

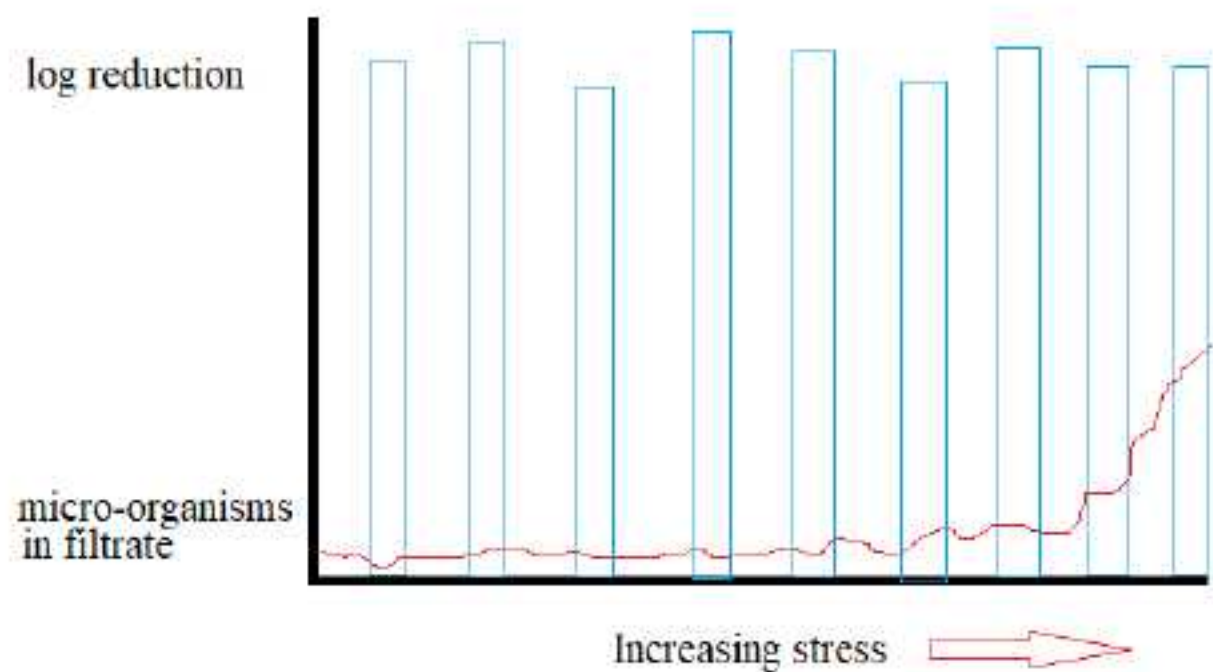
Hva har vi lært om hygieniske barrierer under stress?

Resultater fra BARRiNOR-prosjektet

Paula Pellikainen

Bergen Vann

16.3.2023



Mål for fullskala spiking forsøk på Svartediket VBA

- Bedre forståelse om hygieniske barrierer og hvordan de bør driftes for å produsere hygienisk trygt drikkevann
- Fjerning av mikro-organismer *Enterococcus faecium* NCIMB2699 and MS2 bakteriofag ble studert på Svartediket VBA i tillegg til koliforme bakterie som er naturlig i råvann hver høst
- Forsøkene var del av BARRiNOR prosjektet med mål om å studere hygienske barrierer, alternative analysemetoder og benchmarke log reduksjon på 10 VBA



EPA 1991

Filtration: Factors which can adversely affect removal efficiencies include:

Improper filter operation

- No filter to waste
 - Intermittent operation
 - Sudden rate changes
 - Poor housekeeping
 - Drifte filtrene etter turbiditetsgjennombrudd
-
- For lav koagulantdose
 - Ikke optimal koagulerings-pH
 - Returstrømmer



