

Redegørelse om sundhedseffekter af blødgøring i København specielt med fokus på caries

Notat udarbejdet for Københavns Energi

Februar 2012

Notat udarbejdet for Københavns Energi

2012

Af Martin Rygaard og Hans-Jørgen Albrechtsen
Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet

Redegørelse om sundhedseffekter af blødgøring i København specielt med fokus på caries

Forord

Dette notat er udarbejdet af DTU Miljø som led i det udviklingssamarbejde DTU og KE har ført igennem en årrække i forsøg på at ruste forsyningen til fremtidens håndtering af vandkredsløbet. Da emnet for notatet ligger delvist udover det normale arbejdsområde for DTU Miljø, har forfatterne fået Allan Bardow, lektor ved Odontologisk Institut, Københavns Universitet, til at læse og kommentere notatet inden færdiggørelsen.

Indhold

Forord	1
Indhold	1
Baggrund	2
Formål	2
1. Kvantificering af caries ved brug af DMF-værdier	3
2. DMF-niveauer i andre lande og udviklingen af DMF over tid	3
3. Variation i DMFS indenfor Danmark	4
4. Faktorer med betydning for cariesforekomsten	5
5. Drikkevandskvalitet og caries	7
6. Tandlægefaglige eksperters betragtninger om calciums rolle	8
7. Internationale erfaringer med ændring af drikkevandskvalitet	8
8. Kombinationseffekt af calcium og fluorid i forhold til tandhygiejnen	10
9. Økonomiske konsekvenser af et øget DMFS-niveau	11
10. Mulige tiltag for afhjælpning af et øget DMFS som følge af blødgøring	12
11. Overvejelser vedrørende mulige sundhedseffekter af blødgøring	13
12. Konklusioner i forhold til indførelse af blødgøring i København	17
Bilag 1. Litteraturgennemgang	23
Bilag 2. Sammenhæng mellem DMFT og DMFS i Danmark 2011	24
Bilag 3. Prædiktion af DMFS niveauer	25
Bilag 4. Korrespondance med Allan Bardow, Odontologisk Institut, Københavns Universitet	27
Bilag 5 Korrespondance med eksperter indenfor tand/spyt-kemi og -biologi	30
Bilag 6 Korrespondance med Tandlægeforeningen	33
Bilag 7. Uddrag af (Pedersen, A et al., 2010)	35
Bilag 8. Korrespondance med drikkevandseksperter i Belgien, Holland og Sverige	37

Baggrund

En række studier har påvist væsentlige fordele ved at sænke hårdheden af drikkevand leveret til København og omegn i form af lavere kemikalie- og energiforbrug, længere levetider af installationer med mere (Rygaard et al., 2009; COWI, 2011; Godskesen et al., 2012). Fordele er også påvist i Tyskland, Belgien, Holland og Sverige, hvor vandforsyningen er baseret på relativt hårdt vand (Hillebrand et al., 2004; Hofman et al., 2007; Van der Bruggen et al., 2009; Sydvatten, 2011). Hillebrand et al. (2004) fandt, at den typiske tyske forbruger ville spare 0,5-0,6 €/m³ (3,8-4,5 kr./m³) ved at sænke hårdheden fra over 21 °dH til 7,3-14 °dH. Samme studie viste, at emissionen via spildevandet blev reduceret med henholdsvis 25 % for kobber og 14 % for LAS. Besparelserne skyldes blandt andet en række væsentlige materiale-, kemikalie- og energibesparelser. Tilsvarende økonomiske fordele af blødgøring blev påvist i Belgien (Van der Bruggen et al., 2009). Både Hillebrand et al.'s og svenske erfaringer (Sydvatten, 2011) med blødgøring peger på en reduceret korrosionsrate som en væsentlig fordel ved blødgøring.

Der er imidlertid et øget kemikalieforbrug på vandværkerne til blødgøring, der dog modsvares af de positive påvirkninger af miljøet hos forbrugerne. For København er det beregnet, at allerede ved 6 % reduktion i drikkevandets hårdhed vil de negative effekter på miljøet, forårsaget af yderligere vandbehandling på vandværkerne, blive opvejet af reducerede miljøpåvirkninger positive effekter hos forbrugerne (Godskesen et al., 2012).

Københavns Energi overvejer at indføre blødgøring af drikkevand. Ved blødgøring ændres blandt andet calciumkoncentrationen i drikkevandet, og det er derfor nødvendigt at afklare den forventede betydning for forbrugernes sundhed. Der er primært fokus på et studie, der viste en signifikant negativ korrelation mellem fluorid- og calciumkoncentrationerne i dansk drikkevand og forekomsten af caries hos 15-årige (Bruvo et al. 2008).

Det må understreges, at dette notat ikke kan stå alene som beslutningsgrundlag for indførelsen af blødgøring i København. Som nævnt ovenfor er der en lang række konsekvenser af blødgøring ud over de sundhedsmæssige effekter, som ikke behandles i det følgende.

Formål

Formålet med dette notat er at redegøre for den sundhedsmæssige betydning af at ændre drikkevandets calciumindhold i et konkret forslag om blødgøring i København og med særligt fokus på Bruvo et al.'s (2008) resultater, herunder:

1. Forklare enheden DMFS, der benyttes til opgørelse af cariesforekomst og præsentere viden om cariesforekomst i Danmark og landene omkring.
2. Diskutere betydningen af en ændring af calciumniveauet i drikkevand for cariesforekomsten og konsekvenserne for den enkelte forbruger.
3. Diskutere specifikt drikkevandets calciumindhold og eventuel kombinationseffekt af calcium og fluorid i forhold til tandhygiejnen.
4. Indhente erfaringer og betragtninger om calciums rolle fra fagspecialister og fra internationale erfaringer med ændring af drikkevandskvalitet.
5. Redegøre kort for andre betydende sundhedseffekter af blødgøring, herunder børneeksem og knogleskørhed.

1. Kvantificering af caries ved brug af DMF-værdier

Caries er en sygdom, der skyldes demineralisering (opløsning) af tændernes ydre (emalje) og senere indre (dentin) mineralstruktur. Opløsningen forårsages af syre, som produceres af bakterier, der naturligt findes i biofilm (plak) på tændernes overflade (Selwitz et al., 2007). Får biofilmen lov at modnes længe nok, fx ved stadig tilførsel af kulhydrater og dårlig mundhygiejne, bliver den til egentlige belægninger (plak), hvorunder caries kan udvikle sig til læsioner på tanden, hvilket i daglig omtale kaldes "huller" i tænderne.

Andelen af caries måles normalt i DMF-værdier, hvor DMF er en forkortelse af *Decayed, Missing, and Filled*. Værdien angives enten som DMFS eller DMFT, hvilket henviser til, om der er optalt antal beskadigede, manglende, eller fyldte flader (*Surfaces*, DMFS) eller tænder (*Teeth*, DMFT) på patienten. Brugen af DMF-værdier er udbredt over hele verdenen og har været det i mere end 70 år. Det er en veldefineret parameter, der muliggør sammenligning af resultater på tværs af studier over hele verdenen (Broadbent and Thomson, 2005). Ofte ses også benævnelsen D₁MFT/S eller D₃MF T/S, der beskriver graden af skade (1 eller 3) i de hårde tandvæv som cariesangrebene har forårsaget på henholdsvis tænder (T) og overflader (S) (Selwitz et al., 2007). For danske børn og unge er det rimeligt at antage at DMFS er et retvisende mål for cariesforekomsten, da andre skader på tænderne i denne aldersgruppe er sjældne (Bilag 4). For alderen mellem 6 og 18 år, kan rapporterede DMFS-værdier i Danmark groft estimeres som 1,5 gange DMFT (Bilag 2).

2. DMF-niveauer i andre lande og udviklingen af DMF over tid

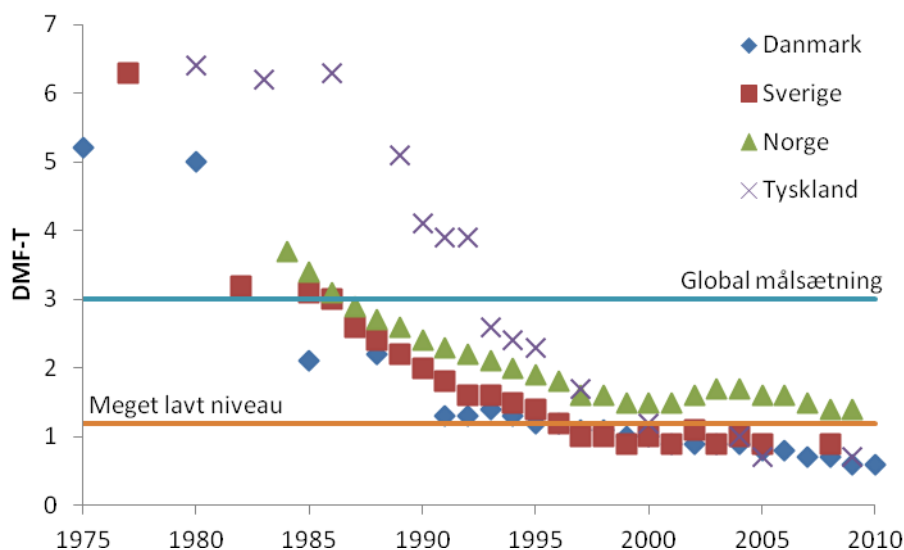
Nordisk Råd analyserer jævnligt sundhedstilstanden i de nordiske befolkninger. Den seneste sammenligning af cariesforekomsten blandt unge i de nordiske lande er fra 2010 og baserer sig på DMFT værdier for 12-årige fra 2003-2009. Danmark har den højeste andel af cariesfri unge (69 %) efterfulgt af Sverige (61 %) (Tabel 1).

Tabel 1. Andel cariesfri 12-årige i de nordiske lande med årstal for undersøgelse (THL, 2010).

Danmark 2009	Sverige 2008	Færøerne 2009	Norge 2008	Finland 2003	Island 2005
69 %	61 %	53 %	48 %	42 %	34 %

I de vestlige lande er cariesforekomsten reduceret kraftigt igennem de seneste 4 årtier. DMFT-niveauet blandt 12-årige i Danmark er reduceret fra omkring 5 i starten af 1980'erne til 0,6 i 2010, med den største reduktion i perioden 1980-1991. Selv indenfor de seneste 5-10 år er der fortsat et væsentligt fald i cariesforekomsten blandt unge danskere (Figur 1). Det bemærkes, at der siden datagrundlaget (fra 2004) benyttet i Bruvo et al.'s (2008) studie er DMFS yderligere reduceret fra 2,86 til 2,1 DMFS blandt landets 15-årige (SCOR, 2011).

Tilsvarende udvikling er observeret i vores nabolande (Figur 1). Globalt har WHO en målsætning om at nedbringe den gennemsnitlige cariesforekomst til under 3 DMFT (Petersen, 2003).



Figur 1. Udvikling i forekomsten af caries blandt 12-årige i Danmark og nabolande i perioden 1975-2010. WHO's officielle målsætning er DMFT<3 og WHO betegner DMFT<1,2 som meget lavt niveau (Petersen, 2003). DMFS-værdier kan antages at være 1,5 gange de rapporterede DMFT-værdier

Ifølge WHO kan det nationale cariesniveau for 12-årige karakteriseres som *meget lavt*, hvis det nationale DMFT gennemsnit for 12-årige er mindre end 1,2. Tilsvarende betegnes intervallet 1.2-2.6 som *lavt*, 2.7-4.4 som *moderat* og >4.4 som *højt* niveau (Petersen, 2003). Danmark tilhører således gruppen af lande med en meget lav forekomst af caries blandt 12-årige. Da drikkevandets mineralindhold må antages at være nogenlunde konstant over tid, må den kraftige reduktion i cariesforekomsten tilskrives andre faktorer end drikkevandets mineralindhold.

3. Variation i DMFS indenfor Danmark

I Danmark er det bemærkelsesværdigt, at der trods en ensartet national ramme for tandplejetilbud til børn og unge er en stor variation af cariestilfælde fra landsdel til landsdel. I 2004 var der således registreret et spænd i DMFS på 0,56-6,2 i de daværende kommuner blandt 15-årige (Ekstrand et al., 2010). I Københavns Kommune var der i 2004 registreret et DMFS på 3,04 hos 15-årige (Bruvo et al., 2008). I forhold til frembrudsrekkefølgen for de blivende tænder, vil de 15-årige i undersøgelsen gennemsnitligt have haft de permanente tænder i munden i 5,7 år og med et DMFS på 3,04 i København (2004), vil det betyde en gennemsnitlig årlig tilvækst i DMFS på 0,53 per barn (Bilag 4). DMFS-niveauet i København var lidt højere end gennemsnittet for hele landet med et DMFS på 2,86 i samme undersøgelse (Tabel 2). Københavns Kommunes drikkevand har et fluorid- (0.53 mg/L) og calciumindhold (112 mg/L), der er væsentligt højere end de nationale gennemsnit rapporteret af Bruvo et al., (2008) (Ca = 84 mg/L og F = 0.33 mg/L). At der på trods af et større mineralindhold i drikkevandet er et lidt højere DMFS-niveau blandt hovedstadens unge end landsgennemsnittet understreger, at andre forhold, end drikkevandets sammensætning, fx socioøkonomiske forhold, spiller ind.

Betydningen af de andre forhold end drikkevandskvaliteten fremgår også af variansen i DMFS mellem hovedstadsområdet kommuner (Tabel 2). Ballerup og Gladsaxe kommuner har sammenlignelige fluorid- og calciumkoncentrationer, men Gladsaxe har 75 % flere DMFS, end Ballerup (* i Tabel 2). Tilsvarende har Høje-Taastrup og den tidligere Værløse kommune samme fluoridkoncentration, mens Høje-Taastrup har 25 % højere calciumkoncentration end Værløse. På

trods af det højere calciumniveau har Høje-Taastrup alligevel 64 % flere DMFS end Værløse (‡ i Tabel 2).

Tabel 2. Cariesforekomst for udvalgte kommuner i Københavnsområdet 2004. Baggrundsdata benyttet i Bruvo et al. (2008). *, † og ‡ markerer eksempler på områder, hvor cariesforekomsten ikke entydigt følger relationen med calcium og fluorid-koncentrationen vist i Bruvo et als studie (2008).

	Lands gennemsnit	København	Ballerup*	Brøndby	Dragør	Gladsaxe*	Albertslund	Hvidovre†	Høje-Taastrup‡	Ledøje-Simørum	Ishøj	Tårnby	Vallensbæk	Værløse‡	Greve	Køge†	Lejre	Roskilde
Caries DMFS	2,9	3,0	1,6	2,5	1,8	2,8	2,3	1,9	2,3	2,5	2,3	1,6	1,4	1,4	1,2	1,6	1,9	2,1
Fluorid mg/L	0,33	0,46	0,31	0,51	0,45	0,24	0,37	0,56	0,25	0,26	1,30	0,67	1,61	0,25	0,99	0,63	0,70	0,35
Calcium mg/L	84	105	112	152	142	116	149	162	151	124	101	115	100	121	101	110	78	97

Ligesom med den kraftige reduktion i caries over de seneste årtier, viser også den inter-kommunale varians i DMFS-niveauet, at andre faktorer end vandkvalitet må spille en væsentlig rolle for cariesforekomsten.

4. Faktorer med betydning for cariesforekomsten

Det er almindeligt anerkendt i tandlægefaglige kredse, at caries er et resultat af mange faktorer (Tabel 3), og at de seneste årtiers væsentlige reduktion i cariestilfælde i Danmark og udland ikke kan tilskrives en enkelt betydende faktor (Fejerskov, 1997; Ekstrand et al., 2010). En spørgeskemaundersøgelse blandt faglige eksperter kunne heller ikke udpege en fællesmængde af betydende faktorer, men et flertal pegede på at udbredelsen af fluortandpasta har haft en signifikant positiv effekt for udviklingen (Bratthall et al., 1996). En lang række sociale faktorer, så som livsstil, sukkerindtag, og fattigdom er i internationale sammenligninger vist at have en væsentlig indflydelse på forekomsten af caries (Petersen et al., 2005).

