



Miljøministeriet
Miljøstyrelsen

Vejledning om blødgøring af drikkevand

Vejledning nr. 64

April 2023

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Miljøstyrelsen

En følgegruppe bestående af DANVA, Danske Vandværker og DTU har været inddraget i arbejdet. Derudover har udvalgte vandværker testet et hjælpeskema med spørgsmål til overvejelse i beslutningsprocessen. Styrelsen for Patientsikkerhed er desuden blevet hørt i forbindelse med udarbejdelsen af vejledningen.

ISBN: 978-87-7038-509-1

Indhold

1.	Introduktion	4
1.1	Indledning	4
1.2	Lovgrundlag	5
1.3	Arbejds miljø	6
1.4	Hjælpekema	6
2.	Hårdhedsniveau	7
3.	Valg af teknologi	9
3.1	Pelletmetoden	9
3.2	Ionbytning	10
3.3	Membranfiltrering	10
3.4	Elektrolyse	10
3.5	Plastic Air Softening	11
4.	Drikkevands- og forsyningssikkerhed	12
5.	Sundhedsmæssige aspekter	13
6.	Restprodukter og spildevand	14
7.	Økonomiske konsekvenser	16
8.	Inspiration fra vandforsyninger, kommuner mv.	18
9.	Litteraturliste	19
	Bilag 1.Hjælpekema	20
	Bilag 2.Uddybning af sundhedsmæssige aspekter ved blødgøring	21

1. Introduktion

1.1 Indledning

Denne vejledning er blevet til på baggrund af *Klimaplanen for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi*¹, hvor der i målet om en energi- og klimaneutral vandsektor indgår et initiativ om blødgøring af drikkevand.

Vejledningen er udarbejdet med henblik på at belyse essentielle spørgsmål vandforsyninger bør overveje ved beslutning om at blødgøre og ved valg af metode. Et væsentligt sigte med vejledningen er derfor, at de enkelte vandværkers ledelser kan orientere sig i vejledningen forud for en eventuel beslutning om at indføre blødgøring på vandværket. Vejledningen kommer ikke ind på samfundsøkonomiske betragtninger, klimabelastning og CO₂-aftryk ved blødgøring, idet der henvises til tidligere rapporter, bl.a. Rambøll (2017)

En af vejledningens vigtige målgrupper er ejere af almene vandforsyningsanlæg, der påtænker at etablere central blødgøring og dermed overvejer at søge om tilladelse til videregående vandbehandling efter *vandforsyningslovens*² § 21. For almene vandforsyninger og kommuner, der skal søge og give tilladelse, henvises til kap. 2 og 3 i *Vejledning nr. 38 om videregående vandbehandling*³.

Miljøstyrelsen har med vejledningen ikke taget stilling til om blødgøring generelt er en god ide. Vejledningens formål er at hjælpe vandforsyninger, som oplever forbrugere, der efterspørger blødgjort drikkevand. En eventuel beslutning om central blødgøring bør ske i tæt dialog med kunderne. Nogle forbrugere vil værdsætte en reduceret hårdhed, mens andre vil foretrække hårdt vand. Det er også vigtigt at have en tidlig dialog med virksomheder med stort vandforbrug og med virksomheder, hvor vandets hårdhedsniveau har indflydelse på en evt. produktion. Det er derfor vigtigt, at beslutningerne er transparente og inddrager synspunkter hos både tilhængere og modstandere af blødgøring. Det er også vigtigt, at forventninger afstemmes, så f.eks. tilhængere af blødgøring ikke forventer kalkfrit vand, når det af hensyn til sundhed, miljø og teknik er nødvendigt at opretholde et vist kalkniveau. Modstandere af blødgøring kan have brug for information om, hvordan risici er afvejet og afhjulpet i den endelige beslutning og dens implementering. Vejledningen angiver ikke konkrete krav og vilkår til blødgøringsanlægget og anbefaler heller ingen bestemte blødgøringsmetoder, da valg af blødgøringsmetode vil afhænge af de faktiske forhold. Det anbefales at inddrage en rådgiver tidligt i forløbet.

Når der her i vejledningen tales om blødgjort vand, menes at vandets hårdhed er reduceret.

En beslutning om blødgøring af drikkevandet er en afvejning af meget forskellige og ikke altid sammenlignelige hensyn, og de enkelte hensyn kan normalt ikke opgøres konkret. Det er en stor beslutning at etablere central blødgøring, og når beslutningen er taget, skal der foretages en række konkrete vurderinger ud fra de konkrete forhold. For de fleste vandforsyninger vil

¹ Aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti, Liberal Alliance og Alternativet om "Klimaplan for en grøn affaldssektor og cirkulær økonomi", 16. juni 2020

² Bekendtgørelse af lov om vandforsyning, LBK nr. 1450 af 05/10/2020

³ Vejledning nr. 38 om videregående vandbehandling, oktober 2019

vurderingen ske i dialog med en rådgiver. Nogle af de spørgsmål som vandforsyningen skal forholde sig til er:

- Hvilken teknologi skal vi anvende? Det vil ikke være hensigtsmæssigt at vælge en teknologi, der kræver daglig drift, hvis blødgøring skal implementeres på et mindre vandværk
- Hvilken hårdhed skal vandet blødgøres til?
- Hvordan implementeres blødgøring bedst i den eksisterende vandbehandlingsproces?
- Hvor stort et bygningsareal er påkrævet?
- Er vandværket tilsluttet et kloaknet til afledning af den genererede mængde spildevand m.m.?

DANVA og Danske Vandværker samt DTU har været inddraget ved udarbejdelse af vejledningen. Derudover er Styrelsen for Patientsikkerhed (STPS) blevet hørt.