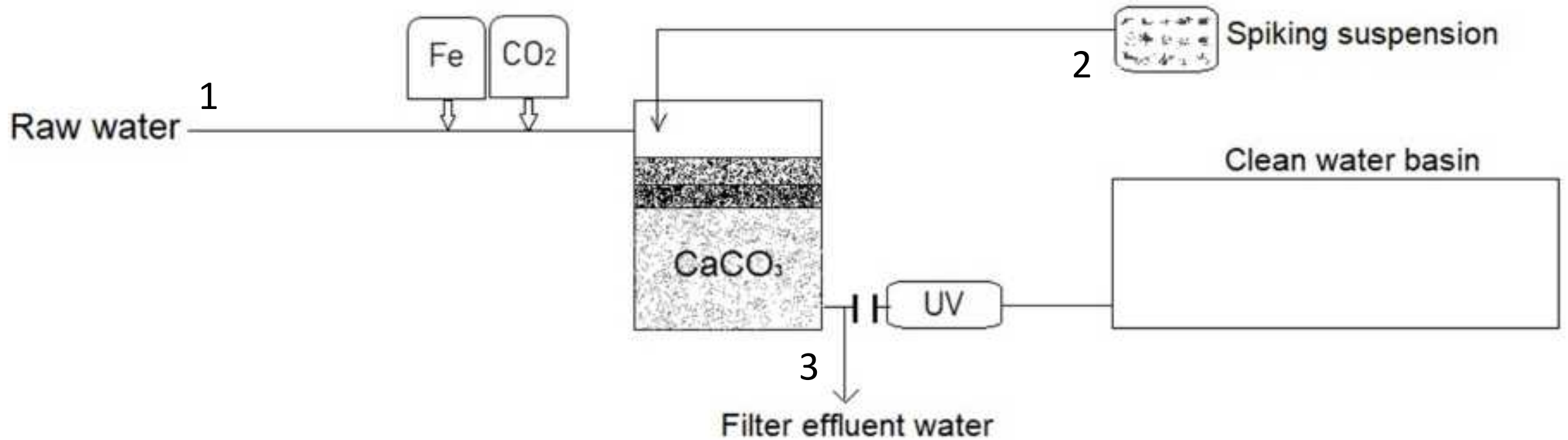
Fullskala forsøk med testorganismer



- MS2 bakteriofag (Mette Myrmel NMBU)
- *Enterococcus faecium* 2696 (SINTEF Gunhild Hageskal og Gunnar Bratbak i UiB)
 - Lab 5-30 l/h
 - Pilot 50-5000 l/h
 - Et filter på Svartediket 150 000-300 000 l/h
- Et filter fysisk adskilt fra rentvannstokken, resten av anlegget i vanlig produksjon
- Må bli kvitt store vannmengder