Tabel 3. Faktorer med væsentlig betydning for cariesforekomst og udvikling (Featherstone, 1999; Bardow et al., 2001; Zaborskis et al., 2010)

Tandbørstning	Social status
Fluorid i tandpasta	Uddannelsesniveau
Fluorid i drikkevand	Tandlægebesøg/tandplejetilbud
Sukkerindhold i kost og kostsammensætning	Spytsekretionshastighed
Sundhedssystem	Genetik og etnicitet
Fattigdom	

Fluoridindholdet i drikkevand er gentagne gange påvist at have betydning for cariesforekomsten (McDonagh et al., 2000; Griffin et al., 2007) og fluoridindholdet i drikkevandet kan forklare 35 % af variansen i DMFS blandt 15-årige i Danmark (Ekstrand et al., 2010). I Bruvo et al.'s model, stiger forklaringen til 45 %, når der udover fluorid i drikkevandet også tages højde for drikkevandets calciumindhold.

Tabel 4. Undersøgelser af baggrundsvariables betydning for cariesforekomsten blandt børn og unge i Danmark.

Reference	Baggrundsvariable undersøgt	Baggrundsvariable i endelig model	Resultat af studie
(Ekstrand et al., 2010)	Årlig omkostning per barn Antal børn per tandlæge Antal ansatte per tandlæge Fluorid i drikkevand Indkomst Andel af mødre med <10 års skolegang Andel indvandrere Kommune størrelse	Fluorid i drikkevand Andel af mødre med < 10 års skolegang	Baggrundsvariable i endelig model forklarer 44 % af variansen af blandt 15-årige i Danmark.
(Kirkeskov et al., 2010; Kristiansen et al., 2010)	Fluorid i drikkevand Forældreindtægt Køn	Fluorid i drikkevand Forældreindtægt Køn	1) Risikoen for caries blandt 11-årige falder med ca. 50 % fra områder med 0-0,125 mg F/L områder hvor F>1 mg/L. Dosisrespons effekten af fluorid er uafhængig af forældreindtægt og køn. 2) De 25 % med højeste husstandsindkomster har ca. færre DMFS end de 25 % med laveste husstandsindkomster. 3) Drengene har ca. 10 % færre end piger.
(Bruvo et al., 2008)	Drikkevandsbestanddele: Evaporation Residue (mg/L), Ionic strength (mol/L), pH, Water hardness (dH), Aggressive carbon dioxide Oxygen, Ammonia and ammonium, Calcium, Iron, Magnesium, Manganese, Potassium, Sodium, Chloride, Fluoride, Hydrogen carbonate, Hydrogen sulphide, Nitrate, Nitrite, Inorganic phosphorus, Sulphate, Methane, Organic carbon	Model A: Fluorid og calcium i drikkevand Model B: Fluorid, calcium, pH, bikarbonat, klorid	Model A: Baggrundsvariable i endelig model forklarer 45 % variansen af DMFS blandt 15-årige i Danmark. Model B: Baggrundsvariable i endelig model forklarer 51 % variansen af DMFS blandt 15-årige i Danmark.
(Ekstrand et al., 2005)	Fluorid i drikkevand	Fluorid i drikkevand	Endelig model forklarer 30-40 % variansen af DMFS blandt 12- og 18-årige i Danmark.

Der er i Danmark af flere omgange undersøgt forskellige parametres betydning for forekomsten af caries (Tabel 4). Undersøgelserne bekræfter blandt andet socioøkonomiske forholds betydning for forekomsten. Dog kan ingen af de undersøgte kombinationer af faktorer forklare mere end knap halvdelen af variansen af caries i Danmark (Tabel 4). Der er altså i alle tilfælde en betydelig (>50 %) uforklaret varians i caries, som må tilskrives baggrundsparemetre, der ikke er inkluderet i de opstillede modeller. Derfor er der heller ikke en konflikt i mellem resultaterne af de enkelte studier, og der er stærke indikationer på at fluorid og calcium i drikkevand, uddannelsesniveau, forældreindtægt og køn, alle er variable med væsentlig betydning for cariesforekomsten i Danmark.

5. Drikkevandskvalitet og caries

Drikkevandets calciumindhold kan tænkes at indvirke på cariesforekomsten enten via direkte kontakt mellem vand og tænder eller via udskillelse af calcium til spyttet. Udover studierne nævnt i forrige afsnit er fluoridindholdet i drikkevand gentagne gange påvist at have betydning for cariesforekomsten (McDonagh et al., 2000; Griffin et al., 2007). Den foreslåede blødgøring i København vil kun påvirke ganske få parametre i drikkevandet, herunder en væsentlig reduktion i calciumkoncentrationen fra 112 til 39 mg/L, mens fluoridkoncentrationen vil være uændret (Tabel 5). Benyttes Bruvo et al.'s (2008) model til at forudsige DMFS niveauet for København, vil DMFS stige med 37 % i tilfælde af blødgøring (Bilag 3). Traditionelt angives usikkerheden på en regressionsmodel som konfidensintervaller, der udtrykker usikkerheden omkring det forventede *gennemsnit* af observationerne. Usikkerheden på forudsigelsen (prædiktionen) af den enkelte observation er større end konfidensintervallet. For blødgøring i København, er det estimerede 95 % - prædiktionsinterval fra 27 % reduktion til 150 % stigning i antal DMFS. Hvis blødgøring udføres på et stort antal byer tilsvarende København, udtrykker Bruvo et al.'s relation 95 % -sikkerhed (95 % - konfidensinterval) for at det gennemsnitlige DMFS vil være 23 % til 50 % højere end det nuværende niveau. Det bør holdes for øje, at modellen baserer sig på 2004 data og i øvrigt forudsiger et DMFS-niveau på 2,2 for København i 2004, hvor der som tidligere nævnt var observeret et DMFS på 3,04 (Bilag 3). København havde altså i 2004 et DMFS-niveau, der lå væsentligt over modellens forudsigelse baseret alene på drikkevandskvaliteten. Dette betyder ikke, at modellen er forkert, men blot at Københavnerne DMFS er kraftigt påvirket af andre faktorer end drikkevandets kvalitet.

**Tabel 5. Forventet ændring i drikkevandssammensætningen ved blødgøring i København (data fra København Energi).
*=estimeret værdi PHREEQC wateq4f database (Parkhurst and Appelo, 2008).**

Parameter	Vand fra byledningsnet gennemsnit for 2010	Vand fra byledningsnet – gennemsnit for 2010 efter pellet blødgøring med NaOH
pH	7,7	7,75
Calcium (mg/L)	112	39
Fri calcium (Ca ²⁺) (mg/L) *	100	36
Magnesium (mg/L)	20	20
Strontium	2,5	2,5
Natrium (mg/L)	45	90
Bikarbonat (mg/L)	360	254
Klorid (mg/L)	71	71
Tørstof (mg/L)	551	445
Fluorid (mg/L)	0,53	0,53
Fosfor (mg/L)	0,01	0,01
Hårdhed (°dH)	20,3	10,0

Bruvo et al. (2008), udviklede også en udvidet model, hvor der udover calcium og fluorid inddrages drikkevandets pH og indholdet af bikarbonat og klorid som baggrundsvARIABLE. Med alle fem baggrundsvARIABLE steg forklaringsgraden til 51 % af den nationale varians i DMFS blandt de 15-årige i 2004. Den udvidede model illustrerer kompleksiteten i sammenhængende mellem drikkevandskvalitet og cariesforekomst. Bruvo et al. anbefaler modellen baseret på calcium og fluorid af hensyn til modelkompleksiteten og den relativt store forklaringsgrad der opnås med de to variable alene (Bruvo et al., 2008). Den udvidede model er derfor ikke beskrevet videre i dette notat.

Den væsentlige pointe er, at modellen beskriver en overordnet sammenhæng, men den kan ikke give et entydigt svar på udviklingen i DMFS-niveauet efter blødgøring, hvilket begrundes med at modellen for sammenhængen mellem fluorid og calcium i drikkevandet og cariesforekomsten, forklarer knap halvdelen af variansen i DMFS, mens den resterende varians må forklares af de mange øvrige baggrundsvariable beskrevet i forrige afsnit.

6. Tandlægefaglige eksperter betragtninger om calciums rolle

John Featherstone, dekan på School of Dentistry, University of California (Bilag 5), er forfatteren bag flere højt citerede publikationer om tændernes re- og demineralisering, udvikling og forebyggelse af caries. John Featherstone vurderer forsigtigt, at den forudsagte carieshæmmende effekt af calcium i drikkevand giver mening, og at han ikke er bekendt med andre forklaringer, der umiddelbart kan modbevise effekten. Dog nævner han at strontium og barium måske også kan have en effekt. Disse to elementer var ikke en del af Bruvo et al. studie, og kan teoretisk set rumme en skjult forklaring på den viste sammenhæng mellem drikkevandskvalitet og caries. Strontiumindholdet forventes uændret ved blødgøring i København (Tabel 5) mens påvirkningen af bariumkoncentrationen er ukendt. John Featherstone påpeger også, at spytet normalt er overmættet med calcium og fosfat, og at det indikerer, at en yderligere tilførsel af calcium fra drikkevand måske ikke er særligt nyttigt, medmindre spytproduktionen er hæmmet.

Gary M. Whitford, Department of Oral Biology, Medical College of Georgia (Bilag 5) er medforfatter på en lang række publikationer om samspillet mellem calcium og fluorid i spyt og plak og betydningen for caries. Han er enig i, at den stærke relation mellem calcium i drikkevand og caries fundet i Bruvo et al.'s resultater i teorien kan forklares ud fra viden om samspillet mellem calcium og fluorid i plak og dets indflydelse på caries. Gary Whitford har dog ikke viden om at samspillet mellem calciumniveauet i plak og drikkevandets indhold af calcium, er blevet studeret. Han påpeger i tråd med Featherstone's kommentar ovenfor, at da calciumindholdet i spytet er tæt på at være lig det i drikkevandet, indikerer dette at drikkevandets calciumindhold burde være uden betydning for cariesforekomsten.

Denne sammenligning modsiges dog af Allan Bardow, Tandlægeskolen i København og medforfatter på Bruvo et al. (2008) (Bilag 4), fordi menneskespyt indeholder væsentligt mindre frit calcium end dansk drikkevand. Således viste beregninger i Bruvo et al.'s (2008) studie, at dansk drikkevand kan indeholde helt op til syv gange så meget frit calcium som gennemsnitligt menneskespyt. Han påpeger, at hyppig indtagelse af drikkevand kunne medføre en væsentlig tilførsel af calcium til væskemiljøet omkring tænderne.

De forskellige forklaringer fra eksperterne understreger kompleksiteten i tændernes de- og remineraliseringsprocesser og viser, at der ikke umiddelbart kan drages nogen endelig konklusion om de kausale sammenhænge mellem drikkevandets kvalitet og cariesforekomsten.

7. Internationale erfaringer med ændring af drikkevandskvalitet

Der har i forbindelse med notatet været søgt bredt i den faglige litteratur, og det er ikke lykkedes at finde studier, der beskriver sammenhængen mellem blødgøring af drikkevand og sundhedsparametre (Bilag 1).

Et enkelt studie i Polen har evalueret betydningen af en vandforsyning baseret på blødt vand i byen Szczecin, hvor calciumindholdet er målt til 43-46 mg/L og fluoridindholdet til 0,3-0,9 afhængig af råvandsressourcen (Łagocka et al., 2011). Łagocka et al. konkluderede, at mineralindholdet i Szczecins drikkevand er tilstrækkeligt til at opretholde et gavnligt miljø for regenerering af tændernes mineralstruktur. Det polske studie inddrager også Bruvo et al.'s resultater, men forholder sig ikke direkte til den mulighed, at et øget calcium- og/eller fluoridindhold i drikkevandet vil kunne forbedre tandsundheden yderligere, som foreslået af Bruvo et al. (2008).

Forfatterne har rettet henvendelse til en række eksperter, der har beskæftiget sig med blødgøring eller overvejelser om det.

I Belgien viste et studie store økonomiske fordele af blødgøring (Van der Bruggen et al., 2009). Ifølge medforfatterne Bart van der Bruggen og Karin Stemgee (Bilag 8), undgik de bevidst at inkludere sundhedseffekter i deres studie, fordi de er for usikre at bestemme. Dem bekendt overvejes sundhedseffekter ikke i forbindelse med blødgøring i Belgien, dog skal WHO's anbefalinger overholdes.

I Holland har vandselskaberne blødgjort drikkevand siden slutningen af 1970'erne og omtrent 50 % af landets vandforsyning må blødgøres for at overholde lokale krav til drikkevandskvalitet (Hofman et al., 2007). Årsagen til blødgøring i Holland er primært at kunne hæve pH i drikkevandet og derved reducere opløseligheden af kobber og bly med mere fra vandinstallationer og dermed forbedre befolkningens sundhedstilstand (Mons et al., 2007). Udover lavere indtag af tungmetaller, nævner artiklerne den samme række af fordele ved blødgøring som refereret i afsnit 1. De hollandske referencer nævner ikke den mulige påvirkning af andre sundhedsparametre. Korrespondance med Cindy de Jongh, der har beskæftiget sig med sundhedseffekter i forbindelse med blødgøring, fortæller, at man i Holland har haft mange overvejelser om sammenhængen mellem hårdhed, calcium-/magnesiumindhold og risikoen for hjertekarsygdomme og har konkluderet at calcium og hårdhed ikke har betydning for hjertekarsygdomme (Bilag 8). Øvrige sundhedseffekter er, så vidt Cindy er orienteret, ikke overvejet i forbindelse med blødgøring, hvilket i høj grad skyldes konklusionerne fra WHO (Cotruvo and Bartram, 2009) og et tilknyttet seminar om emnet (Cotruvo, 2006).

Kenneth M. Persson fra Sydsvatten i Sverige fortæller, at blødgøring er fuldstændigt ukontroversielt i Sverige (Bilag 8). Han forklarer det med, at 75 % af vandforsyningen i Sverige er baseret på overfladevand med naturligt lav hårdhed. Derfor betragtes hårdhed som et teknisk problem, der primært forårsager uønskede kalkudfældninger og øger kemikalieforbruget. 55 % af Sydsvattens kunder modtager blødt vand fra Bolmen, og kundernes hilste det velkomment i 1999, da de sidste 45 % af Sydsvattens kunder fik reduceret hårdheden i deres drikkevand, der er baseret på grundvand. Der har ikke været mistanke om at blødgøringen skulle have påvirket sundhedstilstanden, og det er derfor ikke blevet undersøgt. Kenneth M. Persson beskriver endvidere, at tandsundheden varierer i Sverige fra region til region, og fremhæver et eksempel på, at Sveriges blødeste drikkevand leveres i et område (Värmland) der har en af landets laveste forekomster af caries (Bilag 8).

De udenlandske kontakter bekræfter konklusionen, at bortset fra enkelte specifikke emner som hjertekarsygdomme og tungmetal-opløsning, er mulige konsekvenser for sundheden i forbindelse

med blødgøring af drikkevand ikke mistænkt for at være et problem. Emnet er derfor ikke genstand for yderligere opmærksomhed i form af undersøgelser af sundhedskonsekvenser af blødgøring.

