



# Katalog om Blødgøring af drikkevand

Udarbejdet af Teknisk Forum,  
Danske Vandværker

Oktober 2019

# Indholdsfortegnelse

<b>Indholdsfortegnelse</b> .....	<b>2</b>
<b>Katalog om Blødgøring af drikkevand</b> .....	<b>4</b>
Emner, der behandles i kataloget.....	4
<b>Katalog om central blødgøring af drikkevand</b> .....	<b>6</b>
Hvorfor blødgøring .....	6
<b>Hårdhedsgraden i drikkevand</b> beskrives således: .....	6
<b>Behov for central blødgøring</b> .....	<b>8</b>
Regionale forskelle i råvandskvaliteten.....	8
Følsomhed over for hårdt drikkevand .....	8
Ønsker om at opnå økonomiske besparelser .....	8
Ønsker om at opnå miljømæssige fordele .....	8
<b>Effekter ved indførelse af central blødgøring</b> .....	<b>9</b>
Effekter for vandværket .....	9
Opmærksomhedspunkt .....	9
Effekter for private familier .....	9
<b>Metoder til central blødgøring</b> .....	<b>10</b>
Anerkendte metoder til central blødgøring .....	10
Ionbytning.....	10
Pelletmetoden .....	11
Membranfiltrering .....	12

Metoder under udvikling og afprøvning .....	12
Alternativer til blødgøring .....	13
<b>Særlige opmærksomhedspunkter .....</b>	<b>14</b>
<b>Fordele og ulemper ved indførelse af central blødgøring .....</b>	<b>15</b>
Fordele.....	15
Ulemper ved central blødgøring .....	15
<b>Sundhedsmæssige forhold .....</b>	<b>16</b>
Risiko for caries .....	16
Samlet sundhedsmæssig effekt, blødt vand i cirkulær økonomi.....	16
<b>Samfundsmæssig gevinst ved blødgøring.....</b>	<b>17</b>

# Katalog om Blødgøring af drikkevand

Hensigten med kataloget er at hjælpe vandværkernes bestyrelser og deres forbrugere, når der skal træffes afgørelse om, hvorvidt der skal etableres central blødgøring på vandværkerne. Kataloget tager blandt andet udgangspunkt i allerede eksisterende litteratur.

## Parametre, der er fokus på i kataloget:

- Sundhed
- Vandkvalitet
- Økonomi
- Geografi

## Teknisk Forums arbejde har taget udgangspunkt i:

- Miljøstyrelsens rapport "Blødt vand i en cirkulær økonomi" (2017)  
<https://mst.dk/media/145463/rapport-bloedt-vand-i-en-cirkulaer-oekonomi.pdf>
- Naturstyrelsens rapport "Central blødgøring af drikkevand" (2011)  
<https://www.ft.dk/samling/20101/almdel/mpu/bilag/615/1002241.pdf>
- Teknisk Forums allerede udarbejdede idekatalog omkring vandspild og energiforbrug, som kan påvirkes ved indførelse af blødgøring  
<https://www.danskevv.dk/viden-om/vandvaerket/sadan-saenker-i-energiforbruget/>

## Emner, der behandles i kataloget

- Hvorfor blødgøring
- Behov for central blødgøring
- Effekter ved indførelse af central blødgøring
- Metoder til central blødgøring
- Fældningspotentiale – afklaring om hvorvidt der er et potentiale (se side 14 for beregning)
- Særlige opmærksomhedspunkter
- Fordele og ulemper ved indførelse af central blødgøring

- Sundhedsmæssige forhold
- Samfundsmæssig gevinst ved blødgøring
- Anbefaling fra Teknisk Forum

# Katalog om central blødgøring af drikkevand

## Hvorfor blødgøring

I store dele af landet er indholdet af kalk og magnesium så højt, at drikkevandet kan betegnes som temmelig hårdt (hårdhed over 12 °dH). I nogle områder er der hårdhedsgrader på over 30 °dH.

Når drikkevandet er hårdt, fælder kalk ud i vandinstallationen ved beluftning og opvarmning, hvilket især bemærkes, når bruseren kalker til, og når varmelegemet i kaffe- eller opvaskemaskinen kalker til. Det medfører øget energiforbrug og eventuelle nedbrud, hvis en afkalkning ikke foretages regelmæssigt.