Test filter



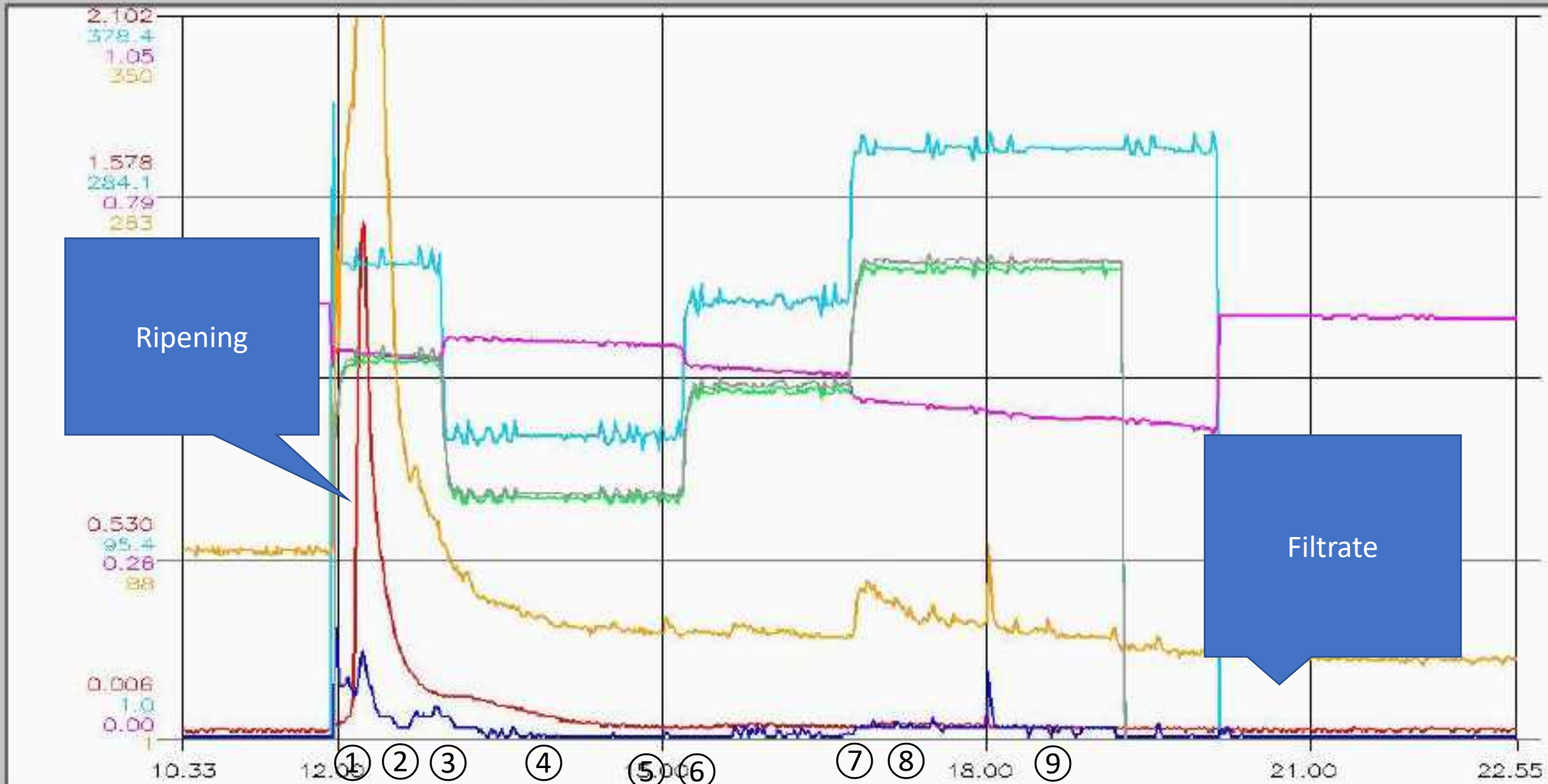
6 filtersykluser gjennomført

	Test organism(s)	Fe dose (mg/l)	Filter rate (m/h)
Test 1	E + MS2	3,25	4,2-6-8
Test 2	E + MS2	3,25	4,2
Test 3	E + MS2	2,25	4,2-6-8
Test 4	MS2	3,25	4,2-6-8
Test 5	E + MS2	3,25	4,2-6-8
Test 6	E + MS2	1,5	4,2-6-8