8. Kombinationseffekt af calcium og fluorid i forhold til tandhygiejnen

Det har længe været anerkendt, at lave koncentrationer af fluorid tilført det orale væskemiljø og tænderne udefra, fx gennem drikkevand, kost, tandpasta med videre, har en præventiv effekt på udviklingen af caries (Featherstone, 1999). Effekten skyldes en kombination af flere effekter, der kan deles i tre kategorier (Featherstone, 1999, 2000):

1. Inhibering af demineralisering af tænderne forårsaget af syre. Fluorid diffunderer ind i emalje og dentin, adsorberer til krystalstrukturen og reducerer opløseligheden af tanden.
2. Øge remineraliseringsraten. Fluorid øger hastigheden hvormed en ny krystalstruktur dannes i kombination med fosfat og calcium og danner en ny overflade, der beskytter den delvist demineraliserede del af tanden.
3. Inhibering af bakteriernes metabolisme. Hydrogenfluorid kan trænge ind og hæmme enzymaktivitet i bakterieceller.

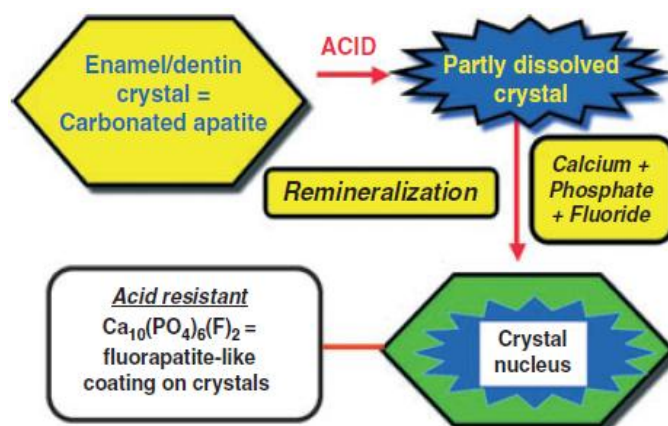
Kategori 1 og 2 har relation til calciumindholdet i spytet, der diffunderer ind i plak og tændernes emalje. Kombinationseffekten af fluorid og calcium er illustreret i Figur 2. Ved demineralisering af tænderne, er krystalstrukturen karbonatholdig apatit, der opbygges under tændernes vækst, lettere nedbrydelig end den krystalstruktur af fluorapatit, som afsættes senere på tændernes overflade efter frembrud. Derved bliver tænderne mere modstandsdygtige overfor syrepåvirkningen (Featherstone, 2008). En gennemgang af litteraturen har tidligere konkluderet at remineralisering primært afhænger af, hvor mættet spytet er med fluorapatit og hydroxyapatit (Featherstone, 1999). Dog er drikkevandet overmættet med og uden blødgøring (Tabel 6). Bruvo et al. (2008) anslog mængden af frit calcium i spytet til at være omkring 20 mg/L. I Københavns nuværende drikkevand er koncentrationen af frit calcium omkring 100 mg/L, men vil reduceres til 36 mg/L i tilfælde af blødgøring (Tabel 5). Drikkevandet vil selv efter blødgøring have en højere koncentration af frit calcium end den naturlige forekomst i spytet.

Tabel 6. Mætning i Københavns drikkevand (pK-pl) beregnet ud fra værdierne (Tabel 5) og med computerprogrammet beskrevet i Larsen og Pearce (2003) ved 20 °C. En positiv værdi betyder, at vandet er overmættet med hensyn til krystalformen.

Mineral	Ikke blødgjort	Blødgjort
Fluorapatite, Ca ₅ (PO ₄) ₃ F	8,2	6,5
Hydroxyapatite, Ca ₅ (PO ₄) ₃ OH	3,4	1,7

Studier har forsøgt at vise effekten af at skylle munden med høje koncentrationer af calcium, og der er indikationer på, at ekstra calcium bidrager til remineraliseringen af emaljen (Magalhães et al., 2007), men mekanismerne er ikke fuldt ud forstået og andre studier viser både en væsentlig effekt af Ca-skylning, såvel som blandede resultater (Whitford et al., 2002; Lynch and Ten Cate, 2005; Pessan et al., 2006; Furlani et al., 2009). Fødens indhold af mineraler kan også have betydning for

spytktirlernes funktion og dermed påvirke spytets rolle i den naturlige cariesforebyggelse (Lingström and Moynihan, 2003).



Figur 2. Principskitse for fluorid og calciums beskyttende virkning mod caries. Tændernes oprindelige krystalstruktur nedbrydes i overfladen af syre produceret i biofilm på tænderne (plak). Den delvist nedbrudte krystalstruktur er modtagelig for remineralisering og calcium, fosfat og fluorid i spytet danner en ny overflade på tændernes krystaller. Den nye overflade er mere stabil i syre og dermed mindre opløselig end den oprindelige krystalstruktur i tænderne (Featherstone, 1999). Figuren er fra (Featherstone, 2008).

En ekspert på området udtrykker at interaktionen mellem calcium i drikkevand, spyt, plak og effekten på caries er et område, der fortjener yderligere forskning (Whitford, Bilag 5).

Sammenhængen mellem kost, spytens sammensætning og caries er undersøgt i flere studier, men dette notats forfattere er ikke bekendt med studier, der beskriver sammenhængen mellem mineraloptag fra føden, spytets sammensætning og forekomsten af caries. At føden generelt har betydning for cariesudviklingen er dog beskrevet i litteraturen (Johansson et al., 1984; Mobley et al., 2009).

Den forudsagte stigning i caries som følge af blødgøring af Københavns drikkevand er derfor understøttet af den eksisterende viden om calciums vigtige rolle i forbindelse med demineraliserings-/remineraliseringsprocesserne i munden og den kemiske sammensætning af spyt og drikkevand. Efter blødgøring vil drikkevandet endnu være mættet med mineraler vigtige for remineraliseringen af tænderne, og mængden af frit calcium vil også være højere end den typiske calciumkoncentration i spytet. På baggrund af denne litteraturgennemgang må det konkluderes i overensstemmelse med konklusionerne i afsnit 5 og 6, at en kausal sammenhæng mellem calciumindholdet i drikkevand og cariesforekomsten ikke er fastlagt.

9. Økonomiske konsekvenser af et øget DMFS-niveau

Ses der bort fra modellens usikkerhedsinterval, forudsiger den, at blødgøring i gennemsnit medfører 1,13 DMFS mere pr. 15-årig i København i forhold til et DMFS på 3,04 i Bruvo et al.'s undersøgelse. Et 15-årigt barn vil gennemsnitligt have haft de permanente tandflader eksponeret til munden i 5,7 år (Bilag 4). En ændring af drikkevandssammensætningen som medfører 1,13 cariespåvirket, fyldt eller mistet flade (DMFS) yderligere hos 15-årige, vil altså betyde, at der har været en yderligere tilvækst på omkring 0,2 flade pr. år frem til det femtende år (1,13 DMFS / 5,7 år). Omkostningen for en ekstra DMF-S er anslået til 750 kr. per beskadiget flade, såfremt skaden kan udbedres med en almindelig fyldning (Bilag 4). Baseret på et simpelt skøn fra en forsker ved Tandlægehøjskolen (Bilag 4) er det rimeligt at antage, at en 37 procents stigning i antallet af huller (svarende til 0,2 flade pr. år), som

følge af ændret drikkevandssammensætning, vil medføre en merudgift på omkring 12 mio. kr. per år for ungdomsårgangene under 18 år i Københavns kommune (ca. 82.000 børn x 0,2 DMFS x 750 DKK). Forudsætningen for denne udregning er, at tilvæksten i DMFS gælder for alle børn mellem 3 og 18 år og er den samme for mælketænder som for permanente tænder. I denne sammenhæng er estimatet sandsynligvis lavt sat, da mælketænder er mindre mineraliserede end permanente og måske derfor mere modtagelige overfor caries. Ydermere er mælketænder mindre og har tyndere emalje end permanente tænder, og derfor vil caries alt andet lige, hurtigere blive alvorligt på en mælketand. For alle årgange i Københavns kommune (børn fra 3 til 18 år hos skoletandlæge og voksne hos privat tandlæge og ældretandpleje udgørende omkring 523.000 borgere) anslås den samlede omkostning inkl. offentligt tilskud og egenbetaling ved blødgøring til omkring 78 mio. kr. per år, eller 150 kr./person/år. I forhold til, at flere personer vil være helt eller delvist tandløse i den ældre del af befolkningen, er dette skøn højt sat. Men i forhold til at udbedringen af en tandflade kompliceres med årene og fyldninger ofte skiftes, hvorfor der må forventes højere udgifter over et helt liv, er dette skøn meget lavt sat. Således kan et enkelt hul, som medfører rodbehandling og efterfølgende guldkrone etc. på tanden udgøre en udgift, der er 10 gange større end de 750 kroner, som er grundlaget for den simple beregning (Bilag 4). Dertil kommer omkostninger for patient, dennes arbejdsplads og familie, som er forbundet med følgevirkninger af caries. Fører blødgøring af drikkevandet i København til mere caries, vil det medføre en væsentlig omkostning for samfund og patient i form af behandlingsudgifter og dertil kommer de mere u håndterlige omkostninger, som er nævnt ovenfor. Dette estimat skal dog ses i lyset af den store usikkerhed på prædiktionen af caries forekomsten (afsnit 5).

10. Mulige tiltag for afhjælpning af et øget DMFS som følge af blødgøring

Hvis der er sammenhæng mellem calciumindholdet i drikkevand og caries, er det relevant at overveje mulighederne for at imødegå blødgøringen af drikkevandets effekt på tandsundheden. Det er jf. tidligere afsnit åbenlyst, at sociale faktorer, tandplejetilbud og øvrige tiltag har haft en enorm betydning for udviklingen af cariesforekomsten i Danmark, uafhængigt af drikkevandets kvalitet. Det bør overvejes hvilke tiltag i social- og sundhedssektoren, der kan videreudvikles for at imødegå hele eller dele af blødgøringens eventuelle påvirkning af tandsundheden. Disse muligheder falder udenfor opdraget for dette notat, men er et oplagt emne for videre undersøgelser.

Tandlægeforeningen er blevet forelagt resultaterne fra Bruvo et al (2008) og udtaler, at de mener, at den påviste relation er i overensstemmelse med erfaringer fra praksis (Bilag 6). De forventer ikke, at en ændring på 1 DMFS vil kunne imødegås med tiltag fra tandplejens side og udtrykker væsentlig bekymring for et tiltag, der kan give mere caries (Bilag 6).

En anden mulighed er at kompensere for et reduceret calciumindhold ved at tilsætte fluorid til drikkevandet. Et stort antal udenlandske vandforsyninger fx i England, Spanien, Irland, Canada, Australien, Singapore og USA fluoriderer drikkevandet som led i cariesforebyggelse (Jones and Lennon, 2004).

WHO anbefaler en fluoridkoncentration på 0,5-1 mg/L i forbindelse med fluoridering af drikkevand (Cotruvo and Bartram, 2009), men anbefaler samtidigt, at fluoridkoncentrationen i drikkevandet, af øvrige sundhedshensyn, ikke kommer over 1,5 mg/L (World Health Organization, 2004). For høje

koncentrationer af fluorid i drikkevand kan give problemer som fluorose, der ses som misfarvninger af tandoverfladen (McDonagh et al., 2000).

Lokalt varierer anbefalingerne om optimalt niveau for fluorideringen. I Australien, hvor 70 % af befolkningen modtager fluorideret drikkevand, anbefales en målkonzentration mellem 0,7 og 1 mg/L (NHMRC and NRMCC, 2011). Det lave niveau gælder varme egne af landet, hvor vandindtaget generelt er højere og 1 mg/L gælder for tempereret klima. I USA, modtager 72 % af befolkningen fluorideret drikkevand og der anbefales en tilsætning af fluorid til målkonzentration på 0,7-1,2 mg/L afhængig af gennemsnitlig daglig maksimumtemperatur i vandforsyningsområdet (CDC, 2001). I England modtager ca. 10 % af befolkningen fluorideret drikkevand, og der anbefales en målkonzentration på 1 mg/L med henvisning til landets tempererede klima (Jones and Lennon, 2004).

Omkostningerne forbundet med fluoridering er for 2003 estimeret til ca. US\$ 0,43/år per borger i vandforsyningsområder større end 20.000 borgere inklusiv investering og driftsomkostninger (O'Connell et al., 2005). Omregnet til danske kroner (2011) svarer dette til ca. kr. 5/borger/år eller ca. kr. 0,08 per m³ drikkevand forbrugt i København. Prisen er forbundet med usikkerhed, da den er baseret på amerikanske erfaringer, men det vurderes af forfatterne, at omkostningen er en rimelig indikation for det omkostningsniveau, fluoridering vil have i København. Omkostningen er under alle omstændigheder væsentlig lavere end den forventede besparelse forårsaget af færre huller i tænderne (jf. afsnit 9). Denne konklusion er i overensstemmelse med erfaringer fra fx England (Jones and Lennon, 2004) og USA (O'Connell et al., 2005).

Reduceres calciumkoncentration som følge af blødgøring til 39 mg/L, forudsiger Bruvo et al.'s relation, at fluoridindholdet skal øges fra 0,53 til 0,9 mg/L for at sikre et uændret DMFS-niveau i København (Bilag 3). Niveaulet på 0,9 mg fluorid per liter stemmer overens med anbefalingerne fra WHO og praksis i Australien, USA og England.

11. Overvejelser vedrørende mulige sundhedseffekter af blødgøring

Udover ovenstående diskussion af blødgøringens betydning for caries, er der i litteraturen nævnt en række andre sygdomme, der kan have forbindelse til mineralindholdet i drikkevand. I forbindelse med den foreslåede blødgøring i København er det kun calcium, natrium, bikarbonat og pH der ændres i drikkevandet. Ernæringsmæssigt er det især calcium, der kan forventes at komme et væsentligt bidrag fra via drikkevandet. Det anslås at op til 20 % af det daglige indtag af calcium kan komme fra drikkevand, og det kan for nogle områder og befolkningsgrupper være et væsentligt supplement til det daglige indtag af calcium (WHO, 2005). De Nordiske Næringsstof Anbefalinger anbefaler et calciumindtag på 800-900 mg calcium/dag for voksne (Saxholt et al., 2010). Antages det daglige indtag af drikkevand at være omkring 1½ L/person fås et calciumindtag på ca. 170 mg/dag, svarende til omtrent 20 % af anbefalet dagligt indtag. Efter blødgøring reduceres indtaget til ca. 60 mg/dag efter blødgøring (ca. 7 % af anbefalet dagligt indtag). Indtaget reduceres i begge tilfælde hvis vandet opvarmes og calcium udfældes inden indtaget. En reduktion i dagligt indtag af calcium på 110 mg skal ses i sammenhæng med, at den gennemsnitlige dansker indtager ca. 100-300 mg mere calcium end anbefalet (Bilag 7). Fødevarerforskerne betegner den danske kosts indhold af calcium som "*rigeligt*", hvilket betyder at alle, der spiser tilstrækkeligt til at få deres energibehov dækket, får

nok calcium (Pedersen et al., 2010). Det vurderes dog også, at omtrent 25 % af befolkningen netop indtager tilstrækkeligt calcium eller for lidt i forhold til anbefalingerne (Bilag 7). Til sammenligning indeholder mælk ca. 1220 mg calcium/L, mens brød indeholder omtrent 300-500 mg calcium/kg (Saxholt et al., 2010).

Hjertekarsygdomme

Der har tidligere været meget fokus på drikkevandets hårdhed, indholdet af calcium og risikoen for hjertekarsygdomme. Nu er fokus rettet mod magnesiums betydning for hjertekarsygdomme og det vurderes ikke sandsynligt, at calciumindholdet i drikkevand påvirker risikoen for hjertekarsygdomme (Monarca et al., 2006, 2009; Cotruvo and Bartram, 2009). Den foreslåede blødgøringsmetode påvirker ikke magnesiumindholdet i drikkevand og det ventes derfor ikke, at blødgøring vil have en effekt på hjertekarsygdomme i København.

