

Jaro Pleva, Geir Bjørklund:

Kvikksølveksponering fra dentalt amalgam - Et materialspørsmål

Eksponeringen av tannpasienter for kvikksølv fra amalgamfyllinger forårsakes først og fremst av amalgamets materialeegenskaper, dvs. dets korrosjon, abrasjon og aldring. Materialtekniske undersøkelser viser at kvikksølveksponeringen hos en stor befolkningsgruppe ligger 5-10 ganger høyere enn den eksisterende grenseverdien. Meget høy kvikksølvfrigivelse har også blitt bekreftet i dyreforsøk. Det er behov for å revurdere de offisielle opplysninger om "ubetydelig" eksponering. Det er viktig å unngå galvanisk kobling mellom amalgam og gull. På bakgrunn av den høye eksponeringen bør en mulig forbindelse mellom amalgam og helseproblemer av neurologisk, immunologisk og endokrinologisk art omvurderes.

Dentalt amalgam utgjorde tidligere ca. 75% av alle lagte tannfyllinger (1). Anvendelsen av amalgam har de siste år sunket noe. Dentalt amalgam består av et metallpulver (så kalt alloy), som blandes i tilnærmet samme forhold med metallisk kvikksølv. Sammensetningen av amalgamer varierer, og det finnes i dag et 100-talls ulike alloy på

det nordiske markedet. Det mest anvendte konvensjonelle sølvamalgam består av ca. 50 vektprosent kvikksølv (Hg), 35% sølv (Ag), 10% tinn (Sn), ulike mengder kobber (Cu) og sink (Zn). Avhengig av fremstillingsmåte kan Hg-innholdet variere mellom 42% og 60%; ved henholdsvis tørr og våt teknikk.

I sølvamalgamer dannes i hovedsak de tre metallurgiske fasene gamma-1 (Ag + Hg), gamma-2 (Sn + Hg) og gamma (rester av alloyet: Ag + Sn). I moderne kobberrike amalgamer (non-gamma-2) er kobbermengden sterkt øket for å eliminere den mest korrosjons utsatte fasen gamma-2. Dette var et skritt tilbake mot de kobberbaserte amalgamer, man sluttet å anvende på grunn av deres raske nedbrytning.

Strukturelle forandringer

Faglitteraturen viser at de intermetalliske faser som dannes ved størkning hos amalgamer ikke har en enhetlig kjemisk sammensetning, ettersom reaksjonen $\text{gamma-fase} + \text{Hg} = \text{gamma-1} + \text{gamma-2}$ ikke forløper støkiometrisk. Begge sammensetninger og andelen av strukturfasene i en fylling varierer avhengig av hele blandingens sammensetning, partikkelens størrelse og form, blandingstid og den

enkelte tannleges innleggingsteknikk. Overskudd av Hg presses i blant mer eller mindre ut, delvis før ileggingen, og delvis ved kondenseringen i tannkaviteten. Det ukontrollerte resultatet illustreres av de ulike kjemiske formler som rapporteres for de Hg-holdige fasene (tab 1).

Tabell 1. Rapporterte kjemiske formler for de Hg-holdige fasene gamma-1 og gamma-2 i amalgamer

gamma-1	gamma-2
Ag ₂₂ SnHg ₂₇	Sn ₇ Hg
Ag ₄ Hg ₅	Sn ₈ Hg
Ag ₃ Hg ₄	
Ag ₁₁ Hg ₁₅	
Ag ₂ Hg ₃	
Ag ₅ Hg ₈	

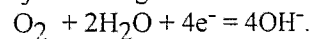
Den opprinnelige kvikksølvmengden i fersk gamma-1 ligger i henhold til disse formler mellom 68,4 og 74,8 vektprosent, og i gamma-2 mellom 17,4 og 19,4%. Under in-vivo service forandres disse faser når de eldes. Fra gamma-1 dannes en ny fase, kalt beta-1, AgHg. Denne inneholder 64,9% kvikksølv. Den avtakende Hg-mengde i fyllingen hovedsaklige bestanddel gamma-1 er en partiell forklaring til den observerte frigivelsen av kvikksølv, uten at noe større materialtap kan observeres. Betydningen av transformasjonen fra gamma-1 til beta-1 for frigivelsen av kvikksølv blir åpenbar ved antakelsen om at det totalt