*ripening done with elevated Fe dose 5,5 mg/l and filter rate 6,5 m/h

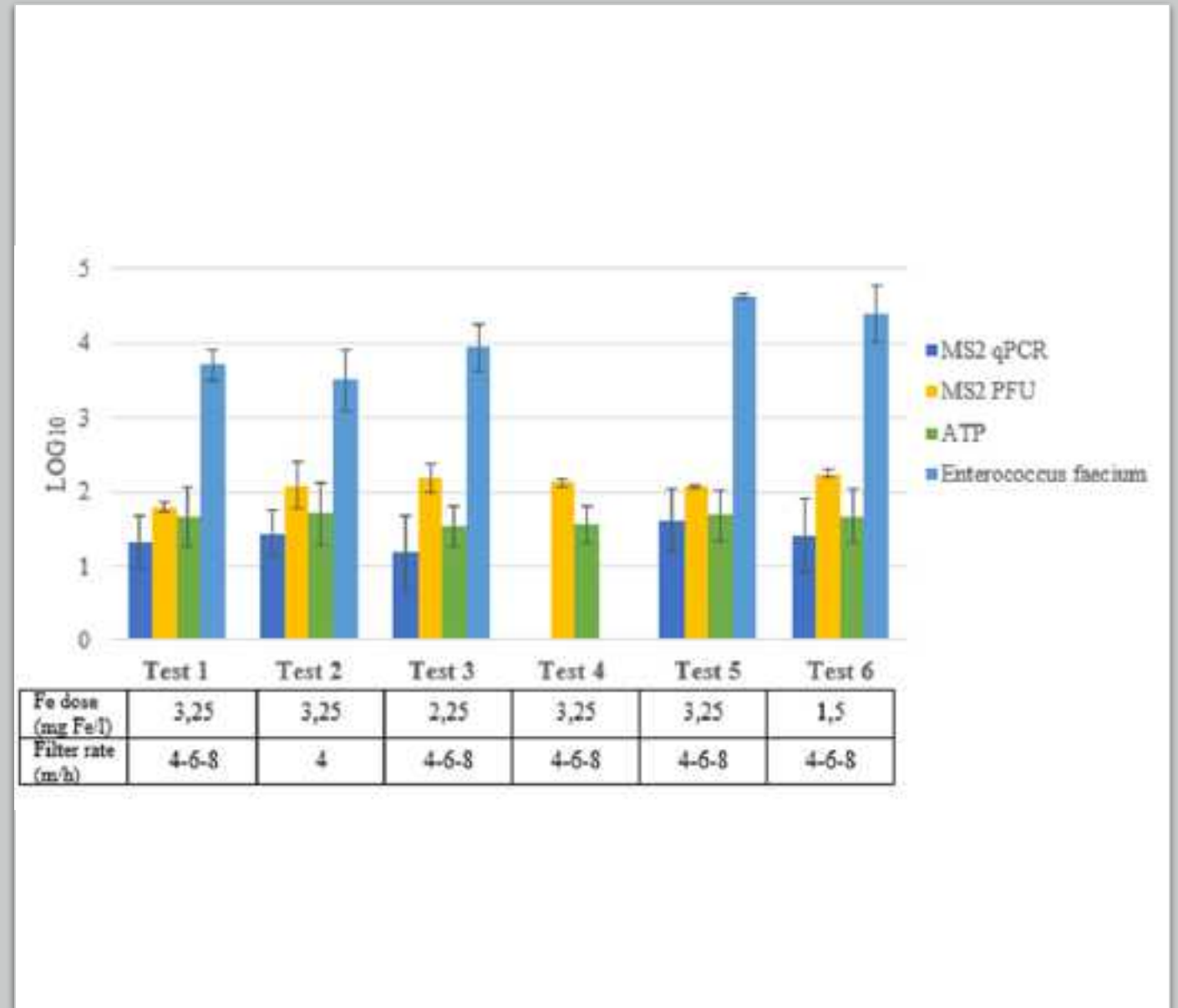


191208.1033	ant/ml	Partikkelteller 2 rørgalleri	A504.U3A4:1211_8100_02	gl	1-min	SLUK
191208.1033	ant/ml	Partikkelteller 1 rørgalleri	A504.U3A4:1211_8100_01	gl	1-min	SLUK
191208.1033	l/h	Mengde klor L1	A504.U3A4:1211_8610_02	gl	1-min	SLUK
191208.1033	l/h	Mengde klor L2	A504.U4A4:1211_8620_02	gl	1-min	SLUK
		Variabel savnes.				ÅPNE



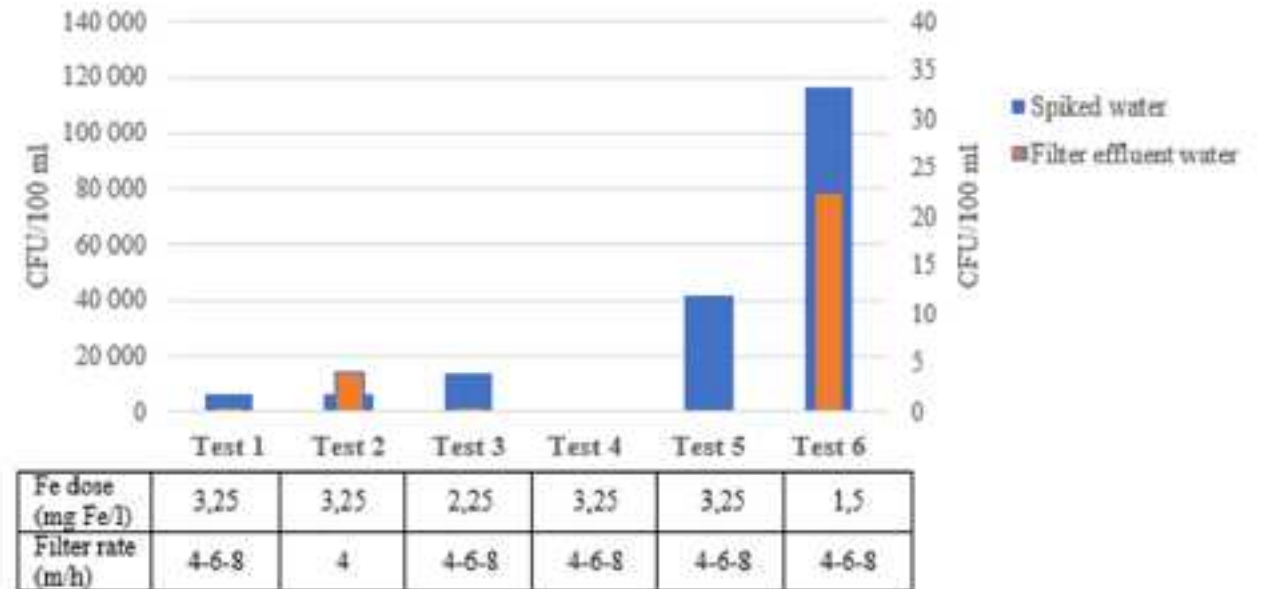
Log reduksjoner

- Minimum 4 log reduksjon for *enterococcus faecium*
- Minimum 3,2 log reduksjon for koliforme bakterier som finnes naturlig i råvann (kun optimale forhold)
- MS2 virus PFU 2,1 logs (+-0,2 log)
- MS2 virus qPCR 1,4 logs (+-0,2 logs)
- ATP 1,6 log (+-0,4 logs)
- **Lik log reduksjon også under stressforhold**



