Caries og drikkevandets kvalitet

Drikkevandskvaliteten har stor betydning for forekomsten af caries blandt 15 årige skolebørn, også selv om de bruger fluoridholdigt tandpasta. Ud over den kendte effekt af fluorid har vi vist, at calcium også har en væsentlig betydning. Begge ioner forebygger caries. Denne viden har væsentlig sundhedsmæssig betydning i forhold til en generel kvalitetsbedømmelse af drikkevandet samt brug af blødgjort vand, afsaltet vand og regnvand til vandforsyning.

Erik Arvin
Allan Bardow
Maja Bruvo
Martin Rygaard
Henrik Spliid

Det har været kendt i ca. 70 år, at drikkevandets indhold af fluorid beskytter mod udvikling af caries, /4/ og /7/. Emnet blev første gang præsenteret ved Dansk Vandteknisk Forenings årsmøde i 1958, hvor professor i odontologi ved Danmarks Tandlægehøjskole Poul Pedersen fortalte om fluorids virkning. Siden da, dvs. de sidste 52 år, er der ikke sket noget i forhold til drikkevandsfluoridering i Danmark. Dette på trods af, at caries nogle steder er et væsentligt problem, også selv om der anvendes fluoridholdigt tandpasta.

Denne artikel præsenterer resultaterne af et studie udført af Tandlægehøjskolen ved Københavns Universitet og Danmarks Tekniske Universitet om sammenhængen mellem dental caries hos børn og unge og drikkevandskvaliteten i Danmark, /3/. Resultaterne bruges til at diskutere konsekvenserne af forskellige vandbehandlingsmetoder, der påvirker vandets hårdhed og fluoridindhold, nemlig blødgøring samt afsaltning af brakvand og havvand. Endvidere præsenterer artiklen et eksempel på de økonomiske konsekvenser af at ændre drikkevandets sammensætning mht. calcium og fluorid. Endelig diskuteres hvordan borgerne kan beskytte deres tænder, hvis det lokale drikkevand har et for lavt indhold af fluorid og calcium.

Hvad er caries

Caries (huller i tænderne) er den mest almindelige sygdom i tændernes hårde væv. Sygdommen opstår som følge af en bakterieinduceret kemisk opløsning af tandsubstansens uorganiske komponent. I tandbelægningerne (plak) kan orale bakterier omdanne kulhydrater til organiske syrer. Ved langvarig mangelfuld mundhygiejne i kombination med hyppig indtagelse af kulhydrater kan syrepåvirkningen overstige den reparerende effekt som spyt, drikkevand og mundplejeprodukter tilfører tandoverfladen, hvorved slutresultatet bliver dannelse af huller i tænderne.

Der findes forskellige metoder til måling af cariesforekomsten. En af de internationalt mest brugte metoder til klinisk måling af cariesforekomsten er bestemmelse af parameteren DMF-S. DMF-S står for "Decayed", "Missing" og "Filled" "Surfaces", altså nedbrudte, mistede og fyldte (plomberede) tandoverflader. Dette er illustreret i figur 1.

