

Blødgøring

GLUD VANDVÆRK


12. MAJ 2021

Indhold

Projekt ID: 10410641
Ændret: 12-05-2021 09:31
Revision 2

Udarbejdet af SSTA
Kontrolleret af CTA
Godkendt af LOV

1	Indledning	3
2	Vandets hårdhed og CCPP værdi	3
3	Blødgøringsteknologier	4
3.1	Pelletmetoden	4
3.2	Ionbytning	4
3.3	Membranfiltrering	4
3.4	Kalkspaltere	5
4	Beregning af CCPP værdier	5
5	Implementering af blødgøring på Glud Vandværk	6
6	Budget	7
6.1	Forudsætninger for beregning	7
6.2	Etablering af ionbytteranlæg	8
6.2.1	Opsummering af anlægs- og driftsudgifter	8
7	Opsamling	9
8	Referenceliste	10



1 Indledning

I store dele af Danmark er der så højt et indhold af kalk i grundvandet, at det karakteriseres som temmelig hårdt vand (hårdhed over 12 °dH). Dette gælder også for Glud Vandværk, hvor hårdheden ligger på 16-17 °dH. Hvis kalken i vandet udfælder, kan det give en række gener. Hos forbrugerne opleves disse gener bl.a. som kalkaflejninger i f.eks. husholdningsapparater og -installationer samt på sanitet og fliser i baderum.

Lige nu foregår en debat i det offentlige rum omkring blødgøring. Debatten inddrager mange aktører, hvor både myndigheder, forsyningselskaber, leverandører af decentrale blødgøringsløsninger samt forbrugere har interesse. Dette bevirker, at mange vandforsyninger skal tage stilling til, om der skal indføres et centralt blødgøringstrin i deres vandforsyning.

Glud Vandværk har på seneste generalforsamling fået en efterspørgsel fra enkelte forbrugere om undersøgelse af muligheden for blødgøring af vandet.

I dette notat præsenteres nogle af de overvejelser, Glud Vandværk skal gøre sig inden beslutningen om implementering af blødgøring vedtages eller afvises.

2 Vandets hårdhed og CCPP værdi

Vands hårdhed måles i tyske hårdhedsgrader (°dH) og er et mål for indholdet af calcium og magnesium ioner i vandet. Derfor er der også en sammenhæng imellem, hvor hårdt vandet er, og hvor mange gener med kalkudfældninger, forbrugerne oplever. Men dette er kun den halve sandhed. Hvor meget kalk, der udfælder i vandet, afhænger af, hvor kalkfældende vandet er, hvilket kan estimeres af vandets såkaldte CCPP værdi (Calcium Carbonate Precipitation Potential).

CCPP er en beregnet værdi, der fortæller hvor meget kalk, der teoretisk kan udfælde i en vandprøve – et maksimalt potentiale for kalkudfældning. Jo højere CCPP værdien i vandet er, jo mere kalk kan udfælde hos forbrugerne. I vandtyper med samme hårdhed, kan den ene vandtype have en højere CCPP værdi, og forbrugerne vil kunne opleve flere gener med kalkudfældninger end forbrugere med vandtypen, der har en lavere CCPP værdi. CCPP værdien er dermed en mere retvisende værdi i vurderingen af forbrugernes kalkudfældningsgener end f.eks. vandets hårdhed. Når vandets hårdhed alligevel bruges, når man taler om kalkudfældning og blødgøring, er det fordi, hårdheden er meget nem både at måle og at styre sine processer efter.

Når vandet blødgøres, sænkes CCPP værdien, hvilket vil mindske omfanget af kalkudfældning hos forbrugerne. Det er dog vigtigt, at CCPP værdien ikke sænkes til lavere end 0 mmol/l, da vandet i det tilfælde bliver kalkagressivt og vil tære på ledningsnettet og installationer. Dette sætter en naturlig begrænsning for, hvor meget forsyningen bør blødgøre vandet.

Vandets naturlige kemiske sammensætning er afgørende for CCPP værdien. CCPP er temperaturafhængig, og værdien vil ændre sig i takt med ændringer i vandtemperaturen. Derfor er det relevant at beregne CCPP værdien ved forskellige vandtemperaturer.

