

Sensur av hovedoppgaver

Høgskolen i Buskerud og Vestfold

Fakultet for teknologi og maritime fag



Prosjektnummer: **1414**

For studieåret: **2013/2014**

Emnekode: **SFHO3201**

Prosjektnavn

Optimal desinfeksjon god

desinfeksjonspraksis og driftsoptimalisering (UV bestråling og klorinnblanding)

Optimal disinfection, best disinfection practice and operation (UV irradiation and chlorine interference)

Utført i samarbeid med: Glitrevannverket IKS og Asker og Bærum Vannverk IKS

Ekstern veileder: Jarle Eirik Skaret og Karin Ugland Sogn

Sammendrag: Målsettingen med dette prosjekt er å få mest mulig kunnskap om UV anleggene og klorinnblanding. Vårt hovedfokus skal være driftserfaringer og utfordringer med hensyn på beleggdannelse på kvartsglassene, sensorene og algevekst inne i UV reaktorene

Stikkord:

- Drikkevannsbehandling
- Desinfeksjon
- Driftsoptimalisering

Tilgjengelig: JA

Prosjekt deltagere og karakter:

Navn	Karakter
Honar Ahmed Said	
Thorbjørn Undrum	

Dato: 12. Juni 2014

Frank Helgestad
Intern Veileder

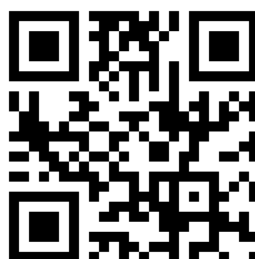
Karoline Moholth
Intern Sensor

Jarle Eirik Skaret
Ekstern Sensor

Rent vann

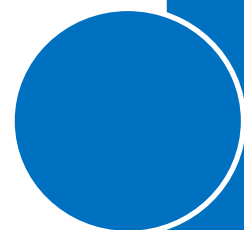
OPTIMAL DESINFEKSJON

Avsluttende Bacheloroppgave (ingeniørstudier) innen vann og miljøteknologi ved Høgskolen i Buskerud og Vestfold, Kongsberg, Fakultet for teknologi.



Forfatter av Kapittel 1,2.3.4. Honar Ahmed Said og forfatter av kapittel 5 Thorbjørn Undrum

25.05.2014



Innholdsfortegnelse

Forord.....	3
Sammendrag.....	5
1.0 Prosjektplan.....	7
1.1 innledning.....	7
1.2 Glitrevannverket IKS (GV).....	7
1.2.1 Glitrevannverket IKS hovedvannkilder:	8
1.3 Vannbehandlingsanlegg, forsyningsområde, og vannkvalitet	8
1.3.1 Landfall vannbehandlingsanlegg	9
1.3.2 Kleivdammen vannbehandlingsanlegg	9
1.3.5 Krav til vannkvalitet	9
1.4 Asker og Bærum vannverk IKS (ABV)	10
1.4.1 Asker og Bærum vannverk IKS hovedvannkilder:	11
1.5 Forsyningsområde, vannbehandlingsanlegg og vannkvalitet.....	12
1.6 Bakgrunn.....	13
1.6.1 Desinfeksjonsanlegg- utfordringer	13
1.7 Prosjektmodell.....	14
1.8 Organisering	15
1.9 Risikoanalyse	17
2.0 Teorier	19
2.1 Ord og uttrykk.....	19
2.2 Klorering	20
2.3 Hva er Ultrafiolett bestråling (UV)	22
2.5 Fordeler med UV	25
2.6 Ulemper med UV.....	26
3.0 Krav og testspesifikasjon.....	27
3.1 Kravs-kategorier	28
3.2 Bakgrunn – Anleggene – Aktuelle problemstillinger	28
3.2.1 Kleivdammen vannbehandlingsanlegg	28
3.2.4 Godkjenningsskriterier for UV reaktorene på Kleivdammen.....	30
3.3 Landfall vannbehandlingsanlegg.....	32

Optimal desinfeksjon

3.3.2 Godkjenningsskriterier for UV reaktorene på Landfall.....	33
3.4 Kattås vannbehandlingsanlegg	35
3.4.2 Godkjenningsskriterier for UV reaktorene på Kattås	35
3.5 Rengjøring av kvartsglass i bransjen	37
3.6 Beleggdannelse og rengjøring på Kleivdammen:.....	37
3.7 Utfordring ved Landfall vannbehandlingsanlegg:	39
3.8 Utfordring ved Kattås vannbehandlingsanlegg:	39
3.8.2 Optimal klorinnblanding.....	40
4.0 Kravspesifikasjon	41
4.1 Testspesifikasjon	42
4.1.1 Generell kommentar	42
4.2 Kvartsglass	43
4.3 Begroing.....	43
4.3.1 Definisjon av begroingsfaktor.....	44
5.0 Aktivitet, observasjon, konklusjoner og anbefalinger	52
Litteraturliste og referanser:	70

Optimal desinfeksjon

Optimal desinfeksjon

Forord

Denne bacheloroppgave (ingeniørstudier) innen vann og miljøteknologi ble utført siste året av bachelorstudiet ved "Høgskolen i Buskerud og Vestfold, fakultet for teknologi og maritime fag». med hovedfokus på optimal desinfeksjon for drikkevann, spesielt driftsutfordring knyttet til UV bestråling og klorinnblanding.

Thorbjørn og jeg dannet en gruppe den 13.januar 2014 for å slå sammen de to hovedoppgavene til en hovedoppgave.

Vi kom godt i gang med å planlegge prosjektet. Samarbeidsprosessen med Thorbjørn har vært veldig lærerik og det at vi begge har valgt problemstillinger innenfor samme felt har vært en suksess. Det har vært en suksess fordi vi har læret masse nytt om optimal desinfeksjon, spesielt om driftsutfordringer ved UV anlegg, klorinnblanding og teamarbeid. Vi føler at dette har gitt oss mulighet til å utvikle oss som ingeniører. En annen begrunnelse for at det var vært en suksess er at det er over 3 millioner personer i Norge i dag som forsynes av drikkevann hvor UV bestråling er benyttet i vannbehandlingen. Det er svært viktig med oppdatert kunnskap på området vi føler at vi har bidratt litt med dette ved å sette fokus på de problemstillingene og utfordringene som er knyttet til drift av UV anlegg.

Oppdragsgiverne (ekstern sensor og veileder) har vi også hatt et tett og godt å samarbeide med. Ellers har intern veileder og sensor bidratt med hjelp så fort vi trengte det og jeg vil si det har vært en munter og god prosjektgruppe mens prosjektperioden har pågått.

I løpet av dette prosjektet har vi lært veldig mye om UV bestråling, klorinnblanding og prosjektstyring. Litt synd vi ikke hadde lengre tid for å lære mer om disse. Vi sitter igjen med mange nye erfaringer og oppfrisket kunnskap rundt de forskjellige prosessene og metodene vi har gjort gjennom arbeidet med en slik hovedoppgave. Under prosjektets gang skulle det fokuseres på å anvende kunnskap vi har tilegnet oss i løpet av studietiden på høyskolen,

Å arbeide systematisk etter en gitt prosjektmodell og strukturert tankegang har bidratt til å sikre prosjektets fremgang og utførelse. Vi føler at dette prosjekt har bidratt til at vi er i stand til å anvende kunnskapen og erfaringene vi her høstet i dette prosjektet og vil ta det med oss videre i andre sammenlignbare og større prosjektsammenheng.

"Hundre ganger om dagen påminner jeg meg selv om at mitt indre og ytre liv avhenger av andre menneskers strev, levende som døde, og at jeg må anstrenge meg for å gi i samme utstrekning som jeg har fått og fortsatt får" (Albert Einstein).

Optimal desinfeksjon

Omsider kan vi si oss ferdig med hovedoppgaven! Dette har vært et innholdsrikt semester hvor vi har lært mye. Vi kunne ikke klart det uten hjelp fra mange og svært viktige støttespillere.

Først og fremst vil vi rette en stor takk til Jarle Eirik Skaret og Karin Ugland Sogn som har (ekstern veileder og sensor) veiledet oss gjennom semesteret. Takk for deres gode tilbakemeldinger og faglige innspill. Dere har alltid tatt dere tid til å svare på spørsmål, mailer, gode samtaler og gitt konstruktiv kritikk og tilbakemelding. Tusen takk for verdifull korrekturlesing og kommentarer på arbeidet underveis. Dere har vært gode faglige støttespillere. Takk for den tiden dere har brukt på oss og vår oppgave!

Vi ønsker å takke Frank Helgestad, lektor(intern veileder) ved HBV, for god faglig veiledning, gode tilbakemeldinger gjennom et helt semester. Vi vil takke professor Karoline Moholth(intern sensor) ved HBV for god og konkret tilbakemelding under prosjektperioden.

Vi vil takke begge organisasjonene for en enorm positivitet og hjelp i forbindelse med vårt prosjekt.

Takk for at dere brukte av deres verdifulle tid, lokale og utstyr underveis i arbeidet med hovedoppgaven. En spesiell takk går til gutta i driftsorganisasjonene.

I tillegg vil jeg takke familien min som bestandig stiller opp for meg, og som har vist enorm forståelse for all den tiden jeg har brukt på hovedoppgaven. En spesiell takk går til Shilaz kona mi, som har bidratt med god støtte hele veien. Uten deg hadde dette vært umulig! Honar Ahmed Said

Også jeg føler et stort behov for takke familien min for stor støtte og hjelp til praktiske gjøremål, det har vært til stor hjelp å støtte under arbeidet med studiet. Og til slutt en STOR takk til min samboer Margit for støtte og tålmodighet med meg i mitt arbeid med studiet. Thorbjørn Undrum

Honar Ahemed Said

Sammendrag

Kleivdammen VANNBEHANDLINGSANLEGG

Begroing på kvartsglass og sensorhylseglass har lenge vært kjente problemer på Kleivdammen. En har foretatt 10 inspeksjoner/aktiviteter hvor en har demontert sensor, sensorhylse og 2-3 kvartsglass pr reaktor. Innvendig tilstand i reaktorene har blitt dokumentert ved hjelp av et stake-kamera; dette er gjort på de fleste inspeksjonene. Begroings-problemene har en forsøkt å løse ved dosere klor før UV-anlegget på to steder. Best har effekten vært ved å dosere så langt før UV-anlegget som praktisk mulig, ved trykksilene. En har gjort forsøk med å montere 12 nye kvartsglass, og å koble ut viskerne på en av de tre reaktorene. En har forsøkt å montere et nytt kvartsglass med viskerne innkoblet på en av reaktorene. En har foretatt tester av forskjellige vaske-væsker: 37 % saltsyre og 15 % klor. Klor viste seg å ha best effekt. (Forsøkene ble utført utendørs, og med forskriftsmessig verneutstyr). I tillegg til begroings-problemet ble en klar over at det var et problem med fuktighet i sensorhylsen, noe som nå er avhjulpet med provisorisk isolasjon ved sensorene (utført av GV IKS drift). Det er tatt vannprøver mht. klorbiprodukter. Forsøkene har pågått i tidsrommet 04.03-08.05 (i regi av prosjektgruppen). Forsøket videreføres, men nå i regi av GV IKS. Erfaringen så langt er en betydelig forbedring, vesentlig mindre begroing. En må dog ta forbehold om at tiden til forsøket har vært meget knapp, så langtidseffekter har en ikke sett.

Landfalltjern vannbehandlingsanlegg

Det er ingen kjente problemer med begroing etc. på Landfalltjern. Ved dette anlegget tilsettes klor før UV-anlegget normalt. En har foretatt to inspeksjoner hvor en har demontert sensor, sensorhylse og kvartsglass. En har også her brukt stake-kamera til innvendig inspeksjon. Konklusjonen etter inspeksjonene er at det ikke er problemer med begroing. Man fant dog også her betydelig fuktighet i sensorhylsen, og en fant også en del knuste kvartsglass (ved flens). Disse kan gjerne være tette under drift, for så plutselig begynne å lekke, for eksempel når aggregatene i en periode er trykkløse. Dette punktet skal følges videre opp av GV IKS.

Kattås vannbehandlingsanlegg

Det er ingen kjente problemer med begroing etc. på Kattås. En hadde dog ved tidligere demontering av UV-reaktorene (i regi av ABV IKS) sett noe begroing i skygge-partier. På Kattås har det vært rutine å dosere klor før UV-anlegget (14 dager pr år) i tillegg til syrevask for å hindre begroingsproblematikken. Dette ble ikke gjennomført i 2013 (pga. et prosjekt for kartlegging av begroing i kommunalt ledningsnett). I normalsituasjon blir det dosert klor etter UV-anlegget. Her introduserte prosjektgruppen metoden med demontering av kvartsglass etc. for å inspisere med stake-kamera. Vi har foretatt 6 inspeksjoner-/aktiviteter, hvor det raskt ble klart at det var ingen/lite problemer med begroing på kvartsglassene og sensorhylsene og ikke fuktighet inne i sensorhylsene. Derimot var det et betydelig problem med innvendig begroing (alger) i endene av reaktorene. Forsøkene har pågått i tiden 20.02-06.05. Siden 20.02 har klor blitt dosert før UV-anlegget. Det

Optimal desinfeksjon

har vært gjort forsøk med å stenge av UV-anlegget (slik at dette kun fungerer som klorkontaktkammer for klorinnblanding) for å kartlegge effekten av innblandingen og klormålingene online når en doserer klor før UV-anlegget, sammenlignet med dosering etter UV-anlegget. Måling av restklor ble også gjort før og etter at UV-reaktorene ble skrudd av slik at en kunne kartlegge hvor mye aktivt klor som reduseres av selve UV-lyset (kjemisk reaksjon). Det ble tatt vannprøver mht. klorbiprodukter på klorert og UV-bestrålt vann. Disse viste ingen endring i forhold til normalt, med akseptable resultater. Erfaringene så langt er positive. Det tar imidlertid lang tid før UV reaktorene blir helt rene innvendig, og en må muligens demontere og vaske manuelt.

Forsøket videreføres i regi av ABV IKS.

1.0 Prosjektplan

- ✓ **REVISJONSHISTORIE FOR PROSJEKTPLAN**
- ✓ **Bakgrunn for prosjektet**
- ✓ **Glitrevannverket IKS (GV)**
- ✓ **Asker og Bærum vannverk IKS(ABV)**
- ✓ **Desinfeksjonsanlegg- utfordringer**
- ✓ **Prosjektmodell og begrunnelse for valg av prosjektmodell**
- ✓ **Oppfølging av prosjektet**
- ✓ **Milepæler**
- ✓ **Organisering**
- ✓ **Prosjektledelse**
- ✓ **Øvrige roller**
- ✓ **Rolle beskrivelse**
- ✓ **Risikoanalyse**

1.1 innledning

Oppdragsgiver for oppgaven er Glitrevannverket IKS (GV) og Asker og Bærum vannverk IKS (ABV). Både GV og ABV, er interkommunalt selskaper. Selskapene er organisert som interkommunale selskaper i medhold av Lov om interkommunale selskaper. Selskapenes formål er, på en kostnadseffektiv måte, å levere tilstrekkelig drikkevann av god kvalitet til deltakerkommunene.

1.2 Glitrevannverket IKS (GV)

GV IKS har 4 vannbehandlingsanlegg (Landfall, Kleivdammen, Røysjø og Sylling), og leverer vann til 140 000 mennesker. GV har ansvaret for vanninntaket, vannbehandling, og hovedtransportnettet fram til "kommunegrensene". GV selger også vann til Frogn og en mindre del av Sande. Glitrevannverket er vertskap for et regionalt utviklingsprogram for de 4 eierkommunene pluss 5 andre kommuner i Drammensregionen.

Glitrevannverket IKS selger også vann til Frogn og en mindre del av Sande. GV og Asker kommune har en reservevannforbindelse, slik at GV kan forsyne Asker kommune med 60 000 mennesker ved driftsavbrudd. Tilsvarende kan ABV, med vanninntak i Holsfjorden, vannforsyne GV ved driftsavbrudd i vannforsyningen fra Glitre

1.2.1 Glitrevannverket IKS hovedvannkilder:

1. Glitre

Glitre ligger i Finnemarka, ca. 360 m.o.h., og har en overflate på ca. 3,8 km². Nedbørfeltet til Glitre har et areal på ca. 45 km².

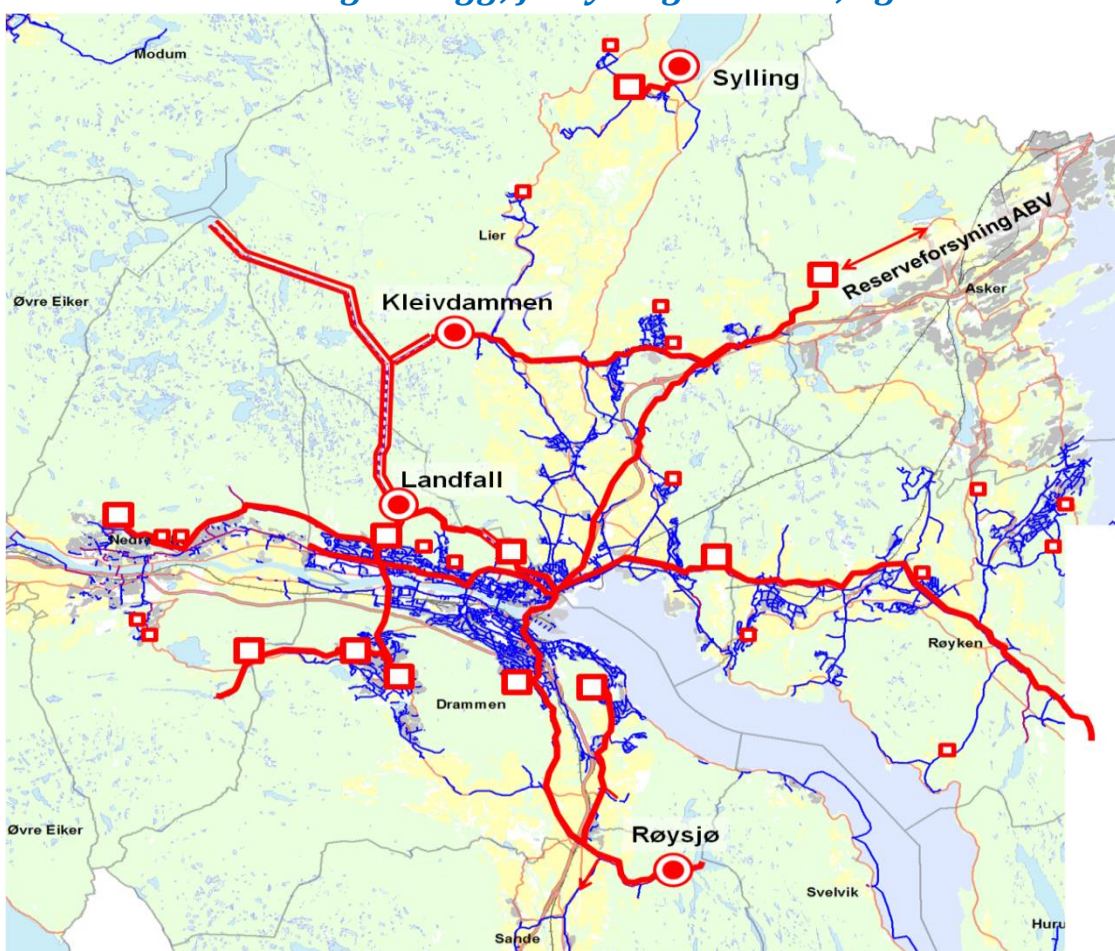
2. Røysjø:

Røysjø ligger på grensen mellom Drammen, Sande og Svelvik og har en overflate på ca. 0,7 km². Nedbørfeltet til Røysjø har et areal på ca. 8 km². Røysjø kan reserveforsyning hele Svelvik og Sande. Røysjø har Glitre som reservekilde.

3. Holsfjorden

På Svang strand i Sylling i Lier ligger inntaket til Sylling vannbehandlingsanlegget i Holsfjorden.

1.3 Vannbehandlingsanlegg, forsyningsområde, og vannkvalitet



Oversikt kart 1.1

Glitrevannverkets vannbehandlingsanlegg og vannkilder

Optimal desinfeksjon

1.3.1 Landfall vannbehandlingsanlegg

Landfall forsyner Drammen, Nedre Eiker, Røyken, deler av Lier og Sande kommuner med vann; ca. 95 000 personer, og har en kapasitet på ca. 1330 l/s. Vannbehandlingsanlegget ble i 2010 bygget om med selvspylende siler (trykksiler) og UV- anlegg. Anlegget fungerer også som reserveforsyning for deler av Lier og Asker kommune.

