

Roskilde Kommune  
By, Kultur og Miljø  
Att.: Maria Ammentorp Sørensen  
Rådhusbuen 1  
4000 Roskilde



Vandressourcer & Miljø  
**Direkte tlf.** 2795 4016  
**E-mail** nebu@hofor.dk  
**Dato** 30.06.2017

## Procesansøgning for blødgøring af drikkevand på Værket ved Marbjerg

HOFOR fremsender hermed ansøgning til Roskilde Kommune om tilladelse til etablering af procesanlæg til blødgøring af drikkevand på Værket ved Marbjerg ved kalkfældning (pellet-metoden).

Roskilde Kommune er myndighed i forhold til plan-, miljø- og ressourceforhold. HOFOR skal ansøge om processtilladelse i henhold til § 21 i Vandforsyningsloven<sup>1</sup> ved etablering af vandbehandlingsanlæg.

Denne ansøgning er målrettet Vandforsyningslovens § 21 og vil danne grundlag for øvrige ansøgninger, herunder ansøgning om landzonetilladelse, byggetilladelse, udledningstilladelse m.v. Disse tilladelser vil blive ansøgt, mens procesansøgningen er under sagsbehandling.

Der skal gøres opmærksom på at denne ansøgning alene forholder sig til proces og drift af det ansøgte anlæg. Ved ansøgning fremsendt til Roskilde Kommune juli 2015 og efter høringsproces i modtagerkommuner, har HOFOR den 11. december 2015 af Roskilde Kommune modtaget ”*principiell tilkendegivelse om, at HOFOR kan forvente, at Roskilde Kommune vil meddele tilladelse til avanceret vandbehandling på Værket ved Marbjerg ud fra de foreliggende oplysninger og at HOFOR kan gå videre med den endelige projektering samt fremsende en endelig ansøgning.*”

Ansøgninger om vandindvindinger og etablering af vandbehandlingsanlæg skal i henhold til § 14 i bekendtgørelse om vandindvinding og vandforsyning<sup>2</sup> indeholde de i figur 1 nævnte oplysninger. Denne ansøgning omhandler de i punkt 5, 6 og 7 samt stk. 2, nævnte forhold.

§ 14. En ansøgning om endelig tilladelse til vandindvinding og til etablering af indvindings- og behandlingsanlæg m.v. skal udover oplysninger, som måtte være foreskrevet i en foreløbig indvindingstilladelse, jf. § 13, stk. 1, nr. 4, indeholde følgende:

- 1) Genpart af indberetning til De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) om foretagne borer, jf. bekendtgørelse om udførelse og sløjfninger af borer og brønde på land.
- 2) Analyse af råvandet, medmindre kommunalbestyrelsen vurderer, at dette er unødvendigt. For grundvandsanlæg skal der foreligge analyser for hver boring. For overfladevandsanlæg skal anføres prøveudtagningssteder og oplysninger om kvalitetens årstidsvariation.
- 3) Beskrivelse af det planlagte indvindingsanlægs indretning.

<sup>1</sup> Lovbekendtgørelse nr. 125 af 26/01/2017 om vandforsyning m.v. (Vandforsyningsloven)

<sup>2</sup> Bekendtgørelse nr. 832 af 27/06/2016 om vandindvinding og vandforsyning

- 4) Vurdering af, om det på grundlag af de foretagne prøvepumpninger eller vandføringsmålinger må antages muligt at indvinde den ansøgte vandmængde.
  - 5) Redegørelse for et eventuelt behandlingsanlægs placering.
  - 6) Beskrivelse af det ansøgte behandlingsanlæg med begrundelse for, at anlægget anses for egnet til fremstilling af vand til det ansøgte formål ud fra den givne råvandskvalitet. Endvidere tegninger af anlægget.
  - 7) Oplysning om, hvordan eventuelt skyllevand fra anlægget tænkes afledt, og hvordan eventuelt udfældet slam skal behandles.
  - 8) For almene vandforsyninger planer over vandforsyningsanlæggenes beliggenhed og udformning af ledningsnet med angivelse af materialer, dimensioner og trykzoner. Endvidere foreliggende regulativ eller udkast til regulativ, eventuelt med tilhørende takstblad, og vedtægter hvis den almene vandforsyning ikke ejes af en offentlig myndighed.
  - 9) Angivelse af arealer, brugsrettigheder m.v., der eventuelt må erhverves ved ekspropriation, herunder ejer- og brugerforhold, oplysning om matrikelbetegnelse og fornødent kortmateriale.
  - 10) Fortegnelse over de grundejere og brugere, som ansøgeren ønsker inddraget under sagens behandling.
- Stk. 2. En ansøgning om etablering af vandindvindingsanlæg til almen vandforsyning eller væsentlige udbedringer eller væsentlige ændringer af bestående vandindvindingsanlæg til almen vandforsyning skal med henblik på at tilstræbe en reduktion af omfanget af rensningen af vandet foruden de i stk. 1, anførte oplysninger indeholde en teknisk, økonomisk og miljømæssig redegørelse for valget af indvindingssted og vandbehandling.

Figur 1 Krav til indholdet i en ansøgning i henhold til § 14 i bekendtgørelse om vandindvinding og vandforsyning (Bek. 832 af 27/06/2016).

### Læsevejledning

Ansøgningen er delt i to dele:

Del 1 indeholder beskrivelse af placeringen af anlægget, procesdesign af anlægget samt funktionskrav. Del 1 redegør for punkt 5, punkt 6 og punkt 7 i bekendtgørelsen.

Del 1 består af følgende to vedlagte dokumenter:

Del 1A. Redegørelse for behandlingsanlæggets placering

Del 1B. Værket ved Marbjerg, blødgøring. Procesdesign af kalkpilleanlæg

Del 2 skal ses som en kort opsummering/supplement til den tidligere fremsendte ansøgning om principiel tilladelse til blødgøring af vandet på Værket ved Marbjerg som redegør for teknisk, økonomisk og miljømæssig påvirkning af vandbehandlingsanlægget.

Del 2 består af følgende vedlagte dokument:

Del 2A. Opsummering/supplering af teknisk, økonomisk og miljømæssig påvirkning

Med venlig hilsen



Neel Bussenius

Miljøkonsulent  
HOFOR A/S

**HOFOR A/S**

Ørestads Boulevard 35 | 2300 København S | Telefon 33 95 33 95 | CVR-NR. 1007 3022 | [www.hofor.dk](http://www.hofor.dk)

## Del 1A.

### A) Redegørelse for behandlingsanlæggets placering (§ 14, stk. 5)

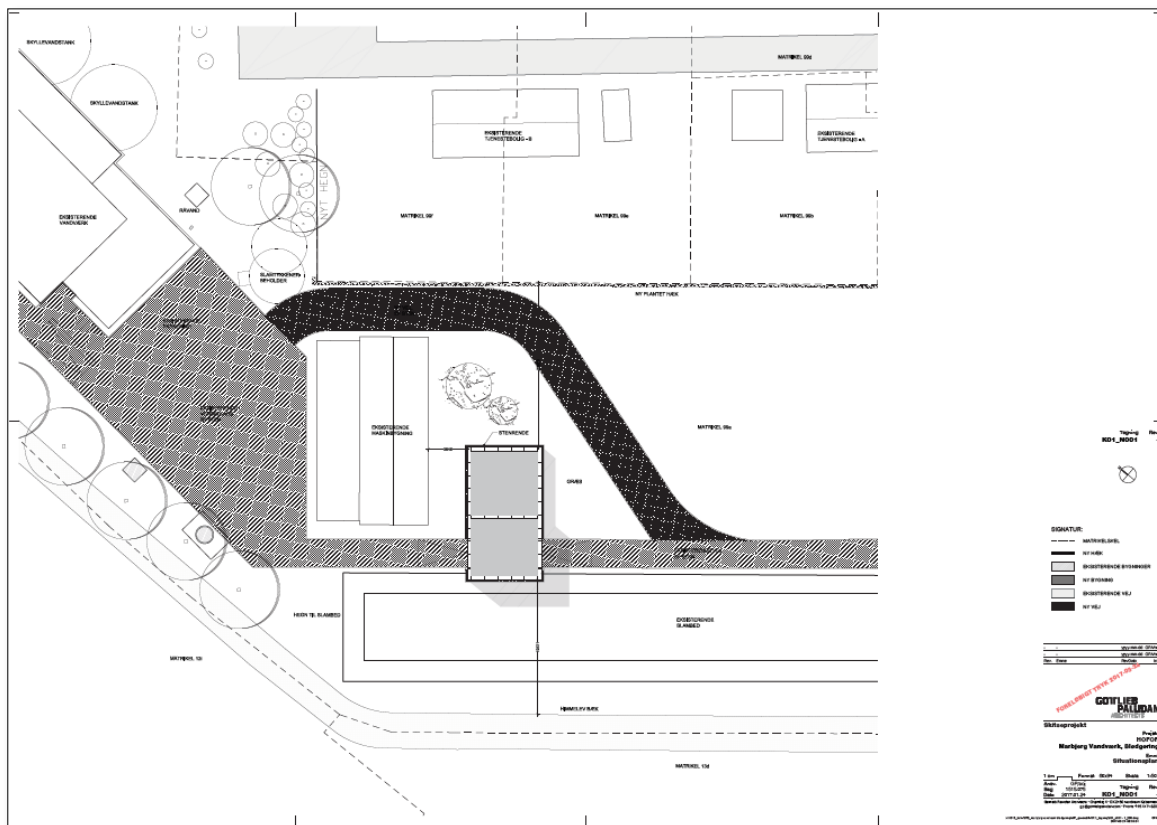
Værket ved Marbjerg er beliggende på Slæggerupvej 101-103, 4000 Roskilde, Matr.nr. 99a, St. Hede, Roskilde Jorder (se figur 1).