omdannes et gram av gamma-1 til beta-1 på ti år, etter reaksjonslikningen: $\text{Ag}_2\text{Hg}_3 = 2\text{AgHg} + \text{Hg}$. Fasens Hg-mengde synker da med ca. 8%. Ved 70% av gamma-1-fase i fyllingen blir frigivelsen fra et gram amalgam 171000 µg Hg, dvs. 47 µg Hg per døgn. Denne verdien ligger 50% over den svenske grenseverdien for Hg-inntaket via føden, uten at frigivelsen fra korrosjon og slitasje er medtatt. Den vitenskapelige dokumentasjonen viser altså at dentalt amalgam er et meget ustabil materiale, som hele tiden forandres. Man kan ikke definere eller kontrollere den initiale sammensetning og struktur hos en lagt fylling. Dette gjør at fyllingens egenskaper og effekter (f.eks. mengden frigitt Hg) blir tilfeldig og ikke kan forutsies.

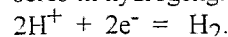
Korrosjon

Korrosjon kommer av det latinske ordet *corrodere*, som betyr å gnage i stykker. Med korrosjon menes som oftest et substans tap av metaller basert på en elektrokjemisk prosess.

Korrosjon av metaller deles inn i to delreaksjoner: - en anodisk, som er metallens oppløsning, etter reaksjonslikningen: $\text{Me}(s) = \text{Me}^{n+} + n\text{e}^-$ der n er antall utvekslede elektroner e^- ; - en katodisk, hvor de frigjorte elektronene forbrukes. Oftest er det en reduksjon av oksygen etter reaksjonslikningen:



I surt miljø kan hydrogenioner reduseres til hydrogengass:



De anodiske og katodiske reaksjonene foregår samtidig, men kan foregå på fysikalsk og geometrisk avgrensede områder. Inndelingen av korrosjonsprosessen i to delreaksjoner har en fysikalsk mening og dette kan demonstreres gjennom kobling av ren sink til platina i utspedd svovelsyre.

Det minst edle metallet sink kommer da til å løse seg opp (korrodere), mens den katodiske hydrogengassutviklingen kan observeres på platina. I dette tilfellet dreier det seg om så kalt galvanisk eller bimetallkorrosjon, som inntreffer da to ulike metaller forekommer i en elektrolytt i direkte metallisk kontakt med hverandre. En inndeling i små anodiske og katodiske områder forekommer også hos en og samme legering (f.eks. amalgamer), hvor det finnes mikroskopiske faser med ulik sammensetning.

En annen type korrosjonsceller kan dannes på ett og samme metallstykke. Flater med tilgang på oksygen fungerer som katoder, mens oksygenfattige flater fungerer som anoder. Metallstykket korroderer dermed på de oksygenfattige flatene. Det vanligste forekommende eksemplet på denne mekanismen er spaltekorrosjon, som kan angripe metaller som rustfritt stål, aluminium eller dentalt amalgam (2). Fraværet av oksygen, og inndelingen i korrosjonsprodukter (metallioner, og visse andre ioner), gjør denne korrosjonstypen meget aggressiv. Hos amalgamer har det blitt rapportert så lave pH-verdier for spalte-elektrolytten som to.

Korrosjon av dentalt amalgam

Et hvert spørsmål angående et materials korrosjonsegenskap må ta hensyn til både materialet, det korrosive miljøet og andre faktorer. Metallens geometriske utforming er viktig. Spalter bruker å forekomme i alle praktiske sammenheng og er oftest umulige å unngå helt. Amalgamfyllinger i tennene er intet unntak. At amalgam av alle hittil kjente sorter korroderer er velkjent. Mange har sikkert observert at fyllinger som løsner og periodisk må byttes ut mot nye, er svarte på flatene som vender mot tannen. Det er korrosjon som er årsaken til dette. Det kan dannes utrivelige spalter ved fyllingenes kant, og fyllingen blir sprø av korrosjonen og løsner. I visse tilfeller forsegles spalten med voluminøse korrosjonsprodukter, og tannen sprekker på grunn av trykkstigning. En parallell til denne skademekanismen er rustdannelse på armeringsjern i betong, som sprekker betongkonstruksjoner. Det er viktig å observere at metaller ved korrosjon går i løsning som positivt ladete ioner (kationer) og ikke som nøytrale atomer. Derimot forblir kvikksølv ved amalgamkorrosjon hovedsaklig i form av nøytrale Hg^0 -atomer, som fordampes og diffunderer inn i kroppsvæv i form av kvikksølv damp.