1.3.2 Kleivdammen vannbehandlingsanlegg

Kleivdammen forsyner deler av Lier kommune med vann, ca. 14 000 personer, og har en kapasitet på ca. 200 l/s. Anlegget fungerer også som reserveforsyning for deler av Lier kommune som normalt forsynes fra Landfall vannbehandlingsanlegg.

1.3.3 Røysjø vannbehandlingsanlegg

Røysjø forsyner deler av Drammen og har reserveforsyning til hele Svelvik og Sande. Røysjø har Glitre som reservekilde. Vannverket har en kapasitet på ca. 160 l/s

1.3.4 Sylling vannbehandlingsanlegget

Sylling leverer vann til ca. 1000 personer. Kapasiteten på anlegget er ca. 10 l/s

Glitrevannverket har tre vannverk Landfall, Kleivdammen og Sylling som benytter UV og klor til desinfisering. På Røysjø brukes bare klor for desinfisering.

1.3.5 Krav til vannkvalitet

§ 12. Krav til vannkvalitet

Drikkevann skal, når det leveres til mottakeren, jf. § 5 (Drikkevannsforskriften), være hygienisk betryggende, klart og uten framtreddende lukt, smak eller farge. Det skal ikke inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre fare for helseskade i vanlig bruk.

Vannkvalitet						
Parameter:	Enhet:	Glitre:		Røysjø:	Sylling:	Forskriftenes krav
		Landfall	Kleivdammen			
pH		6,8 ± 0,2	7,3 ± 0,2	8,0 ± 0,3	8,0 ± 0,2	6,5-9,5
Alkalitet	mmol/l	0,2 ± 0,10	0,2 ± 0,10	0,5 ± 0,10	0,3 ± 0,05	Ingen krav
Farge	mg/l Pt	10-12	10-12	3-5	18-20	<20
UVT _{50mm}	%	38-47	38-47	54-65	26-33	
Kalsium	mg/l Ca	5 ± 1	6 ± 1	12 ± 2	5 ± 1	Ingen krav
Jern	µg/l Fe	10-50	10-50	2-15	5-20	<50

Optimal desinfeksjon

Mangan	µg/l Mn	45 - 70	45-70	2-15	0-1	<50
TOC	mg/l C	2,6 ± 0,4	2,6 ± 0,4	2,2 ± 0,4	2,2 ± 0,3	<5,0
Silisium	mg Si/l	3,5 ± 1	2,5 ± 0,4	1,5	0,4	Ingen karv
Aluminium	µg/l Al	75 ± 15	75 ± 15	90		200
Turbiditet	FNU	0,12 ± 0,5	0,12 ± 0,5	0,1 ± 0,3	0,22 ± 0,1	<1
Klorid	mg/l Cl	1,2	1,3	2,4	2,4	200
Nitrat	µg/l N	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0.05

Tabell 1.1 Behandlet vannkvalitet for vannbehandlingsanleggene fra Glitrevannverket

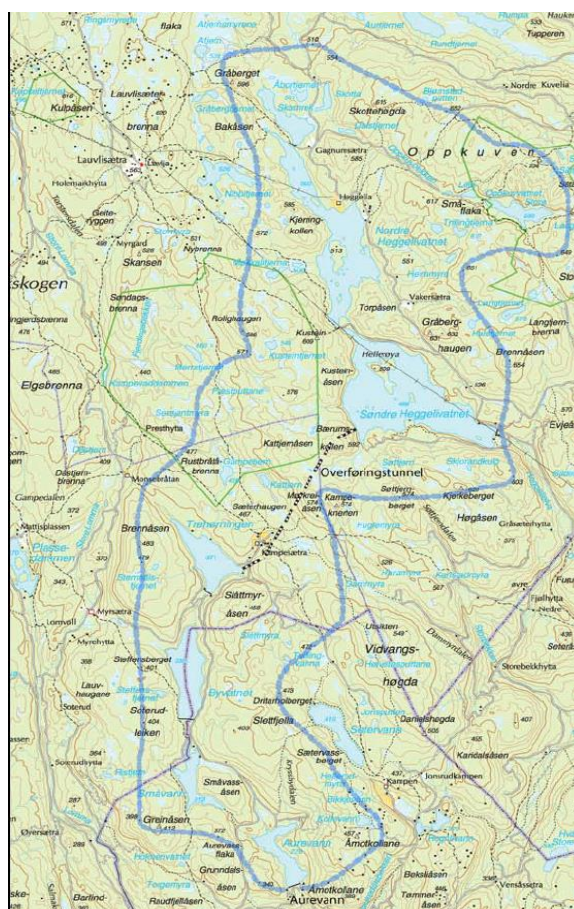
1.4 Asker og Bærum vannverk IKS (ABV)

Asker og Bærum Vannverk IKS (ABV) er et interkommunalt selskap som ble vedtatt opprettet av Asker og Bærum kommuner høsten 1979 med Holsfjorden som vannkilde, ABV ble satt i drift mai 1985. Selskapet eies av kommunene Asker og Bærum med 50 % eierandel hver.

Fra 1/1 arm av Tyrifjorden 2012 ble Bærum Vanns A/S driftsorganisasjon slått sammen med organisasjonen til Asker og Bærum Vannverk IKS slik at ABV IKS nå drifter Aurevanns anlegget inkludert dammer som er: Søndre og Nordre Heggelivann, Trehørningen, Byvann, Småvann og Aurevann og tunneler mm.

Prosessen på Aurevannsanlegget består av alkalisering, kjemisk felling og desinfeksjon med klor, og fra våren 2014 også med UV desinfeksjon. Dette anlegget med dammer, tunneler vannbehandlingsanlegg og overføringsledninger eies i sin helhet av Bærum Kommune. Her står Bærum kommune for alle kostnader.

Aurevannsanlegget forsyner normalt ca. 60000 personer (Østre deler av Bærum). Anlegget har en kapasitet på ca. 850 l/s (Den hydrauliske kapasiteten er høyere). Det er her stor reservekapasitet slik at hele Bærum's befolkning kan forsynes herfra.



Oversikt kart 1.1 Nedbørsfeltet Aurevann

1.4.1 Asker og Bærum vannverk IKS hovedvannkilder:

1. Aurevann

Råvannet til produksjonen av drikkevann hentes fra Trehørningsvassdraget i Bærumsmarka og Heggelivassdraget i hjertet av Nordmarka. Nedbørsfeltet består av bekker og vann med Skamrek og Skotta som de to nordligste, deretter Nordre Heggelivann og Søndre Heggelivann med overføringstunnel til Trehørningen,

Byvann, Småvann og Aurevann som det nærmeste. Nivåene i Aurevann, Byvann og Søndre Heggelivann kan reguleres fra vannbehandlingsanlegget. Hele nedbørsfeltet befinner seg i skogsområder med beskjeden og kontrollert skogsdrift. Inntaket til Aurevann vannbehandlingsanlegg ligger på 13 m.



Oversikt kart 1.3 Tyrifjorden

2. Holsfjorden

Holsfjorden er en stor innsjø, med en overflate på ca. 137,4 km², Største dybde er på ca. 295 m og har et volum på 14mrd. m³. Det er stor aktivitet i nedbørsområdet som:

- Hytter og spredt bebyggelse med avløp i infiltrasjonsanlegg
- Avløpsrenseanlegg i Sylling
- Jordbruk/skogbruk
- Dyr på beite, ville dyr og fugler
- Vei/trafikk;

Inntaket til Kattås

vannbehandlingsanlegg ligger på 50 meter dyb, som normalt ligger under

sprangsjiktet (med noen unntak). Det er god vannkvalitet, men der er noe humus(NOM) og et fargetall på 15-17 fargetallsenheter.

1.5 Forsyningsområde, vannbehandlingsanlegg og vannkvalitet

1.5.1 Kattås vannbehandlingsanlegg

Kattås forsyner vann til hele Asker kommune og til 35 % av Bærums befolkning, til sammen omkring 100 000 personer, og har en kapasitet på ca. 1500 l/s. For å oppfylle kravet om to hygieniske barrierer ble Kattås vannbehandlingsanlegg utvidet med UV- bestråling i tillegg til klordesinfeksjon. Det nye anlegget ble satt i drift i november 2008. Anlegget fungerer også som reserveforsyning for Glitrevannverket IKS ved RGA-ledningen (Reservevann Glitre – Asker).

Ved forsyning til hele Glitrevannverkets IKS forsyningsområde forsynes det til over 200000 personer via Kattås anlegget.

1.5.2 Aurevann

Det blir normalt forsynt ca. 60000 personer herfra (Østre deler av Bærum) dette anlegget har også stor reserve kapasitet slik at hele Bærums befolkning kan forsynes herfra.

Vannkvalitet				
Parameter:	Enhet:	KATTÅS	Aurevann	Forskriftenes krav
pH		7,2 ± 0,1	7,7 ± 0,1	6,5-9,5
Alkalitet	mmol/l	0,25 ± 0,02	0,6 ± 0,10	Ingen krav
Farge	mg/l Pt	15 ± 1	5	<20
UVT_{50mm}	%	38-47	60-68	Ingen krav
Kalsium	mg/l Ca	6,25 ± 1	20 ± 2	< ingen krav
Jern	µg/l Fe	10-50	<10	<50
Mangan	µg/l Mn	1	8	< 50
Aluminium	µg/l Al	48± 8	70	<200
Turbiditet	FNU	0,25 ± 0,08	<0,10	<1
Klorid	mg/l Cl	2,4	1,1	<200
TOC		3,5	2,5	<5,0

Tabell 1.2 Behandlet vannkvalitet for vannbehandlingsanleggene fra Akser og Bærum vannverk IKS

1.6 Bakgrunn

Glitrevannverket IKS (GV)

GV har UV-reaktorer ved følgende vannbehandlingsanlegg: Landfalltjern, Kleivdammen og Sylling. Anleggene er til dels veldig forskjellige, og en har opplevd driftsutfordringer av ulik art, blant annet knyttet til rengjøring av kvartsglassene i UV-reaktorene.

Asker og Bærum Vannverk IKS (ABV)

Kattås har UV-reaktorer av samme type som på Landfalltjern, og har installert reaktorer av samme type på Aurevann i 2014. På begge vannbehandlingsanlegg tilsettes klor, men spesielt på Kattås er en usikker på om dagens tekniske løsning for klortilsetning og måling av klorrest er optimal, og ønsker derfor en utredning som kan lede fram til en bedre løsning. (Klor blir tilsatt direkte til vannledningen uten noe kontakt kammer eller lignende)

Både GV og ABV ønsker å optimalisere driften fordi en opplever utfordringer ved sine anlegg.

UV:

Det er et behov for å samle kjent kunnskap (i vannverksbransjen generelt pluss driftserfaringer ved Glitrevannverket og ABV), men også se på nye måter å løse problemer på vedrørende drift av UV-anleggene.

Klor:

Det er viktig å oppnå god klorinnblanding i vannmassene, selv ved store variasjoner i vannføring, og derved sikre at alt vann blir godt nok desinfisert.

En bør heller ikke dosere unødvendig mye klor, pga. økonomi/kostnader og pga. vannkvalitet (biprodukter). Desinfisering av vann med tilsetning av klor kan føre til skadelige kjemiske biprodukter. Spesielt når det tilsettes klor i vann med høyt organisk innhold (som oftest kjennetegnet med høyt fargetall), er det spesielt viktig å ha god kontroll på doseringen og klorrest målingen for å unngå potensielt skadelige kjemisk desinfeksjonsbiprodukter.

1.6.1 Desinfeksjonsanlegg- Utfordringer

Både GV, ABV og (generelt vannverksbransjen) har driftsutfordringer knyttet til desinfeksjonsanlegg (UV og klor), i det en ønsker en tilstrekkelig, sikker og stabil barriere-effekt overfor mikroorganismer, og ingen risiko for potensielt skadelige doser av klororganiske forbindelser, samt rasjonell, kostnadseffektiv drift.

Derfor er det ønskelig:

Optimal desinfeksjon

- Å fremskaffe mer informasjon, og derved bidra til å heve kunnskapsnivået om årsaker til problemer med beleggdannelse på kvartsglass og generelt driftsutfordringer vedrørende av UV anlegg.
- Å fremskaffe mer informasjon og derved bidra til å heve kunnskapsnivået om hvordan en kan optimalisere klorinnblanding i vannmassene, selv ved store variasjoner i vannføring.
- Å identifisere mulige tiltak mot disse utfordringene

1.7 Prosjektmodell

Prosjektmodellen deler inn aktiviteten i faser. En god og riktig prosjektmodell vil være en veldig viktig faktor for å sikre prosjektets nytteverdi. En prosjektmodell legger føringer for hvordan arbeidet skal organiseres, og i hvilke rekkefølge aktiviteter skal gjennomføres i. En prosjektmodell skal fungere som en plattform, og danner en felles forståelse i arbeidsgruppen om hvordan arbeidet skal utvikle seg.

Prosjektmodellen vil ofte være et valg for prosjektgruppen av felles arbeidsmåte for å sikre god oversikt over ressurser og gi forutsigbare leveranser. Det er opplagt at noen prosjektmodeller er bedre enn andre avhengig av hva slags prosjekt som skal utvikles og i hvilken kontekst det skal foregå.

Vi har valgt å bruke en "evolusjonær" prosjektmodell. Med evolusjonær menes det at enkelte faser i prosjektet evalueres underveis, og evt. justeres og gjennomgår flere runder, helt til resultatet er tilfredsstillende. Dette innebærer at erfaringene underveis i utredningsprosjektet danner grunnlag for neste runde med utredning/uttesting.

På denne måten forbedres hele tiden prosessen. Vi har valgt denne modellen fordi den gir mulighet til fortløpende justering/endring av testspesifikasjonen. Det er viktig for vårt prosjekt å ha mulighet til å endre på testspesifikasjonen underveis gjennom prosessen.

Tilbakemeldinger fra sensor og veileder etter første presentasjon gjorde til at vi måtte vurdere prosjektmodellen på nytt. Ulempen med prosjektmodellene vi har blitt undervist i er at disse egner seg best for utvikling av **produkter**, og mindre hensiktsmessig for vårt prosjekt. Men en evolusjonær tilnærming kan muligens være velegnet, og vi vil derfor velge en "inkrementell" prosjektmodell. Som er en gren i evolusjonær prosjektmodellen.

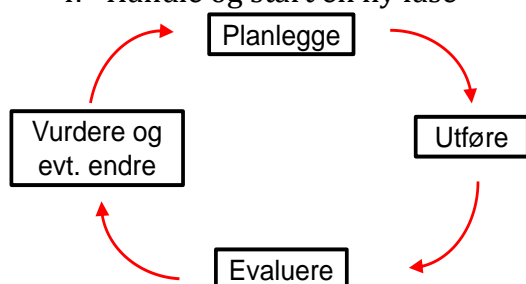
En Inkrementell modell karakteriseres ved at hovedkravene (jfr. kravspesifikasjonen) i all hovedsak er fast definert gjennom hele prosessen, mens beskrivelsen

Optimal desinfeksjon

av testmetoder/utredningsopplegg (dvs. testspesifikasjonen), kan justeres suksessivt underveis, etter hvert som prosjektet skrider fram.

Denne justeringen kan karakteriseres som en syklus med 4 faser:

1. Planlegg hva som skal gjøres.
2. Gjør det.
3. Sjekk resultatet.
4. Handle og start en ny fase



Figur 1.1

1.8 Organisering

1.8.1 Oppfølging

- Styringsgruppa møtes ved milepælene.
- Prosjektgruppa møtes ved milepælene, eller etter behov.
- Arbeidsgruppa forutsettes å arbeide ca. 30 time per uke, eller etter behov
- Det skal utarbeides referat fra alle møter.

1.8.2 Milepæler

- MP 1: Første presentasjon
- MP 2: Andre presentasjon
- MP 3: Tredje presentasjon

1.8.3 Prosjektledelse

Honar Ahmed Said er engasjert som prosjektleder

Vi valgte en flat struktur innad i gruppen, der begge har ansvar for at prosjektet kommer vel i havn. Men vi har fordelt noen oppgaver mellom hverandre, slik at det blir bedre flyt i arbeidet.

1.8.4 Øvrige roller

Glitrevannverket IKS, Asker og Bærum vannverk IKS og HBV er prosjekteier

Optimal desinfeksjon

Prosjektet skal ha en styringsgruppe:

HBV, Glitrevannverket IKS og Asker og Bærum vannverk IKS

Prosjektgruppe:

Tabell 1.3 prosjektgruppe

Karoline Moholth	Intern sensor (HBV)
Frank Helgestad	Intern veileder (HBV)
Jarle Eirik Skaret	Eksternt veileder og sensor (GV)
Karin Ugland Sogn	Eksternt veileder (ABV)
Honar Said	Prosjektleder
Thorbjørn Undrum	Kontrollansvarlig

1.8.5 Rådgivergruppe:

- Veileder og lærer på HBV
- Veiledere og (ansatte) både i GV og ABV

1.8.6 Arbeidsgruppe:

- Honar Said
- Thorbjørn Undrum

1.8.7 Rollebeskrivelse

1. Prosjektleder:

Prosjektlederen har det overordnede ansvaret for at prosjektet blir gjennomført i henhold til de vedtatte planene. Prosjektlederen skal:

- Styre arbeidet mot målet for prosjektet
- Rapportere til veilederne
- Holde prosjektet innenfor grensene for prosjektet
- Informere veilederen om nåværende eller fremtidige overskridelser av prosjektgrensene.

2. Veiledere:

Veilederne fungerer som styringsgruppe og kvalitetskontroll og har ansvaret for:

- Beslutte hvilke grenser prosjektet skal arbeide innenfor
- Bestemme om prosjektet skal starte, fortsette, utsettes eller avsluttes
- Kvalitetssikre arbeidet

3. Rådgivergruppen:

Rådgivergruppen skal fungere som konsulenter for arbeidsgruppe i saker som angår foreslåtte eller allerede utførte arbeidsoppgaver. Lærere ved HBV og ansatte hos den eksterne oppdragsgiveren skal fungere som rådgivergruppe, med følgende ansvar:

- Gå kritisk gjennom planer som legges frem av prosjektlederen.
- Reagere på fremlagte planer ved å tilkjenne mening, råd, nye idéer, alternative løsninger.

4. Arbeidsgruppe:

Deltagere i arbeidsgruppen skal arbeide med aktivitetene i prosjektet i den tiden som den enkelte er allokert til prosjektet. De skal:

- Være tilgjengelig for prosjektet i den tiden som er spesifisert i prosjektplanen.
- Delta i arbeidet med de forskjellige aktivitetene for prosjektet i henhold til de foreliggende aktivitetsplaner.

En skal fortløpende informere om prosjektet til intern og ekstern veileder og sensor HBV og oppdragsgiver.

1.9 Risikoanalyse

Formålet med en risikoanalyse er å kartlegge hindringer og problemer som kan oppstå, og som kan føre til forhindret fremdrift mm. En skal utarbeide planer med tiltak for å redusere risikofaktorene og konsekvensene. En risikoanalyse bør inneholde følgende punkter:

- Hva kan gå galt
- Hva er sannsynligheten hvis noe går galt
- Hva er konsekvensen hvis noe går galt
- Hvordan kan en redusere sannsynligheten/konsekvensen hvis noe går galt.

Risikoanalysen vil hjelpe oss til å identifisere risiko til knyttet til prosjektet slik at vi er bedre forberedt til å håndtere problemer og hindringer.

1.9.1 Oppdragsgiver

At oppdragsgiveren går konkurs

Risiko	Lav		
Konsekvens:		Middels	
Tiltak:	Ingen tiltak		

Optimal desinfeksjon

At oppdragsgiveren trekker seg fra prosjektet

Risiko	Lav		
Konsekvens:			Høy
Tiltak:	Vi må ha god forståelse og kommunikasjon med begge oppdragsgivere.		

1.9.2 Konflikter, sykdommer.

På grunn av konflikter eller sykdommer kan en eller begge klarer ikke å utføre sine arbeidsoppgaver slik at dette kan medføre forsinker eller stans av prosjektet.

Risiko	Lav		
Konsekvens:			Høy
Tiltak:	Tilrettelegge for godt samarbeid innad i gruppa, og fordele arbeidsmengde rettferdig, og sørge for at begge har oversikt over hele prosjektet.		

1.9.3 Behandling av utstyr.

Vi arbeider med kvartsglass og kjemikaler masse ting som kan går galt. Knusing av kvartsglass eller lampe med kvikksølv eller håndtering av andre kjemikaler.