Matriklen har ifølge BBR et areal på 31.685 m<sup>2</sup>, er beliggende i landzone og er omfattet af Roskilde Kommuneplan 2016, rammeområde 2.D.24.



Figur 1 Værket ved Marbjerg

Blødgøringsanlægget etableres i det eksisterende maskinhus, samt en mindre nyopført tilbygning (se figur 2). Det eksisterende maskinhus skal derfor ombygges ved at nogle af de indvendige fundamenter fjernes og dækket mellem stueetagen og kælderen fjernes delvist. Derudover istandsættes bygningens andre dele.



Figur 2 Værket ved Marbjerg, maskinhus samt nyopført bygning.

Uden for bygningen skal der etableres en vej, så lastbiler kan levere og hente produkter i forbindelse med produktionen af det blødere vand.

Der ansøges separat om øvrige nødvendige tilladelser til anlæg og drift af blødgøringsanlægget på værket.

# HOFOR

## Værket ved Marbjerg, blødgøring

Procesdesign af kalkpilleanlæg

**JUNI 2017, v6.2**

# HOFOR

## Værket ved Marbjerg, blødgøring

### Procesdesign af kalkpilleanlæg

Udarbejdet af: Peter Borch Nielsen

Kontrolleret af: Steen Lindhard

Udgave: 06.1 / 14.06.17

Ordrenummer: 1300 - 82799

Krüger A/S – Veolia Water Technologies, Danmark

SØBORG  
Gldsaxevej 363  
DK-2860 Søborg  
T +45 3969 0222  
kruger@kruger.dk

AALBORG  
Indkildevej 6C  
DK-9210 Aalborg SØ  
T +45 9818 9300  
kruger@kruger.dk

AARHUS  
Haslegårdsvænget 18  
DK-8210 Aarhus V  
T +45 8746 3300  
kruger@kruger.dk

GLOSTRUP SERVICE  
Fabriksparken 35  
DK-2600 Glostrup  
T +45 3969 0222  
kruger@kruger.dk

AQUACARE  
Fabriksparken 50  
DK-2600 Glostrup  
T +45 4345 1676  
aquacare@kruger.dk



## Indholdsfortegnelse

<b>1. Indledning</b>	<b>2</b>
<b>2. Dimensioneringsgrundlag</b>	<b>3</b>
2.1 Kapacitet	3
2.2 Vandkvalitet	3
<b>3. Vandbehandlingsbeskrivelse og procesdesign</b>	<b>5</b>
3.1 Blødgøringsteknik med fluid bed kalkpille anlæg	5
3.2 Overordnet behandlingsproces på vandværket	6
3.3 Procesdesign	6
3.3.1 Kalkpillekolonner	6
3.3.2 Sandvask og sandlager	8
3.3.3 Kalkpiller og kalkpillelager	9
3.3.4 Ludtanke (Natriumhydroxid)	10
3.3.5 Ionbytteranlæg	11
3.3.6 CO <sub>2</sub> kryotank	12
3.3.7 Mellempumpning	13
<b>4. Resulterende vandkvalitet og vandkvalitetsmålere</b>	<b>14</b>
4.1 Vandkvalitet	14
4.2 Måling og overvågning	14
<b>5. Mængde af forbrugsstoffer og restprodukter</b>	<b>16</b>
5.1 Forbrugsstoffer til blødgøringsanlægget	16
5.2 Restprodukter fra blødgøringsanlægget	16
5.2.1 Udledning	16
5.2.2 Udledning under indkøring af anlæg	17
5.2.3 Bortskaffelse af restprodukter	17
5.2.4 Diagrammer for afløbsstrømme/afløbsprodukter	18
5.2.5 Øvrige emissioner	18

## Bilagsliste

Bilag A	
Flowskitse v7	



## 1. Indledning

HOFOR har besluttet at opføre et anlæg til blødgøring af drikkevandet fra Værket ved Marbjerg og at:

- Kun råvand fra Brokilde kildeplads skal blødgøres. Råvandsledningen fra Brokilde kildeplads er forberedt med de nødvendige forbindelser og afspærringsmuligheder.
- Blødgøringsanlægget skal dimensioneres, så den resulterende hårdhed i rentvandet fra Værket ved Marbjerg er ca. 10 °dH.
- Blødgøringsanlægget designes så forbrugerne får en oplevet effekt af blødgøringen. Baseret på bl.a. Hollandske erfaringer benyttes begrebet kalkfældningspotentiale (CCPP<sub>90</sub>) som et udtryk for dette.
- HOFOR har udført pilotforsøg på Værket ved Marbjerg med kalkpilleteknikken og vist at den er effektiv og har valgt at denne teknik skal benyttes til blødgøring af vandet.





## 2. Dimensioneringsgrundlag

### 2.1 Kapacitet

Værket ved Marbjerg har indvindingstilladelser på 4,8 mio. m<sup>3</sup> (Brokilde Kildeplads 4,0 mio. m<sup>3</sup> og Marbjerg Kildeplads 0,8 mio. m<sup>3</sup>). Vandværket har en produktionskapacitet som angivet i tabel 1.

**Tabel 1 Dimensionsgivende produktionskapacitet**

Maksimalt døgn	13.200	m <sup>3</sup> /døgn
Middel døgn	10.200	m <sup>3</sup> /døgn
Maksimal time	550	m <sup>3</sup> /time
Middel time	425	m <sup>3</sup> /time

Der kan maksimalt blødgøres 460 m<sup>3</sup>/time og normalt ca. 360 m<sup>3</sup>/time. Råvandet til blødgøring ledes fra T-stykke i tilløbet i råvandsbygværket til blødgøringsbygningen. Det råvand som ikke skal blødgøres ledes direkte gennem eksisterende råvandsbygværk til iltning i Oxydator. Det blødgjorte vand tilføres igen i T-stykke i afgang fra råvandsbygværket.

### 2.2 Vandkvalitet

Der skal produceres rent drikkevand som overholder kravværdierne i gældende drikkevandsbekendtgørelse og med en total hårdhed på ca. 10 °dH.

Kalkpille blødgøringsanlægget skal behandle råvand fra Brokilde kildeplads som efterfølgende skal blandes med råvand fra Brokilde og/eller Marbjerg kildeplads i et valgt forhold, som kan variere.

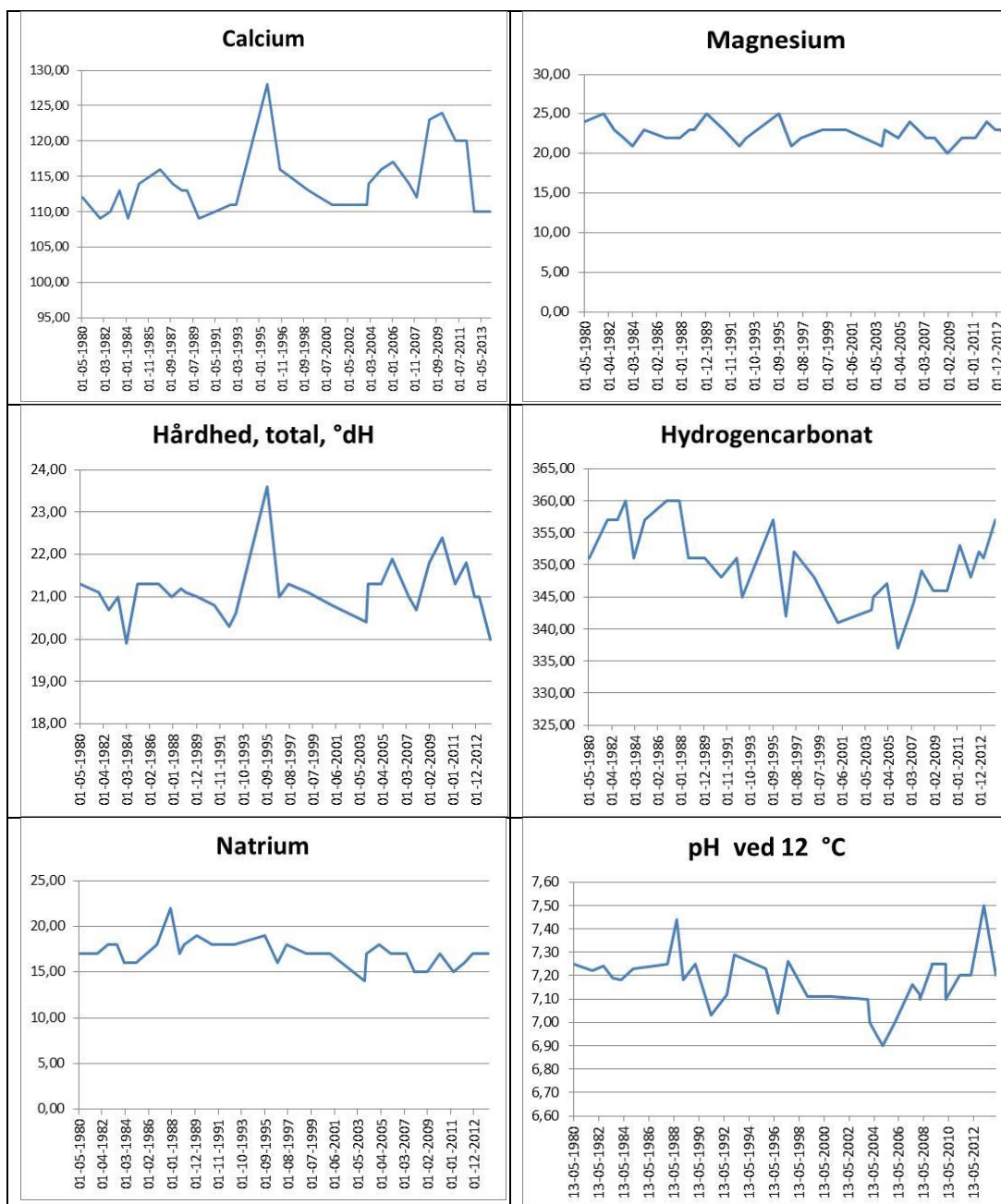
Tabel 2 viser den dimensionsgivende råvandskvalitet for blødgøringsanlægget baseret på råvandsanalyser fra perioden 2000 - 2015.

