



2016

# Fortynningsstudier – Hydrogenperoksid, september 2016

**Akzo Nobel PPC AB**

AQUA KOMPETANSE AS



## Aqua Kompetanse A/S

Kontoradresse : Strandveien, Lauvsnes  
Postadresse : 7770 Flatanger  
Telefon : 74 28 84 30  
Mobil : 905 16 947  
E-post : [post@aquakompetanse.no](mailto:post@aquakompetanse.no)  
Internett : [www.aquakompetanse.no](http://www.aquakompetanse.no)  
Bankgiro : 4400.07.25541  
Org. Nr. : 982 226 163

Rapportens tittel: Fortynningsstudier – Hydrogenperoksid, september 2016	Dato for rapport: 13.09.2016 Feltarbeid: 14. og 15. april 2016 Antall sider uten vedlegg: 20 Antall sider totalt: 30
Forfatter(e): Per Anders Andersen og Linda Hagen	Prosjektleder: Linda Hagen Prosjekt-/rapport nr.: 156-8-16
Oppdragsgiver: Akzo Nobel PPC AB	Tilgjengelighet: Åpen

Sammendrag: Hydrogenperoksid benyttes til avlusning av laksefisk, og bruken har økt de siste årene. Det har blitt stilt spørsmål til om dette kan føre til utilsiktede effekter på andre marine dyrearter enn målarten (lakselus). Prosjektet har hatt som formål å undersøke fortynningseffekten av hydrogenperoksid i sjø under og etter avlusning i merd, nedbrytningshastigheten undersøkes ikke i dette prosjektet.  610 prøver ble analysert for konsentrasjon av hydrogenperoksid. Vannstrømmen ble målt i alle prøveseriene og viser en klar hovedstrøm i sydlig retning og at målestasjonene ble plassert rett.  Analysene av restkonsentrasjonene viser både horisontal og vertikal spredning og fortynning av hydrogenperoksid. Både horisontal og vertikal bevegelse tolkes som et resultat av vannstrøm.  Hydrogenperoksid brytes ned til vann og oksygen. Resultatene viser at behandlingsløsningen fortynnes raskt utenfor behandlingsvolumet, både i avstand fra behandlingsvolumet og tid.		
Emneord: Hydrogenperoksid, fortynning, avlusning, vannstrøm		
Ansvarlig for:	Dato:	Signatur:
Prosjektet: Linda Hagen	13.09.2016	
Kvalitetssikret av: Per Ander Andersen	13.09.2016	

© 2016 Aqua Kompetanse AS. Kopiering av rapporten kan kun skje i sin helhet. Dersom deler av rapporten (konklusjoner, figurer, tabeller, bilder eller annen gjengivelse) er ønskelig, er dette kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Aqua Kompetanse AS.

# Innholdsfortegnelse

Forord.....	4
1. Innledning og bakgrunn .....	5
2. Materiale og metode.....	6
2.1 Forsøksgjennomføring .....	6
2.2 Lokalitet .....	6
2.3 Prøvetakingsstasjoner og -tidspunkt .....	7
2.4 Måling av hydrogenperoksid .....	8
2.5 Vannstrømmåling.....	8
2.6 Meteorologiske data.....	8
3. Resultater .....	9
3.1 Vannstrømmåling.....	9
3.2 Konsentrasjoner av hydrogenperoksid – fortynningsstudie.....	11
4. Konklusjon / oppsummering.....	18
5. Referanser .....	20
Vedlegg 1 .....	21
Vedlegg 2 .....	22
Vedlegg 3 .....	25
Vedlegg 4 .....	29

## Forord

På oppdrag fra Akzo Nobel PPC AB er det gjennomført en fortynningsstudie av hydrogenperoksid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), benyttet til avlusning i merd med presenning. Hydrogenperoksid nedbrytes til vann og oksygen, og prosjektet har hatt som formål å undersøke fortynningseffekten.

Aqua Kompetanse AS har hatt prosjektansvaret og ønsker å takke alle involverte prosjektdeltakere. Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) har bidratt til finansieringen av prosjektet sammen med betydelige egenandeler fra Chemco AS, Akzo Nobel PPC AB og Marin Seniorrådgiver i Nord-Trøndelag. Vi ønsker også å rette en stor takk til Lerøy Seafood AS for muligheten til å gjennomføre prosjektet på en av deres lakselokaliteter. Mannskapet på oppdrettsanlegget og servicebåten MS Samba var avgjørende for en vellykket prosjektgjennomføring.

Medlemmer av styringsgruppen, som vist i listen under, har deltatt med egenandeler i form av tid og engasjement både praktisk og i diskusjoner under prosjektgjennomføringen:

Linda Hagen	Aqua Kompetanse AS	Prosjektleder
Per Anders Andersen	Marin Seniorrådgiver i Nord-Trøndelag	Prosjektbeskrivelse, rapportering
Eva Wackerberg	Akzo Nobel PPC AB	Analyseansvarlig
Jonas Larsson	Akzo Nobel PPC AB	Prosjektkoordinering
Eivind Solheimsnes	Chemco AS	Båt, pumpeutstyr, tilrettelegging av prøver
Svein Haavik	Senter for farmasi (UiB)	Faglig kontakt
Bjørn Einar Grøsvik	Havforskningsinstituttet (HI)	Faglig kontakt
Kjell Maroni	Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF)	Faglig kontakt
Brit Uglem Blomsø	SjømatNorge	Observatør
Jan Henrik Sandberg	Fiskarlaget, Midt-Norge	Observatør

Ta kontakt med Eva Wackerberg ([Eva.Wackerberg@akzonobel.com](mailto:Eva.Wackerberg@akzonobel.com)) eller Jonas Larsson ([Jonas.Larsson@akzonobel.com](mailto:Jonas.Larsson@akzonobel.com)) hos prosjekteier Akzo Nobel PPC AB ved eventuelle spørsmål tilknyttet fortynningsstudien av hydrogenperoksid, eller for å få prosjektrapporten tilsendt. Rapporten publiseres også på FHF sine nettsider.



Linda Hagen  
Prosjektleder, Aqua Kompetanse AS

# 1. Innledning og bakgrunn

Hydrogenperoksid ( $H_2O_2$ ) er et kjemikalium som benyttes til avlusning av laks og regnes som et miljøvennlig alternativ da hydrogenperoksid brytes ned til vann og oksygen. For ethvert kjemikalium er konsentrasjonen og virketiden avgjørende for effekt på målorganismen samt påvirkning på omgivelsene.

I lakseoppdrettsnæringen er det avgjørende for laksens velferd og oppdretters økonomi at nivået av parasitten lakselus (*Lepeoptheirus salmonis*) holdes på et svært lavt nivå. I norsk oppdrettsnæring benyttes hydrogenperoksid på 3 forskjellige måter:

- *Avlusning i brønnbåt.* Fisken pumpes om bord i båten og hydrogenperoksid tilsettes vannløsningen til ønsket konsentrasjon er oppnådd. Etter ønsket behandlingstid pumpes behandlingsløsningen på sjøen på anbefalte steder.
- *Avlusning i merd ved bruk av presenning.* Fisken behandles i merd ved tilsetning av utblandet hydrogenperoksidløsning. Etter ønsket behandlingstid slippes presenningen og behandlingsløsningen spres med vannmassene.
- *Kominasjonsmetode.* Det benyttes flere behandlingskombinasjoner av legemidler, hvor kombinasjon med hydrogenperoksid som et av virkestoffene er et eksempel.

Fisken oppholder seg i en vannløsning tilsatt hydrogenperoksid, typisk 1.6 g/liter (omregnet til 100 % hydrogenperoksid), og den norske havbruksnæringens totale forbruk av  $H_2O_2$  har vært økende siden 2009. I 2009 var  $H_2O_2$ -forbruket 308 tonn og i 2015 var forbruket 43 246 tonn, omregnet til 100%  $H_2O_2$  (Folkehelseinstituttet, 2016). «Non-target» organismer som alger/ plankton av forskjellige typer er trolig mest utsatt for overeksponering av hydrogenperoksid under og etter en badebehandling.

Hydrogenperoksid finnes naturlig i små konsentrasjoner i levende organismer og i sjøvann. Dyr har kraftig enzymesystemer for å bryte ned hydrogenperoksid da stoffet er høyenergetisk og vevsødeleggende. Tabell 1.1 presenterer konsentrasjonen av hydrogenperoksid i noen vannmiljøer.

Tabell 1.1: Hydrogenperoksidkonsentrasjoner i et utvalg vannmiljøer. Kilde Akzo Nobel PPC AB, Eva Wackerberg.

Kilde	$H_2O_2$ (mg/liter)
Regnvann, sommer	0.1-8.0
Sjøvann	0.0005 – 0.014
Sjøvann, Antarktis	0.049
Innlandsvann, ferskvann	0.001-0.1

Hydrogenperoksid nedbrytes til vann og oksygen i sjøvann, men hastigheten på denne prosessen avhenger av flere parametere, blant annet temperatur og mengde organiske partikler i vannet. Nedbrytningsforsøk i sandfiltrert sjøvann viste halveringstid av  $H_2O_2$  på ca. 1 uke ved 12 grader, og ca. 3 uker ved 8.7 grader (Fagereng, 2016). Det er grunn til å anta at fortyningseffekten relativt raskt bringer konsentrasjonen av hydrogenperoksid ned mot et nivå som tilsvarer konsentrasjon av hydrogenperoksid i sjøvann (se tabellen over). Formålet med dette prosjektet var å måle sprednings- og fortynningsraten i ulike fraksjoner av vannmassene, både horisontalt og vertikalt i nærområdet til en merd etter avsluttet behandling med hydrogenperoksid. Det ble benyttet analysemetoder som klarer å påvise svært lave verdier av  $H_2O_2$ .

I oktober 2015 gjennomførte Chemco AS og Senter for farmasi ved Universitetet i Bergen en feltundersøkelse der de målte restkonsentrasjonene av hydrogenperoksid etter avlusning med presenning ved et oppdrettsanlegg på Vestlandet. Målingene ble gjennomført 30-60 meter fra merdkanten med indikatorstrips (Quantofix teststrimler) som måler konsentrasjonen av hydrogenperoksid ved fargeforandring. Forsøket viste lave verdier, til dels under deteksjonsgrensen for denne typen målinger (Fagereng et al., 2015).

## 2. Materiale og metode

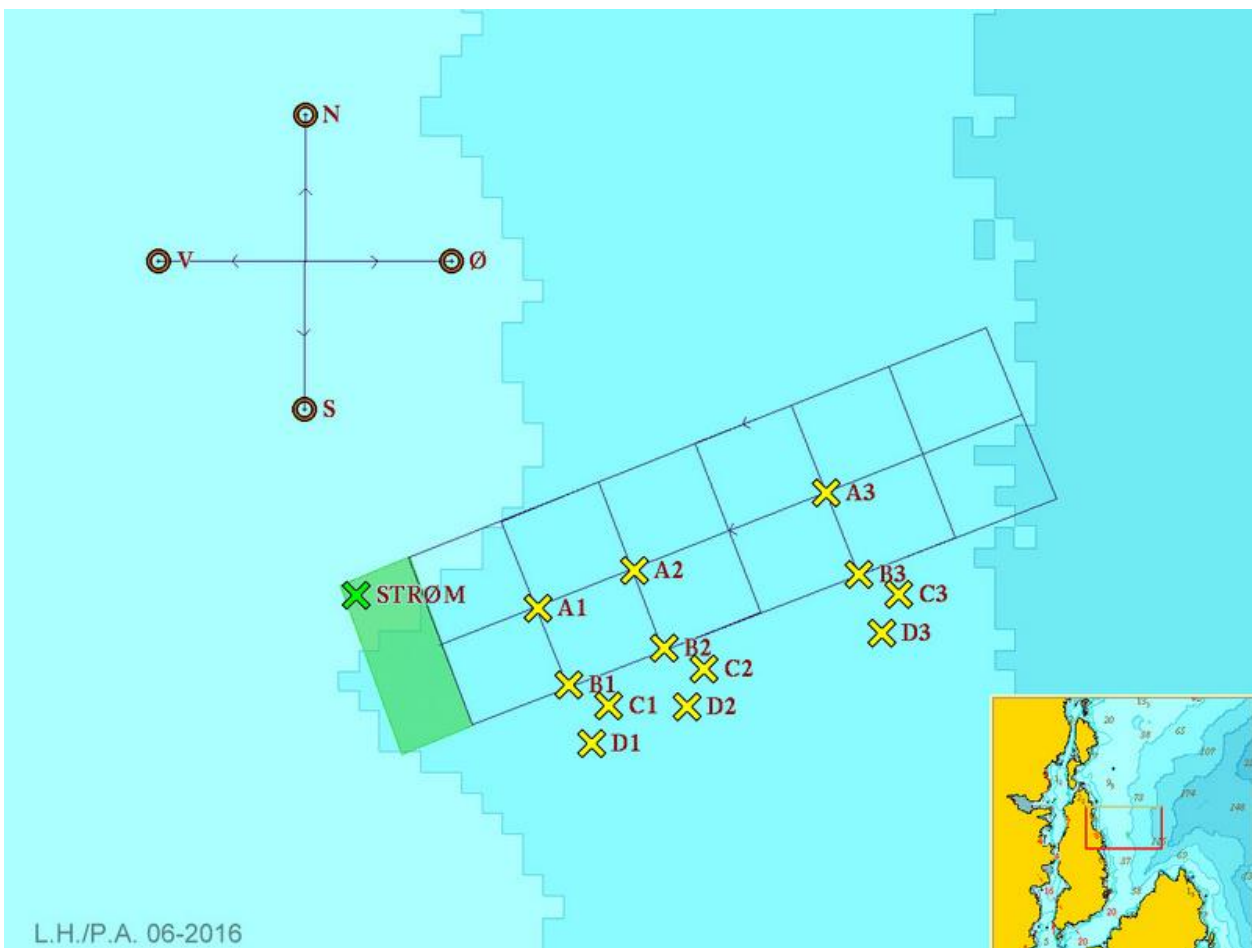
### 2.1 Forsøksgjennomføring

Forsøkene som er beskrevet under var et feltstudium der hensikten var å måle sprednings – og fortynningsgraden/ratene i ulike fraksjoner av vannmassene etter badebehandling med hydrogenperoksid. Dette er data som også kan benyttes i fortynningsmodellering av hydrogenperoksid i sjøvann.

Hydrogenperoksid som ble benyttet i forsøket var produsert av Akzo Nobel PPC AB og levert av Chemco AS i Bergen.