Caries afhænger af vandets fluoridkoncentration

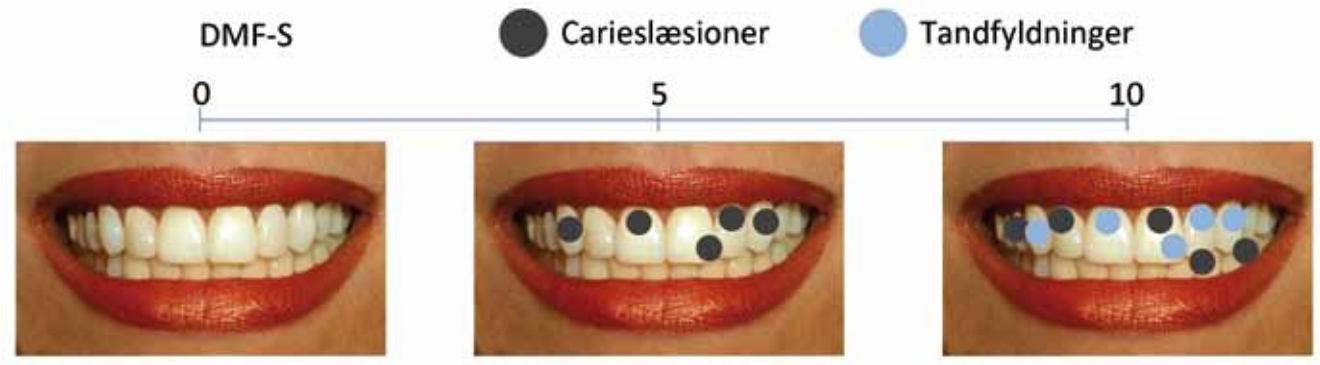
Fluorid, der er en naturlig komponent i drikkevand, er et problem både ved for høj og for lav koncentration. En del steder i verden er der så høje fluoridkoncentrationer, f.eks. 5-10 mg/l at tænder brunfarves (dental fluorose) og knogler misdannes, /6/. Lave fluoridkoncentrationer er også et problem, f.eks. < 0,1 mg/l, fordi dette i væsentlig udstrækning fremmer caries. WHO og EU foreskriver en maksimal koncentration på 1,5 mg/l. Men der findes ingen nedre grænse!

Koncentrationen af fluorid i dansk grundvand varierer meget, som det fremgår af figur 2. I Vestjylland og nogle steder i Nordjylland forekommer koncentrationer på ca. 0,1 mg/l, mens der f.eks. på Sydsjælland og på Bornholm forekommer koncentrationer på mere end 1 mg/l. Den geologiske og geokemiske baggrund herfor er forklaret af /1/.

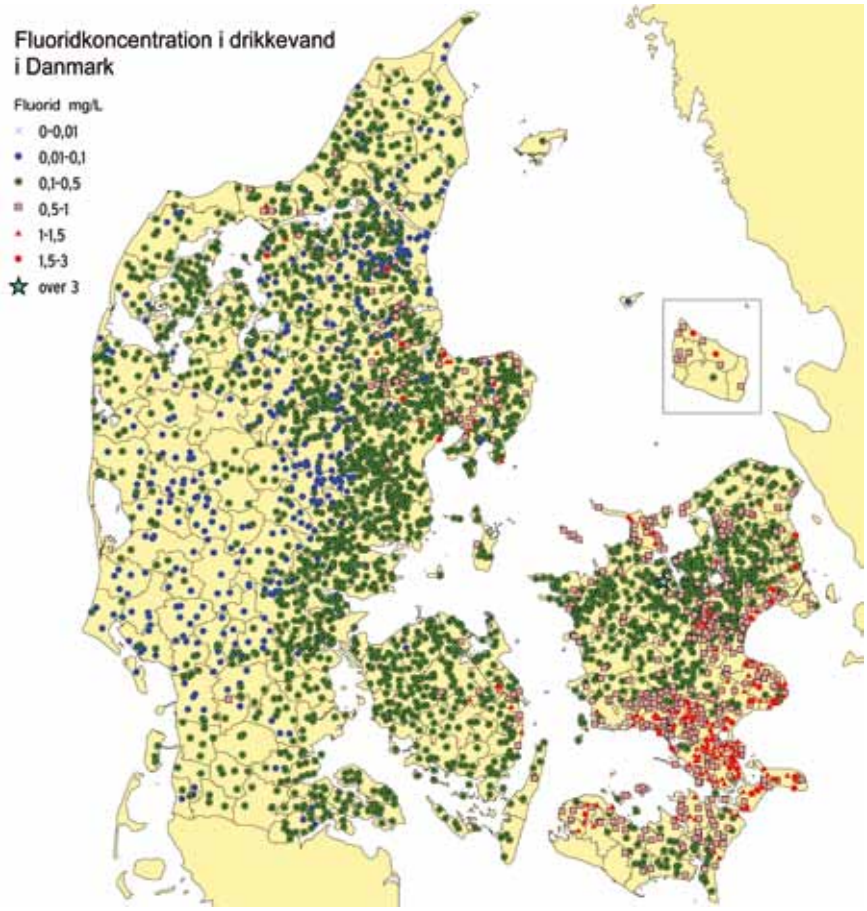
Forekomsten af caries hos 52.057 børn og unge i Danmark har tidligere været kortlagt af /5/. Det viste sig, at forekomsten af caries varier meget, som det fremgår af figur 3. Især i Vestjylland og Nordjylland er forekomsten af caries høj, med 5 eller flere afficerede tandflader, hvorimod der f.eks. på Sydsjælland, ved Køge Bugt og på Bornholm kun gennemsnitligt findes 1 til 2 afficerede flader hos 15-årige skolebørn. I /5/ fandt man, at forskellen i væsentlig grad kan forklares ved forskellene i drikkevandets fluoridkoncentration.