**Tabel 2 Dimensionsgivende råvandskvalitet**

Parameter		Enhed	Brokilde kildeplads	Marbjerg kildeplads
pH	-	-	7,2	7,2
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub>	mg/l	355	340
Calcium	Ca	mg/l	115	115
Magnesium	Mg	mg/l	23	19
Hårdhed	-	°dH	21	21
Jern(II)	Fe	mg/l	2,0	1,1
Jern-total	Fe	mg/l	2,0	1,1
Siliciumdioxid	SiO <sub>2</sub>	mg/l	21	19
Fosfor	PO <sub>4</sub> -P	mg/l P	0,03	0,01
Sulfat	SO <sub>4</sub>	mg/l	84	75
Mangan	Mn	mg/l	0,04	0,02
Natrium	Na	mg/l	17	12
Temperatur	-	°C	8 – 12	8 - 12



Variationer i råvandskvaliteten fra Brokilde kildeplads er vist i tidsserier i figur 1 for udvalgte parametre. Vandkvaliteten er tilfredsstillende stabil til at give et passende dimensioneringsgrundlag.



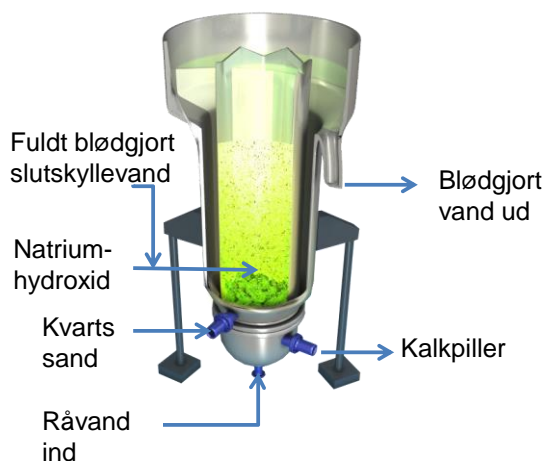
Figur 1 Udvalgte tidsserier for råvand fra Brokilde kildeplads



### 3. Vandbehandlingsbeskrivelse og procesdesign

#### 3.1 Blødgøringsteknik med fluid bed kalkpille anlæg

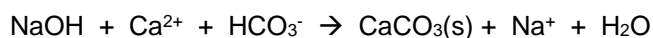
En justerbar delstrøm af råvandet fra Brokilde kildeplads blødgøres ved katalytisk reaktion i kalkpille fluid bed kolonner. Der etableres mulighed for at delstrømmen kan justeres i intervallet 0 – 100 % af råvandsflowet, dog begrænset af kolonnernes kapacitetsgrænser – se senere.



**Figur 2 Princip for kalkpille blødgøring i fluid bed kolonne**

Råvandet fordeles ligeligt til bunden af de aktive fluid bed kolonner. Antallet af aktive kolonner kan justeres, således opstrømhastigheden holdes inden for dimensioneringsgrænserne. Via dysebund ledes vandet op gennem et fluidiseret sandlag. Umiddelbart over dysebunden tilsættes natriumhydroxid fra et horisontalt dysesystem.

På overfladen af sandkornene udfældes calciumkarbonat katalytisk efter følgende reaktion:



Natriumhydroxid forbruges i molforholdet 1:1 med calcium til kalkudfældningen. Derudover forbruges natriumhydroxid til øgning af pH værdien i vandet, således at ionproduktet af calciumkarbonat holdes en passende faktor over opløselighedsproduktet for at sikre en effektiv udfældning.

Der udtages automatisk flere gange dagligt kalkpiller fra kolonnerne. Disse ledes til lagerbeholder, hvor de afvandes på drænbund og bortskaffes med lastbil.

Vasket og desinficeret sand tilføres dagligt til anlægget for at sikre en stabil højde af det fluidiserede sandlag.

Såfremt råvandet indeholder minimale koncentrationer af opløst ilt vil der ske en delvis fjernelse af både opløst jern og mangan i kolonnerne. HOFOR har målt at jern- og



manganindholdet reduceres med over 95 % ved blødgøringen i pilotanlægget ved de forsøg der er foretaget på Værket ved Marbjerg.

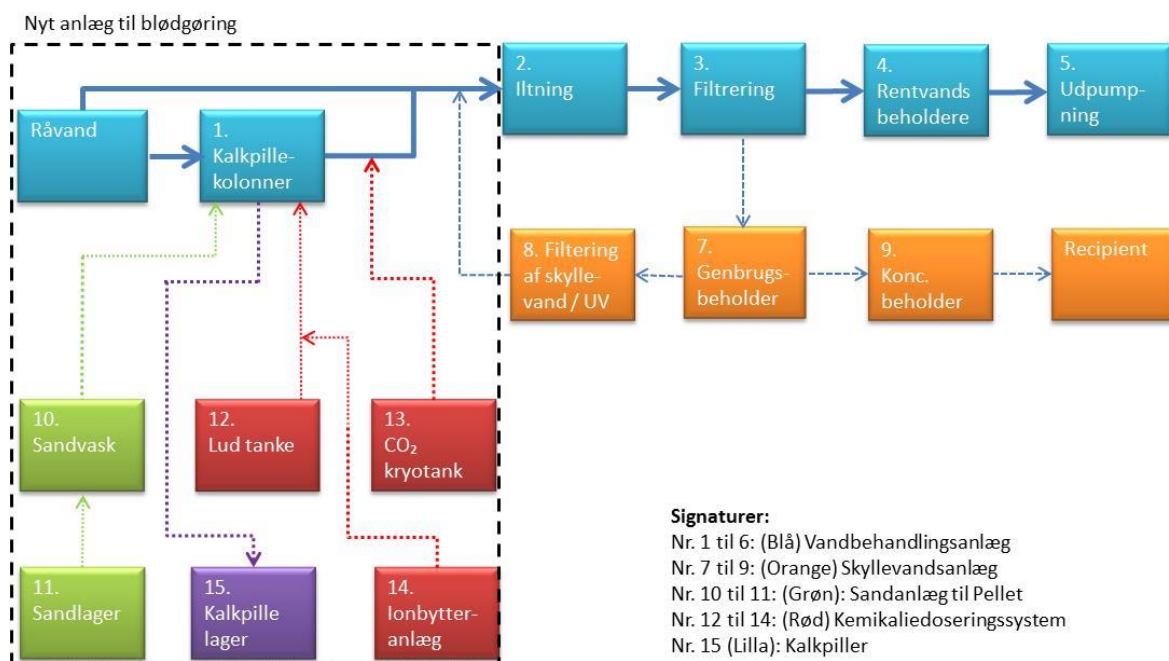
Der måles typisk en reduktion af calcium til ca. 20 mg/l og ingen reduktion af magnesium i kalkpille kolonner.

Ved udløbet fra blødgøringen er vandet stærkt kalkfældende og pH er højt. Dette reduceres ved at tilsætte syre i form af kuldioxid til vandet indtil det er i kalkligevægt.

## 3.2

### Overordnet behandlingsproces på vandværket

Blokdiagrammet i figur 3 viser behandlingsprocesserne på Værket ved Marbjerg med blødgøring og den eksisterende traditionelle vandbehandling. Flowdiagram i bilag A viser en mere detaljeret skitse af blødgøringsbehandlingsprocessen på Værket ved Marbjerg.



**Figur 3** Blokdiagram med vandbehandlingsenhederne på Værket ved Marbjerg inkl. blødgøring

## 3.3 Procesdesign

I afsnit 3.3.1 til afsnit 3.3.7 beskrives de enkelte elementer til blødgøring, som er vist på figur 3.

### 3.3.1 Kalkpillekolonner

Der vælges et design med 3 parallelle kalkpillekolonner, hvor alle kolonner normalt er i drift. De 3 kolonner kan behandle op til 460 m<sup>3</sup>/time svarende til ca. 85 % af det maksimale råvandsflow. Kolonnerne drives generelt i intervallet 60 – 100 % kapacitet svarende til følgende antal ved varierende flowforhold.



**Tabel 3 Driftsområder for kolonner**

Blødgøringsflow indløb m <sup>3</sup> /time	Antal kolonner i drift			
	0	1	2	3
0 – 92	(X) <sup>1</sup>			
92 – 153		X		
153 – 184			(X) <sup>1</sup>	
184 – 306			X	
276 – 460				X

<sup>1</sup> driftsområde uden for optimale betingelser, men kortvarigt acceptabelt.

Af tabel 3 fremgår det, at der er mindre områder fra hhv. 0 til 92 m<sup>3</sup>/time og fra 153 til 184 m<sup>3</sup>/time, hvor driften ikke er optimal. Dette skyldes, at kolonnerne i dette flow interval drives med en hastighed, hvor der ikke sker optimal fluidisering af pellets / sandkorn. Dette er acceptabelt kortvarigt, hvorfor anlæggets styring indrettes, så det sikres at dette flowinterval kun forekommer i korte perioder.