Fliserne i badekabinen bliver skjoldet af kalk, hvis de ikke aftørres straks efter endt badning, ligesom ruderne på bilen, du har vasket på en sommerdag, bliver skjoldet og grimme, straks når vandet er fordampet.

Vandværkerne bliver ofte mødt med et ønske fra forbrugerne om at blødgøre vandet, så problemer kan undgås. Det kan udfordre vandværksbestyrelserne, når hensyntagen til vandværkets økonomi og en fortsat høj vandkvalitet skal holdes op imod ønsket om blødgøring.

### Hårdhedsgraden i drikkevand beskrives således:

<b>Meget blødt</b>	< 4 °dH
<b>Blødt</b>	4 – 8 °dH
<b>Middelhårdt</b>	8 – 12 °dH
<b>Temmelig hårdt</b>	12 – 18 °dH
<b>Hårdt</b>	18 – 24 °dH
<b>Meget hårdt</b>	24 – 30 °dH
<b>Særdeles hårdt</b>	> 30 °dH

Netop i disse år er der stort fokus på central blødgøring af drikkevand, som er en helt ny disciplin i Danmark, men som i Sverige og Holland har været anvendt i mange år. Allerede kendte og i udlandet gennemprøvede metoder blander sig i disse år med nyudviklede metoder til det danske marked.

Derfor ses en usikkerhed og deraf følgende tilbageholdenhed blandt vandværkerne, når det skal besluttet om og hvornår, det er tid til at foretage en investering i blødgøring. Er det den rigtige metode, og kan den håndteres inden for det givne budget? Kan

vandværkerne få de nødvendige myndighedstilladelser, og kan drikkevandssikkerheden overholdes? Står investeringen og de økonomiske omkostninger til den løbende drift mål med fordelene ved central blødgøring, og hvad med folkesundheden når vi blødgør vandet?

Disse og andre spørgsmål har Teknisk Forum i dette katalog belyst og forsøgt at besvare til brug for de danske vandværker.

God læselyst

**Anbefaling fra Teknisk Forum**  
**Før beslutning om central blødgøring anbefales det**  
**at inddrage professionel rådgivning.**

# Behov for central blødgøring

## Regionale forskelle i råvandskvaliteten

Der er store regionale forskelle på, hvor hårdt vandet er og på kalkfældningspotentialer.

## Følsomhed over for hårdt drikkevand

I private hjem vurderes følsomheden over for hårdt og blødgjort vand at være meget forskellig. Familier, som igennem mange år er bekendt med de lokale forhold, kan opfatte en eventuel kalkfældning som et uproblematisk vilkår, imens nyankomne ofte vil bemærke variationen i forhold til deres tidligere bolig.

Det er derfor ikke altid muligt præcist at måle, om der er tale om et egentligt problem, som bør løses centralt, eller om de følsomme forbrugere skal opfordres til at løse "problemet" decentralt.

## Ønsker om at opnå økonomiske besparelser

Ønsket om at opnå en bedre økonomi fremføres kun sjældent ved vandværkets debatter med forbrugerne omkring indførelse af central blødgøring.

Erhvervslivet kan have en helt anden tilgang, men vil kun sjældent helt kunne undgå lokal vandbehandling, hvor dette er nødvendigt i forhold til produktionsprocessen.

Det er altså normalt konvens og ikke økonomi, som fremføres af forbrugerne over for vandværkerne, når indførelse af central blødgøring drøftes.

## Ønsker om at opnå miljømæssige fordele

Modsat et lokalt besparelspotentiale spiller ønsket om at opnå miljømæssige fordele ved central blødgøring ofte en væsentlig rolle ved drøftelserne lokalt på vandværkerne. Mange, især yngre familier, har stort fokus på eget "klimaaftryk" og brug af kemikalier i hverdagen. Blødt vand kan være medvirkende til at nedsætte brug af sæbe og kemikalier til rengøring og fjernelse af kalkaflejringer.



# Effekter ved indførelse af central blødgøring

## Effekter for vandværket

Helt overordnet vil indførelse af central blødgøring øge udgifterne til drift, vedligehold og faglige kompetencer på vandværket. I dagligdagen uden blødgøring vil selv hårdt vand kunne håndteres på vandværkerne uden de store driftsmæssige problemer. Derfor vil indførelse af blødgøring ikke medføre driftsmæssige fordele på vandværkerne.