I hovedstadsområdet er vandet meget hårdt, hvilket har ledt til en beslutning i HOFOR om at indføre central blødgøring på deres regionale vandværker, så de efter implementeringen kan levere blødere vand til hele deres forsyningsområde. HOFOR er den forsyning i Danmark der er længst med implementering af blødgøring. De anvender en målsætning om at sænke hårdheden af deres vand til 10 °dH og at opnå en CCPP værdi på 0,6-0,7 mmol/l for CCPP₉₀. Den målsætning er baseret på erfaringer fra bl.a. Holland og Sverige, hvor de har mangeårige erfaringer med central blødgøring. I Holland har man lavet forbrugerundersøgelser, der viser, at der er en generel forbrugertilfredshed med omfanget af kalkudfældninger i private hjem, hvis vandets CCPP₉₀ værdi ligger under 0,6 mmol/l.

3 Blødgøringsteknologier

Der findes flere forskellige teknologier, der kan blødgøre vandet. Hvilken metode, der er egner sig bedst, afhænger både af vandets naturlige kemiske sammensætning og de fysiske rammer ved det enkelte vandværk. I det følgende er udvalgte af de mest anvendte teknologier kort beskrevet.

3.1 Pelletmetoden

Med denne metode udfældes calcium i vandet som calciumkarbonat ved at øge vandets pH med tilsætning af et basisk kemikalie, typisk lud (natriumhydroxid) eller læsket kalk (calciumhydroxid). Calciumkoncentrationen kan reduceres, mens koncentrationen af magnesium forbliver uændret. Typisk blødgøres kun en delstrøm (beregnes i forhold til hvor meget vandets hårdhed skal sænkes) af vandproduktionen. Den ønskede hårdhed ved afgang vandværk opnås ved efterfølgende at opblende det blødgjorte vand med en delstrøm af ikke-blødgjort vand.

Kalkfældningsprocessen foregår i en høj kolonne (8 - 12 m). Kolonnen tilføres fint sand, der fluidiseres ved at tilføre vand fra bunden af kolonnen med en høj overfladehastighed. Basen tilsættes ligeledes i bunden af kolonnen, hvorefter kalken udfælder på sandkornene, og der dannes faste kalkpiller (pellets). Efterhånden som pellets vokser og bliver tungere, falder de ned i bunden af kolonnen, hvor de løbende kan udtages og erstattes med nyt sand.

Metoden kræver en del drift (estimeret 10-12 timer/uge), da det må sikres, at der er ligevægt i de kemiske processer i kolonnen for at kalkudfældningen foregår på sandkornene. Foruden kolonnen kræver metoden en sandsilo, en ludtank, en container til pellets og evt. et CO₂ anlæg. Vandspildet med denne metode ligger på ca. 0,25-1% afhængig af om bærevand for pellets genbruges.

3.2 Ionbytning

Ved blødgøring med traditionel ionbytning byttes alle calcium- og magnesium ioner i vandet ud med natriumioner i en ionbytter, og derved opnår det behandlede vand en hårdhed på 0 °dH. Derfor blødgøres kun en delstrøm (beregnes i forhold til hvor meget vandets hårdhed skal sænkes) af vandproduktionen. Den ønskede hårdhed ved afgang vandværk opnås ved efterfølgende at opblende det blødgjorte vand med en delstrøm af ikke-blødgjort vand.

Blødgøringen sker i en ionbytterkolonne med ionbyttermateriale (resin). Ionbytteren placeres typisk i processen efter sandfiltrene og inden rentvandstanken. Efter blødgøringen indeholder det producerede vand et forhøjet indhold af natrium. Efter en periode med drift, bliver ionbyttermaterialet mættet med calcium og magnesium ioner, og ionbytteren må regenereres med en stærk saltblanding.

Ved regenerering af ionbyttermassen dannes saltholdigt spildevand (eluat), som kan være vanskeligt at håndtere pga. af den høje koncentration af særligt klorid. Ionbytning kræver mindre drift end pelletmetoden (estimeret 1-8 timer pr. uge), og herudover anbefales en serviceaftale (1-2 gange om året). Nogle leverandører tilbyder også en serviceaftale, der dækker al drift. Ionbytteren er et kompakt system, der ikke kræver meget plads. Foruden ionbytteren skal man bruge en saltblander (til regenereringsmassen), et saltdepot og muligvis opsamling af spildevand (afhænger af lokale forhold). Vandspildet fra blødgøringsprocessen udgør typisk 2 %.

3.3 Membranfiltrering

Ved membranfiltrering sendes en delmængde af vandet med højt tryk over en fin membran, hvor divalente ioner (som calcium og magnesium) tilbageholdes. Membranfiltrering fjerner foruden de divalente ioner også organiske stoffer og en række uønskede stoffer. Membranfiltrering kan derfor være en god løsning, hvis man har andre udfordringer med drikkevandkvaliteten. Efter filtreringen sænkes vandets hårdhed til ca. 1 hårdhedsgrad, hvorfor kun en delstrøm af vandproduktionen blødgøres. Den ønskede hårdhed ved afgang vandværk opnås ved efterfølgende at opblende det blødgjorte vand med en delstrøm af ikke-blødgjort vand. For at membranen ikke skal tilstoppe, tilsættes antiscaling kemikalier. Disse passerer ikke membranen, men fjernes med spildevandet.

