

TERRATEKNIKK

TERRATEKNIKK as
Krittveien 61 – 4656 HAMRESANDEN. Tlf.: 95244812
email: torkviljo@yahoo.com Web: www.terrateknikk.com
Org. Nr. 998091845 mva

Drangsvannene – Kristiansand: Undersøkelse over hydrografiske – vannkjemiske og biologiske forhold beskrivende for vannforekomstens miljøfaglige utfordringer

Terrateknikk utredning 25 – 2019 – versjon av 081219



Drangsvannene utgjør en potensielt stor friluftressurs sentralt i hva som nå etter hvert utvikler seg til Kristiansands største bydel. I dag er det helst sportsfiskere og ikke minst kajakkpadlere som nyter godt av disse beskyttede vannområdene. Bildet under er fra Ytre Drangsvann og er sett mot vest, med munningen mot Ytre Rona til venstre, Gåseholmen rett frem.

<<< trykkes teknisk blank >>>

Sammendrag

På forespørsel fra Kristiansand kommune og utbygger Drangsvann as har Terrateknikk foretatt undersøkelser av Drangsvannene hva gjelder hydrografiske – kjemiske og biologiske forhold for å belyse vannforekomstenes tilstand som naturvannforekomster, herunder vurdere forurensningsfaglige utfordringer og mulighetene for å forbedre vannkvaliteten i vannforekomstene.

Drangsvannene betegnes av miljødirektoratet som brakkvannspoll, og består av to kjedede bassenger med kanaler – ronene – mellom hhv. topdalsfjorden og ytre basseng og mellom ytre og indre basseng. Direktoratets kategorisering er diskutabel, da Drangsvannene har fullkommen tidevannsutskiftning (= fjordkarakteristikk) det vesentligste av tiden, men avspeiler fjordvannet.

Før 1880 var Drangsvannene og især da indre Drangsvann, å karakterisere som innsjø, men også på den tiden påvirket av innpresset sjøvann i perioder med forhøyet sjøvannsnivå. I årene 1878 – 80 ble det imidlertid gjennomført utvidelse og kanalisering av de to trange sundene, ronene, som markerte tersklene hhv innsjøutløpet. Kanaliseringen hadde som formål å åpne Drangsvannene som ferdselsåre for datidens små rutegående dampbåter som ivaretok person- og varetransport i Kristiansandsregionen. Kanaliseringen økte vesentlig sjøvannsutvekslingen i begge bassengene, og bare lite er kjent om biologien i vannforekomstene forut for disse tiltakene.

Undersøkelsene viste at Drangsvannene – både ytre og indre basseng – i oktober 2019 var i en situasjon med stagnert, gammelt sjøvann i bunnen under 3m dyp. Dette sjøvannet var oksygenfritt og til dels giftig, sistnevnte som følge av H₂S. Det betyr at betydelige deler av begge bassengene var uten noen form for høyere liv. De øvre tre meter av vannmassene varierer sterkt i salinitet i hovedsak som følge av variasjonene i salinitet i Topdalsfjorden (forårsaket av ferskvannsvolumene fra både Otra og Topdalselva) supplert av ferskvann fra bekkene til Indre Drangsvann. De sterke variasjonene dette skaper i salinitet i øverste vannlag kombinert med at de dypere vannlagene er giftige/oksygentomme, og derfor ikke kan utgjøre rømningsområder for ferskvannsflyktende fauna, er formodentlig årsaken til meget utarmet fauna i Indre og hoveddel av Ytre Drangsvann.

Bassengenes særlige vannkemi og (sannsynligvis) sedimentkemi legger til rette for årviss massevekst av trådformede grønnalger som danner omfattende flytematter som vesentlig reduserer vannområdenes egnethet for friluftsliv men også – med sannsynlighet – grunnlaget for høyere liv i bassengene. Sent på året synker algemattene til bunns hvor det utgjør betydelige mektigheter av lett omsettbart organisk materiale – som på grunn av manglende/utarmet detritus-fauna og oksygenmangel på bunnen – bare i liten grad blir brutt ned. Det betyr at vannmassene stadig må tilføres nytt oksygen gjennom vannutskiftning, omrøring eller oksygenproduksjon fra plantelivet dersom oksygenforbruket fra nedbrytning skal kompenseres tilstrekkelig til at også fisk og annet dyreliv skal kunne bruke vannområdene. Det er sannsynlig at nedbrytningsaktiviteten kan skape kritisk lave oksygenforhold i de grunneste arealene vinterstid, når islaget begrenser innblanding av friskt vann samtidig med at lokal (fotosyntetisert) oksygenproduksjon er avslått.

Den årlige oppblomstringen av alger sammenfaller i areal med *de organiske* sedimentflatene på grunt vann og antyder at sedimentkemi kan være del av årsaken til den særdeles raske veksten algene viser. Undersøkelser viser dessuten at vannmassene i den døde delen av bassengene har høyere KOF nivå og forhøyet innhold av fosfat, nitrat. Omrøring av dypbassengene vil derfor – i tillegg til å utarme flora og fauna med H₂S – også kunne gi gjødslingseffekt for oppblomstring av alger. Igangsetting av forsøk med sirkulasjon i (et av) dypbassengene for reetablering av oksygenrike saltvannsområder og undersøkelser av sedimentkemi anbefales for å gi bedre grunnlag for å tilnærme hvordan Drangsvannene kan endres til biologisk rikere og bruksegnete vannforekomster.

<<< trykkeskennisk blank >>>

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	side 6
2.	Områdebeskrivelse	side 7
3.	Metoder/grunnlag	side 8
4.	Resultater	side 11
	Innledende beskrivelse og dagens bruk	side 11
4.1	Feltbeskrivelse og hydrologi	side 13
4.2	Nasjonale registre og andre fagdata	side 15
4.3	Historiske kilder	side 23
	4.3.1 Skriftlige kilder og kart	side 23
	4.3.2 Flyfoto – ortofoto	side 27
4.4	Hydrografi – undervannsstasjoner	side 31
4.5	Sedimentprøver	side 46
4.7	Vannanalyser	side 56
	4.7.1 Vannprøver – Drangsvannene	side 56
	4.7.2 Vannprøver – tilførselsbekkene	side 59
4.8	Tidevannsbevegelser - vannutskiftning	side 64
5.	Diskusjon – momenter	side 66
6.	Uavlarte forhold – forslag til undeersøkelser	side 68
7.	Innledende betraktninger om avbøtende tiltak	side 69

1. Innledning

På forespørsel fra Kristiansand kommune og utbyggingselskap Drangsvann as har Terrateknikk i perioden september – oktober 2019 foretatt undersøkelser av Drangsvannene og tilsigsbekker hva gjelder hydrografiske – kjemiske og biologiske forhold for å belyse vannforekomstenes tilstand som naturvannforekomster, herunder vurdere forurensningsfaglige utfordringer og mulighetene for å forbedre vannkvaliteten i vannforekomstene.

Kommunens forespørsel er betimelig, idet Drangsvannene utgjør tiltalende fjordområder med natur, til dels verneområder som omgivelser, begrenset utbyggingsgrad i strandsonene, og stor opplevelsesverdi, men som samtidig benyttes mindre enn forventet blant annet på grunn av periodevise innslag av problematisk og mattedannende algevegetasjon.

Drangsvann as har tilsvarende god grunn til å ønske Drangsvannene i så god økologisk og bruksmessig tilstand som mulig, ut fra at vannområdene utgjør nærrekreasjonsområdet til selskapets utbyggingsområder i sør.

Undersøkelsene har som formål å bidra til et representativt tidsbilde av vannforekomsten Drangsvannene hva gjelder miljøtilstand og miljøutfordringer. Samtidig er det kjent fra tidligere undersøkelser at bunnforholdene av indre drangsvann tidvis er anoksiske, noe som utelukker all mulighet for høyere livsformer i de berørte volumene. Ut fra oppdragsgiveres behov er det derfor også gjort betenknninger om kring årsaksforhold og mulighet for avbøtende tiltak/fjordforbedringer som kan redusere eller helt eliminere innslagene av døde bassenger.

2. Områdebeskrivelse

Planområdets beliggenhet i Kristiansandkommune er vist på kartet under.

Se detaljkart på etterfølgende sider for undersøkelsesområde og avgrensning, samt kart i kapittel 4 for stasjoner og lokalitet.



Kartet under viser Drangsvannene med de to tersklene – Ronene – markert. Drangsvannene inngår ikke i dekningsområdet for sjøkartene og det foreligger derfor ikke dybdegrunnlag fra sjøkartverket for disse vannforekomstene.

Som fremgår er Indre Drangsvann vesentlig større i areal enn Ytre Drangsvann og også de største dypene – dog ikke mer enn ca 10m – er å finne i Indre Drangsvann. Det betyr at vannvolumet i indre Drangsvann er vesentlig større enn i Ytre Drangsvann.

Drangsvannene ventileres via Ytre Rona mot Topdalsfjorden. Topdalsfjorden er i seg selv en terskelfjord, og dessuten en sterkt ferskvannspåvirket fjord hvor saliniteten av de øverste 1 - 2 meterne av fjordvannet er helt beroende på vannføringene i både Tovdalselva og i Otra. Sistnevnte fordi inngående tidevann kan bringe store vannvolumer fra Otrats utløp inn i Topdalsfjorden.

Øvre vannlag i Topdalsfjorden – og derved Drangsvannene - varierer derfor fra nær oceanisk vann når man ved sjeldne anledninger har liten vannføring i elvene, men stor tidevannsinstrømning fra kysten (springflo + vind og evt. lavtrykk) – og til motsatte situasjon når vannføringen i Topdalselva er stor og det er stille vær og liten tidevannsbevegelse – og hvor ellevann akkumuleres i overflatelaget i fjorden.

Siden Ytre Rona bare er 1,5 meter dyp er det i hovedsak bare det stadig saltholdighetsskiftende overflatevannlaget fra Topdalsfjorden som tilføres Drangsvannene.



3. Metoder/grunnlag

Drangsvannene er undersøkt hva gjelder vannmassenes fysiske – kjemiske tilstand og sjøbunn/sedimentenes kjemiske og biologiske tilstand med vekt på terskelfjord-problematikk, dvs sjikting, oksygen/H₂S situasjon og relaterte forhold. I tillegg er vannbevegelser og salinitet i tidevannsbevegelsene undersøkt. Disse nåtid-undersøkelsene er supplert av innhenting av historisk – faglige så vel som historisk – allmennbeskrivende kunnskap om vannforekomstene. Tilnæringer beskrives i det følgende.

Innhenting fra historisk informasjon:

- Undersøkelser om kring Drangsvannene med hensyn til hydrografi, kjemi og biologi er søkt om og benyttet for historisk beskrivelse.
- Historiske kilder er benyttet hva gjelder informasjon om naturverdier og biologi i Drangsvannene i tidligere tider.
- Ortofoto over Drangsvannene er studert for å vurdere innslag av vannvegetasjon, flytematter og aktivitet på tilgrensende landbruksarealer (forurensningstilførsler). Disse flybildene dekker mer enn 60 års tidsrom.
- Historiske kart er benyttet for innhenting av beskrivelse om kring hvordan Drangsvannene ble beskrevet i historisk tid som innsjøer eller fjordområder.

Feltundersøkelser:

Planområder undersøkt fra båt og tilsigsbekkene er undersøkt fra land i perioden september - oktober 2019. Sentrale tema omfatter det følgende:

- Det er innledningsvis foretatt sonarundersøkelse (med Structure-scan sonar) av begge bassengene for å avklare vanddyb, avgrensning av bassenger, bunnsituasjon (sedimentslette-/ur/bergflater) og som basis for utsetting av stasjoner for hydrografiske undersøkelser.
- Ut fra sonarkjøringene er det fastsatt fem dypstasjoner som omfatter de dypeste områdene i de to bassengene. På disse stasjonene er det så kjørt fullsøyleundersøkelse (måling for hver meters vanddyb) med multiparametersonde (Hydrolab MS 4a) som måler salinitet, temperatur og oksygen.
- På hver av bassengstasjonene er det sendt ned HD-videokamera for å observere hvordan bunnen fremstår, og for å avklare eventuelle innslag av utfellingsmateriale i overgangen mot død sjøsoner (oksygenfrie forhold over tid gir grunnlag for utfelling av et tynt "teppe" av suspenderte svovelforbindelser i overgangen mellom oksygenert vann og oksygenfritt/H₂S – holdig vann).
- På hver av bassengstasjonene er det tatt opp vannprøve (Zone Devices Sampler) fra bunnvannslaget straks over sjøbunnen. Prøve fra bunnvannslaget er umiddelbart/på fartøyet analysert for H₂S innhold (HACH feltanalyseutstyr) og deretter tatt med til lab og målt for fargetall (Hanna), turbiditet (Merck) og næringssalter (Palintest - YSI).