Risiko		Middels	
Konsekvens:		Middels	
Tiltak:	En må være svært forsiktig, samt bruke verneutstyr der det er påkrevd. Det er viktig at nødvendig verneutstyr blir brukt ved praktiske forsøk, og at alle prosedyrer blir gjennomgått på forhånd slik at alle som skal være med på forsøket/-arbeidet er kjent med hva som skal utføres. Det vil i enkelte tilfeller være riktig å gå igjennom sikker jobb analyse (SJA) før forsøket/arbeidet starter.		

1.9.4 Dokumentsikkerhet

Tap av viktige dokumenter på grunn av maskinsvikt eller menneskelig feil som kan medføre til at viktige dokumenter blir slettet.

Risiko		Middels	
Konsekvens:			Høy
Tiltak:	Ta sikkerhet kopi av alle dokumenter på minst to plasser.		

2.0 Teorier

- ✓ *Revisjonshistorie*
- ✓ *Ord og uttrykk*
- ✓ *Innledning*
- ✓ *Klorering*
- ✓ *Hva er Ultrafiolett bestråling (UV)*
- ✓ *Hvordan fungerer Ultrafiolett (UV)*
- ✓ *Fordeler med UV*

2.1 Ord og uttrykk

2.1.1 Hygieniske barrierer for smittestoffer

Hygieniske barrierer i vannforsyningen skal hindre at drikkevannet inneholder smittestoffer som parasitter, bakterier og virus. I sin videste betydning omfatter hygieniske barrierer også prosesser som skal fjerne kjemiske og fysiske stoffer fra drikkevannet som kan være helseskadelige. Målet med vannbehandlingen er å sikre at vannet er "hygienisk betryggende, klart og uten fremtredende lukt, smak eller farge. Det skal ikke inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre fare for helseskade i vanlig bruk" (drikkevannsforskriften § 12).

2.1.2 UV Intensitet (Hentet fra Norsk Vann rapport 164-2008)

Intensitet av UV-lys, dvs. effekt pr. arealenhet (W/cm^2) målt normalt på innkommende lysretning, slik den måles ved hjelp av en UV-intensitetssensor i en UV reaktor eller en radiometer ("laboratorium/collimated beam tester")

2.1.3 UV-dose

UV-dose er den energimengde som tilføres vannet pr. volumenhet, dvs. UV-intensiteten (effekt pr. arealenhet) som trenger inn i vannet, tidsintegrert* over hele vannvolumet i reaktoren, dividert på vannvolumet av reaktoren. (*: UV-intensitet og oppholdstid varierer som funksjon av beliggenheten i reaktoren).

Det er UV-dosen som bestemmer log-reduksjonen av et patogen.

I et laboratorium, hvor alt vann får nøyaktig samme UV-intensitet og oppholdstid, blir UV-dose (mWs/cm^2 , eller mJ/cm^2) = UV intensiteten • tid i sekund

(Vann-volumet opptrer egentlig i både teller og nevner, og forkortes derved bort. I en UV-reaktor må en i prinsippet integrere intensiteten over hele vannvolumet m /tilhørende oppholdstid (og deretter dividere på UV-reaktorens vannvolum), men i praksis overføres resultatene fra en sammenlignbar laboratorietest, "biodosimetri", se nedenfor).

Optimal desinfeksjon

2.1.4 UV transmisjon(UV-T)

UV transmisjon er et mål på hvor mye UV lys ved bølgelengde 253,7 nm som slipper igjennom en 50 mm eller 10 mm lys vei/kyvettelengde med vann. UV transmisjon gis i prosent.

2.1.5 Biodosimetri (Hentet fra Norsk Vann rapport 164-2008)

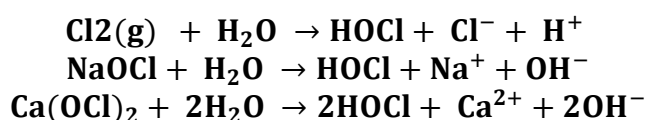
Prosedyre for bestemmelse av reduksjons-ekvivalent dose (RED) i en UV-reaktor. Først utsettes en testorganisme for ulike UV-doser i kontrollerte laboratorieforsøk ("collimated beam test") og man setter opp en "standardkurve" som viser oppnådd inaktiveringsgrad (log-reduksjon) mot anvendt UV-dose. Så måler man hvilken log-reduksjon som oppnås for den samme testorganismen ved testing/validering av en bestemt UV-reaktor (testobjekt). Deretter sammenlignes oppnådd log-reduksjon i UV-reaktoren (testobjektet) med dose-responskurven (standardkurven) fra laboratorieforsøkene, og den tilhørende reduksjons ekvivalente dose (RED) leses av fra kurven.

2.1.6 Reduksjon Equivalent Dose – RED (Hentet fra Norsk Vann rapport 164-2008)

Den UV-dosen som fremkommer når den beregnes indirekte ved biodosimetri, og som leses av fra dose-responskurven som er satt opp på bakgrunn av collimated beam-testen ("standardkurven") for den oppnådde log-reduksjonen som er målt ved fullskala reaktortesting. RED-verdien gjelder bare for den testorganismen som er anvendt, og bare for de driftsforhold som er anvendt under full-skala reaktortesten/valideringen.

2.2 Klorering

Klor er det mest anvendte desinfeksjonsmiddelet for drikkevann, og har vært i bruk i over 100 år. Det er flere ulike klorforbindelser som kan brukes, og de vanligste er klogass ($\text{Cl}_2(\text{g})$) natriumhypokloritt (NaOCl) og kalsiumhypokloritt ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$). Felles for disse forbindelsene er at de danner den samme klorforbindelsen i vann, nemlig underklorsyrting (HOCl).



I vann spaltes underklorsyrting lett til protoner og hypoklorittioner (OCl^-), og det innstiller seg en likevekt mellom underklorsyrting og hypokloritt.



Både underklorsyrting og hypokloritt har desinfiserende egenskaper, men det er underklorsyrting som er det overlegent sterkeste desinfeksjonsmiddelet. Ved pH mellom 6 og 9 er denne reaksjonen ufullstendig, det vil si at både HOCl og OCl^- er

Optimal desinfeksjon

tilstede. Ved pH under 6 så spaltes ikke HOCl, og ved pH over 9 er spaltingen fullstendig slik at det ikke finnes HOCl i vannet. Derfor er klorering mest effektivt som desinfeksjonsmetode ved lavere pH-verdier. For eksempel så drepes 99 % av *E. coli* bakteriene i løpet av 1 minutt med 0,1 mg/l klor ved pH lavere en 6. Dersom pH hadde vært over 9 så ville det tatt 100 minutter og oppnå den samme effekten.

HOCl og OCl^- virker desinfiserende fordi de er kraftige oksidasjonsmidler. Det betyr at de tar elektroner fra andre forbindelser, som for eksempel proteiner, som dermed endrer sine kjemiske egenskaper. Alle cellemembraner inneholder proteiner som kan oksideres av disse klorforbindelsene, og det fører til at cellemembranene skades. Klor dreper mikroorganismer og bakterier ved å angripe celleveggene og ødelegge enzymer og strukturer inne i cellen. På denne måten er klorering en effektiv barriere mot virus og bakterier ved klornivåer som er akseptable i drikkevannet. Det skal imidlertid mye høyere nivåer av klor til for å drepe eller inaktivere bakteriesporer og flercellede organismer. Derfor er ikke klorering en praktisk metode for å skape en hygienisk barriere mot sporeformende bakterier som *Clostridium perfringens*, eller protister som *Giardia lamblia* og *Cryptosporidium parvum* som danner klorresistente cyster.

2.2.1 *Cryptosporidium* barriere

Cryptosporidium er en skadelig protozo som kan føre til alvorlig sykdom og død hos noen individer. Heldigvis kan dette klorresistente parasitter lett bli inaktivert med en lav UV-dose.

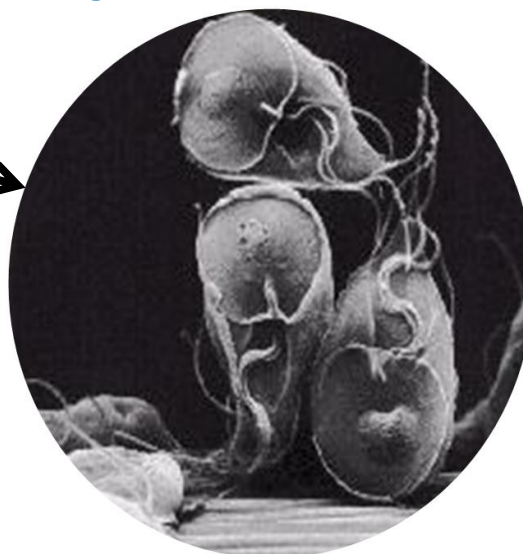
Folk som er mest utsatt for den sykdommen er små barn, gravide kvinner, og immunsvikt individer. Når en person er infisert, vil parasitter spre seg i tarmen og i noen tilfeller i luftveiene. Infeksjonen kan vare over to uker og enda lenger for folk med redusert immunforsvar. *Cryptosporidiosis* har blitt en av de mest vanlige vannbaserte sykdommer i verden. I 1993 døde over 100 mennesker, og mer enn 400 000 utviklet mage-tarm-sykdommer, som følge av et *Cryptosporidium* utbrudd i drikkevannet i Milwaukee, Wisconsin. *Cryptosporidium* er motstandsdyktig overfor klor, men har vist seg å være effektivt inaktivert av en lav dose av UV lys - uten å produsere noen desinfeksjon-biprodukter. UV-bestråling er, i forhold til andre renseteknologier, for eksempel ozonering og membranfiltrering, en svært kostnadseffektiv løsning for *Cryptosporidium* inaktivering.

2.2.2 *Giardia* barriere

Giardia er en protozo som er beskyttet av et ytre skall som gjør det svært motstandsdyktig mot klor-desinfeksjon. Symptomene fra en *Giardia* -infeksjon kan vare fra 2 til 6 uker. Selv om *Giardia* ofte blir referert til som en "camping- eller ryggsekk-relatert" sykdom (Bevare feber), kan alle lett bli eksponert gjennom kontaminert drikkevann. Tradisjonelle metoder for klorbasert desinfeksjon krever urealistisk høye konsentrasjoner og kontakttider for å eliminere *Giardia*. UV-desinfeksjon inaktiverer imidlertid lett *Giardia* ved lave doser, uten produksjon av desinfeksjonsbiprodukter.

2.2.3 Hvilken UV-dose er nødvendig? (Hentet fra foredrag holdt av Jarle Eirik Skaret)

Giardia og Cryptosporidium: 100-150 J/m²
Sporedannende bakterier: ca. 400 J/m²
Virus: 300 - 1200 J/m²
Krav: 400 J/m²



Tabell 2.1

Figur 2.1

2.3 Hva er Ultrafiolett bestråling (UV)

UV-lys representerer den del av det elektromagnetiske spektrum som befinner seg mellom røntgenstråler og synlig lys (figur 1.1). UV-spekteret kan inndeles i 4 deler, og desinfeksjonseffekten er primært knyttet til stråling innen bølgelengdeområdet 200-300 nm, det vil si innen området for UV-C og UV-B:

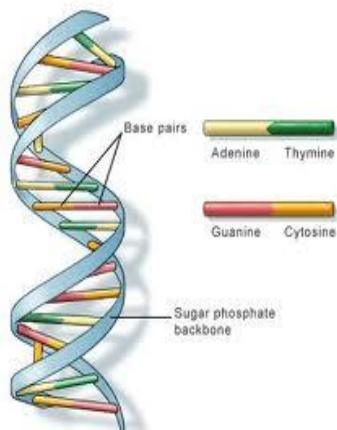
UV-spekteret	bølgelengdeområdet
Vakuumb UV	(100-200 nm)
UV- C	(200-280 nm)
UV-B	(280-315 nm)
UV-A	(315-400 nm)

Tabell 2.2

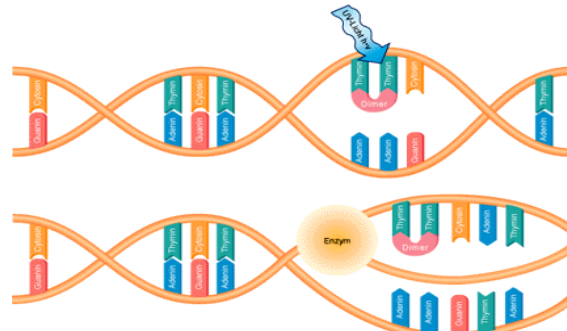
Den inaktiverende (biocidale) effekten er størst for bølgelengder i området 200-3

00 nm. UV-lys (fotoner) i dette bølgelengdeområdet trenger lett gjennom cellevegger, cytoplasma og kjernemembraner og forårsaker irreversible skader på mikroorganismenes metabolisme og arveegenskaper (DNA-molekyler). UV-strålenes vil angripe baseparene i DNA-kjeden slik at cellen ikke kan reproducere seg selv

2.3.1 UV bestrålingsvirkning på DNA



Figur 2.2

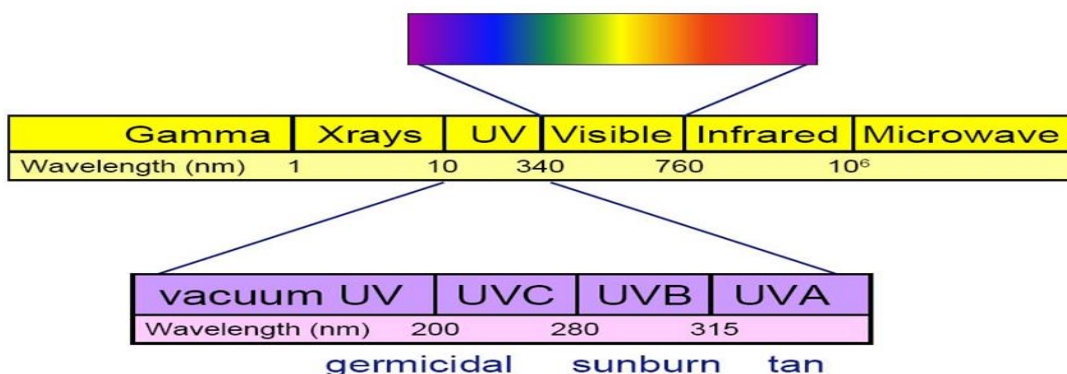


Figur 2.3

UV-lys innen området for vakuum-UV kan også inaktivere mikroorganismer, men fordi intensiteten av UV-lys innen dette bølgelengdeområdet svekkes svært raskt med økende lys-vei i vann, anses dette som et praktisk/økonomisk lite aktuelt alternativ for desinfeksjon av vann. UV-lys innen UV-A området er langt mindre effektivt for desinfeksjonsformål enn lys innen UV-B og UV-C området, og en effektiv desinfeksjon med lys i UV-A området krever derfor svært lange bestrålingstider. Figur 1.1 illustrerer UV-strålers beliggenhet innen det elektromagnetiske bølgespektrum, samt typiske bølgelengder som emitteres fra lavtrykks- og mellomtrykkslamper. Det fremgår at LP-lamper sender ut energi som UV-lys i bare to bølgelengder, 185 (< 10 %) og 254 nm (> 90 %). I motsetning til det monokromatiske lyset som sendes ut fra LP lamper, vil MP-lamper sende ut lys over et bredt spekter av bølgelengder (polykromatisklys). Ofte forsynes slike lamper med en spesiell (dopet) kvartskvalitet som filtrerer bort UV-lys med bølgelengder lavere enn 240 nm.

Figur 2.4 Illustrasjon av UV-strålers beliggenhet i det elektromagnetiske bølgespektrum (øverst), og utstrålte bølgelengder (emisjonsspektra) fra lavtrykkslamper og mellomtrykkslamper (Templeton, 2008)

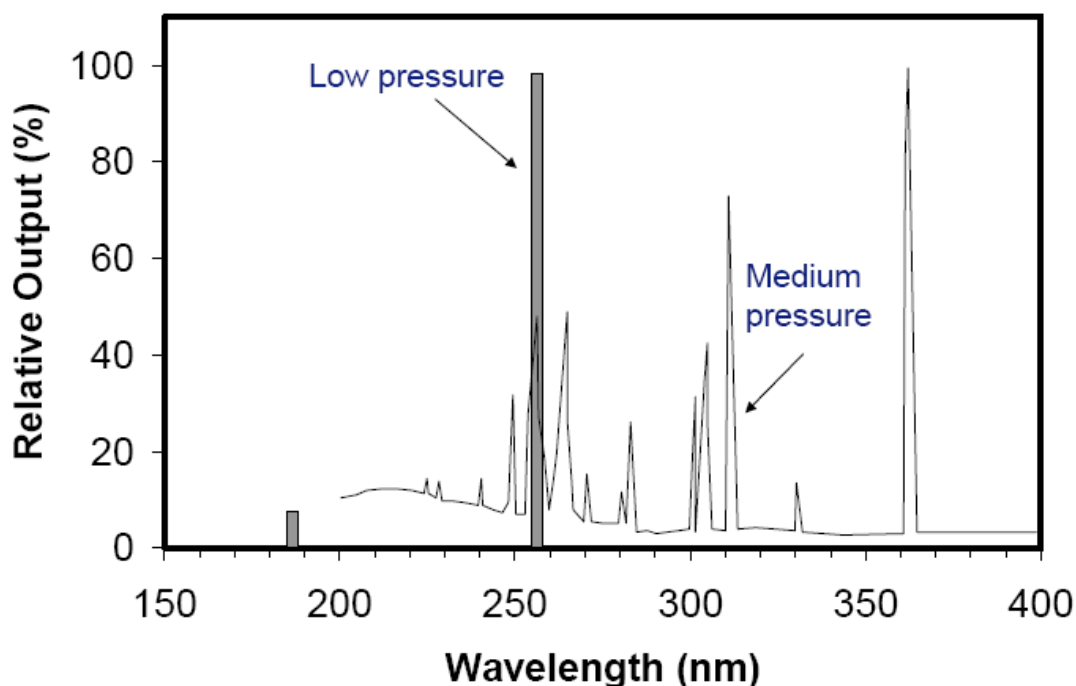
Det er UV-lys med bølgelengder rundt 254 nm som absorberes best av DNA og som følgelig gir best inaktivering. Bølgelengder over 300 nm har svært liten biocidale effekt.



Figur 2.3

Figur 2.4 Illustrasjon av UV-strålers beliggenhet i det elektromagnetiske bølgespektrum

(øverst), og utstrålte bølgelengder (emisjonsspektra) fra lavtrykkslamper og mellomtrykkslamper (Templeton, 2008)



Figur 2.4

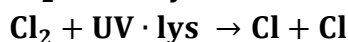
2.4 Hvordan fungerer Ultrafiolett (UV)

Dette er en metode som brukes i økende grad i vannbehandlingsanlegg for å drepe eller inaktivere mikroorganismer. UV-lamper som sender ut UV-stråling kan plasseres på flere punkter i vannrensprosessen, men det er viktig at vannhastigheten forbi lyskilden ikke er for rask. UV-lys er elektromagnetisk stråling med bølgelengder fra 100 til 400 nm (10^{-9} meter). Dette er området mellom røntgenstråling og synlig lys, og de UV-strålene som er mest effektive til å drepe mikroorganismer ligger mellom 240 og 280 nanometer. Det er UV-lys med bølgelengder rundt 254 nm som absorberes best av DNA og som følgelig gir best inaktivering. Den viktigste grunnen til at UV-bestråling i større grad blir tatt i bruk i dag, er at denne metoden også virker mot protozoer som *Giardia lamblia* og *Cryptosporidium parvum*.

UV-bestrålingen dreper/inaktiverer mikroorganismer ved at UV-strålene trenger gjennom cellemembranen og inn i cellene. UV-stråling inneholder mye energi, og denne energien fører til at flere kjemiske prosesser går fortere. Det dannes flere frie radikaler, og de oksidative prosessene i cellen går raskere. Dette fører i sin tur til at proteiner og arvemateriale brytes raskere ned enn det kan bygges opp. Slike skader fører til at cellemembranen kan sprekke eller at cellen rett og slett mister

Optimal desinfeksjon

evnen til å dele seg. Her er to eksempler på dannelse av frie radikaler som er ekstremt reaktive.



Ultrafiolette systemer bruker spesielle lamper eller pærer som avgir UV lys av en bestemt bølgelengde UV-lys oppnås ved omdannelse av elektrisk energi i et lavtrykks kvikksølv damp "hardt glass" kvartslampe. Elektroner flyter gjennom den ioniserte kvikksølv damp mellom elektrodene i lampen, som da skaper UV-lys. Prosessen er enkel, men effektiv, ødelegge 99,99 prosent av skadelige mikroorganismer, uten tilsetning av kjemikalier til vannet.