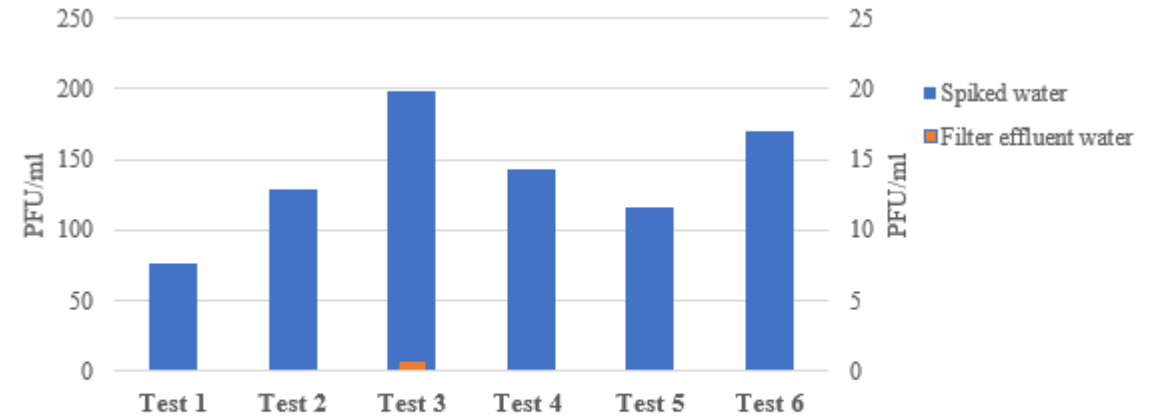
Fjerning av *enterococcus faecium* 2696

- God og stabil fjerning av enterokokker med optimal koagulantdose
- God og stabil fjerning av enterokokker med lav koagulantdose (test 3)
 - Ved lav koagulantdose tar det erfaringsvis et par filtersykluser før man ser redusert effektivitet i koagulering-filtrering med Moldeprosessen
- Alle funn av enterokokker i test 1-5 (optimal eller nær optimal forhold) var i modningsfasen eller rett etter modningsfasen
 - 27 % 10/37 prøver
- Ved lav koagulantdose (test 6) var enterokokker til stede i alle prøver tatt gjennom filtersyklus (10/10) og konsentrasjonen økte ved økning i filterhastighet

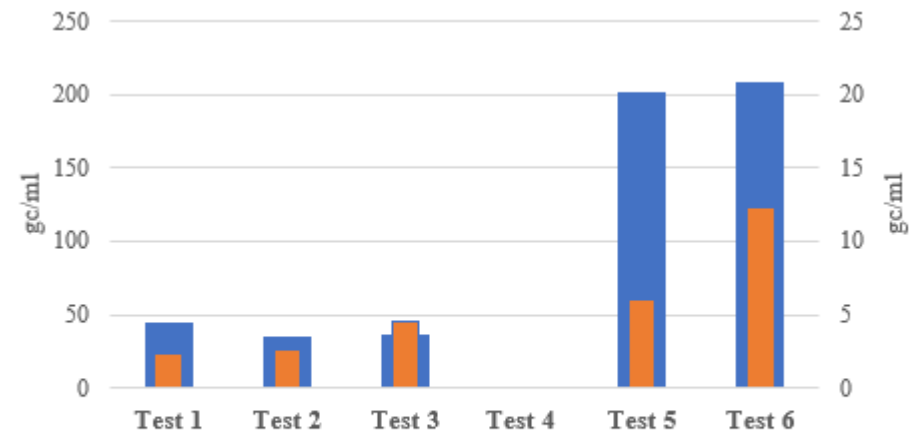


Fjerning av MS2 virus

- God og stabil fjerning av MS2 virus, veldig få smittsom (infectious) virus i filtrert vann (målt med PFU metode)
- Resultater målt med PFU og qPCR metode indikerer at det i tillegg til fjerning av MS2 også skjer inaktivering av MS2 virus
- Og i motsetning til resultatene vi så for *e.faecium* bakterie:
 - MS2-konsentrasjon var lav i modningsvannet
 - Ekstra prøveserie gjennomført
 - Indikerer inaktivering av virus ved høy kogulantdose i starten av filtersyklus?
- Ved lav kogulantdose (test 6) økte MS2 målt med qPCR i filtrert vann, og MS2-konsentrasjon økte ved økning i filterhastighet