- Vannprøver fra dypvann og middelvannivå er analysert for KOF (Kjemisk OksygenForbruk). I sjøvann er dette særlig komplisert da Standard Metode hemmes av halogenider fra sjøvannet. Prøvene må derfor behandles for fjerning av halogenider før analyse. Ved denne undersøkelsen er dette gjort ved felling med sølvsulfat (AgSO_4) under konstant agitering etter metode beskrevet av T. S. Tsonis (1993) og deretter separering ved sentrifugering. Etter dette er KOF analysert ihht Standard Metode (HACH reaktor - Lovibond reaksjonskuvetter - YSI fotometer).
- Det ble gjort forsøk med å detoksifisere (ved oksygenering og klarning) vannprøver fra anoksisk lag for å kunne analysere dette for BOF (Biologisk OksygenForbruk) med WTW Oxitop sensorer (Respirometrisk BOF analyse). Dette gav null respons, noe som er noe uventet da det anoksiske vannet er oksygenfritt nettopp fordi det inneholdt overskudd av nedbrytbare (BOF-stimulerende) næringsemner - som til slutt gir opphav til oksygensvinn og etter hvert H_2S . At BOF ikke lar seg påvise når vannet reoksygeneres og seedes med levende marint sediment, kan antyde at de kjemiske endringene som oksygensvinn og sulfatreduserende bakterier har introdusert i vannet ikke helt reverseres av oksygeneringen, og at emner som forhindrer oppformering av naturlig forekommende marine mikroorganismer fortsatt er til stede. Forholdet er interessant da det kan ha føringer på hvor lenge omrørt bunnvann som bringes opp til oksisk sone fortsetter å være toksisk.
- På hver bassengstasjon er det tatt opp sedimentprøve med bunngrabb (Peterson dredge). Sedimentprøvene er undersøkt i Leica MS5 stereomikroskop for faunarester.
- Ubehandlet uttak av sedimentprøve er analysert for **1**: bestemmelse av tørrstoffinnhold (tørking ved 105°C til alt vann er fjernet) og **2**: videreanalysert for bestemmelse av organisk/uorganisk del ved glødeanalyse/gløderest (oppvarming til 450°C i muffelovn for avbrenning av organisk karbon).
- I gruntvannsområder (0,3 – 0,5m under sjøvannsnul) i begge bassengene er det tatt opp sediment (0,5kg prøve) for undersøkelse av fauna, faunarester og organisk materiale.
- Det er tatt vannprøver i alle tilsigsbekker) til Indre og Ytre Drangsvann (2 + 6 vannløp). Disse er analysert for ledningsevne, næringsalter og – for de tre mest vannførende bekkene – også for KOF.
- Alle tilsigsbekkene er screenet for mikrober i form av totalkim (bakterier og sporer) og av termotolerante koliforme bakterier (kloakk/forurensning fra varmblodige dyr) ved fremdyrking på agar i inkubator i 48 timer ihht. standard metode. *Screeningen benytter 1ml prøvevolum og erstatter derfor ikke 100ml ikke drikkevannsprøve eller badevannsprøve*, men gir indikasjoner på om overbelastning forekommer.
- Det er plassert ut vannstandsloggere i sjø + begge bassenger for gjennom påfølgende tidevannssykluser å fastsette typisk tidevannsforløp og derved grunnlag for beregning av vannutskiftningen i bassengene.

4. Resultater

Generell beskrivelse og dagens bruk – jf. ortofotokart på neste side for oversikt og navn

Drangsvannene er to kjedede bassenger i sjøvannsnivå som kommuniserer med ytre del av Topdalsfjorden via et trangt utløp – Rona – mot øst fra Topdalsfjorden. Navnsettingen avspeiler at dette en gang var mer utpregede innsjøer, men med så nært nivå mot sjø at bekkene/sundene (etter opprensningstiltak) tillot at båter ble trukket inn og ut fra tilgrensende fjord. Ved kanalarbeider gjennomført i 1878 – 80 ble utløpsområdet til begge Drangsvannene utvidet betydelig og til identisk tverrsnitt og dyp for å tillate trafikk med små, dampdrevne rutebåter gjennom begge Drangsvannene. Denne kanaliseringen vil vesentlig ha endret fjordens vannkarakteristikk hva gjelder utskiftning og sjøvannsinnslag.

I normalsituasjon hva gjelder nedbør, tidevannsstyrke og lufttrykk så beholder vannforekomstene i dag tilnærmet sjøvannsnivå gjennom tidevannssyklus og under normalavløp/normalavrenning fra nedbørsfeltet. Ut- og inngående tidevann danner da tidevannsstrømmer som i enhver annen begrenset fjordåpning, og kanalene er farbare for også saktegående båter og kajaker uten særlig besvær. Definisjonsmessig betyr dette at Drangsvannene i dominerende del av året fungerer som små terskelfjorder, og i hovedsak avspeiler fremherskende vanntype fra Topdalsfjorden og tidevannsutvekslingen mot denne. Begrepet «brakkvannspoll» er derfor noe misvisende.

Ytre Rona (eller bare "Rona") utgjør i dag et av kommunens beste områder for fiske etter sjøaure, og benyttes over en større del av året. Det foregår også et omfattende fiske fra båt etter sjøaure i både Indre og Ytre Drangsvann tross at fiskerettsforhold fremstår som noe uavklart. Tidligere var det et omfattende rusefiske etter ål i begge Drangsvannene, især i regi av kommersielle fartøyer. Dette opphørte ved fredning av arten. På sommeren er det også vanlig at makrellen kan jage stimer av småfisk inn gjennom Rona. Disse kortvarige episodene av sjøfisk utløser imidlertid lite sportsfiske, og i hovedsak er derfor Drangsvannene fiskeområde for sjøaure og evt. ål. Begge ronene er matsøkplass for fiskejagende skarv og silender og – i senere år – i ikke ubetydelig grad også av ærfugl. Sistnevnte vil kunne være et sykdomtegn; man må anta at ærfuglen oppsøker Rona og skjellbestandene her da hovedmatkilden - blåskjell – er på massiv retur i store deler av Agderkysten for øvrig og er borte fra mange tidligere levesteder. Bever opptrer og nytter periodevis begge Drangsvannene. Steinkobbe er observert jaktende i Ytre Rona men er ikke resident art. Begge Drangsvannene er viktige områder for andefugl, især på høsten og frem til isleggingen. Ronene holdes isfrie av strømmen og brukes av ender og tidvis annen vanntilnyttet fugl, herunder gråhegre, også vinterstid.

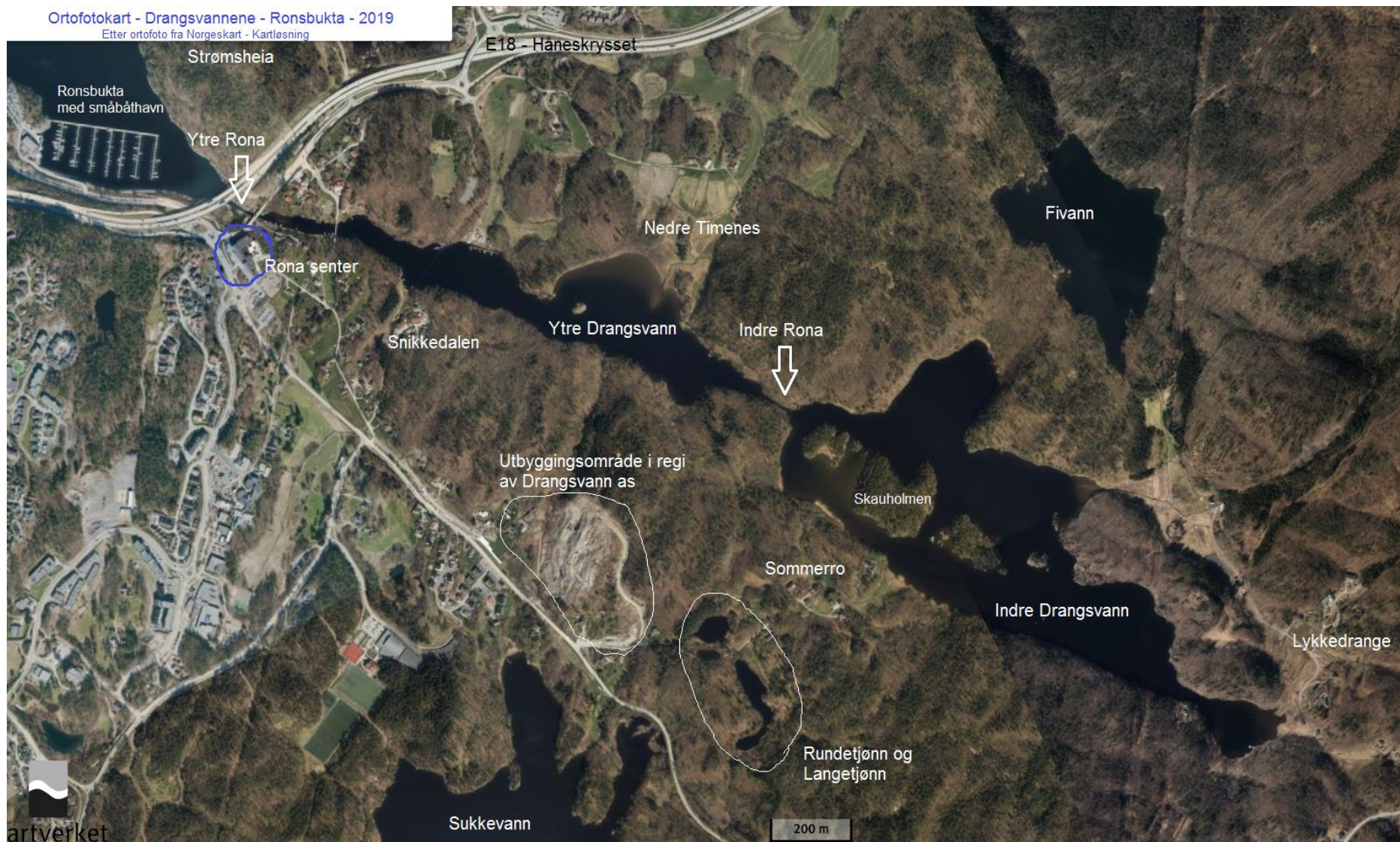
Strandsonen i begge Drangsvannene samt indre kanal/Indre Rona er i hovedsak dominert av naturlandskap, til dels i verneverdigebestander (grovvokst svartorskog) selv om utbyggingsprosjekter langs sørsiden av begge innsjøene har potensiale til å endre på dette. Utfordrende topografi har forhindret turstier langs Drangsvannene men skogene rundt begge forekomstene er populære turområder og omfatter merkede og til dels opparbeidede stier.

Drangsvannene og især da Indre Drangsvann – med sine mange holmer og små øyer - er i dag populære især for kajakkpadlerene, da det utgjør et variert og innholdsrikt vannområde lite plaget av motorbåttrafikk. Drangsvannene ville også hatt betydelig verdi som bade- og vannlek-områder men dette forholdet minimeres av en situasjon med meget sterk algevegetasjon som skaper flytematter og bunnsituasjon de fleste finner ubehagelig over betydelige deler av innsjøen.

Det er betydelig innslag av båtplasser og brygger i Rona og Ytre Drangsvann med pt nær 100 motorbåter fordelt på fire havner. I Indre Drangsvann er tallet ca 1/10 av dette, noe som dels forklares med befolkningen, dels med mer krevende manøvrering i Indre Rona og Indre Drangsvann.

Ortofotokart - Drangsvannene - Ronsbukta - 2019

Etter ortofoto fra Norgeskart - Kartløsning



4.1 Feltbeskrivelse og hydrologi

Kart med feltgrenser, delfeltgrenser, viktige bekker uthevet og omtalte små bekker anført foreligger på neste side. Hva gjelder bekkeløp skal to nevnes spesielt:

- Sommerrobekken er svært liten, og drenerer overflateområder ved Sommerro (ingen vannforekomster i feltet), men er tatt med da bekken i sin tid var en gjenganger hva gjaldt vurdering av forurensningsforhold og mistanke om at vann fra denne bekken-/dette området var del av årsaken til omfattende begroing i Drangsvannene.
- Snikkedalsbekken er et lukket vannløp med permanent utstrømning via rør til ca 1m dyp. Permanent vanntilførsel betyr at denne bekken har større og jevnere vannføring enn de tre minste bekkene i Indre Drangsvann, og den utgjør som sådan ikke noen uviktig vanntilførsel, især dersom vannmassene er avvikende/forurensede, men som lukket bekk (må være lukket for lang tid siden) så er historikk så vel som tilknytninger til overvannsløp ikke helt avklart.