**Tabel 4 Kalkpillekolonne design data**

Driftssituation	Stop	Middel produktion	Maksimal produktion	
Blødgøringsflow, ind råvand	0	Ca. 360	460	m <sup>3</sup> /time
Antal kolonner i drift	0	3	3	stk.
Kolonnediameter	1400			mm
Kolonneareal	1,53			m <sup>2</sup>
Flow per kolonne, ind råvand	0	120	153	m <sup>3</sup> /time
Fluidiseringshastighed	0	78	100	m/time
Kolonnehøjde, total	Ca. 7,5			m
Råvandsdyser	61			stk./kolonne
Antal lud doseringsdyser	3			stk./kolonne
Antal sand tilførsels steder	1			stk./kolonne
Antal kalkpille udtag	2			stk./kolonne
Sandhøjde	1500 (uden fluidisering) 3000 (med fluidisering)			mm
Volumen (sand/kalkpiller)	Ca. 2,3			m <sup>3</sup> /kolonne
Vægt sand/kalkpiller	Ca. 3,4 – 3,7			t/kolonne
Natriumhydroxidtilsætning ca.	0	4200	5400	l/d (27,6 %)
Sandtilsætning ca.	0	246	316	kg/døgn
Kalkpilleproduktion ca.	0	2300	3010	kg/døgn
pH efter blødgøring før kulsyre og opblanding	Ca. 9,0 – 9,2			Inden opblanding
pH efter blødgøring og kulsyre (før opblanding med by-pass)	Ca. 7,9			med by-pass råvand
Kalkindhold efter blødgøring	15 – 20			mg/l Ca
Hårdhed efter blødgøring	7 – 8			°dH
Materiale kolonner	Rustfrit stål			



Der installeres on-line måling for turbiditet, pH og ledningsevne i toppen af hver kolonne. Der installeres tryktransmitter under og over dysebunden til overvågning af belægninger samt pelletmængde i kolonnen. Derudover udføres kolonnerne med udtag i top og bund for forbindelse til CIP rengøringsanlæg. Kolonnernes vandoverflader er RØDT område iht. DDS og afskærmes fra omkringliggende arealer ved indbygning af kolonnetoppen i et mørklagt lokalt RØDT rum eller ved mørk overdækning.

### 3.3.2 Sandvask og sandlager

Som sandmateriale benyttes kvartssand. Sandet leveres med tankbil og blæses ind i sandlageret. Fra sandlagertanken flyttes sandet til en sandvasker via en doseringsnegl, som har motor med variabel hastighed. I sandvaskeren opslemmes sandet i rent vand. Samtidig tilsættes natriumhypoklorit ( $\text{NaClO}$ ) for desinfektion af sandet. Efter omrøring i en valgt tid og neutralisering af klor med natriumbisulfit ( $\text{NaHSO}_3$  - benyttes til fødevarer og i vandforsyning til reduktion af klorindhold) skylles sandstøv ud med rent vand og sandopslemningen pumpes til kalkpillekolonnen.

Principprocedure for rengøring og indpumpning af sandopslemningen:

1. Tilførsel af vand til sandvaskeren
2. Start omrøring
3. Tilførsel af sand til sandvaskeren – mængdestyres fx. af vejecelle på sandlagertanken
4. Tilførsel af natriumhypoklorit til sandvaskeren
5. Omrøring i valgt antal minutter
6. Tilførsel af reduktionsmiddel natriumbisulfit til tanken
7. Omrøring i et valgt antal minutter
8. Start udskylning af støv og neutraliseret klor nedefra og op med omrører stoppet
9. Når overløbsvandet er rent stoppes udskylning og omrører startes
10. Sandopslemningen pumpes til kalkpillekolonne
11. Sandvaskeren genfyldes eventuelt og tømmes til kolonnen for rensning af rør, ventiler og pumpe med vand

Natriumhypoklorit og natriumbisulfit indkøbes i 25 liters dunke som opbevares på spildbakke tæt ved forbrugssted. Spildbakker kan indeholde mængden af den største beholder og indrettes i øvrigt i henhold til Roskilde Kommunes forskrift om håndtering og opbevaring af olie og kemikalier. Natriumhypoklorit og natriumbisulfit bestilles ved behov (én 25 liters dunk hhv. ca. hver anden og hver måned) og leveres af godkendt leverandør.

Designdata for sanddoseringssystemet er angivet i nedenstående tabeller.

**Table 5 Sandlager og skruetransport**

Vejl. sandforbrug, middel	246	kg/døgn/total
Vejl. sandforbrug, maks.	316	
Antal sandlagertanke	1	stk.
Volumen per stk.	Ca. 18	m <sup>3</sup>



Kapacitet per stk.	Ca. 27	ton sand
Lagertid	Ca. 3 - 4	mdr.
Siloudstyr bl.a.	Støvfiler, vejecelle, adgangsstige med topplatform og rækværk, udluftning ud af bygning, sikkerhedsventil, diverse adgangsstutse.	
Doseringskrue, kapacitet, max.	15	kg/minut, variabel

**Tabel 6 Sandvasker og pumpe**

Antal sanddoseringer per døgn	1 - 2	stk./kolonne
Antal opblandingstanke	1	stk.
Effektivt volumen per stk.	1,4	m <sup>3</sup>
Diameter	ø 800	mm
Areal	0,5	m <sup>2</sup>
Højde, effektiv	3	m
Opslemningskoncentration	50 - 100	g/l
Sandpumper	2 (2*100 %)	stk.
	8	m <sup>3</sup> /time/stk.
Skyllevand for sandskylning	25	m <sup>3</sup> /time (variabel)
	Ca. 20	m <sup>3</sup> /d (afledning)
Tankudstyr	Niveaumåling, omrører, anti-vortex baffler, dysesystem til vandfordeling i bund ved returskylning, overløbskant i top.	

**Tabel 7 Designdata for natriumhypoklorit dosering**

Natriumhypoklorit koncentration i opslemning	Ca. 15	mg/l
Hypoklorit dosering per påfyldning	0,16	l (15%)
Hypoklorit doseringspumpeflow	2	l/time
Hypoklorit lagertank	25	l

**Tabel 8 Doseringsudstyr for natriumbisulfit**

Natriumbisulfit konc. i opløsning	33 – 50	%
Dosering per påfyldning	0,1 – 0,2	l
Doseringspumpeflow	2	l/time
Lagertank	25	l

### 3.3.3 Kalkpiller og kalkpillelager

Kalkpillerne udtages ved en kornstørrelse på maksimalt 1 – 1,2 mm. Der skal benyttes pumpe og denne kan samtidig benyttes til overfyldning af pellets fra én kolonne til en anden via en flytbar slange. Der tilføres spædevand umiddelbart ved udtaget i kolonnevæggen.



#### Udtagningsprocedure:

1. Åben spædevandsventiler
2. Start kalkpillepumpe
3. Åben kalkpille ventiler ved reaktor
4. Afvent udløb af tidsindstilling
5. Luk kalkpilleventiler
6. Skyl rørsystem, stop Pumpe og luk spædevandsventiler

Kalkpillerne pumpes til lagertank med filter-/drænsystem for tilbageholdelse af piller og afledning af overskudsvand. Drænvandet ledes til skyllevandsbeholder for genbrug eller sekundært til recipient. Vandkvaliteten af drænvandet svarer omtrent til rentvandskvaliteten tilført lidt kalkpartikler – mængden afhænger af erosionen i udtagningssystemet.

Designdata for kalkpille udtagningsystemet er angivet i nedenstående tabel.

**Tabel 9 Data for kalkpillelager og Pumpe**

Vejl. kalkpille produktion per døgn	1,5	m <sup>3</sup> /d
Maks. kalkpille produktion per døgn	1,9	m <sup>3</sup> /d
Kalkpille lagertanke	2	stk.
Volumen, effektiv kapacitet	Ca. 20	m <sup>3</sup> /stk.
	32	ton/stk.
Fyldetid, vejl.	Ca. 14	døgn/tank
Antal pelletudtagninger per døgn	Ca. 4 – 6	stk. per kolonne
Spædevandflow	Ca. 20	m <sup>3</sup> /time
Kalkpillepumpe	2 (2 * 100 %)	stk.
Pumpeflow	Ca. 22	m <sup>3</sup> /h/stk. (regulerbar)
Afledning	50	m <sup>3</sup> /d
Tankudstyr	Niveaumåling, filtersystem ca. 0,3 mm slidser, dræn.	

### 3.3.4 Ludtanke (Natriumhydroxid)

Natriumhydroxid (NaOH) leveres fra tankbiler til lagertanke. Tankbiler leverer erfaringsmæssigt op til 24 m<sup>3</sup> per tankfuld svarende til 30 tons. Tilkørselsforhold laves optimalt efter at tankbilen ikke skal bakke. Læssepladsen for natriumhydroxid er under tag, men der er åbent til det fri i begge sider af bygningen. Der etableres fald mod midten af pladsen, hvor der placeres et afløb. Afgang fra afløbet styres af en trevejsventil. Når der ikke påfyldes natriumhydroxid, vil det kun være regnvand, der løber i afløbet og ventilen er åben og vandet løber til slambassinet. Når leverandøren kører sin bil ind på pladsen åbnes porten til påfyldningsstudsene og ventilen vendes mod opsamlingstanken. Der er altid 2 personer tilstede ved påfyldning af natriumhydroxid.





Eventuelt spild i forbindelse med påfyldningen bliver ledt til opsamlingstanken. Opsamlingstanken tømmes efter behov med slamsuger og bortskaffes til godkendt modtager.

Natriumhydroxid leveres som 27,6 % NaOH af hensyn til frostfaren. Lagertankene placeres udendørs i overdækket område med spildkar, der er korrosionsikkert (f.eks. special coated beton), og som kan indeholde hele volumen fra én tank ved evt. uheld. Tankene udføres isoleret med varmesystem med termostat samt opvarmning af udendørs rørsystem, udluftningsrør, overløbsrør, niveaumåler, og -kontakter. Påfyldningsstedet udstyres med dryp-bakke, vandskyllestation, overdækning, lys, nødbruiser og øjenskyll, lokal niveauviser, akustisk alarm ved overfyldning, opmærkning af produkttype og sikkerhedsdata for produktet.