Den relevante lovgivning er citeret i vejledningen under **1.2. Lovgrundlag**. Læseren opfordres dog altid til at bruge retsinformation.dk, der viser den til enhver tid gældende lovgivning.

Vejledningens anvisninger og eksempler er ikke bindende eller udtømmende. Vejledningen skal ses som et hjælpeværktøj, der skal læses og forstås i sammenhæng med lovgivningen.

1.2 Lovgrundlag

Tilladelse til blødgøring og dermed videregående vandbehandling på almene vandforsyningsanlæg meddeles med hjemmel i *Vandforsyningslovens*⁴ § 21, stk. 1.

Vandindvindingsanlæg må ikke etableres eller på væsentlig måde udbedres eller ændres, før kommunalbestyrelsen har meddelt tilladelse hertil.

I *bekendtgørelse om vandindvinding og vandforsyning*⁵ findes reglerne for meddelelse af tilladelser til vandindvinding og til etablering, væsentlige udbedringer eller væsentlige ændringer af vandindvindingsanlæg, herunder vandbehandlingsanlæg.

Det følger af bekendtgørelsens § 3, at tilladelser (herunder tilladelser til videregående vandbehandling) meddeles af kommunalbestyrelsen i den kommune, hvor indvindingsstedet ønskes placeret. Hvis en sag om en konkret tilladelse, der henhører under en kommunalbestyrelse, berører vandforsyningsforholdene i en anden kommune, skal der forhandles mellem kommunalbestyrelserne. Opnås der herefter ikke enighed mellem de to kommunalbestyrelser, afgøres sagen af miljø- og fødevareministeren, jf. *vandforsyningslovens* § 4 og *bekendtgørelsens* § 2.

Vejledningen beskriver de juridiske og praktiske problemstillinger og afvejninger, der måtte opstå eller bør vurderes i forbindelse med beslutninger om etablering af videregående vandbehandling. I denne vejlednings kapitel 2 er processen fra de første overvejelser til gennemførelse af projektet nærmere beskrevet. Der henvises endvidere til vejledningen om videregående vandbehandling⁶.

⁴ Bekendtgørelse af lov om vandforsyning, LBK nr. 1450 af 05/10/2020

⁵ Bekendtgørelse om vandindvinding og vandforsyning, BEK nr. 470 af 26/04/2019

⁶ Vejledning nr. 38 om videregående vandbehandling, oktober 2019

1.3 Arbejdsmiljø

I forbindelse med indførelse af videregående vandbehandling skal vandværket være opmærksom på og forholde sig til *Lov om Arbejdsmiljø*⁷ for at sikre en sund og sikker håndtering af teknologien. I nogle tilfælde kan det være en fordel at kontakte Arbejdstilsynet og eventuelt tilknytte en arbejdsmiljøkonsulent, som kan være behjælpelig med at afdække eventuelle risici ved den påtænkte teknologi.

Vandværket skal bl.a. være opmærksom på det fysiske arbejdsmiljø, det kemiske arbejdsmiljø og det biologiske arbejdsmiljø.

1.4 Hjælpekema

Til belysning af de essentielle spørgsmål vandforsyninger bør overveje ved beslutning om at blødgøre og ved efterfølgende valg af metode, er der i bilag 1 indsat et hjælpekema, der kan anvendes som en del af beslutningsgrundlaget.

Hjælpekemaet giver ikke svar på, om vandforsyningen bør blødgøre eller ej, men skal bidrage til at belyse en lang række forhold af relevans for beslutningsprocessen. Nogle spørgsmål kan besvares ja/nej, hvor andre spørgsmål kræver større overvejelser og afvejninger af forskellige hensyn. Hjælpekemaet kan anvendes som en slags huskeliste.

⁷ Bekendtgørelse af lov om Arbejdsmiljø, BEK nr. 674 af 25/05/2020

2. Hårdhedsniveau

Ved beslutningen om blødgøring af drikkevandet anbefales det, at det ønskede hårdhedsniveau fastsættes ud fra en helhedsvurdering af vandets sammensætning, valg af teknologi, de tekniske muligheder, forbrugernes forventninger og ønsker, samt myndighedskrav. En mulighed er at beregne det teoretiske kalkfældningspotentiale, CCPP (Calcium Carbonate Precipitation Potential). CCPP er et mål for den teoretisk mulige maksimale udfældning af kalk i en given situation. CCPP beregnes på baggrund af en udvidet vandanalyse ved afgang vandværk.

CCPP bør beregnes før og efter blødgøring, da det vurderes at være et godt mål for de gener, forbrugerne oplever som følge af kalkudfældninger. Erfaringer og studier peger på, at når CCPP beregnet ved 90 °C er større end 1,2 mmol/L er vandet særdeles kalkfældende. Dette kan være en vejledende værdi i forhold til, om der er et potentiale for blødgøring for en given vandkvalitet og er en mere retvisende værdi end blot vandets hårdhed.

Vandets hårdhed afgøres af koncentrationen af calcium og magnesium i vandet. Begge metaller forekommer naturligt i grundvand, som passerer igennem kalkholdige jordlag, hvorved calcium- og magnesium-ioner opløses i vandet. Hårdheden angives i tyske °dH. I Danmark er der stor variation i vandets hårdhed, som ligger mellem 4 og 30 °dH. Vandforsyninger, der får vand fra forskellige kildepladser, vil kunne have varierende hårdhedsgrader inden for forsyningsområde.

Der er i dag ingen kravværdier til hårdhed, hvor det tidligere blev anbefalet, at hårdheden skulle være mellem 5 og 30 °dH. Det fremgår dog af drikkevandsbekendtgørelsen⁸, at drikkevandet ikke må være kalkaggressivt. Se endvidere Kapitel 5 om de sundhedsmæssige aspekter ved blødgøring.