2.5 Fordeler med UV

Det er noen svært viktige grunner til at både vannverket og kommuner velger UV-teknologi for å behandle drikkevannet på.

2.5.1 Meget effektiv:

I over 25 år har UV-teknologi blitt klarert som en trygg og kostnadseffektiv måte å desinfisere vann på og eliminere skadelige mikroorganismer. Det er en velprøvd desinfeksjonsmetode. Folkehelseinstituttet har godkjent UV-teknologi som i dag blir brukt i tusenvis av byer, flaskevann produsenter og huseiere verden over.

2.5.2 Kjemisk fritt:

UV gir rensing av vann uten tilsetning av skadelige kjemikalier Ingen gjenværende stoffer i vannet, som for eksempel klor, ozon eller andre kjemikalier. En reduserer også sannsynligheten for å danne skadelige klororganiske biprodukter. Folkehelseinstituttets retningslinjer oppfordrer vannverkene til å redusere /eliminere bruken av klor, og heller bruke UV, som gir:

- Desinfeksjon uten bruk av kjemikalier
- Ingen produksjon av skadelige klororganiske forbindelser
- Umiddelbar behandling
- Uten behov for store lager til kjemikalier

2.5.3 Smak og lukt:

UV endrer ikke smak, lukt eller farge på vannet.

2.5.4 Mer effektivt enn klor:

I motsetning til klor er UV-systemene effektive mot både Cryptosporidium og Giardia.

2.5.5 Kompakt og lett å vedlikeholde:

UV-systemer er i stand til å behandle store mengder drikkevann med minimalt plassbehov..

2.6 Ulemper med UV

2.6.1 Desinfeksjonsvirkning

UV-stråling er et fysisk desinfeksjonsmiddel som ikke etterlater gjenværende resteffekter etter behandling. Klor og spesielt kloramin har bedre langtidseffekt for å beskytte distribusjonssystemet mot spredning av koliforme bakterier og biofilmdannelse.

2.6.2 vedlikeholdet

Overvåking

Det er p.t. ikke mulig å måle UV-dose direkte, noe som innebærer at drift av UV anlegg må baseres på indirekte målinger/sensormålinger (vannmengde, UV intensitet, Og evt. UV-transmisjon) (**Hentet fra Norsk Vann rapport 164-2008**)

Rengjøring av kvartsglass

Drift av UV-anlegg kan være relativt arbeidskrevende dersom beleggdannelsen ikke kan kontrolleres med viskere/vasking (**Hentet fra Norsk Vann rapport 164-2008**)

Bruk av UV er relativt energikrevende.

3.0 Krav og testspesifikasjon

- ✓ *Revisjonshistorie*
- ✓ *Forord*
- ✓ *Kravs-kategorier*
- ✓ *Kravspesifikasjon*
- ✓ *Bakgrunn – Anleggene – Aktuelle problemstillinger*
- ✓ *Rengjøring av kvartsglass i bransjen*
- ✓ *Beleggdannelse og rengjøring på Kleivdammen*
- ✓ *Utfordring ved Landfall vannbehandlingsanlegg*
- ✓ *Utfordring ved Kattås vannbehandlingsanlegg*
- ✓ *Kravspesifikasjon*
- ✓ *Generell kommentar*
- ✓ *Hvorfor klordoseringspunktet skal flyttes*
- ✓ *Kvartsglass*
- ✓ *Begroning*
- ✓ *Hvilke stoffer skaper problemer for optimalt utnyttelse av UV-bestråling*
- ✓ *Testspesifikasjon*

3.0.1 Hensikt med krav og testspesifikasjon

Dette dokumentet er en **kravspesifikasjon** og **testspesifikasjon** som er utarbeidet av prosjektgruppa Optimal desinfeksjon. Kravspesifikasjonen angir hva som skal gjøres i dette prosjektet, og hva prosjektet skal oppnå innenfor gitte rammer og betingelser.

Testspesifikasjonen beskriver testmetodene for å teste kravene i kravspesifikasjon. Hensikten med testspesifikasjonen er å beskrive **hvordan** en skal gå fram for å oppfylle kravene (dvs. kravspesifikasjonen). Det skal utføres forskjellige tester/undersøkelser i samsvar med de respektive kravene. Testspesifikasjonen avhenger av kravspesifikasjonen og revideres i takt med denne.

Prosjektoppgaven er gitt av Glitrevannverket IKS og Asker og Bærum vannverk IKS, og utføres som en avsluttende Bacheloroppgave (ingeniørstudier) innen vann og miljøteknologi ved Høyskolen i Buskerud og Vestfold, Kongsberg, Fakultet for teknologi.

3.1 Kravs-kategorier

Kravene har ulike prioritering, vi har delt dem i tre forskjellige kategorier

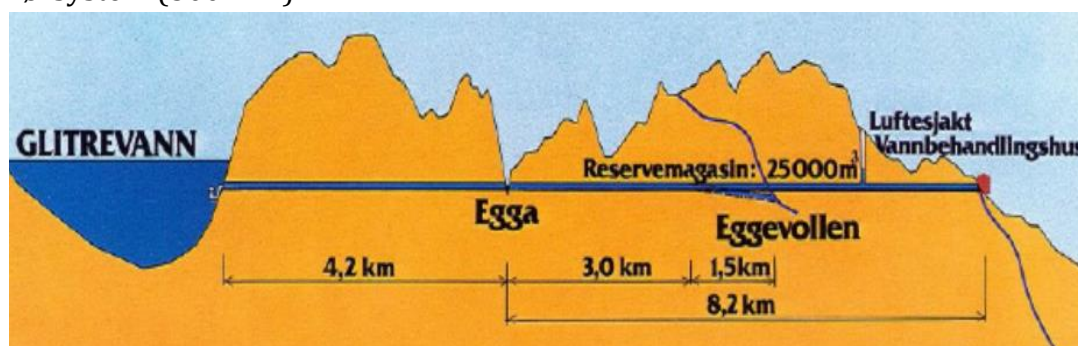
BENEVNING	PRIORITET	BESKRIVELSE
A	HØY	Dette er krav er helt avgjørende for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver, Disse kravene sikter vi mot å oppfylle først
B	MIDDELS	Dette er krav som er relativt viktige for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver. Samtidig er de ikke avgjørende for oppgaven, og vil bli prioritert etter A-kravene
C	LAV	Dette er krav som er mindre viktige for å imøtekomme kravene fra oppdragsgiver. Slike krav bruker vi til slutt hvis vi har tid

Tabell 3.1

3.2 Bakgrunn - Anleggene - Aktuelle problemstillinger

3.2.1 Kleivdammen vannbehandlingsanlegg

Kleivdammen vannbehandlingsanlegg har samme vannkilde (Glitrevann) som Landfall vannbehandlingsanlegg, og vannet overføres med selvfall fra vannkilden gjennom et flere km langt råsprengt tunnelsystem. Til Kleivdammen kommer vannet via en 1,5 km lang tunnelavgreining til Eggevollen, og derfra ca. 600 meter i rørsystem (300 mm).



Kleivdammen kart 3.1

Etter ombyggingen i 2008 har anlegget to parallelle selvspylende siler (trykksilene) med 0,3 mm lysåpning og med trykkmåler før og etter silene. Anlegget har også tre parallelle UV-reaktorer av typen Wedeco BX 1800 med lavtrykk lampe(LP) med 18 lamper på hver reaktor.

Optimal desinfeksjon



3.3.1 Kontroll og overvåking

Hver UV-reaktor er utstyrt med en mengdemåler før og en reguleringsventil etter, som styrer vannmengden gjennom UV-reaktorene og inn til rentvannbassenget.



Anlegget er utstyrt med et online UV- transmisjonsmålere, måler lyset som transmitteres ved 253,7 nm i en prøve vannet.

Hver reaktor har en UV-sensor slik at automatikken kan gi vannet nødvendig UV-dose, dvs. tilstrekkelig UV-intensitet som funksjon av vannføring og UV-transmisjon, jfr. godkjenningsspremissene, Tabell 3.2

3.2.2 Automatisk viskersystem

Hver reaktor har et automatisk viskersystem for vask av kvartsglass og vindu på sensorhylse.



Optimal desinfeksjon

3.2.3 Programmerbar logisk styring (PLS)

Disse parameterne blir styrt av to PLS-er, en UV-PLS og en felles PLS. UV-PLS beregner pådrag, beregner dose, og gir beskjed til felles PLS om at UV reaktor skal starte eller stoppe etter behov. I tillegg har hver reaktor et styringskap som håndterer/styrer lampeoppvarming, overvåkning av lampefeil og ballastfeil, samtidig som den registrerer vannmengde, signal fra reguleringsventil og signal fra andre komponenter på UV reaktoren.



3.2.4 Godkjenningkriterier for UV reaktorene på Kleivdammen

	A	B	C	D	E
UV-Transmisjon % 50 mm	30 %	33 %	45 %	66 %	90 %
Tilsvarende omtrent flg. Fargetall	15-16	14	9	4	1
Maks vannføring (l/s)	24	25	33	58	152
Minste UV-intensitet (W/m ²)	33	34	43	64	137,5

Tabell 4.2

Hydraulisk kapasitet

Kolonne B-E er i hht. den biosimulerte testen av denne UV-aggregattypen. Kolonne A er en utvidelse av godkjenningområdet, gitt av Folkehelseinstituttet, basert på en ekstrapolering av testresultatene.

3.2.5 Hydraulisk kapasitet

Hver UV reaktor har en kapasitet på ca. 95 l/s ved dagens fargetall på 12-13 (dvs. UV-transmisjon på 34-35 % ved 50 mm kyvette). Maks tillatt vannmengde gjennom UV reaktorene er avhengig av at minimum UV-dose opprettholdes. Ved vannføringer under 95 l/s må en, i hht. godkjenningsspremissene, opprettholde et UV-intensitet på 33 W/m² for å kompensere for at en her ligger utenfor det driftsområdet som er dokumentert gjennom den biosimetriske testen. Lavere vannhastighet gir jo dårligere innblanding/oppholdstidsfordeling.

3.2.3 Dosering

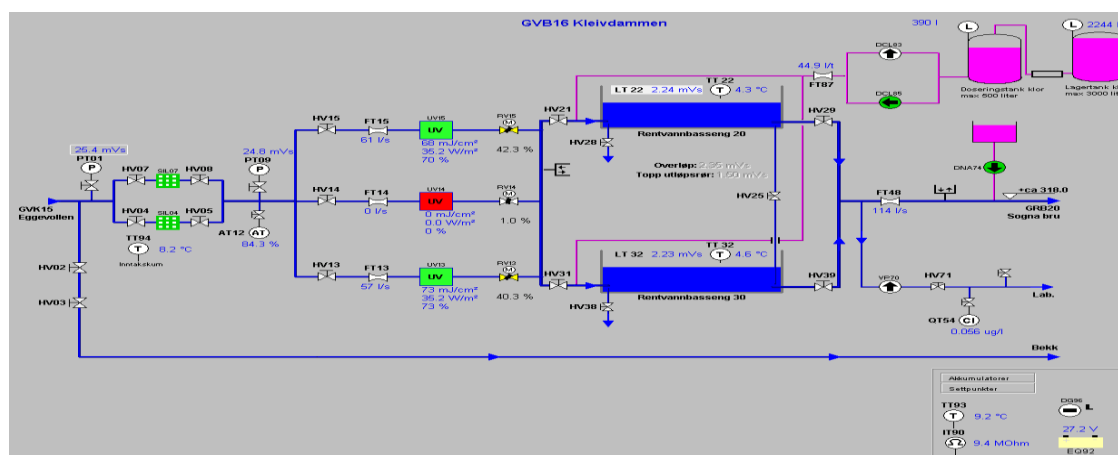
Kleivdammen har meget stor overdosering pga. overdimensjonert anlegg og fordi rentvannbassenget har begrenset volum i forhold til forbruket.

3.2.4 Vannbehandlingsprosessen

Vannet renses gjennom innløpstrykksilene før det går videre for desinfisering med 3 parallelle UV reaktorer. Deretter, som en ekstra sikkerhet, desinfiseres det også med klor (Natriumhypokloritt NaOCl). Kombinasjonen av en sikker vannkilde, klor-desinfeksjon, UV-bestråling og trykksiler skal dekke kravet om to uavhengige hygieniske barrierer, slik at vannet blir behandlet på en tilfredsstillende måte med hensyn til alle typer mikroorganismer. Til slutt tilsettes vannglass (silikat, SiO₂) for korrosjonskontroll på distribusjonsnettet til forbrukerne.

1. Forbehandling:
Trykksiler med 0,3 mm lysåpning
2. Desinfisering:
UV-lys ved 253,7 nm
NaOCl Natriumhypokloritt
3. pH justering:
Vannglass (silikat, SiO₂)

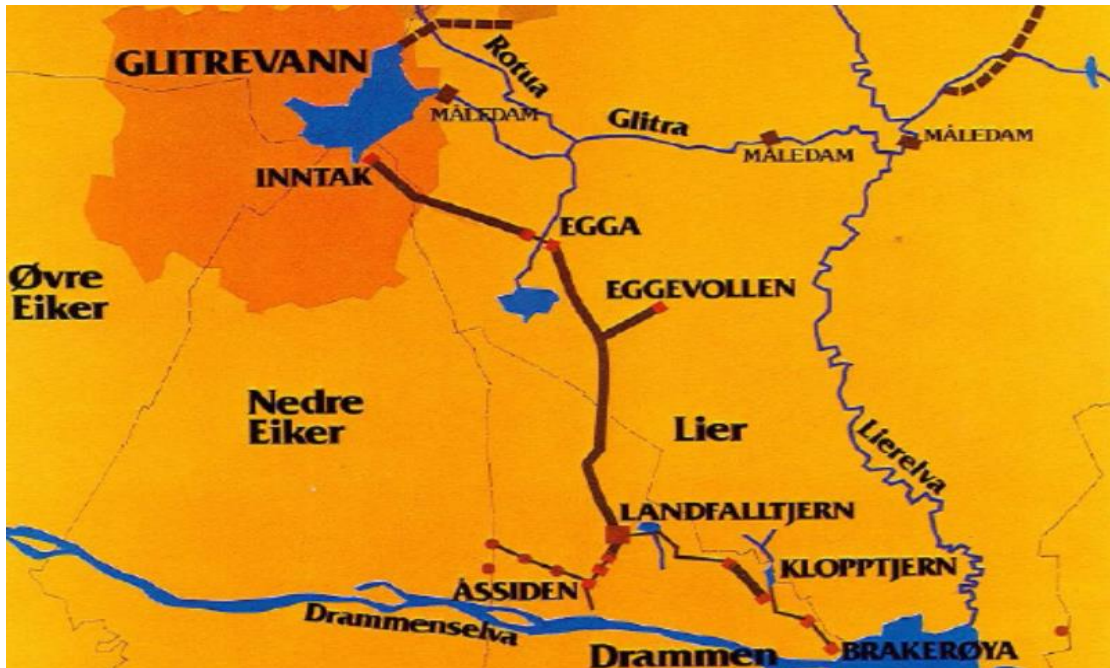
3.2.5 Kleivdammen prosessbilde (driftskontroll):



prosessbilde 3.1

3.3 Landfall vannbehandlingsanlegg

Landfall vannbehandlingsanlegg tar råvann fra Glitrevann. Vannet overføres med selvfall fra vannkilden gjennom et flere km langt råsprengt tunnelsystem.



Landfall kart 3.2

Anlegget har seks parallelle selvspylende siler (trykksiler) med 0,3 mm lysåpning, med trykkmåler før og etter silene. Anlegget har også 7 parallelle UV-reaktorer av typen Wedeco LBX1000 med lavtrykk lampe(LP).



Landfall UV reaktorer

Optimal desinfeksjon

3.3.1 Kontroll og overvåking

Hver UV-reaktor er utstyrt med en mengdemåler før og en reguleringsventil etter, som styrer vannmengden gjennom UV-reaktorene og inn til forsyningsnettet.

Anlegget er utstyrt med to online UV- transmisjonsmålere

Hver reaktor har to UV-sensorer på samme lampe. slik at automatikken kan gi vannet nødvendig UV-dose, dvs. tilstrekkelig UV-intensitet som funksjon av vannføring og UV-transmisjon, jfr. Kravspesifikasjonen. tabell 2.



3.3.2 Godkjenningskriterier for UV reaktorene på Landfall

	A	B	C	D	E(ekstrapolert)
UV-Transmisjon % 50 mm	11,6	16,8	23,7	32,8	44,4 %
	%	%	%	%	
Tilsvarende omtrent flg. Fargetall	35	28	21	14	9
Maks vannføring (l/s)	109	122	154	192	235
Minste UV-intensitet (W/m ²)	58,53	67,10	79,07	91,55	104,20

Tabell 5.3

3.3.3 Automatisk viskersystem

Hver reaktor har et automatisk viskersystem for vask av kvartsglass og vindu på sensorhylsene.

3.3.4 Programmerbar logisk styring (PLS)

Disse parameterne blir styrt av to PLS-er, en UV-PLS og en felles PLS. UV-PLS beregner pådraget, beregner dose, og gir beskjed til felles PLS om at en UV reaktor skal starte eller stoppe etter behov. I tillegg har hver reaktor et styringsskap som håndterer/styrer lampeoppvarming, overvåking av lampefeil og ballastfeil, samtidig som den registrerer vannmengde, signal fra reguleringsventil og signal fra andre komponenter på UV reaktoren.

3.3.5 Hydraulisk kapasitet

Optimal desinfeksjon

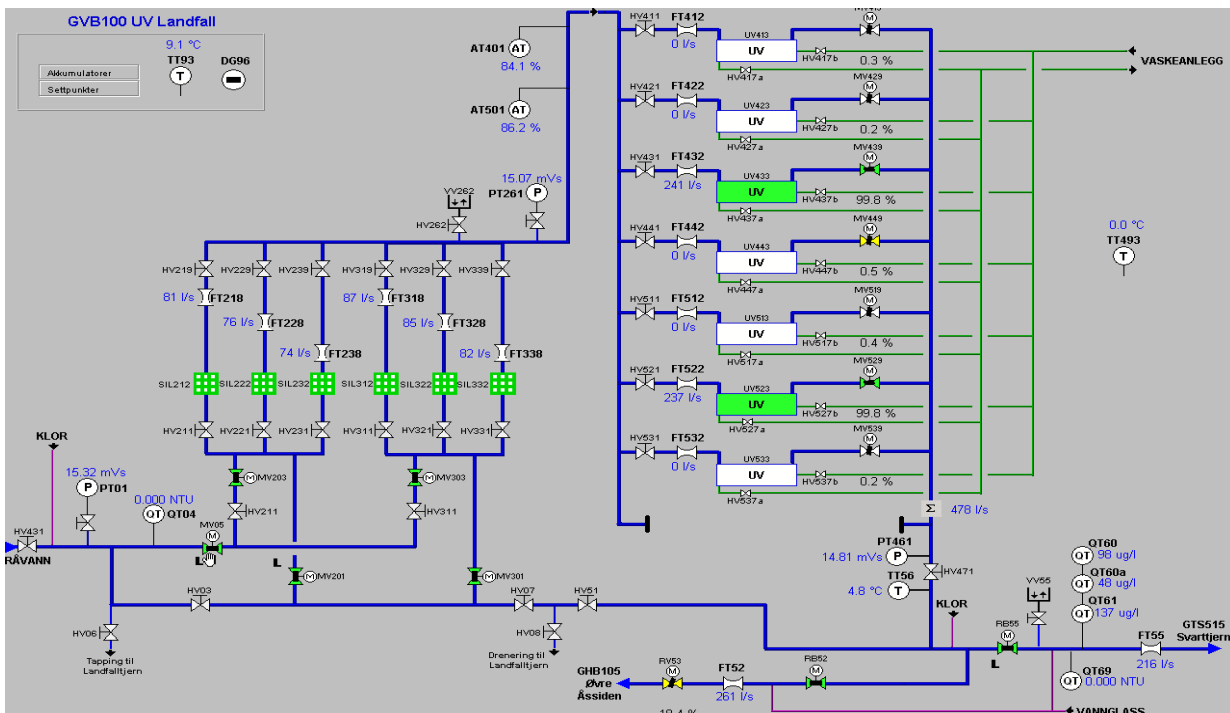
Hver UV-reaktor har en kapasitet på ca. 190 l/s ved dagens fargetall på 12-13 (dvs. UV-transmisjon på 34 - 35 % ved 50 mm kyvette). Maksimalt tillatt vannmengde gjennom UV-reaktorene er avhengig av at minimum UV dose på 400 J/m² opprettholdes.