Nedbørsbelastningen er (NVE) beregnet til 710mm/år noe som gir et midlere avløp på 22,5 L/sek./km². Dette gir midlere avløp ut av Indre Rona på 115 L/sek. Samlet avløp ut av Drangsvannene 191 L/sek.

Hva gjelder nedbørsfeltene mot Drangsvann så har ikke NVE skilt disse ut separat, men lagt dem inn i et større delfelt til Tovdalselva. Feltarealer for Indre og Ytre Drangsvann er derfor produsert av Terrateknikk. NVE har videre kategorisert Indre Drangsvann som innsjø, men ytre Drangsvann som sjø og har derfor bare arealberegning for Indre Drangsvann.

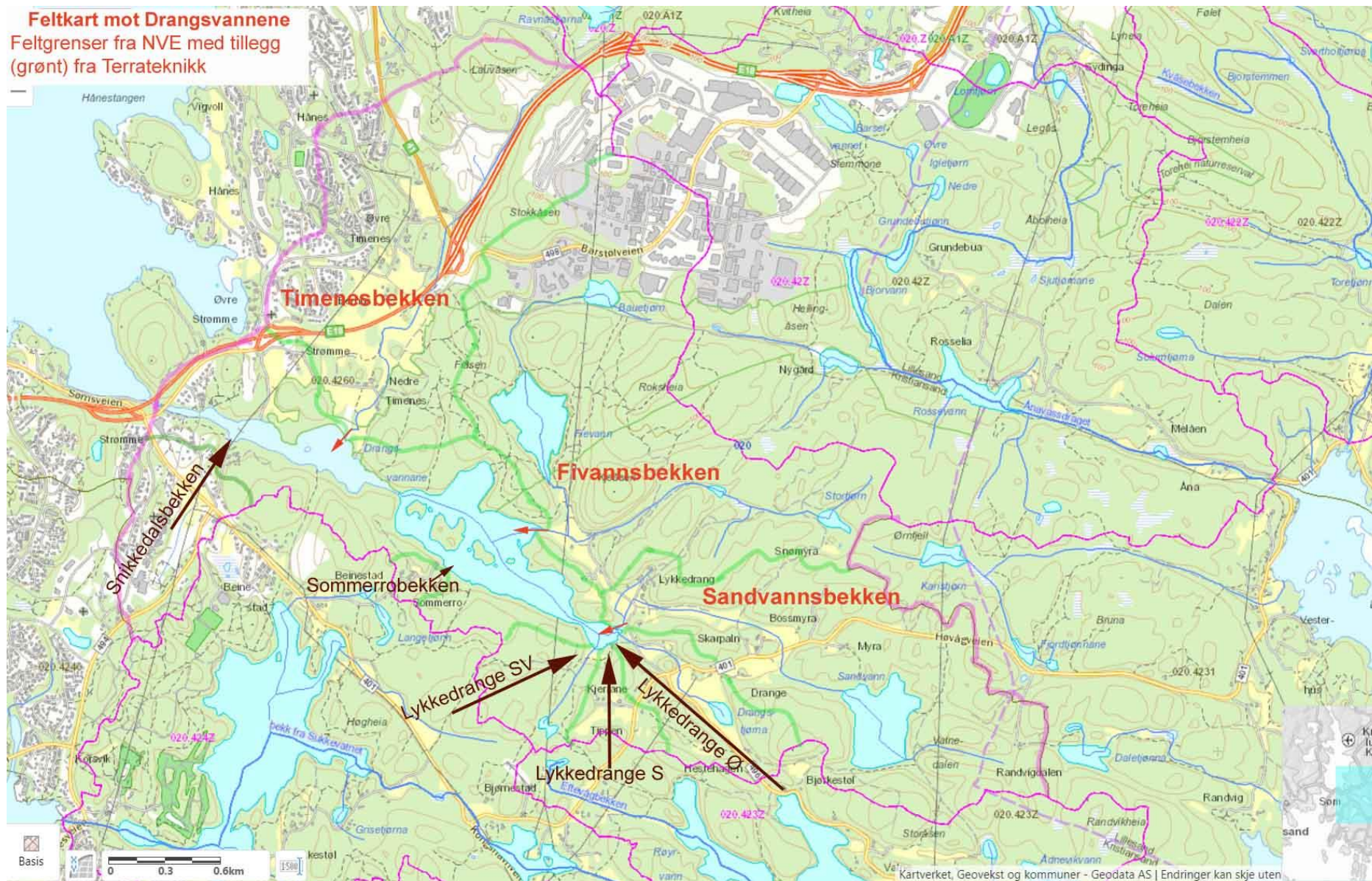
Indre Drangsvann er 0,334 km² i areal. NVE har ikke produsert feltgrenser for dette, men feltet mot Indre Drangsvann kan grovt måles til 5,1 km².

Ytre Drangsvann er ikke arealfastsatt men er i areal nær ½ av Indre Drangsvann og kan sjablongmessig fastsettes til 0,16 km². NVE har ikke feltgrenser for Ytre Drangsvann men disse er grovt oppmålt til 3,4 km² hvorav felt mot Timenesbekken utgjør størstedelen.

Nedbørsfeltet mot Drangsvannene er i hovedsak skogkledt, mye i naturtilstanden. Neste arealkategorier nedover i fraksjon vil være to sammenliknbare størrelser som hhv. landbruksarealer (Timenes, Sommerro og Lykkedrange) og urbanisert-industrialisert areal: Hånes – Sørlandsparken og nå etter hvert Drangsvann Sør.

Innsjøprosenten – Drangsvannene unntatt – er midlere til lav, men kombinasjonen av mye skog, noe myr og lav snaufjellsprosent gjør at feltet er rimelig godt dempet og med bekkene i hovedsak vannførende men tidvis kritiske hva gjelder tilstrekkelig vannføring for anadrom fisk både hva gjelder oppgangsvannføring/gyting og overlevelse av yngel gjennom forsommer og sommer.

Feltkart mot Drangsvannene
Feltgrenser fra NVE med tillegg
(grønt) fra Terrateknikk



4.2 Nasjonale registre og annen offentlig tilgjengelig naturfaglig informasjon

Kilder til vannmiljø og biologi i Drangsvannene er usedvanlig sparsom, og belønnes av at også kjente kilder ikke lar seg oppdrive som faktiske eksemplarer. Grunnlag refereres i det følgende:

VannNett: Det er ikke funnet registreringer om Drangsvann i VannNett.

Naturbasen: Det er en rekke registreringer i Naturbasen om Drangsvann, hvorav de fleste omhandler vannområdenes verdi for vannfugl, som ikke omfattes av denne undersøkelsen. Imidlertid er vannforekomstene og sundene – ronene – gitt egen oppmerksomhet, og i det følgende gjengis objektbeskrivelsene av disse med i sin helhet, sammen med særlige biologiske objekter/funn.

NIVA (Norsk Institutt for VAnnforskning): Søk har ikke bidratt til å gjenfinne NIVA undersøkelser fra Drangsvannene.

HI/Flødevigen (HavforskningsInstituttet/Stasjon Flødevigen): HI har gjort undersøkelser om kring forekomst av ålegras (*Zostera marina*) i Drangsvannene og et større område er registrert for denne arten hva gjelder Ytre Drangsvann. Dette gjenfinnes som naturbaseobjekt på etetfølgende sider.

Masteroppgaver/semesteroppgaver: Det er gjennomført en omfattende og grundig masteroppgave i Drangsvannene av Janne Gitmark med feltarbeid i perioden 2004 – 2006 og under bistand/veiledning av konservator Per Arvid Åsen ved Agder Naturmuseum. (Gitmark, J. 2006. Universitetet i Oslo, biologisk institutt, avdeling for marin botanikk) Masteroppgaven til J.G. er på temaet bentiske alger og omfatter derfor i bare begrenset grad hydrografiske data, sediment og vannkjemi, men utgjør en omfattende og viktig kunnskapsbase især på algeflorene, og er benyttet i dette dokumentet. Masteroppgaven er fritt tilgjengelig på nett.

Det ble gjennomført en semesteroppgave i 1975 ved daværende ADH (Agder DistriktsHøyskole) i Kristiansand av studentene Brune-Hansen og Nilsen. Dessverre har verken Universitetet i Agder eller forfatter kunnet fremskaffe en kopi av denne så disse dataene er foreløpig ikke tilgjengelige men Brune-Hansen arbeider med å fremskaffe en kopi.

Tidligere overingeniør og marinbiolog Rolf Olav Stene ved miljøvernavdelingen hos Fylkesmannen i Vest-Agder gjorde flere dykkerundersøkelser om kring fauna og hydrografi i Drangsvannene, men dykkernotatene fra disse undersøkelsene er så vidt vites ikke publisert, og Rolf Olav Stene gikk dessverre brått bort for en del år siden. Et notat fra Stene om kring muligheten for å bedre oksygensituasjonen i dyplagene i Drangsvannene foreligger imidlertid, og er benyttet i dette notatet.

I det følgende foreligger relevante registreringer fra Naturbasen for Drangsvannene og Ronene som naturtyper samt registreringer av vannflora og vannfauna.

NATURBASE: Registreringer om vannforekomstenes karakteristika og utforming objektvís:

Naturtyper

Utskriftsdato: 27.11.2019

Ytre Drangsvann

ID	BN00005374
Naturtype	Brakkvannspoller
Utforming	-
Verdi	Viktig
Utvalgt naturtype	-
Registreringsdato	09.07.1996
Hevdstatus	-
Forvaltningsplan	Nei
Forvaltningsavtale	Nei
Forvaltningsavtale - Inngått	-
Forvaltningsavtale - utløper	-
Verdi begrunnelse	-
Innledning	Brakkvannslokalitet. Viktig område for knoppsvane, opptil 60-70 knoppsvaner er registrert på høsten. God trekklokalitet (og overvintringsområde) for kvinender (over hundre er registrert) og laksand. Gresshoppesanger, rørsanger og myrsanger er registrert i takrørskogen. Knoppsvane hekker, 2-3 par stokkand, strandsnipe (Geir Tveide, E. Wrånes). I 1996 2 hekkepar knoppsvane (Geir Tveide). Svært gode sjørretbekker.
Beliggenhet og naturgrunnlag	-
Naturtyper og utforminger	-
Artsmangfold	-
Påvirkning	-
Fremmede arter	-
Råd om skjøtsel og hensyn	-
Landskap	-
Areal fra kartobjekt (daa)	103,5
Kommuner	1001 (Kristiansand)

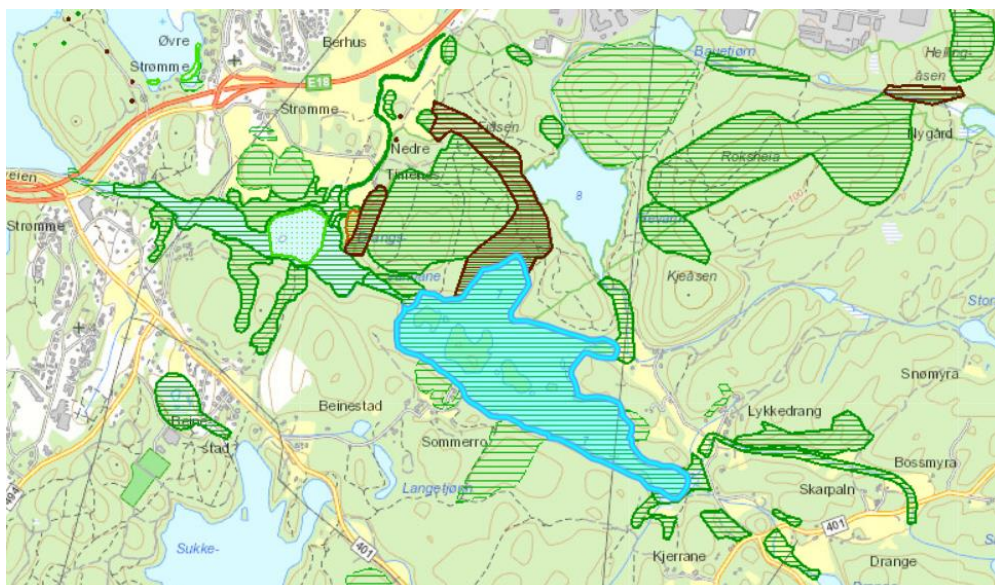


Naturtyper

Utskriftsdato: 27.11.2019

Indre Drangsvannet

ID	BN00005407
Naturtype	Brakkvannspoller
Utforming	-
Verdi	Svært viktig
Utvalgt naturtype	-
Registreringsdato	02.07.1996
Hevdstatus	-
Forvaltningsplan	Nei
Forvaltningsavtale	Nei
Forvaltningsavtale	-
Inngått	-
Forvaltningsavtale	-
utløper	-
Verdi begrunnelse	-
Innledning	-
Beliggenhet og naturgrunnlag	-
Naturtyper og utforminger	Vegetasjon: Strandeng innerst ved Lykkedrang. Strandenga er under igjengroing med takrør, mjødukt, strandrør langs bekken. En fin bestand med pollsvaks, en del havstarr
Artsmangfold	Fauna: Brakkvannslokalitet. Viktig område for knoppsvane, opptil 60-70 knoppsvaner er registrert på høsten. God trekklokalitet (og overvintringsområde) for kvinender (over hundre er registrert) og laksand. Gresshoppesanger, rørsanger og myrsanger er registrert i takrørskogen. Knoppsvane hekker, 2-3 par stokkand, strandsnipe (Geir Tveide, E. Wrånes). I 1996 2 hekkepar knoppsvane (Geir Tveide). Svært gode sjørørbekker. Bustjønnak er tidligere registrert her. Kransalgen grønnkrans, Chara baltica er registrert ved Lykkedrange 26.7 1909 av H. Benestad. Arten sto på rødlista fra 1998 som utryddet. Arten ble imidlertid gjenfunnet på lokaliteten i 2005 og på den nye rødlista fra 2006 er arten listet som sårbar (VU).
Påvirkning	-
Fremmede arter	-
Råd om skjøtsel og hensyn	-
Landskap	-
Areal fra kartobjekt (daa)	405,1
Kommuner	1001 (Kristiansand)
Kilder	Gitmark, J. 2006. Den bentsiske algevegetasjonen i Drangsvann, en brakkvannslokalitet ved Kristiansand, Vest-Agder. Biologisk institutt, Universitetet i Oslo.