Det er ikke muligt at give et konkret svar på, hvornår blødgøring kan betale sig. I Rambøll (2017) er det vurderet, at der i områder, hvor drikkevandet er hårdere end 12 °dH, kan være en samfundsøkonomisk gevinst ved at blødgøre vandet. Andre rapporter peger på, at konsekvenserne af blødgøring i høj grad afhænger af den absolutte reduktion i hårdhed og i mindre grad af den specifikke hårdhedsgrad, Martin Rygaard og Hans-Jørgen Albrechtsen (2020).

Der kan ikke anbefales et konkret hårdhedsniveau, da det hårdhedsniveau, der er optimalt i en given situation, afhænger af vandets indhold af calcium, magnesium og andre mineraler som f.eks. salt, jern og mangan, samt af den valgte blødgøringsmetode.

Når en vandforsyning blødgør drikkevandet, ændres kalkudfældningen i forsyningens rørsystemer og distributionssystemet. Den generelle kalkafsætning i distributionssystemet forventes reduceret ved blødgjort vand. Ifølge Rambøll (2017) ventes der ikke problemer med, at det blødgjorte vand bliver aggressivt, så længe vandet holdes mættet med calciumkarbonat. Hvorvidt vandet er mættet med calciumkarbonat kan f.eks. fastlægges ved beregning af CCPP.

De vigtigste korrosionsparametre er vandflow, temperatur, pH, ledningsevne, kloridkoncentration, biofilm, suspenderet stof samt galvanisk tæring. I *Naturstyrelsen og DANVA (2011)* fastslås at korrosionsforholdene i ledningsnettet ikke vil ændres væsentligt ved delvis blødgøring af drikkevandet, da man ikke ændrer afgørende på de parametre i vandet, som er årsag til kor-

⁸ Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg, BEK nr. 1110 af 30/05/2021

rosion af rørmaterialerne. Det forudsættes, at der ikke opstår aggressivt vand ved blødgøringsprocessen. Erfaringer viser, at man bør tilstræbe, at CCPP (ved 10 °C) er større end 0 for at undgå, at vandet er kalkaggressivt.

I *Vejledning om metalliske materialer til vandinstallationer*⁹ er der givet en grundig gennemgang af metalafgivelse og korrosionsforhold for de mest almindelige materialer til vandrør og fittings. Rapporten konkluderer, at plast og rustfri stål er de eneste materialer, som kan anvendes til alle vandkvaliteter i Danmark uden at afsmitte. Det fremgår også, at kobber korroderer mere i hårdt vand med høj koncentration af hydrogenkarbonat og salte end i blødere vand med lavere koncentration af hydrogenkarbonat.

Kommende krav til materialer og kemikalier i vandbehandlingen jf. EU-direktivet 2020 vil betyde, at der skal anvendes materialer og kemikalier, der er godkendt til drikkevand iht. europæiske standarder. Disse krav kendes ikke pt, men skal implementeres i 2025.

⁹ Vejledning om metalliske materialer til vandinstallationer, Arbejdsrapport nr. 12 2005

3. Valg af teknologi

Valg af den bedst egnede blødgørings teknologi kræver en helhedsorienteret tilgang. Der findes ikke en standardløsning, der vil passe til ethvert vandværk, og der er en lang række faktorer at tage hensyn til, når vandforsyninger ønsker at implementere blødgøring.

Nogle af de faktorer, der er bestemmende for valg af blødgøringsmetode, er bl.a. størrelse af anlæg, tilgængeligheden af uddannede operatører og muligheder for at bortskaffe eventuelle restprodukter, herunder spildevand. Herudover er også investerings- og driftsomkostninger ved de forskellige metoder, samt råvandets og det behandlede vands kemiske sammensætning afgørende for valg af teknologi.

Vandforsyninger anbefales indledende at analysere og klarlægge blødgøringsbehovet og vurdere effekterne ved valg af metode og blødgøring generelt.

Der er både fordele og ulemper ved alle blødgøringsmetoder. Begge dele skal overvejes og identificeres. Der kræves stor opmærksomhed på, hvilke risici blødgøringsmetoden kan medføre for bl.a. vandkvaliteten, således at skadelige stoffer og biprodukter ikke opstår ved kemiske reaktioner. Der bør også være opmærksomhed omkring vandspild som varierer fra metode til metode, håndtering af kemikalier og restprodukter samt spildevandshåndtering, se nærmere i kap.6.

Der findes flere forskellige metoder til central blødgøring af vand. Herunder oplistes og introduceres de hidtil mest anvendte metoder. Metoderne er nærmere beskrevet i faktaark til vejledning om videregående vandbehandling¹⁰:

1. Pelletmetoden
2. Ionbytning
3. Membranfiltrering – herunder nanofiltrering/omvendt osmose
4. Elektrolyse
5. Plastic Air Softening (PAS)

Der bliver desuden løbende udviklet nye metoder til blødgøring af drikkevandet som f.eks. ERCA2 og ReCaP (reduceret kalkfældning).

3.1 Pelletmetoden

Ved pelletmetoden øges råvandets ph-værdi ved at tilsætte NaOH (Natriumhydroxid). Der tilsættes finkornet sand i en pellet-reaktor, og kalken udfælder på sandkornene. Efter en tid i reaktoren bliver de enkelte korn så tunge pga. kalkudfældningen, at de synker til bunds. De tunge sandkorn (pellets) fjernes løbende fra reaktoren, mens der tilsættes nye sandkorn.

Indholdet af magnesium ændres ikke ved processen. Jern og mangan (og til en vis grad nikkel og andre tungmetaller) udfældes sammen med kalk.

Ved dosering af NaOH (Natriumhydroxid) øges vandets indhold af natrium, hvilket medfører en risiko for, at natriumindholdet kan være forhøjet i det færdigbehandlede drikkevand.

