

Forsøk med drone til miljøovervåking i innsjø



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Region Midt-Norge

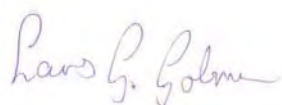
Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel	Løpenr. (for bestilling)	Dato
Forsøk med drone til miljøovervaking i innsjø	6653-2014	Mai 2014
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	13257	26
Forfattarar	Fagområde	Distribusjon
Lars G. Golmen, Karsten Kvalsund ¹ , Erik M. Bruvik ² 1: Runde miljøsentor, 2: Geofysisk institutt, U. i Bergen	Miljøovervaking	Open
	Geografisk område	Trykket
	Norge	NIVA

Oppdragsgjevarar	Oppdragsreferanse
1: Vegdirektoratet/StatensVegvesen, 2: Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, 3: Miljødirektoratet	Jørn Ingar Arntsen ¹ ; Marte K. Rosnes ² ; Steinar Sandøy ³

Samandrag
<p>I oktober 2013 vart det gjort forsøk med bruk av ein autonom farkost, glider, for miljøovervaking i innsjøen Hornindalsvatnet i Nordfjord. Slik farkost kan gjentekne gonger dykke til store djup og returnere til overflata og sende måledata til land. Kommunikasjon med glideren via satellitt fungerte bra, trass i høge fjell rundt vatnet. Glideren lot seg manøvrere til å dykke til berre nokre meter frå botnen før den snudde automatisk. Den innebygde funksjonen med å avbryte dykket og gå opp viss den kom nær botnen, fungerte også godt. Glideren vart operert i stasjonsmodus i ein periode ved at den gikk opp og ned på same stad fleire gonger. Den gjekk også opp og ned i transekt på langs av vatnet. Glideren hadde påmontert sensorar for temperatur, klorofyll, konduktivitet, oksygen og turbiditet. Måleteknisk fungerte farkosten like godt - eller betre enn konvensjonelle metodar, og den er vurdert som å representere ein framtidsretta og kostnadseffektiv metode innan miljøovervakinga i Norge.</p>

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Innsjø	1. Lake
2. Overvaking	2. Monitoring
3. Drone	3. Drone
4. Vasskvalitet	4. Water quality



Lars G. Golmen
Prosjektleiar



Kai Sørensen
Forskingleiar

**Forsøk med drone til
miljøovervaking i innsjø**

Føreord

Overvaking av vasskvalitet i innsjøar er til tider utfordrande. Klassiske metodar med utrustning av båt med diverse prøvetakingsutstyr, og personellbehov, legg press på ressursar og økonomien hos den utførande instansen. Overvakinga kan vere både langtids og mellombels. I samband med anleggsarbeid nær vatn er det ofte påkrevd med særskild intensiv overvaking i prosjektperioden.

Bruk av autonome farkostar kan bli løysinga for ein del av utfordringane innafor miljøovervakinga i innsjøar. Slike farkostar har gjennom fleire år vore nytta i havforskinga. Gjennom dialog mellom NIVA og ulike instansar sommaren 2013 vart det formulert eit prosjekt for å teste ut slik farkost i ein innsjø. Instansane var Vegdirektoratet/Statens vegvesen (kontaktperson Jørn Ingar Arntsen), Fylkesmannen i Sogn og Fjordane- miljøvernavingdelinga (kontaktperson Marte K. Rosnes), og Miljødirektoratet (tidlegare DN, kontaktperson Steinar Sandøy).

Forsøka vart gjennomført i oktober 2013, i eit samarbeid mellom Universitetet i Bergen, Runde miljøsentar, PLOCAN (Spania) og Hornindal kommune. Takk til Ståle Hatlelid i Hornindal kommune for bistand med båt og lokal logistikk og til Jon Ytrehorn for å bidra til å informere dei unge i kommunen og lokale media om prosjektet, til Karsten Kvalsund ved Runde miljøsentar, og Erik M. Bruvik for pilotering og bistand i felt og med rapportering, til Idar Hessevik ved Geofysisk institutt, UiB for utlån og bistand med bruk av dronen, og til Josue Vieira frå PLOCAN, Spania for bistand i felt og med data.

Lars G. Golmen ved Runde miljøsentar og NIVA var prosjektleiar og koordinator for prosjektet.

Runde, mai 2014

Lars G. Golmen

Innhald

Samandrag	5
Summary	6
1. Innleiing og målsetting med prosjektet	7
1.1 Om deltakarane i forsøka	8
1.1.1 Geofysisk institutt	8
1.1.2 Hornindal kommune	8
1.1.3 NIVA	8
1.1.4 PLOCAN, Spania	8
1.1.5 Runde miljøsepter	8
1.2 Dagens metodikk for overvaking av innsjøar	8
1.3 Vegvesenets praksis og behov	9
1.4 Autonom overvaking, nokre døme	10
1.5 Hornindalsvatnet som lokalitet	12
2. Glider teknologien	14
2.1 Sensorar	15
3. Forsøka i Hornindalsvatnet i 2013	16
3.1 Førebuing av glideren	16
3.2 Sensorar på glideren	16
3.2.1 Temperatur, konduktivitet, trykk	16
3.2.2 Turbiditet	16
3.2.3 Oksygen	16
3.2.4 Klorofyll-a fluorescens	16
3.2.5 Altimeter	16
3.2.6 Passiv prøvetakar	16
3.3 Gjennomføringa	17
3.4 Kort omtale av måleresultat	18
3.4.1 Glideren	19
3.5 Andre måledata	21
3.5.1 Vertikalprofilar med SAIV STD sonde	21
3.5.2 Vertikalprofilar med Seabird CTD sonde	21
3.6 Samanlikning av målingar	22
4. Oppsummering	24
5. Litteratur	25
Vedlegg A. Avisutklipp - Fjordingen	26

Samandrag

Miljøovervaking i innsjøar og fjordar foregår i dag stort sett ved prøvetaking frå båt på nokre utvalde tidspunkt. I enkelte tilfelle blir det nytta målebøyer. Rutinene følger etablerte og godt innarbeidde mønster. Slik tradisjonell overvaking kan vere underdimensjonert m.h.t. å fange opp både langtidstrender og einskild-episodar av forureining, t.d. ved anleggsarbeid. Ved å ta i bruk ny måleteknologi kan ein redusere eller fjerne desse manglane. Ein slik teknologi er autonome farkostar ("droner") som er i rutinemessig bruk i havovervaking. Foreliggende rapport omhandlar utprøving av ein slik farkost, "glider" i ein innsjø. Målsettinga var å funksjonsteste farkosten med omsyn til det operasjonelle. Farkosten hadde også montert ein del sensorar for måling av temperatur og fysikalske/vasskjemiske parametrar.

Hornindalsvatnet i Nordfjord vart vald som testlokalitet. Denne innsjøen er Europas djupaste (514 m), og der eksisterer overvaksingsdata frå siste 20 år som ga datagrunnlag for å kunne planlegge testane. NIVA, Norsk institutt for vannforskning, stod for koordinering av forsøka, som hadde deltakarar frå Runde miljøsentar, Universitetet i Bergen og instituttet PLOCAN i Spania, med god støtte frå Hornindal kommune. Vegdirektoratet, Miljødirektoratet og Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavingdelinga bidrog med finansiell støtte for å få utført forsøka.

Til forsøka i oktober 2013, vart det nytta ein Slocum glider. Denne kan gjentekne gonger dykke til store djup og returnere til overflata og sende måledata til land. Det finst fleire andre typar glider med liknande eigenskapar.

Kommunikasjon med glideren via satellitt viste seg å fungere bra (fjella rundt var ingen hindring). Den let seg kontrollere på same måte som ute i havet.

Glideren lot seg manøvrere i Hornindalsvatnet til å dykke til berre nokre meter frå botnen før den snudde automatisk. I tilfelle der den kom nær botnen på grunnare vatn, fungerte også den innebygde funksjonen med å avbryte dykket og gå opp. Glideren vart operert i stasjonsmodus i ein periode ved at den gikk opp og ned på same stad fleire gonger. Den gjekk også i transekt på langs av vatnet.

Glideren hadde påmontert sensorar for temperatur, klorofyll, konduktivitet, oksygen og turbiditet. Under forsøka vart det også målt med konvensjonelle målesonder, for å få eit samanlikningsgrunnlag. Måleteknisk fungerte farkosten like godt- eller betre enn konvensjonelle metodar. Den har plass til fleire sensorar enn ein målesonde.

Farkostane krev oppsyn av ein operatør (pilot) på land, via internet. For operasjonar i havet skjer dette ved at involverte deler på oppgåvene, tek vakter etter tur og overvakar mange farkostar samstundes. Dette er med på å redusere dei operasjonelle kostnadane. Ved ein operasjon i ein innsjø eller lokalt i ein fjord, vil pilotar tilknytt større sentra såleis kunne ivareta overvakinga. Dette treng ikkje vere kontinuerleg, men ein bør kontrollerte tilstanden med mellomrom, minst ein gong pr. dag. Farkostane har naudprosedyrer ved uventa hendingar, og for gliderens vedkomande vil den då gå til overflata og sende ein alarm, slik at operatøren kan gå inn momentant og om-programmere den. Dette er nyttig funksjon ved overvaking i samband med anleggsarbeid og andre tidavgrensa operasjonar, der alarmen kan vere tilknytt ein sensor med eit alarm-nivå.

Forsøket med testing av ein autonom farkost i ein djup, norsk, innsjø (Hornindalsvatnet), må reknast som vellykka. Forsøket gjev grunnlag for å tenke vidareutvikling og kostnadsreduksjonar med tanke på meir vidstrakt bruk av slike farkostar i miljøovervaking i innsjøar og fjordar både på nasjonalt og regionalt nivå, og også i samband med midlertidige tiltak slik som vegarbeid og anna anleggsarbeid som kan medføre forureining i vatn/sjø.

Summary

Title: Monitoring a lake by an underwater drone (glider)
Year: 2014
Authors: Lars G. Golmen, Karsten Kvalsund and Erik M. Bruvik
Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6388-6

The present report presents results from testing of an undulating underwater vehicle for environmental monitoring in a deep lake in Norway, Lake Hornindalsvatn, in October, 2013. A Slocum glider was used for the purpose. Some traditional measuring devices like lowered CTDs were applied as well, to collect data for comparisons.

NIVA, The Norwegian Institute for Water Research, coordinated the project, with partners from University of Bergen, Runde Environmental Centre and PLOCAN (Spain). The tests were supported by the Norwegian Public Roads Administration, the Norwegian Environment Agency and the County Governor of Sogn og Fjordane county.

