hydrogenatomer), vil de ikke lenger kunne tiltrekkes av hverandre. For å oppnå en tett kontakt mellom to flater, anvendes bindemidler i flytende form. Væsken må kunne flyte ut over den overflaten som skal bondes. Enkelt forklart må den faste

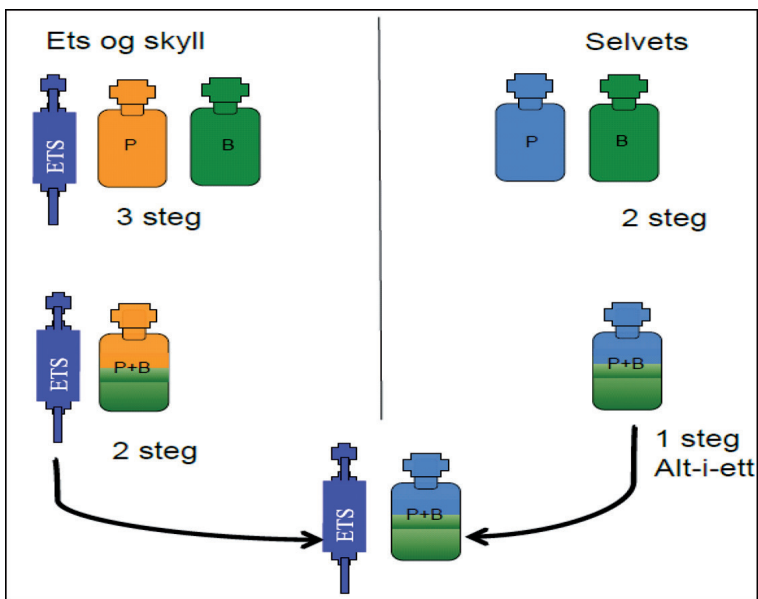


Fig. 4. Inndeling av bondingsystemer. Nederst er vist selvetsende alt-i-ett-bonding med bruk av fosforsyre til etsing av emalje som en kombinasjon av systemene. P = primer, B = adhesiv. Illustrasjon: Frode Staxrud.

overflaten på tann og gammel fylling ha en høy overflatespenning for å få væsken, som har lav overflatespenning, til å flyte utover og fukte hele flaten. Dette kalles *wetting*. Syreetsing renser overflatene og øker overflatespenningen, og det er gunstig for tett kontakt og adhesjon. Glatt overflatestruktur, fuktighet og halogener senker overflatespenningen. Fluor for eksempel, hindrer *wetting*, slik at upreparert emalje gir dårligere bindingsstyrke. Kontaminasjon med vann, saliva eller blod senker også overflatespenningen og kan fullstendig hindre *wetting* med bondingmaterialet.

For å få en resinbasert fylling til å adherere til tannsubstans og gamle fyllingsmaterialer er det tre distinkte og nødvendige steg som må foretas (12). Første steg er å kondisjonere overflatene i kaviteten. Fosforsyre, 37 % (pH 0,1 – 0,2), har vært foretrukket siden Buonocore gjorde sine første forsøk i 1955. Hensikten er å etse et relieff i overflaten på emaljen for å skape økt mulighet for *mikromekanisk låsning* mellom resin og tann. Etsedybden kan være 10-20  $\mu\text{m}$  og dentinoverflaten demineraliseres i like stor dybde. Dette skaper mulighet for *interpenetrasjon* av resin i øverste lag av det demineraliserte dentinet med kollagenfibre. Vi snakker om et *hybridlag* etter innleiring av resin. Dessuten åpnes dentintubuli for innflytting av resin som former såkalte *resin tags*. Man ønsker kortere etsetid av dentinet for å unngå å fjerne for mye mineraler og kollagematrikse som vil svekke hybridlaget. Det anbefales å etse i 15 sekunder og å starte med å legge etsegelen på emaljen i kaviteten. Man avslutter med å fylle hele kaviteten og lar dentinet etses 5 sekunder før all syre endelig skylles grundig bort. Boreslam og forurensninger, det såkalte smear layer, som senker overflatespenningen, fjernes. Syrebehandlingen vil i seg selv øke overflatespenningen. Fyllingsoverflater, keramer og metaller lar seg ikke etse på samme måte som tannstrukturene, men de renses for kontaminasjon og får dermed en viss økning i overflatespenningen. En så sterk syre som fosforsyre (pH 0,1-0,2) må skylles grundig bort. Man bør i prinsipp skylle like lenge som man har etset, ca. 10-15 sekunder er tilstrekkelig. Gjenværende syre kan være pulpairriterende og forårsake postoperativ hypersensitivitet. Etter skylling skal kaviteten blåses tørr.