¹⁰ Vejledning nr. 38 om videregående vandbehandling, oktober 2019

Det blødgjorte vands pH-værdi er normalt 8,5 – 9,5, og pH skal derfor reduceres inden udpumpningen, enten ved opblanding med ikke blødgjort vand, og/eller ved dosering af f.eks. kuldioxid.

3.2 Ionbytning

Ionbytning foregår efter den almindelige vandbehandling på vandværket. Det behandlede vand ledes til en ionbytter-kolonne, hvor calcium og magnesium ionbyttes med natrium. Natrium tilføres i form af NaCl (salt), og efter en tid skal ionbytteren regenereres og renses. Ionbytning kan også ske med regenerering ved hjælp af kuldioxid. Ved denne ionbytning bliver der ikke tilsat natrium til drikkevandet, og spildevandets indhold af salte vil ikke øges.

Vand fra et ionbytter-anlæg bliver til et restprodukt i form af vand med store koncentrationer af calcium, magnesium, natrium og klorid, som skal bortskaffes. Det blødgjorte vand har et højere indhold af natrium, hvorimod magnesiumindholdet er reduceret.

3.3 Membranfiltrering

Membranfiltrering er fællesbetegnelsen for en række separationsprocesser, hvor vandet passerer en membran som tilbageholder de i råvandet opløste eller opslæmmede stoffer mere eller mindre fuldstændigt som funktion af membranernes porrestørrelse.

Membranfiltrering pt. er eneste teknologi, der både kan blødgøre og fjerne pesticider fra vandet.

Nanofiltrering er en membranproces, som primært tilbageholder divalente ioner, og lader monovalente ioner passere. For at forhindre kalkudfældninger på membranen tilsættes vandet et antiscaleringsmiddel. Det anbefales, at der vælges membraner, som er så tætte, at de tilbageholder antiscalanten effektivt, da dette stof ellers vil tilføres til drikkevandet i større eller mindre grad.

Omvendt osmose fjerner i princippet stort set alle ioner (salte) og kemiske forbindelser fra vandet. Det er således en endnu finere filtrering end man opnår med et nanofiltreringsanlæg.

Membranfiltrering er velegnet til mindre vandværker. Det færdigbehandlede vand har et reduceret indhold af natrium, magnesium og calcium. Man skal dog være opmærksom på, at processen er forholdsvis energikrævende.

3.4 Elektrolyse

Elektrolytisk dekarbonatisering kan fjerne calcium fra vandet og dermed reducere vandets hårdhed. Blødgøringen foregår ved hjælp af elektroder, hvor der sker en oxidation ved den elektrode, hvor der afgives elektroner (anoden) og en reduktion ved den elektrode, hvor der optages elektroner (katoden).

Elektrolytisk dekarbonatisering kan ske i ERCA2-reaktoren, der består af en række elektroder anbragt i en reaktor og som er forbundet til en jævnstrømskilde. Reaktoren tilføres vand fra bunden, og vandet stiger op mellem de strømførende elektroder. Det behandlede vand opsamles ved overløb og udfældet kalk opkoncentreres i en bundfældningstank.

Ved elektrolysemetoden skal man dog være opmærksom på, at processen kan danne giftige biprodukter, afhængig af bl.a. råvandets sammensætning.

3.5 Plastic Air Softening

Med Plastic Air Softening (PAS) teknologien sker blødgøringen uden tilsætning af kemikalier og udelukkende ved hjælp af luft, der pumpes ind i en tank fyldt med plasticlegemer, der fungerer som filter. Her udskilles calciumkarbonat på filtermaterialet.

PAS-metoden reducerer hårdheden ved at fjerne calcium uden at tilsætte kemikalier. Vandet beluftes kraftigt, og den reaktion, der driver fjernelsen af kalk er den samme, som får kalk til at fælde naturligt på overflader (fliser, kedler osv.). Ved PAS udfældes kalken på plastik-stykker, der er designet til at give en stor overflade, og som findes i filtertanke. Opholdstiden i filtertanke er afgørende for, hvor effektiv blødgøringen er.

4. Drikkevands- og forsyningssikkerhed

Med indførelse af central blødgøring skal vandforsyningerne lære at håndtere ny teknologi. Central blødgøring kræver uddannelse af medarbejdere, og evt. mulighed for at tilkalde service døgnet rundt, hvis anlægget automatisk stopper f.eks. ved ændringer i vandkvaliteten.

Videregående vandbehandling som f.eks. blødgøring vil generelt øge risikoen for, at vandbehandlingsprocessen ikke fungerer som planlagt. Blødgøring kan påvirke vandkvaliteten; det er derfor vigtigt at foretage en vurdering af risici forbundet med blødgøringsbehandling og dermed den samlede drikkevandssikkerhed. En ændret vandkvalitet vil evt. kunne medføre, at driften af anlægget midlertidigt stoppes, hvorved forsyningssikkerheden kan påvirkes. Af hensyn til drikkevandssikkerheden bør det være muligt at bypasse blødgøringsanlægget, således at vandbehandlingen kan udføres uden blødgøring, og der fortsat kan leveres drikkevand som opfylder kvalitetskravene, indtil den nødvendige udbedring af blødgøringsanlægget er foretaget. Specifikt for Pelletmetoden er der i Naturstyrelsen (2015) en nærmere beskrivelse af risikofaktorer og tilhørende løsninger.