The primary objective was to test the performance of the vehicle in terms of operability in such environment as a lake, surrounded by high mountains that might impair on the data transmission. The glider had incorporated some standard sensors for water quality like turbidity, chlorophyll and oxygen.

The communication with the glider via satellite and Internet worked well, the mountains did not seem to reduce transmission quality. Control and operation of the glider worked out well, similar to operating offshore, but with more frequent interceptions during the short mission, to test out various modes and functions. The bottom sensing and autonomous dive abortion when approaching the bottom worked well. The glider was operated in station mode profiling at a fixed position as well as making transects along the lake.

Technically, the glider functioned well during the lake mission. Preliminary assessment of the collected water quality data indicated this sensing platform is quite as good as conventional measurement methods, and it has extra capacity to carry additional sensors.

Monitoring of performance and data is done by a pilot on-shore. This can be a time-consuming task, but by sharing work between different pilots and centra operating many gliders, this can be accomplished cost-efficiently. The gliders have functions being activated in emergency situations, when they surface and send back status data. This can be useful when monitoring at a site where activities may cause some form of pollution temporarily, such as road construction.

It was concluded that the tests with the limited scope were successful. It is recommended to study the possibilities for such use of autonomous vehicles on a national scale, more in-depth, and also to gather information on any experiences from other countries.

It is indicated that for regular use in lakes, the gliders will have to be down-scaled in size, possibly be more modular to suit the actual purpose.

Glider are extensively used in ocean monitoring, and by selective adaptation there is a potential for a similar paradigm shift for lakes and fjords as well.

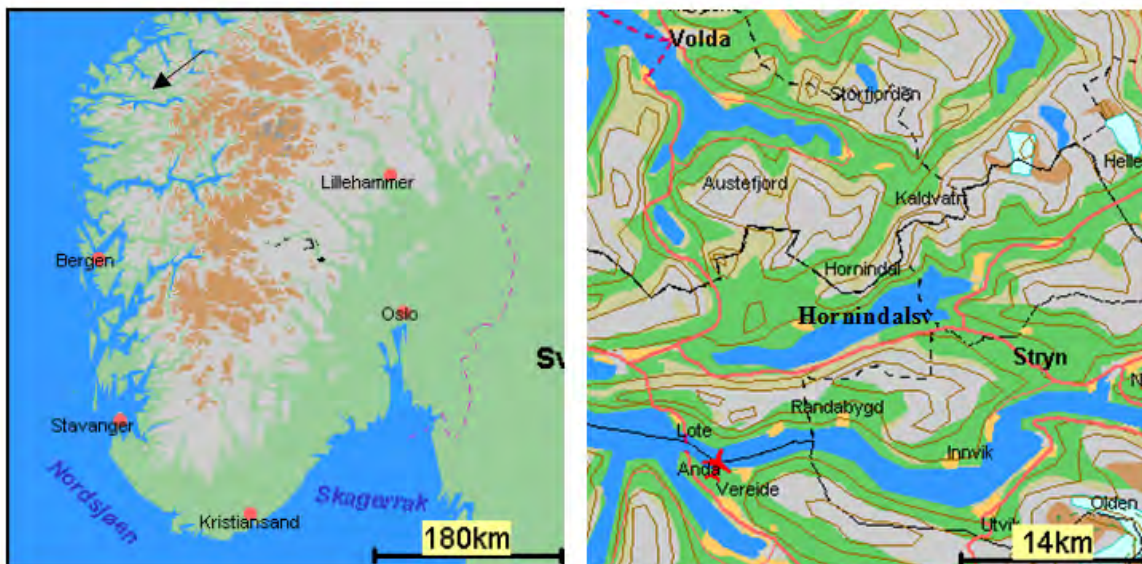
1. Innleiing og målsetting med prosjektet

I følge Vassforskrifta skal alle innsjøar i Norge ha status God for eller betre, for tilstanden. Stadig oppdatert informasjon om vasskvaliteten er essensiell for å kunne vurdere tilstand og utvikling. Miljøovervaking i innsjøar skjer i dag i stor grad med same metodikk som for 50-100 år sidan, d.v.s. manuell prøvetaking frå båt, på utvalde tidspunkt. Elektronisk måleutstyr gjort sitt inntog på marknaden og også i enkelte deler av vassdragsovervakinga, slik at ein i samband med feltarbeidet raskt kan få tett med målingar frå overflate til botn.

Bruk av autonome farkostar, "droner", er i dag i rutinemessig bruk i havmiljøovervakinga. Dette inneber effektiv, god og ressursparande overvaking. Slikt utstyr er derimot ikkje nytta i innsjøovervaking. Prosjektet som denne rapporten omhandlar, hadde som målsetting å funksjonsteste ein undervass drone i ein djup innsjø, med vekt på styring og operasjon av dronen. Detaljerte analysar og vurderingar av måledata var ikkje ein del av prosjektet. Forsidefotoet syner dronen som vart nytta i forsøka, eit "undervass-fly"; ein Slocum glider (engelsk: Glider).

Ved konvensjonell prøvetaking i innsjøar er ein også avhengig av vêr, vind og årstid. Ein undervass-drone har ikkje slike avgrensingar, og kan operere i månadsvis på eigenhand, kun kontrollert innimellom på Internet. Denne metodikken bør også kunne ha eit potensiale for overvaking av innsjøar og til studiar i omkring klimaendringar, dynamikk og utskifting.

Norge har gjennom NACO prosjektet ved UiB investert i eit ti-tals droner, s.k. "Gliders", først og fremst for å ivareta overvaking i nordiske havområde. NIVA foreslo å prøve ut teknologien i ein innsjø gjennom eit pilotforsøk med ein NACO drone. Statens vegvesen, Miljøvernavingdelinga hos Fylkesmannen i Sogn og Fjordane og Miljødirektoratet (DN) sa seg viljuge til å bidra med midlar for å få gjennomført forsøka. Hornindalsvatnet i Nordfjord (Figur 1) vart vald som forsøkslokalitet, og gjennomføringa skjedde i oktober 2013. Hornindalsvatnet ligg i kommunane Hornindal og Eid.



Figur 1. Kart over Vest-Norge og indre Nordfjord, med Hornindalsvatnet.

1.1 Om deltakarane i forsøka

Her følger ein kort omtale av dei viktigaste aktørane i gjennomføringa av forsøka.

1.1.1 Geofysisk institutt

Geofysisk institutt (GFI) ved Universitetet i Bergen ivaretek forskning og utdanning innafør fysisk oseanografi og arktisk forskning. Instituttet er vertsinstitusjon for gliderane i Noreg. Norges Forskningsråd ønskte at gliderane skulle organiserast i eit infrastrukturprosjekt kalla Norwegian Atlantic Current Observatory (NACO). Partnarane i dette prosjektet er GFI, Havforskningsinstituttet og Runde Miljøsentert. Glideren som vart nytta i Hornindalsvatnet, høyrer til Havforskningsinstituttet, men blir tildelt og operert av NACO. GFI heimeside: <http://www.uib.no/gfi/>

1.1.2 Hornindal kommune

Ein betydeleg del av Hornindalsvatnet ligg i Hornindal kommune. Kommunen har eit variert næringsliv, med tydeleg innslag av landbruk. Kommunesenteret ligg i Grodås, i inste enden av vatnet. Der er gode vegsamband både aust-vest (RV 15) og no også nordover til Sunnmøre gjennom E-39 og Kvivsvegen som vart opna i 2012. Hornindal kommune har støtta målingane som NIVA har gjennomført frå 1990-talet og har synt stor interesse for vassfaglege problemstillingar m.a. med opprettinga av Senter for vatn og miljø i kommunen. Kommunen og private bidrog mellom anna med båt og logistikk til forsøka.

Heimeside: <https://hornindal.kommune.no/>

1.1.3 NIVA

Norsk institutt for vannforskning, NIVA, er landets eldste miljøinstitutt, etablert i 1958. Arbeidsmottoet er "Bruk og vern av vatn". Instituttet tel i dag om lag 230 tilsette, av desse er over halvparten forskarar. Aktiviteten femner både om ferskvatn og sjøvatn, d.v.s. frå innsjøar og vassdrag, over i fjordar og kystvatn og vidare utover i havet. Instituttet arbeider med miljøovervaking og systematisering, tolking og rapportering av vassfaglege data både nasjonalt og internasjonalt. Utvikling av måle- og miljøteknologi, berekraftig bruk av vatn, nye miljøgifter og sosio-økonomiske samfunnsperspektiv har kome sterkare inn dei seinare åra. NIVA fungerte som koordinator og prosjektleiar for dronedeforsøka.

Heimeside: www.niva.no

1.1.4 PLOCAN, Spania

PLOCAN er eit marint kompetansesenter lokalisert på Gran Canaria. Senteret består av ei vitenskapleg og ei teknisk/industriell avdeling, og tek seg av målingar i havet, og testing av nytt måleutstyr m.m. og forskning av ulikt slag. PLOCAN har lang erfaring med gliderar og har eigen stab som tek seg av desse farkostane, og arrangerer kurs i vedlikehald og pilotering.

Heimeside: <http://www.plocan.eu/>

1.1.5 Runde miljøsentert

Selskapet som ligg på Runde på Sunnmøre, utfører oppdrag m.a. innan marin miljøovervaking og fiskerirelatert forskning. Kunnskapsspreiing om havområda rundt Runde og på Møre står sentralt. Senteret har status som regionalt kompetansesenter for havenergi, og er med i NACO prosjektet som operatør av gliderar i Norskehavet.

Heimeside: www.rundecentre.no

1.2 Dagens metodikk for overvaking av innsjøar

Som nemnt, foregår overvakinga i dag stort sett gjennom prøvetaking frå båt, på nokre utvalde tidspunkt. Overvakinga er gjerne avgrensa til få, utvalde innsjøar, på få tidspunkt gjennom året, grunna ressursmangel. Vidare skjer prøvetakinga kun i ein, eller eit fåtal posisjonar (stasjonar). Rutinene følgjer etablerte mønster, sjå t.d. Vennerød (1984), SFT (1997). Metodikk for innføringa av Vannrammedirektivet i Norge er nedfelt i Vannforskiftens mange kapitell. Vannportalen (www.vannportalen.no) har lagra siste

versjon av aktuelle prosedyrer og manualar. Direktorsgruppa (2010) utga den nye veilederen for innsjøovervaking. Ulike praktiske (feltmessige) prosedyrer for prøvetaking er også omtalt i Norsk Standard (www.standard.no). Alt eller det meste omtalar klassiske metodar for måling og prøvetaking.