*Andre steg er å påføre en primer.* Primer består hovedsakelig av amfifile funksjonelle monomerer som har både *hydrofile* og *hydrofobe* egenskaper. Primeren har lav overflatespenning slik at den har svært lett for å flyte utover den syreetsede og tørre overflaten. Den hydrofile egenskapen virker slik at monomeren også kan trenge inn i mikroskopiske åpninger i tannstrukturene og fyllingsoverflatene der det er fuktig, og fortrenge vannet. Hydroksyetylmetakrylat (HEMA) er den viktigste monomeren til dette formålet. Den har lav molekylvekt, er polar og trenger inn i trange og fuktige deler av kavitetsoverflaten. Fordi den er hydrofil, vil den tiltrekke seg vann over tid. Derfor må så mye som mulig av HEMA-overskuddet fjernes for å forhindre senere hydrolyse av esterbindinger, degradering av resin og redusert bindingsstyrke. HEMAs hydrofobe egenskaper gjør at den kan binde seg til andre hydrofobe monomerer i adhesivresinet som påføres etter at primeren er fjernet.

*Tredje steg er påføring av adhesiv* som består av hydrofobe monomerer (for eksempel TEGDMA, UDMA og Bis-GMA) og hos noen produkter, litt fillerpartikler. Resinet binder seg med monomere i primeren og danner så en kjemisk forbindelse både til primer og fyllingsmateriale. Slik sørger primeren for å dra resinet inn i mikrostrukturelle ujevnheter i overflaten, og den skaper en overgang til resinet i fyllingen. Resinet herdes nå med herdelampe som er tilpasset bondingsystem og kompositt.

### Hvilket bondingsystem anbefales?

Når man påfører først primer og senere adhesiv, er det en viss fare for å fange mikroskopiske luftbobler mellom væske og tannoverflate. Stress vil konsentreres til disse svake punktene, og ørsmå sprekker vil oppstå ut fra dem. Med tiden propagerer sprekken, og sluttresultatet er at tann og fylling separeres. Man kan forsøke å motvirke dette ved å gni primer og adhesiv inn i overflaten.

For sterk luftblåsing på adhesiv vil drive oksygen inn i materialet, noe som kan svekke herdingen og dermed forbindelsen. Dette skyldes fenomenet *oksygeninhibering*, altså at resin ikke herder på



grunn av oksygen i luften. Overskudd av adhesiv kan best fjernes med microbørster før lett luftblåsing.

Den beskrevne prosedyren med ulike preparater for de tre stegene kalles av mange for “*The golden standard*” når det gjelder bondingsystemer. Denne prosedyren virker godt og er veldokumentert (13, 14). Det er introdusert forenklinger både for å spare tid og å unngå teknikkrevende og kompliserte prosedyrer (se figur 4). I prinsippet er det betenkelig å blande flere kjemiske prosedyrer sammen. Stegene får ikke virke fullt ut tilfredsstillende hver for seg, og man registrerer at systemer hvor primer og adhesiv er sammen, gir dårligere holdbarhet på grunn av hydrolyse av esterbindinger fra primerdelen. Derimot har man hatt relativt gode resultater med de selvetsende to-steg-systemene. I stedet for å ha en separat etseprosedyre har man der valgt å tilsette sure monomerer i primeren (14). Man skiller mellom sterke ( $\text{pH} < 2$ ) og milde ( $\text{pH} > 2$ ) selvetsende systemer. De har evnen til å skape demineralisering i dentin og emalje. Sure monomerer etser seg inn i tannsubstansene samtidig som hydrofile monomerer følger med inn i de dypeste partiene. På den måten etses ikke mer substans ut av tennene enn det som fylles opp av monomerene. Man reduserer mulige “tomrom” under resinet som kan oppstå med ets-og-skyll-preparater. Tomrom kan med tre-stegsmetoden inneholde noe syrerester i starten, men det vil senere fylles opp av vann som fortynner og erstatter syren. Man snakker om nanogaps som kan fungere som vannreservoarer hvor det vil foregå hydrolyse av resin med degenerasjon og svekkelse av bondingfugen. Spesielt dentin er utsatt for dette. Sure primere i to-stegs selvetsende bondingsystemer fjerner ikke like mye mineraler fra dentinet, og det viser seg at hybridlaget blir bedre og sterkere ved bruk av selvetsende primer, spesielt milde typer der pH er ca. 2,7. Når det gjelder emaljen, synes det fortsatt å være slik at separat etsing gir best resultat. Ved selvetsing får man ikke på forhånd den økningen i overflatespenning som man får ved separat ets. Det kan imidlertid synes som de sure monomerene klarer å skape et riktig spenningsforhold mellom dentin og primer som er slik at wettingen blir tilstrekkelig. Noen velger å gjøre en *selektiv ets* av emaljen med

fosforsyre før to-steps selvetsende bonding, og på den måten kombineres de beste effektene av de to systemene (14).