### 2.2 Lokalitet

Forsøksanlegget som ble valgt baserte seg på kontakten mellom hydrogenperoksidleverandøren Chemco AS og oppdrettsbedriften Lerøy Seafood AS. Lokaliteten med anleggstegeting er vist i figur 1 og representerer ett av lakseanleggene til Lerøy Seafood AS. Dette er et stålanlegg der nøtene er gjennomgående - nota er trukket under gangveien i midten av anlegget slik at burene på begge sidene av anlegget fungerer som en not. Posisjonene A1 – A3 (se figur 1.1) ligger derfor langs gangveien i midten av nota.



Figur 1.1: Lokaliteten hvor forsøket ble gjennomført. Figuren viser prøvetakingspunktene i Prøveserie 1 (A1 – D1), Prøveserie 2 (A2-D2), Prøveserie 3 (A3-D3) og posisjon for strømmåling.

### 2.3 Prøvetakingsstasjoner og -tidspunkt

Fire horisontale prøvetakingsstasjoner ble valgt, og er navngitt stasjon A - D. Stasjon A ble tatt ved senter av nota, mens stasjon B ble tatt ved ytterkant av nota (21 meter fra senter av nota). Stasjon C ble tatt 8 meter fra notkanten, hvilket som tilsvarer 29 meter fra senter av nota. Stasjon D ble tatt 15 meter fra notkanten, hvilket var stasjonen som låg lengst vekk fra notkanten (37 meter fra senter av nota).

Det ble tatt ut prøver i 3 «paralleller» ved avlusning av 3 forskjellige nøter, prøveserie 1 – 3. Prøveserie A1 – D1 ble tatt ved not nummer 2, A2 – D2 ved not nummer 3 og A3 – D3 ved not nummer 5. Lokaliseringen av disse 12 prøvetakingsstasjonene er illustrert i figur 1.

Ved hver prøvetakingsstasjon ble det valgt 6 prøvetakingspunkter, lokalisert på 5, 10, 20, 30, 40 og 60 meters dyp. Nota har en dybde på ca. 30 meter før og etter avlusning, men ble heist opp til ca. 10 meters dyp under avlusningen. Siden stasjon A ble tatt ved «senter» av nota, ble det derfor ikke tatt ut prøver på 5, 10 og 20 meters dyp ved denne stasjonen. Ved stasjon B, C og D ble det tatt ut prøver fra alle dypene. Tabell 2.1 gir en oversikt over de vertikale prøvetakingspunktene ved stasjonene A – D.

Tabell 2.1: Vertikale prøvetakingspunkter (5, 10, 20, 30, 40 og 60 meter) ved stasjon A – D, samt stasjonenes lokalisering i forhold til nota. Prøvetaking utført ved aktuell stasjon og dyp er indikert med \*.

Dybde fra overflate (meter)	Stasjon A Senter av nota	Stasjon B Ytterkant av not (21 meter fra senter)	Stasjon C 8 meter fra notkant (29 meter fra senter)	Stasjon D 15 meter fra notkant (37 meter fra senter)
5		*	*	*
10		*	*	*
20		*	*	*
30	*	*	*	*
40	*	*	*	*
60	*	*	*	*

Tidspunkt for prøvetaking ved de forskjellige målepunktene og prøveseriene (1 - 3) var satt på forhånd, relativt til tidspunkt for avsluttet avlusning. Referanseprøve på alle stasjonene ble tatt 5 minutter før presenningen ble fjernet og fikk betegnelsen T = -5.

Tidspunktene for prøvetaking ble definert i forhold til T=0 minutter, - da ble hele presenning fjernet etter avlusning. I de første 10 minuttene ble prøvene tatt ut hvert 2. minutt. Etter 10 minutter ble prøvene tatt ut hvert 5. minutt

Prøvene ble tatt ved følgende tidspunkter, hvor tallene viser minutter før og etter fjerning av presenning:

T = -5, T = 0, T = 2, T = 4, T = 6, T = 8, T = 10, T = 15, T = 20, T = 25, altså 10 serier med prøver.

Totalt var det planlagt å ta ut prøver ved 10 prøvetakingstidspunkter for de 21 prøvetakingsstasjonene i hver av de tre seriene, altså 210 prøver for avlusning av hver merd, totalt 630 prøver. Av driftstekniske årsaker ble tatt ut noe færre prøver i siste prøveserie ved stasjon C, slik at det totale antallet prøver for hele forsøket ble 610.

## 2.4 Måling av hydrogenperoksid

Vannprøvene ble oppbevart på 250 ml prøveflasker. Etter uttaket av prøvene ble disse grovsortert med indikatorstrips og analysert fortløpende av et analyse-team som var stasjonert på landbasen til Chemco AS i Marikoven på Askøy. Prøvene med lavere H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjon enn 0.05 mg/liter ble analysert på Akzo Nobel PPC AB sitt laboratorium i Gøteborg, Sverige den 18. og 19. april. Det ble ikke korrigert for nedbrytningshastigheten til hydrogenperoksid, da nedbrytningen i stabilitetstesten var lav, samt at resultatene samsvarte bra med analysene utført under prosjektgjennomføringen.

Anvendt analysemetode bestemmes av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjon:

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjon > 5 mg/liter

Titrert med kaliumpermanganat (standard metode).

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjon 0.05 - 5 mg/liter

Analysert med Vacu-vials K-5543 fra Chemetrics (fotometrisk metode). Feilmargin er oppgitt til ± 10 % ved 75 % av maksimum analyseverdi.

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjon < 0.05 mg/liter

Analysemetode beskrevet i Bader et. al, 1988.

## 2.5 Vannstrømmåling

Kjennskap til vannstrømmen er avgjørende for å sette presenningen riktig i sjøen. Retning og styrke på vannstrømmen er også avgjørende for spredning av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gjennom vannmassene etter at presenningen er sluppet.

For å dokumentere vannstrømmen under prosjektgjennomføringen ble det målt vannstrøm i hele vannsøylen. Markering i figur 1.1 viser det aktuelle målepunktet. Det ble benyttet to akustiske profilerende dopplermålere av typen AquaPro 400 kHz, levert av Nortek AS. Disse ble montert midt i vannsøylen, hvor den ene målte oppover vannsøylen og den andre målte nedover. Strømdata ble prosessert og kvalitetssikret i programvaren SeaReport. Resultatene er presentert i kapittel 3.1, og detaljerte opplysninger om strømforholdene under prøvetakingen er presentert i vedlegg 1. Rådata finnes oppbevart hos Aqua Kompetanse AS.

Årsaken til at strømmen ble målt ca. 40 - 100 meter unna nøter og oppdrettsbåter var for å hindre at strømmålingene skulle bli påvirket av aktivitet i forbindelse med avlusning og propellstrøm fra hjelpebåtene. Også for å unngå potensielle forstyrrelser fra anleggets fortøyninger, i form av akustiske refleksjoner fra objekter/fortøyninger i vannsøylen.

## 2.6 Meteorologiske data

For å vurdere de fysiske forholdene under forsøkgjennomføringen er værforholdene ved lokalitetens nærmeste meteorologiske stasjon (Fedje) undersøkt. Meteorologiske data for 14. og 15. april 2016 er hentet fra Meteorologisk institutt sin klimadatabase, nettportalen eKlima, og presentert i vedlegg 4. Disse dataene viser at det ved prøveserie 1 var en vindhastighet på 7-8 meter/sekund fra sørvest, ved prøveserie 2 var vindhastigheter på 3-4 meter/sekund fra vest-sørvest og ved prøveserie 3 var vindhastigheter på ca. 5 meter/sekund fra nord-nordvest. De lokale meteorologiske variasjonene kan avvike noe mellom Fedje og forsøkslokaliteten. Generelt var det svak vind ved prosjektgjennomføringen. Under avlusningen var lokaliteten ikke eksponert for bølgehøyde av betydning, og maksimal tidevannsforskjell var ca. 80 cm i forsøksperiodene.

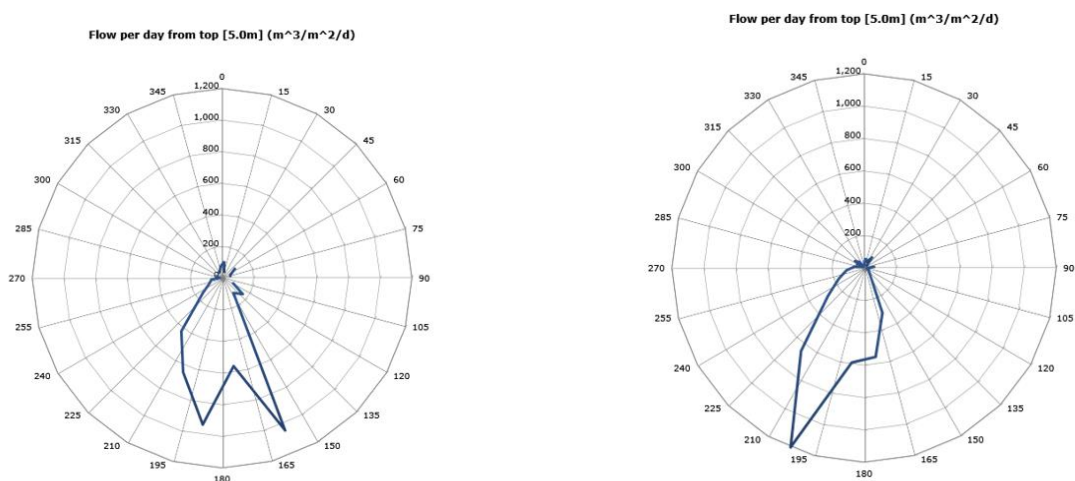


## 3. Resultater

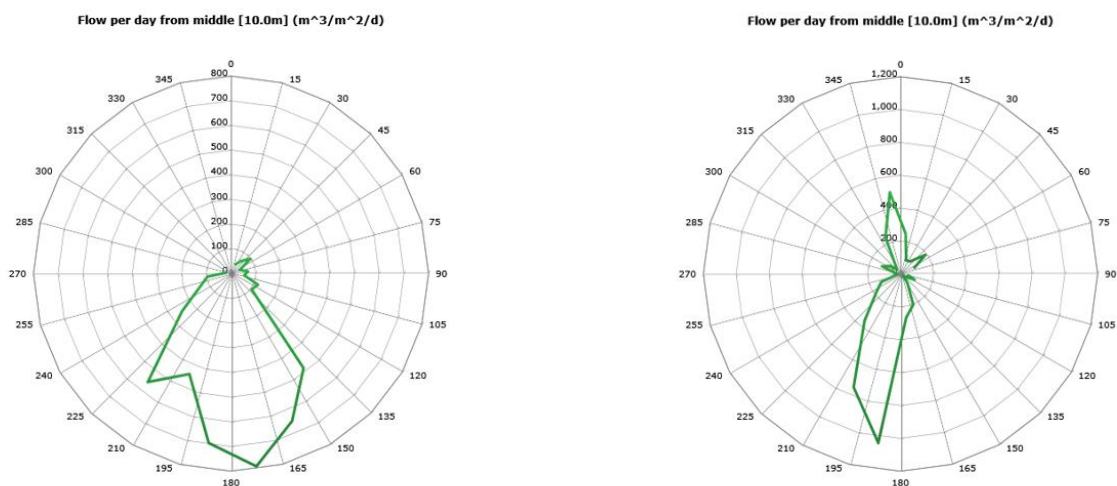
### 3.1 Vannstrømmåling

Vannstrøm fra prøvetakingsperiodene 14.04.2016 kl. 12:05 – 20:15 og 15.04.2016 kl. 09:10 – 19:16 er vist i figurene 3.1-3.5. Prøveserie 1 og 2 ble gjennomført den 14. april og prøveserie 3 ble gjennomført 15. april. Tabell V1.1 - V1.3 i vedlegg 1 viser detaljert informasjon om målt strømhastighet og retning under de tre prøveseriene.

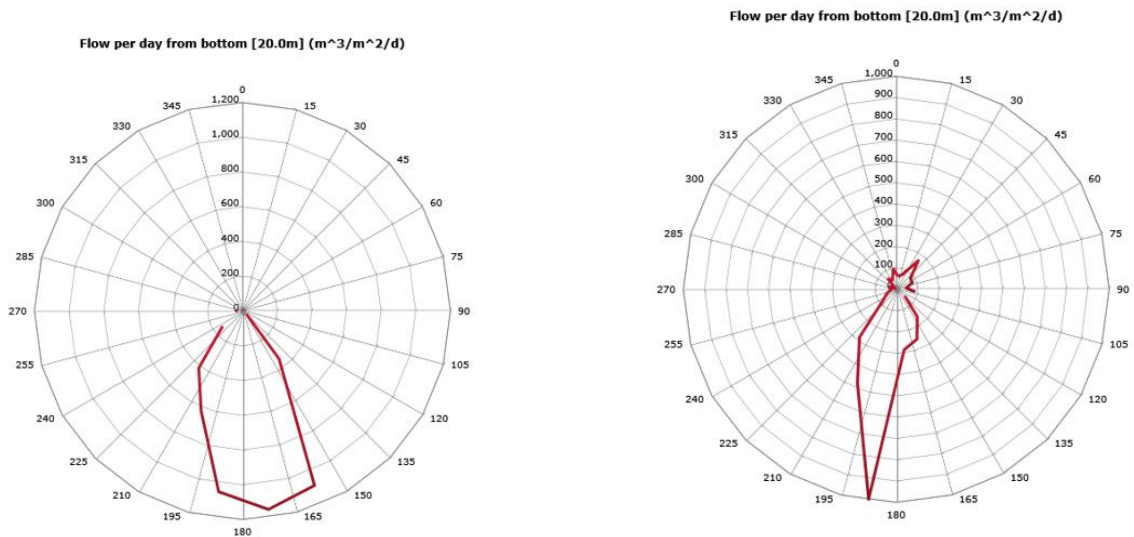
Strømmålingsresultatene viser at presenningen ble satt rett vei i forhold til strømretning og vanntransport i måleperioden. Resultatene dokumenterer at prøvetakingspunktene ligger i området der man kan forvente å finne hydrogenperoksidrester etter avlusningen. Den generelle vannstrømmen i forsøksperioden vurderes som svak.