Der benyttes én doseringspumpe per aktive kolonne med tilhørende skylning med blødgjort vand fra lagertank ved driftsstop. Natriumhydroxid doseres flowproportionalt efter råvandsflowet. Doseringen foretages i specialdesignet kemikaliedysesystem. Dysesystemet kan udtages fra siden af kolonnen.

Alle doseringsrør for natriumhydroxid udføres dobbelt eller afskærmede og doseringspumper installeres i lukket skab. Der benyttes f.eks. PVC-U eller PEHD rør/slange. Skyllevandet tilledes med fast flow i en periode inden stop af drift af kolonnen og uden natriumhydroxid dosering, for at renskylle dyserne og dermed reducere kalkudfældninger.

**Tabel 10 Designdata for natriumhydroxidtank og pumper**

Antal doseringspumper	3	stk.
Dosering (100% NaOH)	Ca. 160 - 180	mg/l
Flow per doseringspumpe (27,6% NaOH)	0 – 94	l/time/pumpe
Forbrug (27,6%), middel	Ca. 4,2	m <sup>3</sup> /døgn
Lagertanke	2	stk.
	30	m <sup>3</sup> /stk.
	Glasfiber, rustfrit/sort stål el. PE	

### 3.3.5

#### Ionbytteranlæg

For at kunne renskylle kemikalie-dysesystemet (natriumhydroxid dysesystemet), skal der kunne tilføres vand til dyserne, som er blødgjort til en hårdhedsgrad på mindre end 0,1 °dH i f.eks. en ionbytter kolonne. Dette vand skal være blødgjort til meget lav hårdhed for at sikre mod udfældning af kalk (calciumcarbonat) i dyser. Dette blødgjorte vand produceres på et standard ionbytter blødgøringsanlæg.

I det valgte design blødgøres en lille delstrøm af det producerede vand på Marbjerg fuldstændigt ved traditionel kationbytning. Ionbytteren regenereres med NaCl saltopløsning. Salten tilføres fra 25 kg sække direkte til saltopløser tanken. Eluatet (spildproduktet) fra regenereringen (max. 200 l/døgn) fortyndes og ledes til recipient såfremt myndigheden giver tilladelse hertil, alternativt opsamles eluat og bortskaffes med slamsuger til godkendt modtager, se afsnit 5.



Det ionbyttede vand ledes til en buffertank. Effektiviteten af ionbytningen skal overvåges ved ledningsevnekontrol eller hårdhedsmåling. Fra buffertanken pumpes vandet til de aktive blødgøringskolonner inden nedlukning, hvor det fordeles med op til ca. 500 l/time/dyse i ca. 2 minutter svarende til et vandforbrug på ca. 17 l/dyse. Flowet kan overvåges med flowkontakt eller flowmetre for at kunne registrere en mulig tilstopning. Ionbytteren regenereres ca. én gang per døgn.

**Tabel 11 Designdata for fortyndingsvand til natriumhydroxid**

Blødgøringsanlæg produktionskapacitet	0,5	m <sup>3</sup> /time/stk.
Antal ionbytteranlæg for blødgøring	2	stk.
Afløbsflow (Eluat)	Ca. 0,5 <sup>1</sup>	m <sup>3</sup> /time
	Ca. 0,5 <sup>1</sup>	m <sup>3</sup> /døgn
Saltforbrug	Ca. 5 <sup>1</sup>	kg/døgn (100 %)
Lagertank for salt (100%)	1	stk.
	f.eks. 200 <sup>1</sup>	kg
Buffertank for blødgjort vand	1	stk.
Buffertank volumen	0,3	m <sup>3</sup>
Pumper til skyllevand	1	stk./kolonne
	3	stk. total
	1,5	m <sup>3</sup> /time/stk.

<sup>1</sup> afhængigt af leverandør / anlægsspecifikation

### 3.3.6

#### CO<sub>2</sub> kryotank

Efter blødgøring i kalkpillekolonnerne er vandet kalkfældende og pH over den tilladelige værdi i drikkevand. For at få vandet i kalkligevægt – dvs. der ikke udfælder kalk i det efterfølgende ledningsnet - og få pH ned på drikkevandskravet, skal der tilsættes syre i form af kuldioxid gas. Kuldioxiden tilsættes umiddelbart efter hver kalkpillekolonne.

Kuldioxid gas opløses i en sidestrøm af vandflowet udenfor selve procesbygningen, inden det ledes til og opblandes i hovedvandstrømmen. Der kan benyttes et venturi injektor system for at sikre en kompakt og effektiv opløsning. Herved sikres samtidig, at der ved utætheder i gassystemet ikke udledes gas. Der installeres kuldioxid alarm i opblandingsskabet der af sikkerhedsmæssige årsager placeres udvendigt på den eksisterende maskinbygning.

CO<sub>2</sub> kryotank lejes hos AGA og inkluderer godkendt service af certificeret servicetekniker. Den monteres med telemetri, således at gasleverandøren selv sørger for opfyldning efter behov. Der kan f.eks. benyttes en vertikalt opstillet tank på betonplade, som er indhegnet. En fordampner, der omdanner det flydende kuldioxid til gas, leveres som en del af tankanlægget. Denne placeres udendørs i indhegningen.

Doseringen styres flowproportionalt efter vandflowet og natriumhydroxid doseringen til blødgøringskolonnerne ved hjælp af en masseflowcontroller. Til kontrol af doseringen måles pH efter kuldioxid doseringen.



**Tabel 12 Data for kuldioxid dosering**

Dosering maks. total	12	kg/time
	265	kg/døgn
	24	mg/l (100%)
Dosering middel	Ca. 206	kg/døgn
Kryotank kapacitet	Efter leverandørs anbefalinger	m <sup>3</sup> ton @ 20bar, -20 °C
Antal doseringsanlæg	1	stk.
By-pass pumpeflow	Ca. 18	m <sup>3</sup> /time

### 3.3.7

#### Mellempumpning

Det færdigblødgjorte og pH justerede vand ledes til pumpemanifold inden pumpning til iltningssanlægget i det traditionelle vandbehandlingsanlæg. Pumpningen reguleres efter et fastholdt niveau i overløbet fra kolonnerne.

**Tabel 13 Data for mellempumpning**

Antal mellempumper	3	Stk. (3*50%)
Pumpeydelse	250	m <sup>3</sup> /time/stk., variabel



## 4. Resulterende vandkvalitet og vandkvalitetsmålere

### 4.1 Vandkvalitet

Efter blødgøringen blandes det blødgjorte og iltede vand med råvand (der ikke er iltet) i råvandsbygværket placeret tæt ved værket. Dette gøres for bl.a. at reducere rørstrækninger med okkerudfældning. Den resulterende vandkvalitet før samlet iltning for udvalgte parametre er beregnet vejledende for Værket ved Marbjerg sammen med den samlede rentvandskvalitet ud af vandværket.

**Tabel 14 Vandkvalitet efter blødgøring og opblanding på Værket ved Marbjerg**

Parameter		Enhed	Efter opblanding/ før iltning	Rentvand
pH			Ca. 7,6	Ca. 7,7
Hydrogenkarbonat	HCO <sub>3</sub>	mg/l	Ca. 310	Ca. 310
Calcium	Ca	mg/l	30 - 35	30 – 35
Magnesium	Mg	mg/l	Ca. 23	Ca. 23
Hårdhed		°dH	Ca. 10	Ca. 10
Jern-total	Fe	mg/l	< 0,5	< 0,05
Mangan-total	Mn	mg/l	Ca. 0,01	< 0,01
Turbiditet		FTU	Ca. 3	< 0,3
Natrium	Na	mg/l	Ca. 100	Ca. 100

### 4.2 Måling og overvågning

pH og ledningsevne-målere i toppen af kalkpillekolonnerne udføres med automatisk rengøring til fjernelse af kalkbelægninger og alle turbiditetsmålere udføres med automatisk rengøring.

Der installeres prøvehaner før/efter hver vandkvalitets-ændrende enhedsoperation til udtagning af manuelle vandprøver.

Der installeres vandkvalitetsmålere på blødgøringsanlægget som angivet nedenfor.



**Tabel 15 Vandkvalitetsmålere i blødgøringsanlæg**

Måling	Placering	Antal	Regulerer/overvåger
pH	Top hver fluid bed kolonne	3	NaOH dosering
	Efter CO <sub>2</sub> dosering	2	CO <sub>2</sub> dosering
	'CIP afkalknings- /rengøringstank'	1	Neutralisering inden afledning
	Afgang rentvand	2	Rentvandskvalitet
Turbiditet	Top af hver fluid bed kolonne	3	Blødgøringsproces
	Afgang rentvand	1	Rentvandskvalitet
Ledningsevne	Top af hver fluid bed kolonne	3	NaOH dosering
	Tank for ionbyttet vand	1	Ionbytning
	Afgang rentvand	1	Rentvandskvalitet
Hårdhed	Efter CO <sub>2</sub> dosering	1	Blødgøring
	Afgang rentvand	1	Rentvandskvalitet

Anlægget udføres fuldautomatiseret via styring fra SRO-anlæg. I SRO-anlægget etableres automatisk styring og overvågning af ovennævnte online målinger af vandkvaliteten herunder af pH, turbiditet, ledningsevne og hårdhed. Anlægget etableres så der sker kontrolleret nedlukning inden de fastsatte kriterier overskrides (jf. Bekendtgørelse om Vandkvalitet). Endvidere indrettes overvågningen med flere redundante enheder, således at nedbrud af en enkelt måler ikke er kritisk for driften af anlægget.