Enkelte produsenter hevder nå at de har kommet et stykke videre med å kombinere de forskjellige stegene gjennom bedre forståelse av kjemien. Ved hjelp av nye monomertyper og små polymerer (polyakrylsyre) med hydrofile egenskaper, forsøker man å overkomme problemene forårsaket av mangelfull fordampning av hydrofile monomerer. De hydrofile polymerene er muligens mer hydrolytisk stabile enn HEMA, de kan hjelpe til å løfte collagenfibrene i lett demineralisert dentin og de binder seg også under ikke helt tørre forhold. En mild syre i primerdelen med pH 2,7 skal gi tilstrekkelig og samtidig skånsom etsing, og kunne bidra til en økt konverteringsgrad, dvs. øke mengden resin (også HEMA) som polymeriserer. Dette kan øke den hydrolytiske stabiliteten. Samtidig mener produsenten at de nye monomerene sammen med tilsetning av silaner skal kunne gi bedre binding til forskjellige substanser i tann og restaureringsmaterialer. Fortsatt vil man sannsynligvis ha en fordel av å etse emaljen separat med fosforsyre og skylle før påføring av alt-i-ettvæsken. Etsing av dentinet synes ikke indisert da det vil svekke hybridlaget. Etsing av restaureringsmaterialer i kavitetene vil bidra til å rengjøre disse overflatene samtidig som overflatespenningen påvirkes positivt. Da denne kombinasjonsmetoden er ganske ny, er det for tidlig å uttale seg om langtidsresultater og den hydrolytiske stabiliteten, men det kan ikke utelukkes at metoden kan være et steg videre på veien.

### Reparasjon av kompositt med kompositt

Som nevnt er det *ikke* sannsynlig å få en *kjemisk binding* mellom ny og gammel kompositt, da det ikke er tilstrekkelig med tilgjengelige funksjonelle monomerer igjen i gammel kompositt. For det første er det en viss passiv etterherding av kompositten som øker omsetningsgraden, og for det andre vil uherdet monomer (såkalt restmonomer) lekke ut av materialet. Videre er det vist at halveringstiden for de frie radikalene i kompositten er ca. to døgn ved 37 °C, noe

som gjør det usannsynlig at det er frie radikaler igjen etter dager eller uker (15). Gammel kompositt er dessuten mettet med vann, som gir lav overflatespenning, og således er forholdene ugunstig for wetting med resin. En rekke undersøkelser er gjort for å se på styrken i forbindelsen mellom gammel kompositt og ny kompositt (11,16). Man finner at skjærekraftstyrken (SBS) er ganske lik SBS til emalje og dentin i relativt fersk kompositt (<2 måneder), men når den gamle kompositten er mer enn et halvt år, er SBS redusert til under halvparten hvis man bruker bondingsystem, og til ca. 1/10 der man ikke bruker bonding (se tabell 1). Dette betyr at for det første bør man anvende bondingsystemer, og for det andre bør man sørge for å ha tilleggsretensjon for å avlaste bondingen, slik det er beskrevet under avsnittet om prepareringsteknikk.

**Tabell 1.** Resultater fra bindingsstudier som viser skjærstyrke mellom to prøvelegemer i komposittmaterialer (11). Til sammenlikning er vist resultater fra bindingsstudier av kompositt til emalje og dentin utført ved NIOM.

	24t	Termosykklet
Binding mellom kompositt (fra 11)		
Ny mot vannmettet med bonding	20-26 MPa	16-23 MPa
Ny mot vannmettet uten bonding	15-17 MPa	17 MPa
Ny mot gammel (6 mnd.) med bonding		9-13 MPa
Ny mot gammel (6 mnd.) uten bonding		3 MPa
Kompositt til dentin med bonding	2-24 MPa	5-20 MPa
Kompositt til emalje med bonding	6-20 MPa	6-17 MPa

### Reparasjon med glassionomersement (GIC)

GIC har lav abrasjonsresistens sammenliknet med kompositt og anvendes hovedsakelig der belastningen tillater det. Reparasjon av GIC er lite undersøkt, men enkelte resultater kan tyde på at ved bruk

av resinmodifisert GIC (RMGIC), kan man oppnå brukbar SBS mellom ny og gammel RMGIC (17). Dette kan skyldes mikromekanisk retensjon, men en kjemisk reaksjon mellom eksponert glass i gammel fylling med polyakrylsyre i den nye fyllingen er også antydnet.