Biologiske filmer, som visse tannlegeekspertene påstår beskytter metaller i munnen fra korrosjon, har åpenbart ingen beskyttende effekt, ettersom korrosjonsangrepene er et vedtatt klinisk faktum. Tvert imot antyder elektronmikroskopiske observasjoner, at plaque-belagte steder på amalgam-

fyllinger in vivo blir mere utsatt for korrosjonsangrep. Biologisk induisert korrosjon er velkjent også fra andre sammenhenger.

Under nedtæringen i munnhulen dannes et lag av ulike korrosjonsprodukter, hovedsaklig tinnforbindelser (3). Belegget beskytter amalgamfyllingene mot korrosjonsangrep under statiske betingelser, men kan lett slites bort ved tygging eller ved vanlig tannbørsting (3). Man vil dermed få en øket kvikksølveksponering. Ved korrosjon av amalgamer frigjøres foruten kvikksølv, også kobber, sølv, sink og tinn (3). Tinn og sølv løses ut i ioneform, mens kvikksølv hovedsaklig avgis som metallisk kvikksølv, som delvis fordampes. Amalgamet omvandles gradvis til korrosjonsprodukter uten kvikksølv.

Polarisasjonskurver

Polarisasjonskurver er et meget viktig hjelpemiddel ved studier av korrosjonsprosesser. Den registrerer forholdet mellom den elektrokjemiske potensialen hos prøven i en løsning, og den elektriske strømmen, som er proporsjonal med korrosjonshastigheten. Fra den oppmålte strømmen kan mengden oppløst metall beregnes etter Faradays lov. Strømmen av 1 μA tilsvarer ca. 67 μg frigitt kvikksølv. Marek (4) har in vitro målt strømtettheter mellom 2 og 4,8 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ uten abrasjon, og 11-130 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ med lett abrasjon.

Initialstrømmen ved kobling til gull kan nå 600 - 1800 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, men synker innen en time til ca. en femtedel. Forskningsdata (2, 5) viser at det

fra en fersk amalgamflate normalt frigis flere hundre mikrogram Hg. Resultatene stemmer godt med utførte forsøk på sauer, som med 12 ferske fyllinger hadde en daglig Hg-konsentrasjon i feces på omkring 9000 μg , en måned etter innleggingen (6). Polarisasjonskurvene viser at en galvanisk (direkte metallisk) kobling av amalgam til en gullrestaurasjon kan øke amalgamets korrosjonshastighet med mer enn ti ganger.

Abrasjon

Ved siden av korrosjon og strukturforandringer er slitasje den tredje viktige faktor for frigivelse av Hg fra tannamalgam. I og med at abrasjon øker korrosjonshastigheten (4) finnes det her synergieffekter.

DeLong (7) har vist at selv tørr abrasjon er en betydelig eksponeringskilde. Han fant i korrelasjon til kliniske observasjoner en slitasje på 65 μm per år i kontaktpunkter mellom tannemalje og amalgam. For en total kontaktflate på 1 cm^2 betyr det en årlig frigivelse av 37000 μg Hg, eller 101 μg Hg daglig.

Fenomenet oral galvanisme

Begrepet oral galvanisme kan på norsk oversettes til "tannstrøm". Ved tannbehandling med dentale erstatningsmaterialer som inneholder metaller dannes elektrisk strøm. Vedvarende metallsmak kan oppstå som en følge av kontakt mellom ulike metaller i munnen, f.eks. amalgam og gull (8). Korrosjonen av dentale amalgamer er proporsjonal med tannstrømmen (10).

De farligste orale galvaniske elementer er rotfyllinger med forgylte messingstifter med amalgam og gullkroner over, samt alle kontakter mellom amalgamfyllinger og gullrestorasjoner. Slike celler kan ofte ved innsetning ha en strømstyrke på opptil 300 μA , og etter stabilisering 20-30 μA (10).

Oral galvanisme likestilles altså med oral galvanisk korrosjon og leder til en økning av kvikksølveksponeringen. For å unngå misforståelser anbefalte den svenske LEK-utredningen (9) at begrepet kun burde anvendes for å beskrive det elektrokjemiske fenomenet i forbindelse med dannelse av galvaniske strømmer, og de direkte følelses- og smaks- opplevelser dette kan medføre.