Risikoen for at levere drikkevand af ringe kvalitet til forbrugerne kan reduceres ved en løbende overvågning af blødgøringsprocessen, med særlig vægt på kontrol af det færdigbehandlede vand. Det kan f.eks. opnås ved, at udpumpningen stoppes ved overskridelser af drikkevandskravene, indtil årsagen er fundet og rettet. Det betyder dog samtidig, at forsyningssikkerheden kan påvirkes. Graden af påvirkning kan f.eks. afhænge af, om andre vandværker automatisk kan tage over. Anbefalinger til håndtering af forsyningssikkerhed, herunder anbefalinger til vilkår beskrives nærmere i faktaark til vejledning om videregående vandbehandling¹¹.

¹¹ Vejledning nr. 38 om videregående vandbehandling, oktober 2019

5. Sundhedsmæssige aspekter

Sundhedseffekterne er ofte diskuteret i forbindelse med en central blødgøring af drikkevandet.

Vandforsyningen skal ved beslutning om blødgøring af drikkevand være opmærksom på, at vandets oprindelige indhold af naturlige stoffer ændrer sig, og at der kan være sundhedsmæssige forhold, der skal vurderes.

Råvandets kvalitet og den valgte metode til blødgøring vil have betydning for drikkevandets mineral- og saltsammensætning. I drikkevandsbekendtgørelsen er der ikke fastsat en nedre grænse for koncentrationen af calcium og magnesium i drikkevand. Vandets hårdhed er yderligere beskrevet i kapitel 2.

Afhængig af den valgte blødgøringsmetode kan indholdet af parametrene calcium, fluorid, magnesium og divalente ioner reduceres.

Mængden af mineraler og salt, som forbrugerne indtager gennem drikkevandet, varierer betydeligt. Der er bl.a. store individuelle forskelle i, hvor meget tappevand forbrugerne drikker, samt i den geografiske fordeling af grundvandets naturlige hårdhed. Vand fra Østsjælland er for eksempel naturligt rigere på calcium og fluor end vand fra Vestjylland. Den største kilde til mineralindtag er kosten, der i Danmark oftest er rigeligt mættet med mineraler, hvorfor ændringer i drikkevandets mineralindhold ikke vil have betydning for de fleste mennesker.

Ved blødgøring af drikkevand, hvor indholdet af calcium og fluorid sænkes betydeligt, anbefaler Styrelsen for Patientsikkerhed, at det vurderes, om der er behov for at iværksætte en oplysnings- eller forebyggelsesindsats over for grupper, der erfaringsmæssigt har problemer med tandsundheden, som for eksempel socialt udsatte grupper.

Den samlede sundhedsmæssige effekt af blødgøring anses af Styrelsen for Patientsikkerhed som værende begrænset for den generelle befolkning.

Styrelsen for Patientsikkerhed peger dog på, at den ændrede sammensætning af det blødgjorte drikkevand teoretisk kan have en effekt på knogleskørhed, hjerte-kar sygdomme, blodtryk, caries og andre sygdomme. Disse potentielle effekter er nærmere beskrevet i bilag 2.

6. Restprodukter og spildevand

Der er en lang række faktorer, som f.eks. vandprisen, råvandets sammensætning, anlæggets størrelse og personalets kompetencer, der er afgørende for valg af blødgøringsmetode. Det er ligeledes vigtigt at overveje, hvilke restprodukter der opstår ved de forskellige blødgøringsteknologier.

De fleste blødgøringsprocesser er vandforbrugende, men vandspildet og kvaliteten af spildevandet varierer meget fra teknologi til teknologi. Spildevandet skal ikke nødvendigvis føres til renseanlæg. Hvis spildevand fra blødgøring kan ledes direkte til recipient med eller uden forudgående behandling, kan det medføre økonomiske fordele for driften af anlægget. Vandværket skal være opmærksom på om evt. udledning direkte til recipient kræver tilladelse fra kommunen.

Vandforsyningen bør i beslutningsprocessen afklare med spildevandsselskabet, om det lokale renseanlæg vil kunne håndtere spildevandet fra blødgøringsanlægget, eller om spildevandet skal bortskaffes på anden vis. Det kan kræve særskilt tilslutningstilladelse at aflede spildevandet til kloaknettet. Bortskaffelse vil måske skulle ske ved, at spildevande køres væk i lastbil, hvilket også skal indgå i overvejelserne.

For flere af teknologierne (membraner, CARIX og ionbytning) er det muligt at optimere procesdesignet, så vandspildet reduceres – ofte dog med højere anlægsmkostninger til følge.

Ved nogle blødgøringsmetoder, f.eks. pelletmetoden, fås et restprodukt med et højt indhold af kalk, som vil kunne anvendes til formål, hvor man i dag anvender fossilt kalk, som er en begrænset naturressource.

Restproduktet er derfor i Danmark ikke nødvendigvis at betragte som et affaldsprodukt. I en dansk kontekst er udfordringen ved at genanvende pellets primært at opnå en tilstrækkelig høj salgspris. Det hænger blandt andet sammen med den geografiske spredning af vandforsyningerne, der vil give en betydelig transportomkostning til en oparbejdningsfabrik. Den geografiske spredning af vandforsyninger vil derfor have betydning for, hvorvidt det er muligt at sælge pellets til oparbejdning eller det alene er muligt at afsætte til lokale landmænd som jordforbedringsmateriale. I Sverige anvendes restproduktet fra pelletmetoden f.eks. som fyldmateriale ved anlægsarbejde jf. Rambøll (2017).

Ved blødgøring med ionbytning danner processen spildevand, der skal afledes. Der findes i dag ingen muligheder for at genanvende dette restprodukt.

Ved blødgøring med membranfiltrering dannes der som restprodukt et koncentrat, der indeholder suspenderede stoffer, ioner, bakterier og evt. miljøfremmede stoffer fra råvand. Der er ingen mulighed for at genanvende dette koncentrat, og der er begrænsende muligheder for at bortskaffe det. Membranfiltrering anvendes i dag endvidere kun på steder, hvor mere end ét parameter skal fjernes fra vandet (fx hårdhed og mikroforurenende stoffer), jf. Rambøll (2017).