Børneeksem

Som i tilfældet med caries er børneeksem (atopisk dermatitis) en sygdom med mange mulige baggrundsvariable. Selvom genetiske forhold menes at have den største betydning for forekomsten, kan denne faktor langt fra forklare hele variationen i forekomsten af børneeksem (Thestrup-Pedersen et al., 2002). Et signifikant sammenfald mellem hårdheden af drikkevand og forekomst af børneeksem blev først vist i England (McNally et al., 1998) og blev siden fundet i Japan og Spanien (Miyake et al., 2004; Arnedo-pena and Bellido-blasco, 2007). I England blev det observeret, at andelen af børn med børneeksem i forhold til andelen af børn uden børneeksem var 28-54 % højere i områder med hårdt vand end områder med blødt vand (McNally et al., 1998). Studiets resultater er korrigeret for andre variable, som fx alder, køn, socioøkonomisk status mv. Det menes, at huden påvirkes af vandkvaliteten gennem øget forbrug af sæbe og vaskemidler, via små kalkpartikler, der irriterer huden eller mere generelt gør huden sårbar for allergener og bakterievækst (Thomas et al., 2011). Børneeksem har alvorlige omkostninger for de ramte familier i form af behandlingsudgifter og særligt rammes forældre hårdt af tabt nattesøvn og sygefravær med videre (Kemp, 2003). På denne baggrund har et engelsk studie undersøgt effekten af, at installere blødgøringsanlæg (ved ionbytning) hos familier med konstateret børneeksem. Konklusionen var, at blødgøring ved ionbytning ikke kan påvises at behandle konstateret børneeksem (Gamble and Dellavalle, 2011; Thomas et al., 2011). En forklaring på den tilsyneladende uoverensstemmelse af studierne kan være, at hårdheden af drikkevandet er med til at udløse børneeksem, men ikke har væsentlig betydning for den videre udvikling af sygdommen.

Der er altså påvist en korrelation mellem hårdhed i drikkevand og forekomsten af børneeksem, som indikerer, at hårdt vand medfører mere børneeksem. Et eksperiment har dog ikke kunne vise, at blødgøring fungerer som en behandling af børneeksem.

Nyresten

Nyresten består typisk af calciumoxalat og sammenhængen mellem indtag af oxalsyre og calcium og dannelsen af nyresten er forsøgt forklaret af flere omgange (Bellizzi et al., 1999). Tidligere anbefaledes et lavt indtag af calcium, hvor risikoen for nyresten ønskedes reduceret. Sidenhen blev det påvist at et højt indtag af calcium via maden var forbundet med reduceret risiko for nyresten, hvilket blev forklaret af at calcium bandt oxalsyre i fordøjelsessystemet og hindrede udskillelse til urinen. Senere igen er det blevet erkendt, at kosttilskud i form af calciumkarbonat tilsyneladende

forøger risikoen for nyresten, hvilket forklares af timingen af indtaget. Det menes, at hvis et højt calciumindtag sker uafhængigt af den oxalsyreholdige mad, kan oxalsyre og calcium udskilles til urinen og danne nyresten (Bellizzi et al., 1999; Siener et al., 2004). På den baggrund konkluderer nogen, at et lavt indtag af calcium generelt vil reducere risikoen for nyresten for særligt udsatte grupper (WHO, 2005 side 68). Indtages calciumrigt drikkevand i forbindelse med maden er det omvendt muligt, at det vil reducere risikoen for nyresten (Cotruvo and Bartram, 2009 side 3). En tidligere gennemgang af litteraturen fandt dog, at eksisterende retningslinjer for maksimum calciumindhold i drikkevand af hensyn til nyresten har sat den øvre grænse ved en hårdhed på 5 mmol/L, svarende til 28 °dH og altså væsentlig højere end i København (WHO, 2005, side 157). En anden gennemgang af litteraturen og senere studier fandt ikke belæg for at calciumbidrag fra føden og drikkevand har betydning for udviklingen af nyresten (Ramello et al., 2000; Schwartz et al., 2002; Vescini et al., 2007).

Resultaterne, beskrevet her, indikerer at drikkevandets calciumindhold ikke er afgørende for forekomsten af nyresten i København. Behandlingen af nyrestenspatienter bør dog tage højde for drikkevandets aktuelle indhold af calcium.

Knogleskørhed

Mange studier har undersøgt sammenhængen mellem mineralindtag og knoglemasse og knogleskørhed (osteoporose) og det er anerkendt, at et øget calciumindtag medfører en lavere risiko for knoglebrud (Heaney, 2000). Der er ikke foretaget en statistisk analyse af sammenfaldet mellem knogleskørhed og drikkevandets indhold af calcium i Danmark, men det foreslås af forskere fra Lægemiddelstyrelsen og GEUS, at der bør laves et sådant studie (Appel, 2011).

En nylig gennemgang af litteraturen konkluderede, at optagelsen af calcium fra drikkevand formentlig er ligestillet med optagelsen af calcium fra andre fødevarer (Cotruvo and Bartram, 2009 side 105). Det overvejes om et løbende indtag af calcium via drikkevand, kan være fordelagtigt for knoglesundhed i forhold til det momentvise indtag af anden føde. Dog vil drikkevand ikke være den primære kilde til calciumindtaget, da anden føde vil have et langt højere og mere varieret indhold af calcium. Mælk fremhæves som en mere optimal kilde til calcium end drikkevand, da det ud over en høj koncentration af calcium også medfører en mere effektiv optagelse end øvrige fødevarer og drikkevand (Guéguen and Pointillart, 2000). Som med de øvrige sygdomme nævnt her, er der tale om et komplekst sammenspil mellem mange faktorer. Indtaget af calcium og risikoen for knoglebrud, er for eksempel også vist afhængig af D-vitaminindtag (Feskanich et al., 2003) og mekanismerne for calciumoptaget diskuteres endnu i den faglige litteratur (Arnaud, 2008; Burckhardt, 2010).

Indføres blødgøring i København, bør det overvejes om særligt udsatte grupper eller befolkningen generelt bør sikres et øget tilskud af calcium fra andre kilder.

Øvrige perspektiver

En ekspertgruppe nedsat af WHO formulerede en række vidensgab, der blandt andet inkluderede 1) videre undersøgelser af calciums optagelse i kroppen fra drikkevand, 2) identifikation af "høj-risiko" grupper i befolkningen, der måtte have særlige behov for calciumindtag og 3) genoptagelse af ældre studier af mineralfattig drikkevands betydning for sundhed generelt (Cotruvo and Bartram, 2009 side

12ff). Sundhedseffekter af drikkevandskvalitet er et omfattende emne, der går på tværs af mange discipliner og hvor der hele tiden findes nye vinkler på sagen. En nyere publikation argumenterede for at syre-base forhold i kroppen, påvirket af fx drikkevandets alkalinitet, kan være udslagsgivende i forhold til hjertekarsygdomme (Rylander, 2008). Der er også fundet sammenfald mellem calciumkoncentrationen af drikkevand og risikoen for tarmkræft og igen er der tale om et studie, hvor der findes gode argumenter for en sammenhæng, men hvor den kausale sammenhæng ikke er endeligt bevist (Chang et al., 2010; Chiu et al., 2011).

Fælles for de ovenstående effekter er dog, at de nok kan være signifikante statistisk set, men bortset fra fluorids indflydelse på tandsundhed er effekterne marginale på individniveau. Dette er formentlig også forklaringen på, at blødgøring er indført i andre lande uden større (publicerede) undersøgelser af de sundhedsmæssige aspekter. For eksempel er blødgøring anvendt i Tyskland og Belgien efter nøje overvejelser af konsekvenserne for samfundet, miljø og økonomi (Merkel, 1998; Hillebrand et al., 2004; Van der Bruggen et al., 2009) men ingen af de nævnte studier har vurderet det nødvendigt at inkludere de sundhedseffekter som er omtalt i dette notat. Dog må det understreges at de marginale effekter på individniveau kan være ganske væsentlige når hele populationer er påvirket af ændringen af vandkvalitet.

12. Konklusioner i forhold til indførelse af blødgøring i København

Om konsekvenserne af at blødgøre drikkevandet i København, kan det siges at:

- DMFS er et retvisende og anerkendt mål for cariesforekomsten.
- Cariesforekomsten i Danmark og nabolande er reduceret dramatisk siden 1980'erne uafhængigt af drikkevandskvaliteten. I Danmark er det gennemsnitlige DMFT blandt 12-årige reduceret fra omkring 5 til 0,6 DMFT (ca. 7,5 til 0,9 DMFS) i 2010. I internationale sammenhænge betegnes Danmarks cariesniveau som *meget lavt*.
- Københavns DMFS-niveau for 15-årige var i 2004 3,04 mod landsgennemsnittet på 2,86 på trods af, at Københavns drikkevands calcium- og fluoridindhold er højere end landets gennemsnitlige drikkevandkoncentrationer af calcium og fluorid.
- DMFS-niveauet varierer kraftigt mellem kommuner uafhængigt af drikkevandskvaliteten. Nogle kommuner med et højt indhold af calcium har flere DMFS end kommuner med samme fluoridindhold og lavere calciumindhold.
- Cariesforekomsten er påvirket af en lang række faktorer, der blandt andet inkluderer socioøkonomiske forhold, heriblandt tandplejetilbud, indkomst, men også drikkevandskvalitet. Fluoridkoncentrationen menes at forklare 35 % af variansen i danske unges DMFS-niveauer og inkluderes calcium i modellen øges forklaringen til 45 %.
- Ovennævnte relation mellem calciumindholdet i drikkevand og forekomsten af caries, er ikke bevist som en kausal sammenhæng, og der er flere uafklarede faktorer, der komplicerer den mulige forklaring. For eksempel kan det nævnes, at mineraler med betydning for tændernes remineraliseringsproces under alle omstændigheder er overmættet i spyt, i det nuværende drikkevand, såvel som i blødgjort drikkevand. Dog er mængden af frit calcium i blødgjort drikkevand omtrent 44 % højere end i spyttet. I det nuværende Københavnske drikkevand er mængden af frit calcium omtrent 200 % højere end spyttets naturlige indhold.
- Calciums betydning for cariesforekomsten er dog velfunderet i den eksisterende viden om cariesudvikling og udvekslingen af mineraler mellem tænder og spyt.
- En gennemgang af litteraturen og korrespondance med førende forskere indenfor emnet viser, at sammenhæng mellem mineraler i drikkevandet, spyttets mineralsammensætning og tændernes de- og remineraliseringsprocesser ikke er klarlagt, endsige grundigt undersøgt. Det er derfor uafklaret om calcium i drikkevands mulige beskyttende virkning mod caries skyldes vandets direkte påvirkning af mundhulen, eller indirekte via kroppens calciumoptag og spytsekretionen.
- I tilfælde af blødgøring viser Bruvo et al.'s model for sammenhæng mellem calcium, fluorid og caries en 37 % stigning svarende til omkring 1,13 DMFS pr. barn (regnet på baggrund af 2004-niveauet i cariesforekomsten) ved det fyldte femtende år. En sådan stigning svarer til en merudgift på 150 kr. pr. barn pr. år. Estimatet er dog behæftet med væsentlig usikkerhed

og 95 % -prædiktionsinterval forudsiger et spænd der går fra 27 % reduktion til 150 % stigning i DMFS.

- Tandlægeforeningen udtrykker bekymring for et tiltag, der kan give mere caries, og anbefaler at konsekvenserne undersøges nøje inden implementering af blødgøring.
- Det reducerede calciumindhold i drikkevandet, kan eventuelt afhjælpes helt eller delvist af videregående sociale og sundhedsfaglige tiltag svarende til de, der har været medvirkende til den kraftige reduktion i cariesforekomsten siden 1980. Alternativt kan det overvejes at tilsætte fluorid til drikkevandet og øge det naturlige fluoridindhold fra 0,5 til 0,9 mg/L. Omkostningen til fluoridering forventes at være lav, og er groft skønnet til et niveau omkring kr. 0,08 per m³ leveret drikkevand.
- Københavnerne drikkevand dækker omtrent 20 % af anbefalet dagligt calcium indtag for voksne, ved et dagligt indtag på 1½ L drikkevand. Størstedelen af danskerne indtager rigeligt calcium via føden og vil fortsat gøre det efter blødgøring af drikkevandet.
- Et reduceret calciumindhold i drikkevand vil muligvis påvirke andre sygdomme end caries, herunder børneeksem, nyresten og knogleskørhed, hvoraf nogle vil påvirkes i positiv retning og andre i negativ retning. Sygdommene er domineret af andre faktorer end drikkevandets sammensætning.
- På baggrund af en litteraturgennemgang og korrespondance med fagfolk beskæftiget med blødgøring af drikkevand står det klart, at der i Belgien, Holland og Sverige ikke regnes med at blødgøring ved fældningsmetoden vil have negative sundhedsmæssige konsekvenser, og derfor er mulige sundhedskonsekvenser af etableret blødgøring ikke undersøgt.

Referencer

- Appel, P.W.U., 2011. Medicinsk geologi. En kort sammenstilling af danske projekter relateret til medicinsk geologi.
- Arnaud, M., 2008. Higher calcium urinary loss induced by a calcium sulphate-rich mineral water intake than by milk in young women Comments by Arnaud. *British Journal of Nutrition* 206-209.
- Arnedo-pena, A., Bellido-blasco, J., 2007. Dureza del agua de consumo doméstico y prevalencia de eczema atópico en escolares de Castellón , España 49, 295-301.
- Bardow, a, Nyvad, B., Nauntofte, B., 2001. Relationships between medication intake, complaints of dry mouth, salivary flow rate and composition, and the rate of tooth demineralization in situ. *Archives of oral biology* 46, 413-23.
- Bellizzi, V., De Nicola, L., Minutolo, R., Russo, D., Cianciaruso, B., Andreucci, M., Conte, G., Andreucci, V.E., 1999. Effects of water hardness on urinary risk factors for kidney stones in patients with idiopathic nephrolithiasis. *Nephron* 81 Suppl 1, 66-70.
- Bratthall, D., Hänsel-Petersson, G., Sundberg, H., 1996. Reasons for the caries decline: what do the experts believe? *European journal of oral sciences* 104, 416-22; discussion 423-5, 430-2.
- Broadbent, J.M., Thomson, W., 2005. For debate: problems with the DMF index pertinent to dental caries data analysis. *Community dentistry and oral* 33, 400-409.
- Van der Bruggen, B., Goossens, H., Everard, P.A., Stemgee, K., Rogge, W., 2009. Cost-benefit analysis of central softening for production of drinking water. *Journal of Environmental Management* 91, 541-549.
- Bruvo, M., Ekstrand, K., Arvin, E., Spliid, H., D, 2008. Optimal drinking water composition for caries control in populations. *Journal of dental research* 87, 340-343.
- Burckhardt, P., 2010. The Effect of Mineral Waters on Bone Metabolism: Alkalinity Over Calcium?, in: Burckhardt, P., Dawson-Hughes, B., Weaver, C. (Eds.), *Nutritional Influences on Bone Health*. Springer London, London.
- CDC, 2001. Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United States, Health (San Francisco). Atlanta, Georgia, USA.
- COWI, 2011. Central blødgøring af drikkevand.
- Chang, C.-C., Chen, C.-C., Wu, D.-C., Yang, C.-Y., 2010. Nitrates in drinking water and the risk of death from rectal cancer: does hardness in drinking water matter? *Journal of toxicology and environmental health. Part A* 73, 1337-47.
- Chiu, H.-F., Tsai, S.-S., Chen, P.-S., Wu, T.-N., Yang, C.-Y., 2011. Does calcium in drinking water modify the association between nitrate in drinking water and risk of death from colon cancer? *Journal of water and health* 9, 498-506.
- Cotruvo, J., 2006. Health Aspects of Calcium and Magnesium in Drinking Water. Water conditioning & purification.
- Cotruvo, J., Bartram, J., 2009. Calcium and magnesium in drinking water: Public health significance. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- Ekstrand, K., Christiansen, J., Christiansen, M., 2005. Relationen mellem fluoridindholdet i kommunernes drikkevand og caries-eksemplificeret ved DMF-S-vaerdier hos 12-, 15-og 18-årige i 2004. *Tandlægebladet* 109, 790.
- Ekstrand, K.R., Christiansen, M.E.C., Qvist, V., Ismail, a, 2010. Factors associated with inter-municipality differences in dental caries experience among Danish adolescents. An ecological study. *Community dentistry and oral epidemiology* 38, 29-42.
- Featherstone, J.D., 1999. Prevention and reversal of dental caries: role of low level fluoride. *Community dentistry and oral epidemiology* 27, 31-40.
- Featherstone, J.D., 2000. The science and practice of caries prevention. *Journal of the American Dental Association* (1939) 131, 887-99.