Det offisielle synet på amalgam

Offisielle myndigheter har ansett amalgam som et tilnærmet stabilt fyllingsmateriale, som kun frigir ubetydelige mengder kvikksølv (9). Et av arbeidene som det ofte har blitt vist til er den tyske publikasjonen av Mayer og Diehl (11). Forskerne har i en tett beholder hengt opp en bit fersk amalgam i destilert vann, og med jevne mellomrom analysert kvikksølvmengden i vannet. Ettersom løsligheten for metallisk kvikksølv i vann er liten, gir forsøket lave verdier. En slik undersøkelse har lite med virkeligheten å gjøre. Det finnes en rekke faktorer i munnhulen (tab 2) man ikke har tatt hensyn til. Egentlig rekker det med fravær av oksygen for å effektivt stoppe all korrosjon.

Tabell 2. Faktorer i munnhulen som virker inn på kvikksølveksponeringen fra amalgamfyllinger

Lokale	Materialtekniske
Oksygen	Spalter
Salt	Galvaniske kontakter
Syrer/pH-verdi	Abrasjon
Temperaturvariasjoner	Trykk
Bakterier	Strømningshastighet (flow rate)

Den offisielle pro-amalgam posisjonen er oppbygd på ovenstående og liknende feilaktige og inkompetente påstander. Fra opponenter kreves imidlertid fullstendig vitenskaplig bevis om eksponeringsnivå og kvikksølvs skadelighet. Risikoene med amalgam har blitt ansett som så små at man ikke en gang har brydd seg om å undersøke dem. Dette kan nærmest kalles for tro, men ikke for vitenskap.

Grenseverdier

En jevnførelse mellom ulike typer av grenseverdier gis i tabell 3. Helseeffekter hos visse individer i befolkningen observeres ved Hg-eksponeringer i størrelsen 5 - 30 μg per døgn. De fremsatte data fra materialundersøkelser viser at eksponeringer i størrelsen 100 - 500 μg Hg/døgn er vanlige hos amalgambærere. Eksponeringen har en topp ved utboringer, sliping, polering eller etter innlegging av ferske fyllinger. En gjennomsnittlig

eldre sølvamalgamfylling frigjør normalt 10 - 20 µg Hg per døgn (2).

Tbell 3. Eksempler på grenseverdier for kvikksølv i luft og føde (18).

Yrkeseksponering 8 h/døgn	Grenseverdi µg Hg/m ³	Beregnet eksponering µg Hg/døgn
Tyskland	100	540
Sverige	50	270
WHO	25	135
Tidligere sovjet	10	54
Allmenn befolkning 24 h/døgn		
EPA, USA	1,0	16,2
Tidligere sovjet	0,3	4,8
Eksposering fra føden		
Sverige	30 µg/døgn	30

Det er av naturlige årsaker ikke riktig å jevnføre tannpasienter med yrkeseksponerte arbeidere. Pasientene står ikke under regelmessig legekontroll og det taes ingen hensyn til barn,