3.3.6 Prosess

Vannet renses gjennom innløpstrykksilene før det går videre for desinfisering med sju parallelle UV reaktorer. Som en ekstra sikkerhet, desinfiseres det også med klor (Natriumhypokloritt NaOCl), med klordoseringspunkt ca. 50 meter før innløpet til anlegget. Kombinasjonen av sikker vannkilde, klor-desinfeksjon, UV-bestråling og trykksiler skal dekke kravet til to uavhengige hygieniske barrierer, slik at vannet blir behandlet på en tilfredsstillende måte med hensyn til alle typer mikroorganismer. Til slutt tilsettes vannglass (silikat, SiO₂) for korrosjonskontroll på distribusjonsnettet til forbrukerne.

1. Desinfisering med natriumhypokloritt (NaOCl)
2. Forbehandling: Trykksiler med 0,3 mm lysåpning
3. Desinfisering med UV-lys (Lavtrykksaggregater, dvs. 253,7 nm lys)
4. pH justering med vannglass (silikat, SiO₂)

3.3.7 Landfall prosessbilde (driftskontroll):



prosessbilde 3.2

3.4 Kattås vannbehandlingsanlegg

Kattås vannbehandlingsanlegg henter råvannet sitt fra Holsfjorden. Vannet overføres ved hjelp av pumper på Toverud pumpestasjon og pumpes opp fra vannkilden til et råsprenget tunnelsystem/fjellbasseng på 50 000 m³ ved Vestmarka/Kattås.

Pumpene på Toverud har fire parallelle selvspylende trykksiler på råvann med trykkmåler før og etter silene. Anlegget har ti parallelle UV-reaktorer av typen Wedeco LBX1000 lavtrykk lampe (LP) med 40 lamper på hver reaktor



Kattås UV reaktorer

3.4.1 Kontroll og overvåking

Hver UV-reaktor er utstyrt med en mengdemåler før og en reguleringsventil etter, som styrer vannmengden gjennom UV-reaktorene. Anlegget er utstyrt med et online UV- transmisjonsmålere. Hver reaktor har en UV-sensor, slik at automatikken kan gi vannet nødvendig UV-dose, dvs. tilstrekkelig UV-intensitet som funksjon av vannføring jfr. kravspesifikasjonen, tabell 3.

3.4.2 Godkjenningskriterier for UV reaktorene på Kattås

Optimal desinfeksjon

	A	B	C	D	E(ekstrapolert)
UV-Transmisjon % 50 mm	11,6	16,8	23,7	32,8	44,4 %
	%	%	%	%	
Tilsvarende omtrent flg. Fargetall	35	28	21	14	9
Maks vannføring (l/s)	109	122	154	192	235
Minste UV-intensitet (W/m ²)	58,53	67,10	79,07	91,55	104,20

Tabell 6.4

3.4.3 Automatisk viskersystem

Hver reaktor har et automatisk viskersystem for vask av kvartsglass og vindu på sensorhylse.

3.4.4 Programmerbar logisk styring (PLS)

Disse parameterne blir styrt av to PLS-er, en UV-PLS og en felles PLS. UV-PLS beregner pådrag, beregner dose og gir beskjed til felles PLS, som bestemmer hvilke UV reaktorer som skal starte eller stoppe etter behov. I tillegg har hver reaktor et styringsskap som håndterer/styrer lampeoppvarming, overvåkning av lampefeil og ballastfeil, samtidig som den registrerer vannmengde, signal fra reguleringsventil og signal fra andre komponenter på UV reaktoren.

3.4.5 Hydraulisk kapasitet

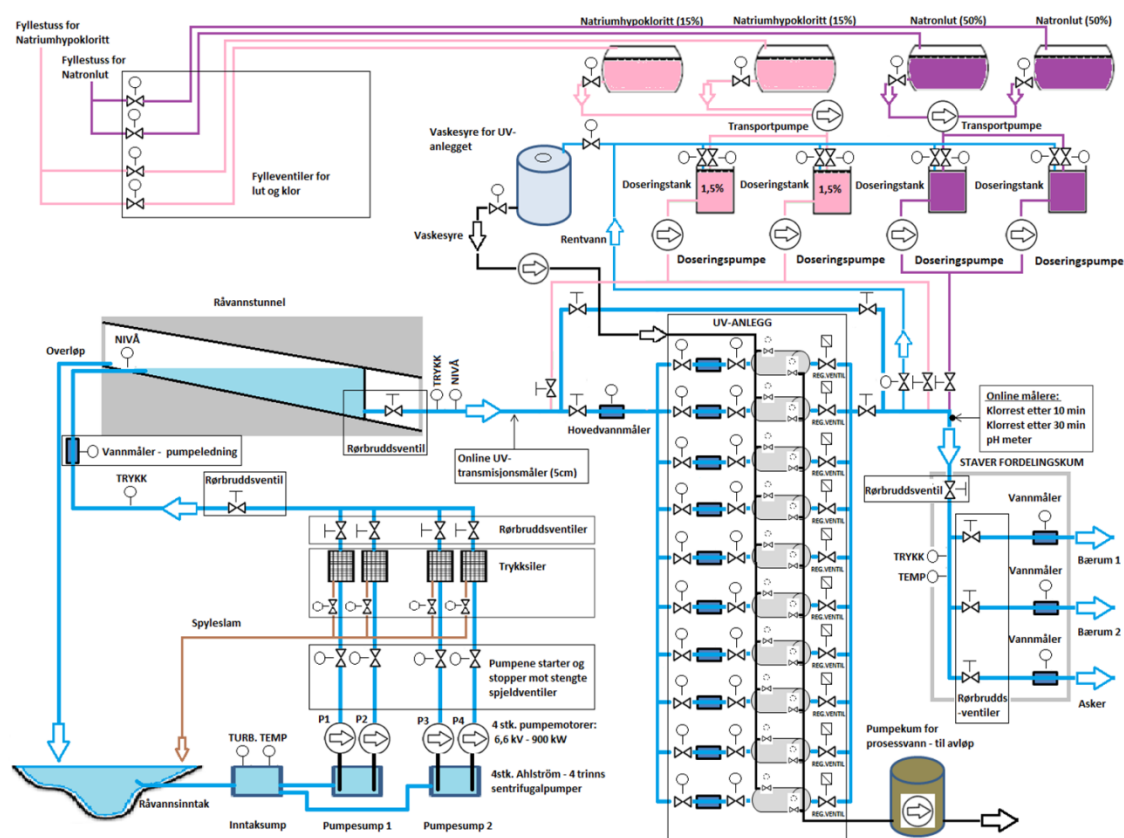
Hver UV-reaktor har en kapasitet på ca. 180 l/s ved dagens fargetall på 15 (dvs. UV-transmisjon på omkring 30 % ved 50 mm kyvette). Maksimalt tillatt vannmengde gjennom UV-reaktorene er avhengig av at minimum UV dose på 400 J/m² opprettholdes.

3.4.6 Prosess

Vannet renses gjennom innløpstrykksilene i Toverud pumpestasjon før det går videre for desinfisering med ti parallelle UV reaktorer. Som et ledd i krav om to hygieniske barrierer, desinfiseres det også med klor (Natriumhypokloritt NaOCl). Kombinasjonen av sikker vannkilde, klor-desinfeksjon, UV-bestråling og trykksiler skal dekke kravet til to uavhengige hygieniske barrierer, slik at vannet blir behandlet på en tilfredsstillende måte med hensyn til alle typer mikroorganismer.

1. Desinfisering med natriumhypokloritt (NaOCl)
2. Forbehandling: Trykksiler med 0,4 mm lysåpning
3. Desinfisering med UV-lys (Lavtrykksaggregater, dvs. 253,7 nm lys)

3.4.7 Kattås prosessbilde (driftskontroll):



prosessbilde 3.3

3.5 Rengjøring av kvartsglass i bransjen

En undersøkelse ble utført av Christen Ræstad med hensyn på Beleggdannelse **og rengjøring**. Undersøkelsen viste at 11 av 29 anlegg tidvis har belegproblemer. 16 anlegg har mekaniske viskere, mens 23 anlegg har opplegg for kjemisk vask. Sitronsyre anvendes ved 19 anlegg, saltsyre ved 1 anlegg, sulfanilsyre ved 1 anlegg og oksalsyre ved 1 anlegg. 12 av 23 anlegg slipper brukt vaskemiddel til avløpsnett, mens 7 anlegg har utslippstillatelse til sjø, elv eller bekk. (Undersøkelsen ble utført av Christen Ræstad)

IVAR presenterte resultater fra bruk av oksalsyre som vaskemiddel, noe som synes svært effektivt og rimelig uten spesielle HMS-relaterte problemer. Flere vannverk, blant annet Oslo, har vellykkete driftserfaringer bare med bruk av syrevask på UV-anlegg uten bruk av viskere.

3.6 Beleggdannelse og rengjøring på Kleivdammen:

Kleivdammen vannbehandlingsanlegg har belegproblemer på kvartsglass og øye til sensor hylse.

Optimal desinfeksjon

Temperaturen synes ikke å være noen viktig faktor for belegg-dannelsen, men i vår- og høstsirkulasjonsperioden*, kan dette påvirke vannkvaliteten og vannets transmisjon synker fra 82 % til 75 % (10 mm kyvette) i denne periode. Under sirkulasjonsperiodene er det et økt rengjøringsbehov for både kvartsglass, UV-sensorer og UV-transmisjonsmåler.

* (Vannet i innsjøer sirkulerer to ganger i året pga. temperaturvirkningen, dvs. fordi varmt vann er lettere enn kaldt vann). Under sirkulasjonsperiodene kan vannet bli litt grumsete)

Anlegget har mekaniske viskere for rengjøring for kvartsglassene, men ikke opplegg for kjemisk vask.

GV IKS (på Kleivdammen) har erfaringer fra bruk av sitronsyre og oksalsyre som vaskemiddel, men disse syrene fungerer ikke optimalt for fjerning av belegg. Sitronsyre fungerer veldig dårlig, og oksalsyre fungerer litt bedre enn sitronsyre, men langt i fra å **fjerne** belegget. Men vi har gjennom forsøkene presentert resultater fra bruk av saltsyre, som viser seg å være svært effektivt. En må imidlertid ta spesielt godt hensyn til HMS-sikring ved bruk av saltsyre.

3.6.1 UV dosering på Kleivdammen

Kleivdammen har stor overdosering pga. overdimensjonering av anlegg og fordi rentvannbassenget har begrenset volum i forhold vannforbruket.

Kleivdammen har fått en spesiell godkjenning fra Folkehelseinstitutt(FHI)(henviser til Typegodkjenning fra FHI 2008)

Hvert av UV-reaktorene er godkjent for 123 l/s ved en UV-transmisjon på 45 % (5 cm kyvette) og 94 l/s ved en UV-transmisjon på 33 %. FHI (2007) har senere uttalt at godkjenningen for Kleivdammen vannbehandlingsanlegg kan utvides til å omfatte UV-transmisjoner ned til 30 %, og ved transmisjon 30 % er kapasiteten ekstrapolert til 89 l/s. Dette vil tilsvare en minste akseptabel UV-intensitet på ca. 33 W/m² basert på en ekstrapolering av kurven som viser sammenhengen mellom vannproduksjon og UV-intensitet for UV-transmisjon på 45 og 34 %.

En skal aldri ha en vannproduksjon over den høyeste som reaktoren er sertifisert for, dvs. 549 l/s, eller en UV-intensitet som er lavere enn det laveste anlegget er sertifisert for, dvs. **33 W/m²**. Det betyr at ved vannføringer under 89 l/s skal UV-intensiteten være 33 W/m².

Hvis vil kaller UV-intensiteten for I (W/m²), vannets oppholdstid i reaktoren for t (s), UV-dosen for D (J/m²), reaktorvolumet for V (m³) og vannføringen for Q (m³/s), får vi følgende sammenheng:

$$I \cdot t = D \rightarrow I \cdot V / Q = D \rightarrow I = D \cdot Q / V$$

Optimal desinfeksjon

En stikkprøve av noen tilfeldig valgte tidsrom og tidspunkter (fra driftskontrollen) viser at anlegget driftes stort sett med vannføringer lavere enn 90 l/s gjennom hver reaktor. Det betyr at den **gjennomsnittlige** UV-dosen blir både 2 og 3 ganger høyere enn kravet på 40MJ/cm². Det skyldes at så lenge den biodosimetriske testen ikke er gjennomført for lavere vannføringer har en ingen garanti for at vannmassenes oppholdstidsfordeling gjennom reaktorene blir tilfredsstillende.

Reaktorens volum er: $V=0,950 \text{ m}^3$.

Q	D		V	I
m ³ /s	J/m ²	mJ/m ²	m ³	W/m ²
0,035	834	83,4	0,950	30,74
0,047	669	66,9	0,950	33,1
0,023	1 396	139,6	0,950	33,8
0,055	587	587	0,950	33,96

Tabell 7.5

3.7 Utfordring ved Landfall vannbehandlingsanlegg:

På Landfall vannbehandlingsanlegg har en ikke påvist noe belegg på kvartsglassene eller begroing inne i reaktorene. En har imidlertid erfart at mange kvartsglass er knust (sprukket). Dette kan være resultat av feil montering eller at det er spenning fra visker-systemet på kvartsglassene (resultat av tidligere arbeid på reaktoren). Det begynner ikke å lekke før en tapper ut vannet i reaktoren og fyller den opp igjen med vann, for eksempel i forbindelse med service/lampebytte.

Et annet problem på Landfall er kondens og fuktighet på sensorene.

3.7.1 UV dosering på Landfall

Landfall har veldig stabil og korrekt UV dosering (i forhold til kravet om 40 mJ/cm² dose). med en dosering på mellom 40 mJ/cm² og 45 mJ/cm². Men på Landfall viser de to UVT-sensorene litt forskjellig resultat.

På begge vannbehandlingsanleggene rengjøres transmisjonsmålerne etter behov.

3.8 Utfordring ved Kattås vannbehandlingsanlegg:

På Kattås vannbehandlingsanlegg er det ikke påvist noe nevneverdig belegg på kvartsglassene, men fast brente flekker på UV lamper. På Kattås opplever en det samme som på Landfall, problem med sprukne kvartsglass (resultat av tidligere vedlikehold på reaktoren).

Optimal desinfeksjon

3.8.1 Utfordring med begroing inne reaktorene på Kattås

Den største utfordring på Kattås som vi har oppdaget, er begroing /alger med grønn-svart farge inne i endene av reaktorene. Det er mange faktorer som kan påvirke beleggdannelse, for eksempel vannets innhold av NOM (naturlig organisk materiale), spesielt den andelen som har høyt vekstpotensial (høy BDOC), ofte i kombinasjon med metallutfelling og algevekst.

3.8.2 Optimal klorinnblanding

En annen utfordring ved Kattås vannbehandlingsanlegg er klorinnblandingen. Fra Kattås leveres vannet direkte på nettet, dvs. anlegget har ikke rentvannsbasseng. Derfor opplever en problem med å oppnå optimal klorinnblanding i rørsystemet.

På Kattås vannbehandlingsanlegg rengjøres transmisjonsmåleren hver femte uke. Kalibrering foretas samtidig.

Ingen av vannverkene kalibrerer sensorene selv eller har utsyr til kalibrering, men begge vannverkene har serviceavtaler på kalibrering til sensorene en gang per år.

3.9 Oversikt over reservedeler, driftsstabilitet og økonomi

	Glitre vannverket IKS		Asker og Bærum vannverk IKS
Reservedeler	Landfall	Kleivdammen	Kattås
Kvartsglass	Ja	Ja	Ja
UV lampe	Ja	Ja	Ja
Ballastkort	Ja	ja	Ja
Driftsstabilitet			
Nødstrømsaggregatet	Ja, for 4 reaktorer	Nei	Ja
UPS for styring	Ja	Ja	Ja
Nedetid	ikke loggført	Over ti ganger per år	5
Økonomi			
UV Anleggskostnad	15 mill. kr 2010	2,5 mill.kr 2008	30 mill.kr
Anleggskostnad pr m ³ vann	14 øre	16 øre	29 øre
Strømforbruk pr m ³ vann	0,012 kW/h	0,06 kW/h	0,04 kW/h
Strømutgifter pr m ³ vann	0,6 øre	2,4 øre	1,6 øre
UV-lampe pr m ³ vann	0,01øre	0,04 øre	0,01 øre

Tabell 8.6

Optimal desinfeksjon

4.0 Kravspesifikasjon

Generelt for alle kravene gjelder at en skal gjennomgå og oppsummere relevante tidligere driftserfaringer ved anleggene, og ved andre norske vannverk, inkl. aktuelle tilgjengelige rapporter/undersøkelser.

Hvert krav skal resultere i et separat notat som beskriver hvilke metoder/fremgangsmåter som er benyttet, og hvilke konklusjoner en er kommet fram til. Disse notatene vil avslutningsvis inngå som kapitler i den endelige hovedrapport.

ID	Prioritet	Framsatt dato	Framsatt av	Krav
A1	A	23.januar.2014	Jarle Eirik Skaret	Det skal utredes hvordan dannelse av belegg på kvartsglassene kan reduseres.
A2	Ad	23.januar.2014	Jarle Eirik Skaret	Det skal utredes hvordan dannelse av belegg på UV sensoren(e) kan reduseres.
A3	A	23.januar.2014	Jarle Eirik Skaret	Det skal utredes hvordan en kan forbedre rengjøringen av kvartsglassene, utprøve forskjellige alternative muligheter, så som ulike vaskemidler, samt vaskesyklus med mer.
A4	A	23.januar.2014	Jarle Eirik Skaret	Det skal utredes hvor mye UV-effekten reduseres på grunn av beleggdannelsen.
A5	A	12.mars.2014	Karin Ugland Sogn	Det skal utredes hvordan en unngår begroing på stålet, innvendig i UV reaktoren.
A6	A	10.april.2014	Karin Ugland Sogn	Det skal utredes i hvilken grad UV-dosen påvirker klorforbruket når klor blir dosert før UV anlegget og om dette gir noen negative effekter for vannkvaliteten.. (Kattås VANNBEHANDLINGSANLEGG))
B7	B	10. april 2014	Karin Ugland Sogn	Det skal utredes om klortilsetning foran UV-anlegget gir en bedre innblanding i vannet enn situasjon der klor doseres etter UV-anlegget.
C8	C8	23.januar.2014	Jarle Eirik	Utrede forhold i forbindelse med

Optimal desinfeksjon

	Skaret	utnyttelsen av UV transmisjonsmåler/UV UV-absorbansen i driften av UV-anlegg.
--	--------	-------------------------------------------------------------------------------

Tabell 9.7

4.1 Testspesifikasjon

4.1.1 Generell kommentar

Målsettingen med forsøkene er å få mest mulig kunnskap om UV anleggene. Vårt hovedfokus skal være driftserfaringer og utfordringer med hensyn på beleggdannelser på kvartsglassene, sensorene og algevekst inne i UV reaktorene

Vi skal gjennomføre en visuell sjekk på både sensorglass og kvartsglass hver uke i en periode på ni uker på Kleivdammen vannbehandlingsanlegg, GV IKS, og fire uker på Kattås vannbehandlingsanlegg, ABV IKS.

I denne perioden skal pådraget, UV-transmisjonen(UV-T) og belegget på kvartsglassene registreres hver uke på det respektive vannbehandlingsanlegget.

Forsøkene skal deles i to perioder på Kleivdammen. I første periode flyttes klordoseringspunktet oppstrøms (umiddelbart foran) UV reaktor 15 slik at reaksjonen skjer inne UV reaktoren. Vannkvaliteten analyseres i henhold testspesifikasjon, metode 4.1.1.

I tillegg til det skal kvartsglassene vaskes med forskjellige syrer, i henhold til metode 4.3.1 i testspesifikasjonen. Vaskevannet skal analyseres med hensyn på fysisk/kjemisk sammensetning, i henhold til metode 4.1.1 i testspesifikasjonen, pluss organisk materiale.

I den andre perioden av forsøkene på Kleivdammen skal klordoseringspunktet flyttes oppstrøms (i lengre avstand fra) UV reaktorene slik at mye av reaksjonen med klor har skjedd før vannet kommer inn til UV reaktorene. Samtidig skal vi bytte ut kvartsglassene på reaktor 14, og teste konsekvensene mht. beleggdannelse uten viskere. (Ideelt sett hadde vi ønsket å flytte klordoseringspunktet så langt foran at all fritt klor var forbrukt, men det er ikke praktisk mulig).