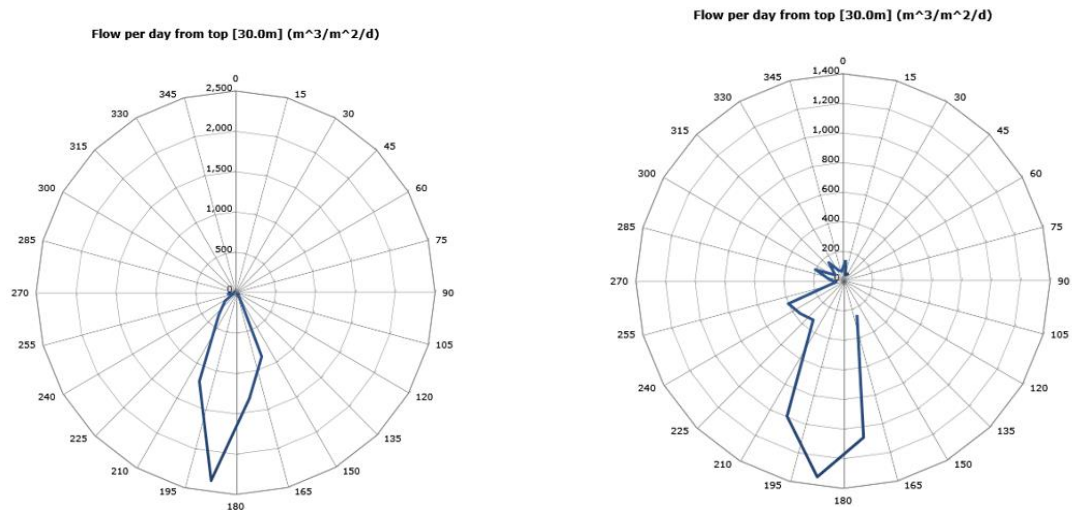
Figur 3.1: Vanntransport på 5 meters dyp ved forsøksanlegget før, under og etter prosjektgjennomføring 14. april 2016 kl. 12:05 – 20:15 (venstre) og 15. april 2016 kl. 09:10 – 19:16 (høyre).



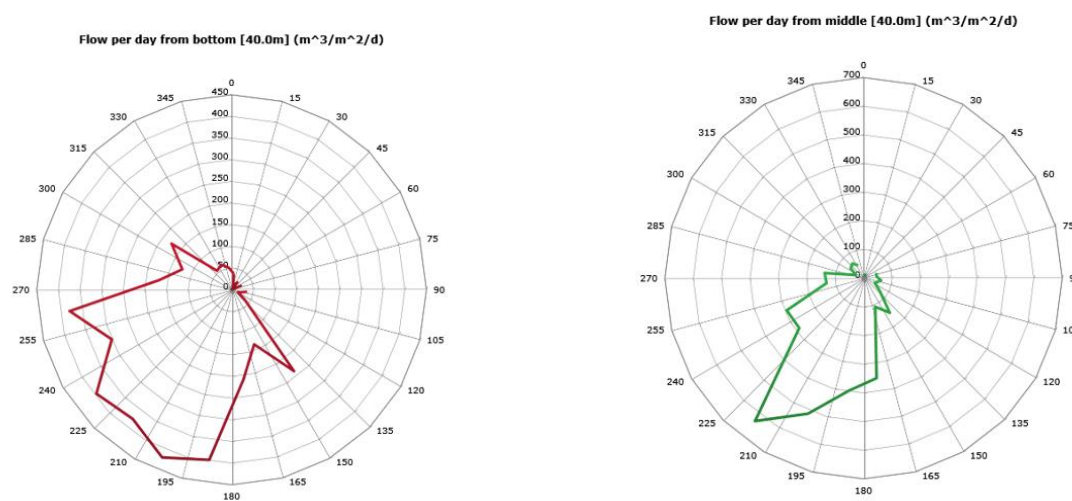
Figur 3.2: Vanntransport på 10 meters dyp ved forsøksanlegget før, under og etter prosjektgjennomføring 14. april 2016 kl. 12:05 – 20:15 (venstre) og 15. april 2016 kl. 09:10 – 19:16 (høyre).



Figur 3.3: Vanntransport på 20 meters dyp ved forsøksanlegget før, under og etter prosjektgjennomføring 14. april 2016 kl. 12:05 – 20:15 (venstre) og 15. april 2016 kl. 09:10 – 19:16 (høyre).



Figur 3.4: Vanntransport på 30 meters dyp ved forsøksanlegget før, under og etter prosjektgjennomføring 14. april 2016 kl. 12:05 – 20:15 (venstre) og 15. april 2016 kl. 09:10 – 19:16 (høyre).



Figur 3.5: Vanntransport på 40 meters dyp ved forsøksanlegget før, under og etter prosjektgjennomføring 14. april 2016 kl. 12:05 – 20:15 (venstre) og 15. april 2016 kl. 09:10 – 19:16 (høyre).

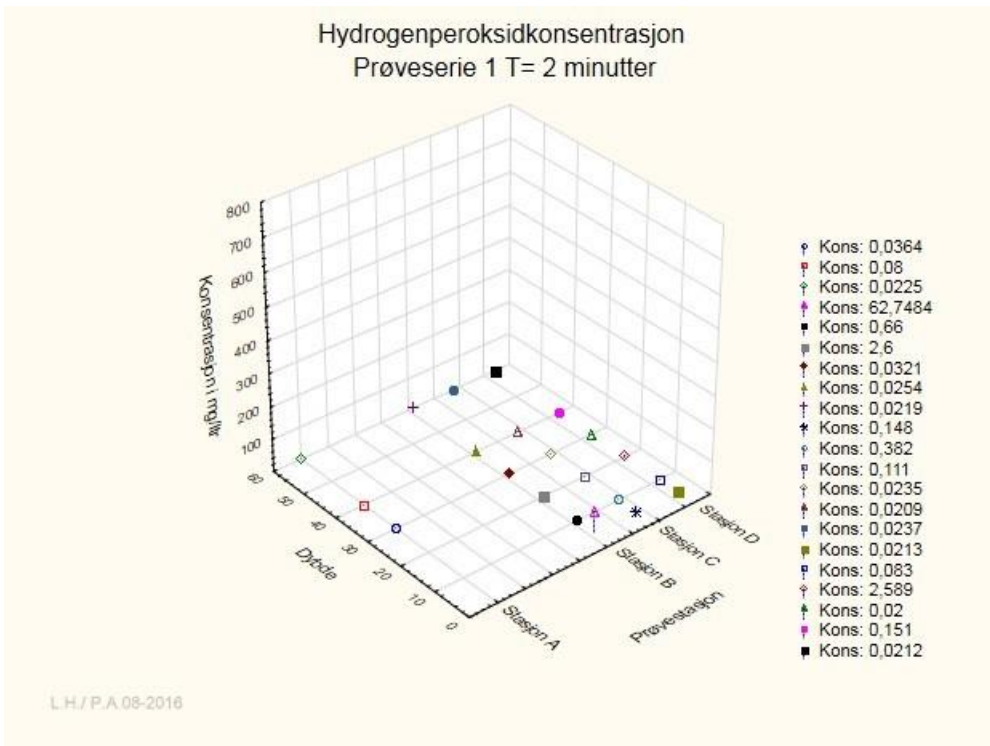
### 3.2 Konsentrasjoner av hydrogenperoksid – fortynningsstudie

I hver prøveserie ble det totalt tatt ut 210 prøver som ble analysert for konsentrasjon av hydrogenperoksid. Ved prøvestasjonene B-D ble det totalt tatt ut 60 prøver fordelt på 6 forskjellige dyp og 10 forskjellige tidspunkt, mens det ved prøvestasjon A ble tatt ut 30 prøver fordelt på 3 forskjellige dyp under/ved siden av nota og ved 10 tidspunkt.

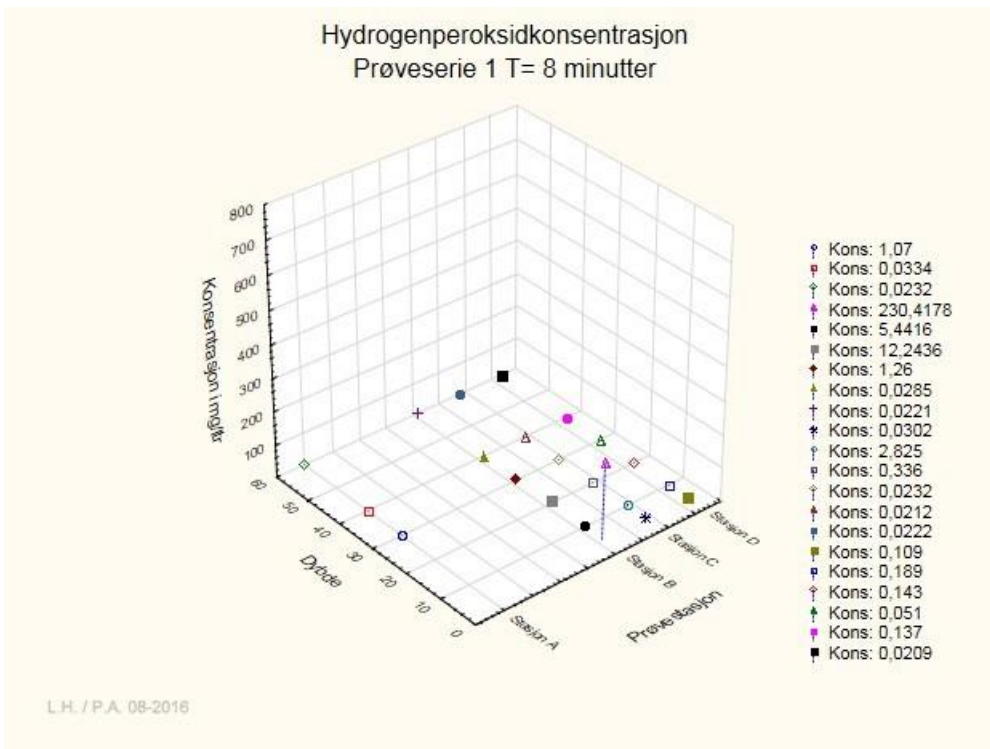
Figurene 3.6 - 3.17 viser fordelingen av målte  $H_2O_2$ -konsentrasjoner i de tre forskjellige prøveseriene. Konsentrasjonene av hydrogenperoksid ved alle aktuelle prøvepunkter 2, 8, 15 og 25 minutter etter at presenningen er sluppet, er presentert i figurene. Resultater fra alle tidspunkter, dybder, posisjoner og prøvetakingsserier er vist som enkeltdiagrammer i vedlegg 2.

Vedlegg 3 gir en visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene av hydrogenperoksid i prøvetakingsvolumet 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20 og 25 minutter etter presenningslipp i prøveserie 2. Dataene er interpolert og variasjonen i konsentrasjonene er illustrert med farger. Konsentrasjonen ved stasjon C2 og T=15 minutter mangler, og det ble derfor midlet mellom verdiene ved T=10 og 20 minutter i denne framstillingen.

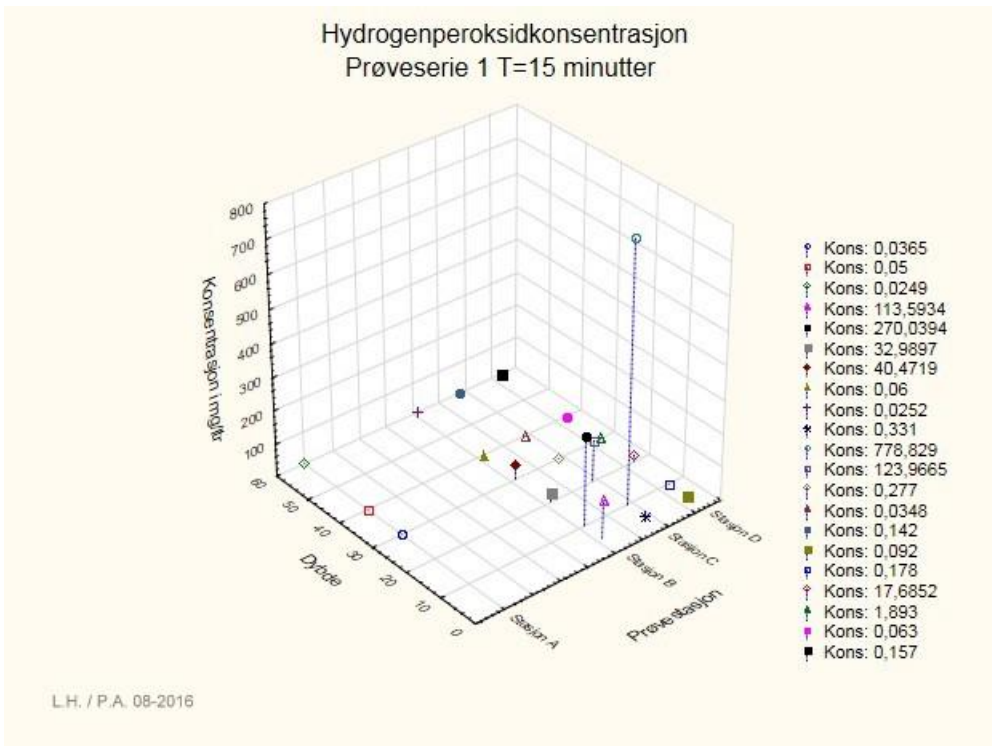
Prøveserie 1 – Behandlingskonsentrasjonen av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var 2300 mg/liter



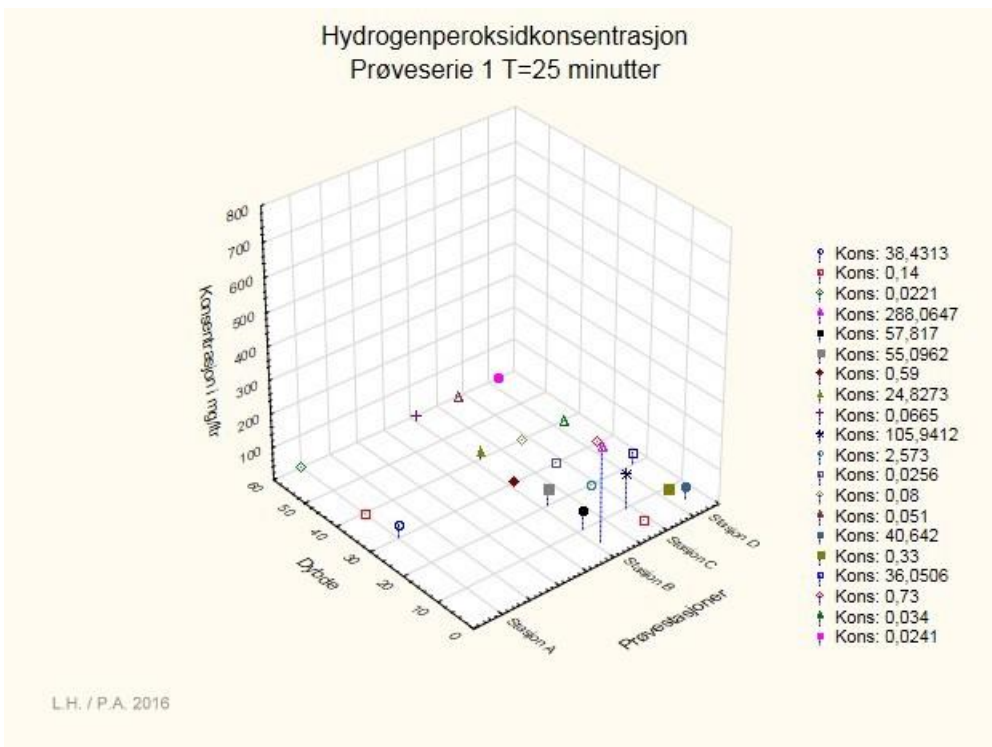
Figur 3.6: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 2 minutter etter at presenningen ble sluppet.