De to kanalene – Ronene – er gitt egen kategorisering i naturbasen i det følgende

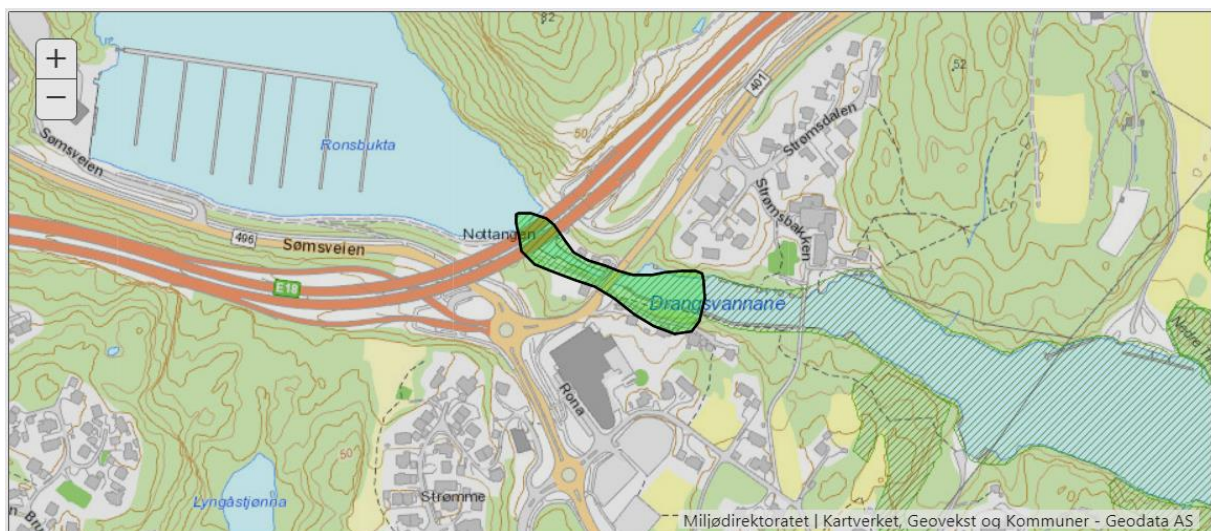
Ytre Rona – mot sjø.

Naturtyper

Utskriftsdato: 27.11.2019

Rona, Drangsvannene

ID	BN00005281
Naturtype	Grunne strømmer
Utforming	-
Verdi	Lokalt viktig
Utvalgt naturtype	-
Registreringsdato	01.01.1999
Hevdstatus	-
Forvaltningsplan	Nei
Forvaltningsavtale	Nei
Forvaltningsavtale Inngått	-
Forvaltningsavtale utløper	-
Verdi begrunnelse	-
Innledning	Kunstig kanal som danner innløpet til Drangsvannene. Drangsvannene ble før kanaliseringen kalt for Strømsvannene. Se også Indre Drangsvannet , Ytre Drangsvann og indre Rona Viktig myteplass og oppvekstområde for knoppsvane, trekklokalitet for andefugl, særlig kvinand.
Beliggenhet og naturgrunnlag	-
Naturtyper og utforminger	-
Artsmangfold	-
Påvirkning	-
Fremmede arter	-



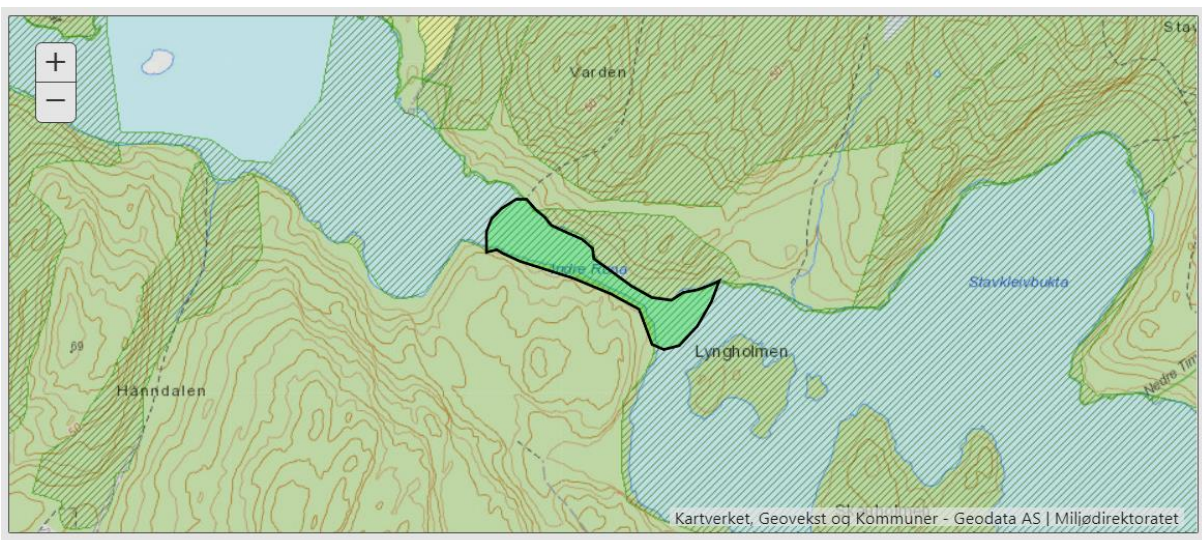
Indre Rona

Naturtyper

Utskriftsdato: 27.11.2019

Indre Rona, Drangsvannene

ID	BN00005280
Naturtype	Grunne strømmer
Utforming	-
Verdi	Viktig
Utvalgt naturtype	-
Registreringsdato	01.01.1999
Hevdstatus	-
Forvaltningsplan	Nei
Forvaltningsavtale	Nei
Forvaltningsavtale Inngått	-
Forvaltningsavtale utløper	-
Verdi begrunnelse	-
Innledning	Grunn strøm omkranset av svarorstrandskog med bl.a. Myske, blåveis og fingerstarr. Blåskjellbanker
Beliggenhet og naturgrunnlag	-
Naturtyper og utforminger	-
Artsmangfold	-
Påvirkning	-
Fremmede arter	-
Råd om skjøtsel og hensyn	-
Landskap	-
Areal fra kartobjekt (daa)	9,5
Kommuner	1001 (Kristiansand)



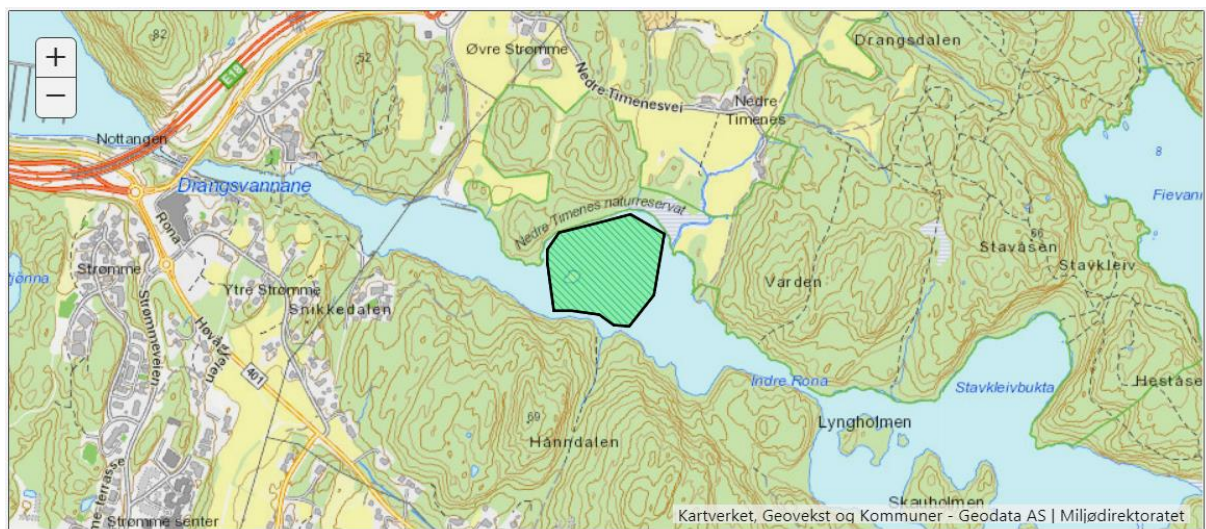
Særlige biologiske forekomster i vann: Ålegrasbestand i Ytre Drangsvann.

Marine naturtyper

Utskriftsdato: 27.11.2019

Drangsvanna

ID	BM00044039
Naturtype	Ålegrassamfunn
Utforming	Vanlig ålegras
Verdi	Lokalt viktig
Registreringsdato	15.10.2008
Nøyaktighetsklasse	-
Verdi begrunnelse	-
Innledning	Tette ålegressenger med kraftige planter
Beliggenhet og naturgrunnlag	-
Artsmangfold	-
Påvirkning	-
Fremmede arter	-
Råd og skjøtsel og hensyn	-
Landskap	-
Areal fra kartobjekt (daa)	40,6
Kommuner	1001 (Kristiansand)
Kilder	HI_Flødevigen



Særlige biologiske forekomster i vann: Kransalge (*Chara baltica*) i Indre Drangsvann

DatabaseID	Observations/KMN/A/3281
Institusjon	Agder naturmuseum 
Institusjon webadresse	http://www.naturmuseum.no
Database	Alger
Kjønn	
Artsbestemt av	Asbjørn Lie
Habitat	
Navn på datasett	
Faktaark	
Norsk navn	grønnkrans
Vitenskapelig navn	<i>Chara baltica</i>
Finner	Martin Fauskanger, Asbjørn Lie, Ann-Elin Synnes, Lillian Tveit
Dato funnet	01.08.2015
Antall	
Beskrivelse	
Fylke	Vest-Agder
Kommune	Kristiansand (1001)
Lokalitet	Drangsvann, ved Skauholmen, ved Sommerro
Lengdegrad	8,109775
Breddegrad	58,155676
Presisjon	1
TaksonID	65825
Aktivitet	
Gruppe	alger
Område	Nei
Økologisk funksjonsområde	Nei
Forvaltningskategori	Arter av særlig stor forvaltningsinteresse

Kriterie for utvalg

Kriterie	Forklaring	
Ansvarsarter	>25% av europeisk bestand i Norge	
Trua arter	CR,EN,VU i Norsk Rødliste	x
Andre spesielt hensynskrevende arter	andre arter av nasjonal forvaltningsinteresse	
Spesielle økologiske former	former eller underarter av arter av nasjonal forvaltningsinteresse som ikke vurderes i Rødlisten	
Prioriterte arter	prioritert art i medhold av naturmangfoldloven	
Fredete arter	fredet i medhold av naturvernloven	
Nær trua art	NT i norsk rødliste	
Fremmede arter	Svært høy og høy risiko i svartelista 2012, samt noen arter fra Svarteliste 2007	

Listestatus

Type	Beskrivelse	Lenke
Norsk Rødliste 2015	Sterkt truet (EN), Norsk rødliste for arter	https://artsdatabanken.no/Rodliste2015/rodliste2015/Norge/105968

Kransalgen grønnkrans (*Chara baltica*) er beskrevet fra Drangsvannene, innerste del, vd funn fra 1909 og ble gjenfunnet av mastergradsstudent Janne Gitmark i 2005. I tillegg er den gjenfunnet og supplerende lokaliteter fastsatt av Agder Naturmuseum. De øvrige registreringene/punktene i Indre Drangsvann på kartet under representerer diverse arter fugl (ikke tematisk med i denne undersøkelsen) samt for ål (*Anguilla anguilla*) som beskrives separat.