Det er ikkje mål for denne rapporten nå omtale eksisterande overvakingsmetodikken i detalj, men vi berre nemner dette som eit bakteppe for det forsøket vi har gjort. Vi kan fastslå at tradisjonell overvaking kan vere underdimensjonert m.h.t. å fange opp både enkelt-episodar av forureining, og trendar. Vidare kan viktige skilnader frå innsjø til innsjø ikkje bli fanga opp, og det er også lite datagrunnlag for å fange opp og studere t.d. kortvarige omrøringsperiodar.

Tradisjonelt sett så har ein måtta vege dei faglege behova i overvakinga opp mot ressursbruk og økonomi. Dei sistnemnde faktorane har oftast definert dimensjonen på overvakingsprogramma. Bruk av mannskap, lange reiser og ferdsel i ulendt terreng har oftast satt grensene for ressursbruken. Ein har definert teoretiske modellar for optimal overvaking (frekvens, omfang) i høve til variabiliteten i det fenomenet som skal overvakast (Radford og West 1985, Crook og Schofield 1997, Peterson et al. 1999).

I Norge har vi klare sesongvariasjonar i limnologien, og dette krev som oftast representative prøver for alle årstidene, eller i alle fall eit minimum av prøver, t.d. vinter/sommar. Biologien krev prøvetaking i høve til dei naturlege syklusane hos organismane. Optimale overvakingsprogram må også tilretteleggast slik at resultatane gjev tilstrekkeleg grunnlag for god statistikk (Nicholson og Fryer 1992).

Norske miljøstyresmakter har tradisjonelt presisert viktigheita av lange tidsseriar for viktige parametrar (fysikk, biologi, kjemi) i miljøovervakinga. Dette gjeld moglegvis enno, men det har i det siste vore tydelege budsjettkutt når det gjeld langtidsovervakinga. I ei tid med akselererande klimaendringar er det viktig å oppretthalde langtidsseriane, og å etablere nye. I tider med budsjettkutt og omprioriteringar i miljøforvaltinga kan ny teknologi og nye metodar delvis kompensere for manglande løyvingar.

Teknologiutviklinga når det gjeld automatisert overvaking i ferskvatn og fjordar har gått fort dei siste 10-20 åra. Dette gjeld både sensorutvikling, sensor plattform utvikling, datalagring og dataoverføring. Målesensorar og sonder har blitt meir kompakte, meir presise og har større lagringskapasitet enn tidlegare. For stasjonære system er dataoverføringskapasiteten via t.d. mobiltelefon blitt mangedobla berre over dei siste 2-3 åra. Dette gjeld overvakingsstasjonar i elvar for det meste men også i innsjøar og i enkelte fjordar, t.d. ved oppdrettsanlegg, frå forankra bøyer med instrumentering hengande under, og batteri, datalagring og antenner m.m. plassert i bøya.

1.3 Vegvesenets praksis og behov

Ved større vegutbyggingar, tunelldriving m.m. blir det ofte behov for å deponere steinmasser i vatn (innsjø, fjord). Dette er masser med varierende konsistens, og fint steinstøv kan følgje med, sjølv om det meste blir vaska ut på land, før deponering. Vidare kan massar ha restar av sprengstoff og evt kjemikalier. Ulik form for aktivitet i anleggsområdet på land kan medføre avrenning med tidvis uønska stofftilførslar til innsjø/fjord.

Ved større anleggsarbeid har Vegvesenet alltid inkludert eit miljøovervakingsprogram. Dette er oftast basert på ein miljørisikoanalyse på førehand. Programmet kan vere basert på manuell prøvetaking, eller automatisk, med sanntid dataoverføring til operatør eller utførande instans. Rigging og utstyr vil vere avhengig av mellom anna lokalitet, anleggsarbeidet og kva type avrenning som det er tale om.

Bøyer vert ofte nytta, og dette kan vere i kombinasjon med avbøtande tiltak slik som siltskjørt for å redusere spreining av slam/partiklar rundt dumpeplassen. Overvakinga vil i slike tilfelle kunne bestå i å kontrollere at skjørtet fungerer etter hensikten.

Ved å etablere alarm når visse terskelverdiar for forureining vert overskredde, vil signal kunne gå momentant til operatør eller entreprenør, som så kan stanse steindumpinga og justere skjerminga.

I enkelte tilfelle kan overvakinga vere etablert for å ivareta andre næringsinteresser i området, slik som fiskeoppdrett.

Ein fellesnemnar for dei ulike scenaria med automatisert overvaking er at det oftast vert nytta overvaking over tid (veker, månadar) i faste punkt, gjerne berre i eitt eller eit fåtal punkt. Sensorane er plassert kun i eit eller nokre få djup. Dette gjev sjeldan det optimale oppløysinga i horisontal og vertikal utstrekning. Manuell prøvetaking (måletokt) med fleire stasjonar kan til ei viss grad hjelpe på dette, men vert sjeldan utført p.g.a. økonomien, og i tilfelle, kun under spesielle operasjonar.

Bøyer med ein vinsj som med jamne mellomrom fører målesonden ned- og opp i sjøen vil kunne avhjelpe mangelen på vertikal oppløysing, men er sjeldan i bruk i samband med anleggsarbeid (mest til forskning og dedikert miljøovervaking).

1.4 Autonom overvaking, nokre døme

Som nemnt innleiingsvis, har bruk av autonome farkostar til kartlegging og miljøovervaking i havet auka monaleg siste åra. Bruk av slik teknologi innaskjærs og i innsjøar heng etter. Årsaken til dette kan vere kompleks, det handlar dels om kompetanse, kultur og tradisjonar, og dels at teknologien som er nytta utaskjærs, ikkje nødvendigvis lett let seg bruke i fjordar og mindre vassforekomstar. Nokre farkostar, slik som AUV (Autonomous underwater vehicle), er designa for å følge botnen eller gå i konstant djup, og er ofte nytta i seismisk kartlegging, kontroll av kablar og liknande. Dei har propell, og difor avgrensa operasjonstid grunna begrensa batterikapasitet. Det finst også lettvekts-versjonar av desse, t.d. den kinesiske portable PAOS AUV (Zeng et al. 2014).

Autonome (men kontrollerbare) overflatefarkostar er utvikla fleire stader, desse kan også gå i eit førehandprogrammert mønster, og måle eigenskapar på overflata eller nær overflata. Sailbuoy (Figur 2) er eit døme på dette, utvikla av CMR i Bergen. Denne ca 1.5 m lange farkosten følger overflata, og blir dreve fram av vinden, kan operere i mange månadar utaskjærs. Kan måle overflateverdiar, og kan fjernstyrast. Operasjon i trange farvatn og langs land er krevjande.

Wave Glider (også Figur 2) frå Liquid Robotics i USA opererer også alltid i overflateposisjon. Den nyttar bølgeenergi til framdrift, og kan krysse i havet i mange månadar. Den kan utføre målingar ned til 7-8 m djup, og kan truleg eigne seg til overvaking også i innsjøar og fjordar. NIVA har planer om å skaffe ein slik farkost.

AquaDrone (Figur 2) er utvikla av instituttet VITO i Belgia. Den kan måle i overflata og litt ned i vatnet, og kan fjernstyrast. Med solcelle panel montert kan den vere i operasjon i vekevis. Den er litt følsam for ving, og til dels bølger, som kan medføre for sterk avdrift, men kan vere eigna i mange tilfelle til overvaking i skjerma områder.

I foreliggende prosjekt nytta vi ein s.k. Glider. Dette er ein eigen klasse av autonome farkostar. Dei skil seg frå andre typar ved at dei kan dykke djupt, snu og kome til overflata igjen, (mens dei måler). Datakommunikasjon med operatøren (piloten) på land skjer via satellitt mens farkosten er i overflata. Framdrifta blir skapt ved å justere volumet (oppdrift), og å tilte farkosten med nase ned for dykking, og nase opp, for oppstiging. Vengane sørger då for ei glidefly liknande, framoverretta rørsle-der er ingen propell. På denne energi-økonomiske framdriftsmåten kan desse farkostane halde seg i operasjon i mange månadar, utan behov for batteriskifte. Dei er primært lagd for bruk i opent hav. Sjå kapittel 2 for fleire detaljar.

Det finst ei handfull produsentar av slike farkostar, i USA, Frankrike, Tyskland og Japan. Utviklinga starta for militære applikasjonar, men teknologien vart seinare tilrettelagt for sivilt bruk. I Norge er det anskaffa eit ti-tals gliderar, dei fleste er koordinert gjennom NACO prosjektet.



Figur 2. Ulike typer autonome farkostar som opererer på sjøoverflata. Øvst: Sailbuoy, utvikla av CMR instituttet i Bergen. Midten: Wave Glider, utvikla av Liquid Robotics, USA. Under: Den belgiske (VITO) AquaDrone farkosten.

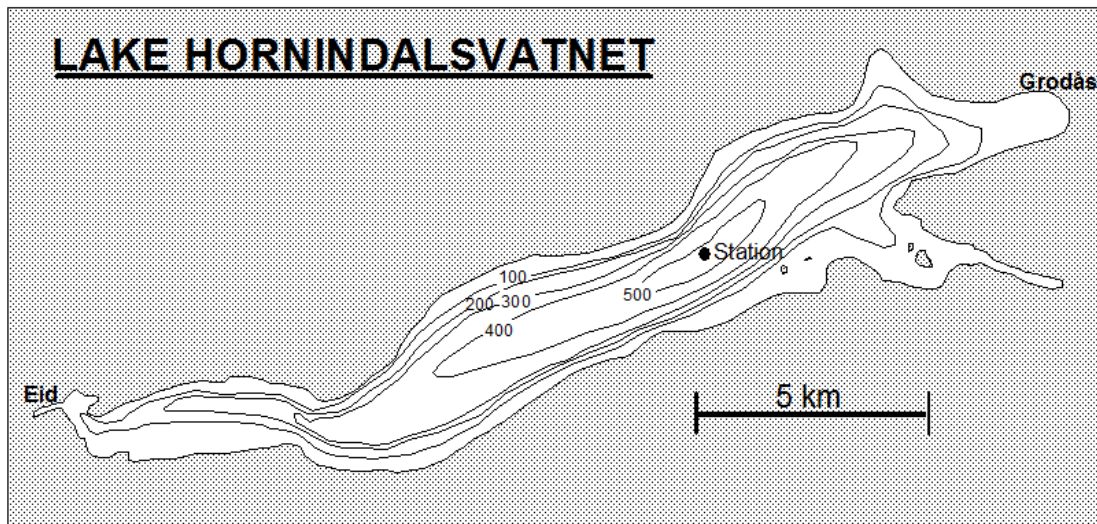
1.5 Hornindalsvatnet som lokalitet

NIVA har bidrege til overvaking av Hornindalsvatnet sidan 1994 med måling og prøvetaking om lag seks gongar pr. år, frå overflate til botn på over 500 m djup. Målingane har vore gjort med konvensjonelt utstyr og nedsenkbar målesonde. 1994).