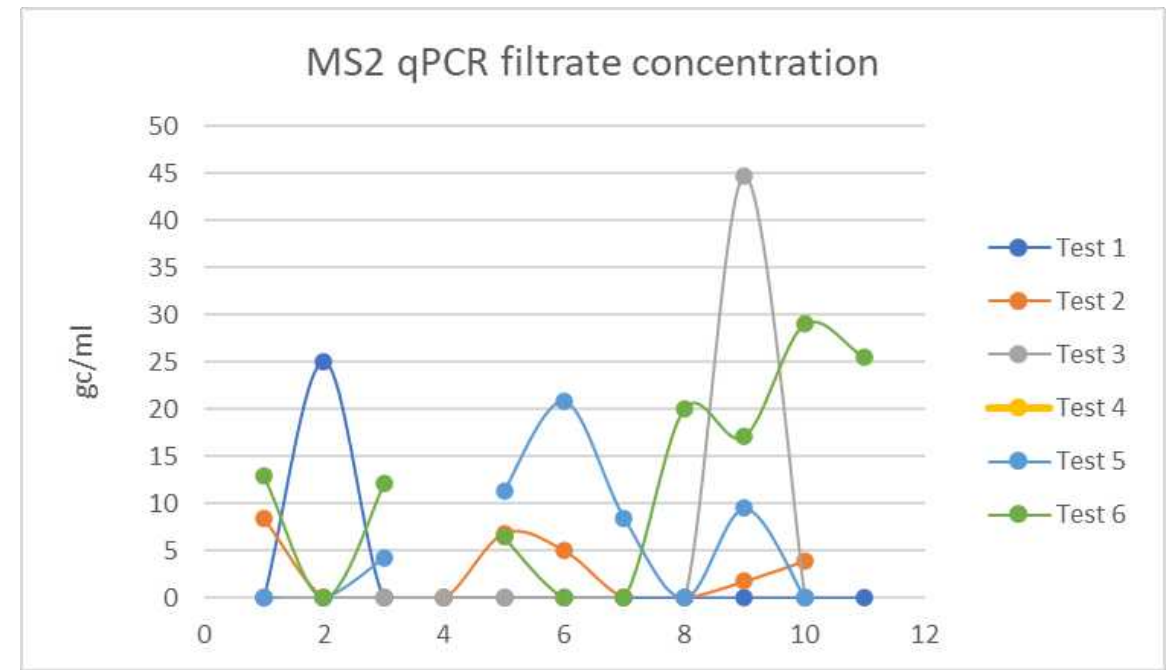
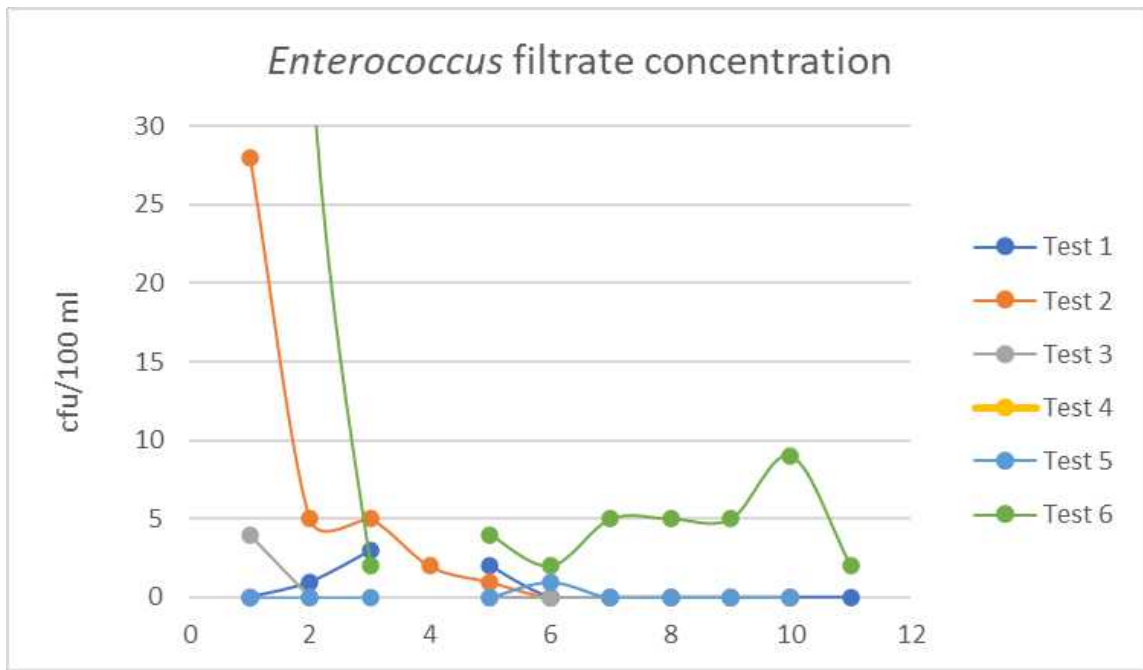


Fe dose (mg Fe/l)	3,25	3,25	2,25	3,25	3,25	1,5
Filter rate (m/h)	4-6-8	4	4-6-8	4-6-8	4-6-8	4-6-8