---

## Opmærksomhedspunkt

Ved visse typer blødgøring kræver det specielle kompetencer og uddannelse for driftspersonalet samt godkendelse fra Arbejdstilsynet.

---

## Effekter for private familier

I husstanden vil den enkelte familie kunne nedbringe udgifterne til anvendelse af vaske- og rengøringsmidler, hvilket måske ikke alene vil kunne modsvare den øgede udgift til vandforsyning, men sammen med en forventet længere afskrivningstid på vaskemaskine, varmtvandsbeholder og kaffemaskiner m.m. forventes det at kunne modsvare omkostningerne til lidt dyrere drikkevand.

Effekter for virksomheder og institutioner vil ligeledes være færre udgifter til rengøring og længere levetider på kalkfølsomme komponenter, som ikke allerede er beskyttet af decentrale vandbehandlingsanlæg. Efter de første meromkostninger, som de nødvendige omstillinger og udskiftninger vil medføre, når hårdhedsgraden ændres mærkbart, vil det være muligt at spare på driftsomkostningerne grundet forventede længere levetider og mindre forbrug af kemikalie- og saltdosering til virksomhedernes lokale vandbehandling.

# Metoder til central blødgøring

## Anerkendte metoder til central blødgøring

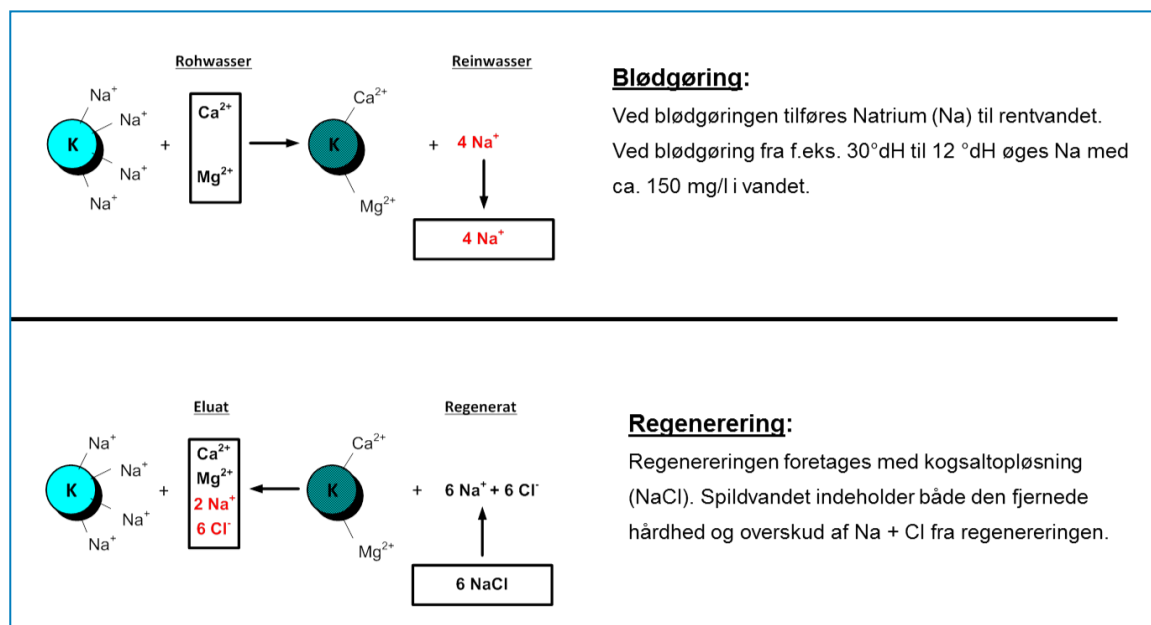
På trods af at central blødgøring af drikkevand er en forholdsvis ny disciplin i Danmark, findes der allerede anerkendte metoder med en dokumenteret virkning på markedet.

## Ionbytning

Ionbytning er en velkendt teknologi, som findes i flere variationer. Ved traditionel ionbytning udveksles kalk og magnesium ioner med natrium ioner i ionbytteren, som typisk består af coatede polystyrenkugler. Herved tilbageholdes kalk og magnesium i ionbytteren, mens natrium (koge salt) afgives til drikkevandet. Det betyder, at vandets naturlige natriumindhold vil stige.