Tabell 1 syner nokre fysiske data for innsjøen, og Figur 3 eit djupnekart av den.

På bakgrunn av storleiken og djupna til denne innsjøen, kunnskapen om den og tilgongen til lokale ressursar, fall valet av innsjø til droneforsøka lett.

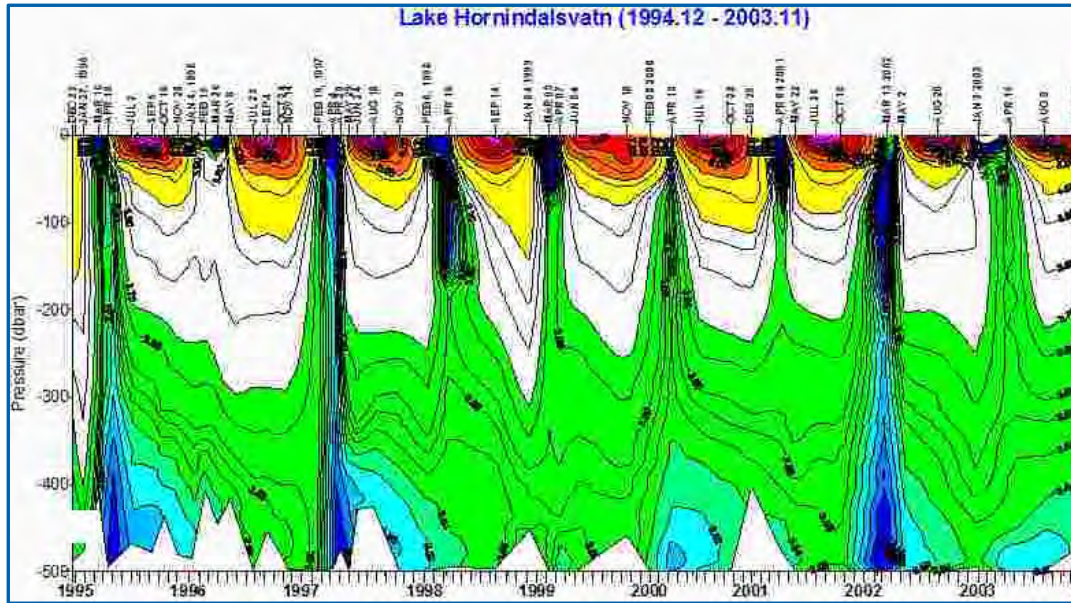
Hornindalsvatnet er den djupaste innsjøen i Europa, og er eit "barometer" for korleis klimaet endrar seg og korleis utviklinga i vassutskifting og vasskvalitet i større innsjøar i Nord-Europa kan endre seg i framtida. Figur 4 syner målingar frå dei første ti åra, etter år 2000 har oppvarminga i djupvatnet auka og utskiftingsraten minka.



Figur 3. Djupnekart over Hornindalsvatnet (etter Østrem m.fl. 1994).

Tabell 1. Nokre fysiske data for Hornindalsvatnet (etter Østrem m.fl. 1994).

Max. Length	23 km	Mean Depth	237 m
Max. Width	3.3 km	Watershed area	378 km²
Max. Depth	514 m	Mean annual drainage	7.15·10⁸ m³
Surface Area	50.8 km²	Mean flushing rate	23 m³/s
Water Volume	12.06 km³	Theoretical replacement time	16.9 years



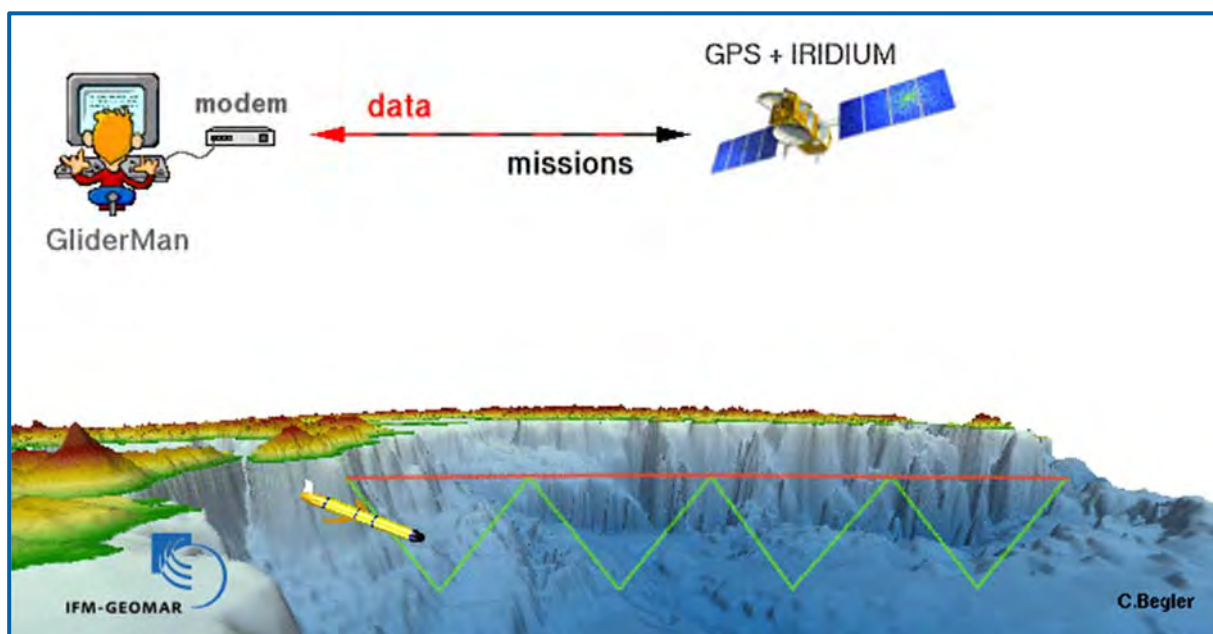
Figur 4. Førebels resultat (L. Golmen, upublisert) av målt temperatur i Hornindalsvatnet frå 1994 til 2003, frå overflata til 500 m djup (Pressure). Raud farge: varmest, blå farge: kaldast. Målingane har halde fram til i dag (2013), og syner m.a. ei markert auke i djupvasstemperaturen, og endra utskifting.

2. Glider teknologien

Gliderar er semi-autonome undervassfarkostar som kan måle eit mangfald av parameter over lang tid. Namnet «glider» (eng: glider) viser til at dei til liks med glidefly ikkje har propell, men utnyttar tyngdekrafta for å skape framdrift.

I motsetnad til glidefly i lufta kan gliderar bruke same prinsipp både opp og ned: På eit preprogrammert djup vil ei pumpe pumpe olje frå eit internt reservoar til ei ekstern blære, og på denne måten auke volumet til glideren utan å auke vekten. Arkimedes' prinsipp fører då til at glideren etter kvart får positiv oppdrift, og byrjar å stige mot overflata att.

Venger gjer at denne vertikale krafta kan omdannast til horisontal framdrift. På overflata sender den data via satellitt, og tek i mot eventuelle nye kommandoar, samt tek GPS posisjon (Figur 5). Deretter sug den oljen frå blæra inn igjen, til tyngdekrafta nok eingong får den til å søkke.

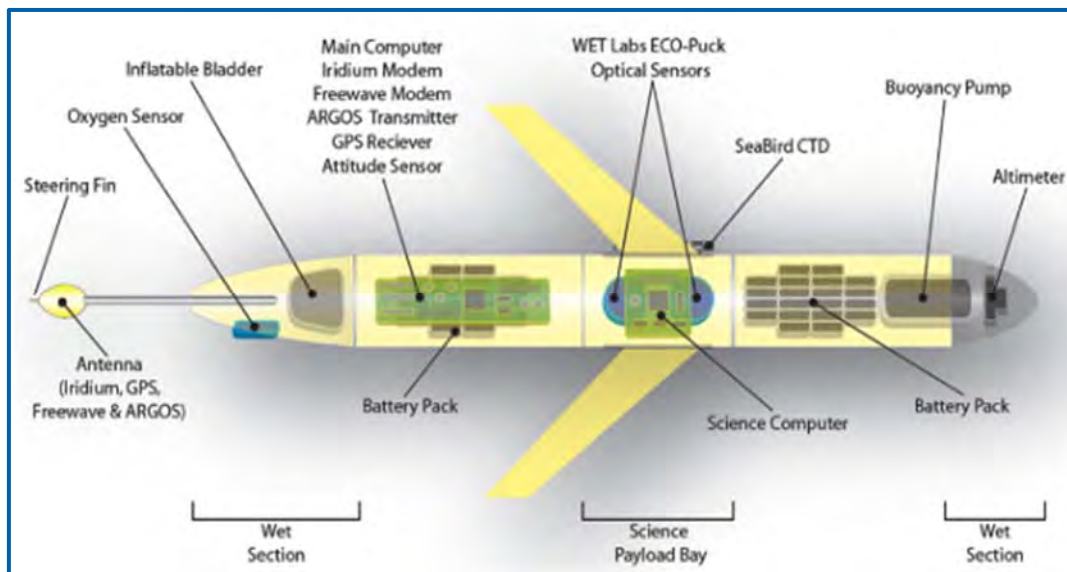


Figur 5. Prinsipp for glider-operasjon, sjå teksten for meir forklaring.

Denne måten å skape framdrift på er uhyre energieffektiv, i stor grad fordi det går så sakte: Glideren brukar ein halv Watt på å gå med ein halv knops fart. Dette er ikkje fort, men den kan halde på i 6-10 månader, og kan rekkje å tilbakelegge over 6000 km medan den tek millionar av målingar.

Dette gjer gliderar til velegna plattformer for kontinuerlig langtidsovervaking i havet, og sannsynlegvis også i innsjøar.

Ideen til gliderar fekk Douglas Webb allereie i 1978, men det var først på 90-talet at utviklinga tok til for alvor (Hannides et al. 2013, Donaldson 2006). Amerikanske Navy Office for Naval Research gav finansiering til tre grupper for å utvikle kvar sin glider. Det var Webb Research, som utvikla Slocum (Figur 5), University of Washington, som utvikla Seaglider, og Scripps Institute som utvikla Spray. Alle desse har, grunna spesifikasjonane til NONR, ganske like mål og avgrensingar (ca. 2m lange, ca. 50kg, max. 1000m djupne). Første glider vart seld i 2001, og sidan då har det blitt produsert ca. 300 Seagliders og ca. 5-600 Slocums, medan Spray har hatt mindre sal.



Figur 6. Nokre viktige komponentar i ein (Slocum) glider.