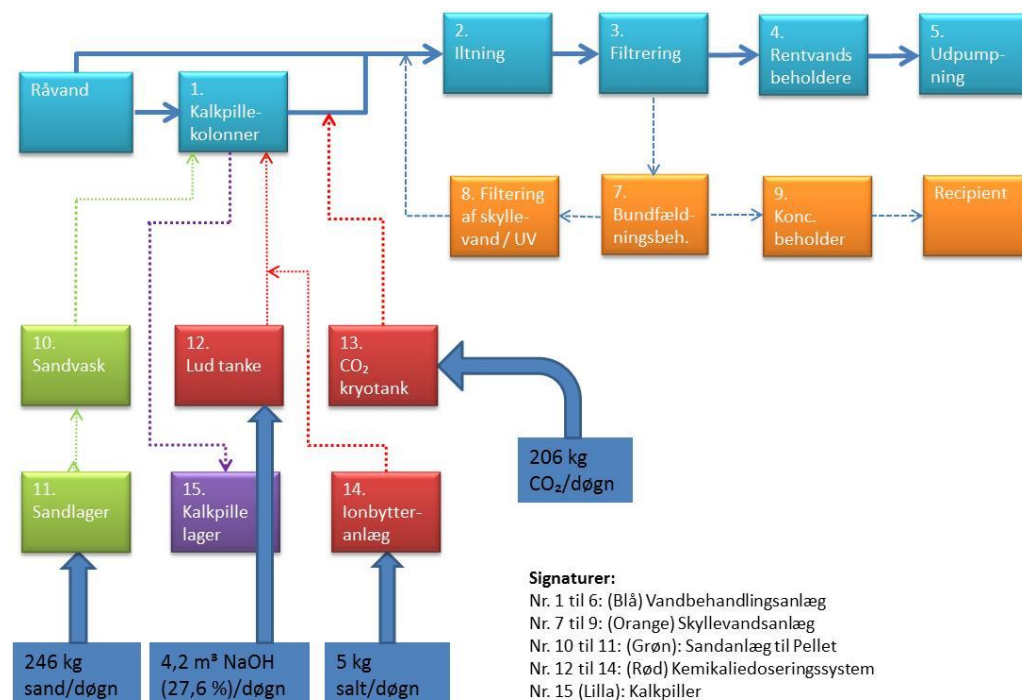
Der udarbejdes procedurer og beredskabsplaner forud for indkøring af anlægget.



## 5. Mængde af forbrugsstoffer og restprodukter

### 5.1 Forbrugsstoffer til blødgøringsanlægget

En samlet oversigt over forbrugsstoffer ved middelproduktionen er vist nedenstående.



Figur 4 Blokdiagram med vejledende mængde af forbrugsstoffer angivet ved middelproduktion på 10.200 m<sup>3</sup>/d

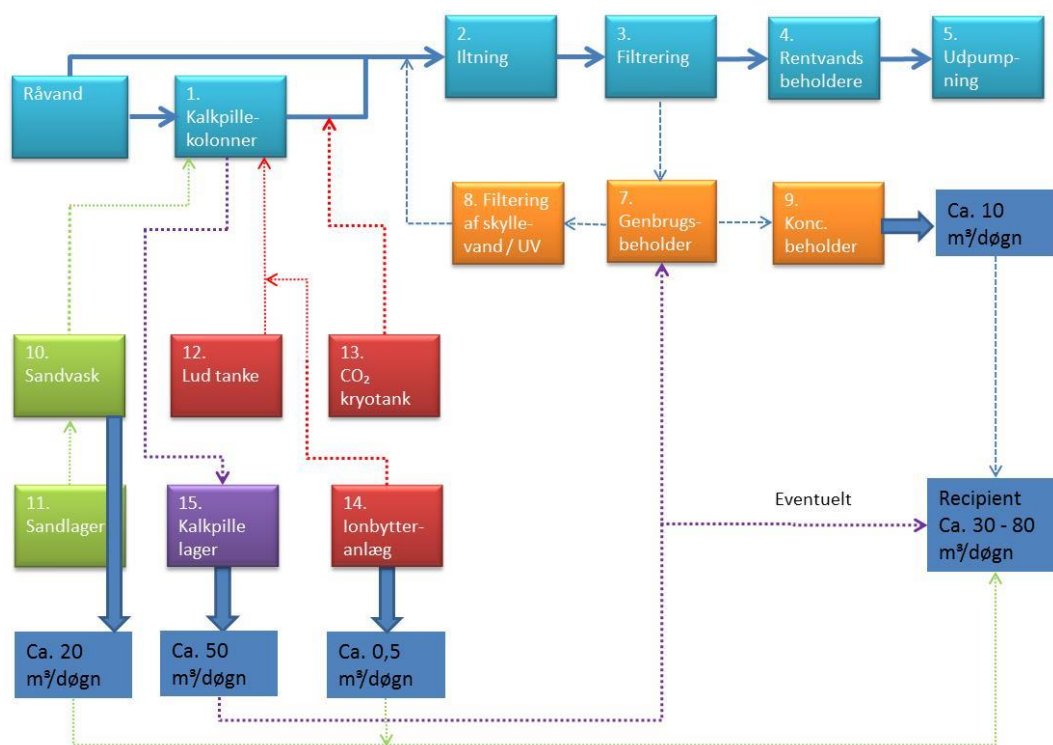
## 5.2 Restprodukter fra blødgøringsanlægget

### 5.2.1 Udledning

Ved produktion af blødt vand afledes procesvand fra:

- regenerering af ionbytteranlæg (til skyllevandsbassin/fortyndet til recipient),
- skyning af kvarts sand (til skyllevandsbassin/recipient),
- drænvand fra kalkpiller (til skyllevandsbeholdere eller skyllevandsbassin/recipient)
- eventuelt spild ved aflæsning af natriumhydroxid neutraliseres og bortledes til opsamlingsbeholder. Opsamlingsbeholder tømmes med slamsuger og bortskaffes til godkendt modtager.

Der søges særskilt om en revidering af den eksisterende udledningstilladelse gældende for Værket ved Marbjerg i forbindelse med ovennævnte afledninger af vand.



Figur 5 Blokdiagram med vejledende vandudledninger til afløb eller recipient eller skyllevandsbeholder ved middelproduktion på 10.200 m<sup>3</sup>/d

### 5.2.2 Udledning under indkøring af anlæg

Det forudsættes at vand fra anlægget under indkøringen i en kortere periode skal udledes til recipient (regnvandsbassin syd for Slæggerupvej) efter nærmere aftale med FORS A/S og Roskilde Kommune.

### 5.2.3 Bortskaffelse af restprodukter

Kalkpiller bortskaffes med lastbil til aftager. Kalkpillerne fra blødgøring af vand fra Værket ved Marbjerg har et lavt indhold af tungmetaller og kan benyttes som jordforbedringsmiddel iht. HOFOR's forsøgsrapport.

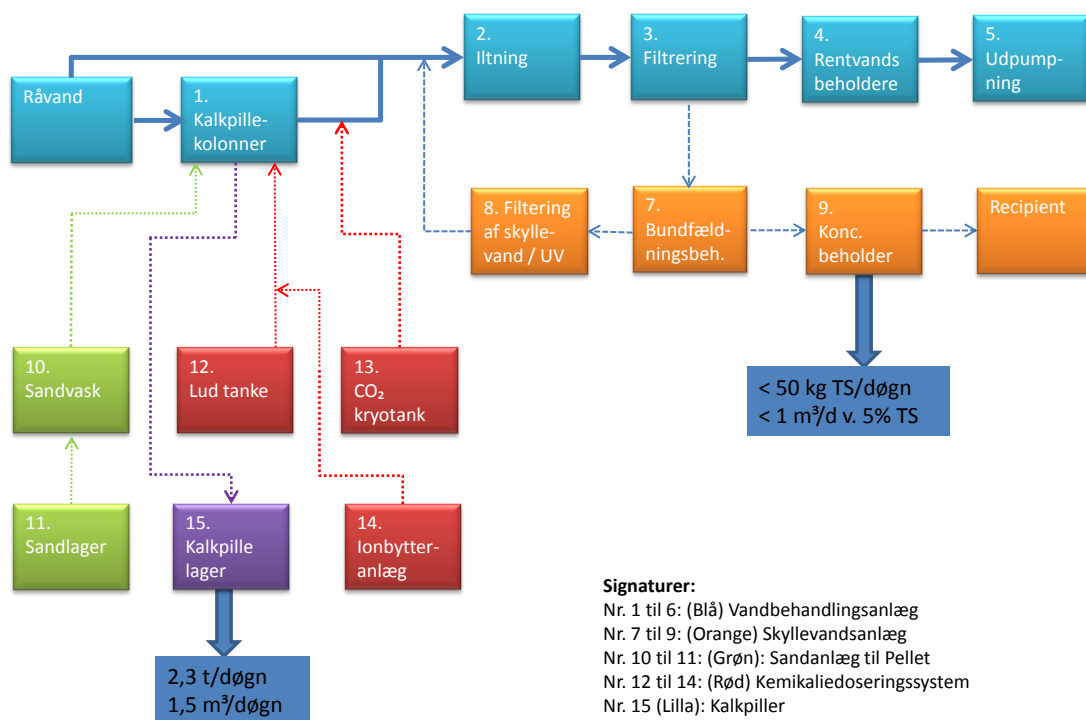
Eluatet fra ionbytter blødgøringen til kemikaliedyserne er stærkt saltholdigt. Såfremt det skal afledes til recipient kræves en myndighedsgodkendelse og det må forventes, at saltkoncentrationen skal reduceres ved opblanding med f.eks. vand fra sandskyl el. lign. inden udledning.