Der findes også ionbyttere, som udover calcium og magnesium kan tilbageholde sulfat, klorid og nitrat.

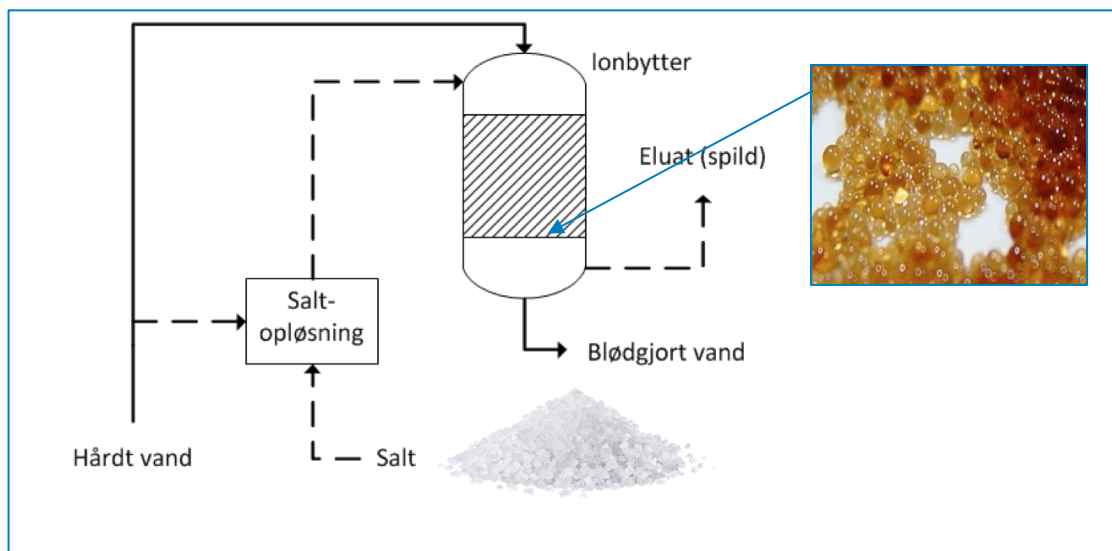
Når ionbytterens indhold af natrium er udskiftet med kalk og magnesium, gennemskylles ionbytteren med en natriumopløsning, hvorved kalk og magnesium bortskylles, og ionbytteren igen mættes med natrium.



Figur 1: Eksempel fra kalkpilleanlæg: saltforbrug = 122.500 kg NaCl/år (0,35 kg/m<sup>3</sup> vand) © Krüger

Anlægget kræver dokumentation, overvågning og vedligeholdelse, idet anvendelse af urent natrium eller mikrobiologisk vækst kan medføre overskridelse af krav til drikkevand. Servicing af anlægget må kun varetages af medarbejdere med de fornødne kompetencer.

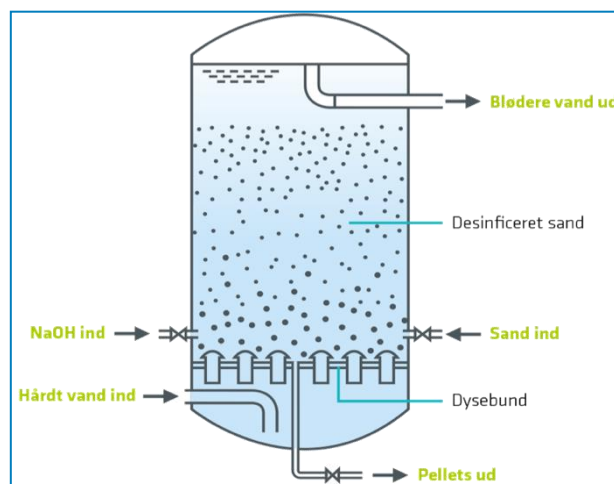
Vandet fra ionbytningen skal efterfølgende opblandes med ikke ionbyttet vand for at opnå den ønskede hårdhedsgrad.



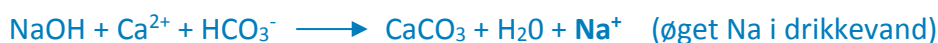
Figur 2: Ionbytning © Krüger

## Pelletmetoden

Pelletmetoden reducerer vandets hårdhed ved, at vandets calcium udfældes på sandkorn i en reaktor indeholdende en mættet natriumhydroxid- (lud) eller calciumhydroxidopløsning (læsket kalk). Ved anvendelse af kalkfældning er det alene calcium, der fjernes fra vandet, mens alle andre stoffer bibeholdes i vandet. Kalken, der udfældes på sandkorn, danner de såkaldte "pellets".