Kompositt som bondes til gammel GIC viser tilsvarende SBS (ca. 10 MPa). Også her antydes både kjemisk og mikromekanisk retensjon. Forskjellige produkter har vist svært ulike resultater, og det er stor usikkerhet knyttet til dem, kanskje mest fordi studiene er utført på én til fem dager gamle fyllinger. Studier av reparasjon av gamle fyllinger viser at styrken i reparasjonsflaten reduseres vesentlig jo lenger den gamle fyllingen har vært i det orale miljø. Derfor er det, ut fra tilgjengelig kunnskap i dag, sannsynlig å anta at reparasjon av kompositt med GIC kun vil være basert på mikromekanisk retensjon. GIC bør derfor bare anvendes der de bittfysiologiske forhold tillater det.

### Reparasjon med kompomerer

Kompomerer er et resinbasert fyllingsmateriale som i sammensetning, styrke og abrasjonsresistens likner kompositt, men som har noen av GICs herdemekanismer og en mulig fluoravgivende egenskap. Den håndteres som kompositt med separate bondingsystemer, både ved primær fyllingsterapi og ved reparasjoner.

## Konklusjon

Reparasjon og utvidelse av fyllinger anbefales for å øke fyllingens levetid og for å spare tannsubstans der det er mulig. Forut for eventuell reparasjon og utvidelse må den enkelte fylling vurderes ut fra kariologiske og bittfysiologiske forhold. Ved stor belastning repareres med kompositt og eventuelt amalgam, og glassionomer kan brukes der estetikk og bittforhold tillater det. Preparering som øker makromekanisk retensjon og bruk av bondingsystemer for mikromekanisk retensjon, anbefales.

**LITTERATUR**

1. Setcos JC, Khosravi R, Wilson NH, Shen C, Yang M, Mjör IA. Repair or replacement of amalgam restorations: decisions at a USA and a UK dental school. *Oper Dent* 2004; 29: 392-7.
2. Moncada G, Martin J, Fernández E, Hempel MC, Mjör IA, Gordan VV. Sealing, refurbishment and repair of Class I and Class II defective restorations: a three-year clinical trial. *J Am Dent Assoc* 2009; 140: 425-32.
3. Fernández EM, Martin JA, Angel PA, Mjör IA, Gordan VV, Moncada GA. Survival rate of sealed, refurbished and repaired defective restorations: 4-year follow-up. *Braz Dent J* 2011; 22: 134-9.
4. Demarco FF, Corrêa MB, Cenci MS, Moraes RR, Opdam NJ. Longevity of posterior composite restorations: not only a matter of materials. *Dent Mater* 2012; 28: 87-101.
5. Opdam NJ, Bronkhorst EM, Loomans BA, Huysmans MC. 12-year survival of composite vs. amalgam restorations. *J Dent Res* 2010; 89: 1063-7
6. Rodrigues JS, Ferracane JL, Bona AD. Influence of surface treatments on the bond strength of repaired resin composite restorative materials. *Dent Mater* 2009; 25: 442-51.
7. Loomans BAC, Cardoso MV, Roeters FMJ, Opdam NJM, De Munck J, Huysmans MC, Van Meerbeek B. Is there one optimal repair technique for all composites? *Dent Mater* 2011; 27: 701-9.
8. Gordan VV, Riley JL 3rd, Blaser PK, Mondragon E, Garvan CW, Mjör IA. Alternative treatments to replacement of defective amalgam restorations: results of a seven-year clinical study. *J Am Dent Assoc* 2011; 142: 842-9.
9. Ozcan M, Schoonbeek G, Gökçe B, Cömlekoglu E, Dündar M. Bond strength comparison of amalgam repair protocols using resin composite in situations with and without dentin exposure. *Oper Dent* 2010; 35: 655-62.
10. Ozcan M, Koolman C, Aladag A, Dündar M. Effects of different surface conditioning methods on the bond strength of composite resin to amalgam. *Oper Dent* 2011; 36: 318-25.
11. Staxrud F, Dahl JE. Role of bonding agents in the repair of composite resin restorations. *Eur J Oral Sci* 2011; 119: 316-322.

12. Dahl JE. *Nytt om bonding. I: Holmstrup P (red.). Odontologi 2011, Munksgaard Danmark; København 2011.*
13. De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A, Lambrechts P, Braem M, Van Meerbeek B. A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. *J Dent Res* 2005; 84: 118-32.
14. Van Meerbeek B, Peumans M, Poitevin A, Mine A, Van Ende A, Neves A, De Munck J. Relationship between bond-strength tests and clinical outcomes. *Dent Mater* 2010; 26: e100-21.
15. Burtscher P. Stability of radicals in cured composite materials. *Dent Mater* 1993; 9: 218-21.
16. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin composite materials. *Dent Mater* 2011; 27: e20-7.
17. Maneenut C, Sakoolnamarka R, Tyas MJ. The repair potential of resin-modified glass-ionomer cements. *Dent Mater* 2010; 26: 659-65.