## 5.2.4

### Diagrammer for afløbsstrømme/afløbsprodukter

En samlet oversigt over afløbsstrømme og -produkter er vist nedenstående ved middelproduktionen på 10.200 m<sup>3</sup>/døgn.



**Figur 6** Blokdigram med vejledende produktion af restprodukter ved middelproduktionen på 10.200 m<sup>3</sup>/d.

## 5.2.5

### Øvrige emissioner

Luftstrøm ind / ud af anlægget filtreres med filterklasse minimum F7 filtre, således at en høj hygiejne sikres.

Støj begrænses ved lyddæmning af komponenter lokalt f.eks. i lydskasser.

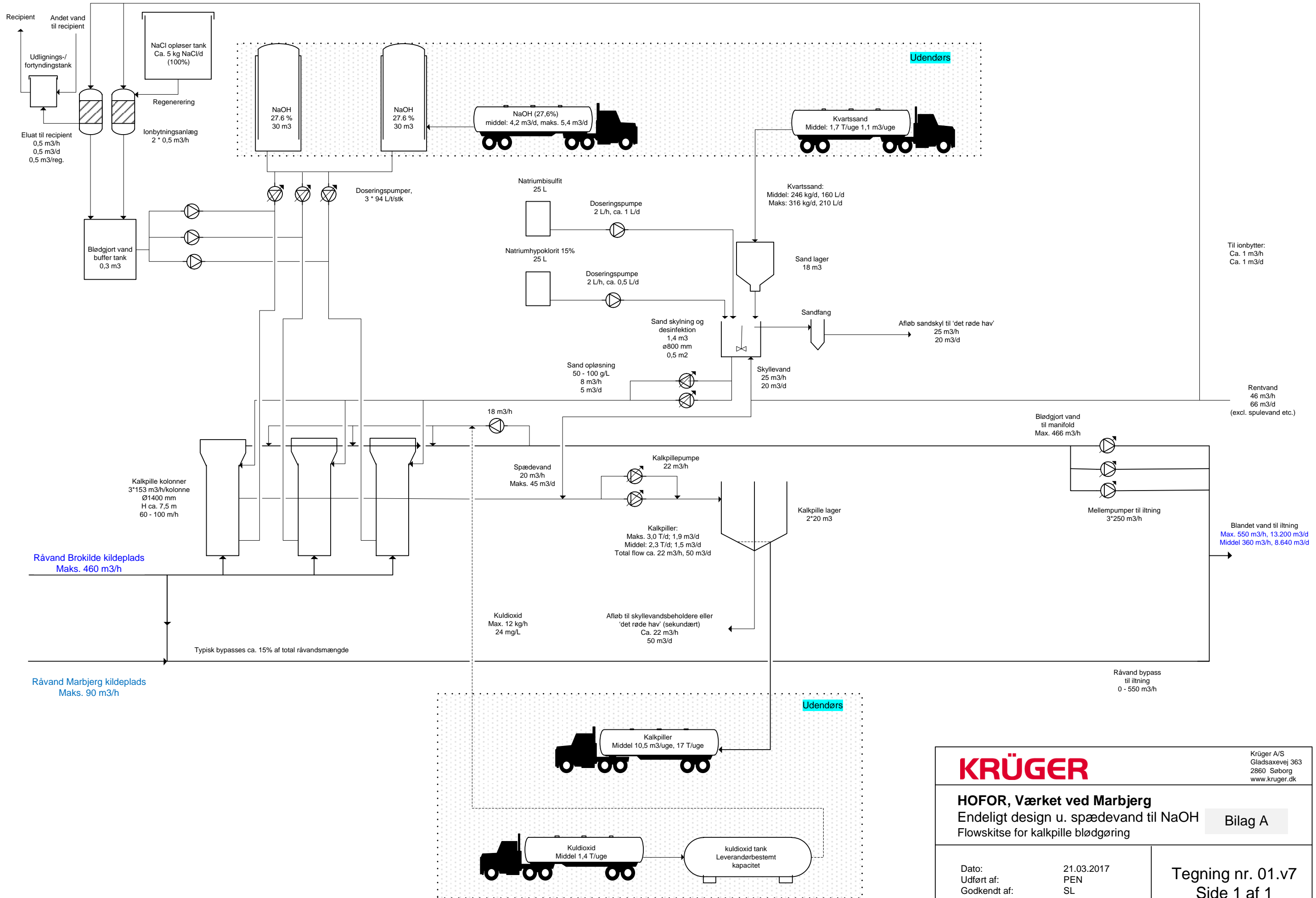
Der bliver forøget transport af lastbiler til/fra Værket ved Marbjerg svarende til samlet 1 – 3 last-/tankbiler per uge med tilhørende forøget støj ved af- og pålæsning af materialer.



Bilag A

---

Flowskitse v7



**KRÜGER**

Krüger A/S  
Gladsaxevej 363  
2860 Søborg  
www.kruger.dk

**HOFOR, Værket ved Marbjerg**  
Endeligt design u. spødevand til NaOH  
Flowskitse for kalkpille blødgøring

**Bilag A**

Dato: 21.03.2017  
Udført af: PEN  
Godkendt af: SL  
Sti:

**Tegning nr. 01.v7**  
Side 1 af 1

## Del 2A

# Opsummering/supplering af teknisk, økonomisk og miljømæssig påvirkning

### Baggrund

HOFOR ønsker at implementere blødgøring i vandbehandlingen på Værket ved Marbjerg. Værket ved Marbjerg er nybygget i 2015 og vandbehandlingsprocessen klargjort til at der kobles blødgøring af vandet på. Blødgøringsanlægget ønskes placeret i maskinhuset efter ombygning af dette. Ombygningen af maskinhuset, herunder myndighedsprocessen i forbindelse med ønsket om indførelse af blødgøring af vandet, er planlagt til at skulle foregå i perioden 2015-2019.

Til blødgøring af vand på de regionale vandværker har HOFOR valgt den såkaldte pelletmetode, hvor kalk udfældes på sandkorn ved tilsætning af en base. Denne metode, der er særligt anvendt på store anlæg, anvendes i Sverige og Holland, hvor der gennem mange år problemfrit er anvendt kalkfældning ved central blødgøring.

Valget af base afhænger af flere forhold, herunder råvandets sammensætning og hvilken reduktion i vandets kalkindhold, der ønskes. HOFOR har valgt at anvende natriumhydroxid til formålet, da dette giver den ønskede hårdhedsreduktion, således at det blødgjorte vand stadig kan opblandes med hårdt vand uden at vandet bliver kalkaggressivt og dermed kan forårsage tæring af ledningsnettet. Dette er vigtigt, da der i praksis vil være forhold, hvor muligheden for en opblanding mellem blødgjort og hårdt vand vil være til stede, da HOFOR også fremover skal kunne levere vand til forsyninger, som ikke har blødgjort vand.

### Samfundsøkonomiske beregninger for HOFORs ejerkommuner

COWI, som forestod den samfundsøkonomiske vurdering af central blødgøring af vand i husholdninger i Naturstyrelsens rapport "Central blødgøring af drikkevand" fra 2011, foretog efterfølgende beregninger af de samfundsøkonomiske effekter specifikt for København (2012) og for alle HOFORs ejerkommuner (2014). I disse beregninger blev etageboligers særlige forhold inddraget såvel som effekter for kontorbygninger og hoteller.

Det samlede resultat af COWIs samfundsøkonomiske beregninger viser, at fordelene ved kalkfældning blandt andet er markant længere levetid på installationer, reduktion af kemikalieforbruget i private hjem og virksomheder, mindre energiforbrug til husholdningsapparater og varmeanlæg, reduktion af CO<sub>2</sub>-udledning, mindre slid på husholdningsmaskiner samt lettere rengøring i hjemmet og i industrien. Ulemperne er blandt andet tilsætning af fældningskemikalie samt risiko for flere cariestilfælde. Når fordele og ulemper gøres op for HOFORs ejerkommuner, kan den samfundsøkonomiske konsekvens af central blødgøring opgøres til en gennemsnitlig besparelse

på 4,40 kr./m<sup>3</sup> vand (Kilde: "Samfundsøkonomisk vurdering af blødgøring af vand til husholdninger i HOFORs ejerkommuner", COWI 2014 og "Sammenfatning af samfundsøkonomisk vurdering af blødgøring af vand til husholdninger i HOFORs ejerkommuner", HOFOR 2014). Heri er indregnet udgifter til afskrivning og drift af anlæg til kalkfældning på vandværkerne.

### **Rådgivning af kunder/forbrugere**

Forbrugerne i HOFORs forsyningsområde samt i kommuner, hvor HOFOR har leveringsaftaler, vil gradvist blive berørt af udrulningen af blødere vand. Over en årrække vil forbrugerne i HOFORs forsyningsområde gradvist modtage vand med en faldende hårdhedsgrad efterhånden som blødgøring af vand implementeres på de regionale værker. Forbrugere i kommuner, som har en leveringsaftale med HOFOR, men som samtidig modtager vand fra egen forsyning, vil modtage vand af forskellig hårdhedsgrad afhængigt af, hvordan vand fra HOFORs regionale værker og egen forsyning blandes i ledningsnettet.

Mange virksomheder, kontorejendomme, hoteller og restauranter, sports- og idrætsanlæg samt større boligforeninger har installeret vandbehandlings- og blødgøringsanlæg til produktion, varmtvandsanlæg, vaskerier, storkøkkener, kaffemaskiner m.v. HOFOR har kontaktet de største danske leverandører af sådanne anlæg for at undersøge, hvad en varierende hårdhedsgrad vil betyde for disse forskellige kundegrupper.