- Featherstone, J.D.B., 2008. Dental caries: a dynamic disease process. *Australian dental journal* 53, 286-91.
- Fejerskov, O., 1997. Concepts of dental caries and their consequences for understanding the disease. *Community dentistry and oral epidemiology* 25, 5-12.
- Feskanich, D., Willett, W.C., Colditz, G. a, 2003. Calcium, vitamin D, milk consumption, and hip fractures: a prospective study among postmenopausal women. *The American journal of clinical nutrition* 77, 504-11.
- Furlani, T.A., Magalhães, A.C., Iano, F.G., Cardoso, V.E.D.S., Delbem, A.C.B., Buzalaf, M.A.R., 2009. Effect of calcium pre-rinse and fluoride dentifrice on enamel and on dental plaque formed in situ. *Oral health preventive dentistry* 7, 23-28.
- Gamble, R.G., Dellavalle, R.P., 2011. Ion-Exchange Water Softener Use and Eczema. *Archives of Dermatology* 147, 1208.
- Godskesen, B., Hauschild, M.Z., Rygaard, M., Zambrano, K., Albrechtsen, H.-J., 2012. Life cycle assessment of central softening of very hard drinking water *Journal of Environmental Management. Journal of Environmental Management Accepted*.
- Griffin, S.O., Regnier, E., Griffin, P.M., Huntley, V., 2007. Effectiveness of fluoride in preventing caries in adults. *Journal of dental research* 86, 410-5.
- Guéguen, L., Pointillart, a, 2000. The bioavailability of dietary calcium. *Journal of the American College of Nutrition* 19, 119S-136S.
- Heaney, R.P., 2000. Calcium, dairy products and osteoporosis. *Journal of the American College of Nutrition* 19, 83S-99S.
- Hillebrand, T., Böhm, E., Kotz, C., Schikorra, V., Schleich, J., Hesse, S., Baldauf, G., 2004. *Zentrale Enthärtung von Trinkwasser. Eine ökologische und ökonomische Bewertung. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart*.
- Hofman, J., Kramer, O., Hoek, J.P. van der, Nederlof, M., Groenendijk, M., 2007. Twenty years of experience with centralised softening in the netherlands. *Water21* 21-24.
- Johansson, I., Ericson, T., Steen, L., 1984. Studies of the effect of diet on saliva secretion and caries development: the effect of fasting on saliva composition of female subjects. *The Journal of nutrition* 114, 2010-20.
- Jones, S., Lennon, K., 2004. One in a million. The British Fluoridation Society, The UK Public Health Association, The British Dental Association, and The Faculty of Public Health, Royal College of Physicians, UK.
- Kemp, A.S., 2003. Cost of Illness of Atopic Dermatitis in Children: A Societal Perspective. *PharmacoEconomics* 21, 105-113.
- Kirkeskov, L., Kristiansen, E., Bøggild, H., von Platen-Hallermund, F., Sckerl, H., Carlsen, A., Larsen, M.J., Poulsen, S., 2010. The association between fluoride in drinking water and dental caries in Danish children. Linking data from health registers, environmental registers and administrative registers. *Community dentistry and oral epidemiology* 206-212.
- Kristiansen, E., Kirkeskov, L., Bøggild, H., von Platen-Hallermund, F., Sckerl, H., Carlsen, A., Larsen, M.J., Poulsen, S., 2010. Caries hos børn og unge, fluorid i drikkevandet, forældreindtægt og køn. *Tandlægebladet* 114, 470-478.
- Larsen, M., 2003. Saturation of human saliva with respect to calcium salts. *Archives of Oral Biology* 48, 317-322.
- Lingström, P., Moynihan, P., 2003. Nutrition, saliva, and oral health. *Nutrition* 19, 567-569.
- Lynch, R.J.M., Ten Cate, J.M., 2005. The anti-caries efficacy of calcium carbonate-based fluoride toothpastes. *International Dental Journal* 55, 175-178.
- Magalhães, A.C., Furlani, T.D.A., Italiani, F.D.M., Iano, F.G., Delbem, A.C.B., Buzalaf, M.A.R., 2007. Effect of calcium pre-rinse and fluoride dentifrice on remineralisation of artificially demineralised enamel and on the composition of the dental biofilm formed in situ. *Archives of oral biology* 52, 1155-60.

- McDonagh, M.S., Whiting, P.F., Wilson, P.M., Sutton, A.J., Chestnutt, I., Cooper, J., Misso, K., Bradley, M., Treasure, E., Kleijnen, J., 2000. Systematic review of water fluoridation. *British Medical Journal* 321, 855-859.
- McNally, N.J., Williams, H.C., Phillips, D.R., Smallman-Raynor, M., Lewis, S., Venn, A., Britton, J., 1998. Atopic eczema and domestic water hardness. *Lancet* 352, 527-531.
- Merkel, W., 1998. Zentrale Enthärtung von Trinkwasser - wirtschaftliche Gesichtspunkte aus der Sicht der Verbraucher.
- Miyake, Y., Yokoyama, T., Yura, A., Iki, M., Shimizu, T., 2004. Ecological association of water hardness with prevalence of childhood atopic dermatitis in a Japanese urban area. *Environmental Research* 94, 33-37.
- Mobley, C., Marshall, T. a, Milgrom, P., Coldwell, S.E., 2009. The contribution of dietary factors to dental caries and disparities in caries. *Academic pediatrics* 9, 410-4.
- Monarca, S., Donato, F., Zerbini, I., Calderon, R.L., Craun, G.F., 2006. Review of epidemiological studies on drinking water hardness and cardiovascular diseases. *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation* 13, 495-506.
- Monarca, S., Kozisek, F., Craun, G., Donato, F., Zerbini, I., 2009. Drinking water hardness and cardiovascular disease. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology* 16, 735-6.
- Mons, M., van Dijk, H., Gatel, D., Hesse, S., Nguyen, M.-L., 2007. Softening, conditioning and the optimal composition of drinking water. *Water* 21 19-21.
- NHMRC, NRMCC, 2011. Australian Drinking Water Guidelines Paper 6 National Water Quality Management Strategy. Canberra, Australia.
- O'Connell, J.M., Brunson, D., Anselmo, T., Sullivan, P.W., 2005. Costs and savings associated with community water fluoridation programs in Colorado. *Preventing chronic disease* 2 Spec no, A06.
- Parkhurst, D.L., Appelo, C.A.J., 2008. PHREEQC for Windows.
- Pedersen, A., Fagt, S., Groth, M., Christensen, T., 2010. Danskernes kostvaner 2003 - 2008. Søborg.
- Pessan, J.P., Sicca, C.M., de Souza, T.S., da Silva, S.M.B., Whitford, G.M., Buzalaf, M. a R., 2006. Fluoride concentrations in dental plaque and saliva after the use of a fluoride dentifrice preceded by a calcium lactate rinse. *European journal of oral sciences* 114, 489-93.
- Petersen, P.E., 2003. The World Oral Health Report 2003, Oral Health. Geneva.
- Petersen, P.E., Bourgeois, D., Ogawa, H., Estupinan-day, S., Ndiaye, C., 2005. Policy and Practice The global burden of oral diseases and risks to oral health. *Bulletin of the World Health Organization* 022806, 661-669.
- Ramello, A., Vitale, C., Marangella, M., 2000. Epidemiology of nephrolithiasis. *Journal of Nephrology* 13 Suppl 3, S45-S50.
- Rygaard, M., Arvin, E., Binning, P.J., 2009. The valuation of water quality: effects of mixing different drinking water qualities. *Water research* 43, 1207-18.
- Rylander, R., 2008. Drinking water constituents and disease. *The Journal of nutrition* 138, 423S-425S.
- SCOR, 2011. Børne- og ungdomstandplejens statistik 2010.
- Saxholt, E., Fagt, S., Matthiessen, J., Christensen, T., 2010. Den lille levnedsmiddeltabel, 4th ed. DTU Fødevareinstituttet, Søborg.
- Schwartz, B.F., Schenkman, N.S., Bruce, J.E., Leslie, S.W., Stoller, M.L., 2002. Calcium nephrolithiasis: effect of water hardness on urinary electrolytes. *Urology* 60, 23-7.
- Selwitz, R.H., Ismail, A.I., Pitts, N.B., 2007. Dental caries. *Lancet* 369, 51-9.
- Siener, R., Jahnen, a, Hesse, a, 2004. Influence of a mineral water rich in calcium, magnesium and bicarbonate on urine composition and the risk of calcium oxalate crystallization. *European journal of clinical nutrition* 58, 270-6.

- Sydvatten, 2011. Vombverket - Sydvatten [WWW Document]. URL <http://sydvatten.se/var-verksamhet/vattenverk/vombverket>
- THL, 2010. A Nordic Project of Quality Indicators for Oral Health Care. Helsinki.
- Thestrup-Pedersen, K., Larsen, F.S., Olesen, A.K.B., Wulf, H.C.O., Bindslev-Jensen, C., 2002. Atopisk dermatitis. Dansk Dermato-Venerologisk Selskab. Den Almindelige Danske L'geforening, København.
- Thomas, K.S., Dean, T., O'Leary, C., Sach, T.H., Koller, K., Frost, A., Williams, H.C., 2011. A Randomised Controlled Trial of Ion-Exchange Water Softeners for the Treatment of Eczema in Children. *PLoS medicine* 8, e1000395.
- Vescini, F., Buffa, A., Caudaulla, R., 2007. The influence of calcium on renal stone disease. *Progress in Nutrition* 9, 20-28.
- WHO, 2005. Nutrients in drinking water. Water, Sanitation and Health Protection and the Human Environment, WHO, Geneva, Geneva.
- Whitford, G.M., Wasdin, J.L., Schafer, T.E., Adair, S.M., 2002. Plaque fluoride concentrations are dependent on plaque calcium concentrations. *Caries Research* 36, 256–265.
- World Health Organization, 2004. Guidelines for drinking-water quality : Volume 1. Recommendations. World Health Organization.
- Zaborskis, A., Milciuviene, S., Narbutaite, J., Bendoraitiene, E., Kavaliauskiene, A., 2010. Caries experience and oral health behaviour among 11 -13-year-olds: an ecological study of data from 27 European countries, Israel, Canada and USA. *Community Dental Health* 27, 102-108.
- Łagocka, R., Sikorska-Bochińska, J., Noceń, I., Jakubowska, K., Góra, M., Buczkowska-Radlińska, J., 2011. Influence of the mineral composition of drinking water taken from surface water intake in enhancing regeneration processes in mineralized human teeth tissue. *Polish Journal of Environmental Studies* 20, 411-416.

Bilag 1. Litteraturgennemgang

Via DTU's adgang til Web og Knowledge er der søgt på nedenstående termer og fremkomne artiklernes titler er skippet for relevans. Udvalgte artiklers resumeer er læst og derefter er artikler med mulig relevans udvalgt til efterfølgende læsning.

Topic=((Cost OR Burden) AND Caries)

Topic=(softening AND caries)

Topic=(softening AND health)

Topic=(softener AND health)

Topic=(minerals AND drinking water AND health)

Topic=(hardness AND drinking water AND health)

Topic=("drinking water" AND osteoporosis)

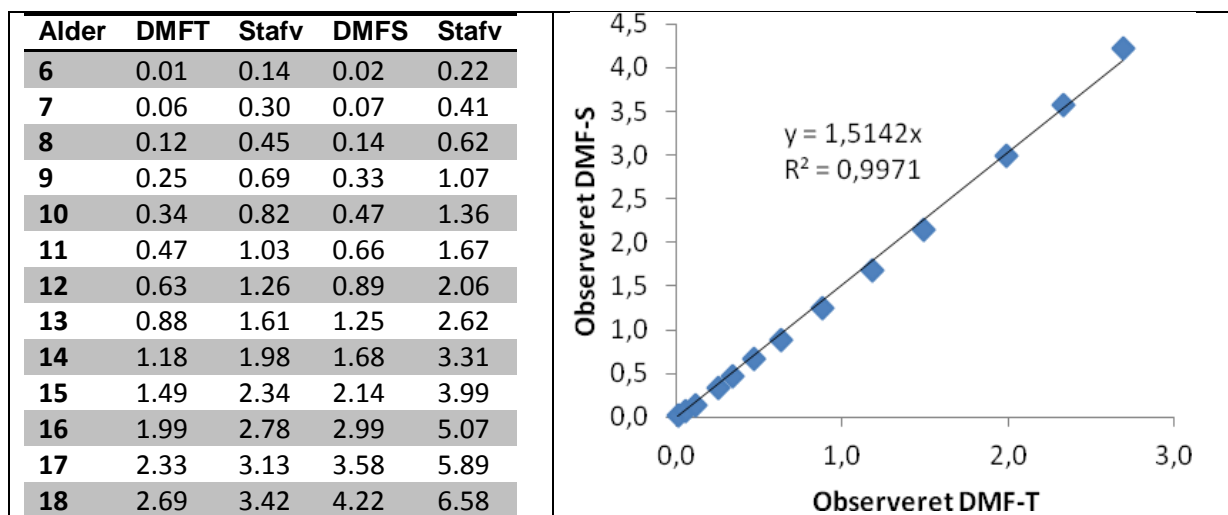
Topic=((soften? OR hardness) AND water AND (osteoporosis OR atopic eczema OR kidney stone OR bone density OR urinary stones OR nephrolithiasis))

Topic=(saliva AND calcium) Refined by: Topic=(diet*)

Bilag 2. Sammenhæng mellem DMFT og DMFS i Danmark 2011

Sammenhængen mellem DMFT og DMFS i baseret på tal indberettet i Danmark 2010. Landstotal data hentet fra SCOR 16. november 2011 (SCOR, 2011):

http://www.sst.dk/Planlaegning%20og%20kvalitet/Tandpleje/Kommunal_tandpleje_tilbud_og_tilskudsordninger/SCOR.aspx



Lineær regression DMFT og DMFS

Koefficient (hældning)	1.51
B constant (skæring)	0.00
St.error hældning	0.0163
r^2	0.999
F statistic	8603
SS_regression	50.0
St.error y-værdi	0.0763
df	12
SS_residual	0.070

F-test: Test for the relationship occurring by chance

F-test:	
F	8602.5
v1	1.0
v2	12.0
FDIST	<0.00001

Since $FDIST < 0.00001$ I am very confident that that the proposed relation between DMFT and DMFS did not occur by chance.

t-test (tjek af hældning)