4.3 Data fra historiske kilder

4.3.1 – Skriftlige kilder

Det eksisterer spredt informasjon av forskjellig art om kring Drangsvannene og ronenes bruk, naturforhold og situasjon. Ingen av kildene omfatter naturfaglige kartlegginger, noe som er synd, da sammenfatninger fra marinbiolog Rolf Olav Stene nevner undersøkelser om kring oksygenivå i Drangsvannene utført i 1931 – 1934, men uten videre referanser. I det følgende listes historisk informasjon vurdert som relevant, med håp om at dette kan suppleres over tid.

Historielag-nedtegnelser: Randesund historielag årbok nr 6 omfatter en artikkel av Eilif Timenes om ronene, bygging av kanalene og den moderne bruken av disse for ferdsel. Kort hentes følgende fra Eilif Timenes artikkel: Ronene var naturlig å betrakte som bekker, men utbedret på en slik måte at man kunne dra en båt gjennom. Bekkeløpene måtte vedlikeholdes, og kostnaden for dette arbeidet ble fordelt på de aktuelle gårdene. Tvist om slik kostnad er gjengitt i rettsbok helt tilbake til 1735 og beskriver at ronene har vært benyttet for båtferdsel fra sjø i nær tre hundre år. Planer for kanalisering av ronene så man kunne føre båter fritt gjennom, ble fremmet av gårdeiere rundt Drangsvannene i 1875, tiltak vedtatt 1877 og arbeider igangsatt 1878. 22 juni 1880 åpner kanalen og den har fra da av kommersiell trafikk med rutebåten Duen som betjente begge drangsvannene inn til Lykkedrange (Løkkedrange på gammel skrivemåte) og sikret transport mellom disse gårdene og Kristiansand med omland. Det var rutebåttrafikk helt frem til 1932 da rutebiltrafikk overtok.

Tilfeldige kilder: Drangsvannene og Rona er uventet nok beskrevet av Wilhelm Krag i en av hans bøker om fantasifiguren Major Von Knarren. Beskrivelsen er interessant idet den omfatter beskrivelse om sjøkontakt, "havets fisk og planter" i hva som må ha vært Ytre Rona og Ytre Drangsvann, og muligens med henvisning til de store slettene mot Timenes-gårdene. For ordens skyld; beskrivelsen inngår i en noe lengre historisk landskapsbeskrivelse fra Randesund og beskriver ikke et fantasilandskap. For kuriositetens del tas med det aktuelle utdraget fra beskrivelsen hvor Rona går av fra Topdalsfjorden, her beskrevet som "*denne Brakvandsfjord*"

Men midt paa denne Brakvandsfjord rendte der en smal blikstille Kjil dybt ind igjennem et bakket og saare frugtbart Land. Store Trær hvævede sig paa begge Sider af Kjilen; enkelte Steder foldede Kronerne sig heltsammen, saa man kunde ro lange Stykker under de mørke Løvhælv. Hvor Løvskoven hørte op, videde Engen sig ud istore lyse Sletter, og paa disse Sletter laa der gjerne smaa, venlige Huse. Fra disse Huse havde man Udsigt nedover de frugtbare Marker til det høie Strandsiv og den stille Indsjø, som dog var salt, og rummede Havets Fisk og Planter, – et tæmnet Stump Hav midt inde i tryk smilende Natur.

Historiske kart: I tillegg til skriftlige kilder i form av nedtegnelser, så kan historiske kart ha verdi i den type problematikk som denne undersøkelsen beskjeftiger seg med, idet de kan opplyse om i hvilken form vannforekomsten ble oppfattet å være – innsjø eller fjord – når kartene ble produsert. For å få en vurdering på dette er historiske kart tilbake til 1708 konsultert for å se hvordan Drangsvannene og Ronene ble beskrevet i forhold til tilgrensende Topdalsfjorden. Disse er gjennomgått i de følgende side.

Kartet 1: *Lister og Mandals amt nr 4: Carte af Indseilingen til Christianssand og Flecherøen: Vest-Agder* tegnet av Juel, Lohman og Krefting er fra 1708 og viser Drangsvannene med de historiske gårdene inntegnet, og det er også tegnet bro over Ytre Rona. Betegnelsen Rona benyttes imidlertid ikke. På dette kartet er begge ronene tegnet på som (farbare) kanaler mellom Drangsvannene og Topdalsfjorden. Som nevnt på forrige side ble løpene mellom fjord og Drangsvannene allerede på 1700-tallet opprensket for farbarhet med båt ved arbeider bekostet av oppsitterne rundt vannene. Det kan være denne graden av farbarhet som gjør at kartet av 1708 tegner Drangsvannene som farbare fra Topdalsfjorden.



Kart 2: Lister og Mandals Amt nr 38 er fra 1820 og tegnet av Schilling. Dette viser Drangsvannene og omgivelser i mer presis utførelse enn 1708-kartet *hva gjelder vannlinje*, men underlig nok med mindre grad av detaljering i forhold til navnssetting av topografi og gårder enn 1708-kartet: holmene i Indre Drangsvann og noen av gårdene langs sørsiden av Ytre Drangsvann (Benestad og Drivdal, var disse blitt forlatt i årene mellom 1708 og 1820?) er ikke navnsatt hhv påført kartet. På 1820-kartet benyttes betegnelsen Drangsvannene ("Drange vd") og betegnelsen Rona er benyttet hva gjelder Ytre Rona. Begge ronene er imidlertid tegnet opp som bekkelignende løp, og uten at kartet antyder noen form for farbarhet mellom vannene og fjorden, i motsetning til 1708-kartet. Antyder dette en redusert grad av sjøkontakt/farbarhet mellom Drangsvannene og fjorden nå 110 år senere? Dette kan faktisk være tilfelle, men krever litt forklaring: Begge ronene er fra naturens side sund med fast fjell på begge sider og stein, gjenfylt av til dels grov stein og løsmasser. Med håndmakt og 1700-tallets metoder vil løsmasser og enkeltstein opp til noen få hundre kilo kunne håndteres med vekstenger og tau, men alt tyngre vil utgjøre "fast fjell". Dersom opprensingen på 1700 tallet allerede var ført ned til slike grove/ikke-flyttbare stein, så vil alene landhevingen skape problemer; i Kristiansand var landhevingen på denne tiden ca 2mm i året, og det er altså snaut 25cm i oppgrunning av ronene mellom 1708 kartet og 1820 –kartet. En tilsynelatende liten dybdeforskjell, men dersom en 50 meter lang kanal (Ytre Rona) hvor man med møyne kunne trekke båter gjennom i 1708, gradvis blir 25cm grunnere, så opphører i praksis farbarheten for slike båter, som typisk vil ha vær ro/seilsjekter som naturlig ikke stakk dypere enn 30-40cm totalt.



Kart 3: *Rektangelkart 1889*. Nå er kanaliseringsarbeidene i Ronene gjennomført, og kartet er vesentlig endret ved ronene ved at disse er tegnet som kanaler og igjen med bro over Ytre Rona. Utsnitt av dette kartet er gjengitt under. Bemerk at broa er markert/påført et kryss. Dette kan muligens beskrive at broa var en hevebro som kunne løftes når rutebåten/dampbåten eller andre fartøyer med større høyde enn brokonstruksjonen skulle passere. I følge beretning ble imidlertid hevebroa bare benyttet ved høytidlige anledninger; når det bare var vanlige folk på rutebåten, slo man heller ned skorsteinen og lot båten passere under broa og med allmuen stående i røyken...