Undersøgelsen viser, at for disse forskellige typer vandbehandlings- og blødgøringsanlæg gælder, at de i dag er indstillet til den maksimale hårdhed, som leveres i det pågældende forsyningsområde. Når der gradvist kommer blødere vand i ledningsnettet fra HOFOR, skal disse anlæg fortsat være indstillet til den maksimale hårdhed. Effekten for kunderne vil være, at anlæggene i perioder med blødere vand vil bruge mindre salt og vand til regenerering. Disse forhold gælder allerede i dag, f.eks. indenfor dele af HOFORs eget forsyningsområde, hvor vandets hårdhed kan svinge afhængigt af hvilket værk vandet i ledningsnettet kommer fra. Virksomheder og boligselskaber får derfor først den fulde økonomiske gevinst af det blødere vand, når alt vand i ledningsnettet er blødgjort til 10 °dH, og anlæggene derfor kan indstilles derefter.

De samme forhold gør sig gældende for privatforbrugerne. Så længe vandets hårdhed svinger mellem hårdt og blødere vand i ledningsnettet, skal privatforbrugerne ikke foretage sig noget. Det er ikke til skade for husholdningsmaskinerne, men forbrugerne får til gengæld heller ikke den fulde fordel ved blødgjort vand. De skal fortsat dosere vaskemiddel efter den oplyste hårdhed, og opvaskemaskinen skal fortsat være indstillet hertil. Efterhånden som mængden af blødgjort vand fra HOFOR gradvist øges i ledningsnettet, vil forbrugerne opleve mindre tilkalkning af husholdningsmaskiner, baderum, toilet og armaturer. Den fulde effekt får de dog først, når/hvis alt vand er blødgjort til 10 °dH. I tilfælde af driftsforstyrrelser, nedbrud eller lignende hvor det er nødvendigt at få nødforsynet i HOFORs forsyningsområde, vil forbrugerne kunne modtage vand fra andre forsyninger med højere hårdhed. Husholdningsmaskiner vil ikke tage skade af den ændrede hårdhed, men forbrugerne kan få oplevelsen af kalkudfældninger som i dag. Særligt følsomme virksomheder i HOFORs forsyningsområde kan blive direkte adviseret om driftsændringer, fx via sms ordninger. Såfremt driftsstop eller forstyrrelser er af længere varighed, lægges der en informationstekst på HOFORs og efter aftale den/de berørte kommuneres hjemmeside.

I forbindelse med udrulningen af blødgøring på HOFORs vandværker vil HOFOR gennemføre informationskampagner målrettet de berørte forbrugere, boligselskaber og virksomheder i HOFORs forsyningsområde. I andre forsyningsområder, som kan modtage nødforsyning fra HOFOR, vil HOFOR tilbyde de berørte forsyningsinformationer som de, hvis de vurderer det nødvendigt, kan tilbyde deres kunder. Informationskampagnerne vil omhandle ændringen i vandkvaliteten fra hårdt til blødere vand med oplysning om fordelene ved blødere vand, samt hvad kunderne selv skal gøre, primært reducere deres sæbeforbrug med 1/3 og indstille opvaskemaskiner til det blødere vand.

HOFOR har i april 2016 udarbejdet en folder "Mindre kalk i vandet – Blødere vand til forbrugerne" til brug for generel information af HOFORs kunder og forbrugere. Folderen beskriver hvad blødere vand er, fordelene ved blødere vand frem for hårdt vand, hvad der sker på vandværket og processen omkring udrulning af blødere vand i HOFORs forsyningsområde.

### **Sundhedsmæssige problemstillinger**

Den kommende ændrede vandbehandling med blødgøring har givet anledning til spørgsmål om de sundhedsmæssige aspekter ved fjernelsen af calcium fra drikkevandet. For at undersøge de sundhedsmæssige effekter af kalkfældning på vandværker med pelletmetoden, har DTU for HOFOR undersøgt og udarbejdet en rapport<sup>1</sup> vedrørende dette. Af rapporten fremgår det blandt andet at:

- der er set en stor reduktion i caries over de seneste årtier, der skyldes andre forhold end drikkevandskvaliteten
- cariesforekomsten er påvirket af en lang række faktorer fx tandhygiejne, genetik, kostsammensætning og tandplejetilbud
- fluoridindholdet i drikkevand er påvist at have betydning for cariesforekomsten. Ved blødgøring ved pelletmetoden ændres ikke ved fluoridindholdet i vandet
- det ikke vurderes sandsynligt, at calciumindholdet i drikkevandet påvirker risikoen for hjertekarsygdomme. Magnesiums betydning for hjertekarsygdomme er kommet i fokus og ved blødgøring med pelletmetoden ændres magnesiumindholdet i drikkevandet ikke.

Som det fremgår af rapporten, er der stor usikkerhed forbundet med forudsigelse af cariesniveauet efter blødgøring pga. de mange medvirkende faktorer. Udlandets brug af blødgøring gennem adskillige år har dog ikke givet anledning til bekymring i de pågældende lande.

I forbindelse med de hidtidige ansøgninger om blødgøring på HOFORs vandværker, har Sundhedsstyrelsen v/Embedslægen<sup>2</sup> (nu Styrelsen for Patientsikkerhed) blandt andet udtalt, at det alt i alt er Sundhedsstyrelsens vurdering, at fordelene i forbindelse med det pågældende projekt formentlig vil være større end ulemperne, og at det vil være forsvarligt, at myndighedskommunen giver tilladelse til den påtænkte blødgøring af drikkevandet.

Det blødgjorte vand som leveres fra Værket ved Marbjerg vil overholde alle kvalitetskravene i drikkevandsbekendtgørelsen.

---

<sup>1</sup> Redegørelse om sundhedseffekter af blødgøring i København specielt med fokus på caries, Notat fra DTU Miljø, februar 2012

<sup>2</sup> Mail fra Sundhedsstyrelsen Embedslægeinstitution Øst til Brøndby Kommune d. 30.09.2013, til Furesø Kommune d. 26.01.2015 og til Roskilde Kommune d. 24.08.2016.

Ny dansk forskning ved Kristiane A. Engebretsen, overlæge Jacob Pontoppidan Thyssen et al. peger på en sammenhæng mellem kalkindholdet i vandet og risikoen for at udvikle børneeksem, som senere kan være en af grundene til allergier, astma og høfeber. I en landsdækkende undersøgelse bestående af 53.000 børn kommer forskerne frem til at jo mere calcium, der forekommer i vandet rundet om i Danmark, jo flere tilfælde finder de af børneeksem<sup>3</sup>.

I forbindelse med introduktionen af blødere vand i Brøndby planlægger forskerne at foretage en før- og en eftermåling blandt små børn i Brøndby og sammenligne med en kontrolgruppe for at undersøge, hvad der sker, når vandet blødgøres til 10 °dH. Undersøgelsen forventes igangsat i 2017.

Mulige udsatte grupper i forbindelse med ændret vandbehandling kan f.eks. være dialysepatienter og patienter med forhøjet blodtryk. Ifølge korrespondance med Baxter A/S, der servicerer hjemmedialysepatienter, så har patienterne et omvendt osmoseanlæg, der kører med et varmebehandlingsanlæg med et ionbytteanlæg (blødgøring) for at undgå kalkaflejringer i varmebehandlingsanlægget. Ionbytteanlægget blødgør vandet til 0,2 °dH. Ionbytteanlægget i hjemmedialyseanlæg indstilles til et interval for regenerering i forhold til den højest tænkelige hårdhed i vandet for at sikre, at anlægget ikke lider overlast.

Med hensyn til patienter med forhøjet blodtryk og hjerte-karsygdomme er anbefalingen fra Fødevarestyrelsen, at man for at forebygge og reducere forhøjet blodtryk samt hjertekar-sygdomme skal leve sundt, bl.a. ved at dyrke motion og spise sundt, herunder reducere indtaget af salt til max 5 – 6 gram salt (NaCl) om dagen<sup>4</sup>. Der forekommer ingen råd vedrørende indtag af drikkevand. Vandkvalitetskravet for natriumindhold (Na) i drikkevand er 175 mg Na/liter. Jævnfør ansøgning om principiel tilladelse til blødgøring af vandet fra Værket ved Marbjerg ved hjælp af kalkfældning, bilag 5 (2015) er det beregnede indhold af natrium ved blødgjort vand fra Værket ved Marbjerg < 81 mg Na /liter<sup>5</sup>. Ved et indtag på 2 liter vand om dagen, vil en patient med andre ord få 162 mg Na om dagen. Dette udgør en lille del af det anbefalede saltindtag på 5 -6 gram NaCl om dagen.

## Arbejds miljø

I forbindelse med drift af blødgøringsanlægget på Værket ved Marbjerg er medarbejderne, som skal stå for den daglige drift af det kommende anlæg, tæt knyttet til projektet. Brøndbyvester Vandværk, som er det første værk, hvor HOFOR producerer blødere vand, fungerer som referencværk bl.a. i forbindelse med drift. Her har nøglemedarbejdere deltaget på bl.a. kurser i sikkerhed og håndtering af kemikalier, samt uddannelse og instruktion i håndtering af instrumenter og overvågning. Der har endvidere været "hands-on" praktikophold hos HOFORs samarbejdspartner i Holland, som også løbende stiller sig til rådighed for sparring og erfaringsudveksling.

---

<sup>3</sup> Kristiane A. Engebretsen, Jacob Pontoppidan Thyssen et al: Prevalence of atopic dermatitis in infants by domestic water hardness and season of birth: Cohort study, American Academy of Allergy, Asthma & Immunology, 2016 (article in press)-

<sup>4</sup> De kliniske diætister 2015: Mad for dit hjertes skyld.

<sup>5</sup> Ansøgning til Roskilde Kommune, By, Kultur og Miljø, HOFOR 31.07.2015