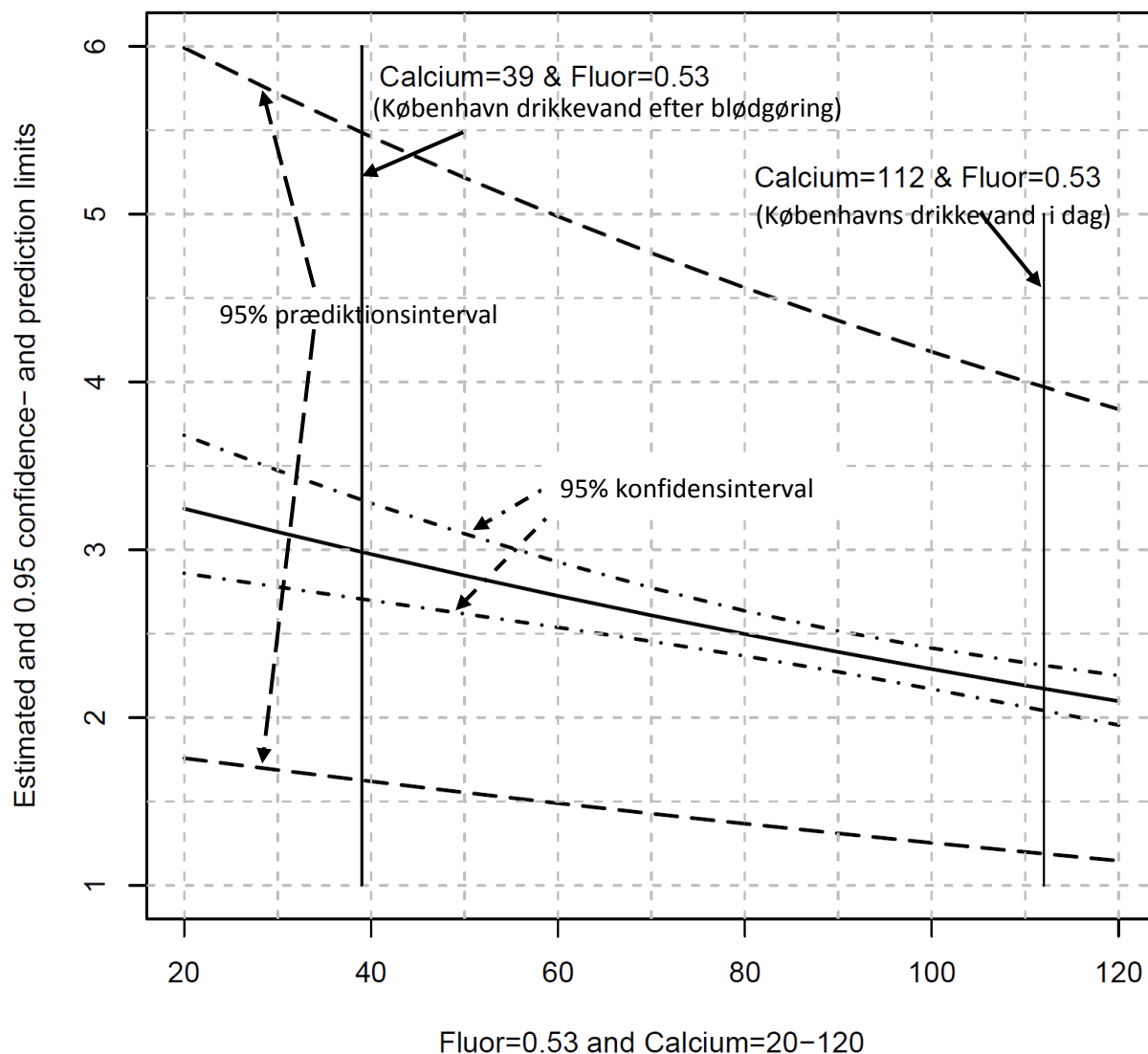
Slope	1.5
Slope st error	0.0
t	92.7
t_critical (0.0001)	5.7

Since $t > t\text{-critical}$ I am at least 99.99% confident that the slope coefficient is useful to estimate the DMFS value.

Det er på denne baggrund antaget rimeligt at estimere DMFS som 1.5 gange DMFT for danske unge 6-18 år gamle.

Bilag 3. Prædiktion af DMFS niveauer

Henrik Spliid, professor, ISCC, DTU Dataanalyse, har estimeret den forventede effekt af blødgøring i form af en ændret DMFS værdi med tilhørende prædiktionsintervaller (Figur 3). Konfidens- og prædiktionsintervallerne er udtryk for den usikkerhed, der eksisterer omkring forudsigelsen af DMFS-værdier baseret på den publicerede model for relationen mellem calcium, fluorid og caries i Danmark. Konfidensintervallet udtrykker usikkerheden omkring gennemsnittet af DMFS-værdier, mens prædiktionsintervallet udtrykker usikkerheden på det enkelte data punkt.



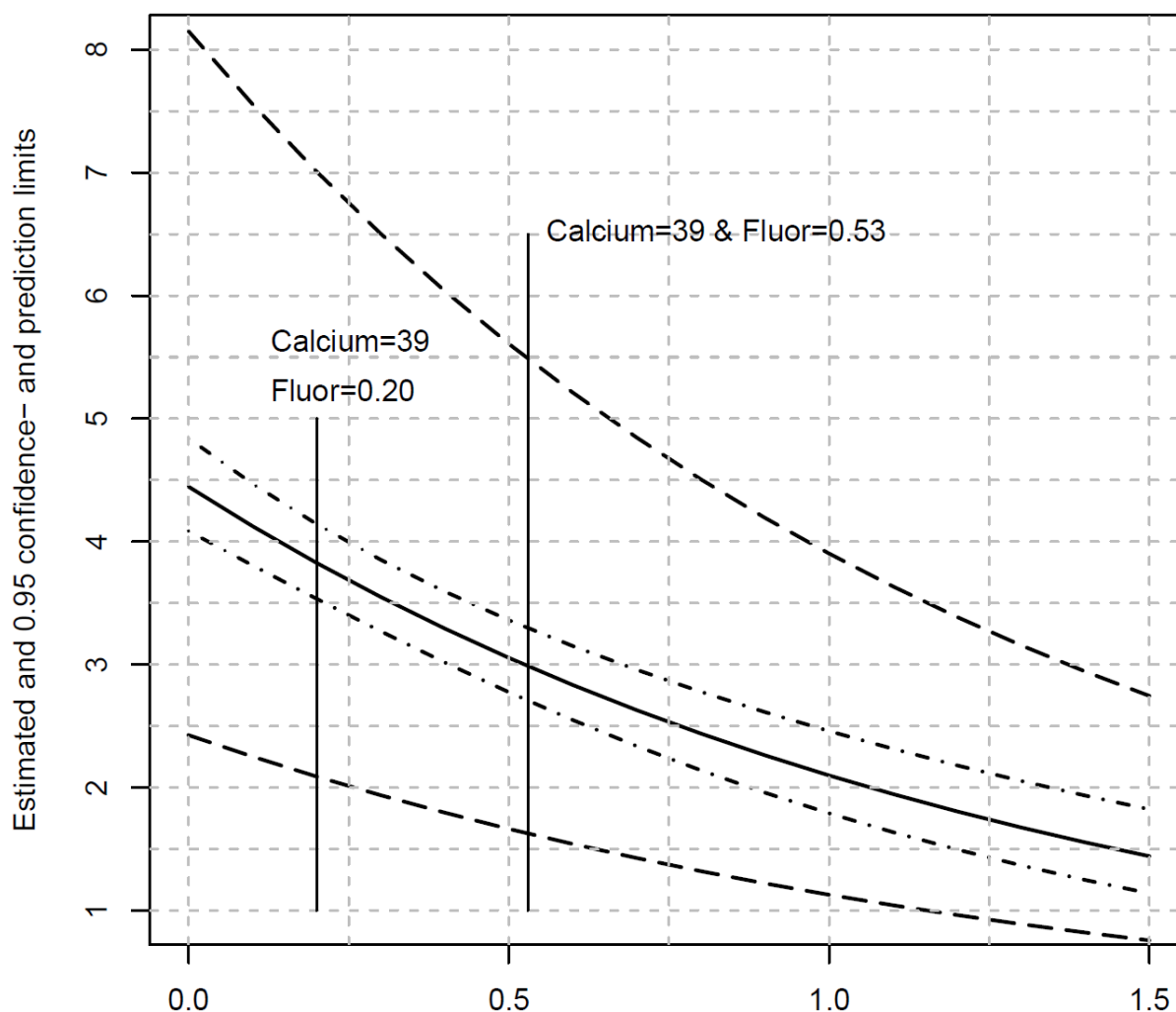
Figur 3. Estimeret DMFS niveau 2004 baseret på publiceret relation mellem calcium, fluorid i drikkevandet og DMFS niveau blandt 15-årige i Danmark (Bruvo et al., 2008). Figuren er udarbejdet af Henrik Spliid, professor, ISCC, DTU Dataanalyse.

Det bemærkes at den observerede DMFS værdi for København, der benyttedes i studiet (DMFS = 3,04 (Tabel 2) ligger indenfor prædiktionsintervallet for drikkevand med calcium = 112 mg/L og fluorid = 0.53 mg/L og støtter således modellen.

Det bemærkes også at modellen forudsiger en ændring i DMFS fra 2,2 til 3,0, svarende til en stigning på 37%.

95%-konfidensintervallet for DMFS i tilfælde af blødgøring er estimeret til 2,7 – 3,3, svarende til en stigning på 23 til 50% (aflæst Figur 3). 95%-prædiktionsintervallet for DMFS i tilfælde af blødgøring er estimeret til 1,6 – 5,5 svarende til en stigning på -27% (altså en reduktion) til 150% (aflæst Figur 3).

Skal den forventede ændring i DMFS i tilfælde af blødgøring modsvares af en ændring i fluoridindholdet, skal det øges fra 0,5 mg/L til ca. 0,8-0,9 mg/L (aflæst på Figur 4).



Figur 4. Estimeret DMFS niveau for fastholdt calciumkoncentration på 39 mg/L, baseret på publiceret relation mellem calcium, fluorid i drikkevandet og DMFS niveau blandt 15-årige I Danmark (Bruvo et al., 2008). X-aksen angiver fluoridkoncentration i drikkevandet i mg/L. Figuren er udarbejdet af Henrik Spliid, professor, ISCC, DTU Dataanalyse.

Bilag 4. Korrespondance med Allan Bardow, Odontologisk Institut, Københavns Universitet

Mail 27. juni 2007

Kan man sige noget om betydningen af at der kun optræder 15-årige i undersøgelsen?

- at der kun optræder 15-årige i undersøgelsen er nok mest af alt en fordel idet DMF-S variabelen også indeholder tabte tandflader (M-S). Ved registreringer på ældre grupper vil M-S delen således komme til at spille større og større rolle, også selvom tandfladerne mistes af andre årsager end caries f.eks. paradontose. Dermed bliver estimatet for cariesudviklingen mere usikkert. Ydermere kunne man forestille sig at 15-årige i Danmark er mere homogene som gruppe end f.eks. 30-årige.

Er det rimeligt at antage en ens concentration-response funktion (CRF) for øvrige aldersgrupper? Hvis ikke: kan man sige noget om hvordan CRF vil afvige for øvrige aldersgrupper?

- man kan ikke nødvendigvis antage præcist det samme respons. Det kommer an på hvilke tandflader der er at lave caries i. Disse vil med alderen blive færre og færre (pga. fyldninger mm.) hvorved responset godt kunne blive anderledes - men nok ikke alvorligt meget anderledes.

Er det muligt at sige noget om hvor hurtigt der optræder en effekt efter en eventuel ændring af drikkevandskvaliteten? Hvornår sker skaden – og hvor længe går der før tandlægen reagerer på den?

- I Skandinavien er caries ca. 3-4 år om udvikles i de permanente tænder førend man vil lave en fyldning og registrere det - der vil derfor gå en del tid førend effekten af drikkevandet vil kunne ses.

Er der tale om en effekt af at mineraler udfældes på overfladen af tandemaljen, er der tale om en diffusionsproces, en kombination eller noget helt fjerde?

-Calciumkoncentrationen i det orale væskemiljø påvirker mætningsgraden med hensyn til hydroxylapatit. En høj calciumkoncentration modvirker således demineralisering mens cariesangrebet er aktivt og øger remineralisering i perioder med hvor angrebet er mindre aktivt. En anden effekt er at calcium kan bindes til de belægninger som sidder på tænderne. Herefter bindes fluorid fra f.eks. tandpasta til calcium - hvorved mere fluorid fastholdes tæt på tandoverfladen hvor caries foregår. Her er det vigtigt at huske, at koncentrationen af ioniseret calcium kun er omkring 0,5 mmol/L i menneskespyt, hvilket er helt op til 7 gange mindre end samme koncentration i drikkevandet. Dette er den primære årsag til at jeg synes, at den fundne effekt af drikkevandets calcium på DMFS virker plausibel.

Ligger I inde med data på omkostningerne forbundet med tandplejen af DMF-S? Jeg ville gerne være i stand til estimere samfundets omkostninger ved en eventuel sænkning af fluorid/calcium indholdet.

-Det er svært at sige da kommunalt ansatte tandlæger (dem der har med børn at gøre) er månedslønnede. Men prisen for en flade (DMF-S = 1) som behandles med en plastfyldning, bedøvelse og hygiejnetillæg er vel omkring 750 kr.

E-mail 9. december 2011

Hej Martin,

Lige en forklaring til data nederst på siden. (Allan henviser til e-mail af 7. september 2010, red)

Det er den gennemsnitlige frembrudsalder for permanente tænder (hvor gammelt er barnet når det får tanden) som er beregnet til 9,3 år. I vores undersøgelse var børnene 15,0 år og havde derfor haft tænderne i munden $15,0 - 9,3 = 5,7$ år. Nogle tænder vil have været der væsentlig længere (fortænderne) mens andre vil have været i munden kortere tid (bagerste kindtænder). Men gennemsnitligt har en permanent tandflade altså været eksponeret til munden i 5,7 år hos en person på 15 år.

På det tidspunkt var det gennemsnitlige antal flader der havde (eller havde haft) caries 2,86 blandt børn i Danmark. Dermed var den gennemsnitlige cariestilvækst i 2004 blandt børn i Danmark indtil det 15. år 0,5 tandflade pr. år (2,86 DMFS / 5,7 år). I Københavns kommune var værdien lidt højere og udgjorde i 2004 omkring 0,53 DMFS pr. barn pr. år.

Det koster omkring 750 kroner at behandle en hel flade og altså derfor 375 kroner for en halv. Så den nationale udgift til behandling af huller hos børnene i undersøgelsen er $52.057 \text{ børn} \times 375 \text{ kroner} = 19.521.375 \text{ kroner pr. år. pr. årgang.}$

Hvis man antager at dette tal er nogenlunde det samme i mælketænder (det er nok lidt højere for de er mindre mineraliserede og har tyndere emalje, hvorfor caries alt andet lige hurtigere bliver alvorligt) og at skole og børnetandplejen primært er mellem 3 og 18 år så bliver den totale udgift:

$15 \text{ årgange} \times 19.521.375 \text{ kroner} = 292.820.625 \text{ kroner pr. år til "huller" hos børn i Danmark.}$

Men dette beløb er nok meget lavt sat - fordi caries der ikke bare kan behandles med en fyldning koster meget mere og her taler vi om op til 10 gange så meget pr. tand ved f.eks. rodbehandling og guldkrone. Så de 750 kroner er efter min mening absolut minimum og afspejler en situation hvor alle huller kan behandles af en gang og med en almindelig fyldning.