Figur 3.7: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 8 minutter etter at presenningen ble sluppet.



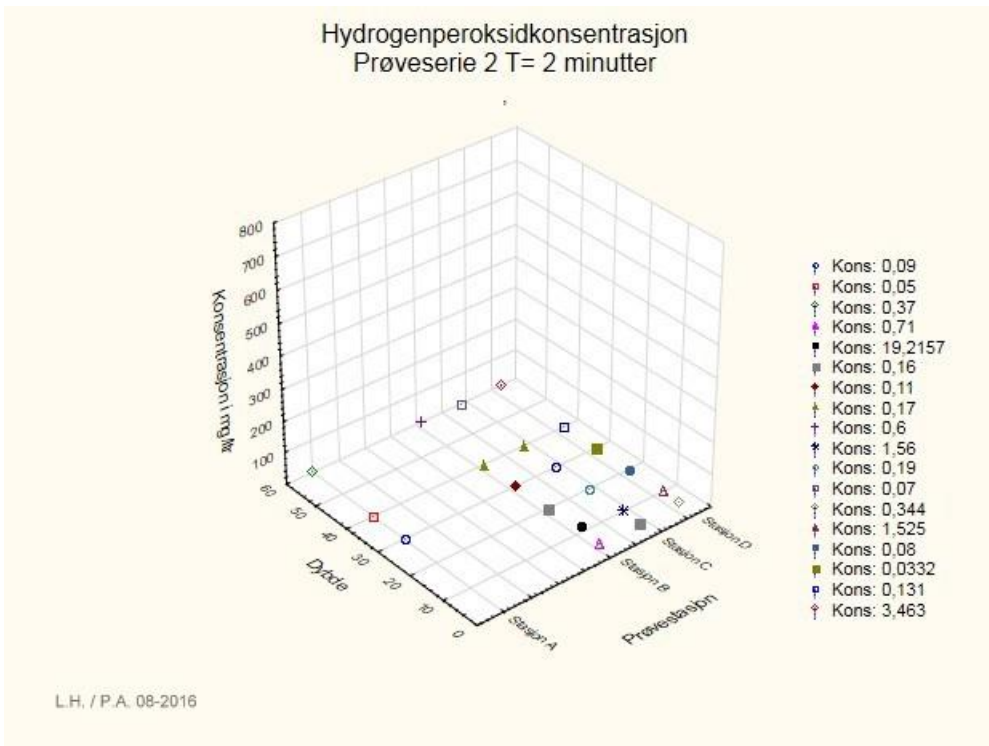
Figur 3.8: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 15 minutter etter at presenningen ble sluppet.



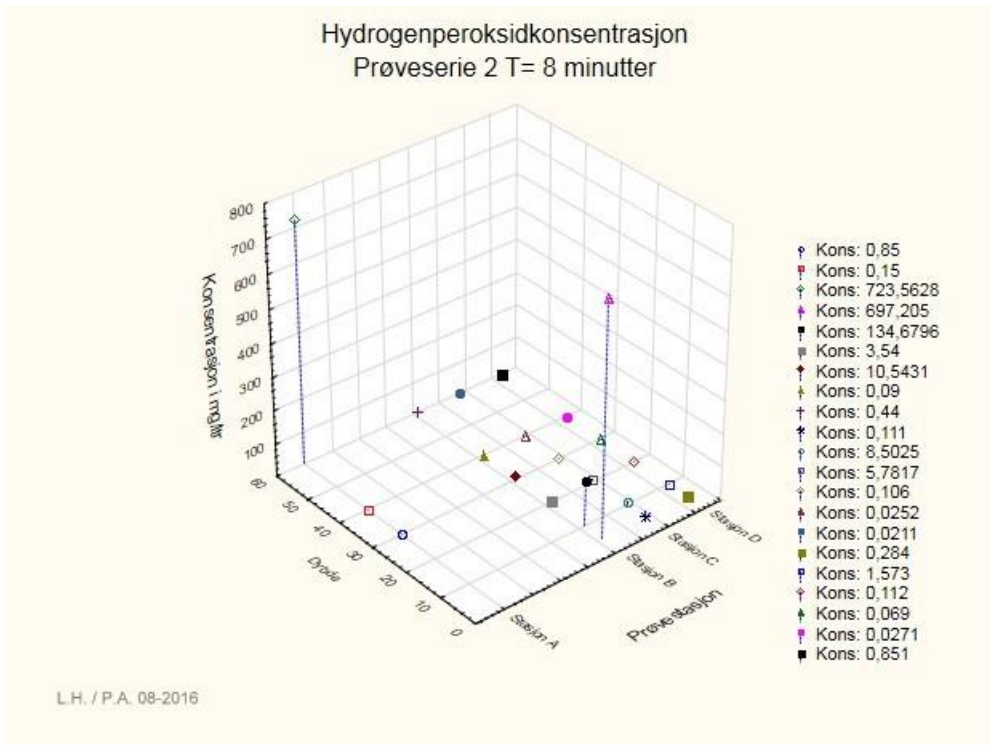
Figur 3.9: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 25 minutter etter at presenningen ble sluppet.



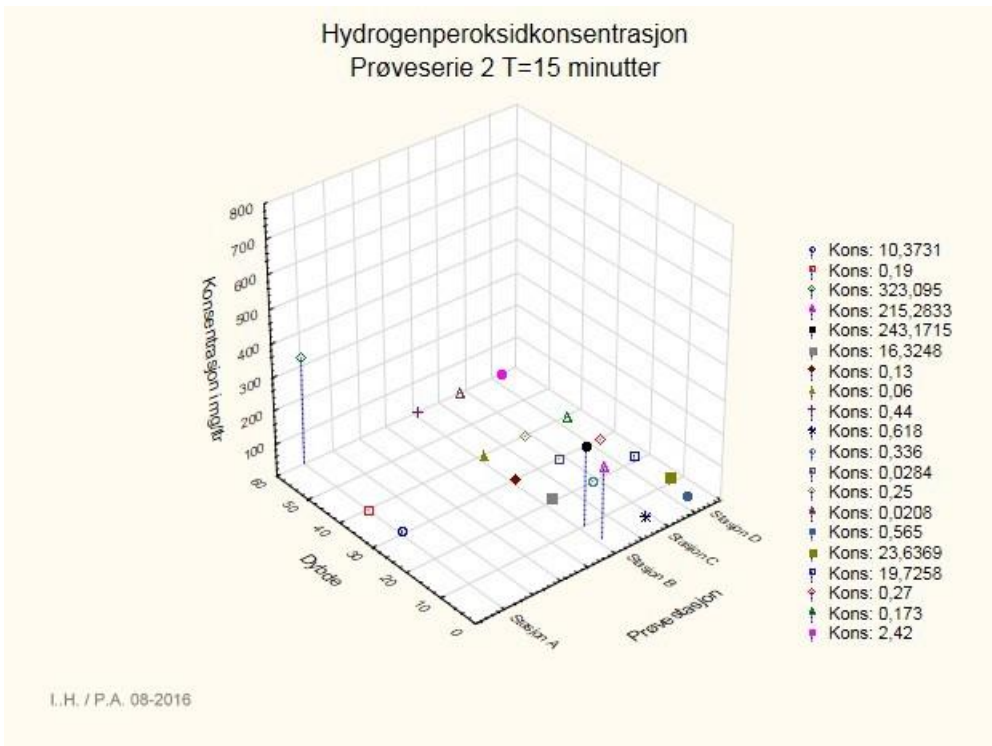
Prøveserie 2 - Behandlingskonsentrasjonen av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var 1700 mg/liter.



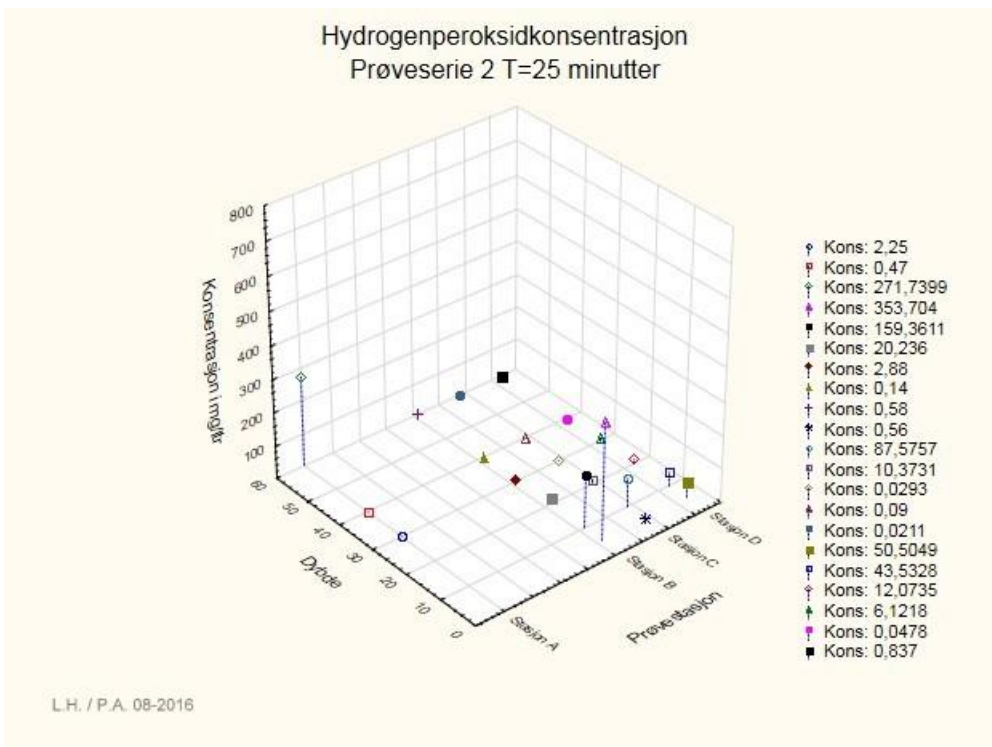
Figur 3.10: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 2 minutter etter at presenningen ble sluppet.



Figur 3.11: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 8 minutter etter at presenningen ble sluppet.

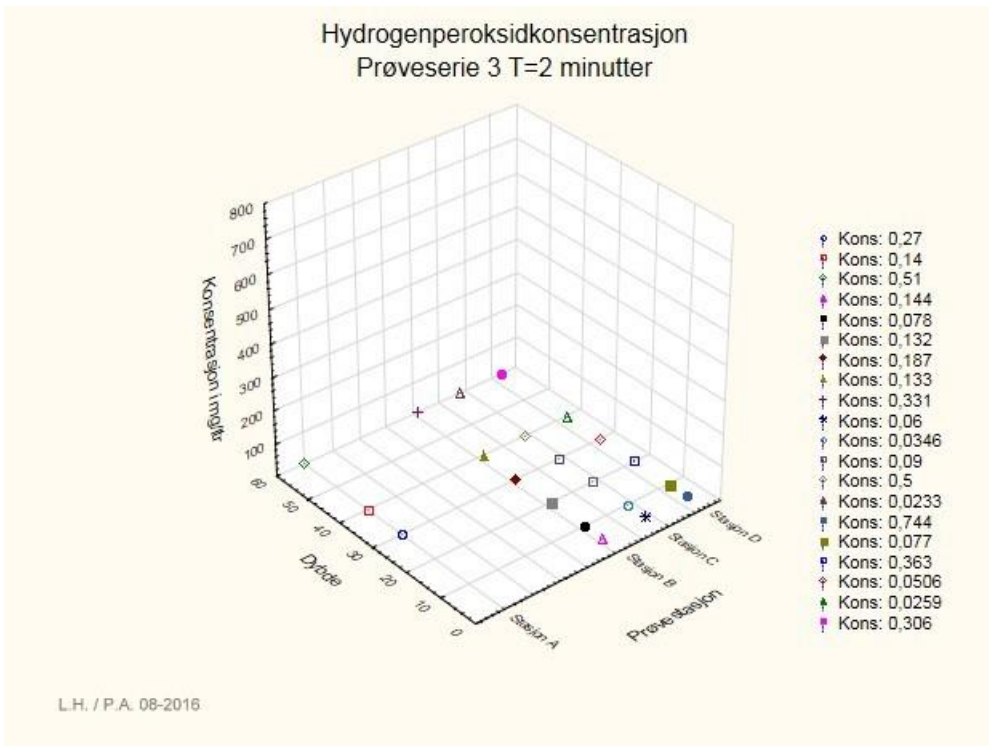


Figur 3.12: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 15 minutter etter at presenningen ble sluppet.