Kunne der være en anden forklaring?

Baggrunden for yderligere at undersøge sammenhængen mellem caries og drikkevandskvalitet var en formodning hos forfatterne



Figur 1. *Illustration af caries målt som DMF-S.*



Figur 2. *Fluorid i dansk drikkevand.*

om, at andre stoffer i drikkevandet end fluorid kunne påvirke udbredelsen af caries. Derfor blev de tidligere cariesdata for de 52.057 børn og unge koblet til 22 vandkvalitetsparametre, der normalt bruges til at karakterisere drikkevandskvaliteten. Der blev udført en statistisk undersøgelse ved hjælp af programmet R til identifikation af de betydningsfulde stoffer i drikkevandet og efterfølgende til kvantificering af deres effekt på caries.

Calcium har også en effekt

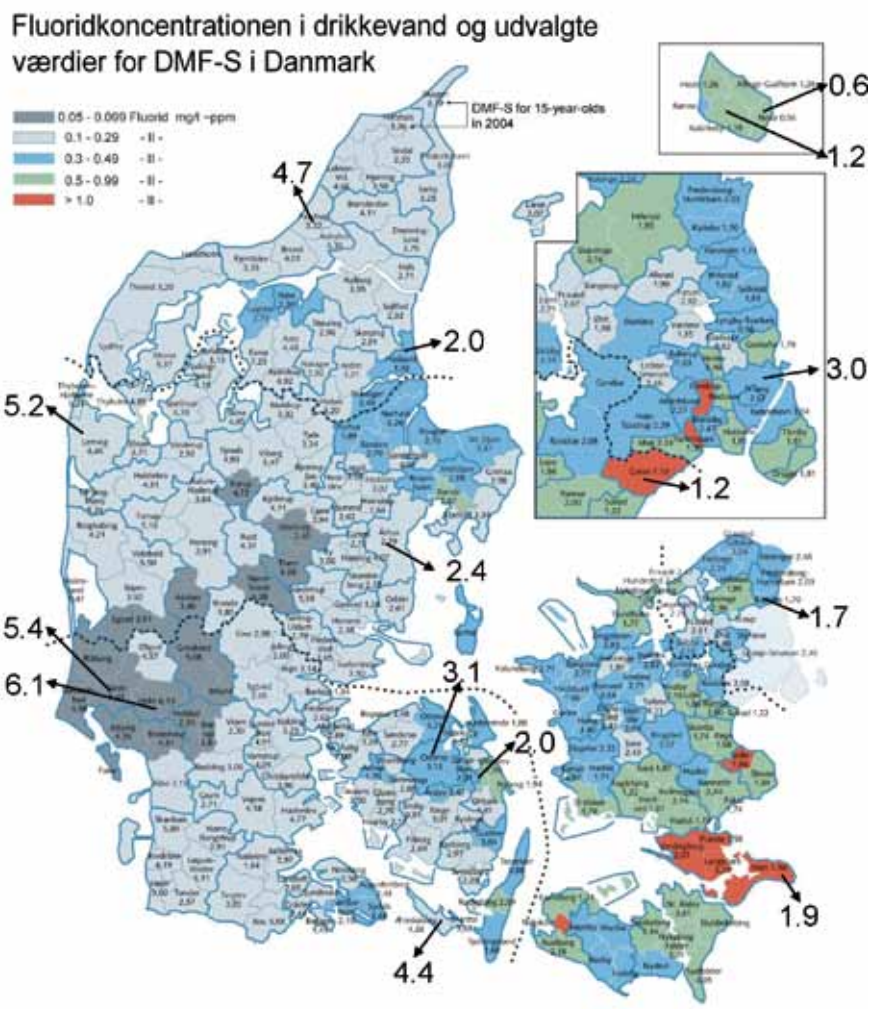
Den statistiske undersøgelse viste, at foruden fluorid (F^-) har calcium (Ca^{++}) en væsentlig effekt, begge ioner beskytter mod caries. Resultaterne af den udviklede F/Ca-model er vist i figur 4, der indeholder den kvantitative sammenhæng mellem caries (DMF-S) og koncentrationerne af fluorid og calcium i mg/l. Figuren viser variationer i cariestilfælde fra 1 til 5 DMF-S. Det fremgår af ligningen i figur 4, at ved gennemsnitskoncentrationerne af fluorid og calcium i Danmark (0,33 mg F/l, henholdsvis 83,5 mg Ca/l) bliver den gennemsnitlige forekomst af caries ca. 2,9 DMF-S. Parametrene i modellen har en høj signifikans ($p < 0{,}0001$) og sammenhængen kan forklare 45 % (R2) af variationen i caries, resten af variationen tilskrives bl.a. socio-økonomiske forhold.