Europa kjøpte første glider i 2004, og per mai 2013 var det 82 gliderar i Europa, med konkrete planar for 22 nye. Noreg har 9 gliderar, 3 Slocum og 6 Seaglider, som er gjort tilgjengeleg for norske og eventuelt utanlandske brukarar via NACO-prosjektet, eit nasjonalt infrastrukturprosjekt finansiert av Forskningsrådet. Glideren brukt i Hornindalsvatnet var av typen Slocum.

2.1 Sensorar

Gliderar kan utstyrast med sensorar etter behov og ynskje. I prinsippet kan ein glider måle alt som kan målast elektronisk med sensorar. Det er naturlegvis visse avgrensingar med tanke på vekt og volum, samt straumforbruk, men over 50 ulike sensorar har allereie vore brukt. Rettnok då med eit visst overlapp, t.d. er det fleire ulike oksygensensorar.

Det kan nemnast sensorar for oksygeninnhald, konduktivitet, temperatur, klorofyll-a fluorescens og lys (PAR), partiklar, nitrat/fosfat, pH, pCO₂, trykk, straum, turbulens, radioaktivitet (scintillasjon), avstand til botn, fiskeri-akustikk, sonar, magnetisme/magnetometer. Nokre sensor-løysingar har med eige batteri mens andre vert forsynt frå hovedbatteria i glideren.

Dei seinare åra er det også gjort vellykka forsøk med å plassere s.k. passive prøvetakarar (passive samplers) på gliderar. Dette er ikkje elektroniske sensorar, men består av syntetiske stoff, gjerne silikon- eller polyetylen (polymer) baserte, som har eigenskap at dei samlar opp/akkumulerer mange typar miljøgifter som måtte finnast i vatnet. Dette gjeld m.a. ikkje-polare, hydrofobe persistente organiske miljøgifter slik som PCB og PBDE. Prøvetakarmaterialet vert screena og analysert i lab etter avslutta tokt. Slik kontinuerleg prøvetaking vil fange opp forekomst av eventuelle miljøgifter i ein innsjø. Målte konsentrasjonar vil representere eit tids-middel over perioden glideren har vore ute, og i mange tilfelle kan ein rekne ut middel-konsentrasjonen i vatnet.

3. Forsøka i Hornindalsvatnet i 2013

Førebuingane til forsøka tok til i august 2013, med planlegging og klargjering av glideren. Sjølve forsøka gjek føre seg i veke 43/2013, frå måndag 22. til torsdag 25. oktober, med mob. og demob. før/etter.

3.1 Førebuing av glideren

Glideren er i utgangspunktet sett opp for å dykke i sjøvatn. På grunn av relativt stor skilnad i densitet mellom sjø- og ferskvatn måtte den gjerast om lag 1,5 kilo lettare enn normalt for ikkje å søkkje i ferskvatn. Glideren sjølv kan berre endre oppdrifta si eller volumet med ein kvart liter. Dette arbeidet blir kalla balansering og ballastering, og GFI har ein eigen testtank for dette på Marineholmen i Bergen. Under dette arbeidet blei heile glidersystemet med sensorane testa.

3.2 Sensorar på glideren

3.2.1 Temperatur, konduktivitet, trykk

Desse parameterane er standardmessig målt samfengt av ei sk. CTD eining, og på vår glider var det montert utvendig ein CTD frå Sea-bird electronics, type CTD-41. Denne har svært høg presisjon og stabilitet, sjå: http://seabird.com/products/spec_sheets/SlocumGliderPayloadCTDdata.htm. For øvrig er det med same type CTD-sensorar det har vore målt i Hornindalsvatnet sidan 1994 (L. Golmen, pers. komm).

3.2.2 Turbiditet

På undersida av glideren var det montert ein turbiditets-sensor av type Wetlabs ECO FLNTU. <http://www.wetlabs.com/eco-flntu>.

3.2.3 Oksygen

Ein s.k. oksygen optode (optisk instrument) frå Aanderaa AS i Bergen var montert i glideren.

3.2.4 Klorofyll-a fluorescens

Wetlabs type klorofyll-a fluorescens-målar, integrert med turbiditetsmålar.

3.2.5 Altimeter

På undersida av glideren var det integrert eit 120 kHz ekkolodd som registrerer avstanden til botn, og som glideren responderer med å stige opp dersom den er for nær botn.

3.2.6 Passiv prøvetakar

For å demonstrere bruk av passiv prøvetaking monterte vi ein foil med spesielt preparert silikon-basert membran (ca 12 x 12 cm) på utsida av skroget. Denne type prøvetakar er eigna til å fange opp stoff som

- Ikkje-polare organiske stoff, inkl. polyaromatiske hydrokarbonar og poliklorerte bipfenylar (PCB)
- Polare organiske stoff slik som farmasi-produkt (kosmetikk)
- Metall, t.d. Kadmium, Bly og Sink
- Metalloidar slik som arsenikk
- Organometall slik som tri-butyl Tinn og di-fenyl Tinn
- Radioaktive kjerner

Foilen vart teke vare på etter toktet for evt. seinare analyse (ikkje inkludert i dette prosjektet).

3.3 Gjennomføringa

Ved ankomst Hornindal mandag 22. oktober var det viktig å få teste kommunikasjonstilhøva med Iridium satellitten, som er basis for kommunikasjon mot glideren når den er i overflata. Det var spørsmål knytt til om dei relativt høge fjella rundt vatnet kunne hemme kommunikasjonen med satellitten, men dette synt seg å fungere greitt. Som backup var det medteke radioutstyr som kan nyttast til å kommunisere med glideren frå land, så fremst der er fri sikt. Basen for forsøka låg i Kongsvika heilt nede ved vatnet, sør for Kjøsahammaren (Figur 7), slik at det var fri sikt eit godt stykke vestover i vatnet.

Etter innleiande testing i overflatestilling vart glideren styrt ut mot djupare deler av vatnet, og programmert til å dykke djupt, og følge eit gjeve mønster. Vi starta litt forsiktig, og auka max djupet gradvis. Figur 8 syner glideren under eit kort opphald på overflata på dag 2, 23. oktober.



Figur 7. Basen for operasjonane var i eit hus ved vatnet, mellom Kjøsahammaren og Kjøsapollen.



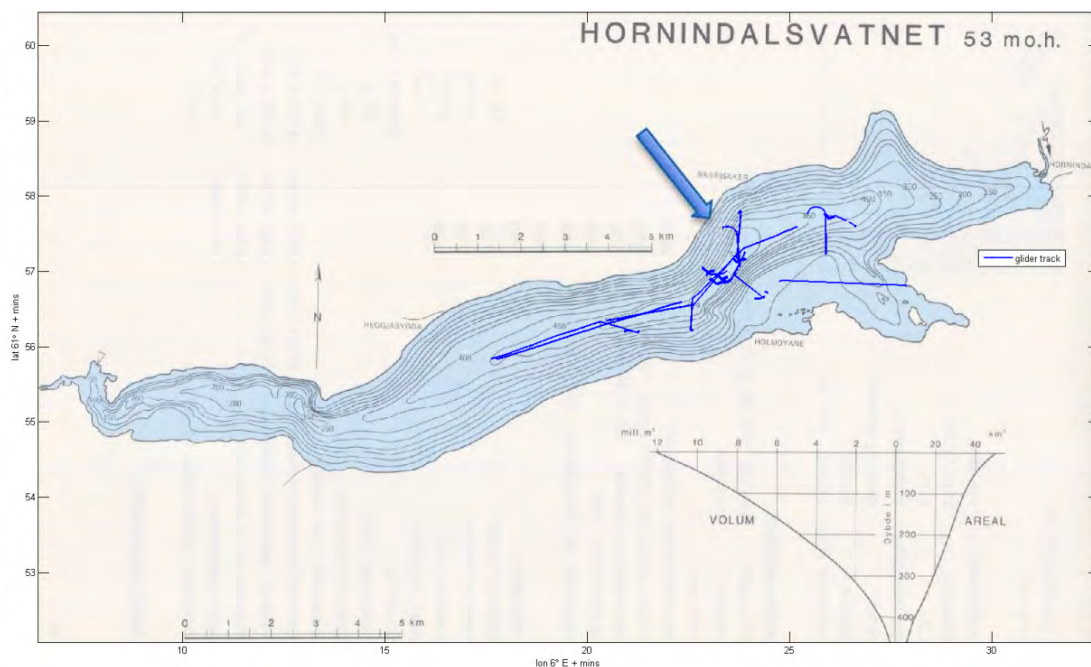
Figur 8. Slocum glideren i overflata, i ferd med å dykke igjen i Hornindalsvatnet, tysdag 23. oktober 2013.

Natt til 23. oktober vart det konsentrert om å la glideren gå opp og ned i posisjon på det djupaste området i innsjøen (> 500 m djupt, Figur 9). Den vart då operert i s.k. stasjonsmodus, ved at den går i spiral nedover, og så oppover, og så dykke igjen. På den måten kan den halde seg innafor eit lite område, estimert til ca 50 m i diameter i dette tilfellet. Dette fungerte bra, glideren tok fleire dykk utan behov for korreksjon frå piloten. Figur 10 syner alle dykka i forsøksperioden. Ved dei fire omtalte nattdykka nådde glideren djupner ned mot 490 m før den snudde.

Etter desse forsøka vart glideren programmert til å gå langs eit transekt aust-vest i vatnet, mens den dykka ned til nær botnen. Figur 9 syner at glideren gjekk 6-7 km vestover. Så vart den kommandert til å snu austover igjen, utover kvelden og natt til 24. oktober. Dette transektet gjekk også problemfritt.

Glideren vart så kommandert til å gå i retning området der den vart satt ut, vest for Kjøsaammaren.

På formiddagen 24. oktober vart glideren lagt i overflatestilling, og kunne hentast inn med lett båten, uskadd og i fin form.