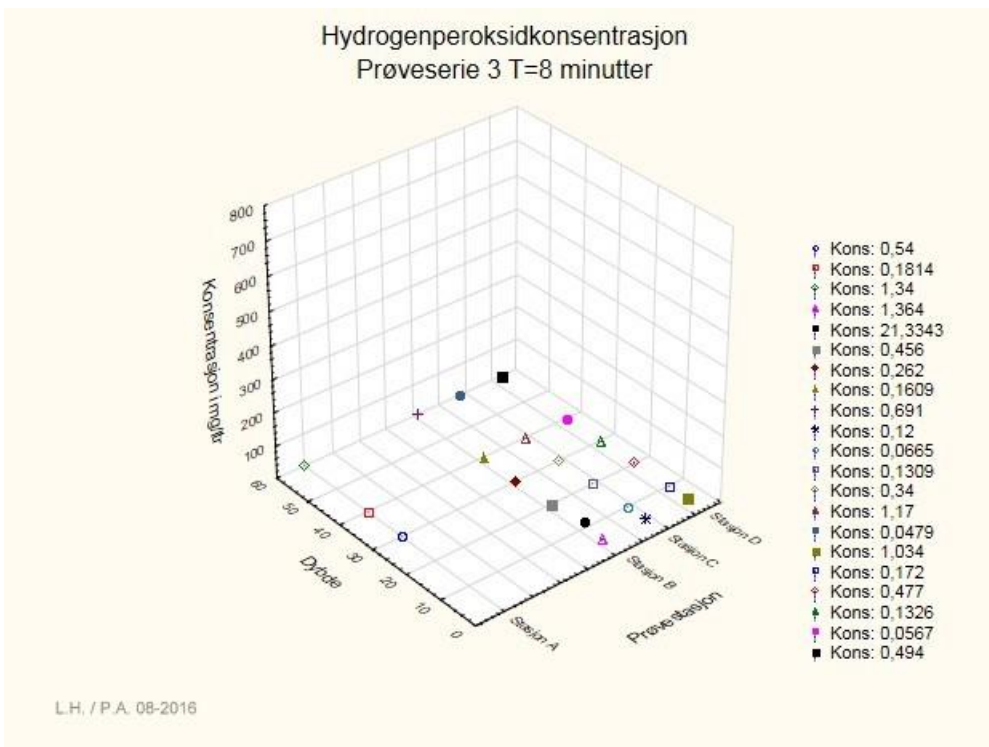


Figur 3.13: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 25 minutter etter at presenningen ble sluppet.

Prøveserie 3 – Behandlingskonsentrasjonen av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var 1800 mg/liter.

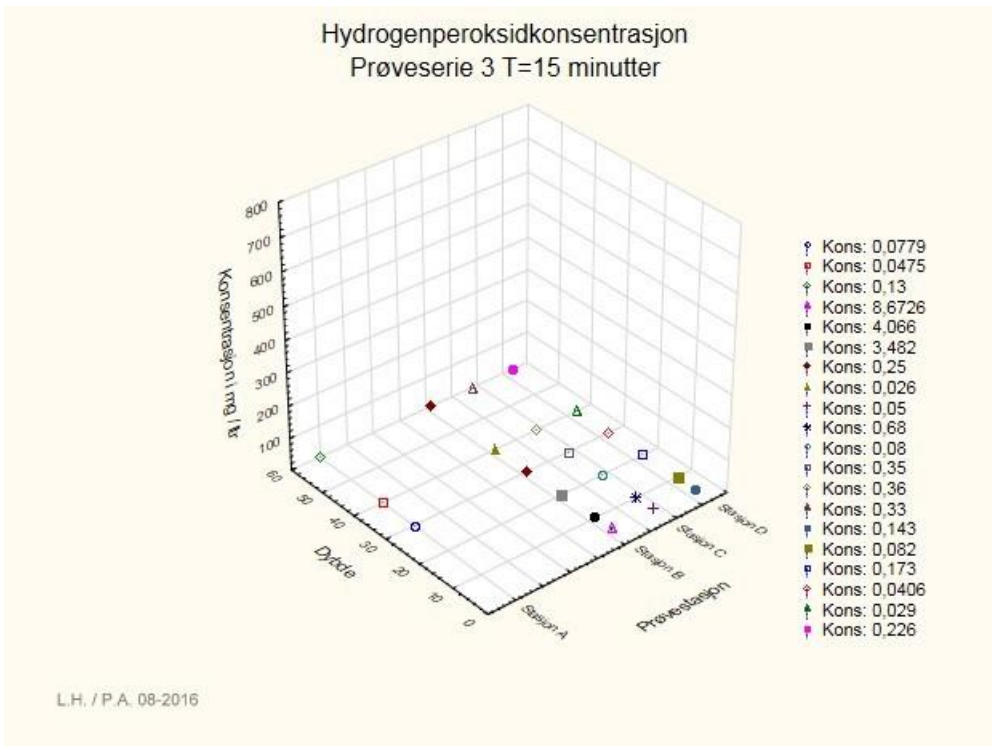


Figur 3.14: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 2 minutter etter at presenningen ble sluppet.

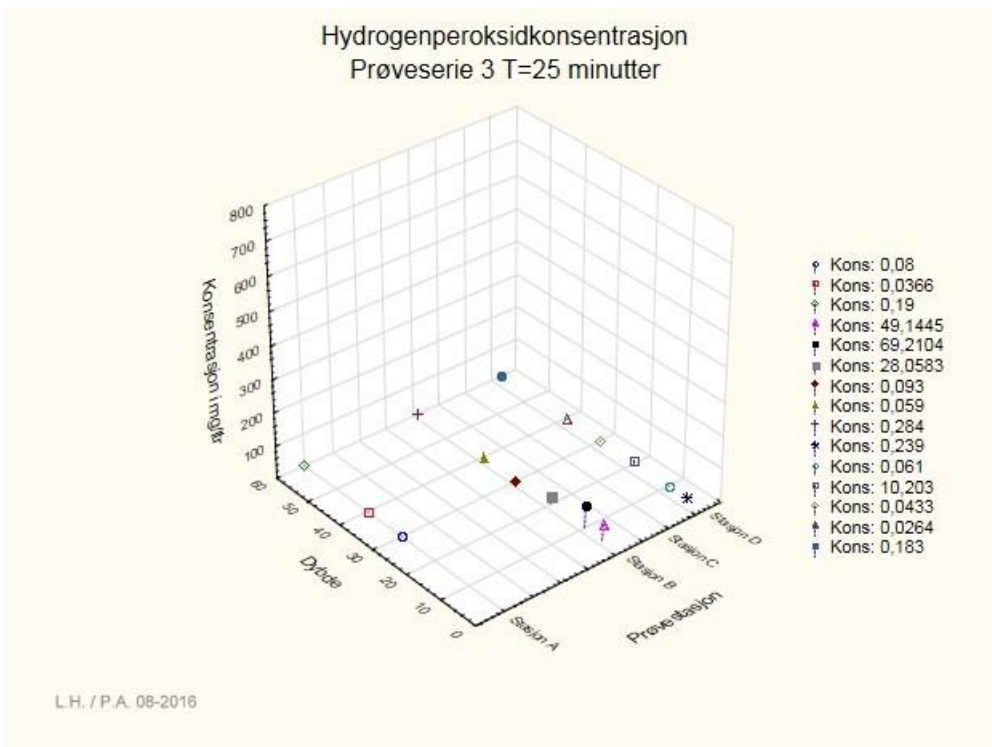


Figur 3.15: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 8 minutter etter at presenningen ble sluppet.





Figur 3.16: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 15 minutter etter at presenningen ble sluppet.



Figur 3.17: H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-konsentrasjonen (mg/liter) på alle dyp og prøvestasjoner, 25 minutter etter at presenningen ble sluppet.

## 4. Konklusjon / oppsummering

Egenvekten av hydrogenperoksid er omtrent 1.2 kg/liter når løsningen består av 50 % hydrogenperoksid og 50 % vann. Sjøvann har egenvekt 1.025 kg/liter ved 4°C og 33 ‰ saltinnhold. Behandlingsløsningen i disse forsøksseriene var homogen og med hydrogenperoksidkonsentrasjoner i området 1700-2300 mg/liter. Egenvekten av en slik løsning er tilnærmet lik sjøvann.

Det ble benyttet så følsomme analysemetoder at det ble registrert konsentrasjoner av hydrogenperoksid ved alle prøvedyp og -tidspunkt.

Ved alle tre prøveseriene ble det foretatt en referanseprøve 5 minutter før presenningen ble fjernet (T = -5 minutter). På stasjon B1 ble det målt 23.20 mg/liter på 20 meters dyp, noe som tilsvarer ca. 1 % av behandlingskonsentrasjonen. Disse referanseprøvene som ble tatt 5 minutter før presenningen ble fjernet viser litt lekkasje fra presenningen under badebehandlingen med hydrogenperoksid.

### *Prøveserie 1 - Behandlingskonsentrasjonen var 2300 mg/liter*

Maksimal konsentrasjon av hydrogenperoksid utenfor merden ble målt til 777.83 mg/liter, ved stasjon C. Denne konsentrasjonen ble målt på 15 meters dyp 10 minutter etter at presenningen ble sluppet, og tilsvarer 33.9 % av behandlingskonsentrasjonen.

Generelt viser målingene horisontal drift av behandlingsløsningen i strømrretningen etter presenningslipp. Høyeste verdier finnes ved ytterkanten av merden i strømrretningen ved stasjon B og C.

### *Prøveserie 2 - Behandlingskonsentrasjonen var 1700 mg/liter*

Maksimal konsentrasjon av hydrogenperoksid ble målt i senter av merden, ved prøvestasjon A, etter 8 minutter på 60 meters dyp. Konsentrasjon var 723,56 mg/liter, noe som tilsvarer 43 % av behandlingskonsentrasjonen. Påfølgende serier på dette dypet viser gradvis fortykning og etter 25 minutter ble det målt 271,74 mg/liter, altså 16 % av behandlingskonsentrasjonen.

Prøvene ved ytterkanten av merden (stasjon B) viser de høyeste verdiene etter 4, 6 og 8 minutter etter presenningslipp, med verdier i området 600 - 700 mg/liter på 5 meters dyp. Etter 20 og 25 minutter oppstår det et vannvolum med høyere verdier enn forutgående målinger, dette vannvolumet registreres på 5 og 10 meters dyp ved stasjon B. Ved stasjon C måles høyeste verdi på 10 meters dyp etter 25 minutter med 87.58 mg/liter, som tilsvarer drøyt 5 % av behandlingskonsentrasjonen. Stasjon D viser høyeste konsentrasjon, 61.39 mg/liter, tilsvarende 3.6 % av behandlingskonsentrasjonen etter 20 minutter på 10 meters dyp.

### *Prøveserie 3 - Behandlingskonsentrasjonen var 1800 mg/liter*

Generelt viser prøveserie 3 lave restverdier av hydrogenperoksid etter avlusningen. Dette er atypiske verdier i forhold til prøveserie 1 og 2, og kan skyldes lokale forhold der vannstrømmen transporterer restkonsentrasjoner av hydrogenperoksid i andre retninger enn mot prøvestasjonene. Alle målingene på stasjon A (alle dyp og tidspunkt) viser verdier under 1 mg/liter. Høyeste verdi på stasjon B er på 10 meters dyp etter 25 minutter og viser 69.21 mg/liter, som tilsvarer 3.8 % av behandlingskonsentrasjonen. Lengre ut fra merden, på stasjon C er høyeste verdi 1.41 mg/liter (0.08 % av behandlingsverden). På stasjon D er høyeste verdi 10.20 mg/liter som er 0.56 % av behandlingsverdien.

### Generelt:

- Vannstrømmen ble målt i alle forsøksperiodene og viser en klar hovedstrøm i sydlig retning og viser at målestasjonene ble plassert rett.
- Restene av behandlingsløsningene viser både horisontal og vertikal bevegelse, og dette tolkes som et resultat av vannstrøm.
- Variasjonene i spredningsmønstrene mellom forsøksseriene tolkes som lokale strømvariasjoner under de forskjellige prøveseriene.
- Behandlingsløsningen fortynnes raskt utenfor behandlingsvolumet både i avstand fra behandlingsvolumet og tid. Denne fortynningen ses tydelig i prøveserie A2 ved bunn.
- Vannvolum med høyere konsentrasjon av hydrogenperoksid ble påvist i forsøksserie 2 og tolkes som et resultat av lokale strømstøt som tar med seg hydrogenperoksidblanding ut av merden etter en periode med relativt strømstille.

Et forsøk av denne typen må tilpasse seg oppdrettsanleggets rutiner og krever tett samarbeid med personellet som gjennomfører avlusningen.

Forsøksdesignet fungerte bra og ble gjennomført etter planen. Resultatene ville ha blitt mer utfyllende hvis målingene av restkonsentrasjonen hadde vært noe utvidet i tid og rom, og følgende bør vurderes ved framtidig prosjektgjennomføring:

- Lengre prøvetakingsperiode.
- En prøvetakingsstasjon lengre ut fra merdkanten.
- En prøvetakingsstasjon i behandlingsvolumet.
- En prøvetakingsstasjon ved alle dyp før første behandling (referanseprøve).
- Lokal strømmåling (punkt doppler måler) nærmere behandlingsvolumet.

## 5. Referanser

Bader, H., Sturzenegger, V., Hoigné, J., 1988. Photometric method for the determination of low concentrations of hydrogen peroxide by the peroxidase catalyzed oxidation of N,N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD). Water Research 22, 1109-1115.

eKlima. Meteorologisk institutt. Klimadatabase med observasjoner fra samtlige av Meteorologisk institutt sine målestasjoner.

Fagereng, M. B., 2016. Bruk av hydrogenperoksid i oppdrettsanlegg; fortynningsstudier og effekter på blomsterreke (Masteroppgave, Senter for farmasi, Universitetet i Bergen). Havforskningsinstituttet.

Fagereng, M., Haavik, S., 2015. Monitoring of hydrogenperoxide in surrounding seawater after treatment of farmed fish in netpen.

Folkehelseinstituttet, 2016.

<https://www.fhi.no/hn/legemiddelbruk/fisk/forbruket-av-lakselusmidler-er-fort/>

# Vedlegg 1

Tabell VI.1: Vannstrømhastighet (V, cm/sek) og vannstrøm retning (D, deg) på 5, 10, 20, 30 og 40 meters dyp ved prøvetaking under serie 1 den 14.04.2016 kl. 13:28-14:04.

	5 m		10 m		20 m		30 m		40 m	
	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]
14.04.2016 13:28	3,9	3	2,4	41	7,5	158	4,7	187	4	147
14.04.2016 13:32	2,4	24	1,5	55	2,1	131	9	198	3,4	169
14.04.2016 13:36	2,4	214	5,8	201	6,2	172	4,2	153	6,5	156
14.04.2016 13:40	4,2	9	2,5	32	3	220	6,5	167	3	171
14.04.2016 13:44	2,2	283	4,3	140	6,1	138	7,8	197	2,8	102
14.04.2016 13:48	7,2	236	4,5	251	7,6	172	6,3	159	5,4	145
14.04.2016 13:52	2,7	244	4,7	216	6,3	170	7	159	5,5	126
14.04.2016 13:56	4,1	211	4,8	45	5	179	8,2	175	1,3	103
14.04.2016 14:00	3,7	262	5,4	220	5,9	189	8,3	113	4,4	152
14.04.2016 14:04	0,5	131	5,7	170	2,5	148	3,1	142	3,1	243
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>3,3</b>	<b>162</b>	<b>4,2</b>	<b>137</b>	<b>5,2</b>	<b>168</b>	<b>6,5</b>	<b>165</b>	<b>3,9</b>	<b>151</b>

Tabell VI.2: Vannstrømhastighet (V, cm/sek) og vannstrøm retning (D, deg) på 5, 10, 20, 30 og 40 meters dyp ved prøvetaking under serie 2 den 14.04.2016 kl. 19:40-20:12.