4.1.2 Hvorfor klordoseringspunktet skal flyttes

Vi ønsker å teste ut hvilken effekt klordoseringen har på beleggdannelsen i UV-anlegget. Vi må altså først ha en innblanding og reaksjon av natriumhypokloritt før UV bestrålingen. I teorien vil klor oksidere både humus og metallforbindelser, og derved påvirke beleggdannelsen, i positiv eller negativ retning. En har tidligere

Optimal desinfeksjon

erfart at klorforbruket øker noe når en doserer før UV-aggregatene, dvs. en raskere reduksjon av klor gjennom aggregatene. Det er interessant å studere i hvilken grad dette vil skje ved Kleivdammen. Denne situasjonen skal studeres i fire uker.

4.2 Kvartsglass

Kvartsglass-røret tjener tre formål:

1. For å isolere lampen fra vannet slik at elektriske komponenter unngår kortslutning.
2. For å opprette en termisk barriere slik at lampen skal opprettholde sin ideelle driftstemperatur på 40 grader.
3. For å tillate maksimal transmisjon av UV-energi i vannet. Kvartsglass er laget av ren, smeltet kvarts som har en overføringshastighet på ca. 98 prosent.

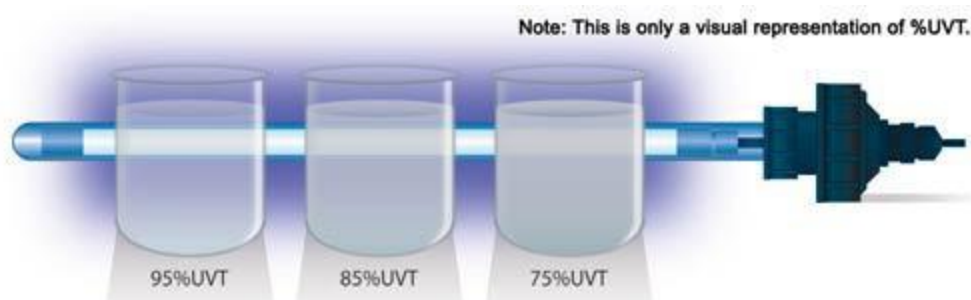
4.3 Begroing

Begroing er en fysisk eller kjemisk oppbygging av stoffer på overflaten på kvartsglassene eller vindu på sensorhylse. I tillegg til begroing på overflaten på kvartsglassene og sensorvindu på sensorhylse kan det dannes algevekst inni UV reaktorene. Dette vil redusere transmisjon av UV-bestrålingen, og derved øke pådraget (lampe-effekten) for å opprettholde samme UV-intensitet.



Belegg på kvartsglass på Kleivdammen

Optimal desinfeksjon



Figur 4.1

4.3.1 Definisjon av begroingsfaktor ("Fouling") er som følger:

Begroingsfaktor = UV intensitet før rengjøring / UV intensitet etter rengjøring

Eksempel til logging av ballast pådrag ved forskjellige vannmengder ved Kleivdammen:

	35 l/s	40l/s *1	40 l/s *2	70l/s *2	80l/s*2	110 l/s* 2
R 13	Ikke målt.	74 % pådrag	Ikke målt.	Ikke målt.	Ikke målt.	Ikke målt.
	Ikke målt.	35,3 w/m ²	Ikke målt.	Ikke målt.	Ikke målt.	Ikke målt.
R 14	Ikke målt.	74 % pådrag	69 % pådrag	69 % pådrag	72 % pådrag	Ikke målt.
	Ikke målt	35,1w/m ²	35,1w/m ²	35,1w/m ²	36,1w/m ²	Ikke målt.
R 15	Ikke målt.	74 % pådrag	69 % pådrag	Ikke målt.	80 % pådrag	84 % pådrag
	Ikke målt	35,3w/m ²	35,3w/m ²	Ikke målt.	36,5w/m ²	37,2w/m ²

Begroingsfaktorer er situasjonsbetinget, og er svært avhengig av vannkvalitet og sesongvariasjoner. Det er viktig at driftsoperatøren har kjennskap til begroingsfaktoren slik at den brukes aktivt som en del av rengjøringsprosessen. Det er mulig å måle begroingsfaktoren ved hjelp av den innebygde UV-intensitetssensoren.

Hvis den observerte begroingsfaktoren er mindre enn designverdien, trenger en å rengjøre UV-kammeret og kvartglassene oftere.

Hvilke stoffer skaper problemer for optimalt utnyttelse av UV- bestråling?:



- Løste og kolloidale komponenter som kan absorbere UV-lys, som
- Jern /Mangen
- Type og innhold av salter som kan danne belegg (utfelt på kvartglassene)
- Kalsium eller Magnesiumkarbonat, Jern og Aluminium hydroksider eller fosfater.
- Alger

I tillegg kan kalsium påvirke løseligheten av andre metaller som kan absorberer UV-lys, eller som kan føre til beleggdannelse.

Kvartglassoverflaten har negativt ladede silisiumforbindelser som kan påvirke adsorpsjon, kompleksdannelse og utfelling.

4.4 Testspesifikasjon

Alle tester/ forsøk skal kvalitetssikres ved at begge gruppemedlemmer gjennomgår grunnlaget for konklusjonene og de endelige rapportene

Testen er godkjent hvis innhentet informasjon og teori er tilstrekkelig relevant og dekkende, og oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte.

4. A1 Test for verifisering av krav A1

Krav A1: Utrede hvordan dannelse av belegg på kvartsglassene kan reduseres

4. A1.1 METODE

- a. Vannets innhold dvs. (fysisk-kjemiske sammensetning), spesielt metallsalter mm, kartlegges. Ved hjelp av spektrofotometri skal vi analysere:
 - ✓ Råvannet
 - ✓ Rent vann desinfisert bare med UV bestråling
 - ✓ Rent vann desinfisert med klor før UV bestråling

Optimal desinfeksjon

- b. Beleggets fysisk-kjemiske sammensetning metallutfellinger mm kartlegges. Visuell karakterisering (foto mm), pluss kjemisk analyse av belegg som fjernes fra glassoverflaten med syre.

Parametere:

- Farge
 - Jern
 - Mangen
 - Kalsium
 - Aluminium
- c. Utprøving av alternative løsninger:
- Klordoseringspunktet flyttes oppstrøms (umiddelbart før) UV aggregat slik at reaksjonen skjer inne UV reaktoren.
 - Flytter klordoseringspunktet oppstrøms (langt før) UV aggregat, slik at reaksjonen har skjedd før vannet kommer til UV reaktoren.

4. A1.2 Godkjenningskriterium

- Analysert vannkvaliteten, og funnet ut hva belegget består av
- Utprøving av alternative løsninger: av (jfr. pkt. c)
- Sammenlignet observasjonene og analyseresultatene med annen erfaringsbakgrunn (jfr. pkt. 3.3, generell omtale foran), og trukket relevante konklusjoner.
- Testen er godkjent hvis forsøkene er oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte.

4. A2 Test for verifisering av krav A2

Krav A2: Utrede hvordan belegget på UV sensoren(e) kan reduseres

4. A2.1 METODE

- a. Vannets innhold dvs.(fysisk-kjemiske sammensetning) inklusivt metallforbindelser mm kartlegges. Jfr. kap 4.4.1. Ved hjelp av spektrofotometri skal vi analysere:
- ✓ Råvannet
 - ✓ Rent vann desinfisert bare med UV bestråling
 - ✓ Rent vann desinfisert med klor før UV bestråling

- b. Beleggets fysisk-kjemiske sammensetning, spesielt metallforbindelser mm. Visuell karakterisering (foto mm). Hvis mulig også kjemisk analyse av belegg som fjernes fra UV-sensorens glassoverflate med syre.

Parametere:

- Farge
 - Jern
 - Mangen
 - Kalsium
 - Aluminium
- c. Utprøving av alternative løsninger:
- Klordoseringspunktet flyttes oppstrøms (umiddelbart før) UV aggregat slik at reaksjonen skjer inne UV reaktoren.
 - Flytter klordoseringspunktet oppstrøms (langt før) UV aggregat slik at reaksjonen har skjedd før vannet kommer til UV reaktoren.

4. A2.2 Godkjenningskriterium

- Analysert vannkvaliteten og funnet ut hva belegget består av.
- Utprøving av alternative løsninger: av (jfr. pkt. c)
- Sammenlignet observasjonene og analyseresultatene med annen erfaringsbakgrunn (jfr. 3.3, generell omtale foran), og trukket relevante konklusjoner.
- Testen er godkjent hvis forsøkene er oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte.

4. A3 Test for verifisering av krav A3

Krav A3: Utrede hvordan en kan forbedre rengjøringen av kvartsglassene (utprøve alternative muligheter, som ulike vaskemidler, viskesyklus mm)

4. A3.1 METODE

Optimal desinfeksjon

Gjennomføre test, samt oppsummere tidligere erfaring, av følgende:

- Ulike syrer (sitronsyre, fosforsyre, oksalsyre mm),
- Ulike sykluser mht. mekaniske viskere
- Evt. bruk av lanse ("stiv spyleslange") for manuell rengjøring.
- Evt. kartlegg effekt av syrebad (over flere dager)

4. A3.2 Godkjenningskriterium

- At et utvalg relevante tester er gjennomført, og evaluert sammen med tidligere relevante driftserfaringer, og oppsummert på en oversiktlig måte, samt at en trekker ut de aktuelle konklusjoner, dvs. sammenligning av alternative fremgangsmåter mht. i hvilken grad effektiv rengjøring av kvartsglassene oppnås.
- Testen er godkjent hvis forsøkene er oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte.

4.4 Test for verifisering krav A4

Krav A4: Utrede hvor mye UV-effekten reduseres på grunn av beleggdannelsen

4. A4.1 METODE

- Registrere balast (pådrag) ved forskjellig vannmengde **før** rengjøring av kvartsglass/sensor og balast pådrag **etter** rengjøring ved de samme vannmengder.
- En skal regne ut forholdet mellom **før** rengjøring og **etter** rengjøring det skal gis i prosent avvik.

Denne prosedyren **gjentas** i ulike sammenhenger der dette er aktuelt.

4. A4.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent dersom:

- De 2 punktene er gjennomført, og tilstrekkelig dokumentert.
- Testen er godkjent hvis forsøkene er oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte

4. A5 Test for verifisering av krav A5

Krav A5 Det skal utredes hvordan en unngår begroing på stålet, innvendig i UV reaktoren.

4. A5.1 METODE

Gjennomføre test, samt oppsummere tidligere erfaring, av følgende:

Hypotese:

Vi skal prøve å finne hovedårsaken/-e til begroing på stålet, innvendig i UV reaktoren:

- Er det vannets innhold av NOM (naturlig organisk materiale), spesielt den andelen som har høyt vekstpotensial (høy BDOC), som er hovedårsaken til begroing?
- Er det UV-bestråling, spesielt den delen som er under 230 nm (Jfr. Norsk Vann rapport 164/2008), som er årsaken til begroing innvendig i UV reaktoren?
- Er det metallutfelling som er årsaken til begroing /beleggdannelsen?

Test:

Vi flytter klordoseringspunktet oppstrøms (langt før) UV aggregat slik at reaksjonen har skjedd før vannet kommer til UV reaktoren, og gjennomfører samme test, og sammenligner resultatene.

4. A5.2 Godkjenningkriterium

Testen er godkjent hvis punktene ovenfor er gjennomført og dokumentert på en faglig og forsvarlig måte.

4. A6 Test for verifisering av krav A6

Krav A6: Det skal utredes i hvilken grad UV-dosen påvirker klorforbruket når klor blir dosert før UV anlegget og om dette gir noen negative effekter for vannkvaliteten. (Kattås VANNBEHANDLINGSANLEGG)

4. A6.1 METODE

En foretar litteratursøk som omtaler emnet. En måler restklor og ser på trendbildet før og etter at UV-reaktorene er slått av og ser på forskjellen i måleresultater. Dette belyser hvor mye UV-dosen vil redusere klorresten (friklor). Det skal også undersøkes om det dannes mer uønskede klororganiske forbindelser ved å se på analyseresultater av trihalometaner (THM) før og etter

Optimal desinfeksjon

klordoseringspunktet er flyttet til før UV-anlegget. Kvalitetssikres ved at begge gruppemedlemmer gjennomgår grunnlaget m/konklusjoner.

4. A6.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent hvis innhentet informasjon er tilstrekkelig relevant og dekkende, tolkning av trendkurven er vist og resultatene av innhentede nødvendige vannprøver er oppsummert på en ryddig og faglig forsvarlig måte.

4. B7 Test for verifisering av krav B7

Krav B7: Det skal utredes om klortilsetning foran UV-anlegget gir en bedre innblanding i vannet enn situasjon der klor doseres etter UV-anlegget. (Kattås VANNBEHANDLINGSANLEGG)

4. B7.1 METODE

Erfaringen har vist at tilsetningspunktet for klor etter UV-anlegget ikke gir god nok innblanding i prosessen. Forsøket utføres ved at en sammenlikner trendkurvene for restklor fra da en tilsetter klor etter UV-anlegget med de samme trendkurvene fra da en tilsetter klor før UV-anlegget, men uten at UV-aggregatene er på. UV-anlegget fungerer da kun som klorkontaktkammer. En mer stabil trendkurve for restklor vil verifisere at innblandingen er bedre. En slår derfor av strømmen til UV reaktorene slik at vannet strømmer igjennom enkelte reaktorer uten å bli bestrålt. Det måles total klor manuelt 5-6 ganger i testperioden og restklor online. Det tas i tillegg 3 bakteriologiske vannprøver for å dokumentere at en har levert helsemessig betryggende vann i testperioden. Testperioden skal være så lang som nødvendig for å få stabile verdier. Tidspunktet for utførelse av testen avtales med Asker og Bærum Vannverk IKS

4. B7.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent hvis forsøkene er utført, tolkning av trendkurvene er vist og at resultatene er oppsummert på en ryddig, og faglig forsvarlig måte.

4. C8 Test for verifisering av krav C8

Krav C8: Utrede forhold i forbindelse med utnyttelsen av UV transmisjonsmåler i driften av UV-anlegg.

4. C8.1 METODE

Foreta generell kartlegging av løsninger for bruk av UV transmisjonsmåler slik at det blir grundig belyst gjennom systematisk gjennomgang av publikasjoner samt erfaringsinnhenting fra norske vannverk.

Optimal desinfeksjon

Stikkord: Type instrument, vannkvalitet, instrumentplasseringer, driftsrutiner, kalibrering, driftskontroll/on-line-kopling mm.

4. C8.2 Godkjenningskriterium

Testen er godkjent hvis innhentet informasjon og teori er tilstrekkelig relevant og dekkende, og oppsummert på en ryddig måte.

5.0 Aktivitet, observasjon, konklusjoner og anbefalinger

I dette kapittelet beskriver vi hva vi har gjort og observert, og hvilke anbefalinger vi er kommet fram til. Vi har relatert til test og kravspesifikasjon i kapittel 4

I forbindelse med disse forsøkene ble det utviklet en metode der en brukte et provisorisk ombygd stake-kamera til innvendig inspeksjon. Stake-kameraet ble ført inn på plassen til demonterte kvartsglass. Dette førte til at en kunne få en god oversikt over tilstanden innvendig i reaktoren uten å foreta en arbeidskrevende demontering. (Denne metoden ble senere også brukt på Kleivdammen og på Landfall)

5.1 Kleivdammen vannbehandlingsanlegg

5.1.1 Generell kommentar

- Arbeidet på Kleivdammen startet opp 13.02. med et møte hvor representanter fra Glitrevannverkets driftsorganisasjon deltok sammen med Jarle E. Skaret, Honar Said og Thorbjørn Undrum. På møtet ble en enige om de aktuelle problemstillingene, hva som hittil var gjort og hva prosjektgruppen **Optimal desinfeksjon** skulle og kunne gjøre av forsøk.

5.1.2 Aktivitet og observasjon

Aktiviteter

- Det har vært 8 inspeksjoner/forsøk i tidsrommet 04.03-08.05 hvor vi har inspisert 1-2 reaktorer pr gang. (2-3 kvartsglass pr. reaktor ble inspisert hver gang). I hele denne perioden har to reaktorer vært i drift. (En reaktor har vært stengt ut.) **Jfr. Krav A1, A2 og A5**
- En har registrert pådrag, intensitet og vannmengde ved nesten alle inspeksjoner. Dette for å forsøke å dokumentere graden av begroing på kvartsglass og sensorhylse. **Jfr. Krav A4**
- I reaktor 14 ble det installert 12 nye kvartsglass samtidig som automatiske viskere ble koplet ut. I reaktor 15 ble det installert et nytt kvartsglass; her var viskerne innkoplet. **Jfr. Krav A1**
- En har levert prøver av belegg fra kvartsglass til eksternt laboratorium, det har også vært gjort en del analyser internt. **Jfr. Krav A1**
- En har foretatt test av forskjellige vaskevæsker ved to anledninger. De ble utført ved at kvartsglassene ble vasket med en klut fuktet i den aktuelle væsken for så å bli skylt av med rent vann. **Jfr. Krav A3**

Optimal desinfeksjon

- Væskene som ble testet var: 37 % saltsyre, 5- 15 % hypokloritt, mettet løsning av sitronsyre, mettet løsning av oksalsyre og rent vann. (tester gjort ute). Av disse hadde 37 % saltsyre best effekt, men klor var også veldig bra. 15 % klor var nesten like effektiv som saltsyre, mens de andre løsningene hadde betydelig dårligere effekt. **Jfr. Krav A3**
- En har tatt vannprøver med hensyn på klorerte-biprodukter (DBP) **Jfr. Krav A1, A2, A3, A5 OG A6**
- Forsøkene startet opp 04.03 med inspeksjon og flytting av klordoseringspunkt til umiddelbart før reaktor 15. Vannet gjennom reaktor 13 ble klorert etter UV og reaktor 14 var stengt. Dette var ingen vellykket løsning, så allerede 27.03 ble klordoseringen flyttet til «langt» foran UV-anlegget (ved trykk silene). Dette førte til at alt vannet ble klorert før UV reaktorene. **Jfr. Krav A1, A2 og A5**
- Innvendig inspeksjon med stake-kamera har blitt utført enkelte ganger, men det ble raskt klart at innvendig begroing (på stålet mm) var her et ubetydelig problem. Problemet med dette anlegget var begroing på kvartsglass og sensor hylse i tillegg til fuktighet i sensor hylse. **Jfr. Krav A1, A2 og A5**

Observasjoner

- En har observert riper og ringmerker på nesten alle inspiserte kvartsglass. **Jfr. Krav A1 og A3**
- Ingen negative resultater har til nå blitt observert ved å dosere klor før UV på Kleivdammen VANNBEHANDLINGSANLEGG. (Klordoseringspunkt ved trykksiler) **Jfr. Krav A1, A2, A3, A4, A5 OG A6**
- Det er observert problemer med begroing på kvartsglass og sensor-glass (mangan mm), men lite problem med begroing på stålet.

Jfr. Krav A1, A2 og A5

5.1.3 Konklusjoner:

- Klor dosering før UV anlegget ser ut til å redusere problemet med begroing på kvartsglass mm. Det siste er noe tidlig å si, men inspeksjonene hittil gir indikasjoner på det. **Jfr. Krav A1, A2, A4 og A5**

Optimal desinfeksjon

- En har oppdaget problemer med fuktighet i sensorhylser, men dette er nå provisorisk løst med isolasjon. **Jfr. Krav A2 og A4**
- Noe av forskjellene på Landfall VANNBEHANDLINGSANLEGG og Kleivdammen VANNBEHANDLINGSANLEGG er typen UV reaktorer. På Landfall er reaktorene godt tilpasset vannmengden og variasjoner i denne, mens på Kleivdammen er det valgt reaktorer og en oppbygning av anlegget slik at UV dosen er ca. to ganger minimumsdose store deler av døgnet. (Råvannet er det «samme») Jfr. **Krav A1, A2 og A5**

5.1.4 Anbefalinger:

- Forsøket med klor før UV videreføres av GV IKS driftsorganisasjon.
- Viktig å fukte O-ringer og kun trekke til manuelt ved bytte/montering av kvartsglass.
- Det foretas inspeksjoner av kvartsglass og sensorhylser for å kontrollere langtidseffekt av klordosering før UV, for eksempel hver 14 dag.
- En kan også vurdere å bruke en sterk klorløsning i vaskesystemet (som er ment for syrevask). Dette er ikke prøvd før, så resultatet må dokumenteres.
- Det bør etableres rutiner for hyppig kontroll/kalibrering av UV-sensor.
- Punktet ovenfor tilsier at en bør finne en mer permanent løsning for problemet med fukt i sensorhylsene. (Dagens løsning fungerer, bra men er noe tidkrevende å montere.)
- Det bør etableres rutiner for hyppig kontroll/kalibrering av UV-transmissionsmålere.
- Det bør etableres rutiner for jevnlig test av rengjøringsbehovet til UV-reaktorene, ved at en starter UV reaktoren på full effekt, og leser av intensiteten etter noe tid, og lager en kurve som tar hensyn til UV-trans/abs i hht. IVAR IKS' modell.
- Ved fremtidig demontering av UV-reaktorer bør en foreta innvendig skylling av kvartsglass. ***Dette har vist seg å ha svært god effekt.***
- En bør på sikt vurdere å bygge om Kleivdammen slik at en har flere mindre UV reaktorer. En vil på den måten kunne regulere dosen. Dette kan muligens også bidra til å løse problemet med begroing.
- En bør fortsette å ta vannprøver med hensyn på klorerte-biprodukter.