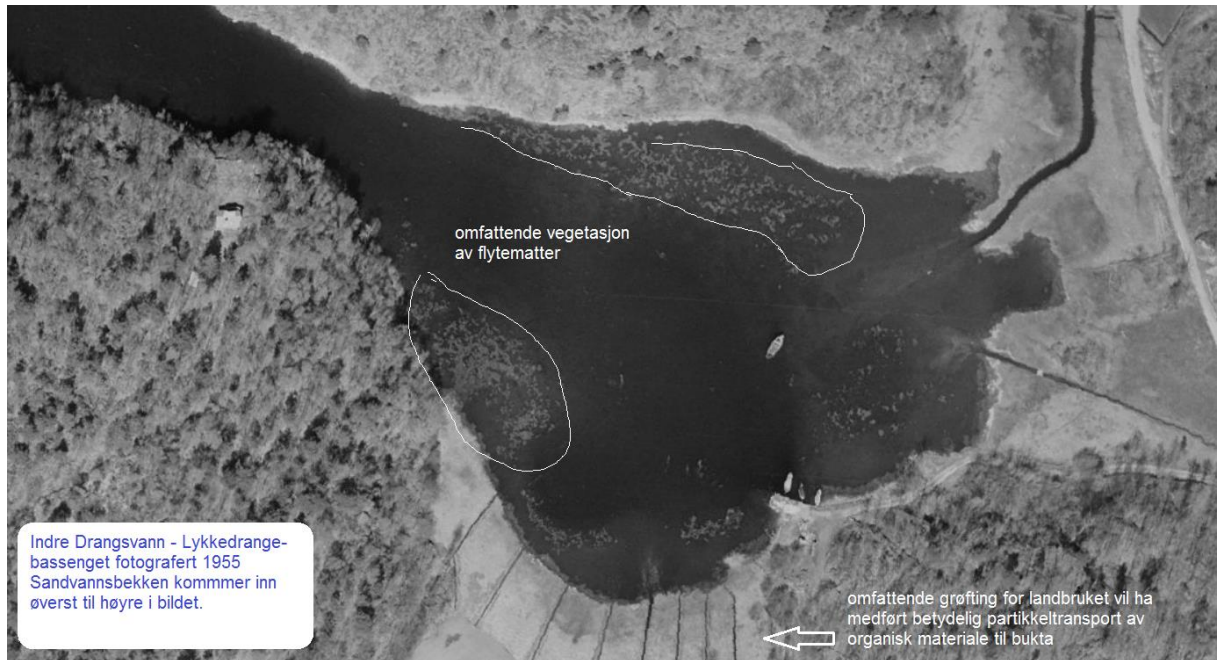


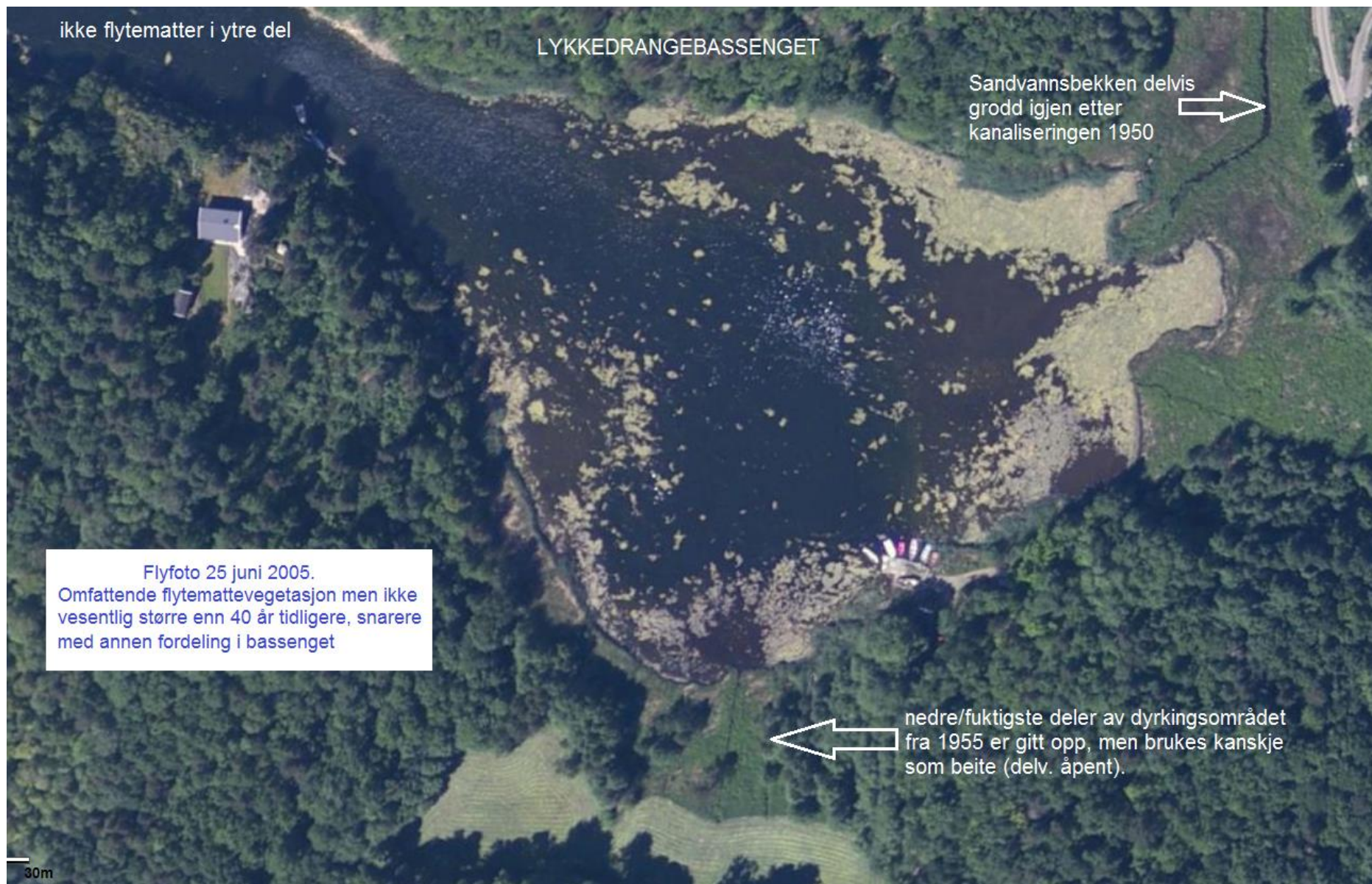
Vurdering – skriftlige kilder: Samlet sett gir de skriftlige kildene noe avvikende beskrivelser av hvor tett Drangsvannene var tilknyttet vannmassene i Topdalsfjorden hva gjelder tiden fra 1700 og fremover til kanaliseringen 1880. Tydeligvis var ronene farbare eller i det minste kunne datidens sjakter trekkes gjennom ronene i en periode på 1700 tallet – eventuelt helt frem til kanaliseringen. Alternativt ble ronene i økende grad (landheving) suksessivt vanskeligere å bruke utover på 1800 tallet samtidig som økende behov for ferdsel og varetransport frempresset reetablering av farbar vannvei og banet veien for helhetlig kanalisering i 1880. Når man passerer Indre Rona, så ligger de fjernede massene på kanalkanten, og innslag av ganske grov stein er ikke ubetydelig.

Historisk om vannkjemi: Dersom man legger til grunn at Ronene var delvis farbare på 1700-tallet, så vil Drangsvannene da – formodentlig - ha vært ferskvannsdominerte vannforekomster med ganske begrenset utløpstverrsnitt gjennom de to ronene. I situasjoner med springflo vil det imidlertid ha oppstått mulighet for å presse inn vann fra topdalsfjorden, og det er overveiende sannsynlig at Ytre Drangsvann var dominert av stagnert sjøvann i bunnen nærmest permanent og – sannsynligvis – anoksiske forhold også den gang. Derimot er det ikke usannsynlig at kombinasjonen av to ganske begrensede roner kan ha beskyttet Indre Drangsvann mot sjøvannsinnpresing: En smal åpning i Ytre Rona vil effektivt ha begrenset hvor mye sjøvann som kunne presses inn til Ytre Drangsvann gjennom hver tidevannssyklus. Dette vil i sin tur ha forhindret innpressing av sjøvann til Indre Drangsvann, og det er derfor en rimelig sannsynlighet for at Indre Drangsvann på denne tiden hadde tilnærmet innsjøkarakteristikk og var dominert av innsjøbiologi.

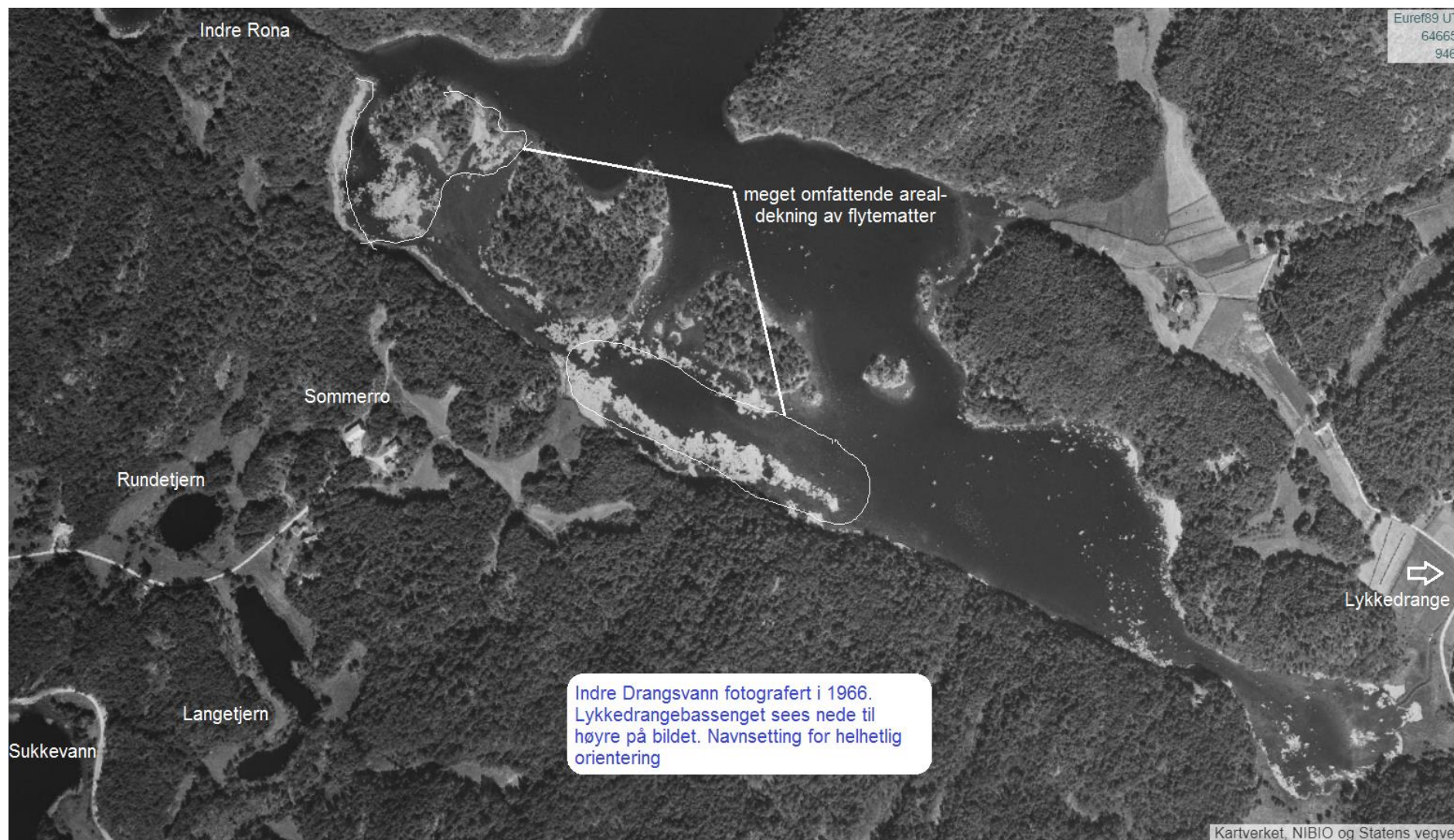
4.3.2. Flybilder – ortofotografier – fotografier

En viktig kilde til tilstandsinformasjon for vannforekomster hva gjelder algevegetasjon/-vegetasjonsmatter, forurensning og arealbruk kan være flyfotografier av høy kvalitet. Dette fordi disse typisk er fotografert tidlig i vekstsesongen (før stor lauvsetting), hvor vannkant er synlig og hvor våroppblomstringen av eventuelle alger normalt vil være i gang. For Drangsvannene gjelder at innsjøene inngår i serie av tidlig fotograferinger, med første dekning allerede i 1955, dvs for nær 65 år siden. Fra disse seriene er bilder fra Lykkedrange-bassenget innhentet. Dette bassenget ligger blant bratte åser, og innslaget av flytematter er derfor mindre påvirket av vind (vind flytter på flytemattene av alger), noe som gjør sammenlikningene sikrere.





Bildet under er fra Indre Drangsvann og er tatt i 1966. Flytematteområdet er konsentrert til en særlig grunn flate i Indre Drangsvann, jf ortofotokartet i kap. 4.1.



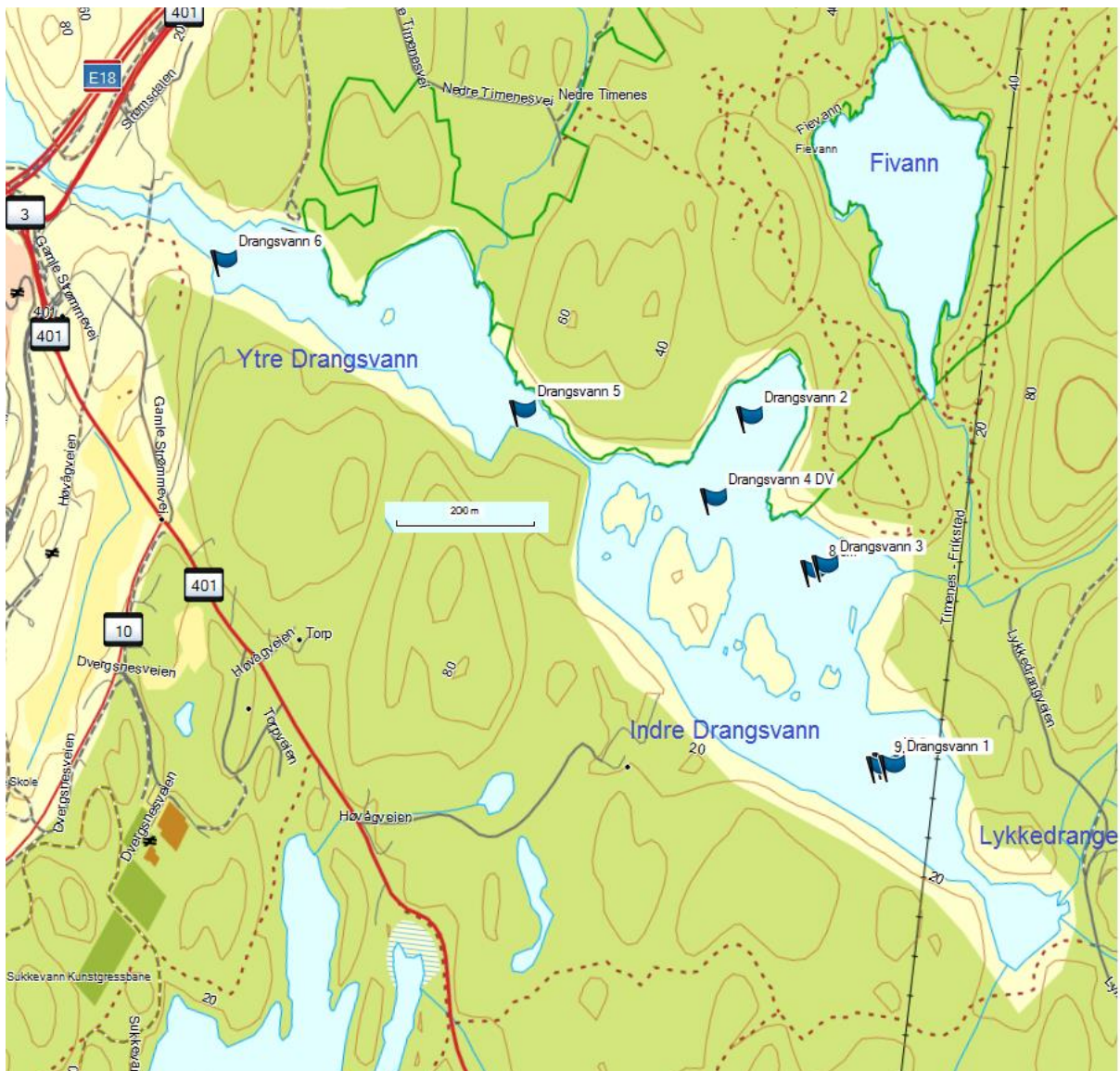
Vurdering – historiske flybilder: Flybildene er gitt oppmerksomhet især ut fra sin verdi i å forklare flytemattene som fenomen. Flytemattene, som består av en blanding av forskjellige alger, med *Ulva*-arter (tarmgrønne m.m) og *Cladophora* (grønn dusk: tette trådformede grønne alger) med innslag av blågrønnalger og trådformede kiselalger, opptrer hvert vår (typisk i mai) i Drangsvannene men blir borte som flytemattevegetasjon i løpet av september. Janne Gitmark's (Gitmark 2006) omfattende studie fastslo at det sommeren 2004 var *Cladophora vagabunda* som dominerte algene i flytemattene. Gitmark anslo at flytemattene denne sommeren dekket 40% av Drangsvann (TK kommentar: *Gitmark sin opplysning skal suppleres noe; 40% dekke betyr det ikke at 40% av vannoverflaten er dekket av alger så ikke vannflaten her sees noested, men at 40% av innsjøens overflate omfatter areal hvor flytematter dominerer*). Flyfoto juni 2005 kan illustrere dette; bassenget ved Lykkedrange er et av de områdene hvor flytemattene oppnår stor dekningsgrad. Som de eldste flybildene beskriver, så har flytemattene vært iøyenfallende innslag i Drangsvannene i over 60 år, og – selv om dette ikke er tatt med som flybilledokumentasjon – så er Ytre Drangsvann tilnærmet like sterkt påvirket, og da især med bukta inn mot Timenesbekken/-Timenesgårdene som areal hvor størst dekningsgrad opptrer. Som også flybildene beskriver, så er det stor variasjon mellom årene, men – ut fra at allerede 1966 viste meget omfattende mattevegetasjon – er det vanskelig å fastslå om generelt oppslag har økt betydelig. Bildet under er fra oktober 2019, og så sent i sesongen har mattene sunket ned på bunnen, men når algematte fiskes opp igjen, så er algene friske. Dette viser at algemattene akkumuleres på vokseplassen, men muligens også at voksestedet «aldri» blir tilgjengelig for annen biologi da algematerialet funksjonelt opptrer som flerårig plante, noe som må undersøkes. Mens vegetasjonsmattene finnes i minst like stor grad som for 50 år siden, så har landbruksaktiviteten og bruken av arealene langs Drangsvannene til husdyr vesentlig endret seg, og den forurensning som husdyrbruk vil ha medført mot Drangsvannene, bør være mindre i dag enn den gang. Nå er det et visst hestehold (lite volatil organisk forurensning) helt oppe ved Hånes og gjødsling på dyrka mark på Lykkedrange som kan ha virkning mot Drangsvannene, og da forventelig i mindre grad enn virkningen av storfehold på flere av de tilgrensende gårdene tidligere.