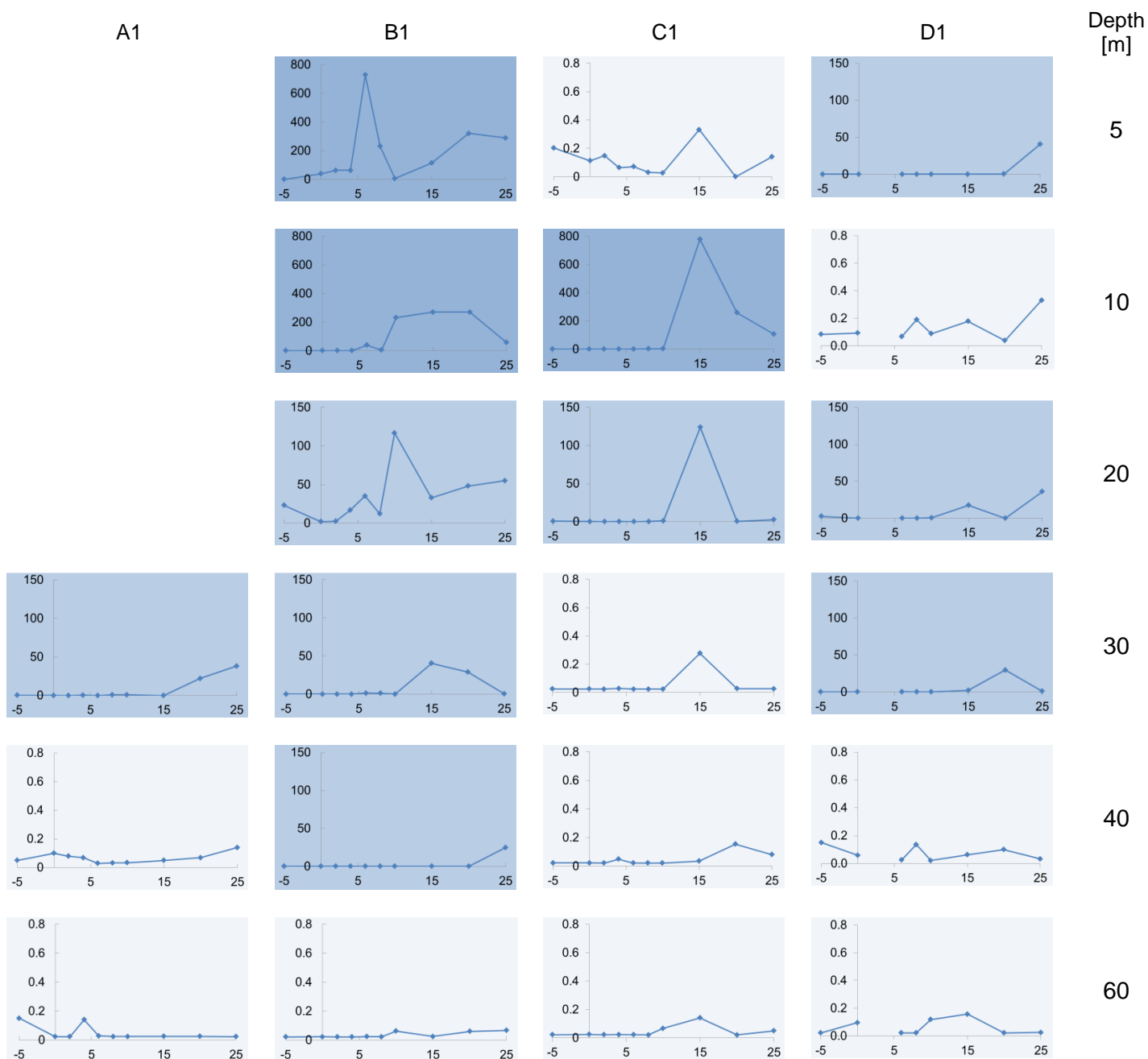
	5 m		10 m		20 m		30 m		40 m	
	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]
14.04.2016 19:40	8,5	173	5,6	185	6	178	10,1	194	2,2	69
14.04.2016 19:44	12,9	183	9,4	178	7,3	193	7,5	203	3,9	305
14.04.2016 19:48	4,4	171	8,3	179	7,7	191	11,5	210	4,9	274
14.04.2016 19:52	7,3	211	7,6	173	7,5	206	9,7	180	3	269
14.04.2016 19:56	8,3	204	5,8	183	6,4	204	8,6	202	2,5	234
14.04.2016 20:00	3,3	162	5	189	8,2	215	5,1	211	2,6	220
14.04.2016 20:04	5,9	224	7,5	172	7,6	195	7	175	3	31
14.04.2016 20:08	7,6	183	8,1	215	8,1	207	7	207	1,3	23
14.04.2016 20:12	6,2	185	6	170	8,7	223	10	193	3,9	4
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>7,2</b>	<b>189</b>	<b>7,0</b>	<b>183</b>	<b>7,5</b>	<b>201</b>	<b>8,5</b>	<b>197</b>	<b>3,0</b>	<b>159</b>

Tabell VI.3: Vannstrømhastighet (V, cm/sek) og vannstrøm retning (D, deg) på 5, 10, 20, 30 og 40 meters dyp ved prøvetaking under serie 3 den 15.04.2016 kl. 18:52-19:16.

	5 m		10 m		20 m		30 m		40 m	
	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]	V [cm/sek]	D [deg]
15.04.2016 18:52	6	197	2,9	171	8,3	189	9,4	177	2,9	273
15.04.2016 18:56	6,8	203	5	223	8,8	192	11,3	186	6,4	220
15.04.2016 19:00	2,2	256	4,2	186	6,1	185	8,6	185	4,6	217
15.04.2016 19:04	5,8	82	4,5	183	9,5	188	8,4	173	3,7	263
15.04.2016 19:08	1	279	7,4	215	5,2	184	13,6	198	5,9	215
15.04.2016 19:12	1,5	248	1,6	192	8,7	173	12	178	6,2	215
15.04.2016 19:16	4,6	186	6,4	186	7,1	183	10,5	185	7,9	255
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>4,0</b>	<b>207</b>	<b>4,6</b>	<b>194</b>	<b>7,7</b>	<b>185</b>	<b>10,5</b>	<b>183</b>	<b>5,4</b>	<b>237</b>

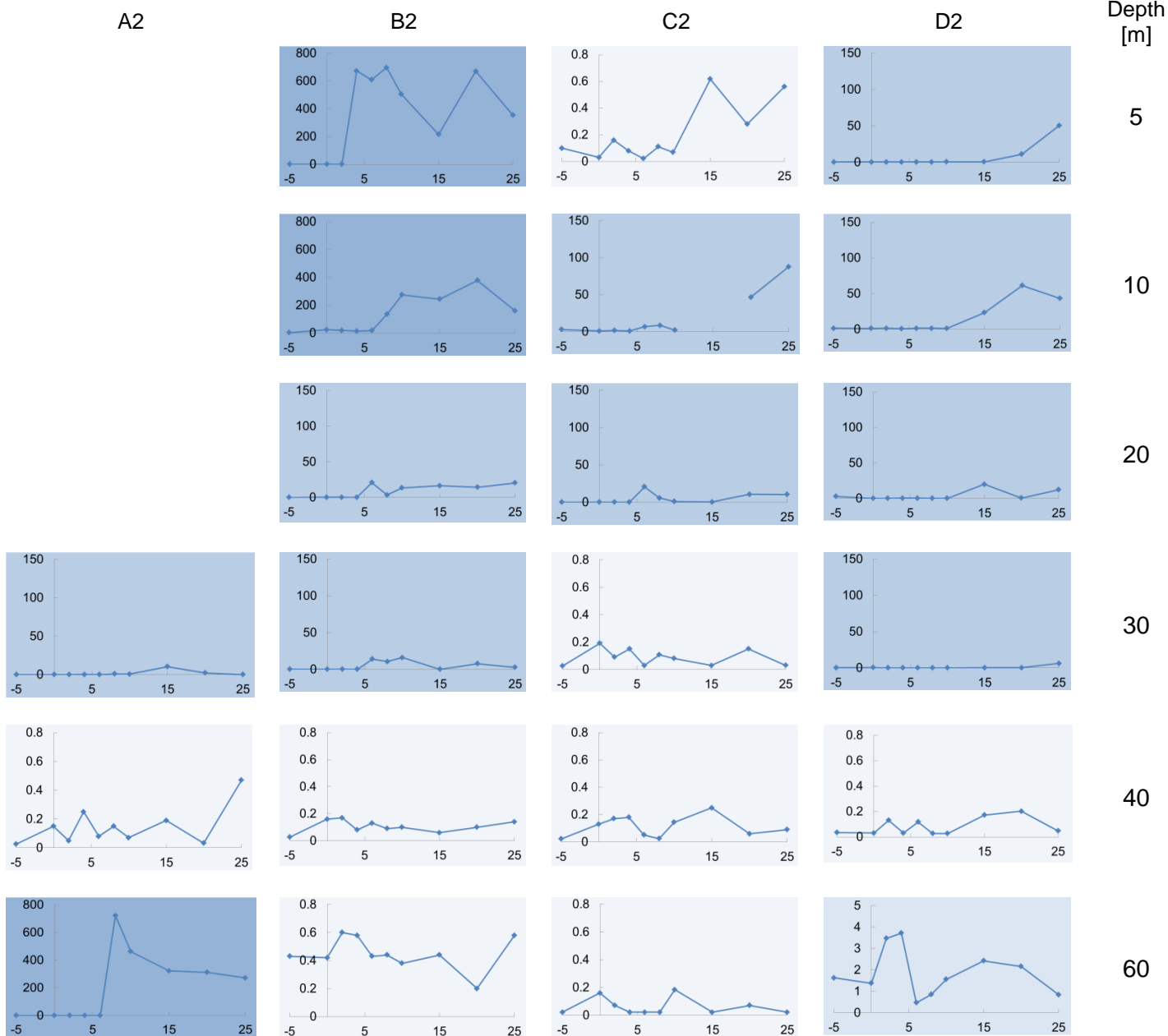
# Vedlegg 2

Prøveserie 1 – Behandlingskonsentrasjonen av  $H_2O_2$  var 2300 mg/liter.



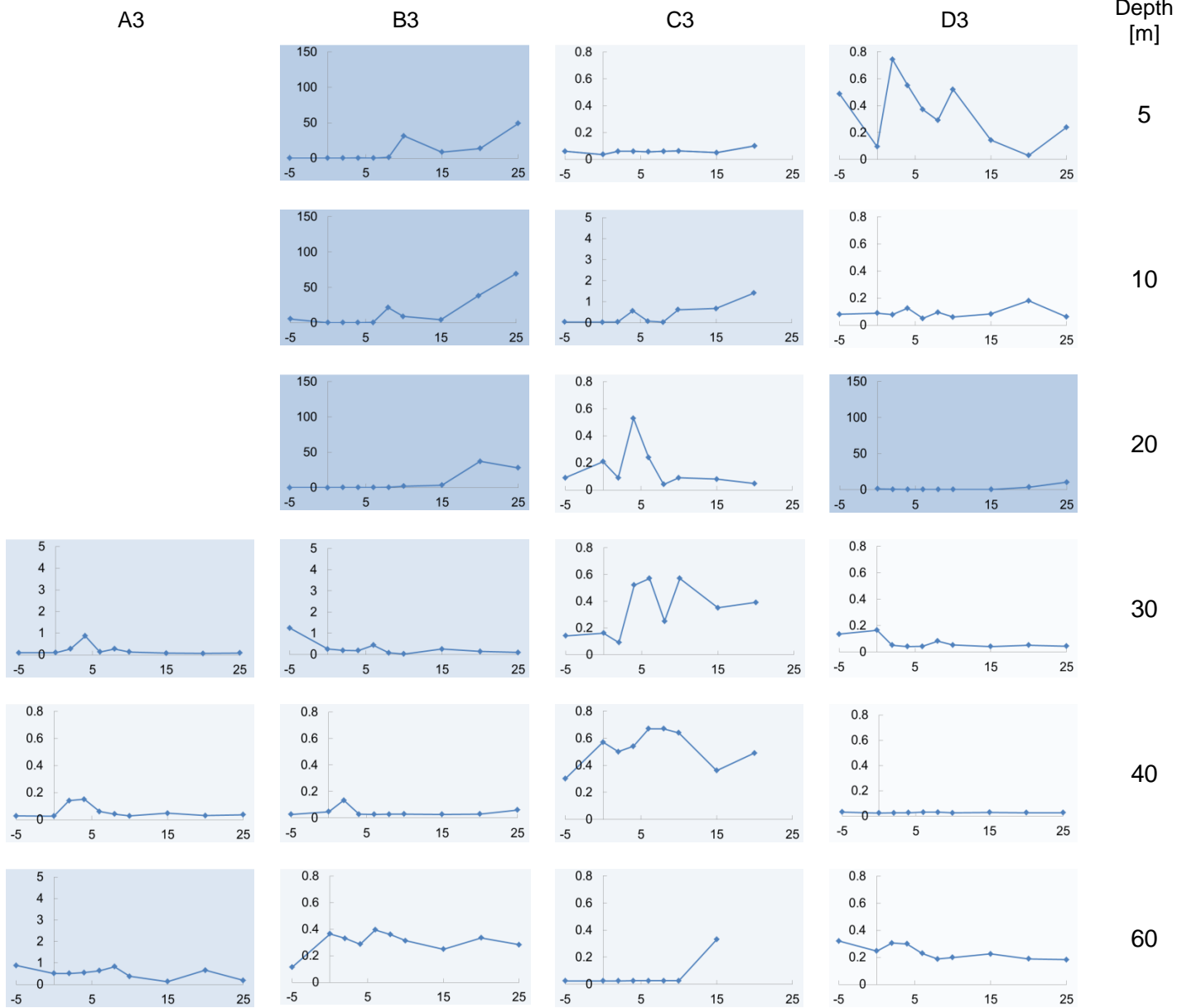
Figur V2.1: Målte konsentrasjoner av hydrogenperoksid fordelt på dybde (0-60 meter) og stasjonene A1, B1, C1 og D1. Hver enkeltfigur viser tiden (minutter) langs X-aksen. T=O (origo) representerer "tidspunktet" når behandlingen var ferdig og presenning ble sluppet. Y-aksen viser konsentrasjon av hydrogenperoksid i mg/liter. Da konsentrasjonsforskjellene var store er skalaene langs y-aksen ikke identiske.