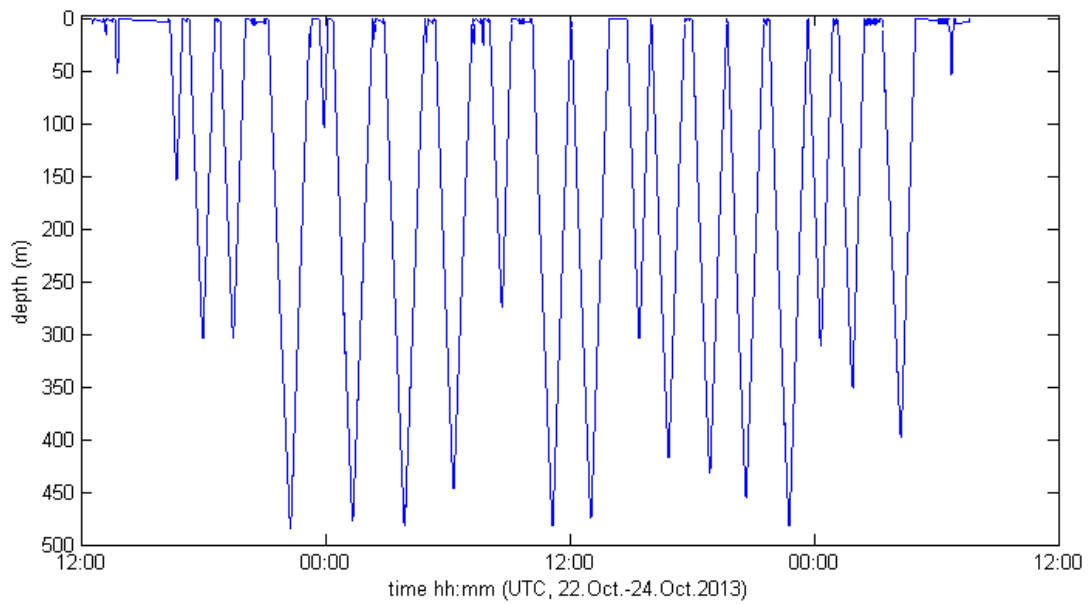


Figur 9. Dei viktigaste transekta på langs- og tvers (blå strek), som glideren følgde i Hornindalsvatnet. Pila indikerer det djupaste partiet av innsjøen, der glideren gjekk i stasjonsmodus natt til 23. oktober.

3.4 Kort omtale av måleresultat

Formålet med forsøka var først og fremst å teste farkosten i ein djup, relativt trang/smål innsjø med høge fjell rundt. Utfordringane kunne vere dårlege satellittsignal som gjorde kontroll med farkosten vanskeleg. Dette synt seg ikkje å vere tilfelle, kommunikasjon med farkosten fungerte normalt mens den var på overflata.

Som nemnt innleiingsvis, samla glideren også data frå innsjøen, og vi tok også stikkprøver med konvensjonelle nedsenkbare målesonder for å ha som samanlikningsgrunnlag.

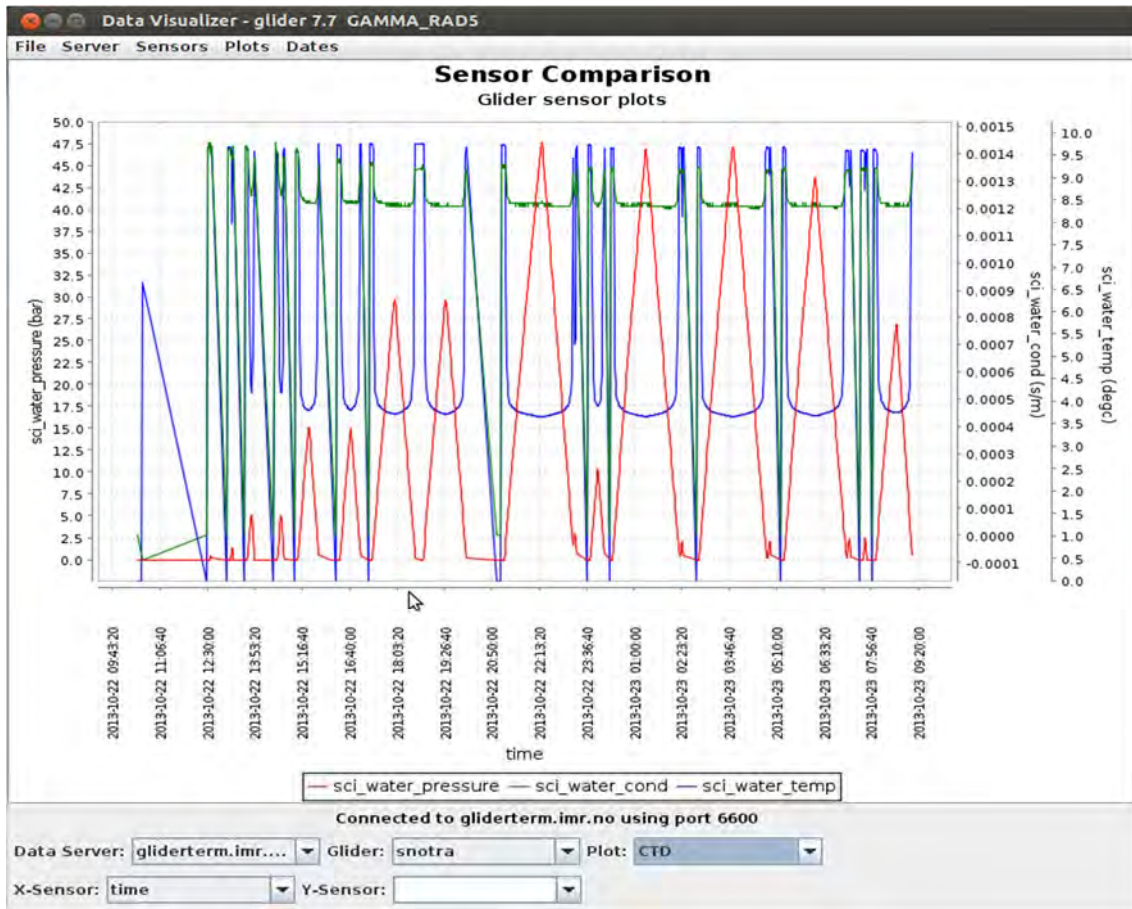


Figur 10. Tidsforløp for alle dykka som glideren gjennomførte 22-24 oktober 2013.

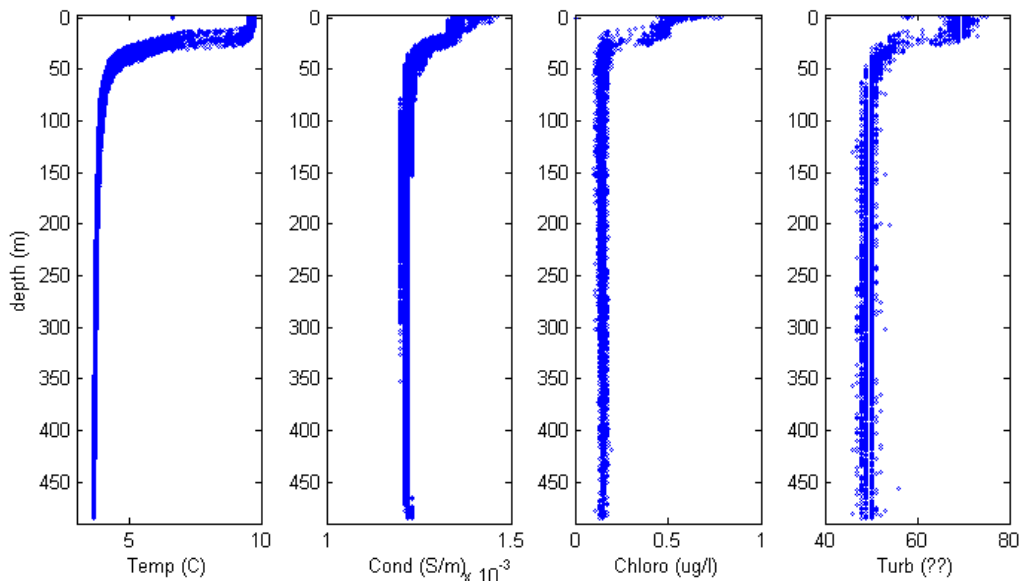
3.4.1 Glideren

Figur 11 syner tidsseriar for trykk, temperatur og konduktivitet målt av glideren. Sensorane målte kontinuerleg og fungerte bra heile tida. Data kunne hentast frå glideren mens den var i overflata, noko som vil vere viktig i samband med overvaking av anleggsarbeid, då ein må ha rask respons på evt overskriding av terskelverdiar.

Figur 12 syner dei same målte parametrane (samt turbiditet), plotta som vertikalprofilar, fleire profilar lagt oppå kvarandre. Det framgår at verdiane for turbiditet og klorofyll hadde ein viss spreing rundt middelværdien for kvart djup. Verdiane var generelt sett sær låge, og fluktuasjonane reflekterer nok sensorens måleusikkerheit eller begrensa måleoppløysing, heller enn variabilitet i vatnet.



Figur 11. Diagram med tidsserier fra nokre sensorar under forsøka 22. – 24. oktober. Raud kurve: Trykk/djup; Blå kurve: temperatur; Grøn kurve: konduktivitet.



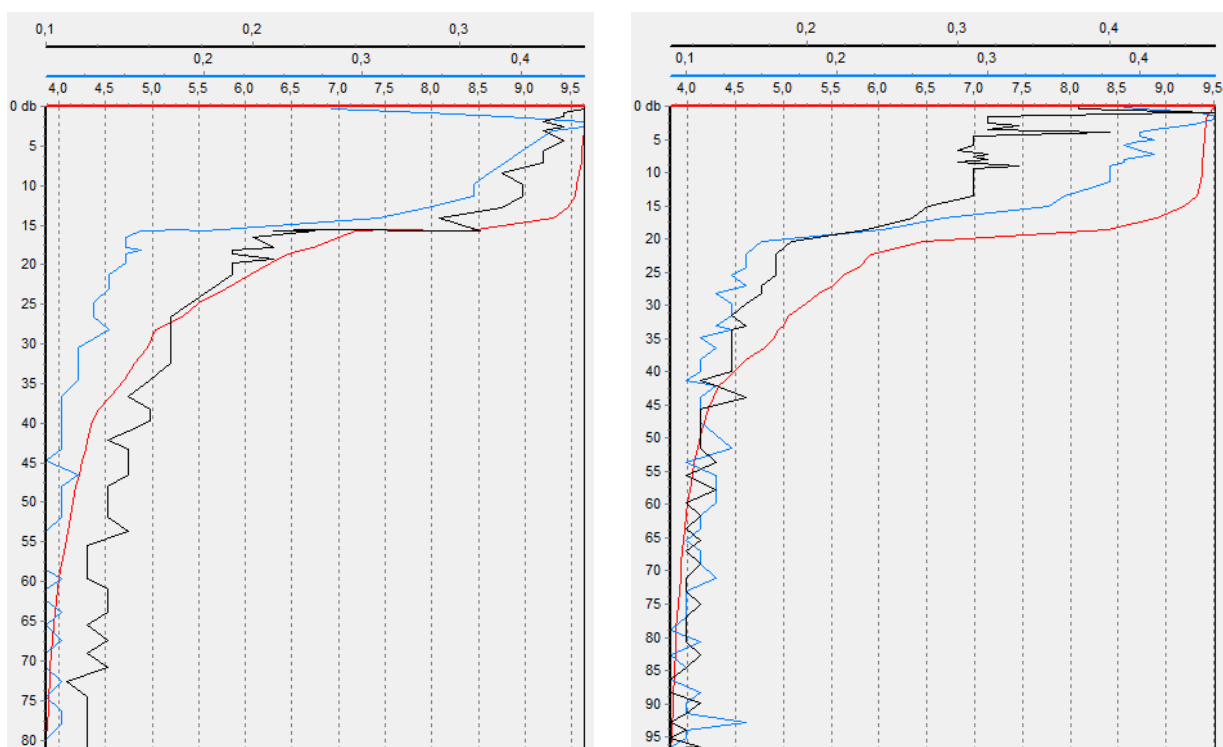
Figur 12. Målt temperatur, konduktivitet, klorofyll og turbiditet på alle dykka, som funksjon av djup (trykk). Turbiditetsverdiane er oppgitt i relative verdier.