4.4 Hydrografi – Undervannsstasjoner

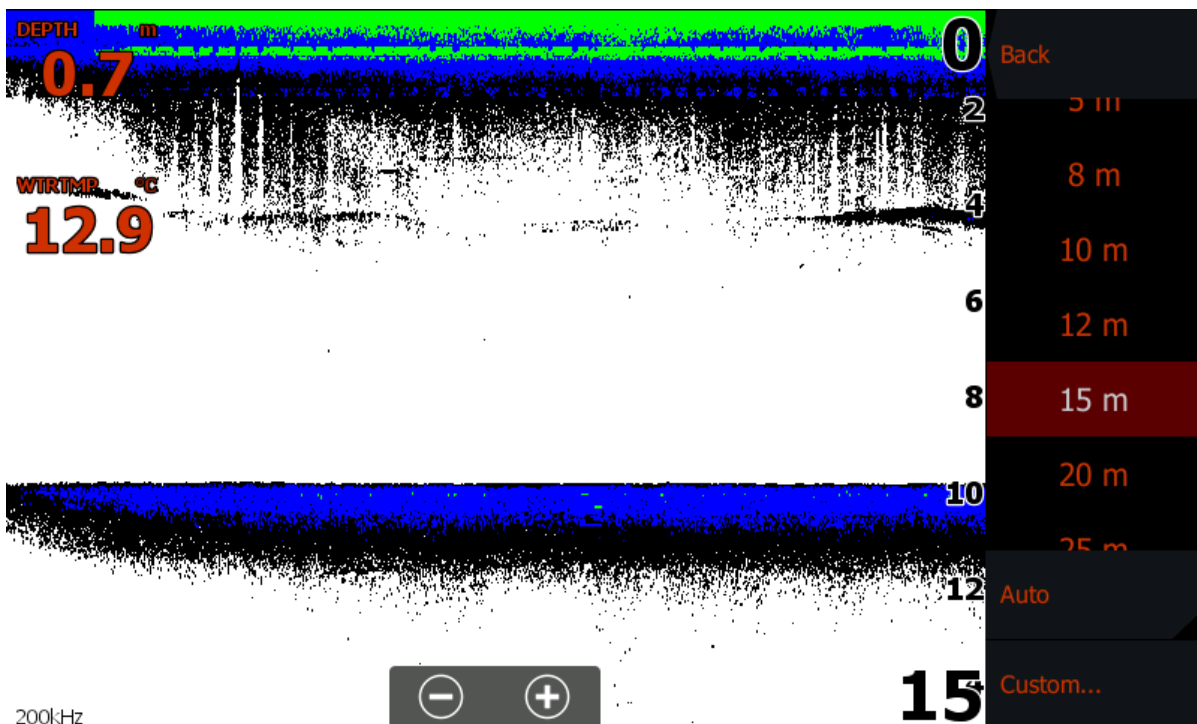
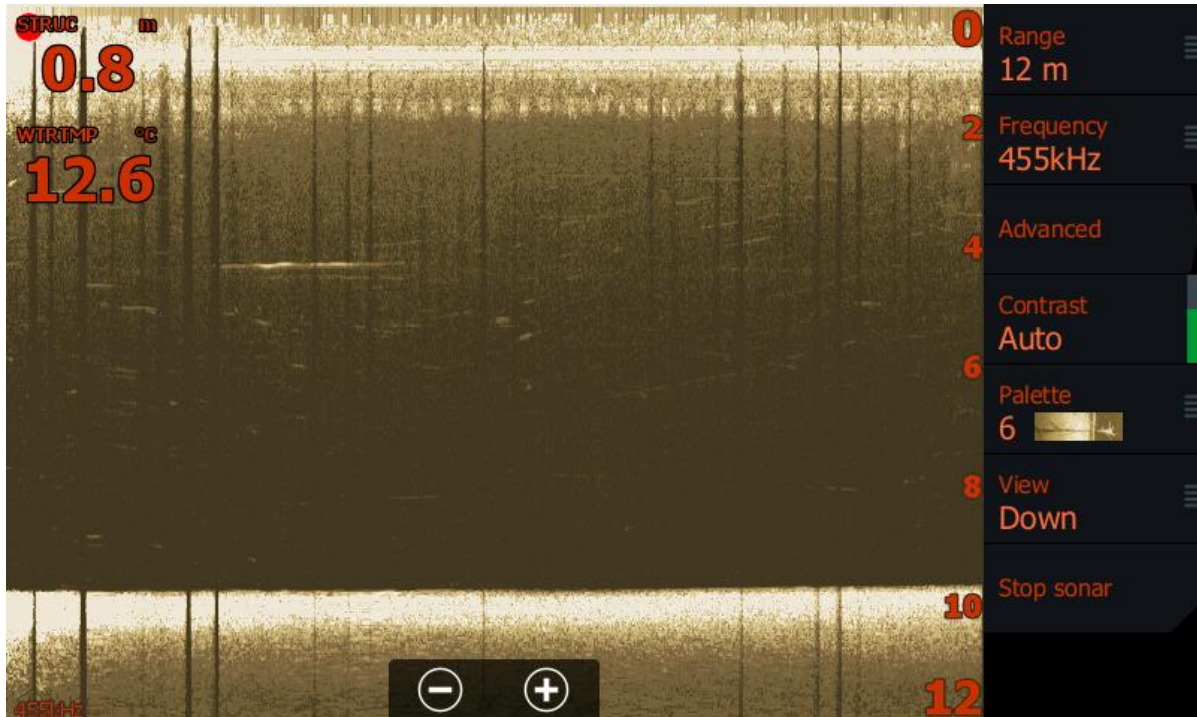
Drangsvannene er ikke dypmålt, og dybdegrunnlag er sporadisk og ufullkomment. Innledningsvis ble derfor begge Drangsvannene undersøkt med Structurescan-sonar og ekkolodd for å finne områdene med størst dyp og avdekke i hvilken grad dypområdene er adskilt av grunnere terskler som kan gi grunnlag for avvikende hydrografi/vannkjemi områdene imellom. Den viktigste terskelen i denne sammenhengen er Indre Rona, som deler Drangsvannene i to bassenger og hvor man må anta at vannutskiftning i disse to er forskjellig på grunn av terskelens begrensede dyp. Mindre åpenbare terskler kan imidlertid foreligge, og slike vil kunne bidra til at dypvann "låses inne" for sjeldnere vannutskiftning enn hva tilfellet ville vært uten slike terskler. Vannutskiftning av dypvann er et nøkkelbegrep hva gjelder vannkvalitet og biologiske forutsetninger i enhver terskelfjord og i særdeleshet i meget uttalte terskelbassenger som Indre Drangsvann omfatter.

På GPS kartet under er stasjonsplassering vist. Alle stasjonene minus stasjon 4 er i lokale dypbassenger. Stasjon 4 er en videostasjon for undersøkelse av typisk bunn. I det følgende behandles de hydrografiske stasjonene fortløpende med sluttlig konklusjon.



Drangsvann 1.

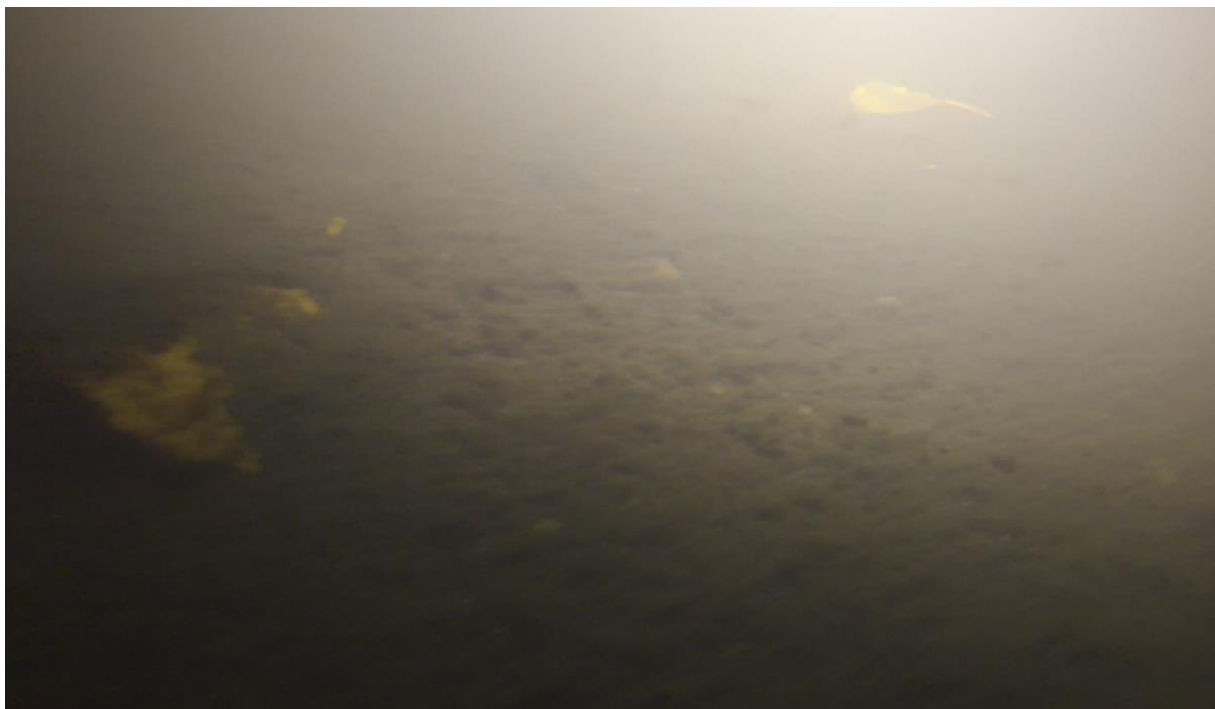
Dette er den dypeste stasjonen og på ca 10m vanddyb. Sonarbildet viser en helt flat sedimentslette, og ekkogrammet (nederst) viser at ekkot slår bare et stykke ned i mudderet, noe som tilsier betydelig mudderlag som absorberer ekkot. Den svake linjen på rundt 4m dyp vil signalisere endring i vanntetthet eller forekomst av alger/pertikler og kan være utfelte svovelforbindelser ved overgang til stagnant sjøvann.