Prøveserie 2 - Behandlingskonsentrasjonen av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var 1700 mg/liter.



Figur V2.2: Målte konsentrasjoner av hydrogenperoksid fordelt på dybde (0-60 meter) og stasjonene A2, B2, C2 og D2. Hver enkeltfigur viser tiden (minutter) langs X-aksen. T=0 (origo) representerer "tidspunktet" når behandlingen var ferdig og presenning ble sluppet. Y-aksen viser konsentrasjonene av hydrogenperoksid i mg/liter. Da konsentrasjonsforskjellene var store er skalaene langs y-aksen ikke identiske.

Prøveserie 3 – Behandlingskonsentrasjonen av H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> var 1800 mg/liter.

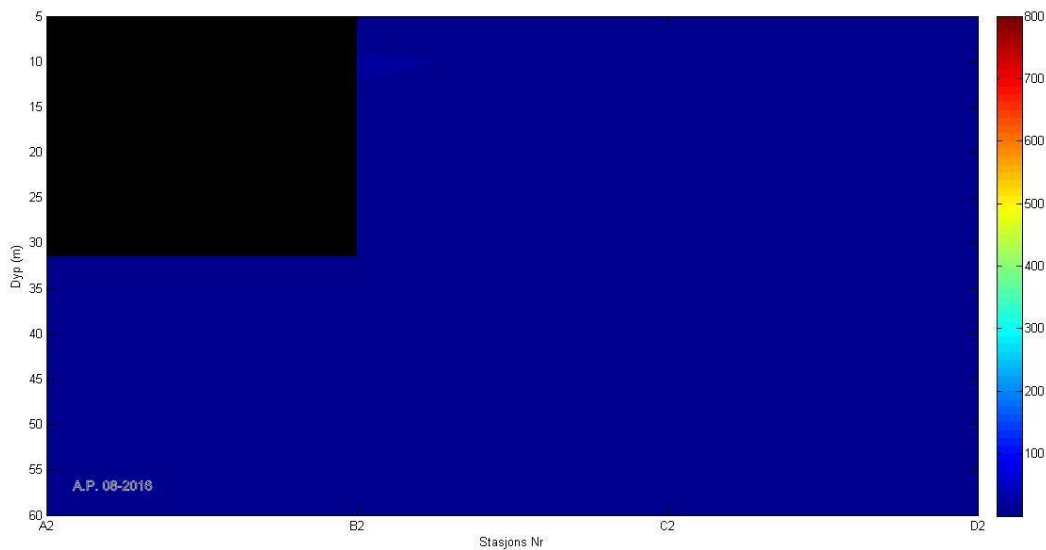


Figur V2.3: Målte konsentrasjoner av hydrogenperoksid fordelt på dybde (0-60 meter) og stasjonene A3, B3, C3 og D3. Hver enkeltfigur viser tiden (minutter) langs X-aksen. T=0 (origo) representerer "tidspunktet" når behandlingen var ferdig og presenning ble sluppet. Y-aksen viser konsentrasjonene av hydrogenperoksid i mg/liter. Da konsentrasjonsforskjellene var store er skalaene langs y-aksen ikke identiske.

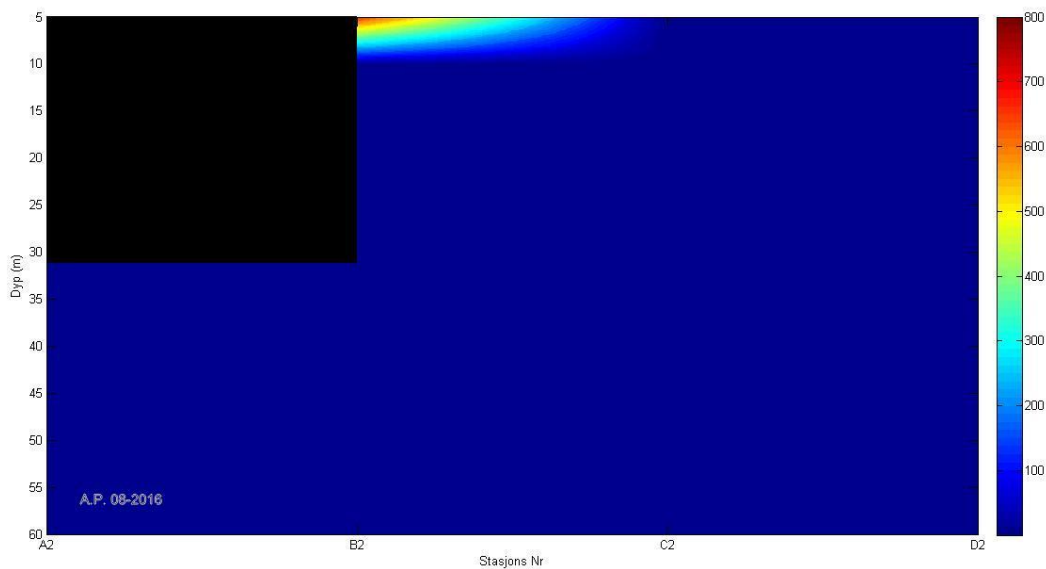


## Vedlegg 3

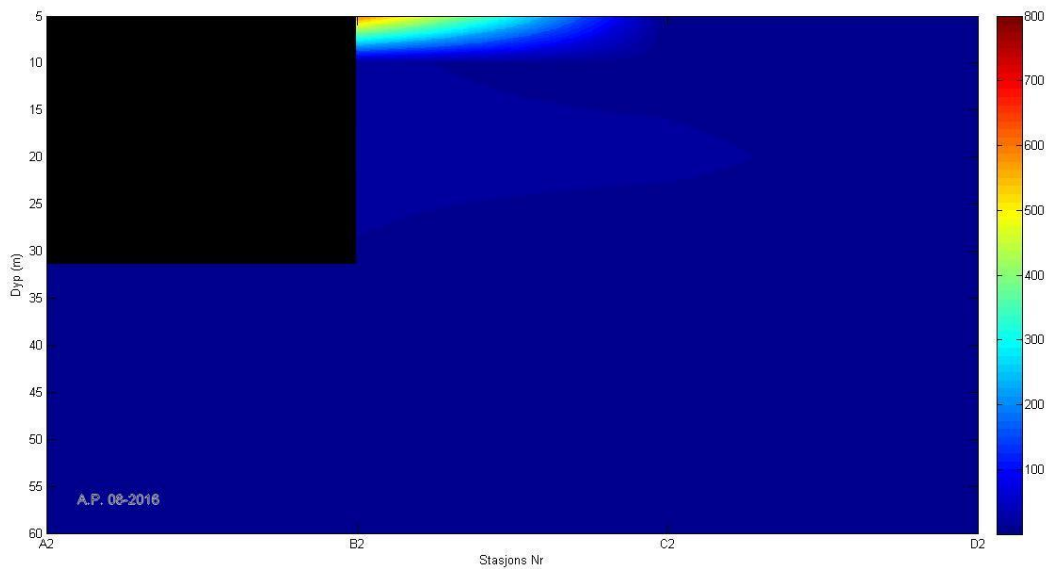
Prøveserie 2 - Behandlingskonsentrasjonen av  $H_2O_2$  var 1700 mg/liter.



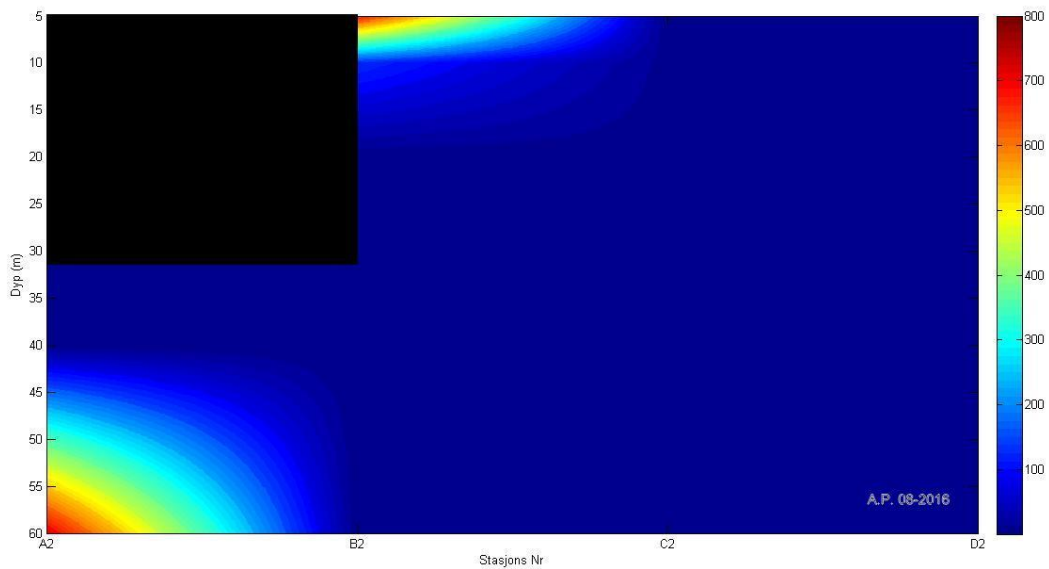
Figur V3.1: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 2 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



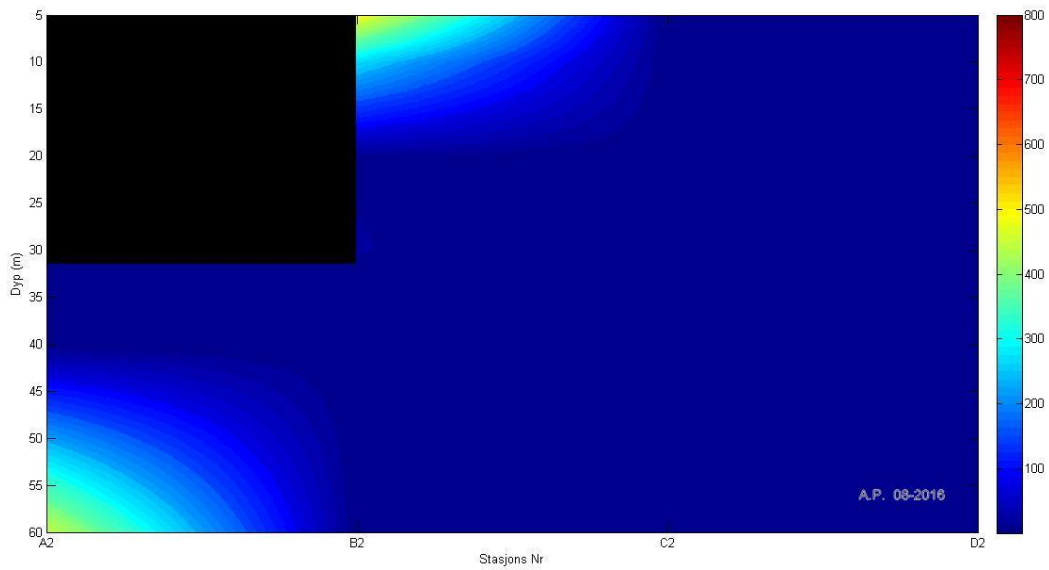
Figur V3.2: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 4 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



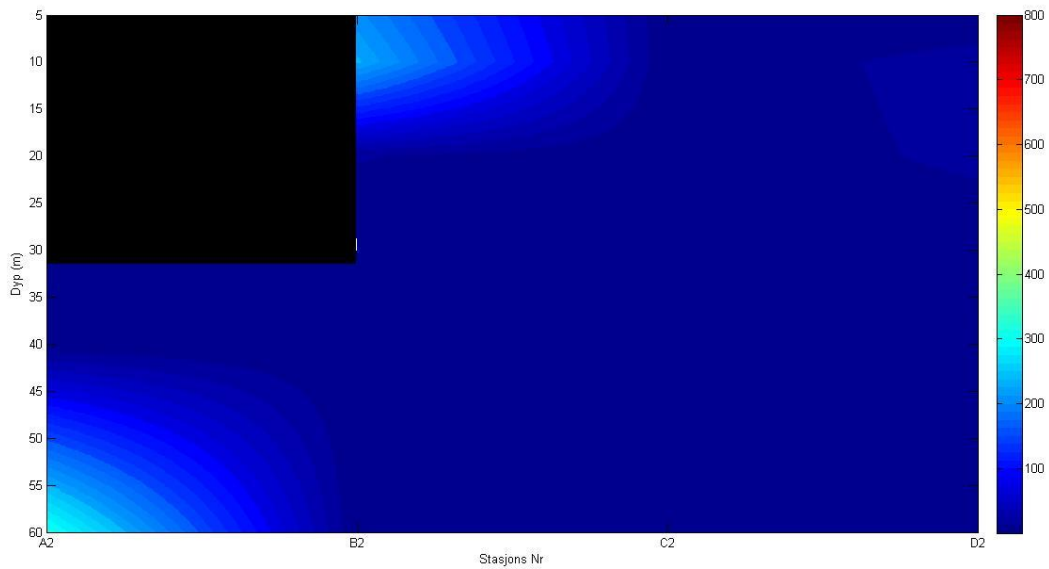
Figur V3.3: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 6 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