Koncentratet fra membraner indeholder typisk antiscalant kemikalier, der tilsættes for at undgå udfældninger på membranen. Vandværket skal være opmærksom på, at disse stoffer ikke

medfører en risiko for forbrugerne, samt at de ikke medfører negative konsekvenser for det spildevandsanlæg, der modtager koncentratet.

7. Økonomiske konsekvenser

Indførelse af central blødgøring vil helt overordnet øge vandprisen, idet der vil være udgifter forbundet med drift, vedligehold og kompetencer på vandværket. Uden blødgøring vil selv hårdt vand kunne håndteres på vandværkerne uden væsentlige driftsmæssige udfordringer.

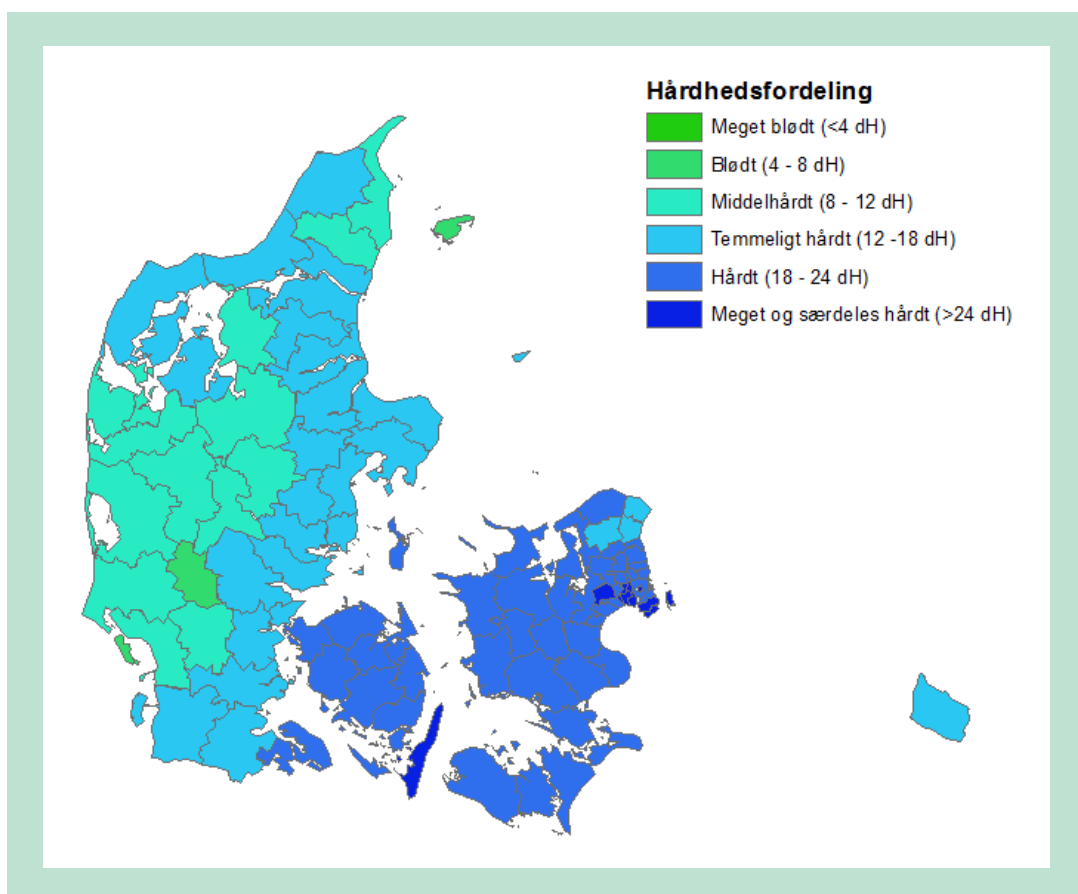
Reduktion af hårdhed kan være en relativ kompleks proces. De fleste blødgøringsmetoder kræver således anvendelse af kemikalier i større eller mindre omfang. Den komplekse proces og kemikalieforbruget medfører forøgede omkostninger til produktion af drikkevand.

Ifølge Rambøll (2017) vil husstande kunne nedbringe udgifterne til vaske- og rengøringsmidler, hvis anvisninger til korrekt sæbedoseringer følges. Desuden vil der være besparelser på el-udgifter til de større husholdningsapparater. Herudover peges på besparelser ved forlængede levetider for varmtvandsbeholdere, husholdningsmaskiner mv. fordi de ikke kalker til. Om disse besparelser står mål med den øgede vandpris, vil være individuelt.

Rambøll (2017) peger på, at særligt vandforbrugende virksomheder kan have en ikke uvæsentlig nettoudgift forbundet med central blødgøring, idet vandprisen bliver højere. Der vil dog samtidig være en besparelse som følge af mindre el-udgifter og rengøring samt længere levetider på såvel husholdningsprodukter som kalkfølsomme komponenter i virksomhedens proceslinje. I nogle tilfælde har virksomheder og institutioner installeret decentral blødgøringsanlæg - for disse virksomheder kan der være tale om ekstra omkostninger forbundet med tilpasning af det lokale blødgøringsanlæg, hvis hårdhedsgraden i det vand vandværket leverer, ændres mærkbart.

I Danmark er der stor variation i vandets hårdhed og selv inden for et forsyningsområde kan hårdhedsgraden variere meget. Figuren nedenfor viser den geografiske hårdhed af drikkevandet i Danmark.

Vandselskaber omfattet af vandsektorloven skal være opmærksomme på Energistyrelsens regler om fastsættelse af den økonomiske ramme, og hvilke muligheder der er for at få tillæg til den økonomiske ramme til etablering af blødgøringsanlæg.