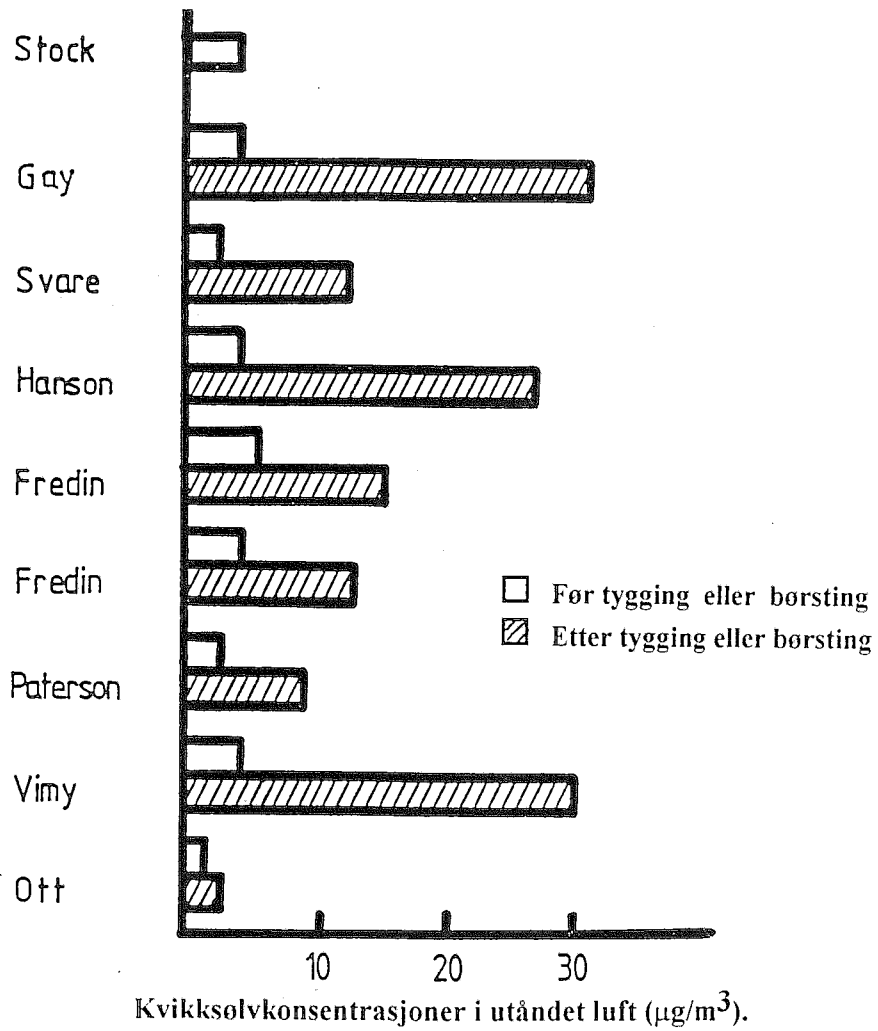
eldre, kronisk syke, gravide og til individuell følsomhet. I kloralkaliindustrien beskyttes dessuten arbeidere gjennom at luftens klogass oksiderer Hg-dampen til kalomel (12), som dels felles ut, og dels taes opp av kroppen i betydelig mindre grad enn kvikksølv-dampen. Den store forskjellene i de yrkeshygieniske grenseverdiene, er et uttrykk for den usikkerhet som råder om kvikksølvets lavdose-effekter. Den toksikologiske litteraturen tyder på at det ikke finnes noe null-effekt-nivå for kvikksølv, hvor det i individuelle tilfeller ikke kan oppstå skadelige effekter (13, 14). Det finnes kun en grenseverdi som er basert på studier av kvikksølvets effekter på den allmenne populasjon, og ikke begrenset til en 40-timers arbeidsuke. Det er den amerikanske verdien National Emission Standard fra EPA (Environmental Protection Agency), som fastsetter grensen for kvikksølv-damp som farlig luftforurensning til 1 µg Hg/m³.

Kvikksølvnivåer i munnhulen

Ved belastning av amalgamer har man registrert høye kvikksølvnivåer i munnhulen; tygging, inntak av varm mat og drikke, tannpussing m.m. Figur 1 viser resultater fra ulike forskergrupper for gjennomsnittsverdier av kvikksølv-damp i utåndingsluften hos amalgambærere.

Det frigitte kvikksølv fra amalgamfyllinger taes opp delvis som damp i lunger og på slimhinner, nedsvelt i mage-tarm-kanalen, samt direkte gjennom tannen og omkring-

Figur 1. Kvikksølvvdamp i luften som utåndes.
Gjennomsnittsverdier fra publiserte studier.



liggende vev. Omkring 80% av Hg-dampen taes opp i blodet. Mengdene i feces er også en viktig indikator for eksponeringsnivået, men her finnes det kun et begrenset antall målinger. Målinger i urin og blod er derimot en upålitelig indikator, særlig ved kronisk eksponering.

Fordampningen av kvikksølv fra amalgamfyllinger har vært kjent lenge. Alfred Stock (15) målte på 1920-tallet en kvikksølvavgang på 2000 µg Hg per døgn fra en flere år gammel fylling i vakum. I hviletilstand ble det notert Hg-mengder i luften på opp til 4 µg/m³. Lignende sifre for tygging ble målt i 1979 ved tannlegehøyskolen i Iowa, USA (16). Etter tygging steg frigivelsen av Hg til 12 - 49 µg/m³. Nyere fyllinger gav høyere verdier enn gamle, og etter to år var fordampningen omtrent en fjerdedel av initialverdien. En undersøkelse av 40 personer ble publisert i 1981 av Svare og medarbeidere (17), og viste at alle amalgambærere hadde Hg i luften de pustet ut. Etter tygging eller tannbørsting steg Hg-mengdene kraftig (fig 1). Den totale Hg-eksponeringen er imidlertid betydelig større enn mengden Hg-damp som kan måles i luften som utåndes.