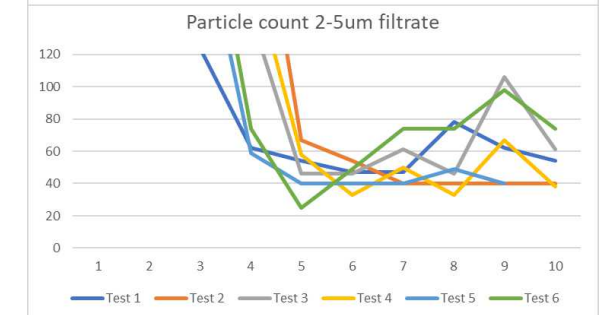
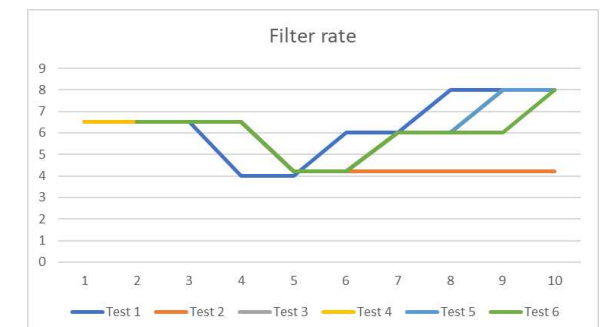
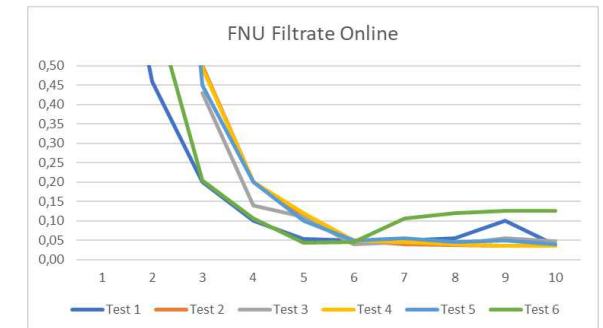
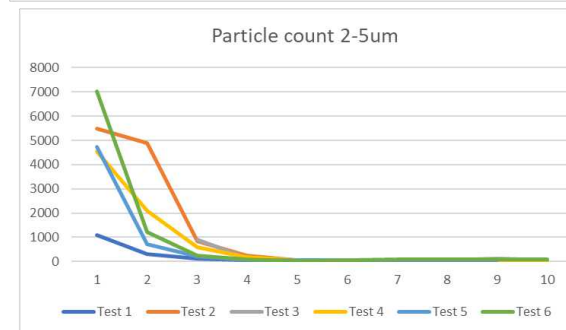
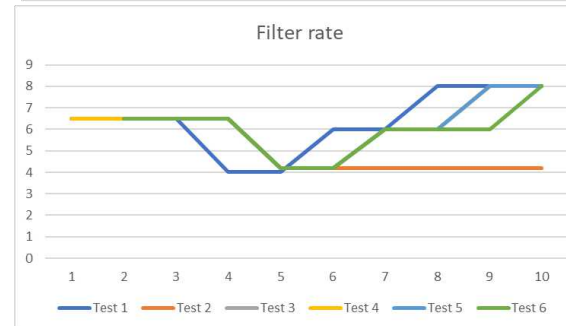
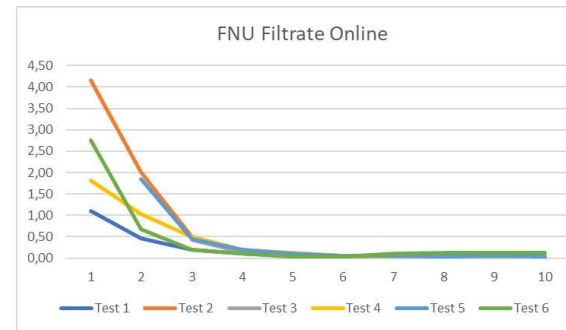
Fe dose (mg Fe/l)	3,25	3,25	2,25	3,25	3,25	1,5
Filter rate (m/h)	4-6-8	4	4-6-8	4-6-8	4-6-8	4-6-8