FIGUR 1. Kortet viser drikkevandets hårdhed som et gennemsnit af hårdheden i kommunerne målt på de enkelte vandværker (GEUS, 2010).

8. Inspiration fra vandforsyninger, kommuner mv.

Flere vandforsyninger har allerede været igennem en beslutning om at indføre blødgøring, som beskrevet i denne vejledning, og nogle har offentliggjort deres overvejelser. Der kan her være inspiration at hente for vandforsyninger, som overvejer at indføre central blødgøring.

Miljøstyrelsen har endvidere fundet eksempler på vandforsyninger, der løbende orienterer forbrugerne om status på blødgøringsprocessen via vandværkets hjemmeside.

Her er en oversigt over de dokumenter og hjemmesider, som Miljøstyrelsen har kendskab til:

Birkerød Vandforsyning (2020) Bestyrelsens betragtninger om blødgøring:

<https://biv.dk/nyheder/loedgoering-vand-birkerod-vandforsyning-0>

Danske Vandværker (2019) Katalog om blødgøring af drikkevand

https://www.danskevv.dk/wp-content/uploads/2019/10/katalog-om-bloedgoering_24102019.pdf

DTU (2020) Rygaard, Martin og Albrechtsen, Hans-Jørgen. Blødgøring af drikkevand i Aarhus

– Forventede konsekvenser: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/240820763/Bl_dg_ring_af_drikkevand_i_Aarhus_210104.pdf

DTU (2021) Tang, Camilla; Rygaard, Martin; Rosshaug, Per S; Kristensen, John B; Albrechtsen, Hans Jørgen, Evaluering og sammenligning af centraliserede teknologi til blødgøring af drikkevand: Virkninger på vandkvalitetsindikatorer

<https://orbit.dtu.dk/en/publications/evaluation-and-comparison-of-centralized-drinking-water-softening>

HOFOR (2022) Forskelligt informationsmateriale på hjemmesiden: <https://www.hofor.dk/baere-dygtige-byer/udviklingsprojekter/loedere-vand/>

Jyllinge Vandværk (2021) Information om status på blødgøring: [https://www.jyllinge-](https://www.jyllinge-vand.dk/Portals/151/PDF/PDF%202021/Sta-tus%20p%E5%20bl%F8dg%F8ring%20marts%202021.pdf)

[vand.dk/Portals/151/PDF/PDF%202021/Sta-tus%20p%E5%20bl%F8dg%F8ring%20marts%202021.pdf](https://www.jyllinge-vand.dk/Portals/151/PDF/PDF%202021/Sta-tus%20p%E5%20bl%F8dg%F8ring%20marts%202021.pdf)

NOVAFOS (2018) Lindhardt, Bo: Blødgøring – fordele og ulemper – 14. september 2018

https://novafos.dk/sites/novafos.dk/files/media/document/bilag_2_bloedgoering_af_vand.pdf

Roskilde Kommune (2018) Fordele og ulemper, herunder miljømæssige- og samfundsøkonomiske vurderinger ift. blødgøring af drikkevand:

<https://drive.google.com/file/d/1GzxzDq3pVSrMVS9YMRUn8h32yKUpLiMq/view>

9. Litteraturliste

Arvin, E., Bardow, A., Spliid, H. (2017). Caries affected by calcium and fluoride in drinking water and family income. J. Water and Health 16 (1). 49-56

Naturstyrelsen og DANVA (2011). Central blødgøring af drikkevand

Naturstyrelsen (2015). Optimering af teknologi til blødgøring af drikkevand

Neri & Johansen / WHO (1977). National Research

Rambøll (2017). Blødt Vand i en Cirkulær Økonomi – for Miljøstyrelsen

COWI (2014). Samfundsøkonomisk vurdering af blødgøring af vand til husholdninger i HOFOR's ejerkommuner

Deloitte (2015). Samfundsøkonomisk analyse af central blødgøring af vand på Forsyning Ballerups værker – konsekvenser for husholdninger

GEUS (2010). Kort over hårdheder

Godskesen, Berit; Albrechtsen, Hans-Jørgen; Rygaard, Martin/DTU (2019). Før- og eftermålinger af effekter af blødgøring i Brøndby – Et samarbejdsprodukt mellem DTU og HOFOR

Rygaard, Martin og Albrechtsen, Hans-Jørgen /DTU (2015). Blødgøring, natrium og sundhedseffekter - Notat til HOFOR

Bilag 1. Hjælpekema

<https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2022/06/Bilag1-Hjælpekema.xlsx>

Bilag 2. Uddybning af sundhedsmæssige aspekter ved blødgøring

Den samlede sundhedsmæssige effekt af blødgøring anses af Styrelsen for Patientsikkerhed som værende begrænset for den generelle befolkning. Teoretisk set kan den ændrede sammensætning af det blødgjorte drikkevand dog have en effekt på følgende sygdomme:

Knogleskørhed

Reduceret indtag af calcium kan medvirke til en stigning i tilfælde af knogleskørhed (osteoporose). Dog udgør calcium-bidraget igennem drikkevand normalt en mindre del af det daglige calciumindtag, og risikoen for, at et reduceret calcium-indhold i drikkevand kan bidrage til knogleskørhed er derfor størst i de befolkningsgrupper, der i forvejen indtager en calcium-fattig kost og er i risiko for at udvikle knogleskørhed. Det kan for eksempel dreje sig om kvinder, som har passeret menopausen og ikke indtager mælkeprodukter.