Vurdering og konklusjon

Den gjennomsnittlige daglige kvikksølveksponering fra amalgamfyllinger kan beregnes utfra undersøkelser av gamle fyllinger med kjent alder. En konservativ oppfattelse viser at en gjennomsnittlig eldre fylling avgir omkring 10 - 20 µg Hg per døgn fra en kvadratcentimeter stor amalgam-

flate. Dette tilsvarer en daglig kvikksølvdose på 100 - 200 µg Hg/døgn for pasienter med ti amalgamfyllinger. Kontakt mellom gull og amalgam øker kvikksølvfrigivelsen vesentlig. Årsaken til at kvikksølv frigis er korrosjon, abrasjon og forandringer ved at amalgamets metallurgiske struktur eldes.

Omregning av in-vitro oppmålte korrosjonsstrømmer etter Faraday's lov gir betydelig høyere totale eksponeringer i størrelsesorden flere tusen mikrogram Hg/døgn. Årsaken er den betydelig høyere Hg-frigivelsen fra ferske amalgamfyllinger, som oftest anvendes i laboratorieforsøk.

Ovennevnte eksponeringssifre bør jevnføres med maksimale anbefalte verdier for Hg-eksponering i størrelsesorden 5 - 30 µg per døgn. Den høye frigivelsen har i dyreforsøk blitt beregnet med radioaktivt merket kvikksølv.

Den alvorlige konsekvensen av dette materialspørsmål er at store befolkningsgrupper ukontrollert eksponeres for potensielt toksiske kvikksølvnivåer.

På bakgrunn av de høye eksponeringsverdier, og i kontrast til den anekdotiske og trobasserte offisielle oppfattelse av "ubetydelig eksponering" burde den dentale statusen betraktes ved alle helseproblemer, syndrom og sykdommer av ukjent etiologi, som i henhold til kjente kunnskaper kan opptre ved kvikksølvpåvirkning. En rik flora av neurologiske, immunologiske og endokrine forstyrrelser tilhører denne sykdomsgruppe. Ettersom de fleste i dag er amalgambærere og det er mangel av påvirk-

ede standardgrupper, er bedømmingen av årsakssammenhenger vanskelig.

Det er funnet et statistisk signifikant forhold mellom kvikksølvkonsentrasjonene i hjernen hos amalgambærere i relasjon til antall amalgamfyllinger (19). Kvikksølv fra amalgamfyllinger passerer raskt og direkte inn i kroppsvev, inkludert fosterets vev, hvor det bygger seg opp med tiden (6). Kvikksølv damp passerer blod-hjerne-barrieren og placenta. Helsedirektoratet frarådet derfor omfattende amalgamterapi under graviditet, på grunn av risiko for foster-skader. Morsmelk inneholder mye høyere nivåer av kvikksølv frigitt fra dentalt amalgam enn kvinnens blod (20).

Felterfaringer med denne pasientgruppe viser en meget høy andel av helsebedringer når det gjelder symptomer som ledd- og muskelverk, hodepine, neurasteni, psykiske problemer, hjerte- og karsykdommer, hørselsforstyrrelser, balanseproblemer, synsforstyrrelser, kronisk tretthet, infeksjoner, mage- og menstruasjonsproblemer, nyreplager, hudforandringer og tannløsning.

Mistanker om sammenheng mellom innførselen av amalgam omkring 1820 og et antall syndromer (5) bør undersøkes nærmere. Flere undersøkelser viser bl.a. at kvikksølv kan være en medvirkende årsak i utviklingen av Alzheimers sykdom (21). Toksiske reaksjoner av kvikksølv fra amalgamfyllinger er veldokumentert i litteraturen (22).

Ved de høye kostnader som resultatløse behandlinger av sykdommer

forårsaket av dentalt amalgam medfører, fremstår kostnadene for amalgamsanering som små. Feltefaringer viser at i termer av livstids kostnader (Life Cycle Cost, LCC, hvor alle kostnader taes med som anvendelsen av et materiale medfører) kan amalgam ha vært det samfunnsøkonomisk dyreste tannfyllingsmateriale.