3.5 Andre måledata

Vi profilerte med to ulike målesonder mens forsøka pågjekk, for å få eit samanlikningsgrunnlag for målesensorar.

3.5.1 Vertikalprofilar med SAIV STD sonde

Under forsøka vart det tatt vertikalprofilar ned til ca. 100 m djup med nedsenkbar STD sonde av type SAIV (SAIV SD202). Figur 13 syner måleresultat for to profilar, for hhv. temperatur, klorofyll og turbiditet. Innsjøen var fortsatt sjikta med relativt varmt overflatevatn, og eit sprangsjikt (epilimnion) rundt 20 m djup. Utslaga for klorofyll (klorofyll-a fluorescens) og turbiditet var små (reint og klart vatn). Høgste verdiane var å finne i overflatesjiktet.



Figur 13. Vertikalprofil til 80 m 22. oktober og 95 m djup 23. oktober. Temperatur (raud), Klorofyll (blå), Turbiditet (svart).

3.5.2 Vertikalprofilar med Seabird CTD sonde

Det vart tatt profilar med ein Seabird SBE 19 CTD målesonde to gonger mens forsøka pågjekk. Dette var same sonden som har vore nytta i mange år i Hornindalsvatnet, i samband med langtids måleserien der frå overflate til botn (sjå avsnitt 1.5). Denne har vore hos produsenten for kalibrering år om anna. Sonden målte trykk, temperatur og konduktivitet (salinitet), og sensorane er av same fabrikkat som dei glideren var utstyrt med. Målefrekvensen var litt forskjellig, men det burde ikkje bety stort, særleg ikkje i det homogene djupvatnet.

Måleverdiane synte godt samsvar mellom sonden og glideren. Skilnaden i temperatur var mindre enn 0.01 °C. Også konduktiviteten var samsvarande, verdiane for begge låg ned mot null grunna det ionefattige vatnet.

3.6 Samanlikning av målingar

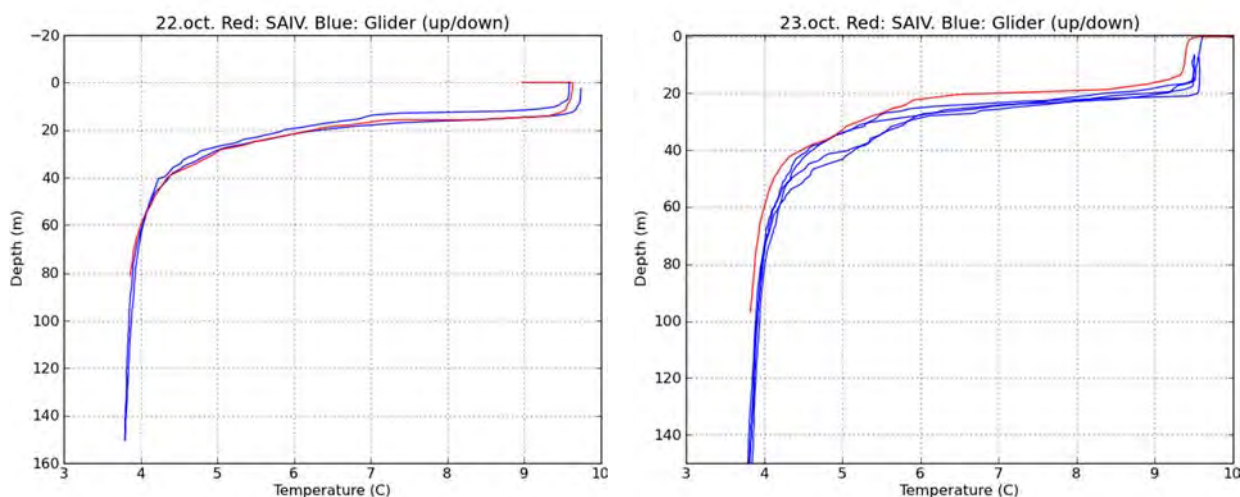
Målingane med glideren kan samanliknast med sondemålingane, så langt ned desse rekk, og så nær i tid som råd. Glideren hadde sitt eige program, og profilane frå båt som vart nemnt over, vart teke i området der det er djupast, utan at glideren nødvendigvis var i nærleiken der, på det tidspunktet. Difor vil evt. avvik i målingane kunne ha ei naturleg forklaring ved at dei ikkje er tekne på eksakt same stad, til same tidspunkt. Ein kan imidlertid anta at på hausten er Hornindalsvatnet relativt homogent i horisontal retning. Det som kan medføre gradientar, er indre bølger, svvingar rundt hoved-termoklinen, som flyttar vatn opp- og ned fleire meter, og delvis også horisontalt. Svingeperioden kan dreie seg om eit par-tre timar, og utslaga vil særleg avhenge av vinden og brå endringar i denne.

Figur 14 syner vertikalprofilar for temperatur, for både SAIV sonden og glideren, for to ulike tidspunkt. For glideren er det tatt med data for to-tre dykk nær tidspunktet for målingane med SAIV sonden. Det framgår at det var godt samsvar mellom målingane for det aktuelle djupneintervallet for samanlikning (ned til ca 100 m djup).

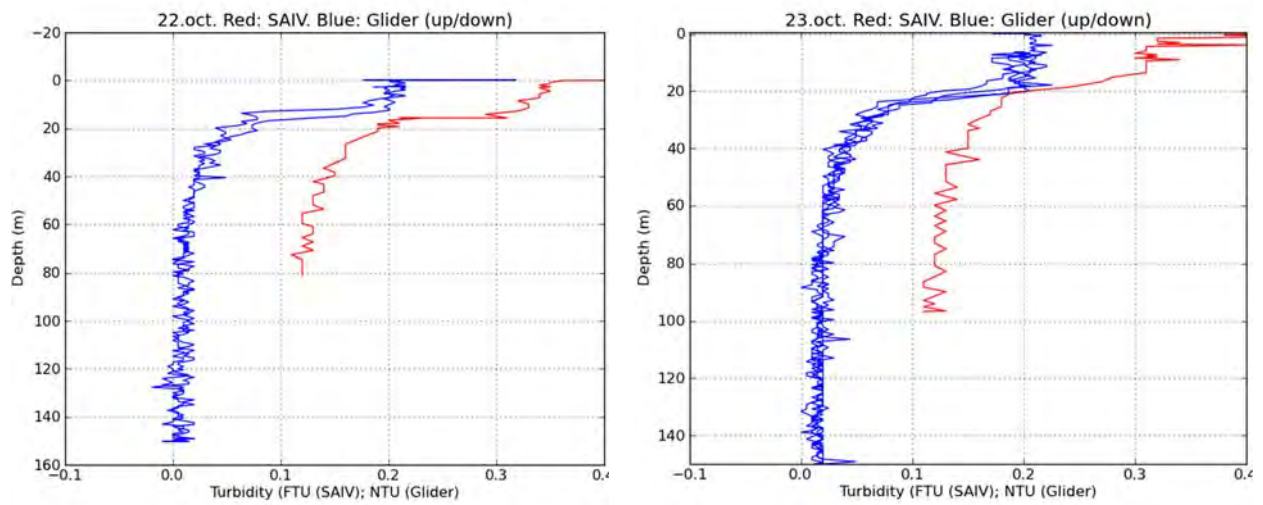
Figur 15 og

Figur 16 syner tilsvarende kurver for turbiditet og klorofyll. Sensorane responderte likt på overgangslaget, mens måleverdiane var noko forskjellige, jamfør det som er nemnt over, med særleg låge verdiar i vatnet.

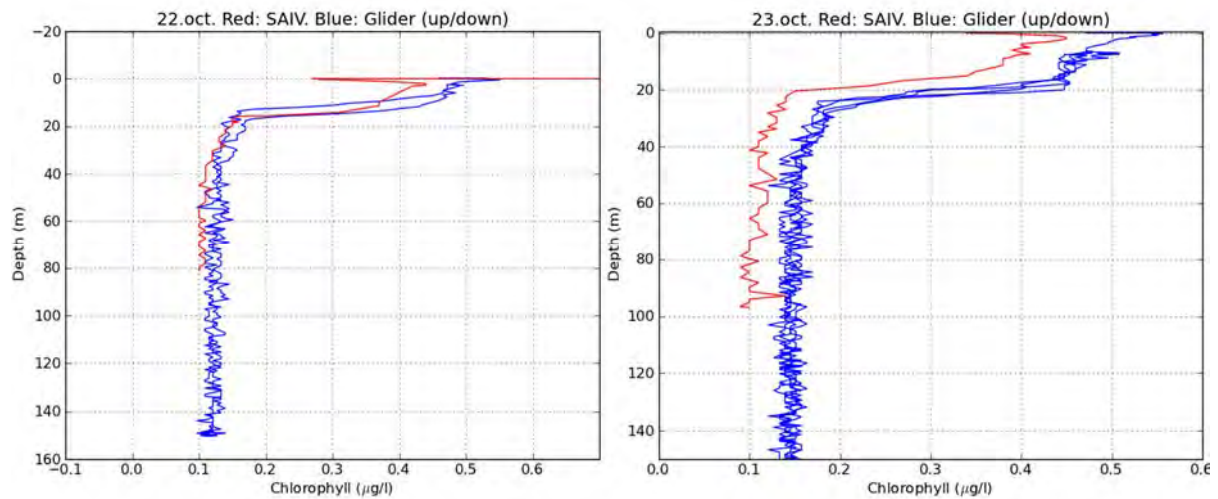
Verken klorofyll eller turbiditetssensorar er høg-presisjons sensorar, dei må kalibrerast hyppig mot verdiar frå vassprøver eller i vassstank (bad) for å bli heilt optimale men fungerer normalt greitt for å detektere avvik frå normaltilstand og til å detektere trendar. Dessutan måler klorofyll-a sensoren klorofyll-a fluorescens som ikkje har eit 1:1 forhold til klorofyll-a, men varierer bl.a. med planktonets fysiologiske tilstand.