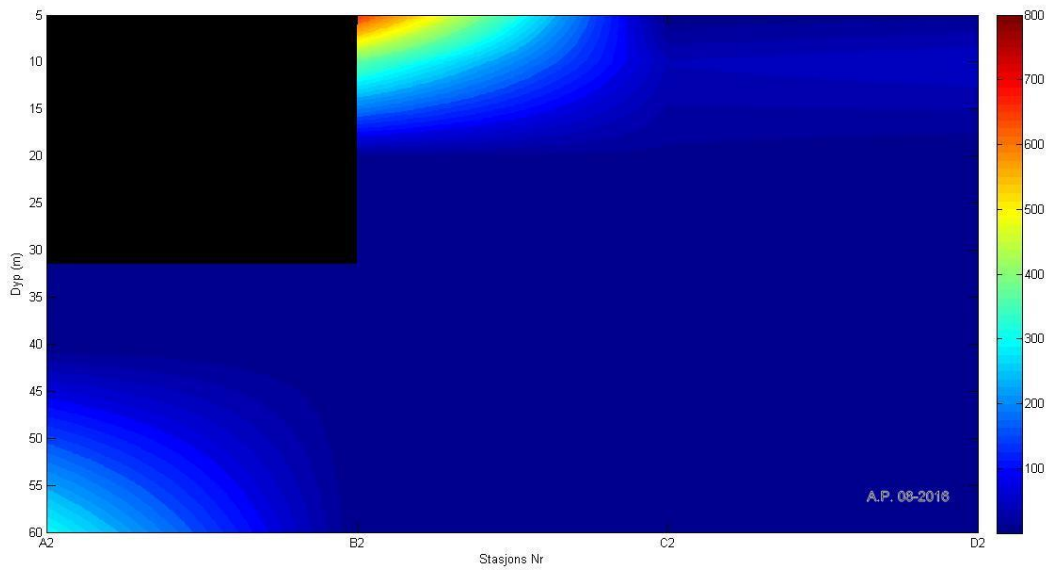
Figur V3.4: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 8 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



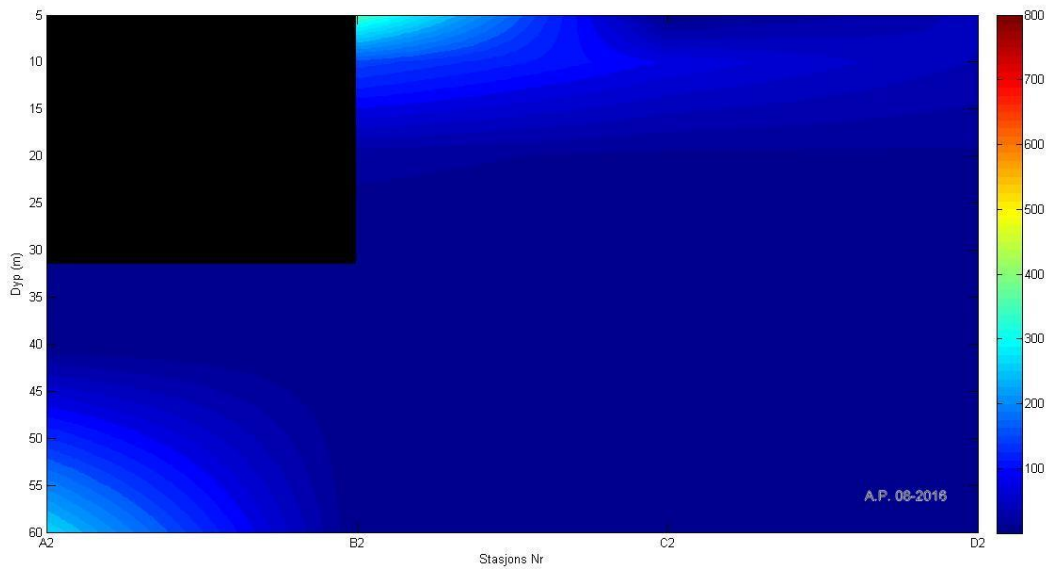
Figur V3.5: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 10 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



Figur V3.6: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 15 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



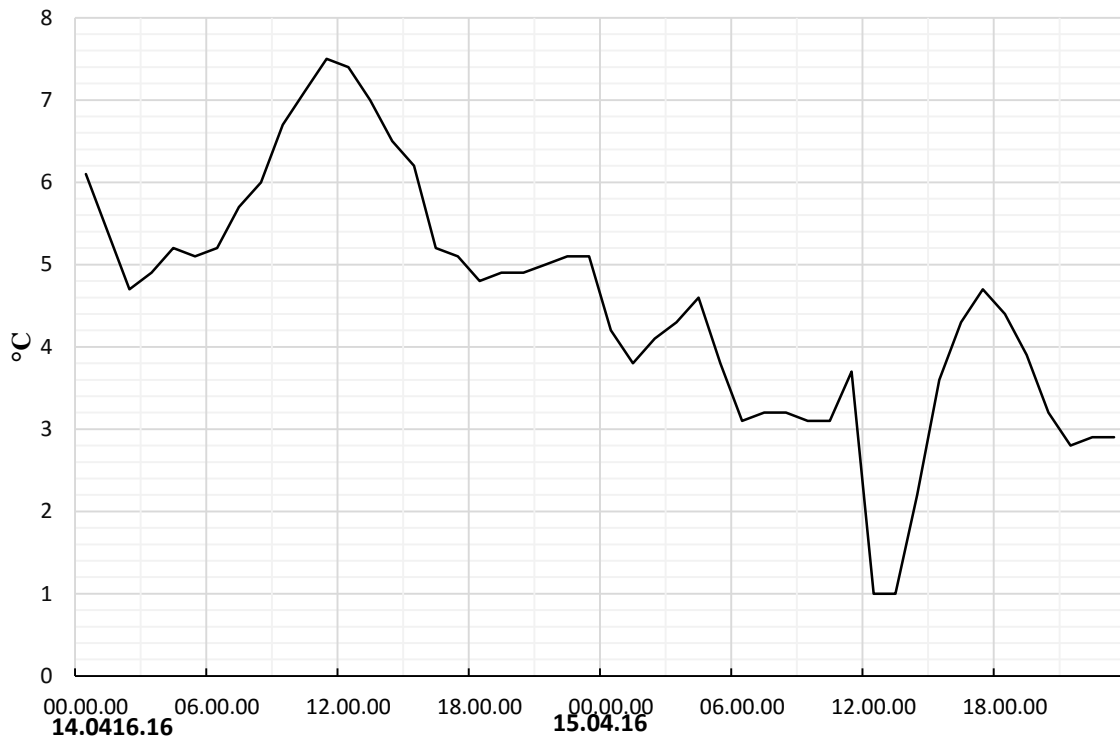
Figur V3.7: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 20 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.



Figur V3.8: Visuell fremstilling av konsentrasjonsforskjellene i prøvetakingsvolumet, 25 minutter etter presenningslipp. Dataene er lineært interpolert til et rutenett med steg 0.2 på x-aksen og 0.5 på y-aksen. Svart firkant øverst i ventre hjørne beskriver merdvolumet.

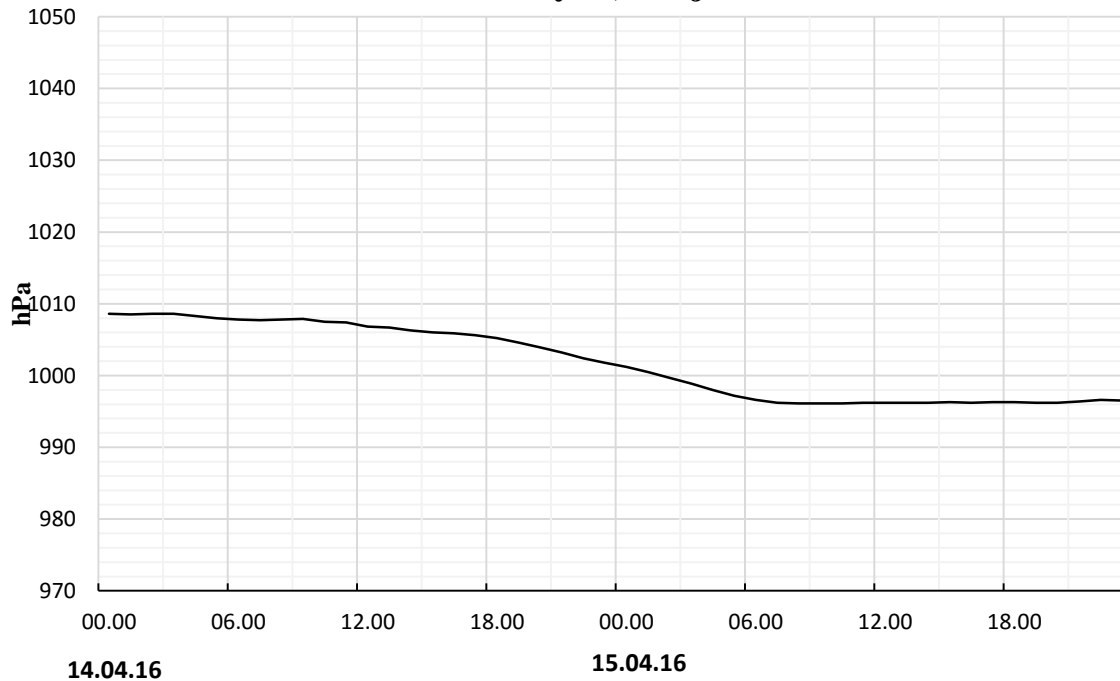
# Vedlegg 4

## Lufttemperatur, Fedje



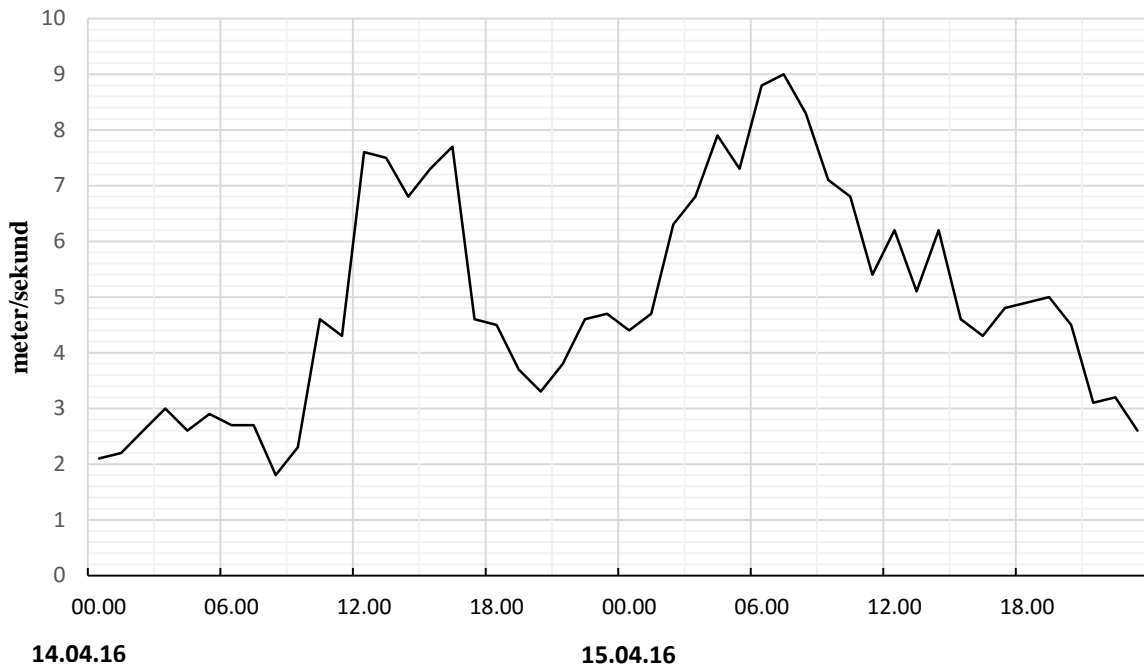
Figur V4.1: Lufttemperatur (°C) ved Fedje i perioden 14. – 15. april 2016.

## Luftrykk, Fedje



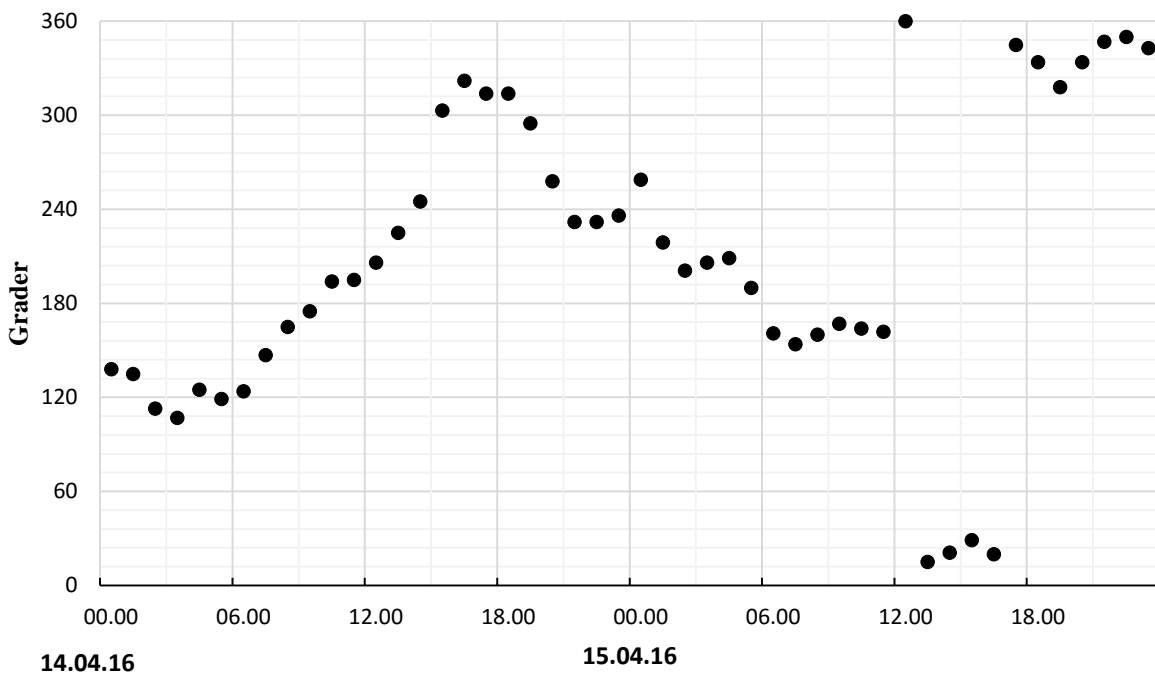
Figur V4.2: Atmosferisk luftrykk (hPa) ved Fedje i perioden 14. – 15. april 2016.

### Vindhastighet, Fedje



Figur V4.3: Vindhastighet (meter/sekund) ved Fedje i perioden 14. – 15. april 2016.

### Vindretning, Fedje



Figur V4.4: Vindretning (kompassgrader, °) ved Fedje i perioden 14. – 15. april 2016. Oppgis som retningen vinden blåser fra.