Vannkvalitet gjennom filtersyklus



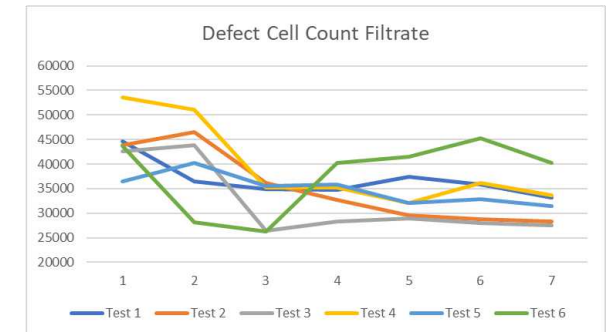
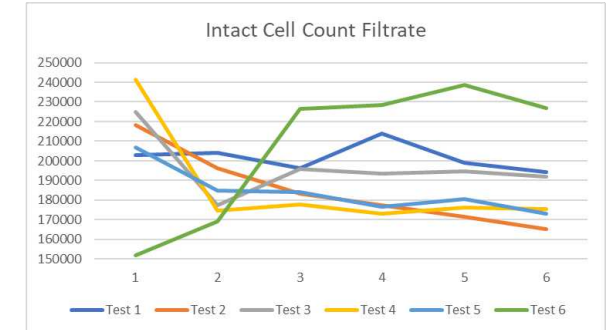
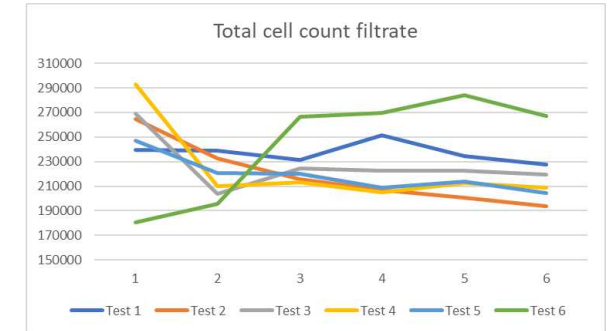
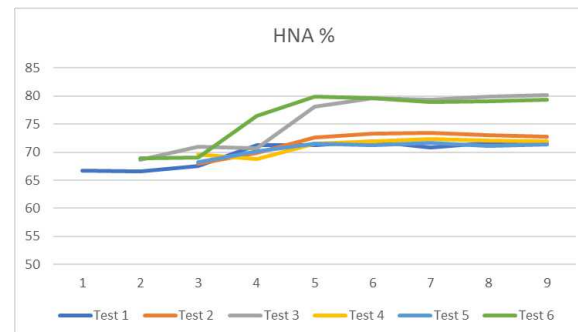
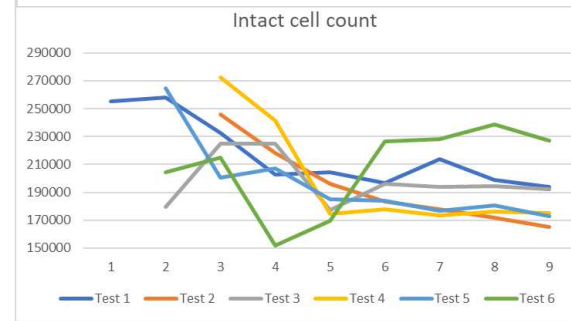
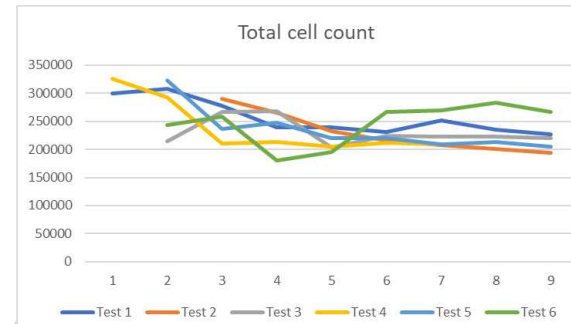
Online målinger

- Viktig å skalere måleområdet
- Turbiditet viste en økning ved lav koagulantdose (under 0,15 FNU)
 - Flere andre fysisk-kjemiske parameter økte i tillegg til turbiditet
- Partikkelteller viste økning ved stressforhold fra vanlig nivå (50 pc/ml opptil 100 pc/ml)
 - Veileder til drikkevannsforskrift 500 pc/ml



Onlinemålinger med flowcytometer (Bactosense, Bnovate)

- Intakt celledtall, defect, celledtall økte tydelig med lav koagulantdose
- HNA % (høy nukleisyre andel av bakterie) økte i begge forsøkene med redusert koagulantdose



Konklusjoner

- Log reduksjoner 1,4-2,1 (MS2 virus), koliforme bakterie minimum 3,2 og minimum 4 *e.faecium* bakterie
- Log reduksjon var stabil til tross for at stressforhold økte innhold av mikro-organismer i filtrert vann
- *E.faecium* and MS2 (infectious, smittsom) ble effektivt fjernet under optimale forhold
- *E.faecium* i modningsvann viser viktigheten å ha tilstrekkelig lang modningsperiode etter filterspyling for å sikre høy effektivitet og stabilitet i hygieniske barrierer.
- Stressforhold med 50 % lavere koagulantdose økte konsentrasjon av *e.faecium* og MS2 i filtrert vann.
 - Økning i filterhastighet har negativ effekt både for *e.faecium* og MS2 i filtrert vann
- Driftsforhold er viktig for effektivitet og stabilitet av hygieniske barrierer – vær oppmerksom på høy teoretisk log reduksjon