5.2 Landfall vannbehandlingsanlegg

5.2.1 Generelle kommentarer

- Arbeidet på Landfalltjern startet opp 27.03. med inspeksjon av UV reaktor 3 og 6. Vi inspiserte kvartsglass, sensor og sensorhylse, og vi foretok innvendig inspeksjon med stake-kamera.
- Neste og avsluttende inspeksjon ble utført 13.05. Denne gang ble reaktor 1 inspisert. Resultater var tilsvarende som for forrige inspeksjon.

5.2.2 Aktivitet og observasjon

Aktivitet

- Det er påvist noe manganbelegg utenfor viskernes arbeidsområde og utenfor UV strålene virkefelt. Dette har derfor liten betydning.

Jfr. Krav A1

Observasjoner

- En kunne etter inspeksjonen konstatere at det eneste problemet som ble oppdaget var fuktighet i sensorhylsene. **Jfr. Krav A2**
- Så langt har en ikke observert negative resultater, ved å dosere klor før UV på Landfalltjern vannbehandlingsanlegg. (Klอร์ดoseringspunktet er i enden av innløpstunnelen eller i starten mot vannbehandlingsanlegg).

Jfr. Krav A1, A2, A3, A4, A5 og A6

- Her doseres klor før UV anlegget, og det ser ut å ha løst problemet med begroing på kvartsglass mm. Det har antagelig også sammenheng med valg av UV reaktorer og design på vannbehandlingsanlegg.

Jfr. Krav A1, A2 og A5

- En har kunnet observere fuktighet i sensorhylsene

Jfr. Krav A2 og A4

- En har observert knuste kvartsglass ved frontflensene. Dette kommer antagelig av tidligere montering/tiltrekking med batteridrill.

- **5.2.4 Anbefalinger:**

-

- Det er viktig å fukte o-ringer, og kun trekke til manuelt ved bytte/montering av kvartsglass.

Optimal desinfeksjon

- Det bør etableres rutiner for hyppig kontroll/kalibrering av UV-sensor.
- Det bør etableres rutiner for hyppig kontroll/kalibrering av UV-transmisjons-måler.
- Det bør etableres rutiner for jevnlig test av rengjøringsbehovet til UV reaktorene, ved at en starter UV reaktoren på full effekt, og leser av intensiteten etter noe tid, og lager en kurve som tar hensyn til UV-trans/abs etter IVAR IKS' modell. Denne testen vil også detektere problemer med fuktighet i sensorhylse.

En bør prøve å senke luftfuktigheten på Landfalltjern vannbehandlingsanlegg fordi at hvis en har en luftfuktighet eller temperatur i rommet som fører til fuktighet i sensorhysene, fører dette igjen til kunstig lav UV-intensitet som igjen fører til økt pådrag. En LBX 1000 reaktor forbruker ca. 13,5 kW på fullt pådrag. Hvis pådraget for eksempel ligger 20 % over pga. fuktighet blir det 2,7 kW/h pr time, pr reaktor; det blir det fort penger av. Økt avfukting vil selvfølgelig også koste, men det antas å være mindre.

- Ved fremtidig demontering av UV-reaktorer bør en foreta innvendig skylling av kvartsglass. ***Dette har vist seg å ha svært god effekt.***

5.3 Kattås vannbehandlingsanlegg

5.3.1 Generelle kommentarer

Forsøkene startet opp 20.02 med inspeksjon av reaktor 5, 6 og 10. Grunnen til at disse ble valgt var noe ulik tid siden siste demontering, inspeksjon og rengjøring (ABV IKS har tidligere fullstendig demontert og vasket UV reaktorene), og vi ble da klar over at det var betydelig begroing innvendig i UV reaktoren (alger), hovedsakelig lokalisert på for- og bakvegg og ellers i "skygge-partier". (Der hvor UV strålene har dårlig effekt)

-
- **5.3.1 Aktivitet og observasjon**

Aktiviteter

- I tiden fra 10.03 til 06.05 foretok vi inspeksjoner på Kattås VANNBEHANDLINGSANLEGG (med ujevne intervaller). I hele denne perioden var klordoseringspunktet før UV-aggregatene. Inspeksjonene har vist at klor før UV har effekt på belegget, selv om det tar tid før reaktorene blir rene innvendig. (Det er mulig at reaktorene må demonteres for å få en fullstendig rengjøring).
Jfr. Krav A1, A2 og A5
- Reaktor 5 ble fullstendig demontert og rengjort, før den ble satt i drift med klor før UV. (Demontering/rengjøring og montering ble utført av ABV IKS' driftsorganisasjon). Ved inspeksjon av denne 06.05. kunne en konstatere at den fremdeles var helt ren innvendig. (Ingen begroing).
Jfr. Krav A5
- En har diskutert i hvor stor grad klor blir forbrukt når den blir dosert før UV. Klorresten (friklor) er (nesten) på samme nivå som når klor blir dosert etter UV. For å teste ut dette ble det besluttet å kople ut UV-bestrålingen (strømmen til UV reaktorene) slik at vannet strømmet gjennom enkelte av UV reaktorene. Når klor blir dosert før UV oppnås en veldig god klor-innblanding, og vi kunne på den måten kartlegge hva dette har å si for klorresten. Ved igjen å kople til strømmen til UV-reaktorene kunne vi kartlegge hvor mye klor som blir redusert av UV-bestrålingen under de gjeldende forhold. Overnevnte test ble utført sammen med inspeksjon den 15.04. **Jfr. Krav A6 og B7**
- En gjorde i forbindelse med den overnevnte testen en rekke målinger/analyser: manuell totalchlor, friklor online og mikrobiologiske vannprøver (Colilert-metoden). **Jfr. Krav A6 og B7**
- Det har i forsøksperioden med klordosering før UV-anlegget blitt tatt flere vannprøver med hensyn på klorerte biprodukter, og disse har vist verdier på et nivå som er normalt for dette vannbehandlingsanlegget.

Optimal desinfeksjon

Jfr. Krav A6

Observasjoner

- Resultatene viste at totalchlor økte med ca. 11 % og fri chlor økte med ca. 30 % når UV-anlegget var stengt av, i forhold til da klordoseringen ble gjort foran en UV dose på ca. 45 mJ/cm². Det ble også dokumentert at økende UV-dose forbrukte mere chlor. (Dette også nevnt i Norsk Vann rapport 164)

Jfr. Krav A6 og B7

- Det har kun blitt observert problemer med begroing (alger), lite problemer med begroing på kvartsglass og sensor-glass.

Jfr. Krav A1, A2 og A5

- Ikke observert fukt i sensorhylse. ***Jfr. Krav A2***
- Så langt har en ikke observert negative resultater ved å dosere chlor før UV på Kattås VANNBEHANDLINGSANLEGG. ***Jfr. Krav A1, A2, A5, A6 og B7***
- Det har vært observert flere knuste kvartsglass (ved flens), som imidlertid ikke hadde lekkasje under bruk. Dette kommer antagelig av tidligere montering med batteridril.

5.3.4 Anbefalinger:

- Det er viktig å fukte o-ringer og kun trekke til manuelt ved bytte/-montering av kvartsglass.
- Det er viktig å stenge ut trykkluften til automatventilene (aktuatorene) ved arbeid på reaktorer. (ref. aktivitetsrapport fra 06.05.)
- Forsøket med chlor før UV videreføres av ABV IKS' driftsorganisasjon.
- Det foretas innvendige inspeksjoner i UV reaktorene for å kontrollere om klordosering før UV gjør at algene dør/slipper taket i stålet, eller om UV reaktorene må demonteres og vaskes.
- En kan også vurdere å bruke en sterk klorldøsning i vaskesystemet (som er ment for syrevask) dette er ikke prøvd før, så resultatet må dokumenteres. (For eksempel med stake-kamera)
- Det bør etableres rutiner for hyppig kontroll/kalibrering av UV-sensor, dagens rutiner på årlig kontroll er for sjelden.

Optimal desinfeksjon

- Det bør etableres rutiner for jevnlig test av rengjøringsbehovet til UV-reaktorene, ved at en starter UV reaktoren på full effekt, leser av intensiteten etter noe tid og lager en kurve som tar hensyn til UV-trans./abs. etter IVAR IKS' modell. ABV IKS har allerede rutiner for jevnlig rengjøring og kalibrering av UV-trans/abs måler.
- Ved fremtidig demontering av UV-reaktorer bør en foreta innvendig skylling av kvartsglass. Dette har vist seg å ha god effekt (på Kleivdammen).
- En bør på sikt vurdere å bytte ut trykkluft-opererte aktuatorer med av/på funksjon med elektriske aktuatorer; det trengs 1 stk pr reaktor. Dette forslaget anbefales fordi en har erfart at det kan være vanskelig til tider å stenge ut en reaktor for inspeksjon.
- En bør fortsette å ta vannprøver med hensyn på. klorerte biprodukter
- En kan muligens redusere klordosen noe, fordi en ved utfall av UV vil få en økt klorrest ut fra VANNBEHANDLINGSANLEGG. Dette ble klart etter testen 15.04. Hvis en reduserer klordosen, vil en også minske risiko for å danne klorerte biprodukter.

5.4 Aktivitetsrapport fra forsøk med avstenging av UV på Kattås vannbehandlingsanlegg 15.4.2014. Jfr. Krav A6 og B7

Bakgrunn:

Før oppstart av forsøk/inspeksjon i forbindelse med hovedoppgaven til prosjekt [optimal desinfeksjon](#), var en på Kattås vannbehandlingsanlegg usikker på om innblandingspunktet til klordoseringen var optimal. Avstanden fra doseringspunkt til prøveuttak er kort, kun ca. 5m rør inkludert 1 ½ stk 90° bend. klorrestmålingene er ustabile og ser ut til å være økende ved økende vannmengde, se fig 1 under. De fleste vannbehandlingsanlegg med klor- og UV-desinfeksjon i prosessen doserer klor etter UV-anlegget fordi man mener at UV-bestråling har en negativ effekt på klordesinfeksjonen, blant annet at UV-strålene reduserer kloratomet i hypokloritt og muligens kan øke dannelsen av helseskadelige klororganiske forbindelser. Tidligere har det vært rutine på Kattås vannbehandlingsanlegg å dosere klor før UV-anlegget en gang pr år (i 14d) som et ledd i renhold av UV-reaktorene. I tillegg ble UV-reaktorene vasket med syre (oksalsyre eller sitronsyre). Dette er ikke blitt gjort i 2013 pga. et begroingsprosjekt (vedr. kommunalt ledningsnett), og ikke hittil i 2014 pga. prosjekt [Optimal desinfeksjon](#).

Optimal desinfeksjon

Da prosjektgruppen startet opp med inspeksjon/dokumentering av innvendig tilstand, blant annet med hjelp av stake-kamera, ble en klar over at det var betydelig med begroing innvendig i UV reaktorene. Dette ønsket en å avhjelpe med å dosere klor før UV. Når en doserer klor før UV anlegget, får en i tillegg tilnærmet ideelle hydrauliske forhold for god («optimal») innblanding av klor. Fra klortilsetningspunktet til prøveuttak for klormåling er det ca. 30m rør, 8 stk 90° bend, en rekke ventiler mm og UV reaktoren. Dette sikrer god innblanding.

Klorering med etterfølgende UV.

I Norsk Vann Rapport om UV-desinfeksjon står det om mulige konsekvenser for klortilsetning før UV-bestråling:

Utdrag fra Norsk Vann Rapport 164/2008: Kap 6.4

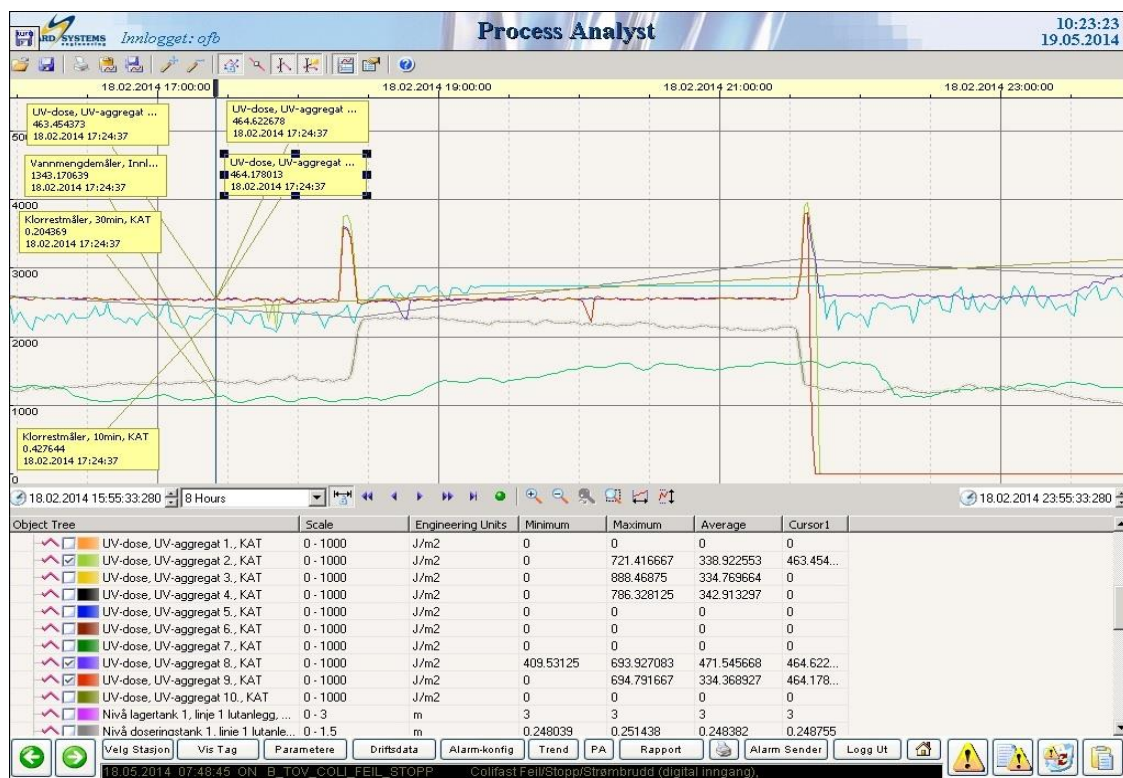
Dersom man anvender UV-desinfeksjon på et vann som inneholder restklor, vil UV-behandlingen kunne fjerne så vel fritt som bundet restklor. Mengden klor som kan fjernes på denne måten synes å være proporsjonal med den leverte UV-dosen, men synes også å være avhengig av type klorforbindelse, UV-lyskilde og vannkvalitet for øvrig. Det er interessant å legge merke til at man ved en UV-dose på 40 mJ/cm² kan fjerne omlag 0,1 mg/L fritt restklor. En kombinasjon av klorering og UV-desinfeksjon etter nødvendig klorkontaktetid kan derfor være en mulig kombinasjonsprosess i tilfeller der man ønsker å fremstå med et klorfritt nett, eller ønsker å begrense klorkonsentrasjonen og mulige negative effekter av restklor på nettet. Slik UV-bestråling av klorert vann kan imidlertid medføre dannelse av kloreringsbiprodukter, og en vesentlig del av den klormengden som fjernes ved UV-bestrålingen vil ventelig bidra til å danne kloreringsbiprodukter. Dette er et derfor et forhold som bør undersøkes i hvert enkelt tilfelle.

Av disse grunner ønsket vi å bringe på det rene hvordan klorresten blir påvirket av UV-lyset for Holsfjorden som råvann og ved en dose på 0,8 mg/l aktivt klor.

Vi ønsket å prøve det ut ved å dosere klor før UV-anlegget (som gjort siden 10.03), måle total klor manuelt og friklor ved hjelp av online klormåler (trend) etter UV-anlegget mens UV-anlegget er i drift og etter at UV-anlegget er slått av. Dette vil gi en god indikasjon på hvordan klorresten blir påvirket av UV lyset/strålene. Tiden fra klor blir tilsatt til prøveuttak (online) varierer fra ca. 20 til ca. 60 sek avhengig av produsert vannmengde. Etter prøveuttaket blir vannet ledet gjennom en kveil med henholdsvis 5 og 30 minutters kontaktetid.

Prosedyre for avstenging av UV-reaktorer: UV reaktor 1-3 slås av med sikringsbryter på tavlefront styringssskap. Disse UV ene åpner for å sikre leveringskapasitet uansett, de starter normalt opp med full effekt, men når sikringsbryter er slått av vil ikke det skje. UV reaktor 4-10 slås av (settes i manuell i styrings system). Disse vil da være stengt ut.

Optimal desinfeksjon



Figur 5. 1: Klortilsetning etter UV anlegget.

Prøvetaking:

Det tas bakteriologiske prøver til analyse av koliforme bakterier (KB) og E.coli for å dokumentere at en har levert helsemessig betryggende vann også i perioden forsøket har pågått. (Dvs. selv om UV-reaktorene har stått avstengt).

Totalklor blir målt manuelt 1 gang før UV blir skrudd av, 4-5 ganger mens den er av, og 1 gang etter at UV er på igjen.

Rest klor blir målt online (trender) i hele perioden.

Det tas ut prøver for analyse ved colilert-metoden 2-3 ganger i perioden UV er av slått. Disse bringes til Aurevann vannbehandlingsanlegg og settes/leses av i samarbeid med vakta.

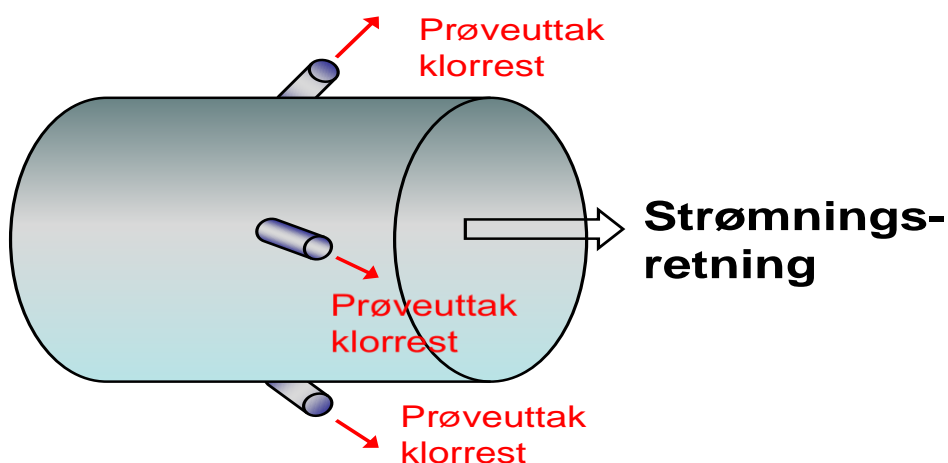
Trendkurver:

Erfaringer med klordosering etter UV-anlegget

Figur 5. 1: Klortilsetning etter UV anlegget.

Optimal desinfeksjon

Fig. 5.1 viser en trendutskrift fra 18.02.14 der klor blir tilsatt etter UV anlegget. Figuren viser vannmengde (grå kurve), UV-dose for tre reaktorer (blå, brun + gulgrønn kurver) og klorrestmåling etter tre minutters kontakttid (turkis kurve) og klorrestmåling ette ½ times kontakttid (grønn kurve) i tiden før og etter at to ekstra UV reaktorer (brun + gulgrønn kurve) har blitt startet opp. For å ha nok kapasitet til den økte vannmengden ved oppstart av Furubakken pumpestasjon er UV anlegget programmert slik at to andre reaktorer startes opp for å takle den raske økningen i vannmengde.