Figur 3: Pelletmetoden © Krüger



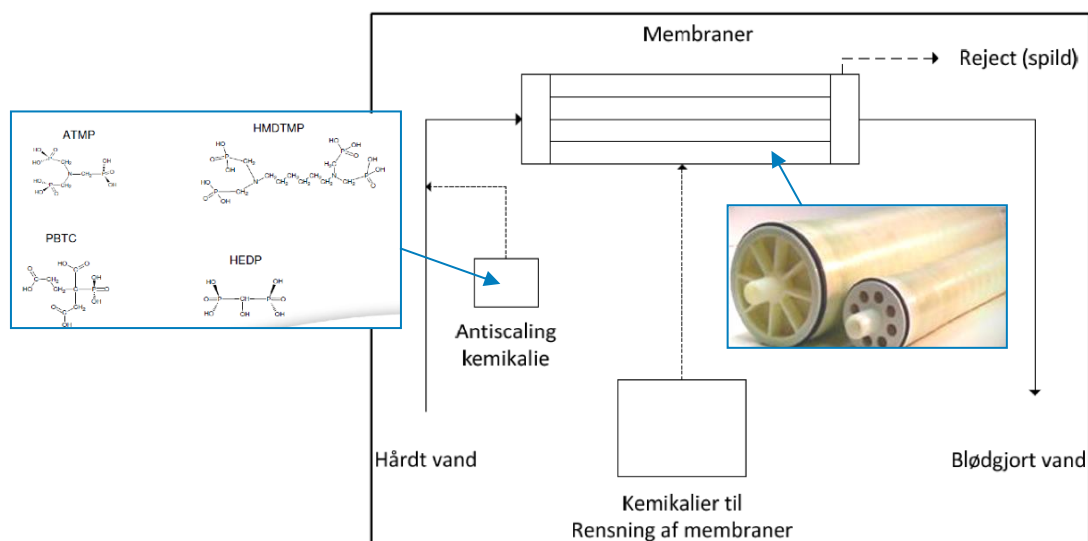
Pelletmetoden er helt ny på det danske marked, hvor der pt. er under en håndfuld fungerende anlæg. Teknologien er velafprøvet og dokumenteret efter mange års anvendelse i Holland og er primært velegnet til større vandforsyninger med en årlig produktion på op mod 1.000.000 m<sup>3</sup> og derover.

## Membranfiltrering

Membranfiltrering er i princippet en simpel filtreringsproces med fysisk tilbageholdelse af stoffer på en filterflade med en lille porestørrelse. Membranfiltreringen er dermed en separationsproces, hvor der ikke sker en omdannelse, men en fysisk fjernelse af stoffer.

Vær opmærksom på metodens store spildevandsproduktion (10 til 20 %) og et højt energiforbrug. Vandet fra membranfiltreringen skal efterfølgende opblandes med ikke membranfiltreret vand for at opnå den ønskede hårdhedsgrad.

## Metoder under udvikling og afprøvning



Figur 4: Membranfiltrering, © Krüger

Nye metoder er under udvikling til det danske og udenlandske marked.

### PAS-metoden

Plastic Air Softening (PAS) er en kemikaliefri teknologi til blødgøring af drikkevand. Blødgøringen i PAS-teknologien drives af luft, som pumpes ind i et dynamisk filter. Metoden er testet i vinteren 2019. Kalk udskilles (CaCO<sub>3</sub>) i tynde flager, som sætter sig som en belægning på et plast filtermateriale. Kalken fjernes nemt med mekanisk kraft. Der anvendes ikke kemikalier, og vandet er drikkeklart ved udløb. Ud over at reducere vandets indhold af kalk påvirker teknologien ikke vandets øvrige kemiske sammensætning. Der dannes fx ikke miljøfremmede stoffer, og indholdet af natrium stiger ikke. PAS fjerner kun den kalk, der generer forbrugerne, og efterlader mest muligt

calcium og magnesium i drikkevandet. Dette mindsker den uønskede effekt af blødgøring som fx øget risiko for caries.