Hvis man regner på alle aldersgrupper vil der selvfølgelig være flere helt eller delvist tandløse i den ældre del af befolkningen. Disse personer vil grundet færre tænder selvfølgelig også være mindre udsat for øget caries som følge af en ændring i drikkevandssammensætningen. Alligvel er jeg dog overbevist om at de samlede udgift er større end de 750 kroner pr. flade også selvom man laver en beregning på hele befolkningen - hvoraf nogle vil være tandløse og derfor ikke vil påvirkes af en øget cariestilvækst.

Ovenstående beregninger er således udelukkende hvad der kan estimeres direkte ved anvendelse af de tal der indgår i undersøgelsen og ved anvendelse af de 750 kroner (foreslået af mig) som vejledende for udgiften til behandling pr. tandflade.

Jeg vil dog gerne understrege at mit forskningsområde er oral fysiologi samt interaktioner mellem det orale væskemiljø og tandoverfladerne. Hvis nærværende notat udløser en nærmere undersøgelse af effekten af blødgøring af Københavns kommunes drikkevand, bør det derfor kun ske hvor en person fra Tandlægeforeningen eller lignende med sundhedsøkonomisk ekspertise på tandplejeområdet kritisk gennemgår de af mig opstillede estimater på merudgifter til tandbehandling ved ændring af drikkevandet.

Hilsen Allan.

E-mail 7. september 2010

Frembrudstidspunkter								
Tand	Helm (D)	Helm (P)	Carlsen	ten Cate (D)	ten Cate (P)	GS	Flader	Vægt
1+1	6,8	6,7	7,0	8,3	7,4	7,2	4	29,0
1-1	6,2	5,9	7,0	7,3	6,7	6,6	4	26,4
2+2	8,0	7,8	8,0	9,1	8,1	8,2	4	32,8
2-2	7,1	7,0	8,0	8,1	7,3	7,5	4	30,0
3+3	11,2	10,7	10,0	11,0	9,4	10,5	4	41,8
3-3	9,7	9,6	9,0	10,9	9,2	9,7	4	38,7
4+4	10,0	10,0	9,0	11,1	9,7	10,0	5	49,8
4-4	10,0	10,0	10,0	11,2	9,9	10,2	5	51,1
5+5	10,9	10,7	11,0	11,6	10,6	11,0	5	54,8
5-5	11,0	10,7	11,0	11,9	10,6	11,0	5	55,2
6+6	6,2	5,9	6,0	7,8	7,2	6,6	5	33,1
6-6	6,2	5,9	6,0	7,8	7,2	6,6	5	33,1
7+7	11,9	11,8	12,0	12,4	11,8	12,0	5	59,9
7-7	11,3	11,2	12,0	11,8	12,5	11,8	5	58,8

Helm S, Seidler B. Timing of permanent tooth emergence in Danish children.

Community Dent Oral Epidemiol 1974; 2: 122-129.

Carlsen, O. Dental macromorphology. Copenhagen:

Odontologisk Boghandel og Forlag, 2000: 100-133.

Nanci A. Physiologic tooth movement: eruption and shedding. In: Nanci A (Ed.)

Ten Cate's Oral Histology 7th edition. St Louis: Mosby Inc., 2008: 268-289.

SUM	64	594,46
	Vægtet GS	9,3
	DMF-S målt ved	15 År

	GS tandår i munden	5,7
--	--------------------	------------

	Udgift pr. flade	750 Kr.
	Udgift pr. år pr. flade	133 Kr.
	Kr. til EUR kurs 744	18 EUR

Bilag 5 Korrespondance med eksperter indenfor tand/spyt-kemi og -biologi

John Featherstone, School of Dentistry, UCSF

Mail 8. november 2011

Dear Mr Rygaard, I can only give an opinion, based upon my experience and knowledge. This opinion can not be taken as a definitive answer to your questions. Unfortunately the Bruvo article did not come through to me as an attachment, so I could not study it. However, based upon your comments, I can respond. See interspersed below.

--

*John D.B. Featherstone M.Sc., Ph.D.
Dean and Professor
School of Dentistry
University of California San Francisco*

*Dean's Office
513 Parnassus Ave, Room S630
Box 0430
School of Dentistry
UCSF
San Francisco CA 94143-0430
Telephone: 415-476-1323
Fax: 415-476-4226
Email: john.featherstone@ucsf.edu*

From: Martin Rygaard <mryg@env.dtu.dk<<mailto:mryg@env.dtu.dk>>>

Date: Mon, 7 Nov 2011 15:20:09 +0100

To: John Featherstone
state, saliva is supersaturated with calcium and phosphate. However, when there is salivary dysfunction (reduced salivary flow for example) then supplementary calcium is helpful, or even essential for severe dry mouth patients. <jdbf@ucsf.edu<<mailto:jdbf@ucsf.edu>>>

Subject: Fluoride in drinking water and dental health

Dear John D.B. Featherstone

I have read some of your publications on the cariostatic effects of fluoride. I would be very grateful if you or one of your colleagues, will help me out with the following questions.

A recent study in Denmark (Bruvo et al. 2008, attached) found a strong inverse relationship between drinking water fluoride and calcium concentrations and caries. The apparent significance of calcium in drinking water is presented as a new finding, however from reading your and others' articles there seem to be an acknowledged cariostatic effect of combining the two minerals in the saliva.

Several Danish water utilities consider to introduce softening, which will reduce calcium concentrations in the drinking water from 100-120 mg/L to around 50 mg/L. Most other parameters remain constant, including fluoride. However, based on Bruvo et al.'s study the government are now opposed to softening as long as there is a risk of increasing caries in the population. Now I have been asked: is it really possible that drinking water calcium can have such a strong influence on caries?

I will kindly ask you to consider my questions:

1. With your experience in the field: does it make sense, that the observed effect of calcium in drinking water proposed by Bruvo et al. is as strong as indicated by the study. Saliva is supersaturated with calcium already, so how can drinking water add to the remineralization?

Calcium is essential for remineralization and repair of the early stages of decay in the enamel or dentin of the tooth. Phosphate is also essential, and fluoride speeds up remineralization and makes the resulting remineralized mineral less acid soluble. However, as you point out saliva is supersaturated with calcium and phosphate, suggesting that additional calcium may not be beneficial, except in the case of salivary dysfunction (reduced saliva flow) when calcium supplementation is very beneficial.

2. Or can other effects of the dental/oral chemistry explain the relationship between calcium in drinking water and caries?

Years ago I studied other trace elements and showed that strontium, for example, in combination with fluoride, was very beneficial to enhancing remineralization. Other metal ions such as barium may also be beneficial. So, it is possible that there is something else, other than calcium that is the real reason for the observed effects. Impossible to tell without seeing all the data.

3. Do you know of any evidence against the proposed relationship between calcium in drinking water and caries – something that would make a causal relationship less likely?

No I do not, except what I stated above.

Gary M. Whitford, Department of Oral Biology, Medical College of Georgia

E-mail 10. December 2011

Dear Martin,

I recall reading the interesting paper by Bruvo et al when it appeared in JDR. As you know, our work (and that of Jerry Vogel's group) has shown a strong relationship between plaque calcium and fluoride concentrations. So in theory any method that would increase plaque calcium concentrations could also increase fluoride concentrations and potentially reduce the risk of dental caries.

One question is whether plaque calcium concentrations are related to those in drinking water. Bruvo's findings suggest that the answer could be yes but I am not aware of any publication that directly investigated that relationship. Another question is whether drinking water calcium concentrations over the range you mentioned can affect the calcium concentrations in plaque. At first glance, I think that since the range of calcium concentrations in saliva, which is the vehicle for delivery of calcium (and fluoride) to plaque, is also 50-100 mg/L, the concentration in drinking water might have little or no effect.

I am sorry that I can't be more definitive. It is clear to me, however, that this matter deserves research attention. If you have any questions or comments, I look forward to receiving them.

Kind regards, Gary Whitford

>>> Martin Rygaard <mryg@env.dtu.dk> 11/30/2011 7:07 AM >>>

From: Martin Rygaard

Sent: 03 November 2011 15:27

To: 'gwhitfor@mail.mcg.edu'

Subject: Calcium and fluoride in drinking water and dental health

Dear Gary M. Whitford

I have read some of your publications on the cariostatic effects of calcium and fluoride and effects of their combination. A recent study in Denmark (Bruvo et al. 2008, attached) found a strong inverse relationship between drinking water fluoride and calcium concentrations and caries. The apparent significance of calcium in drinking water is presented as a new finding, however from reading your and others' articles there seem to be an acknowledged cariostatic effect of combining the two minerals.

Several Danish water utilities consider to introduce softening, which will reduce calcium concentrations in the drinking water from 100-120 mg/L to around 40-50 mg/L. Most other parameters remain constant, including fluoride. Now I have been asked to answer the question: is it really possible that drinking water calcium can have such a strong influence on caries?

I will kindly ask you to consider my questions:

1. With your experience in the field: does it make sense, that the observed effect of calcium in drinking water proposed by Bruvo et al. relates to Ca in plaque and saliva and its relation to fluoride concentration in plaque and by that change the cariostatic effect?
2. Or can other effects explain the relationship between calcium in drinking water and caries?
3. Do you know of any evidence against the proposed relationship between calcium in drinking water and caries – something that would make a causal relationship less likely?

Your help will be much appreciated!

Thanks in advance.

Yours sincerely,

Martin

Bilag 6 Korrespondance med Tandlægeforeningen

Tandlægeforeningen har været forelagt problemstillingen med blødgøring og caries og er kommet med følgende udtalelse per e-mail 8. december 2011:

Spørgsmål 1:

Drikkevandets flouridindhold kan alene forklare omtrent 35 % af den nationale varians i DMF-S i Danmark, og Bruvo et al. viser altså at forklaringen stiger til 45 % når både fluorid og calcium i drikkevandet tages i betragtning. Dette efterlader ca. 55 % varians til socioøkonomiske forhold, praksisforhold mv. Er disse sammenhænge forenelige med erfaringer fra praksisverdenen? Med andre ord, giver en så stærk sammenhæng mellem drikkevandskvalitet og cariesforekomst mening for tandlægen i praksis?

Svar: Ja det giver god mening. Børn i Vestjylland og Nordjylland har stadig meget mere caries end børn i højfluoridområder på Sjælland, og der er også en vis indikation af, at det samme gør sig gældende i de ældre aldersgrupper.

Spørgsmål 2:

Baseret på Bruvo et al. kan det estimeres at blødgøring i København vil øge DMFS niveauet blandt 15-årige med omkring 37 % (dog med stor usikkerhed), dette svarer omtrent til 1 DMFS ekstra per 15-årig i gennemsnit. Ville sådan en effekt kunne dæmpes væsentligt med tiltag fra tandlægerne og tandplejens side?

Svar: Ikke umiddelbart. Fluorid i drikkevandet er et af de bedste midler til carieskontrol i stor skala. Derfor er tilsætning af fluorid til drikkevandet en del af de nationale tiltag mod caries i mange lande – f.eks. i USA. Man kan også sige, at hvis det virkede med tandplejetiltag, så ville der ikke være en forskel mellem Jylland og Sjælland, men det er der i høj grad. Så når det ikke virker i Jylland, hvorfor skulle det så virke i København?

Spørgsmål 3:

Vil Tandlægeforeningen på denne baggrund være bekymret over en eventuel blødgøring af drikkevandet i København?

Svar: Ja, naturligvis vil Tandlægeforeningen være bekymret over et tiltag, som kan give mere caries.

Opfølgende korrespondance

Fra: Martin Rygaard [mailto:mryg@env.dtu.dk]

Sendt: 9. december 2011 14:36

Til: Trine Ganer

Emne: RE: Svar fra Tandlægeforeningen

Hej Trine

Nu har jeg nærlæst svaret og vil lige sikre mig at I er opmærksomme på at blødgøring alene ændrer indholdet af calcium i drikkevand. Fluoridindholdet er uændret. Jeg vil bare sikre mig at svaret er givet på den baggrund og understrege at vi særligt undersøger effekten af et ændret calciumindhold i drikkevandet. Kan svarene i gav betragtes gældende også i denne sammenhæng?

Jeg beklager hvis min fremstilling af sagen var uklar tidligere.

Mvh Martin

Kære Martin,

Beklager at jeg først vender tilbage nu – jeg har måttet afvente faglig vurdering fra lektor ved Tandlægeskolen i Kbh., Allan Bardow. Han har givet flg. svar på dit spørgsmål, som vi Tandlægeforeningen støtter:

”Den carieshæmmende effekt af fluorid i drikkevand er uden sammenligning det, der har størst evidens. Langt færre undersøgelser har set på effekten af andre ioner i drikkevandet. Men de undersøgelser, der findes, peger i retning af at også calcium har en carieshæmmende effekt. Fjernelse af betydelige mængder calcium fra drikkevandet ved blødgøring må derfor antages at udgøre en risiko for øget cariesforekomst. Som Danmarks folkerigeste kommune med over en halv million indbyggere vil øget cariesforekomst i København komme til at berøre rigtig mange. Det er derfor vigtigt at konsekvenserne af tiltaget for tandsundheden bliver undersøgt først.”

Håber ikke at det er for sent.

Mange hilsner

Trine

Bilag 7. Uddrag af (Pedersen, A et al., 2010)**Mineraler**

Calcium

Tabel 43a: Indtag af calcium (mg/dag); gennemsnit, spredning og percentiler samt anbefalet indtag ved planlægning af kost (RI), estimeret gennemsnitsbehov (AR) og nedre grænse for indtag (LI) ifølge NNR 2004. Intake of calcium (mg/day); mean, standard deviation and percentiles plus recommended intake (RI) for use in planning diet for groups, estimated average requirement (AR) and lower level of intake (LI) according to Nordic Nutrition Recommendations 2004. Percentiler NNR 2004.

Gruppe	antal	gennemsnit	spredning	percentiler			NNR 2004	
				median	10	90	planlægning	AR/LI
Drenge 4-9 år	253	1128	382	1082	684	1612	600-700	-
Drenge 10-17 år	265	1207	488	1122	666	1834	900	-
Mænd 18-75 år	1569	1095	469	1024	587	1726	800	-/400
Piger 4-9 år	229	990	300	961	642	1365	600-700	-
Piger 10-17 år	330	986	384	906	548	1516	900	-
Kvinder 18-75 år	1785	1002	362	955	586	1467	800	-/400
Børn 4-9 år	482	1062	352	1006	663	1495		
Børn 10-17 år	595	1084	447	1014	589	1646		
Voksne 18-75 år	3354	1046	418	983	587	1585		

I alle grupper er indtaget højt i forhold til de anbefalede niveauer. Børn indtager mere end voksne, og drenge og mænd får mere end deres jævnaldrende af det andet køn. Det er kun ganske få procent, som har indtaget calcium under den nedre grænse. Det relative indhold af calcium i kosten er højt i forhold til de mængder, som anbefales ved kostplanlægning. Der er tydelige forskelle mellem kvinder og mænd og mellem børn og voksne. Det er forskelle, som hovedsageligt kan henføres til, at det relative forbrug af mælk er størst hos børn og hos kvinder sammenlignet med mænd. Mælk og ost er klart de største bidragydere til kostens indhold af calcium. Histogrammet viser, at ca. 70% af de rapporterede kostsammensætninger kan opfylde planlægningsnormen på 1000 mg pr 10 MJ.