Foruden fluorid og calcium havde pH, klorid, og bicarbonat en effekt på caries. Ved at tage en mere kompleks model i betragtning steg R2 værdien dog kun fra 45% til 51%. Højere pH og bicarbonat reducerer caries, hvorimod højere kloridkoncentration øger caries.

Man kan ud af den simple F/Ca-model udlede, at hvis man ændrer på koncentrationerne af calcium og fluorid, men samtidigt ønsker "caries-neutralitet", dvs. uforandret antal cariestilfælde, så er substitutionsforholdet: $\Delta C_F = -0.006\ \Delta C_{Ca}$. Det betyder, at hvis f.eks. calcium reduceres med 100 mg/l, så skal der tilsættes 0,6 mg/l fluorid. Substitutionsforholdet F/Ca er altså 0,6 %.

Konsekvenser af forskellig vandkvalitet

I figur 4 er vist den beregnede forekomst af caries i forskellige situationer. Punkt A

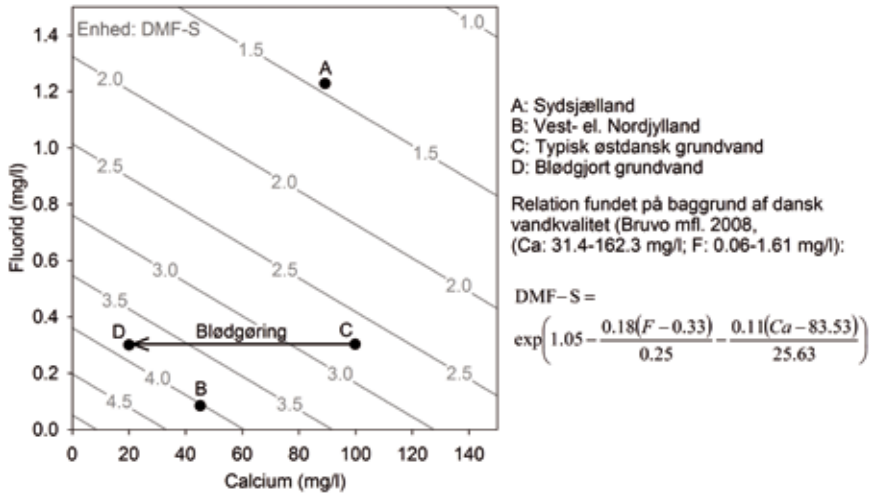


Figur 3. *Fordelingen af caries i Danmark. Caries målt som DMF-S er angivet inde i de enkelte (gamle) kommuner. Farverne afspejler fordelingen af fluorid i drikkevandet.*

repræsenterer f.eks. en vandforsyning på Sydsjælland med relativt høj calcium og fluorid, hvor DMF-S er 1,5. Punkt B repræsenterer en vandtype med ringe indhold af calcium og fluorid. Her er DMF-S ca. 4. Det kunne være en vandtype fra Vest- eller Nordjylland. Cariesforekomsten altså mere end fordobles fra Øst- til Vestdanmark. Ved brug af regnvand til vandforsyning, hvilket sker mange steder i verden, ville DMF-S stige til 5.