Membranfiltreringen er et kompakt anlæg, der kræver drift i samme omfang som ionbyttermetoden (estimeret 2-10 timer om ugen) og ikke kræver meget plads. Men metoden er omkostningstungt i drift, da metoden både har et højt energiforbrug og et højt vandspild. Foruden membrananlægget kræves et kemikalierum, anlæg til pH justering og muligvis opsamling af spildevand.

3.4 Kalkspaltere

Der findes tre metoder, der i dette afsnit refereres til med fælles betegnelsen kalkspaltere (magnetiske, elektriske og ultralyd). Fælles for alle metoder er at de ikke fjerner eller reducerer nogle af vandets komponenter, men i stedet ændrer molekylestrukturen i kalken, hvilket, ifølge producenterne, forhindrer noget af kalken i at udfælde eller gør at den udfældede kalk er nemmere at fjerne. Mekanismerne bag kalkspaltere er endnu ikke fuldt forståede. Der er nogen dokumentation for ændringer i kalkens molekylestruktur efter behandling, men deres effekter i forhold til kalkudfældninger i f.eks. elkedler og baderum samt på sæbeforbruget, er ikke dokumenteret (Tang et al., 2019). Rapporterede positive effekter fra kalkspaltere er typisk baseret på de enkelte forbrugeres oplevelse efter installation og effekterne er tilsyneladende afhængige af vandkvaliteten, hvorfor forbrugeroplevelsen efter installation af kalkspaltere er meget forskellig.

4 Beregning af CCPP værdier

Inden blødgøring overvejes, bør man beregne CCPP værdien for vandet. CCPP værdien beregnes ved hhv. 10 °C, 60 °C og 90 °C, da disse temperaturer som regel vil dække vandtemperaturen i ledningsnettet (10 °C), i forbrugernes varmvandbeholdere/badevand (60 °C) samt elkedler/kaffemaskiner og lignende (90 °C). Det er vigtigt, at man ikke risikerer, at CCPP₁₀ værdien sænkes til under 0 mmol/l, da vandet i sådant tilfælde bliver aggressivt og vil tære på ledningsnet og installationer. Derudover må man overveje, hvilken CCPP₉₀ værdi man ønsker for det blødgjorte vand. Hvis man vælger at lægge sig op af erfaringsværdier fra Holland, som f.eks. HOFOR og andre forsyninger har valgt, på 0,6-0,7 mmol/l, vil mange vandtyper i Jylland allerede inden blødgøring være tæt på den værdi.

Glud Vand leverer vand fra to kildepladser; en i Skjold (Skjold Vandværk), og en i Snaptun (Glud Vandværk). I Tabel 4.1 er CCPP værdierne ved hhv. 10 °C, 60 °C og 90 °C beregnet for de to kildepladser.

Tabel 4.1. CCPP værdier er beregnet på seneste analyser fra afgang vandværk for Glud Vandværk og Skjold Vandværk. CCPP værdien er beregnet ved hhv. 10 °C (CCPP₁₀), 60 °C (CCPP₆₀) og 90 °C (CCPP₉₀).

CCPP værdi	Glud Vandværk	Skjold Vandværk
CCPP ₁₀	0,05	0,16
CCPP ₆₀	0,41	0,55
CCPP ₉₀	0,76	0,93

Data til beregning er baseret på værdier af seneste analyse, der kan hentes i Jupiterdatabasen. Værdierne er vist i Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Data til beregning er baseret på værdier af seneste analyse, der kan hentes i Jupiterdatabasen for hhv. Glud Vandværk og Skjold Vandværk. Analyserne er alle målt ved afgang vandværk.

Beskrivelse	Enhed	Glud Vandværk	Skjold Vandværk
Årsproduktion (2019)	m ³	95.180	39.790
Alkalinitet		246	274
pH		7,4	7,5
Temperatur	°C	9,6	7,9
Calcium	mg/l	100	110

Magnesium	mg/l	6,3	8,3
Natrium	mg/l	25	20
Kalium	mg/l	2	2,1
Fluorid	mg/l	0,3	0,25
Chlorid	mg/l	42	31
Sulfat	mg/l	70	88
Nitrat	mg/l	0,49	0,36
Jern	mg/l	0	0,03
Phosphor	mg/l	0	0
Hårdhed	°dH	15	17

Data til beregning er baseret på værdier af seneste analyse, der kan hentes i Jupiterdatabasen. Der er ikke taget højde for om seneste analyse er repræsentativ for den dimensionsgivende vandkvalitet, og CCPP værdierne bør beregnes igen med værdier baseret på et vægtet gennemsnit, hvis de skal indgå i dimensioneringen af blødgøringsteknologier.