Bilag 37a: Indtag af calcium (mg/dag); gennemsnit, spredning og percentiler. *Intake of calcium (mg/day); mean, standard deviation and percentiles.*

Gruppe	antal	gns	s.d.	md	1	5	10	25	75	90	95	99
Drenge, 4-5 år	81	1030	318	982	468	604	637	834	1176	1470	1541	2058
Drenge, 6-9 år	172	1174	401	1122	419	622	716	907	1394	1687	1895	2484
Drenge, 10-13 år	164	1157	434	1096	305	566	666	892	1423	1705	1834	2338
Drenge, 14-17 år	101	1288	557	1221	303	591	666	826	1591	2027	2245	2800
Mænd, 18-24 år	105	1374	467	1313	439	727	833	1056	1679	2095	2182	2400
Mænd, 25-34 år	234	1235	442	1173	452	639	766	922	1445	1801	2071	2609
Mænd, 35-44 år	318	1182	522	1090	475	546	629	880	1408	1792	1967	2658
Mænd, 45-54 år	336	1073	449	979	308	443	578	762	1324	1740	1898	2351
Mænd, 55-64 år	336	955	403	876	232	461	546	699	1140	1428	1742	2121
Mænd, 65-75 år	240	952	420	898	272	388	473	659	1199	1434	1669	2246
Alle mænd	2087	1113	463	1044	305	504	607	802	1354	1726	1953	2476
Piger, 4-5 år	78	983	315	971	415	544	597	764	1154	1397	1554	2066
Piger, 6-9 år	151	994	293	958	405	631	680	804	1141	1363	1579	1892
Piger, 10-13 år	196	999	365	935	266	487	585	758	1220	1472	1620	2017
Piger, 14-17 år	134	966	409	873	285	370	471	673	1256	1602	1699	1863
Kvinder, 18-24 år	150	1040	377	991	354	524	618	809	1229	1467	1619	2325
Kvinder, 25-34 år	340	1106	376	1084	351	579	676	849	1290	1624	1843	2125
Kvinder, 35-44 år	412	1058	378	1002	343	538	622	803	1273	1569	1787	2062
Kvinder, 45-54 år	359	961	316	938	311	488	567	729	1148	1405	1585	1750
Kvinder, 55-64 år	326	926	336	881	390	462	511	702	1097	1386	1559	1972
Kvinder, 65-75 år	198	880	337	807	377	416	513	636	1075	1369	1582	1904
Alle kvinder	2344	999	359	949	344	491	586	750	1201	1467	1659	2017
Alle	4431	1053	415	992	333	495	597	775	1268	1590	1818	2272

Bilag 8. Korrespondance med drikkevandseksperter i Belgien, Holland og Sverige

Korrespondance med Karin Stemgee og Bart van der Bruggen

Van: Martin Rygaard [mailto:mryg@env.dtu.dk], Verzonden: dinsdag 13 december 2011 14:02, Aan: bart.vanderbruggen@cit.kuleuven.be; Karin Stemgee, Onderwerp: Central softening of drinking water and health effects

Dear van der Bruggen and K. Stemgée

I have with great interest read your article on central softening in Journal of Environmental Management. I am preparing a brief report on the possible health effects of central softening in Copenhagen, and we would like to have some responses from areas where softening is already employed. I hope you will help by answering the following questions:

1. Was/are possible impacts on health considered/discussed in relation to the possible implementation of central softening in Flanders?
2. Do you know of any impacts on health that has been monitored for or registered in relation to softening of drinking water in Flanders or rest of Belgium?

Your help with these questions will be much appreciated!

Yours sincerely,

Martin

Mail from Karin Stemgee, Tue 13/12/2012

Dear Mr Rygaard,

As far as I know are de possible impacts on health not considered in relation to central softening.

We rely on the guidelines of WHO.

Kind regards,

Ir. Karin Stemgée

Mail from Bart van der Bruggen, Tue 13/12/2011

Dear Martin,

Health effects are difficult to estimate since there is no agreement among 'believers' and 'non-believers'. Nevertheless, we considered a range with lower limit 15°F so that potential risks of too soft water are not to be considered, even though this would be the case for household scale softeners. There can also be potential benefits by avoiding hard water. This is difficult to quantify and even to prove, so we stayed away from medical issues and rather looked at economic benefits that are clear and proven.

Best regards,

Bart

*Bart Van der Bruggen, K.U.Leuven - department of Chemical Engineering, T +32 16 322340, Mobile
+32 471 380026*

Korrespondance med Cindy de Jongh, Scientific researcher toxicology & projectmanager, KWR Watercycle Research Institute, The Netherlands

Dear Dick

Hans-Jørgen Albrechtsen mentioned that you or your colleagues might have some thoughts to share on the topic of softening. Hans-Jørgen and I are preparing a brief report on the possible health effects of central softening in Copenhagen, and we would like to have some responses from areas where softening is already employed. I hope you will help by answering the following questions:

1. Were possible impacts on health considered/discussed before the implementation of central softening in the Netherlands?
2. Do you know of any impacts on health that has been monitored for or registered in relation to softening of drinking water?

Your help with these questions will be much appreciated!

Yours sincerely,

Martin

From: Kooij, Dick van der, woensdag 14 december 2011 14:19, To: Martin Rygaard, Subject: RE: Central softening of drinking water

Dear Martin,

Indeed, the issue of public health significance of softening has been mentioned, but it is beyond my field of expertise. I have forwarded your message to my colleague Cindy the Jongh, who is involved with this issue and will respond to your questions..

Best regards,

Dick,

*prof. dr.ir. Dirk van der Kooij, Adviseur Microbiologie, T +31 (0)306069634,
Dick.van.der.Kooij@kwrwater.nl*

From: Jongh, Cindy de [<mailto:Cindy.de.Jongh@kwrwater.nl>], 22 December 2011 10:14, To: Martin Rygaard, Subject: FW: Central softening of drinking water

Dear Martin Rygaard,

My colleague Dick van der Kooij forwarded your e-mail with the questions regarding central softening in the Netherlands.

1. *Were possible impacts on health considered/discussed before the implementation of central softening in the Netherlands?*

To be honest, I'm not totally aware of the discussion at the time of implementation.

However, the discussion regarding the beneficial health effects of hardness, Ca and Mg already dates already from 40 years ago. But the discussion is now again actual with the desalination process around the world and the question on what is the optimal mineral balance in drinking water.

In the Netherlands, most softening installations are pellet reactors, which only affect Ca content and not Mg.

Only recently, several UF/RO installations were built, but this water is mixed with conventional water, so Ca and Mg contents decrease with about one third.

In our new Drinking Water Directive (dating from July 2011), we have new regulation that the Mg-content in drinking water may not be affected by the treatment method. However, this rule is only implemented very recently and we don't have any experience yet on the enforcement of this regulation.

2. *Do you know of any impacts on health that has been monitored for or registered in relation to softening of drinking water?*

An important report by WHO regarding this subject can be downloaded through the following link:

http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/publication_9789241563550/en/index.html

The main conclusions are: for changes in total hardness and calcium most studies found no effects on cardiovascular health,

regarding magnesium: seven studies found a protective effect, two studies no effect and 1 a negative health effect on cardiovascular disease. A meta-analysis of these studies showed that a higher magnesium level leads to a lower mortality due to cardiovascular disease.

We also performed a cohort-study together with Maastricht University a few years ago. The publication you will find in the attachment. The conclusion was that there was no evidence for an overall protective effect of Ca and Mg against cardiovascular disease. However, in a subgroup of men with a low Mg intake through food we found a 62% lower risk of dying from stroke if Mg-level in tap water was above 4 mg/L.

These findings are in line with the WHO report.

I hope this gives you an answer to your question. If needed I can send you a lot more articles.

If you have any other questions, please contact me!

Best regards and happy holidays,

Cindy de Jongh

From: Martin Rygaard [<mailto:mryg@env.dtu.dk>], Sent: mandag 2 januari 2012 13:15, To: Jongh, Cindy de, Subject: RE: Central softening of drinking water

Dear Cindy de Jongh

Thank you very much for your comprehensive reply to my questions! May I conclude from your response that it is your impression, that in the Netherlands, health impacts from changed water quality has been considered, however focusing on the possible link between Mg/Ca in drinking water and cardiovascular disease, and that other possible health impacts have been considered of minor importance based on the conclusions from WHO?

I find it very interesting that the July 2011 Drinking Water Directive demands no alterations to Mg content. Can you help me with a link to the directive? Was it based on the WHO report or also local reports?

Best wishes and happy New Year,

Martin

From: "Jongh, Cindy de" Cindy.de.Jongh@kwrwater.nl, To: 'Martin Rygaard' mryg@env.dtu.dk, Date: Wed, 11 Jan 2012 10:05:08 +0100, Subject: RE: Central softening of drinking water

Dear Martin,

For you also a happy new year (a bit late though).

In the Netherlands we've only considered cardiovascular effects, and not the other effects. This was indeed based on the WHO conclusions and the Baltimore symposium 2006. See e.g. <http://www.wcponline.com/pdf/Cotruvo.pdf>

I just checked our Drinking Water Directive.

The concepts I've seen in the process before July 2011 contained also an "explanatory memorandum" saying that "that the Mg-content in drinking water may not be affected by the treatment method". But I can't find it on the official website by our government. I will check with our contact person what happened to that part. Maybe it was not implemented in the final version.

Best regards,

Cindy

From: "Jongh, Cindy de" Cindy.de.Jongh@kwrwater.nl, To: 'Martin Rygaard' mryg@env.dtu.dk, Date: Thu, 12 Jan 2012 20:32:30 +0100, Subject: RE: Central softening of drinking water

Dear Martin,

Your e-mail triggered me to find out the text in our new Drinking Water Directive regarding "no alterations in Mg content". So I asked our contactperson at the government.

Unfortunately, the text of the Directive is only provided in Dutch. Maybe you will understand a little bit..... otherwise Google translator might be useful.

This is the link

https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2011-293.html?zoekcriteria=%3fzkt%3dUitgebreid%26pst%3dStaatsblad%257cStaatscourant%257cTractatenblad%257cParlementaireDocumenten%26vrt%3ddrinkwaterbesluit%26zkd%3dInDeGeheleText%26dpr%3dAlle%26sdt%3dDatumPublicatie%26ap%3d%26pnr%3d2%26rpp%3d10%26_page%3d3%26sorttype%3d1%26sortorder%3d4&resultIndex=20&sorttype=1&sortorder=4

In Table IIIa. Indicatoren – Bedrijfstechnische parameters you can find that the minimal hardness is 1 mmol/L, but only in case of softening or desalination. In the explanatory memorandum (see below) it is written that techniques should be chosen that do not alter Mg content. This may also comprise the use of marble filtration or addition of magnesium to replenish the original concentration. This was based on recent WHO reports.

In Dutch

Hardheid (totaal) > 1 mmol/l Totale hardheid te berekenen als aantal mmol Ca²⁺ plus Mg²⁺/l. Normwaarde geldt uitsluitend bij toepassing van ontharding of ontzouting. Toetsing vindt plaats aan de 90 percentiel van de meetgegevens.

Explanatory text (in Dutch):

De norm voor hardheid (totaal) is alleen van kracht bij ontharden en/of ontzouten van drinkwater. In dit kader is alleen de ondergrens relevant. De bovengrens van 2,5 mmol/l (die in het Waterleidingbesluit was opgenomen) is daarom vervallen. Opgemerkt wordt dat bij het toepassen van ontharden, de technieken zodanig worden gekozen dat de concentratie van magnesium niet verandert. Hieronder kan tevens worden verstaan dat via een nabehandeling (zoals marmerfiltratie en dosering) de hardheid en/of het magnesiumgehalte weer worden aangevuld. Recente WHO documenten geven het belang van magnesium voor de volksgezondheid aan.

If you have any other questions, please feel free to contact me!

Best regards,

Cindy

Dr. ir. Cindy de Jongh, Scientific researcher toxicology & projectmanager, KWR Watercycle Research Institute, P.O Box 1072, 3430 BB Nieuwegein, The Netherlands

*T +31 (0)30 60 69 703 | F +31 (0)30 60 61 165, E Cindy.de.Jongh@kwrwater.nl | www.kwrwater.nl
KvK Utrecht e.o. 27279653*

Korrespondance med Kenneth M. Persson, Sydsvatten, Lund, Sverige.

From: Martin Rygaard, Sent: 13 December 2011 13:39, To: stefan.johnsson@sydsvatten.se; Lunds Universitet (kenneth_m.persson@tvrl.lth.se), Subject: avhärdning sundhedseffekter

Kære Stefan Johnsson og Kenneth Persson

Som I måske husker blev der i 2010 afholdt et seminar om blødgøring/avhärdning af drikkevand hos KE i København. Nu er vi ved at skrive et notat om mulige sundhedseffekter af at blødgøre vandet i Danmark. Jeg har et par spørgsmål til jer:

1. Blev det overvejet inden etableringen af avhärdning processen hos Sydsvatten hvordan avhärdning ville kunne påvirke folkesundheden?
2. Har I undersøgt eller registreret nogen effekter af avhärdning på folkesundheden fx tandsundhed, eksem, etc?

Jeg håber I kan hjælpe og begge vil svare, og tak!

Med venlig hilsen Martin

Från: Stefan Johnsson, Skickat: den 5 januari 2012 16:41, Till: Kenneth M. Persson, Ämne: VB: avhärdning sundhedseffekter

God fortsättning Kenneth!

Hade du inte något intressant Örebro-exempel att delge?

/Stefan

From Kenneth M. Persson, Mon 09/01/2012, To: Martin Rygaard, Cc. Stefan Johnsson

Hej Martin

Hårdhet är ett helt okontroversiellt ämne i Sverige, eftersom 75% av allt dricksvatten kommer från ytvatten med naturligt låg hårdhet. Mjukt dricksvatten finns därför naturligt i hela Sverige (på samma sätt som Finland och Norge) och hårdhet är framför allt ett tekniskt problem som orsakar kalkutfällningar i ledningar, i varmvattenberedare, i disk- och tvättmaskiner, samt som orsakar ökad förbrukning av rengöringsmedel (som diskmedel, tvättmedel eller tvål). Det finns ett tydligt önskemål från den vanliga konsumenten att vattenverket bör försöka minska hårdheten i dricksvattnet. Många vattenverk som tar grundvatten använder avhärdning (blödgörning) i sin rening för att sänka hårdheten, till exempel Vombverket.

Så därför får vi besvara din första fråga, om undersökningar genomfördes eftersom det fanns misstanke om att avhärdning skulle kunna påverka folkhälsan, med NEJ. I Skåne har ungefär 55% av Sydsvattens kunder fått naturligt mjukt vatten från Bolmen från år 1987. Övriga 45% längtade efter mjukt vatten och välkomnade det när avhärdningen hade driftsatts på Vombverket 1999.

Effekter av avhärdning på folkhälsan som karies, hudproblem mm har inte undersökts mig veterligen. Men det finns vissa regionala skillnader på karies bland barn. Jag bifogar en rapport från den svenska hälsomyndigheten Socialstyrelsen över tandhälsan i Sveriges olika landsting från 2010. Det landsting som har allra högst hårdhet i dricksvattnet är Gotland, ön i Östersjön. Där finns inget mjukt vatten alls, utan hårdheten är typiskt 60 mg/l eller högre i dricksvattnet. Det landsting som har allra mjukast vatten heter Värmland, på gränsen till södra Norge. Värmland har inget hårt vatten överhuvudtaget. Den viktigaste vattentäkten är Klarälven med sjön Vänern. I Värmland har sedan många år en regional metodik utvecklats där pH-justering av dricksvatten görs med soda (Na_2CO_3) i stället för kalk ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Det gör att inte ens den lilla extra kalciumdosen som följer av pH-justering upp till pH 8,1-8,2 från typiskt pH 6, tillförs värmländska dricksvatten. pH-justering med kalk brukar öka hårdheten från cirka 4 mg/l till cirka 8 mg/l, men denna effekt saknas i Värmland.

Av statistiken för karies bland barn i Sverige ligger Värmland bäst till medan Gotland ligger strax under mitten. Jag hoppas detta hjälper dig i ditt arbete.

Vänliga hälsningar

KMP

Kenneth M Persson

Sydvatten AB, Ideon Science Center, 227 30 LUND, 040-35 15 64