### Alternativer til blødgøring

Ultralydsbehandlingsanlæg, som typisk sælges til mindre vandværker, menes at have en effekt på afsætningen af kalk på fliser og i husholdningsmaskiner. Nogle vandværker, der har installeret ultralydsanlæg, får positive tilbagemeldinger fra deres forbrugere.

Teknisk Forum er ikke i besiddelse af dokumentation for, at ultralydsanlæg har den fremhævede effekt, som skulle kunne forhindre udfældning af kalk i vandinstallationer og husholdningsmaskiner. Ultralydsanlæg ændrer ikke på vandets hårdhed.

# Særlige opmærksomhedspunkter

Det er ikke kun vandets hårdhedsgrad, som har betydning for, om der bør indføres central blødgøring. Kalkfældningspotentialer (CCPP) bør altid indgå som et væsentligt parameter, når beslutningen skal træffes, og bør typisk ligge under 70 mg/l CaCO<sub>3</sub> ved 90°C. Kalkfældningspotentialer er afgørende for, hvilken blødgøringsmetode der med fordel kan vælges.

**Vandets hårdhedsgrad [°dH], der udgøres af kalkindholdet (Ca) og indholdet af magnesium (Mg), kan defineres som følger:**

$$\text{Total hårdhed} = [\text{Ca}] / 7,13 + [\text{Mg}] / 4,35$$

hvor koncentrationerne angives i mg/l.

**Kalkfældnings-potentialet = CCPP (Calcium Carbonate Precipitation Potential)**

CCPP er en beregning, der viser, hvor meget kalk der kan fælde ud i vandet.

Potentialet kan beregnes af rådgiver



# Af fordele og ulemper ved indførelse af central blødgøring kan nævnes:

## Fordele

Ved indførelse af central blødgøring kan vandværkerne efterkomme et udbredt ønske fra mange husstande i forsyningsområdet.

## Ulemper ved central blødgøring

Selvom mange virksomheder og institutioner kan have glæde af blødgjort drikkevand, møder vandværkerne ikke i samme grad bekymring for kalkindholdet som fra de private husstande. Det skyldes oftest, at disse virksomheder allerede selv har installeret en decentral blødgøringsløsning. Derfor kan en central blødgøring medføre udgifter til justering eller demontering af allerede indstillede blødgøringsløsninger på virksomheder samt en forhøjet vandpris.

I private hjem vil der kun i mindre grad skulle foretages justeringer i forbindelse med indføring af central blødgøring.

# Sundhedsmæssige forhold

*Der findes anbefalinger fra Sundhedsstyrelsen. Teknisk Forum har valgt ikke at analysere og tolke på diverse undersøgelser og teorier, men gengiver kun officielle anbefalinger fra de danske myndigheder.*

## Samlet sundhedsmæssig effekt, blødt vand i cirkulær økonomi

Sundhedseffekterne er ofte diskuteret i forbindelse med en central blødgøring af drikkevandet. Den samlede sundhedsmæssige effekt af blødgøring anses af Styrelsen for Patientsikkerhed dog som værende meget begrænset. Dette skyldes primært et højt mineralindtag igennem kosten, hvorfor mineralindtaget fra drikkevand ikke anses som værende afgørende for sundheden.

*Figur 5: Miljøstyrelsen, februar 2017*

## Risiko for caries

”Styrelsen for Patientsikkerhed vurderer, at forskelle i calcium- og fluoridindholdet i drikkevand bidrager til cariesforekomsten i lighed med andre risikofaktorer som socio-økonomisk status, uddannelsesniveaue, kost, tandhygiejne, tandpleje osv.

Et estimat af effekten på cariesforekomsten ved en blødgøring på et niveau, der ligger indenfor intervallet ”middelhårdt vand” og en samtidig 7 % reduktion i fluoridindholdet vanskeliggøres af, at der mangler præcis viden om de enkelte risikofaktorer relative betydning for caries.

Styrelsen for Patientsikkerhed anbefaler, at alle borgere i Danmark opretholder en høj tandhygiejne, bruger fluortandpasta efter tandlægens anbefaling og går til regelmæssige tandlægekонтроller. Disse anbefalinger gælder uanset det lokale drikkevands indhold af fluorid og calcium.”

*Figur 6: Styrelsen for Patientsikkerhed i skrivelse til HOFOR, den 13. september 2018*