Blødgøring uden fluoridering øger caries forekomst

Resultaterne af undersøgelsen har konsekvenser for vurderingen af fordele og ulemper ved blødgøring og afsaltning af vand og brug af regnvand til drikkevandsforsyning. Sidstnævnte udnyttes ikke i Danmark, men blødgøring og afsaltning er meget aktuelle teknologier. Effekten af at blødgøre vand er illustreret i figur 4 med punkt A og B. Ved at reducere calciumkoncentrationen med 80 mg/l øges cariesforekomsten med 1,1 DMF-S svarende til en øgning på 40 %. Eksemplet svarer til brug af en såkaldt Pellet-reaktor, hvor fluoridkoncentrationen ikke ændres.



Figur 4. *Effekt af fluorid og calcium (mg/l) på caries. Dette er dels vist grafisk og dels vha. et eksponentielt ligningsudtryk. I ligningen er fluorid- og calciumkoncentrationerne normaliseret ved subtraktion af gennemsnitskoncentrationen på landsbasis og ved division med standardafvigelsen. Desuden er vist konsekvenserne af at ændre calcium- og fluoridkoncentrationerne.*

Økonomiske konsekvenser af caries

Ændringer af drikkevandskvaliteten gennem vandbehandling og/eller sammenblanding af vand fra forskellige ressourcer kan have både positive og negative økonomiske konsekvenser, /8/. For Københavns vedkommende er udført en teoretisk beregning af omkostningerne ved at ændre på sammensætningen af drikkevandet gennem erstatning af 50 % af vandet med afsaltet havvand. Herved halveres calcium og fluoridkoncentrationerne, hvorved cariesforekomsten forventes at stige med 1 DMF-S hos børn og unge. Omkostningen alene til caries bliver derved 1,5 Kr./m3, hvilket er ca. halvdelen af produktionsprisen for vandet. Prisen er endog konservativ, fordi der ikke medtages de livslange omkostninger.

Figur 5. *Til venstre ses fluorideret salt til cariesforebyggelse købt i Zürich, Schweiz. Produktet indeholder også iod. Til højre ses fluortyggegummi samt spytstimulerende tabletter til mundtørhed. Begge produkter indeholder 0.25 mg fluorid pr. enhed og købes på apoteket.*

Skal man fluoridere vandet ved høj cariesforekomst?

Fluoridering af vand er et effektivt redskab til reduktion af caries. Fluoridering bruges udbredt i verden, f.eks. i Nordamerika og Australien. Men det er også en vandbehandling, der tit vækker stærke negative følelser, fordi man ændrer den "naturlige" vandkvalitet og fordi fluorid i relativt høje koncentrationer er giftigt. Ud fra en række hensyn anbefaler denne artikels forfattere en fluoridkoncentration på ca. 0,75 mg/l, dvs. halvdelen af WHO's grænseværdi. Dette ville kræve en øgning af fluoridkoncentrationen mange steder i Danmark, idet gennemsnitskoncentrationen er 0,33 mg/l. De 0,75 mg/l er dog en del lavere end koncentrationerne forskellige steder på Sydsjælland, Bornholm, Halsnæs m.v.

Alternativer til fluoridering af drikkevandet

Hvis man ikke ønsker at fluoridere vandet, kan man reducere caries på en række andre måder, nemlig ved brug af: fluorideret salt, flaskevand med calcium og fluorid, mundskyllevæsker med fluorid, fluoridholdigt

tyggegummi og fluoridholdige tabletter mod mundtørhed.

En oversigt over effekten og virkningsmekanismen af saltfluoridering er givet af /2/. I Zürich, hvor vandforsyningen for nogle år siden indstillede fluoridering af drikkevandet, benyttes fluorideret salt til forebyggelse af caries, se figur 5.