I en rapport fra Lægemiddelstyrelsen fra 2010 kan man se, at mønstret for forbrug af lægemidler mod osteoporose i Danmark ligner kortet over hårdhedsgraden af drikkevandet i de danske kommuner. I de kommuner, hvor der er mindst kalk i drikkevandet, ses det største forbrug af lægemidler mod osteoporose. Der findes ligeledes evidens, der peger på, at vand med et højt calcium-indhold har en positiv virkning på knoglemetabolismen.

Det er dog ikke muligt at konkludere, at et højt indhold af calcium i drikkevandet beskytter mod osteoporose, da mange faktorer påvirker disse resultater, såsom kostvaner, solesponering, fysisk aktivitet, D-vitamin status og genetik. Man kan til gengæld sige, at meget tyder på, at et højt indhold af calcium i vandet kan have en positiv indvirkning på mineraliseringen af knogler, og dermed bidrage til forebyggelse af osteoporose hos visse patientgrupper.

Hjerte-kar sygdomme

Calcium er en vigtig ion i kroppen og bruges blandt andet i muskler, herunder hjertet, til at fremkalde sammentrækning. Man har tidligere haft en teori om, at tilførsel af calcium igennem kosten kunne reducere risiko for hjerte-kar sygdomme. Der er på nuværende tidspunkt ikke evidens for, at højere niveauer af calcium i drikkevandet beskytter mod kardiovaskulær død.

Til gengæld foreligger der flere studier som peger på, at stigende koncentrationer af magnesium i drikkevand beskytter mod kardiovaskulær død. Dette passer godt med øvrig evidens på området, hvor magnesium er vist både at kunne have en positiv rolle i reguleringen af blodtryk, samt hæmning af åreforkalkningsprocessen¹².

Magnesiumindtaget igennem drikkevand udgør en mindre del af det totale magnesiumindtag ved en varieret kost¹³. Hvorvidt der foregår en reduktion i drikkevandets indhold af magnesium afhænger af metoden, der benyttes til blødgøring. Det vurderes, at en reduktion af magnesium-indholdet i drikkevandet kan have en betydning for forekomsten af kardiovaskulær sygdom i befolkningsgrupper der indtager sparsomt med magnesium igennem deres kost (grøntsags- og frøfattig kost).

Blodtryk

I forbindelse med blødgøring af vand ved kalkfældningsmetoden og ved ionbytning øges koncentrationen af natrium i drikkevandet. Et højt indtag af natrium har i adskillige studier været associeret med højt blodtryk. En endegyldig kobling mellem indtag af natrium og blodtryk har dog ikke været mulig at påvise.

¹² [Calcium and Magnesium in Drinking-water, WHO, 2009](#)

¹³ [Helbredseffekter af calcium og magnesium i drikkevandet, DTU Miljø](#)

Indtag af natrium igennem kosten udgør det største bidrag til det samlede indtag af natrium. Det samlede indtag af natrium i vestlige lande vurderes at ligge omkring 4 g om dagen i gennemsnit med store individuelle variationer.

WHO vurderer, at indtaget af natrium igennem drikkevand og effekter på blodtryk er for usikre til at kunne anbefale en grænseværdi på baggrund af sundhedsmæssige aspekter. I stedet anbefales det, at natrium i drikkevandet holdes under 200 mg/liter af hensyn til smagen. I Danmark har man valgt at natriumindholdet i drikkevandet højst må være 175 mg/liter. Den danske grænseværdi er baseret på, at natrium indholdet i drikkevandet højst må udgøre 10% af det anbefalede daglige saltindtag¹⁴.

Samlet set vurderes, at der er sparsom evidens for, at et øget natriumindhold i drikkevandet har betydning for forekomsten af forhøjet blodtryk i den danske befolkning. Det vurderes dog, at individer som indtager en natrium-fattig kost, for eksempel grundet risiko for hjertesvigt, bør være opmærksomme på natriumbidraget fra drikkevandet.

Caries

Calcium bidrager til remineralisering af tændernes emalje og har betydning for spytkirtlernes funktion. Fluorid medvirker til hæmning af demineraliseringen og øger remineraliseringsraten.

Blødgøring af vand reducerer vandets calciumindhold, og i nogle tilfælde fluoridindholdet. Når indholdet af fluor og calcium i drikkevand reduceres, øges risikoen for udvikling af huller i tænderne (caries). Der er imidlertid flere andre faktorer, som har stor betydning for tandsundheden, såsom socioøkonomiske forhold, tandbørstning, anvendelse af fluoridholdigt tandpasta, kost mv.

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

Ved blødgøring af drikkevand, hvor indholdet af calcium og fluorid sænkes betydeligt, anbefales det at vurdere, om der er behov for at iværksætte en oplysnings- eller forebyggelsesindsats over for grupper, der erfaringsmæssigt har problemer med tandsundheden, som for eksempel socialt udsatte borgere.

Øvrige sygdomme

Ud over de allerede nævnte sygdomme findes en række lidelser (nyresten, tarmkræft, børneeksem), hvor mineralindholdet i drikkevand kan spille en rolle. Det har dog kun været muligt i begrænset omfang at dokumentere sammenhængen mellem ovenstående lidelser og variationer i vandets hårdhed og indhold af mineraler. Dette skyldes primært, at de undersøgte lidelser kan forårsages af en række forhold, hvor effekten fra én faktor kan være svær at bestemme.

¹⁴ [Kvalitetskrav til visse stoffer i drikkevandet](#)

Vejledning om blødgøring af drikkevand

Denne vejledning henvender sig bl.a. til ejere af almene vandforsyningsanlæg, der påtænker at etablere central blødgøring og dermed overvejer at søge om tilladelse til videregående vandbehandling efter vandforsyningslovens § 21. Vejledningen er udarbejdet med henblik på at belyse essentielle spørgsmål, vandforsyninger bør overveje ved beslutning om at blødgøre og ved valg af metode.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk