

# Testing av snorkel for Coandainntak

**Niklas Kovanen Sæten**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: desember 2016

Hovedveileder: Leif Lia, IVM

Medveileder: Professor Knut Alfredsen, IVM

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for vann- og miljøteknikk



## Sammendrag

Denne oppgaven er en studie på en snorkel laget for et Coandainntak. Coandainntaket viser seg å fungere bra med tanke på selvrensing, men det er utsatt for blokkering av is som legger seg på inntaket. Hallbjørn Brekke i Tafjord Kraftproduksjon AS har utviklet en snorkel, som har som hensikt å opprettholde sirkulasjon av vannmassen i samlekanalen og samlekummen, når inntaket blokkeres av is. På den måten forhindres isdannelse i samlekummen og i samlekanalen, slik at systemet er klart til drift så fort vannet finner veien under isen som blokkerer Coandaristene. Snorkelen har vært montert på inntaket på Dyrkorn kraftverk over lengere tid, men dens funksjon har aldri blitt dokumentert.

For å dokumentere effekten av snorkelen har det blitt plassert ut en Shallow Water Ice Profiling Sonar, SWIPS, i inntaksmagasinet på Dyrkorn, som skal dokumentere mengden sarr i vannet. En modell av snorkelen er bygd og testet på en fullskala Coandaristmodell. Samtidig med forsøk i laboratoriet har inntaket blitt overvåket via webkamera og observasjoner herfra, samt observasjoner gjort ved flere feltturer, diskuteres. Det er gjort en vurdering på om snorkelen kan klare å levere nok vann til at kraftproduksjonen ikke trenger å stanse ved blokkering av inntaket.

Modellforsøk har avdekket at snorkelen vil, ved ekstreme tilfeller, kunne fungere som en hevert, en situasjon som ikke bør oppstå. Som hevert vil snorkelen kunne tappe ned magasinet og levere en vannmengde forskjellig fra den naturlige vannføringen. Det er vist at snorkelen kan ha noe for seg, med tanke på å begrense nedkjølingen vannet blir utsatt for, og at den vil kunne bidra til å tidligere islegge magasinet. Dens viktigste bidrag anses likevel for å være at den tar inn varmere vann som ikke inneholder sarrpartikler, men dette har ikke blitt bevist. Å bevise at vannet som strømmer gjennom snorkelen er varmere og sarrfritt vil være neste steg i dokumenteringen av snorkelen.



## Abstract

This thesis is a study on a snorkel made for a Coanda intake. The Coanda intake's self-cleaning capabilities has proven to work well, but it is prone to blockage due to frazil ice. Hallbjørn Brekke in Tafjord Kraftproduksjon AS has developed a snorkel, which is intended to maintain the circulation of the water in the canal underneath the screens, when the intake is blocked by ice. This will prevent ice from forming in the canal, thus leaving the system ready for operation as soon as the water finds its way under the ice. A snorkel has been mounted on the intake at Dyrkorn power plant over a long time, but its function has never been documented.

To document the effect of the snorkel a Shallow Water Ice Profiling Sonar, SWIPS, has been deployed in the reservoir at Dyrkorn. The SWIPS is used to document the amount of frazil ice present in the water. A model of the snorkel was built and tested on a full scale Coanda screen model. The intake at Dyrkorn have been monitored via webcam and observations done with the webcam, as well as observations made by several field trips, are discussed. The snorkels capacity has been estimated to see if it can deliver enough water to avoid stopping the power plant during the event of the intake being blocked.

Model tests have revealed that the snorkel, in extreme cases, could act as a siphon, a situation that should be avoided. As a siphon the snorkel could drain the reservoir and deliver a flow different from the natural flow of the river. It is shown that the snorkel may contribute to reduce the cooling of the water due to surface heat exchange, and to earlier establish surface ice on the reservoir. Its main contribution is assumed to be that the water on the bottom of the reservoir is warmer than the surface water and that it does not contain frazil ice. This has not been proven and should be the next step in the documentation of the snorkel.



## Forord

Med denne oppgaven avsluttes nå seks og et halvt år som student i Trondheim og

Jeg ønsker å takke Tafjord Kraftproduksjon AS som har vært svært behjelpelige med utplassering av måleutstyret og svart på mine mange spørsmål. Takk også til Jon Olav Volden, prosjektleder hos Norsk Grønnkraft AS, for informasjon om og bilder av deres Coandainntak i Todalen. En stor takk rettes til mine veiledere professor Leif Lia og professor Knut Alfredsen, som har hjulpet meg med mine mange spørsmål og vist engasjement for oppgaven, som har gitt meg mye motivasjon.

Den største takken går til min samboer Jannike, som har gått gravid med vårt barn lenger enn jeg har jobbet med denne oppgaven, og fødte vår datter Oda to uker før innlevering.

Trondheim, 17. desember 2016



---

Niklas Kovanen Sæten





# Innholdsfortegnelse

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>III</b>
<b>FORORD .....</b>	<b>V</b>
<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2 BAKGRUNN .....</b>	<b>3</b>
2.1 Isdannelse .....	3
2.2 Coandainntak.....	6
2.3 Dyrkorn Kraftverk.....	9
2.4 Tverråne og Nybuelve kraftverk .....	10
2.5 Shallow Water Ice Profiling Sonar (SWIPS).....	12
<b>3 SNORKELLEN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Gjennomgang av dagens løsning .....	13
3.2 Snorkelens kapasitet.....	16
3.3 Snorkelmodell i laboratoriet.....	19
3.4 Testing av modellen .....	20
3.5 Modellforsøk i kjølerom .....	24
3.6 Logging av sarr på Dyrkorn .....	25
<b>4 FELTOBSERVASJONER AV COANDAINNTAKET I DRIFT .....</b>	<b>29</b>
4.1 Utplassering av SWIPS, Dyrkorn, 29. mars 2016 .....	29
4.2 Blokkering Dyrkorn 6. november 2016 .....	30
4.3 Utplassering av SWIPS, Dyrkorn, 17. november 2016 .....	34
4.4 November 2016, Tverråne og Nybuelve kraftverk .....	35
<b>5 VURDERING AV OBSERVASJONER .....</b>	<b>39</b>
5.1 Effekt av snorkelen .....	39
5.2 Hevertfunksjon.....	41
5.3 Praktiske utfordringer .....	41
<b>6 KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID .....</b>	<b>43</b>
<b>7 REFERANSER.....</b>	<b>45</b>
<b>VEDLEGG A: DATABLAD SWIPS .....</b>	<b>I</b>
<b>VEDLEGG B: RAPPORT UTPLASSERING AV MÅLEUTSTYR PÅ DYRKORN, 17.11.16.....</b>	<b>XIX</b>

## Figurliste

Figur 1 Coandainntaket på Dyrkorn. Snorkelen er plassert helt til høyre på inntaket. ....	2
Figur 2 Prinsippskisse Coandainntak (Aquashear, 2016) .....	7
Figur 3 Inntaket til Dyrkorn kraftverk (Brødrene Dahl, u.d., s. 3).....	8
Figur 4 Inntaket til Nybuelve kraftverk.....	10
Figur 5 Inntaket til Tverråne kraftverk. Spruten fra Coandarista litt til venstre for midten skyldtes et nylonstrå fra en børste brukt til rengjøring, som hadde satt seg fast i en spalte. ...	10
Figur 6 Inntaket på Nybuelve, 14. august 2016. ....	11
Figur 7 Snorkelen som er montert på Dyrkorn. Her sees også planken som er montert på damkrona for å heve vannspeilet.....	13
Figur 8 Her er vannføring så stor at snorkelen overtoppes. Dette fører til et ekstra vanntap på grunn av stagene montert på utsiden av snorkelen.....	15
Figur 9 Modell av snorkel.....	19
Figur 10 Modell av fullskala Coandarist.....	20
Figur 11 Her er det øvre magasinet hevet for å for ekstra stor overtopping. Dette for å sørge for at snorkelen blir til en hevert.....	21
Figur 12 Her fungerer snorkelen som en hevert. Ut fra de øverste spaltene kommer det inn luft som dras nedover.....	23
Figur 13 Undersiden av Coandarista når den fungerer som hevert. Vanligvis ville vannet blitt tatt inn fra de første spaltene av. ....	23
Figur 14 Plassering av utstyr på Dyrkorn: 1 – snorkel. 2 – SWIPS, temperaturlogger og trykklogger. 3 – temperaturlogger like under overflaten. 4 – viltkamera, trykklogger og webkamera. 5 – viltkamera. ....	25
Figur 15 Rød ring viser hvor SWIPS er plassert. Til venstre for SWIPS sees en stor haug med blader og sand/grus.....	28
Figur 16 Snorkelen ligger her under snø og isen har lagt seg inntil snorkelen hvor hastigheten er lav. Det er åpen råk inntil dammen og langs land på høyre side. ....	29
Figur 17 Bildene viser utvikling av isen som legger seg på inntaket. Bilde c) viser tilstanden ca. når kraftverket måtte stanse. (Foto: Tafjord Kraftproduksjon AS).....	31
Figur 18 Termperaturutvikling før, under og etter blokkeringene, 6. november til 14. november .....	32
Figur 19 Vannføringen og produksjon på Dyrkorn, 6. november til 14. november. ....	32
Figur 20 11. november kl. 09.18. ....	33
Figur 21 Fortsatt tydelig deformasjon etter montering av en trekloss. ....	34
Figur 22 Her er deformasjonen ferdig utbedret, men fortsatt er innløpet ujevnt. ....	34
Figur 23 Nybuelve, 4. november, kl. 09.09 (Foto: Norsk Grønnkraft AS).....	35
Figur 24 Nybuelve, 7. november, kl. 13.36 (Foto: Norsk Grønnkraft AS).....	35
Figur 25 Tverråne, 7. november, kl. 13.36 (Foto: Norsk Grønnkraft AS).....	36
Figur 26 Tverråne, 8. november, kl. 10.43 (Foto: Norsk Grønnkraft AS).....	36
Figur 27 Tverråne, 14. november 2016 kl. 10.43 (Foto: Norsk Grønnkraft AS).....	37

## Tabelliste

Tabell 1 Kilder til varmeutveksling mellom vannoverflaten og atmosfæren.....	3
Tabell 2 Loggeintervall til de forskjellige loggerne.....	26
Tabell 3 Oppsett SWIPS .....	27



# 1 Innledning

Våren 2011 ble Dyrkorn kraftverk, eid av Tafjord Kraftproduksjon AS, satt i drift på Dyrkorn i Stordal kommune. Kraftverket benytter Norges første Coandainntak, et selvrensende inntak for småkraft. Coandainntaket består av rister montert på en terskel. Vannet renner over ristene som har svært liten spalteåpning, typisk 1 mm, som vannet renner gjennom. Materiale større enn spalteåpningen som kommer med vannet, vil da ikke trenge gjennom, men blir skyldt videre nedover elven. Inntakskonstruksjonen viser seg å være svært effektiv og krever lite vedlikehold. I det kalde, norske klimaet dukker imidlertid et problem opp. Coandainntaket er utsatt for blokkering grunnet islegging på ristene, som skyldes såkalte sarrpartikler. Med inntaksmagasin og elv oppstrøms som er utsatt for sarrproduksjon kan inntaket raskt blokkeres og føre til stans i kraftproduksjonen.

Vinteren 2011/2012 ble Coandainntaket på Dyrkorn nøye overvåket av Henrik Opaker (2012) som en del av hans masteroppgave. Det ble observert flere tilfeller med blokkering grunnet sarr og hvilke prosesser som forårsaket tilfrysingen ble gjennomgått.

Hallbjørn Brekke i Tafjord Kraftproduksjon AS har utviklet en «snorkel» som tar inn vann fra dypet i inntaksmagasinet, heller enn å la vannet i overflaten renner over Coandaristene, med den hensikt å ta inn varmere vann uten sarrpartikler. Figur 1 viser inntaket på Dyrkorn med montert snorkel. Snorkelen har vært i drift over flere vintre, men dens virkemåte og funksjon har aldri blitt dokumentert.



Figur 1 Coandainntaket på Dyrkorn. Snorkelen er plassert helt til høyre på inntaket.

Da bildet ble tatt var kraftverket stanset slik at alt vannet renner videre ned elven nedstrøms inntaket.

Våren 2016 ble det utplassert en Shallow Water Ice Profiling Sonar (SWIPS) for å dokumentere mengden sarr og dets spredning i vannsøylen. Dessverre ble ingen episoder med sarrproduksjon dokumentert og utstyret har på nytt blitt utplassert november 2016 og blir stående til vintersesongen 2016/2017 er over. Sammen med SWIPS er det satt ut viltkamera, trykkloggere og temperaturlogger for å dokumentere under hvilke forhold blokkeringen av inntaket oppstår.

En modell av snorkelen på Dyrkorn ble laget for testing i Vassdragslaboratoriet. Snorkelmodellen ble montert på en fullskalamodell av en Coandarist med 1 mm spalteåpning. Det er gjort observasjoner i laboratoriet, observasjoner ute i felt og via webkamera. Ut fra observasjonene er det gjort en vurdering på effekten av en snorkel og det er foreslått forslag til videre arbeid.

## 2 Bakgrunn

I de følgende delkapitlene blir det først beskrevet prosessene bak dannelsen av is og sarr, som står for problemene knyttet til vinterdrift av et Coandainntak. Videre følger en beskrivelse av Coandainntaket generelt og så en beskrivelse av inntaket på Dyrkorn. Høsten 2016 åpnet Norsk Grønnkraft to nye Coandainntak som også har blitt fulgt gjennom høsten, hvor hensikten med dette var å kunne sammenligne observasjoner her med observasjoner på Dyrkorn. En beskrivelse av de nye kraftverkene er derfor med. Til slutt kommer en gjennomgang av utstyret som er plassert ut i inntaksmagasinet på Dyrkorn som skal brukes til å dokumentere hendelser med sarrproduksjon gjennom vinteren 2016/2017.

### 2.1 Isdannelse

Ashton (1986) beskriver dannelsen av is som et resultat av en av tre mekanismer. Is kan oppstå ved nedkjøling av overflaten på vann med svak eller ingen bevegelse, ved fast nedbør på åpent vann eller ved dannelse av ispartikler i turbulent, underkjølt vann. Ispartiklene kalles sarr og det er sarrpartiklene som står for det største bidraget til blokkering av Coandainntaket.

Varmeutveksling med atmosfæren skyldes forskjell i lufttemperatur og luftfuktighet, vindhastighet, barometrisk trykk, sol- og skyforhold og nedbør. Ashton (1986) grupperer prosessene slik:

Tabell 1 Kilder til varmeutveksling mellom vannoverflaten og atmosfæren

$\phi_s$	Kortbølget stråling
$\phi_L$	Langbølget stråling
$\phi_E$	Varmeoverføring grunnet fordamping eller kondensering

$\phi_H$  Følbar varmeoverføring grunnet  
konveksjon

$\phi_P$  Varmeoverføring fra nedbør

---

Hver av prosessene står for et bidrag til varmeoverføring mellom vannet og atmosfæren og det totale bidraget kan beregnes med følgende formel (Ashton, 1986):

$$\phi_N = (1 - r_S)\phi_S + (1 - r_L)\phi_{Lc} - \phi_{LW} + \phi_E(1 + R) + \phi_P$$

$\Phi_N$  – totalt bidrag

$\Phi_S$  – kortbølget stråling

$\Phi_{Lc} / \Phi_{LW}$  – langbølget stråling fra henholdsvis luft og vann

$\Phi_E$  – fordampning og kondensering

R – Bowenforholdet

$\Phi_P$  – nedbør

$r_S/r_L$  – refleksjon fra henholdsvis kortbølget og langbølget stråling

Bidraget fra kortbølget stråling kommer fra solstråling og tilfører energi, mens langbølget stråling fører til tap av varmeenergi. Om vinteren er bidraget fra kortbølget stråling mye mindre enn bidraget fra langbølget stråling grunnet solens lave posisjon på himmelen. Ved klar himmel, vanntemperatur på 0 °C og lufttemperatur på 0 °C ligger varmeutvekslingen på ca. 100 W/m<sup>2</sup>, mens lufttemperatur på -30 °C gir ca. 200 W/m<sup>2</sup>. (Ashton, 1986)

For at et islag skal legge seg på overflaten i en elv må hastigheten på vannet være lavere enn 0.6 m/s. Ved høyere hastighet vil turbulens kunne mikse inn iskrystaller dannet på overflaten med dypere vann. Med hastighet på over 1 m/s vil ispartiklene kunne bli spredd gjennom hele vannsøylen. (Ashton, 1986)



Når snø faller på åpent vann vil det foregå en varmeoverføring fra vannet til snøen som får snøen til og smelte og vanntemperaturen til å synke. Dette kan ha en betydelig effekt da det ved lav temperatur på snøen vil kreve mye energi å smelte den. Om vannet allerede er nært 0 °C kan det forekomme at snøen ikke smelter helt. Snøen vil dermed kunne bidra til isdannelse på overflaten ved at snøen fungerer som en krystallasjonskjerne som isen vokser ut fra. Som et enkelt eksempel sier Ashton (1986) at et snøfall som tilsvarer 1 mm/t står for ca. 90 W/m<sup>2</sup>, en effekt som vil øke med minkende temperatur. Endring i vannføring vil kunne føre til at snø langs strandlinja vil kunne falle ut i vannet eller bli dratt med av vannføringen. Smelting av denne snøen vil føre til et varmetap på samme måte som nedbør.

Når åpent, turbulent vann som er nedkjølt til 0 °C blir utsatt for ytterligere sterk nedkjøling vil vannet kunne bli underkjølt. Når partikler i vannet blir utsatt for underkjølt vann dannes såkalte sarrpartikler. Dette skjer gjerne i turbulente partier i elver, men kan også forekomme i magasiner og innsjøer ved sterk vind og kulde. Sarr kan forekomme naturlig som skiver eller nåler, hvor skivene er det vanligste da nåleformen kun oppstår ved lav turbulens. Diameteren på skivene er mellom 0.1 og 5 mm, mens tykkelsen varierer mellom 25-100 µm ( (Schaefer, 1950) gjengitt av Ashton (1986)). Under en tilfrysing på Dyrkorn observerte Nøvik, et al. (2014) skivede sarrpartikler med diameter på 10 – 12 mm. Det er her trolig snakk om forskjellig stadier for sarrpartikkelen. Litteraturen er ikke konsistent på sarrpartiklernes størrelse, noe som underbygger det faktum at det gjenstår mye forskning på feltet.

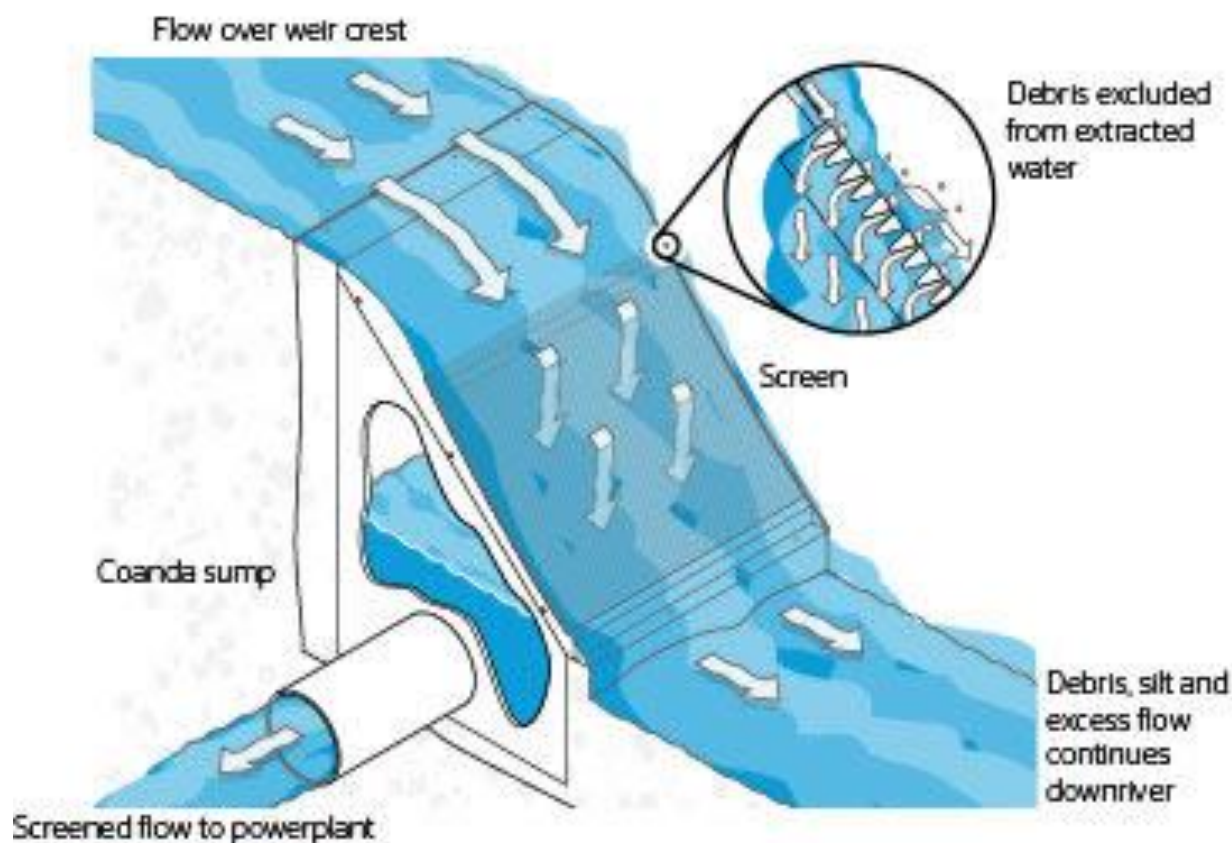
Sarrpartiklene kalles aktive når de er underkjølt og vil da kunne klistre seg til objekter det møter på, som for eksempel steiner eller konstruksjoner. De kan feste seg i hverandre og danne større flokker som vil flyte opp til overflaten når vannet ikke lenger er turbulent nok til å holde de suspendert i vannmassen. Dette kan sees som slaps i overflaten og vil kunne fryse til et islag hvis det holder seg i overflaten lenge nok. Turbulens vil kunne dele opp slapsen til sarrpartikler igjen og blande de inn i vannmassen. Ved tilfelle der en elv fører med seg sarrpartikler til et islagt vann vil sarr kunne bli dratt ned under isen dersom hastigheten er stor nok. Etter hvert som hastigheten avtar vil partiklene flyte opp og feste seg på undersiden av isdekket. Dette gjør at islaget vokser i dybden og danner en såkalt *hanging dam*, altså en isdam som henger ned fra undersiden av overflateisen (Ashton, 1986).

Dersom vannet er turbulent nok til at vannet langs bunnen av vannmassen blir underkjølt vil det kunne fryse på gjenstander på bunnen og danne bunnis. Ispartikler kan dannes direkte på gjenstanden eller aktive sarrpartikler kan kolliderer i gjenstanden og da feste seg. Bunnisen kan vokse på både organiske og ikke-organiske materialer. Dersom bunnen består av mye finsedimenter, som sand og silt, vil bunnisen ha vanskeligheter med å feste seg ettersom sedimentene selv flytter på seg (Ashton, 1986). Ved stadig tilføring av underkjølt vann vil bunnisen bygge seg oppover og skape såkalte bunnisdammer som vil kunne stenge av hele elveleiet. Bunnisdammen er svært utsatt ved endring i vannføringen da dens styrke ofte kun er stor nok til å motstå trykket fra vannet ovenfor (Asvall, 2010). Bunnisdammen vil da kunne løsne ved økt vannføring, eller temperatur, og dette dambruddet vil gjerne føre til at store is- og vannmengder farer nedover elven. Bunnisdammer nedstrøms vil da også kunne ryke og mer vann og is vil bli dratt med. Dette fenomenet kalles isgang og kan føre til blokkeringer og skade på konstruksjoner i vannveien. (Asvall, 2010).

Nøvik, et al. (2014) studerte vinterforholdene ved inntaket på Dyrkorn vinteren 2011/2012. I tillegg ble den samme Coandainntaksmodellen benyttet i denne studien brukt for å undersøke hvordan blokkeringen av Coandaristene grunnet sarr foregår. De fant to forskjellige måter blokkeringen skjedde på, beskrevet som type I og type II. Ved type I fester slaps seg til inntaksristas overflate, mens ved type II er rista kraftig nedkjølt slik at isen oppstår mellom spalteåpningene. (Nøvik, et al., 2014)

## 2.2 Coandainntak

Coandainntaket er et selvrensende inntak som benytter seg av Coandaeffekten oppdaget av Henri Marie Coanda i 1910 ( (Stine, 1989), gjengitt av Wahl (2003)). Den går ut på at en stråle av et fluid som strømmer inntil et objekt til en viss grad vil følge objektet, selv om objektet bøyer av. Inntaket er et overfallsinntak, vannet renner over et overløp som har Coandarister montert nedstrøms. Det er altså overflatevannet som tas inn. Coandaristene har en spalteåpning på mellom 0.6 mm og 3 mm, normalt på vannstrømmen (Brødrene Dahl, u.d.). Figur 2 viser prinsippskisse av et typisk Coandainntak.



Figur 2 Prinsippskisse Coandainntak (Aquashear, 2016)

Stavene som rista er bygget opp av har tverrsnitt som en trekant med flat side ut mot vannstrømmen. De er vinklet  $3 - 6^\circ$  opp mot vannstrømmen slik at de barberer av det underste laget av vannfilmen (Wahl, 2003). Rask og sedimenter som kommer med vannstrømmen vil skli over inntaket og bli liggende nederst på Coandaristene til de blir skylt vekk ved neste store vannføring. Med strømningsretningen er det ofte montert såkalte *boulder bars*, eller beskyttelsesribber, som beskytter mot større objekter som kommer flytende med vannet. Ristene kan også leveres uten slike ribber. (Brødrene Dahl, u.d.) Vannet renner fra inntaksmagasinet over overløpet og ned over rista. Øverst på Coandarista er det en akselerasjonssone som sørger for at vannet når en viss hastighet som trengs for at Coandaeffekten skal tre i kraft. Wahl (2003) refererer til Fontein (1965) som oppgir 1.05 m/s som nødvendig for at Coandainntak med 1 mm spalteåpning skal opprettholde selvrenssegenskapene. Første etter akselerasjonssonen begynner selve rista. Vannet som tas

inn ender i en samlekanal under rista og renner videre til en samlelum hvor noe slippes som minstevannføring, mens resten går ned til turbinen. Figur 3 viser inntaket til Dyrkorn kraftverk, Tafjord Kraftproduksjon AS.



Figur 3 Inntaket til Dyrkorn kraftverk (Brødrene Dahl, u.d., s. 3)

Coandainntaket har også noen negative sider. Inntaksløsningen står for et falltap tilsvarende høydeforskjellen mellom vannstanden i magasinet og i samlelummen. Dette ligger på mellom 0.7 m og 1.3 m (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2006). De smale spalteåpningene som bidrar til å holde inntaket vedlikeholdsfritt har en begrenset kapasitet på opptil 500 l/s pr. meter bredde (Brødrene Dahl, u.d.). Større spalte vil gi større kapasitet, men vil også føre til at mer sedimenter kommer inn mellom åpningene. Norsk Grønnkraft AS åpnet to nye Coandainntak i 2016 med 2 mm spalteåpning og de har hatt store problemer med blokkering av Coandaristene, se kapittel 2.4, men det er ikke enda bekreftet hva som er årsaken til problemene. For liten spalteåpning kan også by på problemer og Huber (2005) observerte at sedimenter kunne blokkere en Coandarist med 0.5 mm

spalteåpning og dermed redusere kapasiteten, mens rista med 1 mm spalteåpning ikke fikk redusert kapasitet.

### 2.3 Dyrkorn Kraftverk

Dyrkorn kraftverk ble satt i drift våren 2011. Anlegget eies av Tafjord Kraftproduksjon AS og ligger på Dyrkorn i Stordal kommune. Kraftverket utnytter et fall på ca. 220 m og inntaket ligger på ca. kote 225 (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016). Coandaristene har en spalteåpning på 1 mm, høyde på 1.2 m og en kapasitet på 0.14 m<sup>3</sup>/s/m. Den delen av dammen med Coanrister montert er 15 meter lang, som da gir en kapasitet på 2.1 m<sup>3</sup>/s, mens turbinen har en makskapasitet på 1.5 m<sup>3</sup>/s (Nøvik, et al., 2014). Turbinen klarer å produsere på så lite som 0.03 m<sup>3</sup>/s (telefonsamtale med Per Kåre Skudal, plan og utbyggingssjef, Tafjord Kraftproduksjon AS, 9. november 2016) og pålagt minstevannføring er på 0.05 m<sup>3</sup>/s (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016). Tafjord Kraftproduksjon AS har montert et webkamera ved inntaket som har blitt benyttet gjennom hele høsten 2016 for å følge med på utviklingen av isforholdene ved inntaket.

Det finnes lite dokumentert forskning på Coandainntak i kaldt klima. Henrik Opaker (2012) gjennomførte grundig overvåkning av anlegget gjennom vinteren 2011/2012, som sin masteroppgave. Det ble gjennomført feltturer, kontinuerlig målinger av vanntemperatur, temperatur på rista og lufttemperatur i samlekanalen. Målingene ble sammenlignet med nedbørsdata og produksjonsdata. Også modellforsøk i laboratoriet ble gjennomført og observasjoner her ble også observert ute i feltet. Resultatene er beskrevet i masteroppgaven (Opaker, 2012) og i en artikkel (Nøvik, et al., 2014).

Det viste seg at inntaket er spesielt utsatt for at is fester seg på inntaket. Nøvik, et al. (2014) observerte at total blokkering kan oppstå på så lite som 20 minutter om forholdene ligger til rette. Med tiden vil vannet selv finne veien under isen slik at kraftproduksjonen kan gjenopptas uten at isen på inntaket fjernes. Dette tyder på at isen kun legger seg på utsiden av Coandaristene og ikke inn i mellom spalteåpningene, altså type I blokkering og ikke type II. (Nøvik, et al., 2014)

### 2.4 Tverråne og Nybuelve kraftverk

I september 2016 åpnet Norsk Grønnkraft to nye kraftverk i Todalen, Nes i Hallingdal. Det er benyttet Coandarintak på begge kraftverkene. Coandaristene som er benyttet er av en litt annen type enn det som finnes på Dyrkorn. På kraftverkene i Todalen er det benyttet en løsning med 2 mm spalteåpning og en høyde på ca. 0.7 m (telefonsamtale med Jon Olav Volden, prosjektleder, Norsk Grønnkraft AS, 1. november). Nybuelve kraftverk, Figur 4, utnytter et fall på ca. 534 m og inntaket ligger på kote 854. Tverråne kraftverk, Figur 5, utnytter et fall på ca. 307 m og har inntaket sitt på kote 736 (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016). Eierne har montert webkamera ved begge inntakene og bildene fra vinterdrift er tatt med disse kameraene. Vinteren 2016/2017 blir første vinter inntakene er i drift og det er derfor ikke gjort noen erfaring med blokkering grunnet is.



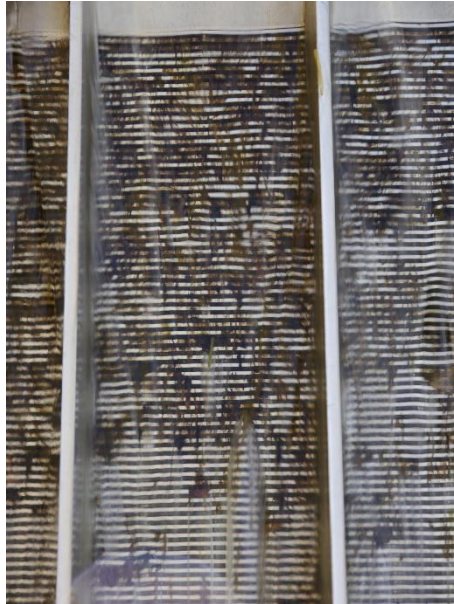
Figur 4 Inntaket til Nybuelve kraftverk



Figur 5 Inntaket til Tverråne kraftverk. Spruten fra Coandarista litt til venstre for midten skyldtes et nylonstrå fra en børste brukt til rengjøring, som hadde satt seg fast i en spalte.

Sommeren 2016, før kraftverkene offisielt ble åpnet, slet begge inntakene med store mengder organisk materiale som la seg på inntaket og satte seg fast i spaltene, Figur 6. Også barnåler og blader satt seg fast. Problemet har vært så stort at det har hendt at ved stor vannføring, som ville gitt maks produksjon, har kun 10 % av makskapasiteten funnet veien

gjennom ristene (telefonsamtale med Jon Olav Volden, prosjektleder, Norsk Grønnkraft AS, 1. november). Inntakene har krevd mye vedlikehold i form av skuring med stiv børste.



Figur 6 Inntaket på Nybuelve, 14. august 2016.

Wahl (2003) skriver om et Coandainntak i Montgomery Creek, California hvor det er observert noe lignende. Om sommeren når vannet har vært varmt har de opplevd stor algevekst som har ført til at inntaket har hatt behov for daglig rensk (Wahl, 2003). Wahl (2003) beskriver også et annet Coandainntak, Forks of Butte, California, hvor de ikke har hatt problemer med alger og forklarer det med at inntaket ikke ligger i direkte sollys. Hvorvidt problemene i Hallingdal skyldes det samme som i California er ikke godt å si og er heller ikke vurdert videre her. Norsk Grønnkraft AS har valgt å borre hull i terskelen på Tverråne og lage et dykket inntak, da Coandaristene på Tverråne har bydd på for mye problemer. Dette arbeidet ble utført i starten av november 2016. (epostkorrespondanse med Jon Olav Volden, prosjektleder, Norsk Grønnkraft AS, 14. november).

### 2.5 Shallow Water Ice Profiling Sonar (SWIPS)

Våren 2016 ble det benyttet en Shallow Water Ice Profiling Sonar, heretter bare kalt SWIPS, til å registrere hendelser med underkjølt vann og sarrproduksjon i inntaksmagasinet til Dyrkorn kraftverk. SWIPS er et ekkolodd som er laget for å overvåke en elv eller et vann ved å registrer is som har lagt seg på vannet eller som flyter forbi. SWIPS kan også benyttes til å registrere partikler i vannsøylen, og det er dette som har vært interessant i sammenheng med snorkelen. Et lydsignal sendes ut og ekkot av dette plukkes opp og registreres. Når lyden treffer en partikkel i vannet vil det påvirke ekkot som registreres av SWIPS. Hensikten med å benytte SWIPS var å få registrert sarrpartikler i vannet når disse oppstår, for å avdekke mengden sarr og sarrets fordeling i vannmassen. Sammen med ekkoloddet ble det plassert ut en temperaturlogger og en trykklogger på bunnen av magasinet. En temperaturlogger ble også plassert ca. 0.2 m under vannspeilet og en trykklogger ble plassert på lukehuset for å logge referansetrykk. Utstyret ga vanntemperatur på bunnen og like under overflaten, samt vanddybden. I tillegg ble det plassert ut viltkamera som tok bilder av magasinet. Webkamera på lukehuset ble benyttet til å følge med på utviklingen av snø- og isforhold.

Logging av forholdene på Dyrkorn varte fra 3. til 31. mars 2016. Dessverre skjedde det aldri at inntaket ble blokkert og det ble aldri påvist underkjølt vann. Noe is og slaps la seg i overflaten, men det ble aldri påvist partikler i vannsøylen over SWIPS i sammenheng med disse hendelsene. (Sæten, 2016)

Det samme utstyret har blitt plassert ut igjen denne vinteren. Denne gang er det planlagt å logge forholdene i magasinet over en lengere periode for å få registrert flere hendelser med blokkering av inntaket grunnet is, se kapittel 3.6.



### 3 Snorkelen

Her følger en gjennomgang av snorkelen slik den er bygget på inntaket på Dyrkorn. Prototypen ble bygget på stedet og det finnes derfor ingen tegninger eller bilder av den før montering. Dimensjonene som er oppgitt er målt mens den har vært montert og er derfor svært omtrentlige. For å bedre kunne undersøke og dokumentere snorkelens funksjon ble det laget en modell i Vassdragslaboratoriet. Beskrivelse av denne samt observasjoner gjort under testing gjennomgås og til slutt følger en gjennomgang av utplasseringen av SWIPS på Dyrkorn.

#### 3.1 Gjennomgang av dagens løsning

Figur 7 viser snorkelen plassert på Dyrkorn. Snorkelen går ca. 1.9 m ned i magasinet og tar da inn vann på denne dybden. Den er bygget av ca. 10 mm tykk PE, og kan sees på som et lokk med åpning i endene.



Figur 7 Snorkelen som er montert på Dyrkorn. Her sees også planken som er montert på damkrona for å heve vannspeilet.

Damkrona er ca. 0.9 m bred, og snorkelen går ca. 0.5 m ned over Coandaristen, hvor 0.25 m av dette er akselerasjonssone og 0.25 m er spalteåpninger som tar inn vann. Målene er tatt mens den har vært montert og er derfor ikke helt nøyaktige. Snorkelen er bygget på stedet og det finnes ingen tegninger av den.

Snorkelen fungerer ved at vannet i overflaten ikke lenger får renne over inntaksrista. I stedet er det vannet ved bunnen av magasinet som presses opp gjennom snorkelen og så over dammen og nedover Coandarista. Dersom vannet langs bunnen i magasinet er varmere enn vannet i overflaten og da ikke inneholder sarrpartikler, kommer det ikke noe sarr i kontakt med den delen av rista som er dekket av snorkelen og tilfrysing unngås. Coandarista dekket av snorkelen vil da være operativt når resten av inntaket er blokkert av is. Snorkelen er plassert lengst vekk fra samlekanalen slik at det blir sirkulasjon av vann gjennom hele samlekanalen og i samlekanalen og dermed unngås isdannelse også her. Systemet står da klart til drift så fort vannet finner vei under isen som blokkerer resten av inntaket.

På Dyrkorn er det montert en planke på toppen av dammen som hever terskelen. Denne sees også på Figur 7. Snorkelen ligger da ca. 100 mm lavere enn resten av inntaket. Ved vannføring lavere enn snorkelens kapasitet vil det da renne vann kun gjennom snorkelen. Toppen av planken ligger ca. 20 mm lavere enn toppen av snorkelen og vannet vil begynne å renne over resten av inntaket før snorkelen går full. Det vil da kreve en stor økning i vannføringen for å fylle snorkelens tverrsnitt helt, ettersom vannet da renner over en 15 meter bred terskel og ikke bare over 1.5 meter.

Ved vannføring lavere enn kapasiteten til snorkelen vil ikke vannet renne over inntaket, kun gjennom snorkelen fra dypet. Dette fører til at vannet blir tilnærmet stillestående i overflaten inntil overløpet. Om lufttemperaturen så synker til under 0 °C vil det kunne legges is på overflaten, grunnet varmeutveksling med atmosfæren. Dette islaget vil beskytte vannmassen mot videre nedkjøling fra varmeutveksling og fra nedbør.

Når vannføringen er stor nok til at vannet renner over snorkelen vil stagene som er montert på utsiden, sørge for et vanntap. Som Figur 8 viser fungerer det første staget som et hopp og sender vannet i en bue opp i luften. Vannet treffer så det nedre staget som igjen sender vannet opp i lufta, og vannet hopper da over hele rista og ender i elva nedstrøms.



Figur 8 Her er vannføring så stor at snorkelen overtoppes. Dette fører til et ekstra vanntap på grunn av stagene montert på utsiden av snorkelen.

Asvall (2010) oppgir  $200 \text{ W/m}^2$  som et greit estimat for varmetap ved midlere kulde ( $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  og klarvær). Nedkjøling av vann krever  $4215 \text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$  (Ashton, 1986). På Dyrkorn dekker snorkelen et areal på ca.  $1.35 \text{ m}^2$ . Det betyr at snorkelen forhindrer et varmetap tilsvarende  $0.064 \text{ }^\circ\text{C}$  pr.  $\text{m}^3$  vann. Med en vannføring på  $0.1 \text{ m}^3/\text{s}$  gjennom snorkelen betyr det at uten snorkelen ville vannet ha blitt nedkjølt  $0.0064 \text{ }^\circ\text{C}$ . Snorkelen forhindrer altså noe nedkjøling av vannmassen som renner gjennom ved å beskytte mot nedkjøling fra atmosfæren. For streng kulde ( $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  og klarvær) kan  $400 \text{ W/m}^2$  benyttes (Asvall, 2010) som da øker nedkjølingen til  $0.0128 \text{ }^\circ\text{C}$ . I tillegg kommer bidraget med at snorkelen også isolerer metallet

på inntaksrista mot nedkjøling, som Nøvik, et al. (2014) så på som en avgjørende faktor for blokkering, sammen med underkjølt vann. Hvor stort bidrag nedkjølt rist står for er ikke kvantifisert.

### 3.2 Snorkelens kapasitet

For å finne kapasiteten til et overløp med standardprofil benyttes følgende formel (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2005):

$$Q = CL_{eff}H_o^{3/2}$$

hvor  $Q$  er vannføringen,  $C$  er overløpskoeffisienten, som avhenger av utformingen på overløpet,  $L_{eff}$  er effektiv lengde på overløpsterkselen og  $H_o$  er dimensjonerende overløpshøyde. I litteraturen finnes det lite om  $C$ -faktoren for Coandainntak. U.S. Bureau of Reclamation har laget et program som beregner kapasiteten for et Coandainntak og opererer her med  $C$ -faktor som for standardprofilet, altså mellom 1.71 og 2.18 (Wahl, 2003). Opaker (2012) foretok en måling av vannføring og tilhørende overløpshøyde på Dyrkorn og beregnet ut i fra dette en  $C$ -verdi for overløpet. På vannføring mellom 1.18 m<sup>3</sup>/s og 1.31 m<sup>3</sup>/s ble verdien beregnet til å ligge mellom 1.51 og 1.54, med høyere verdi for større vannføring.

Profilet til et Coandainntak er ikke helt som standardprofilet, ettersom det har en bred krone. NVE (2005) oppgir en egen  $C$ -faktor for skarpkantet overløpsprofil med flat topp. Verdien av denne varierer med forholdet mellom høyden på overløpet,  $H$ , og kronebredden,  $B$ . For inntaket på Dyrkorn, med overløpshøyde målt av Opaker (2012), vil dette gi en  $C$ -faktor på 1.43. Det er altså noe usikkerhet med hva den faktiske  $C$ -verdien for et Coandainntak er. Ved lavere vannføring vil  $C$ -faktoren bli mindre, men det laveste forhold mellom  $H$  og  $B$  i retningslinjene er  $H/B = 0.1$  som da gir en  $C$ -faktor på 1.4.

Med snorkel på inntaket blir det enda litt mer komplisert. Vannføringen opp gjennom snorkelen blir å regne som rørstrømning. Det vil oppstå et falltap ved innløpet og i bendet samt friksjon mellom vannmassen og veggene på snorkelen. Dette falltapedet gjør at vannspeilet inni snorkelen ligger lavere enn vannspeilet i magasinet. I tillegg blir noe stillingsenergi omgjort til bevegelsesenergi som da også bidrar til denne høydeforskjellen. Vannet renner så horisontalt bortover, hvor det også vil være et falltap, før det bikker utfor på akselerasjonsplata.

I en horisontal kanal som antas friksjonsfri kalles summen av vanddybden og hastighetshøyden for den spesifikke energien,  $E$ ,

$$E = y + \frac{v^2}{2g}$$

hvor  $v$  er vannets hastighet og  $g$  er tyngdeakselerasjonen. Ved hjelp av kontinuitetsligningen  $Q=v \cdot A$ , hvor  $Q$  er vannføring og  $A$  er tverrsnittsareal, gir dette

$$E = y + \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Ved å sette  $q = Q/B$ , hvor  $B$  er bredden, blir ligningen

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

Ved å derivere med hensyn på  $y$ , finnes den minste spesifikke energien som kan oppnås for en gitt vannføring,  $q$ ,

$$\frac{\partial E}{\partial y} = 1 - \frac{q^2}{y^3 g} = 0$$

som gir dybden ved overgang fra underkritisk til overkritisk strømning, kritisk dybde,  $y_c$ ,

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

Videre kan det bevises at (Crowe, et al., 2012)

$$\frac{y_c}{2} = \frac{v^2}{2g}$$

slik at den energien som minimum trengs for å gå gjennom  $y_c$  er

$$E_{min} = \frac{3}{2}y_c$$

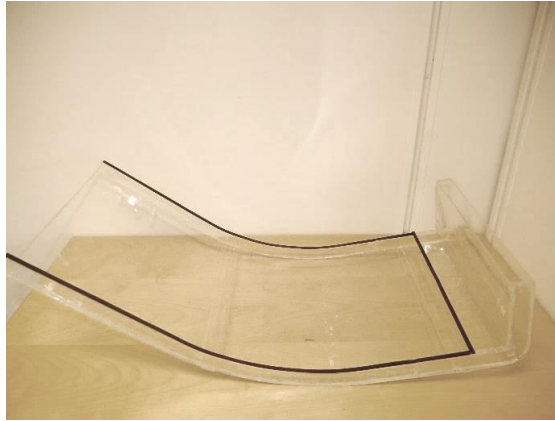
Ved å se på tilfellet hvor vannstanden i magasinet ligger kant i kant med toppen av snorkelen vil vannstanden inni snorkelen være noe lavere enn vannstanden i magasinet. Forskjellen er lik friksjonstapet som oppstår på vannets vei gjennom snorkelen. Det vil da være frispelstrømning inni snorkelen og høyden på vannstanden inni snorkelen vil være like under snorkelens innvendige høyde. Snorkelen har da nådd sin maksimumskapasitet for frispelstrømning. Ved å anta friksjonsfri strømning over damkrona vil denne høyden tilsvare  $E_{min}$  som da vil gi  $y_c$ . Dette brukes da til å regne ut vannføringen i snorkelen som da vil være dens maksimale kapasitet,

$$q = \sqrt{g \cdot y_c^3}$$

C-faktoren brukt i overløpsformelen er utledet fra dette og fremgangsmåten ovenfor vil tilsvare en C-faktor lik 1.71. Kapasiteten til snorkelen på Dyrkorn har da, med 0.13 m innvendig høyde og bredde på 1.5 m, en kapasitet på ca. 120 l/s. Ved å benytte overløpsformelen med en C-faktor på 1.4 blir kapasiteten 98 l/s. Coandaristene på Dyrkorn har en kapasitet på 210 l/s over det segmentet som er dekket av snorkelen, altså forsyner snorkelen ca. 60 % av makskapasiteten for det segmentet den dekker.

### 3.3 Snorkelmodell i laboratoriet

For å kunne undersøke funksjonen til snorkelen under kontrollerte forhold ble det bygget en modell av snorkelen i akryl som vist i Figur 9.



Figur 9 Modell av snorkel

På modellen var det nødvendig å bygge den delen av snorkelen som går ned i magasinet som et rektangulært rør, ellers er den lik prototypen. Innvendig høyde er 20 mm og innvendig bredde er 275 mm. Tverrsnittet er likt hele veien og snorkelen dekker de øverste 100 mm på Coandarista. Fra inntaket og opp til starten på akselerasjonssonen er det 120 mm. Bendet på snorkelen er avrundet slik som prototypen.

Modellen er montert på en fullskalamodell av en Coandarist, Figur 10. Denne modellen består av et nedre magasin, et øvre magasin og en Coandarist mellom de to magasinene.



Figur 10 Modell av fullskala Coandarist

Vannet pumpes fra det nedre magasinet opp til det øvre og renner så ut over akselerasjonssonen og videre over Coandarista. Rista har 1 mm spalteåpning, ingen ribber, er 300 mm bred og 400 mm høy. Hvor stor kapasiteten til pumpene faktisk er har ikke blitt kontrollert. De er begge koblet inn på et T-stykke med kuleventil. Vannet strømmer inn i bunn av det øvre magasinet som gjør at vannet her blir svært turbulent. Måten pumpene er koblet på fører til store tap på systemet og det vil være mulig å hente ut vesentlig mer pumpekapasitet ved å endre tilkoblingen til pumpene.

### 3.4 Testing av modellen

Snorkelen, slik den her er bygget, klarer ikke ta unna alt vannet som pumpene leverer. Noe av vannet renner gjennom snorkelen som rørstrømning frem til et visst punkt, hvor vannstrengen bryter av til frispeilstrømning, og resten renner over snorkelen. Hvor overgangen rørstrømning - frispeilstrømning befinner seg avhenger av nivået i det øvre magasinet. Dette tilsvarer slik snorkelen i dag fungerer på Dyrkorn, der noe vann går gjennom, og noe vann renner over snorkelen.



Når magasinet sperres av slik at det ikke har noe utløp over snorkelen, øker vannivået i magasinet og overgangen til frispeilstrømning flyttes lenger ned på inntaket. Som Figur 11 viser henger vannet seg til veggene på snorkelen, mens i midten bryter vannstrålen av høyt oppe på akselerasjonssonen og går over til frispeilstrømning. Det er her viskøse krefter som virker mellom vannet og en overflate. Effekten avtar med økende avstand fra en overflate. (Crowe, et al., 2012)



Figur 11 Her er det øvre magasinet hevet for å for ekstra stor overtopping. Dette for å sørge for at snorkelen blir til en hevert.

I overgangen rørstrømning-frispeilstrømning har bidraget fra gravitasjonen ført til tilstrekkelig økning av vannhastigheten slik at vannstrengen brytes av. Hastigheten på vannet grunnet gravitasjon kan beregnes med følgende formel, utledet fra Bernoullis likning (Crowe, et al., 2012)

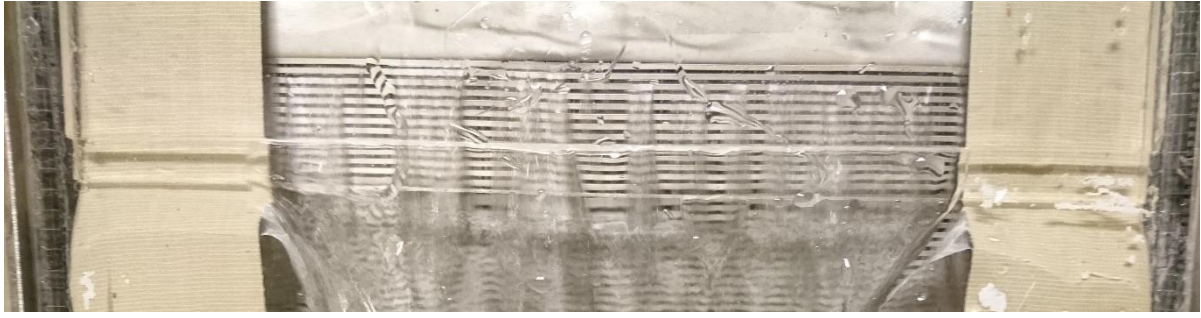
$$v_g = \sqrt{2gH}$$

hvor  $H$  er trykkhøyden og  $g$  er gravitasjonen. Når bidraget fra gravitasjonen overstiger de viskøse kreftene og vannets treghet vil, rørstrømningen brytes og gå over til frispeilstrømning.

De viskøse kreftene bidrar altså til et potensielt vanntap ved at vannet kan henge seg på ribbene helt til bunn av Coandarista og så renne ut i elva nedstrøms. Effekten av dette er ikke undersøkt, men på Coandainntakene i Todalen ble det observert, under en felttur august 2016, at noe vann hang seg på ribbene og endte som vanntap. På Dyrkorn kunne det se ut til at vannet hang seg på snorkelens vegg, slik at vannføringen var større over feltet som lå nærmest veggen, se kapittel 4.3.

Etter hvert som overtoppingen av snorkelen øker, dras mer og mer luft ut av snorkelen og kapasiteten øker. Når overtoppingen blir så stor at vannet renner gjennom snorkelen som rørstrømning helt ned til rista, fungerer snorkelen som en hevert og kapasiteten øker betydelig. Som hevert suger snorkelen magasinet tom på ca. tre sekunder. Da kommer det luft inn i systemet som bryter vannstrengen.

Hevertfunksjonen trer i kraft momentant når det ikke lenger er luft i snorkelen. Hastigheten på vannet gjennom snorkelen blir med dette så stor at vannet glir over de øverste spaltene uten å bli dratt inn under rista, som vist på Figur 12.



Figur 12 Her fungerer snorkelen som en hevert. Ut fra de øverste spaltene kommer det inn luft som dras nedover.

Bildet viser overgangen fra akselerasjonssonen til spaltene hvor vannet tas inn. Det som skjer er trolig at hastigheten på vannet blir så stor at det skapes et undertrykk. Dette undertrykket fører til at luft suges inn gjennom de øverste spaltene fra undersiden av Coandarista. Denne lufta fører til motstand slik at vannet etter hvert bremses såpass opp til at det lenger ned på rista finner veien gjennom spaltene, Figur 13.



Figur 13 Undersiden av Coandarista når den fungerer som hevert. Vanligvis ville vannet blitt tatt inn fra de første spaltene av.

Effekten av for stor hastighet på vannet har også vært observert i Montgomery Creek, California (Wahl, 2003). Her skyldtes det at akselerasjonssonen var for bratt.

En annen måte å sette i gang hevertfunksjonen er å strupe utløpet. Det ble lagt inn noen plater som halverte tverrsnittet på snorkelen like ovenfor de øverste spaltene på Coandarista. Vannet vil da bremses og det fører til en oppstuvning inni snorkelen som leder til at luften dras ut av snorkelen. Resultatet av dette er at overtoppingen som skal til for å starte heverten blir redusert betraktelig og i modellen ble det ikke lenger nødvendig å sperre utløpet til det øvre magasinet for å sette i gang hevertfunksjonen. Dette gjorde at snorkelen tappet helt ned det øvre magasinet som da gjorde at hevertfunksjonen ble brutt, ettersom luft kom inn i snorkelen, inntil vannstanden var høy nok igjen og snorkelen på nytt begynte som hevert. Slik ble systemet gående på egenhånd.

### 3.5 Modellforsøk i kjølerom

For å undersøke hvordan snorkelen påvirker tilfrysingen av inntaket ble modellen plassert i et kjølerom. Kjølerommet styres av en termostat på utsiden og det er fire vifter som står for nedkjølingen. Temperaturen kan programmeres ned til  $-20.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  med intervall på  $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Når temperatur når programmert nivå, stopper viftene og temperaturen får stige med  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  før viftene starter igjen.

Lufttemperaturen ble holdt på ca.  $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$  under testingen. Det ble jevnlig rørt om i vannet for å forsøke å hindre at overflatevannet frøs, og for å få en jevn temperatur. Store mengder snø ble tilsatt for å hjelpe til med å senke temperaturen. Snø ble også lagt på Coandarista nedenfor snorkelen for å forsøke å skape et islag på den delen av rista som ikke er dekket av snorkelen. Vannet på bunnen av modellen frøs fort til is og med pumpene avskrudd begynte det å fryse på i slangene og i selve pumpene. Vanntemperaturen med pumpene avslått kom ned i ca.  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  og når pumpene ble skrudd på sank temperaturen ytterligere ettersom vannet rant over den nedkjølte rista. Etter kort tid derimot steg temperaturen ettersom pumpene tilførte energi og vanntemperaturen stabiliserte seg på ca.  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det lyktes aldri å få jevn og lav nok temperatur på vannet til å skape ispartikler og forsøket måtte avbrytes før slangene ble tette helt av is.

### 3.6 Logging av sarr på Dyrkorn

Den 17. november ble SWIPS og annet utstyr utplassert på Dyrkorn, figur 14 viser utstyrets plassering. Denne gang ble SWIPS koblet til strøm fra land gjennom en 25 meter lang kabel, mens det sist gang ble benyttet batteri. Denne kabelen gir kun strømforsyning, ikke kommunikasjon med enheten. Kabel ble valgt ettersom det interne batteriet kun holder til ca. 40 dagers logging. Med kabel kan SWIPS stå hele vintersesongen uten å måtte tas opp og det er tatt høyde for at utstyret kan bli stående til 1. mai. Minnekortet i SWIPS er på 16 GB og har mer enn nok lagringsplass for denne perioden.



Figur 14 Plassering av utstyr på Dyrkorn: 1 – snorkel. 2 – SWIPS, temperaturlogger og trykklogger. 3 – temperaturlogger like under overflaten. 4 – viltkamera, trykklogger og webkamera. 5 – viltkamera. (Brødrene Dahl, u.d., s. 3)

Det ble også plassert ut en temperaturlogger ca. 0.2 m under overflaten, en temperaturlogger og en trykklogger sammen ved SWIPS, samt en trykklogger for referansetrykk i friluft ved lukehuset. To viltkameraer ble plassert ut for å dokumentere værforholdene og tar bilde av inntaket og magasinet. Dette er til stor hjelp under

gjennomgang av nedbørs-, temperatur- og produksjonsdata. Alle loggerne ble programmert til å begynne logging 17. november 2016 kl. 12.00 og vil logge til de blir stoppet. Tabell 2 viser intervallene det utplasserte utstyret logger, Tabell 3 viser innstillingene til SWIPS.

Tabell 2 Loggeintervall til de forskjellige loggerne

<b>Utstyr</b>	<b>Logging</b>
SBE56	Hvert 5. minutt
HOBO U20	Hvert 10. minutt
SWIPS	Hvert sekund
Viltkamera	Hver time fra kl. 07.00 til 18.00

Tabell 3 Oppsett SWIPS

	<b>Fase 1</b>	<b>Fase 2</b>
Start Date	Nov 17, 2016 12:00:00	May 01, 2017 16:00:00
Duration	165.1667 days	3.0000 days
Phase type	Ice Profiling	Ice Profiling
Main Amp Hrs	210.66	3.83
Tx Amp Hrs	1.38	0.03
Mega Bytes	8909.3 Mb	161.8 Mb
Pulse Length	68 uS	68 uS
DigRate	64 kHz (0.0110 m/smpl)	64 kHz (0.0110 m/smpl)
IceGain	1	1
BurstGain	1	1
PingPeriod	1.0 sec	1.0 sec
Base Ping Rate	1 Hz	1 Hz
SensorPeriod	1.0 sec [1 pings]	1.0 sec [1 pings]
Burst Period	1.0 sec [1 sensors]	1.0 sec [1 sensors]
Burst Length	1.0 sec [1 pings]	1.0 sec [1 pings]
Range	3.00 m [273 smpl]	3.00 m [273 smpl]
Lockout	0.50 m [45 smpl]	0.50 m [45 smpl]
Max. Targets	3	3
Ice Start Amp.	10000	10000
Ice Stop Amp	9000	9000
Burst Start Amp.	35000	35000
Burst Stop Amp.	25000	25000
Min Persist	62 us [4 smpl]	62 us [4 smpl]
Target Storage	Burst Profiles & Targets	Burst Profiles & Targets

Som Figur 15 viser var det store mengder sedimenter i magasinet. SWIPS står på sand/grus og det ble plassert større steiner rundt for å prøve å beskytte mot utvasking. Den er montert på et stativ med har lange ben som er skrudd ned i grusen, som også vil være med på å stabilisere SWIPS. Figur 15 viser at det like oppstrøms SWIPS er en ansamling av løsmasser og til venstre en enda større haug toppet med blader. Plasseringen ble valgt for å få SWIPS så dypt som mulig og samtidig unngå de mest turbulente områdene, da turbulens vil kunne slå ut på målingene. Om vannføringen blir så stor at løsmassene vrimles opp, vil dette også kunne påvirke målingene. Det er derfor viktig å vurdere resultatene opp mot vannføring, nedbør og temperatur.



Figur 15 Rød ring viser hvor SWIPS er plassert. Til venstre for SWIPS sees en stor haug med blader og sand/grus.



## 4 Feltobservasjoner av Coandainntaket i drift

### 4.1 Utplassering av SWIPS, Dyrkorn, 29. mars 2016

I sammenheng med at SWIPS ble plassert ut våren 2016 ble det gjort noen observasjoner rundt snorkelen. Det ble observert at det var en åpen råk like inntil inntaket og ca. en halv meter ut i magasinet, som vist på figur 16. Der snorkelen var montert var det ikke en åpen råk, men heller isdekke med et tykt snølag. I tillegg hadde det lagt seg snø oppå selve snorkelen.



Figur 16 Snorkelen ligger her under snø og isen har lagt seg inntil snorkelen hvor hastigheten er lav. Det er åpen råk inntil dammen og langs land på høyre side.

Det var tydelig at den delen av snorkelen som går ned i magasinet var deformert. Tverrsnittet på innløpet var ikke lenger rektangulært, men konkavt. På midten var kun ca. 30-40 mm åpning, mens det opprinnelig var ca. 130 mm. Dette har klart påvirket kapasiteten drastisk og kan forklare hvorfor snorkelen ikke har klart å levere nok vann til å

opprettholde driften, når inntaket ellers har vært blokkert av is. Det ble ikke gjort noe med deformasjonen denne gangen.

Ved gjennomgang av bildene tatt med viltkameraet ble det observert at snøen som lå på land, tidvis falt ut i magasinet og dermed bidro til nedkjøling av vannmassen. Dette skjedde ved økt vannføring.

### 4.2 Blokkering Dyrkorn 6. november 2016

Den 6. november falt temperaturen på Dyrkorn. Dette førte til sarrproduksjon og etter hvert full stans i kraftproduksjonen. Data for produksjon, vannføring og lufttemperatur ble gitt av Tafjord Kraftproduksjon AS. Denne hendelsen ble fulgt på webkameraet og Figur 17 viser et utdrag av bildeserien som ble tatt.



a) 6. november, kl. 13.29



b) 6. november, kl. 15.40



c) 6. november, kl. 16.59

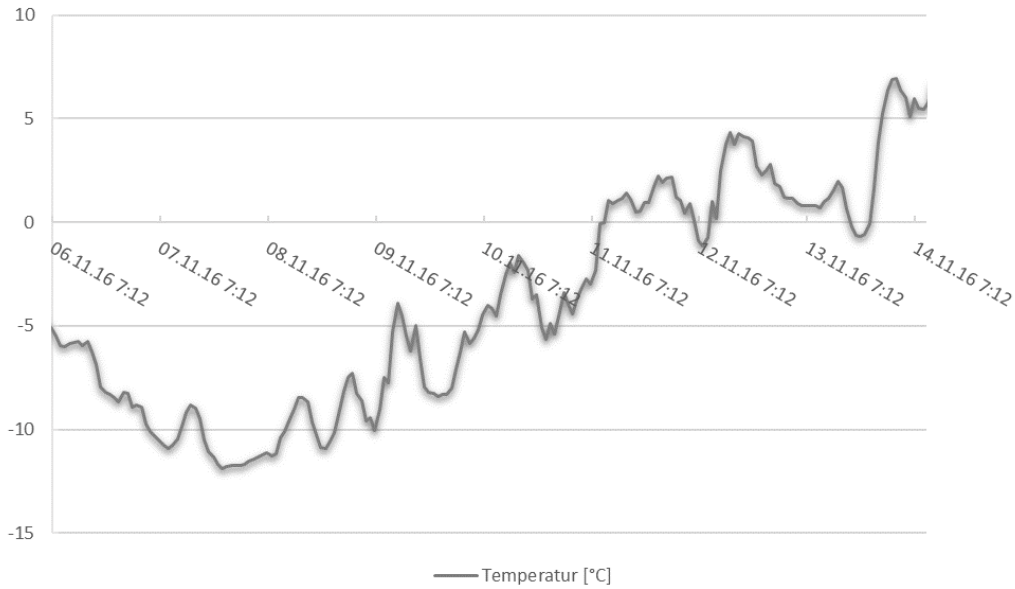


d) 7. november, kl. 11.29

Figur 17 Bildene viser utvikling av isen som legger seg på inntaket. Bilde c) viser tilstanden ca. når kraftverket måtte stanse. (Foto: Tafjord Kraftproduksjon AS)

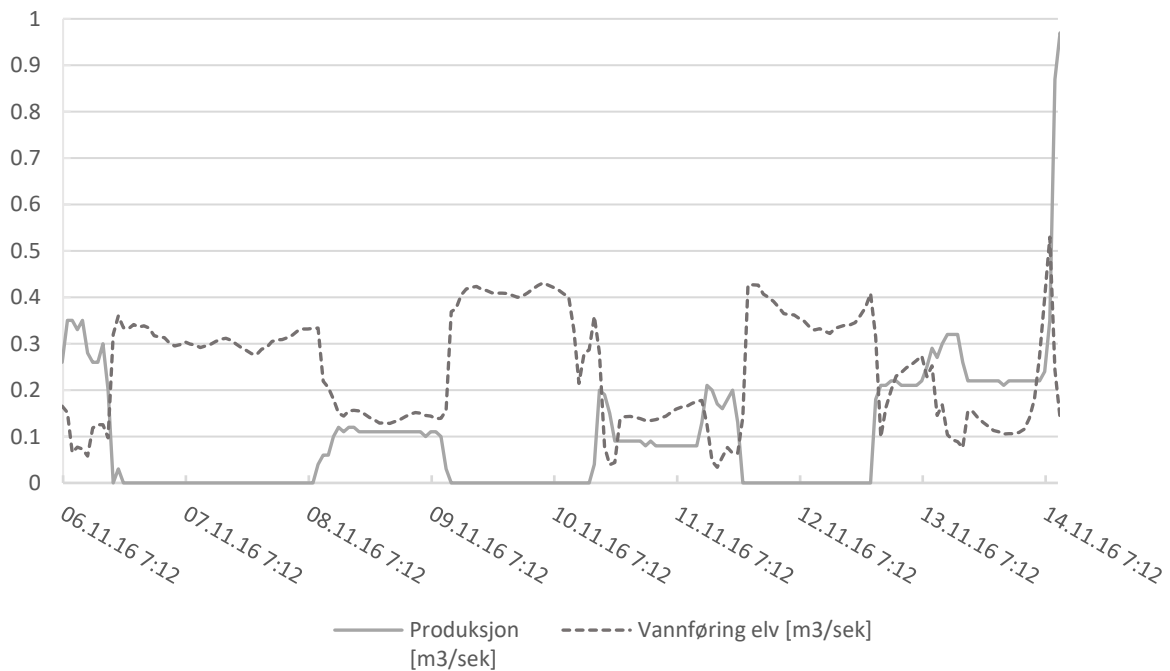
Her synes tydelig utviklingen av isdekke på inntaket. Det er ikke så lett ut fra videoen og bildene å se utviklingen av isdekke på magasinet og heller ikke hvor mye vann som renner over inntaket, men det lå lite eller ingen is på magasinet når isen begynte å feste seg på inntaket. Allerede på bilde a), hvor det ikke ser ut til at det er noe særlig store mengder is på inntaket, ser det ut til å være et vanntap. Det er ingen sprut fra snorkelen som da tyder på at snorkelen ikke er overtoppet. Figur 18 viser utviklingen av lufttemperaturen før, under og etter blokkeringen.

## FELTOBSERVASJONER AV COANDAINNTAKET I DRIFT



Figur 18 Temperaturutvikling før, under og etter blokkeringene, 6. november til 14. november

Temperaturen gikk fra ca.  $-5^{\circ}\text{C}$  til ca.  $-8^{\circ}\text{C}$  fra blokkeringen begynte til kraftverket måtte stanse produksjonen, og fortsatte å falle til ca.  $-12^{\circ}\text{C}$ . Figur 19 viser vannføringen og produksjonen på Dyrkorn under hendelsen.



Figur 19 Vannføringen og produksjon på Dyrkorn, 6. november til 14. november.

Produksjonen ble stanset ca. kl. 17 den 6. november og vannføringen lå da på ca. 330 l/s. Den 8. november, kl. 9 begynner produksjonen igjen, denne gang med 70 l/s som så øker til 120 l/s etter noen timer. Stansen den 9. november skyldes inspeksjon av rørgata og ikke blokkering. En ny stans inntreffer kl. 20 den 11. november og varer i 26 timer. Figur 20 viser bilde tatt litt tidligere på dagen, mens produksjon pågikk og faktisk økte, før stansen senere på kvelden inntraff. Tykt islag dekker hele inntaket.



Figur 20 11. november kl. 09.18. (Foto: Tafjord Kraftproduksjon AS)

### 4.3 Ut plassering av SWIPS, Dyrkorn, 17. november 2016

Samtidig som SWIPS ble utplassert ble også snorkelen undersøkt. Deformasjonen som ble observert våren 2016 ble nå utbedret. Snorkelen ble forsøkt bøyd tilbake til rektangulær form og to treklosser ble montert for å forhindre at det samme skal skje igjen, Figur 21 og Figur 22.



Figur 21 Fortsatt tydelig deformasjon etter montering av en trekloss.



Figur 22 Her er deformasjonen ferdig utbedret, men fortsatt er innløpet ujevnt.

Etter montering av treklossene fikk snorkelen et mer rektangulært tverrsnitt, men med noen ujevnheter fortsatt. Treklossene vil stå for et tap der de blokkerer deler av innløpet til snorkelen, men i sum er nok kapasiteten økt i forhold til før utbedring.

Etter at magasinet ble fylt med vann igjen ble det påvist en blokkering inni snorkelen. Det kan se ut som at en kvist eller lignende har kommet seg inn i snorkelen og blokkerer for utløpet. Det var minst fire felt (hvor et felt er avgrenset av to beskyttelsesribber) på Coandarista det ikke rant vann over i det hele tatt, og enda flere felt som var tydelig berørt av blokkeringen. På snorkelens høyre side, sett med vannretningen, så vannstrømmen ut til å oppføre seg slik man kan forvente. Det var antydning til at vannføringen var større nærmest vegg, slik det også er observert på modellen i laboratoriet. Under fylling av

magasinet igjen var tydelig at vannet begynte å renne gjennom snorkelen lenge før resten av inntaket ble operativt.

### 4.4 November 2016, Tverråne og Nybuelve kraftverk

2. november var inntaket på Nybuelve helt åpent, mens det natt til 3. november begynte å legge seg is. Det ble en liten stans i produksjon denne natten, men allerede på dagen den 3. november kunne produksjonen gjenoppta. Figur 23 viser bilde tatt den 4. november over inntaket. Figur 24 viser bilde tatt den 7. november, kl. 13.36. Kraftig snøfall hadde dekket til hele inntaket og magasinet. På dette tidspunktet kjørte kraftverket på ca. 1 MW (epostkorrespondanse med Jon Olav Volden, prosjektleder, Norsk Grønnkraft AS, 7. november).



Figur 23 Nybuelve, 4. november, kl. 09.09  
(Foto: Norsk Grønnkraft AS)



Figur 24 Nybuelve, 7. november, kl. 13.36  
(Foto: Norsk Grønnkraft AS)

På Tverråne var det produksjonsstans grunnet arbeid på inntaket i perioden 1. til 3. november. Produksjonen var i gang igjen 8. november, men da med nytt inntak, slik at vannet ikke lenger renner over Coandaristene. Figur 25 viser inntaket dagen før, mens Figur 26 viser inntaket etter at kraftproduksjonen er i gang igjen. Her er vannstanden nå lavere enn damkrona.



Figur 25 Tverråne, 7. november, kl. 13.36  
(Foto: Norsk Grønkraft AS)



Figur 26 Tverråne, 8. november, kl. 10.43  
(Foto: Norsk Grønkraft AS)

Den 14. november på Tverråne hadde magasinet fylt seg opp og vannet hadde begynt å renne over Coandaristene igjen, Figur 27.





Figur 27 Tverråne, 14. november 2016 kl. 10.43 (Foto: Norsk Grønnkraft AS)

Dette kan tyde på at aktivt sarr har blitt blandet inn i vannmassen og klebet seg til det nye inntaket og blokkert dette, helt eller delvis. Magasinet her er lite og vannet turbulent. Det er uvisst hvor dypt det nye inntaket står. Som det står skrevet i *Inntakshåndboken*: «Stryk og fosser ovenfor inntaket er *ismaskiner* i kuldeperioder ...». (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2006, s. 53). Som Figur 5 viser renner vannet inn i inntaksmagasinet direkte fra en foss.



## 5 Vurdering av observasjoner

### 5.1 Effekt av snorkelen

Løsningen med å heve inntaket der det ikke er snorkel, slik det er gjort på Dyrkorn, er en nødvendighet for at snorkelen skal kunne ta inn nok vann til å opprettholde drift ved blokkering, noe som burde være mulig. En snorkel må designes slik at kapasiteten minst tilsvarer turbinens minste slukeevne,  $Q_{\min}$ . Men, det må også tas hensyn til minstevannføring. Hvis denne slippes gjennom samlekkummen, slik det gjøres på Dyrkorn, må snorkelen ha kapasitet nok til å også ta inn denne for å kunne opprettholde driften ved blokkering. Snorkelen må derfor ha kapasitet nok til å ta inn  $Q_{\min, \text{turbin}} + \text{minstevannføring}$ . På Dyrkorn utgjør dette totalt 80 l/s. Beregningene viser at snorkelen trolig har en teoretisk kapasitet over dette, men deformasjonen og blokkeringen har redusert kapasiteten. Ved full kapasitet ville da snorkelen ha klart å levere nok vann ved blokkering av inntaket. Derimot dekker snorkelen kun de øverste 250 mm av rista, som er ca. 20 % av total ristlengde. Dersom isen bygger seg opp til snorkelen, som det er blitt observert, vil ikke disse 250 mm være nok til å ta inn nok vann til å opprettholde driften. Snorkelen går altså ikke langt nok ned over Coandarista og trolig vil ikke snorkelen, selv nå etter utbedring, kunne levere nok vann til å opprettholde driften ved en blokkering av inntaket.

Som det ble observert mars 2016, sørger snorkelen for at det legger seg is på overflaten av vannet inntil snorkelen, da dette vannet blir stillestående. Dette vil bidra til raskere oppbygging av isdekke på magasinet, men vil også kunne føre til at snorkelen blir utsatt for islast. Å få etablert is på overflaten i magasinet vil være en stor fordel. Dette vil begrense varmeutveksling med atmosfæren og nedkjøling grunnet nedbør og på den måten forhindre muligheten for dannelse av sarr i magasinet. Nøvik, et al. (2014) observerte at ved 6 av 8 blokkeringer grunnet is kom det nedbør i forkant av isleggingen på inntaket, noe som tyder på at nedbør bidrar stort til sarrdannelse.

Hvor langt ned i magasinet snorkelen må gå for best mulig effekt mot tilfrysing, har ikke blitt undersøkt enda. Data fra feltarbeidet gjennomført i mars 2016 skulle gi en indikasjon på dette, men da det omtrent ikke var kulde denne perioden kunne ikke resultatene fra denne utplasseringen si noe om tilstedeværelsen av sarr. Det er ikke gjort detaljerte målinger på hvor stor temperaturforskjellen er gjennom vannsøylen og da heller ikke hvorvidt vannet faktisk holder en høyere temperatur dypere. Utstyret som nå er plassert ut vil kunne gi en indikasjon på temperaturforskjellen på bunn og like under overflaten, men mer detaljert måling vil være fordelaktig. Forhåpentlig vil SWIPS registrere flere hendelser med sarr i vannet denne vinteren og kunne vise hvor mye sarrpartikler som kommer og om de finnes i hele vannsøylen. Dette er data som vil hjelpe til å si noe om snorkelens store dybde har en effekt eller om det hadde holdt med kun et lokk over den delen av inntaket som befinner seg over vann.

Under blokkeringen av inntaket 6. november og 11. november burde det være unødvendig å stanse produksjonen dersom snorkelen hadde fungert slikt den er tenkt. Men med både blokkering, deformasjon og trolig for lite ristareal under snorkelen er det dermed ikke mulig å si noe om snorkelen her har tatt inn vann når inntaket ellers har vært blokkert.

Det har ikke blitt observert hvordan isen legger seg på Coandarista nedenfor snorkelen. Ettersom tilfrysingene av Coandarista kun er observert via webkamera har det vært vanskelig å vurdere hva som skjer rundt snorkelen. Dette er viktig informasjon som må tas med når en eventuell ny snorkel bygges. På bildene fra blokkeringen 6. november ser det ut som at noe is har lagt seg på nedsiden av snorkelen, noe som betyr at vann og sarr på en eller annen måte finner veien hit. Dette kan skyldes at snorkelen overtoppes, men bildene viser ingen tegn til overtopping.

## 5.2 Hevertfunksjon

Som hevert øker kapasiteten betraktelig og snorkelen vil muligens, ved ekstreme tilfeller, kunne suge mer vann enn vannføringen inn i magasinet. Det er tydelig at dette ikke er en ønskelig situasjon. Ved at snorkelen fungerer som hevert når vannføringen er lav vil den potensielt sett kunne senke vannstanden i magasinet til under damkrona. Da vil det ikke være mulig å slippe minstevannføringen man er pålagt, noe som ville vært svært uheldig. Om snorkelen bytter mellom frispeilstømning og trykkstømning, og dermed drastisk endrer vannføringen inn til samlelummen, vil dette kunne påvirke kjøring av turbinen. Produksjonen vil ikke da lenger følge naturlig tilrenning, men være påvirket av snorkelens funksjon, en svært ugunstig situasjon. For å unngå hevertfunksjon er det viktig at utløpet på snorkelen er stort nok slik at det alltid vil være luft i systemet. Som forsøk i laboratoriet viste er innsnevring av utløpet en svært effektiv måte å sørge for at hevertfunksjonen inntreffer. En måte å forhindre dette på er å ha større tverrsnitt på snorkelens utløp enn innløpet. Skulle dette skje at hevertfunksjonen setter i gang, er det viktig at den ikke får tappe ned vannstanden til under damkrona, altså må det sørges for at det kommer luft inn i snorkelen når vannstanden når et visst punkt.

## 5.3 Praktiske utfordringer

Deformasjonen som har oppstått viser at snorkelens design ikke er helt optimal. Hva deformasjonen skyldes er ikke helt klar. Det kan skyldes undertrykk eller noe så enkelt som at den ikke har tålt presset fra vannmassen. Materialet den er bygget av er lite stivt og å bøye snorkelen tilbake igjen var en enkel sak. Det trengs derfor et stivere materiale eller flere avstivninger. Stagene som er montert på dagens løsning er svært ugunstige og fører til et ekstra vanntap. Snorkelen bør altså bygges i et kraftigere materiale som is ikke fester seg til og yttersiden bør være så glatt som mulig. Med i vurderingen av dens styrke må det tas med at det vil kunne oppstå islast og at snø vil legge seg oppå selve snorkelen.

## VURDERING AV OBSERVASJONER

---

Våren 2016 ble det oppdaget at snorkelen var svært glatt å gå på når snøen oppå ble fjernet. Det er ikke mulig å gå rundt på andre siden av dammen uten å gå over, slik at det var nødvendig å gå på snorkelen for å komme til bunntappeluka. Dette gjelder da Dyrkorn og vil kunne være annerledes andre steder.

Snorkelen har effekt om vinterhalvåret. Det kan derfor vurderes om den burde kunne demonteres og fjernes sommerhalvåret. Fordelen med dette er å kunne inspisere Coandarista under og å kunne fjerne fremmedlegemer som finner veien inn. Snorkelen på Dyrkorn har stått montert siden den ble bygget. Det er derfor usikkert hvordan rista ser ut på undersiden og hva det er som nå ligger og blokkerer.

Dersom snorkelen viser seg å ha stor effekt vil det kunne være interessant å se på muligheten for å dekke hele inntaket med snorkel og på den måten helt eliminere blokkering grunnet is. Dette vil føre med helt nye utfordringer, men kan være verdt å undersøke. Kanskje kan snorkelen også ha en funksjon på inntakene i Nesbyen om sommeren. Dersom materialet som fester seg på inntaket kommer flytende i det øverste laget i vannet og ikke dypere ned vil snorkelen kunne ha en positiv effekt. Materialet som kommer med vannet må uansett ende opp et sted og vil nok derfor uansett finne veien over Coandainntaket, men det kan være verdt å sjekke ut.

## 6 Konklusjon og videre arbeid

Det er tydelig at snorkelen kan ha en positiv virkning. Å få dannet et isdekke på magasinet så tidlig som mulig vil ha stor effekt på sarrdannelsen og den lille reduksjonen i nedkjøling av vannmassen kan være det lille ekstra som forhindrer sarrpartiklene å bli aktive. Dessverre har snorkelens reduserte kapasitet gjort at det ikke er mulig å trekke noen slutning fra blokkeringene som til nå har vært observert.

Hallbjørn Brekke i Tafjord Kraftproduksjon AS sier at de opplever at snorkelen fungerer slik den er tenkt, sirkulasjon opprettholdes i samlekanalen når resten av inntaket er blokkert, og dermed unngås ising i kanalen (epostkorrespondanse 23. august 2016). Mye kan tyde på at den også vil kunne utvides til å ha kapasitet nok til å opprettholde drift ved blokkering.

Trolig er snorkelens viktigste bidrag det at den tar inn vann dypere som er både varmere og sarrfritt, enn overflatevannet. Dessverre er dette noe som enda ikke har blitt dokumentert, men data fra SWIPS vil trolig kunne si noe om sarrpartiklene finnes i hele vannmassen eller om de kun finnes i overflaten. Også temperaturmålingene som gjøres vil kunne bidra til å si noe om temperaturforskjellen mellom øvre og nedre lag. Dette må gjennomgås når utstyret blir hentet opp på våren 2017.

Dessverre var ikke SWIPS utplassert under blokkeringen 6. november, en hendelse som er godt dokumentert med bilder. Trolig vil det uansett oppstå flere blokkeringer i løpet av vintersesongen som sikrer nok data. Det bør forsøkes å observere en blokkering i feltet hvor det blir lagt stor vekt på å dokumentere hva som skjer rundt snorkelen. Det kan med fordel også utføres målinger av temperaturen på selve Coandarista, både under snorkelen og på en del som ikke dekkes av snorkelen. På den måten vil det kanskje være mulig å si noe om hvor mye snorkelen faktisk isolerer metallet. Også mer nøyaktig logging av temperaturen i magasinet vil være nyttig, og da helst i flere nivåer nedover mot bunnen.

Modellen av snorkelen i laboratoriet fungerer godt, men begrensinger på Coandamodellen gjør at det ikke lar seg gjøre å kjøre tester med sarr. En utvidelse av det øvre magasinet på Coandamodellen vil gjøre det enklere å skape/tilføre sarr og fordele dette i hele vannmassen. Det bør undersøkes hva som skjer når det renner sarr gjennom snorkelen og

## KONKLUSJON OG VIDERE ARBEID

---

når sarr renner over og lander på rista nedenfor. Ved å endre på pumpeoppsettet vil kapasiteten kunne økes og det kan legges til rette for roligere strømningsforhold.

Også Coandainntakene i Todalen viser seg å være utsatt for blokkering av is, men her har det ikke blitt samlet inn noe data, slik at det ikke er mulig å si noe mer om blokkeringene som har oppstått. Ettersom Tverråne kraftverk nå har endret inntakskonstruksjonen står det nå Coandarister der som kun fungerer som reserveinntak. Her vil det kanskje være mulighet for å gjøre forsøk med snorkel, både på vinteren og på sommeren, med tanke på blokkering grunnet både sarr og biologisk materiale.



## 7 Referanser

- Aquashear, 2016. *Why Aquashear*. [Internett]  
Available at: <http://www.aquashear.com/why-aquashear.cfm>  
[Funnet 15 desember 2016].
- Ashton, G. D., 1986. *River and lake ice engineering*. Littleton, CO: Water Resources Publications.
- Asvall, R. P., 2010. *Hvordan is i vassdrag dannes*, Oslo: NVE.
- Brødrene Dahl, u.d. *Fossekalen - Det miljøvennlige inntaket*. [Internett]  
Available at: <http://www.dahl.no/Produkter/Vannkraft/Kataloger/>  
[Funnet 22 April 2016].
- Crowe, C. T., Elger, D. F., Williams, B. C. & Roberson, J. A., 2012. *Engineering Fluid Mechanics*. 9 red. s.l.:John Wiley & Sons Pte Ltd.
- Fontein, F. J., 1965. *Some Variables Influencing Sieve-Bend Performance*. s.l.:s.n.
- Huber, D., 2005. *BEDUIN Project*. Trondheim: NTNU.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2005. *Retningslinjer for flomløp*. 2. red. Oslo: NVE.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2006. *Inntakshåndboken*. Oslo: Norges Vassdrags- og Energidirektorat.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2010. *Vassdragsbåndboka*. Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, 2016. *NVE Atlas*. [Internett]  
Available at: <http://atlas.nve.no>  
[Funnet 1 12 2016].
- Nøvik, H., Lia, L. & Opaker, H., 2014. Performance of Coanda-Effect Screens in a Cold Climate. *Journal of Cold Regions Engineering*, 28(4), p. 04014006.
- Opaker, H., 2012. *Funksjon til Coandainntaksrister - Erfaringer fra Dyrkorn Kraftverk*, Trondheim: NTNU.
- Schaefer, V. J., 1950. The formation of frazil and anchor ice in cold wate. *Transactions of the American Geophysical Union*, Volum vol. 31, pp. 885 - 893.
- Selanger, K., 1980. *Luftproblemer i hevert*, Trondheim: SINTEF.
- Stine, G. H., 1989. *The Rises and Falls of Henri-Marie Coanda*. s.l.:Air & Space Smithsonian.
- Sæten, N. K., 2016. *Vinterfunksjon av Coandainntak ved Dyrkorn kraftverk*, Trondheim: NTNU.
- Wahl, T., 2003. *Design Guidance for Coanda-Effect Screens*, Colorado: U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation.



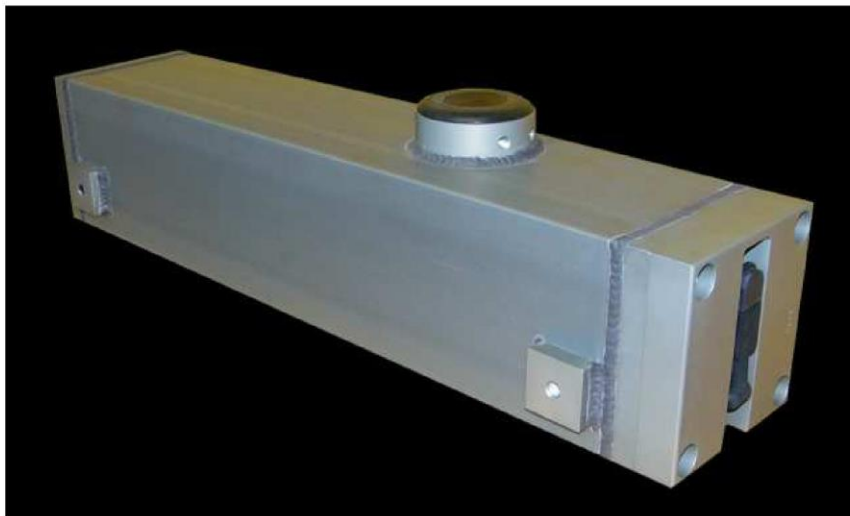
## Vedlegg A: Datablad SWIPS



---

# SWIPS

Shallow Water Ice Profiling Sonar  
**Theory of Operation**



ASL Environmental Sciences

Document GU-100-SWIP5-09-R03  
Dec 17<sup>th</sup> 2009



Overview .....	3
1.1 Overview .....	3
1.2 Principles of Operation .....	4
Functional Description .....	4
Instrument Operation.....	5
1.3 Configuring for a Typical Environment.....	6
Modes of Operation.....	6
Trouble Shooting .....	11
Deployment Parameters.....	12
Calibrations .....	13
Calibration Coefficients and Methods.....	13
1. Analog Pressure Sensor .....	13
2. Speed of Sound (m/s).....	13
3. Eclock (sec).....	13
4. Tilt Coefficients.....	13
Technical Information Notes.....	14
Reducing the Numbers of Null or False Target Records .....	14
Installation Instructions for Connectors.....	16
Maintenance Instructions for Connectors .....	16

Chapter

**1**

---

## Overview

### 1.1 Overview

Thank you for purchasing a Shallow Water Ice Profiling Sonar "SWIPS" from ASL Environmental Sciences.

This instrument has been thoroughly tested at the factory prior to shipment. The sensors have been individually calibrated. Calibration coefficients have been stored in the instrument in non-volatile memory as well as being written to a file on the supplied CD ROM.

The purpose of this manual is to provide the user with the technical information required to successfully operate the ASL SWIPS. To help you get started on using the ASL SWIPS, this manual provides a concise step by step approach to each required task.

This manual is designed for use in conjunction with the (software) IPS5Link Users Guide and the applicable SWIPS Operators manual (hardware).

## 1.2 Principles of Operation

### Functional Description

The SWIPS is a self-contained instrument designed to measure and record the underwater depth of floating ice moving through its field of view during unattended deployments<sup>1</sup>. This is the "target" mode of the SWIPS. The SWIPS is also capable of collecting an acoustic reflection sample of the entire water column. This mode is called "profiling".

The SWIPS is deployed up to 20 m beneath the surface, looking upward<sup>2</sup>. It transmits an acoustic pulse of programmable duration, and then listens for the echo from the bottom of the ice. The SWIPS examines the returned echoes and decides which part of the signal is returned from the bottom of the ice, or in the absence of ice, from the water surface. The interval between transmission and receipt of this echo is referred to as the Travel Time. In "profiling" mode, the SWIPS will record the acoustic reflections from the entire water column.

The SWIPS also contains sensors for measuring:

tilt from vertical on two axes of the acoustic sensor

pressure

temperature

time

The sampling interval for recording these auxiliary variables may be controlled by the user. The tilt data allows the correction of distance calculations when the instrument is not perfectly vertical.

The pressure sensor is used to calculate the depth of the water above the SWIPS. This measurement is subtracted from the range measurement as part of the calculation for ice thickness. Since the measured pressure also changes with the air pressure at the water surface, data from the nearest weather station is also factored into the thickness calculation.

Temperature values recorded by the instrument are sometimes used in the calculation of the speed of sound in water which impacts the final ice draft calculation.

The SWIPS may be programmed to start data collection immediately, or to wake up at a future time. It stores acquired data within its removable non-volatile COMPACT FLASH

---

<sup>1</sup> More information on the general principles of operation of the IPS unit can be found in a scientific paper: see Melling, H., P.H. Johnston and D.A. Riedel (1995) Measurements of the underside topography of sea ice by moored subsea sonar. J. Atmospheric and Oceanic Technology 13, 589-602.

<sup>2</sup> Extended range operation of the SWIPS, to 200 m or more, can be achieved. Consult ASL Environmental Sciences Inc. for more information.

memory. Communication with the SWIPS, and downloading of data, occurs via a serial interface through a bulkhead connector on the pressure housing

### Instrument Operation

(*Note: The names of control parameters are denoted as words in italic fonts.* The control parameters can be set in the Deploy Panel of the ASL IPS5Link software – see ASL IPS5Link Users Guide.)

The SWIPS is capable of operating with up to 12 sets of different parameters, or phases, over a single deployment. This means the instrument can, at predetermined times, change its operating parameters to optimize data collection for a particular target. The data collection sequence for a single phase is as follows:

At times separated by the *Ping Period*, the internal echo sounder is turned on, a travel-time counter is started, and a sound pulse is transmitted for the length of time chosen via the *Ping-Length* parameter. Following transmission, the instrument sits idle for the length of time corresponding to the *Lockout Range*. The lockout is entered as meters but note that this is based on the *speed of sound* value that is entered in the “Operating Mode” panel in IPS5Link. When the lockout time expires, the SWIPS waits for an echo amplitude that exceeds the value specified for *Start Amplitude*. When this occurs, the travel time is recorded and a persistence counter is started. When the echo amplitude drops to the level specified for *Stop Amplitude*, the persistence counter is stopped and compared to the desired *Minimum Persistence*. If the echo duration is less than this minimum, the target in question is rejected.

This process is repeated for (up to five) echoes which exceed the *Start-Amplitude* value, but the saved numbers are replaced only if the newest echo is more persistent than the saved value. When the specified *Maximum Range* is reached, data collection stops, and the travel time, persistence, and amplitude of the (up to five) most persistent echoes are recorded. The SWIPS then goes to sleep during the remainder of the ping interval, waking to repeat the process at a rate of the ping interval.

Two other recording cycles are synchronized with the fundamental ping cycle. Pressure, temperature and pitch/roll are sampled and recorded every *Sensor Period*. For example, if the *Ping Period* is 1 second, and the *Sensor Period* is 60, then these sensors are sampled every 1 x 60 seconds, or 1 minute.

Bursts of rapid pinging can be initiated every *Burst Period*. Bursts of this type can be used to measure wave heights. During the burst, the SWIPS transmits pings at up to 2Hz. Then, depending on the mode selected, it will remain quiescent until the next burst is due, or will revert to the standard ping cycle. A ping-burst occurs every  $BurstPeriod \times SensorPeriod \times PingPeriod$ . For example, if *PingPeriod* = 1, *SensorPeriod* = 60, and *BurstPeriod* = 360, bursts will be started every 1 x 60 x 360 seconds, or 6 hours. Bursts can also be configured to sample the entire water column for returns (as opposed to collecting surface targets). This is called “profiling”. Profiles generate a large amount of data, so use profiles with caution.

To retrieve the data when the deployment is complete, the user connects a personal computer (PC) through the serial port to the SWIPS via a custom interface cable and uses the IPS5Link software to upload the data to the PC. Alternatively, the instrument can be disassembled and the COMPACT FLASH card removed and connected to a USB card reader. The IPS5Link Users Guide and Section 3 of this manual describes the software, and its use, in more detail.



### 1.3 Configuring for a Typical Environment

#### Modes of Operation

Each operating phase may be programmed to operate in one of four modes:

**Ice mode:** The default values for all parameters are optimized for ice measurements and the ping period during Burst modes (if enabled) is set to 1Hz. The displayed parameters are also optimized (if the "Advanced Parameters" is off). In ice mode, the instrument will typically collect range data to the ice a few seconds apart and will measure the other sensors a few minutes apart. The user may also wish to enable the occasional "profile" to allow them a view of the entire water column. The profiles can help as a troubleshooting aid while processing the data. These profiles are collected at the Burst Period if the "Save Target and Raw Profiles" option has been selected. If the "Save Targets" (only) option has been selected, and if a Burst Period has been selected, then the Burst data will be collected at a fixed 1 Hz rate

**Wave mode:** The default values for all parameters are optimized for wave measurements. The displayed parameters are also optimized (if the "Advanced Parameters" is off). In Wave mode, the instrument will typically collect ranging pings and the sensor data every minute or so. The Burst Period would always be enabled and set to collect a series of fast pings every hour or so. These bursts of pings will be collected at a fixed 2Hz rate. Note that if the "Save Target & Raw Profile Data" option has been selected, then a profile will be collected at the sensor period.

**Sleep Mode:** No data is collected. This mode is used to conserve battery power during periods when data collection is not needed.

**Repeat Mode:** When this phase is started, the instrument will go back to phase 1 and repeat the all the phases that have been set up. The periods of time for each phase will be the same as before.

Ice conditions in a seasonal sea ice zone display an annual cycle: in summer there is a high likelihood of prolonged open-water conditions; in autumn and spring, conditions can vary from ice free to ice covered; in winter, a high concentration of ice is possible. The user can specify 12 dates on which a new set of operating parameters will become active. The transitions are called phases.

For example, we might wish to deploy the SWIPs during the summer season in a large lake that goes from completely open water to solid ice during the annual cycle. The unit is a special high pressure unit and will be placed on the bottom of the lake about 50 meters down in mid summer. Since there will be no ice for 3 months, we are mostly interested in collecting wave data for this period. However, we also decide that we want an indication of fish activity during the warmer months, so we enable the "Save Target & Raw Profile Data". Refer to the image below for an example set up. The *Ping Period* and *Senor Period* are set to the desired collection rate for the profile and sensor data of 30 seconds. The Burst Period has been adjusted to allow a burst every hour. The burst will collect 2048 pings at the 2Hz rate. The *Max Range* has been set to be higher than the water surface,

but not too far as this may allow a “double bounce” echo to be recorded. This would also waste battery power and consume extra memory for the profiles.

**IposLink Version 1.2.03 (20081208) (c) ASL Environmental Sciences Inc.**

**Instrument Status**

- Status Read
- Firmware
- UNIT S/N
- CPU S/N
- Mode
- Config. Status
- Config. Saved
- Free (Mb)
- Used (Mb)
- Total (Mb)

**Operating Schedule** Configuration (53016)

Start Date & Time: 2010/07/15 12:00:00

Number of Phases: 4 Total Storage Requirements: 3002.88 Mb

Battery Requirements Tx: 2.42 Ah Main: 107.89 Ah

Resources computed for interval: Jul 15, 2010 12:00:00 - Jul 16, 2011 11:59:59

Operating Mode	Summary	P1	P2	P3	P4
Acquisition Period: Jul 15, 2010 12:00:00 - Oct 13, 2010 11:59:59					
Duration [90.0000 days]	90.0000	Days	Set End Date	Go to Summary	
Phase type [Wave Profiling]	Wave		Copy Phase	1	
Ping Period [30.0 sec]	30		Tx Amp Hours	0.552	
Sensor Period [1 pings]	30.0	Seconds	Main Amp Hours	50.763	
Max. Range [5390 samples]	70.000	Meters	Standard Pings	259200	
Lock Out [63 samples]	0.700	Meters	Burst Pings	2181	
Burst Period [120 sensor period(s)]	60.00	Minutes	Extra Pings	4350093	
Burst Length [1624.00 sec]	2043	Pings	Sensor Pings	259201	
Gain [1]	1		Total Pings	4609293	
Pulse Length [68 uS]	68		Bytes	2504564060	
Dig. Rate [64 kHz] [0.0110 m/sample]	64000		Base Ping Rate	2 Hz	
Start Amplitude [35000]	35000		Profiles Per Burst	85	
Stop Amplitude [25000]	25000		Ping Processing Time (sec)		
Min. Persistence [62 uS (4 samples)]	4		Regular Ping	0.208846050	
Maximum Targets [3]	3		Sensor Ping	0.250046050	
Non Wave Sensor Pings	Save Target & Raw Profile Data				

\* Warning some advanced parameters are set to non-standard settings  View Advanced Parameters

Set Advanced Parameters to Default Settings

Help COM

After 90 days, we are expecting some ice to start forming but we are also expecting large storms and don't want to lose the wave data. Therefore, for the second phase, we stay in the wave mode but reduce the *Ping Period* to allow faster sampling of ranges to any ice that might form. We are no longer interested in the activity in the water between the instrument and the surface so we turn off the "Save Target & Raw Profile Data" to save memory.

The screenshot shows the IbsLink software interface (Version 1.2.03) with the following configuration details:

- Start Date & Time:** 2010/07/15 12:00:00
- Number of Phases:** 4
- Total Storage Requirements:** 3902.88 Mb
- Battery Requirements:** Tx 2.42 Ah, Main 17.98 Ah
- Resources computed for interval:** Jul 15, 2010 12:00:00 - Jul 16, 2011 11:59:59
- Acquisition Period:** Oct 13, 2010 12:00:00 - Jan 11, 2011 11:59:59
- Duration:** 90.0000 days
- Phase Type:** Wave
- Ping Period:** 3.0 sec
- Sensor Period:** 120.0 Seconds
- Max. Range:** 70.000 Meters
- Lock Out:** 0.700 Meters
- Burst Period:** 2.000 Hours
- Burst Length:** 2043 Pings
- Gain:** 1
- Pulse Length:** 68 uS
- Dig. Rate:** 64000
- Start Amplitude:** 35000
- Stop Amplitude:** 25000
- Min. Persistence:** 4
- Maximum Targets:** 3
- Non Wave Sensor Pings:** Save Target
- Summary Statistics:**
  - Tx Amp Hours: 0.541
  - Main Amp Hours: 48.104
  - Standard Pings: 2592000
  - Burst Pings: 1081
  - Extra Pings: 1844186
  - Sensor Pings: 64801
  - Total Pings: 4436186
  - Bytes: 134761896
  - Base Ping Rate: 2 Hz
  - Profiles Per Burst: 0
  - Ping Processing Time (sec):
    - Regular Ping: 0.208846050
    - Sensor Ping: 0.258846050

# VEDLEGG A: DATABLAD SWIPS

During the "winter phase", we are expecting almost 100% ice cover so the wave data is of no interest. The biological data from the water column is also not desired over the cold months so the profiling has also been turned off.

The screenshot shows the SwipsLink software interface with the following configuration details:

- Start Date & Time:** 2010/07/15 12:00:00
- Number of Phases:** 4
- Total Storage Requirements:** 3002.88 Mb
- Battery Requirements Tx:** 2.42 Ah
- Resources computed for interval:** Jul 15, 2010 12:00:00 - Jul 16, 2011 11:59:59
- Acquisition Period:** Jan 11, 2011 12:00:00 - Apr 11, 2011 11:59:59
- Phase Type [Ice Profiling]:** Ice
- Duration [90.0000 days]:** 90.0000
- Ping Period [1.0 sec]:** 1
- Sensor Period [300 pings]:** 300.0
- Max. Range [6390 samples]:** 70.000
- Lock Out [63 samples]:** 0.700
- Burst Period [NO BURST DATA]:** 0.0
- NO BURST DATA:** 0.0
- Gain [1]:** 1
- Pulse Length [68 uS]:** 68
- Dig. Rate [64 kHz] [0.0110 m/sample]:** 64000
- Start Amplitude [10000]:** 10000
- Stop Amplitude [9000]:** 9000
- Min. Persistence [62 uS (4 samples)]:** 4
- Maximum Targets [3]:** 3
- Tx Amp Hours:** 0.753
- Main Amp Hours:** 35.636
- Standard Pings:** 7776000
- Burst Pings:** 0
- Extra Pings:** 0
- Sensor Pings:** 25921
- Total Pings:** 7776000
- Bytes:** 219811820
- Base Ping Rate:** 1 hz
- Ping Processing Time (sec):**
  - Regular Ping: 0.183846050
  - Sensor Ping: 0.258846050
  - Profile Ping: 0.000000000

For the final "spring" phase, we go back to the same settings as used in the fall to capture both waves and ice thickness measurements. After this has all been entered, we go to the Summary page to view the results:

The screenshot shows the 'ps5Link Version 1.2.03 (20081208) (c) ASL Environmental Sciences Inc.' software interface. The 'Operating Schedule' tab is active, showing a configuration for 'Configuration (53016)'. The 'Start Date & Time' is set to '2010/07/15 12:00:00'. The 'Number of Phases' is 4, and 'Total Storage Requirements' are 3002.86 Mb. 'Battery Requirements' show 2.42 Ah for 'Main' and 187.88 Ah for 'Tx'. The 'Resources computed for interval: Jul 15, 2010 12:00:00 - Jul 16, 2011 11:59:59' are displayed. The 'Acquisition Period' is 'Apr 11, 2011 12:00:00 - Continuous'. The 'Phase Type' is 'Wave'. The 'Sensor Period' is 120.0 seconds. The 'Burst Length' is 2048 pings. The 'Dig. Rate' is 64000. The 'Start Amplitude' is 35000. The 'Stop Amplitude' is 25000. The 'Min. Persistence' is 4 samples. The 'Maximum Targets' is 3. The 'Non Wave Sensor Pings' is 'Save Target'. The 'Warning some advanced parameters are set to non-standard settings' is displayed. The 'View Advanced Parameters' checkbox is checked. The 'Set Advanced Parameters to Default Settings' button is visible. The 'Help' button and 'COM' status are at the bottom right.

The unit will use 188AH from the standard 200AH battery and will fill 3GB of the memory card.



## Trouble Shooting

1. Software will not communicate properly with SWIPS.
  - Check Interface cable (RS422/RS232 Cable).
  - Make sure AC adapter on interface cable is plugged in to an AC outlet.
  - Check Com port setting in the software as well as the computer being used.
  - If communication still does not exist, check all internal wire harnesses and connectors on the SWIPS. (then consult the factory)
2. RS232 communication cable will not fit on to the bulkhead connector.
  - Make sure pins are not bent on the bulkhead connector.
  - Make sure the female pins on the interface cable are not blocked in any way.
3. Instrument will not fit into the pressure case properly.
  - Make sure there are no wires protruding from the SWIPS Chassis.
4. After decoding the data, the pressure readings are not accurate.
  - Remove the grey plastic bolt on the pressure port and check that the holes are clear
5. During repeated bench tests, the clock on the SWIPS displays the incorrect time.
  - Check the voltage on the coin-cell battery. Replace if the voltage is less than 2.2V.

Appendix  
**B**

## Deployment Parameters

Table 1: Control parameters that define an operating phase of an SWIPS deployment.  
For parameters not listed below, consult the IPSSLink Users Guide.

PARAMETER	Unit	Minimum	Maximum	Description
<b>Start Date and Time</b>	year/./hour	Now	n/a	Date and time to start single phase or start of multiple phases
<b>Duration</b>		15 seconds	No practical limit	Length of deployment phase
<b>Ping Period</b>	seconds	0	255	Time between pings
<b>Pulse Length</b>	µs	0	1000	Duration of ping
<b>Lock-out Range</b>	meters	0	255	Do not look for targets in this distance from IPS
<b>Maximum Range</b>	meters	1	220	Furthest distance to look for targets
<b>Sensor Interval</b>	pings	2	65535	Sensors are recorded every N pings
<b>Burst Period</b>	Sensor Intervals	0	999	Burst starts every N sensor intervals
<b>Burst Length</b>	ping count	1	N/A	Maximum is a function of Sensor Interval and Burst Period
<b>Minimum Persistence</b>	samples	1	255	Function of the sample rate. Persistence is the minimum number of samples above the start amplitude for a valid target
<b>Start Amplitude</b>	counts	1000	65535	Echo level signifying the start of a valid echo.
<b>Stop Amplitude</b>	counts	1000	65535	Echo level signifying the end of a valid echo.

Note that most of these values are interdependent and some values can only be attained when other values are within certain ranges.



---

## Calibrations

### Calibration Coefficients and Methods

#### 1. Analog Pressure Sensor

A variety of pressure sensor models can be provided with a SWIPS depending on the expected water depth and other expected conditions.

Please contact ASL for details about your instrument.

#### 2. Speed of Sound (m/s)

Integrated speed of sound of the water column from the SWIPS to the ice or water target, as estimated by the user.

#### 3. Eclock (sec)

Measured period of microprocessor clock (value provided by ASL)

#### 4. Tilt Coefficients

Tilt coefficients are measured by ASL by calibrating the SWIPS at 20 different tilt angles, ranging from – 20 degrees to + 20 degrees. The calibration coefficients are computed using a least squares fitting method to a third order polynomial equation.



## Technical Information Notes

### Reducing the Numbers of Null or False Target Records

A null record in the SWIPS data file is a record in which the Range, Amplitude and Persistence are each zero. A null record results when the target detection algorithm of the SWIPS fails to find any target that satisfies the pre-programmed criteria. The target selection is based on the values of five parameters that must be chosen by the user when programming the SWIPS for deployment. These parameters are:

1. Minimum Range (m) (Lockout)
2. Maximum Range (m)
3. Start Amplitude
4. Stop Amplitude
5. Minimum Persistence

Note that the value of Maximum Range must exceed that of Minimum Range, and that of Start Amplitude must exceed that of Stop Amplitude. Null records may result in any of the following circumstances:

1. The Minimum Range has been set to a value that exceeds the range of the sea surface. *Normally, the value of this parameter should exceed 5m (although values as low as 2-3m can be used if there is a need to obtain ice profiles very close to the instrument).*
2. The Maximum Range has been set to a value that is less than the range of the sea surface. *Normally the value of this parameter should exceed the range to the sea surface, but should be less than twice the water depth at the site. The latter condition will eliminate the occasional selection of the second return (reflected off the sea surface, bottom and sea surface) as the target echo.*
3. The selected value of Start Amplitude is too large. *This occurrence is unlikely in normal operation, since the gain of the SWIPS is adjusted such that more than 95% of the echoes from sea-ice targets saturate the receiver, and the SWIPS has time-variable gain to compensate for transmission losses. However, the echo from the ice surface amplitude does fluctuate stochastically over a very wide range because it is generated by incoherent scatter. Therefore, it will occasionally be sufficiently weak that it will not exceed the Start Amplitude. Typically, this happens less than 1% of the time for ice targets. The rate of occurrence will increase quickly at ranges beyond 100 m, where progressively increasing transmission losses are no longer offset by time-variable gain in the SWIPS.*
4. The Minimum Persistence is too large. *Echoes from ridged sea ice typically persist for times long relative to the duration of the transmitted pulse. Those from level ice can, however, be very short-lived. A minimum persistence of 1.0 to 1.5 times the duration of the transmitted pulse is recommended. With this range of values, the Minimum Persistence has little influence on target selection, while at the same time eliminating targets which have shorter durations than the SWIPS pulse width.*

## VEDLEGG A: DATABLAD SWIPS

---

*Note: Some "noise" targets such as zooplankton scatterers can have longer persistence values than ice targets. To discriminate against false targets due to zooplankton scatterers, the start and stop amplitudes must be set to admit ice targets but reject the (hopefully lower amplitude) zooplankton targets.*

ASL will offer advice, and review proposed settings for minimum and maximum range start and stop amplitudes and minimum persistence, prior to finalizing deployment plans, on request from customers. Our advice cannot be guaranteed to produce the best results for every situation. However, we can discuss various strategies based on our experience, and that of other users of the SWIPS, in ice applications carried out over the past several years.

Appendix  
**E**

**Installation Instructions for Connectors**

1. Use of a dummy connector on exposed connector pins during a deployment is always recommended.

**Maintenance Instructions for Connectors**

**A. Visual Examination of Connectors before Mating**

1. Check for any debris that may be on any connector mating surfaces. This can hinder mating and cause damage to the sealing surfaces. Debris must be removed.
2. Check the connector sealing surfaces for any signs of nicks, cuts, or tears which may lead to water intrusion. If any of these occur the connector should be replaced before continuing.
3. Verify that the correct contact configuration is being mated together. Mating a 4 contact male connector into a 3 contact female connector with extreme force could cause contact damage as well as punctures and tears along bond surfaces, which may not be apparent to the eye.

**B. Lubrication of Connectors before Mating**

1. Lubricate the connectors with a light coat of Silicone Spray before mating. This will allow easier mating of the parts and reduce the chances of damage.
2. Lubrication should be performed every time the connector is mated and unmated.
3. **Do Not use WD-40 as a lubricant since it is made up of mineral spirits, which destroy chemical bonds.**



## Vedlegg B: Rapport utplassering av måleutstyr på Dyrkorn, 17.11.16

Rapport utplassering av SWIPS på Dyrkorn, 17.11.16

Tilstede: Niklas Kovanen Sæten (Student NTNU), Kristian Augustin Jensen (Avdelingsingeniør NTNU), Kjell Reidar Hoel (Tafjord Kraft), Thor Gunnar Hovlid (Tafjord Kraft)

Utstyr utplassert:

- 1 stk. SWIPS
- 2 stk. HOBO U20 Water Level Logger
- 2 stk. SeaBird 56 Temperature Logger
- 1 stk. Reconyx HC600 viltkamera (låst med hengelås)
- 1 stk. Moultrie I65 viltkamera

**SWIPSen** ble plassert i stativet på bunnen av magasinet. Også på stativet er en **SBE56** og en **HOBO U20** montert. Det er festet et tau på stativet slik at det kanskje er mulig å løfte ut uten å tappe ned. Strømkabelen til SWIPSen er stripset fast til rekkverket og skrudd fast i dammen ved et punkt. Den er gravd ned i sanda som ligger i magasinet. Strømkabelen er også en datakabel, men leverandøren kan ikke garantere at datakommunikasjon med SWIPSen fungerer ettersom kabelen er 25 m lang (maks 15 m lang kabel grunnet gammel hardware på SWIPSen). Minnekortet i SWIPSen er på 16 GB, logging til 1. mai krever i overkant av 9 GB. Det er også et batteri montert i SWIPSen. Dette batteriet ble brukt under utplasseringen i mars 2016 og er nesten tomt. Ved f. eks. strømstans vil batteriet overta og skulle også dette svikte vil SWIPSen selv starte opp med gjeldende konfigurasjon når strømmen kommer tilbake.

Oppunder taket ved webkameraet er det hengt opp en **HOBO U20**. Nede på bakken under webkameraet er det ene viltkameraet (**Moultrie I65**) montert. Dette kameraet går nå på batteri, men Knut kommer til å reise opp i romjulen en tur og koble til strømkabel. Det er en ledig stikkontakt oppe på veggen som da vil bli brukt. **Reconyx HC600** viltkamera er montert på et tre ovenfor «parkeringsplassen» ved magasinet. Dette er montert i en metallkasse som er skrudd fast i treet med to PZ3 skruer. Metallkassa er låst med hengelås, nøkkelen har Knut.

Snorkelen fikk noe førstehjelp i form av to treklosser som ble plassert og skrudd fast ved «innsuget» da dette var deformert. Snorkelen var blitt konkav, med kun 3-4cm åpning på midten. Det kan se ut som at en gren eller noe annet har kommet inn i snorkelen og blokkerer. På 3-4 felt rant det ikke vann i det hele tatt.

Det var store mengder sedimenter i magasinet. Som det kommer frem på bildet er det en veldig stor haug på venstre side, dekket av et tykt lag meg blader. En del greiner var samlet i en haug ca midt på bildet, men mye av dette ble fjernet.

Når på våren utstyret hentes inn får planlegges nærmere siden. Alt utstyret har batteri og minnekapasitet til å holde hele våren.