I de områder af Danmark, hvor koncentrationen af fluorid og calcium er lav, og hvor forekomsten af caries er relativt høj, bl.a. Vestjylland og Nordjylland, burde sundhedsmyndighederne instruere befolkningen i, hvordan de kan forbedre cariesforebyggelsen, såfremt man ikke ønsker at indføre drikkevandsfluoridering.

Konklusioner

Den gennemførte undersøgelse har vist, at foruden den kendte effekt af fluorid har drikkevandets indhold af calcium en beskyttende virkning mod caries. Dette er en ny opdagelse. En reduktion af vandets indhold af calcium med 100 mg/l kræver tilsætning af 0,6 mg/l fluorid for at opnå cariesneutralitet, dvs. ingen stigning i cariestilfældene. Den opnåede nye viden om calciums virkning har væsentlig sundhedsmæssig og økonomisk interesse i forbindelse med vurdering af konsekvenserne af f.eks. blødgøring og afsaltning af vand og ved brug af alternative vandressourcer.

Referencer.

/1/ Aktor, H. (1993). Fluorid i dansk grundvand. Vandteknik (9), 437-440.

/2/ Bakhshandeh, A., Derawi, B., Twetman, S. og Ekstrand, K. (2008). Effekten og virkningsmekanismen af saltfluoridering på caries: En oversigtsartikel. Tandlægebladet 112 (9), 784-793.

/3/ Bruvo, M., Ekstrand, K., Arvin, E., Spliid, H., Moe, D., Kirkeby, S. og A. Bardow. (2008) Optimal drinking water composition for caries control in populations. J. Dental Res. 87 (4), 340-343.

/4/ Dean, H.T., Jay, P., Arnold, F.A., og E. Elvove. (1941) Public health Reports. 56, 761-92.

/5/ Ekstrand, K., Christiansen, J. og M. E. C. Christiansen. (2005). Relationen mellem fluoridindholdet i kommunernes drikkevand og caries. Tandlægebladet 109 (10), 790-796.

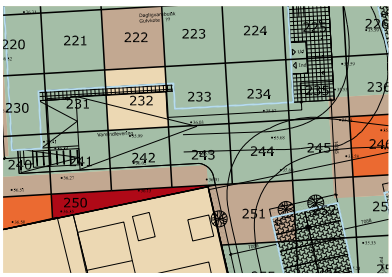
/6/ Fawell, J., Bailey, K., Chilton, J., Dahi, E., Fewtrell, og Y. Magara. (2006). Fluoride in drinking-water. IWA Publishing. London.

/7/ McDonagh, M.S., Whiting, P.F., Wilson, P.M., Sutton A.J., Chestnutt, I. og J. Coopper. (2000) Systematic review of water fluoridation. BMJ 321. 855-859.

/8/ Rygaard, M., Arvin, E. og P.J. Binning (2009). The valuation of water quality: Effects of mixing different drinking water qualities. Water Research, 43, 1207-1218.

Erik Arvin er professor emeritus i vandforsyning på DTU Miljø; Allan Bardow er lektor med speciale i spyt- og tandkemi på Odontologisk Institut, Københavns Universitet; Maja Bruvo er Ph.D. ved Odontologisk Institut, Københavns Universitet; Martin Rygaard er adjunkt i urbane vandsystemer på DTU Miljø; Henrik Spliid er professor i anvendt statistik på DTU Informatik.

» GEO
– fra boring til ren grund



> Rådgivning og udførelse
> Miljøboringer
> Poreluft og vandprøvetagning
> Risikovurdering og projektering
> In situ tests
> Jordhåndtering
> Tilsyn med oprensning og afværge
> Grundvandsovervågning, drift og monitering

København
Maglebjergvej 1
2800 Kgs. Lyngby
Web: www.geo.dk
Mail: geo@geo.dk
Tlf.: +45 4588 4444

Århus
Sødalsparken 12
8220 Brabrand
Web: www.geo.dk
Mail: geo@geo.dk
Tlf.: +45 8627 3111

GEO
EKSPERTER I JORD OG VAND