5 Implementering af blødgøring på Glud Vandværk

CCPP værdierne for Skjold Vandværk er højere end for Glud Vandværk, hvorfor det – ud fra CCPP værdierne – vil resultere i en større forbrugeroplevelse at implementere blødgøring på Skjold Vandværk. Levetiden på Skjold Vandværk forventes at være kort, hvorfor et blødgøringsanlæg skal afskrives over kort tid. Derudover har Skjold Vandværk en lav årlig vandproduktion. Disse to faktorer bevirker, at prisstigningen i kroner pr. kubikmeter vil blive meget høj, og det vurderes at implementering af central blødgøring på Skjold Vandværk er urealistisk.

Derfor antages det i følgende budgetoverslag at hele vandforsyningen samles på det nybyggede Glud Vandværk, der allerede er dimensioneret til at kunne levere vand til hele forsyningsnettet. Det antages, at vandkvaliteten er for Glud Vandværk (se Tabel 4.2) er repræsentativ for vandkvaliteten og at Glud Vandværk producerer 200.000 m³ årligt.

CCPP₁₀ værdierne for Glud Vandværk ligger allerede inden blødgøring tæt på 0 mmol/l, hvorfor man bør være meget forsigtig med at implementere blødgøring, da aggressivt vand vil tære ledningsnettet og installationer. Det anbefales, at CCPP₁₀ værdien er over 0,03 mmol/l, hvis aggressivt vand skal undgås (Lahav and Birnhack, 2007). Når dette kvalitetskrav skal imødekommes, er mulighederne for blødgøring meget begrænsede og de relative økonomiske udgifter forbundet med etableringen helt urealistiske. I nedenstående tabel, er CCPP værdierne beregnet for en trinmæssig sænkning af hårdheden ved brug af ionbytningsmetoden.

Tabel 5.1. Beregnede CCPP værdier ved trinmæssig sænkning af hårdheden på Glud Vandværk. Ionbytning er valgt som blødgøringsteknologi.

Hårdhed [°dH]	CCPP ₁₀	CCPP ₆₀	CCPP ₉₀
13,9	0,02	0,37	0,72
12,4	-0,01	0,33	0,66
10,8	-0,04	0,28	0,60

Det bemærkes, at CCPP₁₀ værdien falder til under den anbefalede værdi på 0,03 mmol/l ved sænkning af blot én hårdhedsgrad. Ved sænkning af to hårdhedsgrader er CCPP₁₀ værdien negativ, og vandet fra Glud Vandværk vil være aggressivt. Dette vil i særlig grad være problematisk for støbejernssamlingerne i ledningsnettet på Hjarnø.

6 Budget

Ud for en betragtning af vandværkets størrelse og daglige driftsforhold, vurderes ionbytningsmetoden at være et godt bud på en blødgøringsmetode, såfremt der træffes beslutning om implementering af blødgøring. Metoden er ofte økonomisk fordelagtig på vandværker, hvor kun en lille delstrøm af vandproduktionen skal behandles. Budgettet er fremlagt på baggrund af et prisoverslag, der ikke er detailprojekteret.

6.1 Forudsætninger for beregning

Beskrivelse	Enhed	
Årsproduktion	[m ³]	200.000
Nuværende hårdhed	[°dH]	15,5
Ønsket hårdhed	[°dH]	10
Blødgøringsteknologi		Traditionel ionbytning
Regenerationsvand afledning		Til kloak
Spildevandsafgift		Jf. takstblad, Hedensted Spildevand
El pris (uden afgift)	[kr/kW]	0,72
Salt (100% NaCl)	[kr/kg]	1,00
Timeløn, servicemedarbejder	[kr/time]	500
Låne rente, fast	[%]	2

Blødgøringsanlægget forventes ikke at kunne være i den eksisterende bygning, hvorfor blødgøringsanlæg placeres i en ny bygning ved siden af Glud Vandværk. Brinesiloen forventes at skulle placeres udenfor vandværket.

Bygningen til blødgøringsanlægget bør have et areal på mindst 50 m², hvilket vil give en anlægspris på omtrentlig 1.200.000 kr. (inkl. projektering).