Figur 5.2

Legg merke til de ustabile trendkurvene for klorrestmålingene i forhold til de to andre utskriftene (fig 5.1 og fig 5.3) vist nedenfor fra perioden hvor klor blir tilsatt før UV anlegget. Disse måleresultatene indikerer at innblandingen av klor etter UV-anlegget gir en ineffektiv utblanding og at uttaket av prøven for restklormålingene ikke er representativ for alt som doseres inn i vannstrømmen.

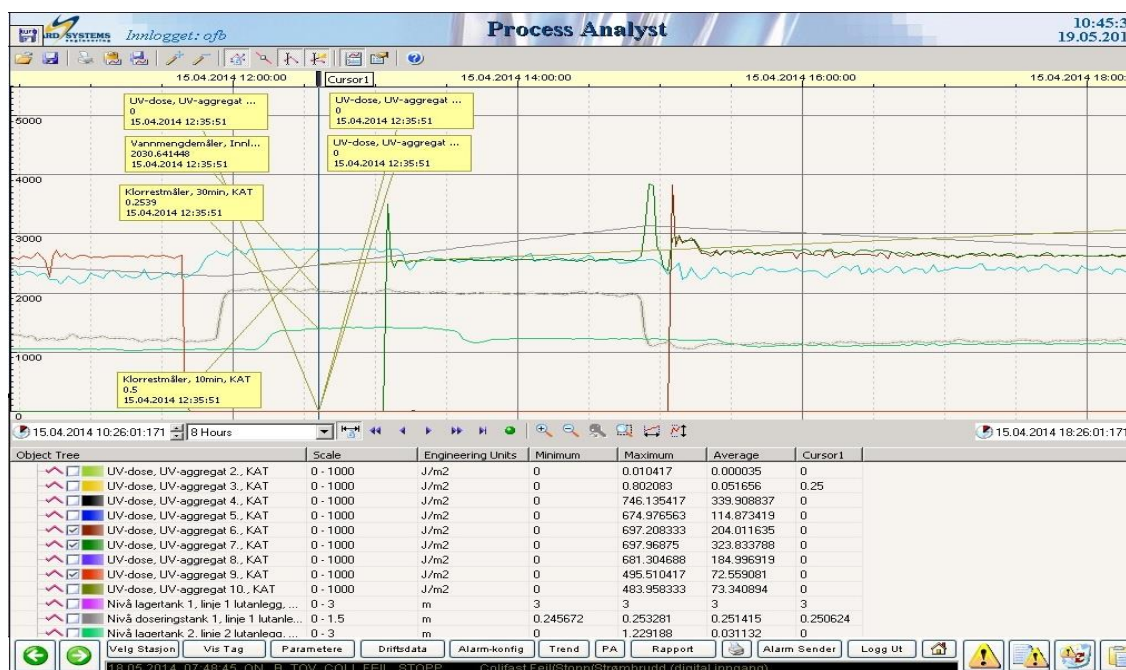
Legg også merke til at en økning i vannmengde i figur 5.1 viser en økning i klorrestmålingen.

Vi ser dessuten at klorrestkurvene er mere stabile ved høy vannføring, noe som skyldes at økt vannføring gir mere turbulens og derved bedre/jevnere klorinnblanding.

For å få Mht. en videre kartlegging av dette forholdet kunne vi ha laget et arrangement hvor en tar parallelle (eller tilnærmet parallelle) prøveuttak over flere steder rundt rørtverrsnittet. I den grad prøveresultatene blir samsvarende vil dette indikere en god klorinnblanding i vannmassene.

Dette forsøket ble det dessverre ikke tid til å gjennomføre, men de gjennomførte målingene gir for så vidt en god nok dokumentasjon.

Optimal desinfeksjon



Figur 5.3

Figur 5.3: Klortilsetning før UV anlegget, UV anlegget er i normal drift

Figur 5.3 viser en trendutskrift av vannmengde, UV-dose og klorrest i tiden før og etter at to ekstra UV reaktorer har blitt startet opp for å ha tilstrekkelig UV-kapasitet til den økte vannmengden ved oppstart av Furubakken pumpestasjon, (tilsvarende som for fig.1). Indikatorfargene er som i fig 1. Styringssystemet til UV anlegget sørger for å starte to reaktorer i god tid for å opprettholde UV-dosen på mer enn 40 J/m² etter den raske økningen i vannmengden.

Figur 5.3: Klortilsetning før UV anlegget, UV anlegget er her slått av.

Fig 3 viser en tilsvarende trendutskrift som fig 1 og fig 2, men viser i tillegg testperioden der strømmen til UV anlegget ble stengt av. I denne perioden fungerer UV-anlegget med tilhørende rørsystemer kun som klorkontakt- eller blandekammer for klortilsetningen.

Optimal desinfeksjon

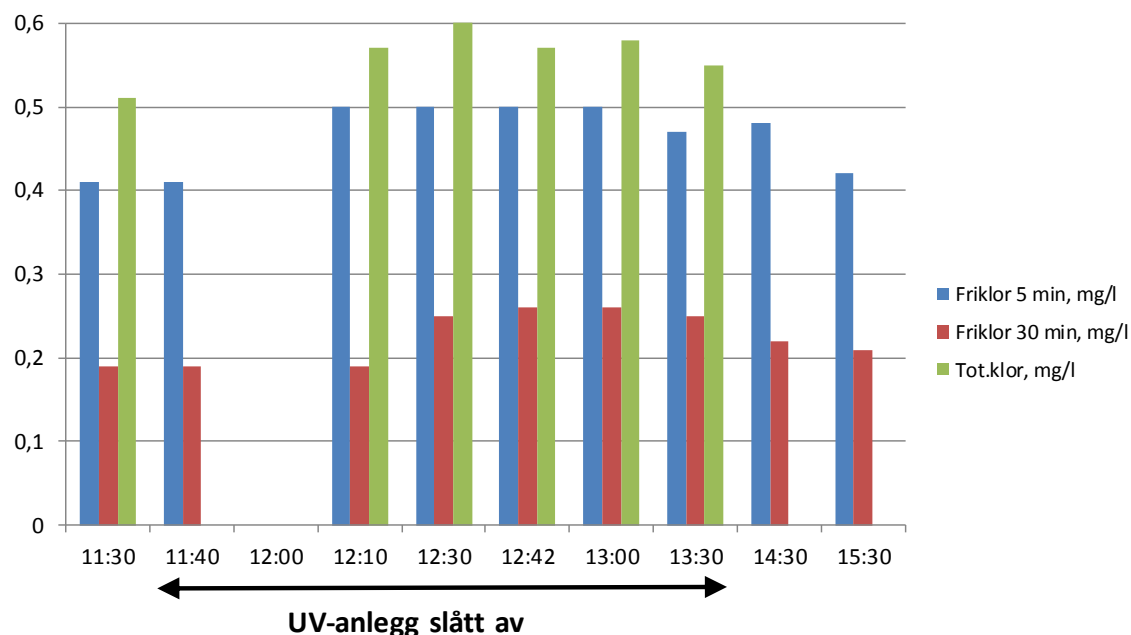


Diagram 5.1

Effekt av UV-bestråling etter klordosering.

Tid log

Tid log forsøk uten/med UV:

Tids-punkt:	Resultat friklor 5 min målt online	Resultat friklor 30 min målt online	Resultat (målt m Hach Pocket totalklor):	UV dose:	UV PÅ/AV	(Collert resultat:)	Bakteriologi sk vannprøve resultat:
11:30	0,41 mg/l	0,19 mg/l	0,51 mg/l	Ca: 470 J/m ²	PÅ		
11:40	0,41 mg/l	0,19 mg/l			AV		
12:00					AV	0 KB/0 <i>E.coli</i>	
12:10	0,50 mg/l	0,19 mg/l	0,57 mg/l		AV		
12:30	0,50 mg/l	0,25 mg/l	0,60 mg/l		AV	0 KB/0 <i>E.coli</i>	
12:42	0,50 mg/l	0,26 mg/l	0,57 mg/l		AV		
13:00	0,50 mg/l	0,26 mg/l	0,58 mg/l		AV	0 KB/0 <i>E.coli</i>	
13:30	0,47 mg/l	0,25 mg/l	0,55 mg/l	Ca :470 J/m ²	PÅ		
14:30	0,48 mg/l	0,22 mg/l		Ca: 470 J/m ²	PÅ		
15:30	0,42 mg/l	0,21 mg/l		Ca: 470 j J/m ²	PÅ		

Tabell 5.1

Tabell 5.1: Måling av restklor før og etter avstenging av UV-reaktorene

Optimal desinfeksjon

Kommentarer til målingene av klor:

- Klordosen har vært stabil på 0,8 mg/l gjennom alle forsøkene som er gjort.
- Det ser ut til at klorresten bruker noe tid til å stabilisere seg etter hurtige endringer av vannproduksjonen Dette vises i alle trendkurvene (se fig 1,2 og 3).
- Det observeres fra alle trendkurvene at i perioder med lav vannmengde og høy UV dose er «forbruket» av klor høyere enn i testperioden. *Det stemmer overens med Norsk Vann rapport, (se over) ved at høyere UV-dose forbruker mer klor).*
- Målingene av klorresten i perioden da UV-reaktorene var avslått (se tabellen og fig.3) viser at restklormålingene er mer stabile sammenliknet med klorrestmålingene når klor doseres etter UV (fig 1).
- Måleresultater synes også å være noe høyere enn både når klor doseres etter UV og når klor doseres før UV-anlegget men uten at UV-reaktorene står på, men det har også en viss sammenheng med vannføringen.
- Fig 4 viser at klorkonsentrasjonen øker fra ca. 0,51 til 0,59 mg/l (14 %) målt som totalchlor, fra 0,41 til 0,50 mg/l målt som frichlor etter en kontakttid på 5 min (22 %) og fra 0,19 til 0,26 mg/l målt etter en kontakttid på 30 min (31 %) når UV-reaktorene blir slått av.
- Måleusikkerheten for klormålingene ligger på omkring ca. 0,02 mg/l må tas med i betraktning når en trekker konklusjonene. (Måle usikkerhet gjelder også for totalchlor målinger)

Dosering av klor før UV bør følges opp videre med analyse av flere vannprøver mhp klorerte biprodukter (til nå er det kun analysert 2 prøver i test perioden), slik at en sikrer seg mot at en økning i klorerte biprodukter (se utdraget av Norsk Vann Rapport 164/2008 over).

Overnevnte forsøk ble utført samtidig med inspeksjon av UV reaktor 6 og 9.

Se egen aktivitets rapport.

Analysen av trihalometaner:

	Sum Trihalometaner, µg /L	
17.06.2013	33	Klordosering etter UV
05.08.2013	28	Klordosering etter UV
09.09.2013	35	Klordosering etter UV
07.10.2013	36	Klordosering etter UV
24.10.2013	32	Klordosering etter UV
20.01.2014	40	Klordosering etter UV
23.03.2014	33	Klordosering før UV
28.05.2014	32	Klordosering før UV

Tabellen over analysene av trihalometaner viser om det dannes uønskede klorerte biprodukter. Kravet i Norge sier at summen av THM skal være mindre enn 50 µg/l. Nivået for disse forbindelsene har normalt ligget på omkring 30 - 40 µg/L på behandlet drikkevann fra Holsfjorden. De to siste målingene i tabellen er gjort etter at klor ble dosert før UV-anlegget, og viser at det ikke er noen indikasjon på at det dannes mer klorerte biprodukter ved å dosere klor før UV i prosessen.

5.6 Undersøkelse i forbindelse med bruk av og rutiner med UV-transmisjonsmåler. Jfr. Krav C8

- **Innledning.**

UV-transmisjon (UV-T) – Et mål for andelen av innkommende UV-lys som slipper gjennom et materiale som eksempelvis vann eller kvartsglass. UV-T måles/oppgis vanligvis for en bølgelengde på 254 nm og en bestemt lysvei/kyvettelengde. I Norge benyttes i regelen 10 eller 50 mm kyvettelengde, men i USA benyttes 10 mm som standard. UV-T uttrykkes ofte i % (med destillert vann som 100 % referanse), og relateres også ofte til UV-absorbans (A₂₅₄) via følgende likning (10 mm kyvette):

$$\text{UV-T (\%)} = 100 \cdot 10^{-A} \text{ (Fra Norsk rapport 164)}$$

- **UV-transmisjonsmålere**

UV-transmisjonsmålere anvendes på enkelte anlegg, men ikke på alle. Behovet for en UV-transmisjonsmåler avhenger av den valgte metode for dosestyring og kontroll, som normalt er basert på følgende 2 alternativer:

1. Setpunkter for målt UV-intensitet og vannføring
2. Beregnet dose.

Setpunktmetoden vil sikre at kravet til minimumsdose (40 mJ/cm²) er oppfylt, men kan lett gi unødig høye UV-doser og høyt energiforbruk/driftskostnader. Bruk av flere setpunkter kan imidlertid avhjelpe dette.

Doseberegningemetoden gjør at man lettere kan kontrollere UV-dosen også oppad, men krever at det er utviklet en empirisk ligning der UV-dosen angis som en funksjon av flow, UV-intensitet og i visse tilfeller vannets UV-transmisjon. Slike ligninger utvikles normalt som en del av valideringsprosessen. Dersom valideringen/sertifikatene er basert på måling av UV-transmisjon, bør transmisjonsmåleren være omfattet av valideringen. Dette er i dag ikke alltid tilfellet. En UV-transmisjonsmåler er således et hjelpemiddel for å kunne beregne og angi UV dosen eksakt. Dette kan bidra til at man unngår alt for høye UV-doser, og derved til reduksjoner i energiforbruk og driftskostnader.

Optimal desinfeksjon

Erfaringer med UV-transmisjonsmålere viser at disse krever jevnlig ettersyn, kontroll og kalibrering. Dersom UV-transmisjonsverdien anvendes for beregning UV-dosen, dvs. en styring etter doseberegningssprinsippet, gir USEPA gir følgende anbefalinger (Bolton and Cotton, 2008):

- Kontroll av on-line transmisjonsmålere mot en referansemåler (spektrofotometer) bør foretas minst én gang pr. uke. Denne frekvensen kan justeres ut fra erfaringene etter det første driftsåret.
- Dersom forskjellen i avleste transmisjonsverdier mellom on-line og referansesensoren overstiger 2 %, bør on-linemåleren recalibreres.
- Dersom avviket overstiger 2 % i 4 påfølgende uker, bør transmisjonsmåleren kontrolleres daglig.
- Dersom transmisjonsmåleren skulle vise seg å kreve hyppigere enn daglig recalibrering, bør vannverket vurdere følgende løsninger:
 - 1) Innmatning av resultatet av manuelle transmisjonsmålinger i PLS-enhver 4. time,
 - 2) Innmatning av dimensjonerende UV-transmisjonsverdi i PLS-en og verifiser daglig via manuelle målinger at aktuell transmisjonsverdi er lavere enn den dimensjonerende. Slike midlertidige løsninger bør imidlertid ikke anvendes ut over en periode på 6 måneder. (Fra Norsk Vann rapport 164)

Kartlegging ved enkelte norske vannverk.

- **IVAR IKS. Langevatten VBA**
 - Bruk av UV-transmisjons måler i styring av UV reaktorene: *Online og direkte brukt i styrings algoritme og til beregning av dose.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *Behandling gjennom marmorfilter.*
 - Type: *Trojan [Optiview](#)*
 - Antall instrumenter: *2, 1 for hver UV-linje*
 - Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert hver tredje måned.*
 - Kommentarer/erfaringer: *Kondens problemer, løst med varme element. Noe problemer med selvkalibrering.*
 - Kilde: *Jone Bakke driftssjef og Karl Olav Gjerstad.*
- Vestfold vann IKS. Eidsfoss VBA
 - Bruk av UV-transmisjons måler i styring av UV reaktorene: *Online og direkte brukt i styrings algoritme og til beregning av dose.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *Behandling gjennom marmorfilter.*
 - Type: *Wedco TMO IV*

Optimal desinfeksjon

- Antall instrumenter: 1
- Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert hver Fjerde måned.*
- Kommentarer/erfaringer: *fukt problemer, løst med på koplet flaske med fukt absorberende materiale.*
- Kilde: *John Hagen-Larsen driftssjef og Jan Wallace*

- **Glitrevannverket IKS. Landfalltjern VBA**
 - Bruk av UV-transmisjonsmåler i styring av UV reaktorene: *Online og direkte brukt i styringsalgoritmen og til beregning av dose.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *Kloring og 0,3 µm trykksiler*
 - Type: *Wedeco TMO IV*
 - Antall instrumenter: 2 i parallell
 - Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert ved behov.*
 - Kommentarer/erfaringer: *fukt problemer, løst med på koplet flaske med fukt absorberende materiale.*
 - Kilde: *Jarle Eirik Skaret og Svein Kjenner*

- **Glitrevannverket IKS. Kleivdammen VBA**
 - Bruk av UV-transmisjons måler i styring av UV reaktorene: *Online og indirekte brukt i styringen, til vannmengde kontroll slik at det ikke går mer vann gjennom UV-anlegget enn UV transmisjonen tilsier.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *0,3 µm trykksiler (og kloring nå)*
 - Type: *Wedeco TMO IV*
 - Antall instrumenter: 1
 - Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert ved behov.*
 - Kommentarer/erfaringer: *fukt problemer, løst med på koplet flaske med fukt absorberende materiale.*
 - Kilde: *Jarle Eirik Skaret og Alexander Colding*

Optimal desinfeksjon

- **Asker og Bærum Vannverk IKS. Kattås VBA**
 - Bruk av UV-transmisjons måler i styring av UV reaktorene: *Online og indirekte brukt i styringen, til vannmengde kontroll slik at det ikke går mer vann gjennom UV-anlegget enn UV transmisjonen tilsier.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *0,4 µm trykksiler, UV bestråling og kloring (nå)*
 - Type: *Wedeco TMO IV*
 - Antall instrumenter: 1
 - Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert hver 5 uke. Kontrollert mot lab verdi ukentlig.*
 - Kommentarer/erfaringer: *fukt problemer, løst ved å kople til tørket luft, kan til tider være utfordrende å kalibrere.*
 - Kilde: Jon Mobråten driftssjef og Thorbjørn Undrum
- Asker og Bærum Vannverk IKS. Aurevann VBA
 - Bruk av UV-transmisjons måler i styring av UV reaktorene: *Online og: Online og direkte brukt i styrings algoritmen og til beregning av dose.*
 - Vann behandling før UV transmåler: *Kjemisk felling (koagulering) og kloring.*
 - Type: *Wedeco TMO IV*
 - Antall instrumenter: 2 i parallell
 - Hvor ofte kalibrert: *Rengjort og kalibrert hver 5 uke. Kontrollert mot lab verdi ukentlig.*
 - Kommentarer/erfaringer: *Lite erfaringer (i drift fra vår 2014), viktig å fryse målerverdi ved arbeid på instrumentet.*
 - Kilde: Jon Mobråten driftssjef og Thorbjørn Undrum

Optimal desinfeksjon

Litteraturliste og referanser:

Type Kilde	I teksten	I litteraturlista
Forfattere: Bjørnar Eikebrokk, Christen Ræstad, Lars J. Hem og Karl Olav Gjerstad	(Norsk Vann rapport 164-2008)	Veiledning for UV-desinfeksjon av drikkevann (ISBN 978-82-414-0300-2)
Jarle Eirik Skaret	(informasjon om Glitrevannverket)	www.glitre.no
Karin Ugland Sogn	informasjon om Asker og Bærum vannverk)	www.abvann.no
Daniel Schmelling (USEPA) • Christine Cotton and Douglas Owen (Malcolm Pirnie) • Erin Mackey and Harold Wright (Carollo Engineers) • Karl Linden (Duke University) • James Malley, Jr. (University of New Hampshire)	(US EPA UV- guidance 2006)	(UV Disinfection Guidance Manual November 2006)
Database på internett	(MAPGRAPH)	www.mapgraph.com
Nasjonalt folkehelseinstitutt (publiserte artikler) Forfatter Vidar Lund	Vannforsyningens ABC	http://www.fhi.no/artikler/?id=46542
Hallvard Ødegaard, Stein Østerhus og Esa Melin	Norsk Vann Rapport 169/2009	Optimal desinfeksjonspraksis fase 2 ISBN 978-82-414-0306-4
	(Bolton and Cotton, 2008)	USEPA
Honar Ahmed Said	Alle foto	