Adresser:

Dr.rer.nat. Jaro Pleva
Lakheden 20
S-68392 Hagfors
Sverige

Geir Bjørklund
Toften 24
N-8610 Grubhei
Norge

Litteratur

1. Bauer JG, Fürst HA. The toxicity of mercury in dental amalgam. *California Dent J* 1982; 47-61.
2. Pleva J. Corrosion and mercury release from dental amalgams. *J Orthomol Med* 1989; 4: 141-58.
3. Brune D. Kvikksølvbelastning fra amalgamfyllinger. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1987; 107: 444-6.
4. Marek M. Acceleration of corrosion of dental amalgams by abrasion. *J Dent Res* 1984; 63: 1010-13.
5. Pleva J. Mercury from dental amalgams: exposure and effects. *Int J Risk & Safety Med* 1991; 3: 1-22.
6. Hahn LJ, Kloiber R, Vimy MJ, Takahashi Y, Lorscheider FL. Dental "silver" fillings: a source of mercury exposure revealed by whole-body image scan and tissue analysis. *FASEB J* 1989; 3: 2641-6.

7. DeLong R, Sakaguchi LR, Douglas WH, Pintado MR. The wear of dental amalgam in an artificial mouth: a clinical correlation. *Dent Mat* 1985; 1: 238-42.
8. Störtebecker P. Kvicksilverförgiftning från tandamalgam. Täby: Störtebecker Foundation for Research, 1986.
9. LEK-utredningen. Kvicksilver/amalgam hälsorisker. Socialstyrelsen redovisar 1987; 10. Stockholm: Socialstyrelsen, 1987.
10. von Fraunhofer JA, Staheli PJ. Gold-amalgam galvanic cells. The measurement of corrosion currents. *Brit Dent J* 1972; 132: 357.
11. Mayer R, Diehl W. Abgabe von Quecksilber aus Amalgamfüllungen in den Speichel. *Dt Zahnärztl Z* 1976; 31: 855-9.
12. Viola PL, Cassano GB. The effect of chlorine on mercury vapor intoxication. Autoradiographic study. *Med Lavoro* 1968; 59: 437-44.
13. World Health Organization, IPCS. Environmental Health Criteria 118: Inorganic Mercury. Geneva: WHO, 1991.
14. Trachtenberg IM. Chronic Effects of Mercury on Organisms. Translation from Russian. U.S. Dept of Health, Education and Welfare. DHEW Publ. 74-473, 1974.
15. Stock A. Die Gefährlichkeit des Quecksilberdampfes. *Z Angew Chemie* 1926; 39: 461-88.
16. Gay DD, Cox RD, Reinhardt JW. Chewing releases mercury from fillings. *Lancet* 1979; 1: 985-6.
17. Svare CW, Peterson LC, Reinhardt JW, Boyer DB, Frank CW, Gay DD, Cox RD. The effect of dental amalgams on mercury levels in expired air. *J Dent Res* 1981; 60: 1668-71.
18. Hanson M, Pleva J. The dental amalgam issue. A review. *Experientia* 1991; 47: 9-22.
19. Friberg L, Kullman L, Lind B, Nylander M. Kvicksilver i centrala nervsystemet i relation till amalgamfyllningar. *Läkartidningen* 1986; 83: 519-22.
20. Vimy MJ, Takahashi Y, Lorscheider FL. Maternal-fetal distribution of mercury (203 Hg) released from dental amalgam fillings. *Am J Physiology* 1990; 258: R939-45.
21. Bjørklund G. Mercury as a potential source for the etiology of Alzheimer's disease. *Trace elements in medicine* 1991; 8: 208.
22. Shafer WG (Ed). A textbook of oral pathology. Philadelphia: WB Saunders Co, 1973.

English summary

Pleva J, Bjørklund G. Mercury exposure from dental amalgams.

Exposure of dental patients to mercury from amalgam fillings is basically caused by the material properties of amalgam, i.e. mainly by its corrosion, abrasion and ageing. Material investigations of fillings show, that the exposure levels for a large population group is 5-10 times higher compared to existing limit values. In animal experiments, very high mercury release supports the conclusion, that dental amalgam is a serious health risk. It is vital to avoid oral amalgam - gold galvanic cells. In the light of the high exposure levels, the possible role of dental mercury in etiology of neurological, immunological and endocrinological health disturbances should be reevaluated.