Figur 14. Vertikalprofilar av målt temperatur, med h.h.v. SAIV sonden (raud kurve), og glideren (blå kurve). Til venstre: målingar 22. oktober, til høgre, 23. oktober.



Figur 15. Vertikalprofilar av målt turbiditet med hhv. SAIV sonden (raud kurve), og glideren (blå kurve). Til venstre: målingar 22. oktober, til høgre, 23. oktober.



Figur 16. Vertikalprofilar av målt klorofyll-a fluorescens med hhv. SAIV sonden (raud kurve), og glideren (blå kurve). Til venstre: målingar 22. oktober, til høgre, 23. oktober.

4. Oppsummering

Glideren som vart nytta, er primært konstruert for å gå i ope hav. Det var såleis knytt ein del spørsmål til korleis den ville fungere i ein innsjø, omgitt av relativt høge fjell.

Signaloverføring og kommunikasjon mellom operatøren (piloten) på land og glideren er basert på satellitt og internet. Som backup kan det nyttast direkte radiooverføring når ein er nær glideren, og har fri sikt. Kommunikasjon via satellitt viste seg å fungere bra (fjella rundt var ingen hindring). At kommunikasjon kan vere begrensa i enkelte innsjøar (og fjordar) kan ikkje utelukkast, men dette gjeld i så fall truleg berre eit fåtal lokalitetar.

Slocum-glideren som kan dykke, er ein av fleire typar autonome farkostar av same slag. Eigenskapane frå type til type kan variere noko, men er i prinsippet ganske like. Glideren lot seg manøvrere i Hornindalsvatnet, til å dykke til berre nokre meter får botnen før den snudde automatisk. I tilfelle der den kom nær botnen på grunnare vatn, fungerte også den innebygde funksjonen med å avbryte dykket og gå opp.

Andre typar autonome farkostar kan også nyttast i overvaking. Rapporten omhandlar kortfatta tre slike, AquaDrone, Wave-glider og Sail-buoy. Desse går i overflata, og kan måle der. Wave-glideren kan måle ned til 7-8 m djup. I tillegg kan desse farkostane nyttast som kommunikasjonslink mellom instrumentering som står fast på botnen, og land. Kommunikasjon gjennom vatnet skjer då med akustisk modem.

Vi utfordra ikkje glideren på å gå heilt nær land og inn på grunt vatn, der vil den nok ha sine begrensingar. Dette kan testast ut ved eit seinare høve. Nedskalering av storleiken til farkostane vil lette praktisk arbeid med desse, og vil vere eit aksjonspunkt viss det skal satsast vidare på bruk av slik metodikk i miljøovervakinga.

Måleteknisk fungerer desse farkostane like godt- eller betre enn konvensjonelle metodar med nedsenkbare målesonder. Sensorane kan vere av same type, og det er gjerne plass til fleire sensorar i ein autonom farkost enn i målesonder.

Farkostane krev oppsyn av ein operatør (pilot) via internet. For operasjonar i havet skjer dette ved at involverte deler på oppgåvene, tek vakter etter tur og overvakar mange farkostar samstundes. Dette er med på å redusere dei operasjonelle kostnadane. Ved ein operasjon i ein innsjø eller lokalt i ein fjord, vil pilotar tilknytt større sentra kunne ivareta overvakinga. Dette treng ikkje vere kontinuerleg, men ein bør kontrollerte tilstanden med mellomrom, minst ein gong pr. dag. Farkostane har naudprosedyrer ved uventa hendingar, og for gliderens vedkomande vil den då gå til overflata og sende ein alarm, slik at operatøren kan gå inn momentant og om-programmere den.

Kort oppsummert må forsøket med testing av autonom farkost i ein djup, norsk, innsjø (Hornindalsvatnet), reknast som vellykka. Forsøket gjev grunnlag for å tenke vidareutvikling og kostnadsreduksjonar med tanke på meir vidstrakt bruk av slike farkostar i miljøovervaking i innsjøar og fjordar både på nasjonalt og regionalt nivå, og også i samband med midlertidige tiltak slik som vegarbeid og anna anleggsarbeid som kan medføre forureining i vatn/sjø.

Utvikling kan skje i internasjonalt samarbeid, slik at ein kan bygge på eksisterande teknologi og vidareutvikle og tilpasse denne til norske tilhøve. Det nye EU forskingsprogrammet Horizon 2020 har fleire moglegheiter for søknadar på dette. I Norge må slik utvikling truleg skje på privat basis og initiativ, men det bør vere mogleg å i alle fall få noko drahjelp til dette frå det offentlege, direktorat og andre.

5. Litteratur

- Allan, I., B. Vrana og F. Smedes 2013: Combining biota and passive sampling contaminant monitoring. VANN, Nr 4/2013, 557-561.
- Boehrer B, L. Golmen, J. Løvik, K. Rahn og D. Klaveness 2013: Thermobaric stratification in very deep Norwegian freshwater lakes. *Journal of Great Lakes research* 39(4):690-695.
- Crook, J. og C. Schofield 1997: Sampling strategies for oceanographic features. I: *Operational Oceanography* (Red. H. Stel), 408 – 421, Elsevier.
- Direktoratsgruppa 2010: Overvåking av miljøtilstand i vann. Veileder for vannovervåking i hht. kravene i Vannforskriften. Veileder 02:2009, Direktoratets gruppa for gjennomføringen av vanndirektivet, 122 s. (sjå www.vannportalen.no for siste versjon).
- Donaldson, P. 2006. *Unmanned Vehicles*.
- Hannides, A. et al, 2013. GROOM, «Sensors for gliders»
- Mattilsynet 2011: Veileder til drikkevannsforskriften av 4. desember 2001. Versjon 3. Mars 2011, 65s.
- Nicholson, M. D. og R. J. Fryer 1992: The statistical power of monitoring programmes. *Mar. Poll. Bull.* Vol. 24, Nr 3, 146-149.
- Peterson, S. A., N. S. Urquhart og E. B. Welch 1999: Sample representativeness: A must for reliable regional lake condition estimates. *Env. Sci. Technol.* Vol. 33, 1559-1565.
- Radford, P.J. og J. West 1986: Models to minimize monitoring. *Water Res.*, Vol 20, Nr 8, s 1059-1066.
- STATENS VEGVESEN 2006. Konsekvensanalyser – veiledning. *Handbok 140*, 3. utg.
- Vannportalen: Veileder 01:2009 - Klassifisering av miljøtilstand i vatn.
- Vennerød, K. (red.) 1984: *Vassdragsundersøkelser - en metodebok i limnologi*. Universitetsforl., 282 s
- Zeng, J., S. Li, Y. Li, X. Wang og S. Yan 2014: Performance of a portable autonomous observation system. *Proceedings, IEEE Oceans 2014 konferansen, Taipei, april 2014*.
- Østrem, G., N. Flakstad og J. M. Santha 1984. *Dybdekart over Norske innsjøer (Bathymetry of Norwegian lakes)*. Medd. Nr. 48, NVE, Hydrologisk avdeling, Oslo.
- Årbok for Nordfjord 2013: Hornindalsvatnet. Side 146-189.
- <http://noc.ac.uk/f/content/downloads/2012/MARS%20Newsletter%20No7.pdf>

Vedlegg A. Avisutklipp - Fjordingen

Fjordingen

Mandag 4. november 2013

5



Erik Magnus Bravik og Karstein Kvalsund med glidaren som vart testa i Hornindalsvatnet.

Greidde seg godt på djupet

Forsøka med undervassglidar i Hornindalsvatnet vart vellukka, seier Lars Golmen, forskar ved NIVA avd. Runde Miljøsententer.

Gunnhild Sindre
gunnhild.sindre@hordalingsport.no

For snart to veker sidan vart ein undervassglidar, ei drone til bruk under vatn, sett ut i Hornindalsvatnet.

Førålet med forsøket var å sjå om slike glidarar kan brukast til miljøovervaking og registreringar i innsjøar. Glidarar er alt i bruk i havet, og kan gå over lengre havstrekningar utan problem. No var ønsket å finne ut om dei kan klare seg i innsjøar, der det til dømes kan vere trangt og kronglete å komme seg fram.

Tysdag til torsdag
– Forsøka i Hornindalsvatnet

- Glidar (engelsk glider) er eit ubemanna fartøy som kan nyttast til kartlegging, overvaking og målingar.
- Glidarar har før vore i bruk i havet.
- No vil forskarane teste ut om desse glidarane også kan nyttast i innsjøar.
- Tidlegare har dette ikkje vore gjort her i landet.

gjekk heilt fint, seier Lars Golmen. Saman med Erik Magnus Bravik (ingeniør ved Universitetet i Bergen), Karstein Kvalsund (forskar ved Runde Miljøsententer) og Josue Vieira (forskar ved Instituto Plocan på Kanariøyene, maritimt institutt som samarbeider med NIVA avd. Runde og UiB) var han i Hornindal under testinga av undervassglidaren.

Glidaren var i vatnet frå vi sette han ut tysdagen og til vi



Erik Magnus Bravik (v.) frå Universitetet i Bergen og Lars Golmen frå NIVA avd. Runde Miljøsententer deltok i testinga av glidaren i Hornindalsvatnet.

tok han opp torsdags ettermiddag. Han fungerte godt, seier Golmen.

Utan problem

– Undervassglidaren gjekk utan problem ned på 500 meters djup og oppatt, fortel Golmen.

– Glidaren gjekk også langsmått vatnet i retning Eid under forsøka, seier Golmen.

Skal oppsummere

Førålet med forsøka var først og fremst å teste glidaren i innsjøar.

I den norske vassforvaltninga har det tradisjonelt ikkje vore så mykje som har skjedd ute i felten. Dette utstyret kan gjere det lettere å overvake vassdraga permanent, seier Golmen.

Prosjektet er støtta av Miljødirektoratet, Statens vegvesen, fylkesmannen si miljøvernvedeljing og Hornindal kommune, sistnemnde gjennom bistand lokalt.

I Hornindalsvatnet skulle glidaren måle oksygeninnhald, klorofyll, partikkel og temperatur i vatnet. Det vart også testa ut foilar som skulle fange opp eventuelle organiske miljøgifter.

– Vi ser no på målingane han gjorde og skal oppsummere resultatet så snart som råd, seier Golmen.

Glidaren kan gå ned til 1.000 m, så sjølve djupna var ikkje nokon utfordring. Derimot var det meir spenning knytt til å om han kunne kome seg uproblematisk opp og ned på djupna ettersom det er trangt og smalt på det djupaste. Men også dette gjekk greitt.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no