For at samle hele vandproduktionen på Glud Vandværk, er det nødvendigt at etablere en trykforøger i ledningsnettet for at sikre de rette trykforhold for alle forbrugere i distributionsnettet. Der er flere muligheder, der tidligere er beskrevet i "Notat_glud vandværk_trykforhold og ny trykforøger" af 13. august 2018. Udgifter til etablering af trykforøger og nedlægning af Skjold Vandværk er ikke medtaget i budgettet.

Det antages, at det saltholdige spildevand fra ionbytteranlægget ledes til kloak, og at der betales normal spildevandsafgift for afledningen. Hvis der opnås tilladelse for udledning af spildevandet til recipient, kan udgifter til afledning spares. Spildevandsafgiften beløber sig til 51.011 kr. årligt. Udledning til recipient kan resultere i udgifter til etablering af afløbsforhold, der ikke er medtaget i beregningen.

Det estimeres, at anlægget i gennemsnit kræver 1,5 timers vedligehold om ugen. Hertil kommer en serviceaftale hos fabrikanten på 2 årlige serviceeftersyn. Udgifter til serviceaftale og løbende vedligehold er medregnet i de årlige driftsudgifter.

Ionbyttermassen i anlægget antages at skulle udskiftes efter 10 år. Udgifter til ny ionbyttermasse er medregnet i de årlige driftsudgifter.

6.2 Etablering af ionbytteranlæg

Alle priser er oplyst ekskl. moms.

Bygning **kr. 1.200.000,-**

Bygningsprisen omfatter

- Bygning, affugtning og bygningsel
- Projektering

Anlægspris **kr. 2.475.000,-**

Anlægsprisen omfatter

- Silhorko blødgøringsanlæg type STFA17 duplex inkl. regenerationsunit og fyldninger
- Silhorko STFA PLC styring med HMI og sitemanager
- Brinemakersilo til 30 tons salt
- Silhorko brimemaker styring med PLC og HMI
- Wedeco UV anlæg type SPECTRON for blødt vand og brine – 2 stk.
- Levering, montering og igangsætning
- El installation, (afsat beløb kr. 180.000,-)

Installationer **kr. 500.000,-**

Installationsprisen omfatter

- Mellempumper
- Rørinstallation
- SRO og maskin-el installation

6.2.1 Opsummering af anlægs- og driftsudgifter

Driftsudgifter pr. år	Kroner (hele tusinde)
Mandskab	39
El	1
Salt	36
Ionbytter resin	25
Ekstra indpumpning	0,2
Spildevandsafgift	51
Mellempumpning	4
Serviceaftale	40
Samlede årlige driftsudgifter	196

Finansielle udgifter første driftsår	Kroner (hele tusinde)
Renter	84

Afskrivninger	Kroner (hele tusinde)
Bygning over 50 år	24
Maskininstallationer over 25 år	119

Samlet årlig afskrivning	143
--------------------------	-----

Udgifter	Kroner pr. kubikmeter
Driftsudgifter	0,98
Renter 1. år	0,42
Afskrivning	0,72
Samlede udgifter [kr./m³]	2,11

7 Opsamling

CCPP₉₀ værdien for Glud Vandværk beregnes til 0,76 mmol/l, hvilket allerede inden blødgøring ligger meget tæt på det kvalitetsmål (0,6-0,7 mmol/l) som andre forsyninger i Danmark styrer efter.

CCPP₁₀ værdien er allerede inden implementering af blødgøring tæt på 0 mmol/l. Derfor vil det være uansvarligt at sænke hårdheden mere end 1 hårdhedsgrad. En så lav sænkning af vandets hårdhed kan ikke forsvares økonomisk og vil kun resultere i en minimal effekt hos forbrugerne.

I budgetoverslaget er hårdheden sænket til 10 °dH, da det vurderes, at en ændring i hårdheden på under 5 hårdhedsgrader er økonomisk uforsvarligt. Men det frarådes at sænke hårdheden til 10 °dH med den nuværende vandkvalitet, da vandet vil blive aggressivt og vil tære på ledningsnet og installationer. Dette kan resultere i store økonomiske omkostninger for både forsyning og forbruger. Særligt ledningsnettet på Hjarnø er udsat, da dele af ledningsnettet indeholder støbejernssamlinger, der vil være ekstra udsatte for tæring.

8 Referenceliste

Tang, C.; Merks, C.W.A.M.; Albrechtsen, H.-J. (2019). Water softeners add comfort and consume water - comparison of selected centralised and decentralised softening technologies. *Water Supply* 19(7), pp. 2088-2097.

Lahav, O.; Birnhack, L.(2007). Quality criteria for desalinated water following post-treatment. March 2007, *Desalination* 207(1):286-303