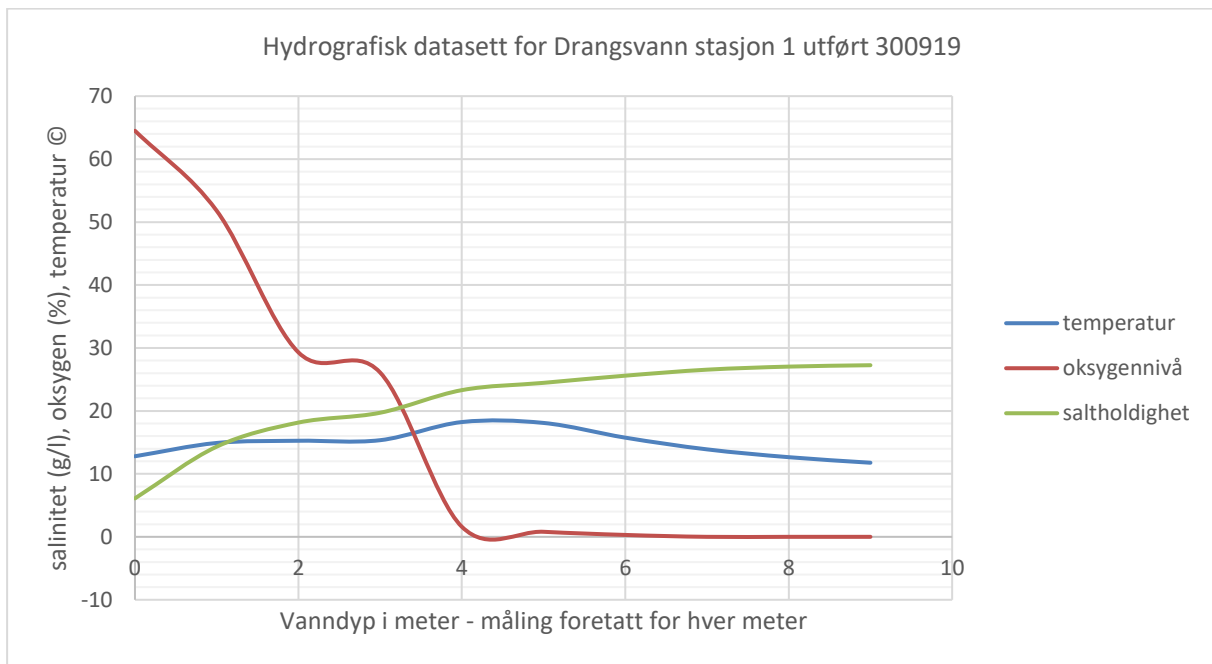
Bilde under er fra sjøbunnen/10m dyp. Denne fremstår som en urørt sedimentslette, urørt fordi det ikke eksisterer fauna som kan skape bevegelser eller spor på innsjøbunnen. Bare litt strø i form av noen blader av høstløv ligger på bunnen. Partikulære svovelforbindelser sprer lyset og reduserer sterkt sikten i dette laget, det vil gjelde alle bildene fra død sone.

I dette miljøet skjer nedbrytningen utelukkende mikrobiologisk gjennom sulfatreduserende bakterier, som produserer H_2S som biprodukt av sin metabolisme. H_2S er akutt giftig for alt dyreliv, og giftig for alle planter i større konsentrasjoner. Sjøområder dominert av H_2S er som sådan blant de ødste områdene på denne planeten.

De svovelholdige sedimentene er markert mørke til sort og forbindelsene farger også permanent materiale de er i kontakt med, så sjøbunn i H_2S holdige områder mister typisk innslaget av farge fra strøfall som ellers burde være synlig på bunnen, så bare nyeste materiale er synlig.



Hydrografiske kurver

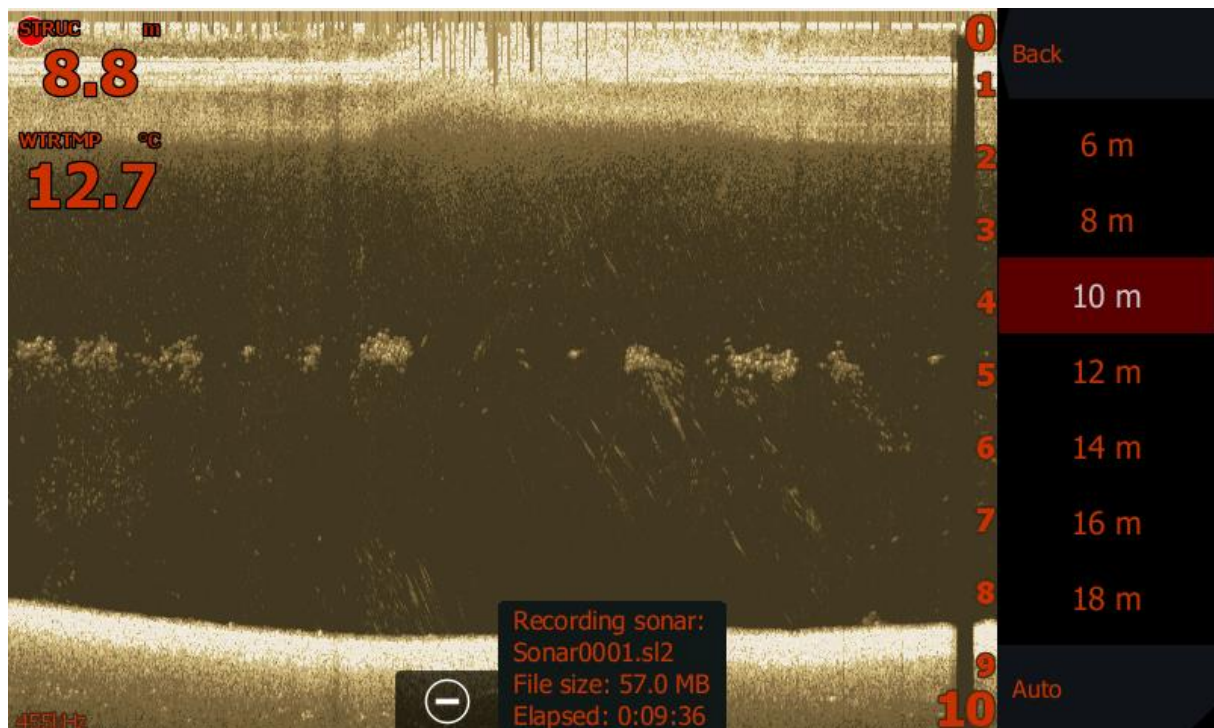


Tolking: Kurven fra stasjon 1 er som ventet hva gjelder de dypere vannlag, men noe overraskende hva gjelder de øverste to meter. De dypere vannlagene er oksygenfrie, noe som er forventet, men de øvre vannlagene er mer oksygen svake enn ventet, selv om oksygenivået i øverste meteren er egnede for vanlig fiskefauna, men noe svakt allerede ved 2m dyp. En slik situasjon vil kunne oppstå ved innblanding av oksygenrikt vann fra mellomlaget ved 3 meter; som hviler over det tunge, sjøvannsdominerte bunnlaget. Bemerk at bunnlaget – som åpenbart er stagnert fra 4 meter og helt til bunns – viser økende saltholdighet helt til bunns; det betyr at vannmassene også i det døde/oksygenfrie vannvolumet dypere enn 4 meter, ikke er homogent men heller ikke er identifiserbart sjiktet. Man vil forvente at disse vannmassene vil vise større sjiktning etter hvert, med tyngste og salteste vannet i et separat bunnavolum.

Til sammen kan kurvene gi grunn til å vurdere om det har vært en svak grad av omrøring av vannmassene i ved denne stasjonen, men i hovedsak bare med virkning ned til ca 3m, og med den bieffekt at oksygenivåene i øvre meterne har blitt redusert ved innblanding av oksygenrikt vann.

Drangsvann 2

Dette er en stasjon i Stavkleivbukta og med vanddyb ca 8,5m Denne utgjør et separat basseng med betydelig topografisk avgrensning idet det er høye åser og trær på tre av fire sider. Dette er av potensielt stor betydning, da vindpåvirkning utgjør en viktig faktor i å kunne bidra til å sette i gang sirkulasjon av vannmassene og derved skifte ut dårlige/oksygenfrie vannmasser i dypet. På grunn av beliggenheten er derfor dette bassenget vurdert som særlig utsatt, selv om det ligger nærmere Indre Rona og derved tilførselsåren for nytt vann, enn stasjon 1 og 3. Sonarbildet under fra stasjon 2 viser jevn sedimentslette uten topografi. I området 4,7-5 meter sees et reflekterende lag; dette vil mest sannsynlig være utfelt svovelforbindelser som skaper avvikende/reflekterende lag for sonaren, se også foto på neste side. Som også fremgår er sonarsignalene fra vannfasen 0 til 2m avvikende og til høyre kan sees en skarp linje ved 2m; dette vil antakelig være overgangen mellom innstrømmet ferskvannsdominert vann og underliggende, kaldere brakkevann. Denne linjen gjenfinnes også i Ytre Drangsvann på sonarbilder tatt samme dag som dette, men er fraværende ved vannområdene ved Indre Rona, antakelig fordi inngående tidevann bidrar til omrøring og utvisking av denne sjiktningen.



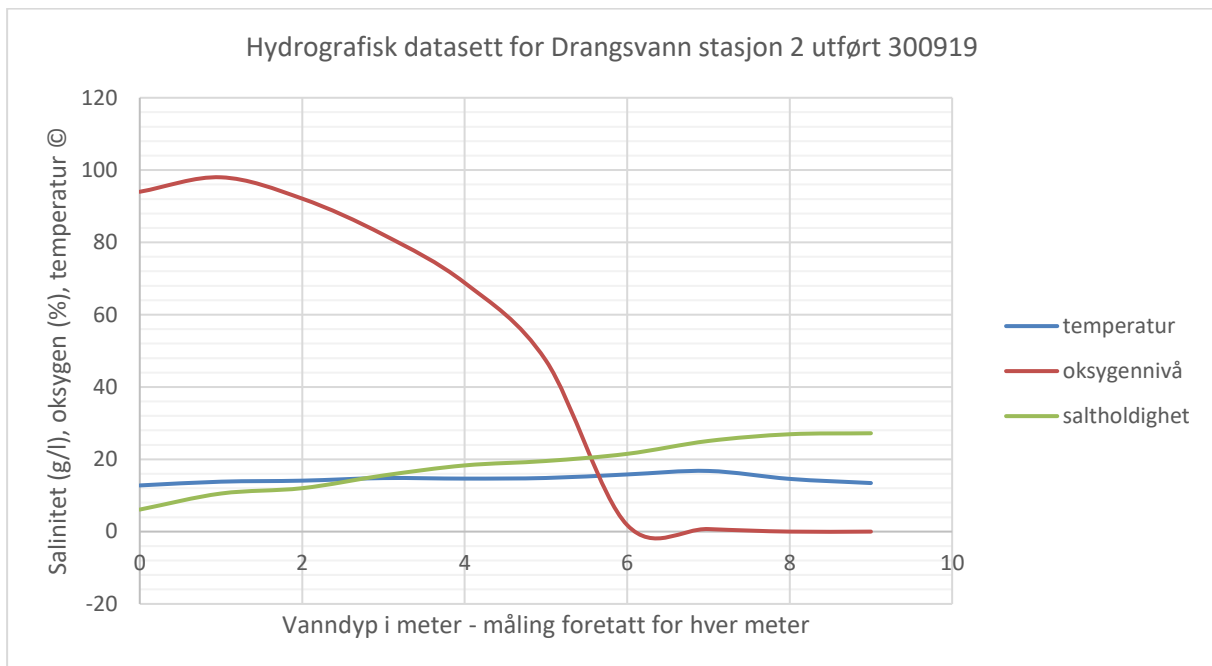
Bildet under er tatt på stasjon 2 og viser sedimentbunnen på 8,5m dyp slik den fremstår – med unntak av en barnål er det få tegn på at bildet er fra et naturlig habitat.



Bildet under er tatt med som en kuriositet; det er fra 5 meters dyp på stasjon 2 og er hentet fra videokameraet akkurat idet kamera og lyskaster skal passere det tynne men tette laget av utfelt svovel som utgjør skillet mellom død og stagnert sjøvann og overliggende oksygenerte lag av brakkvann/oksygenert sjøvann. Bemerk; det er kameraet som er stillet skjevt; svovellaget ligger eksakt flatt (vannrett i ordets egentlige forstand) i vannsøylen.



Hydrografiske kurver

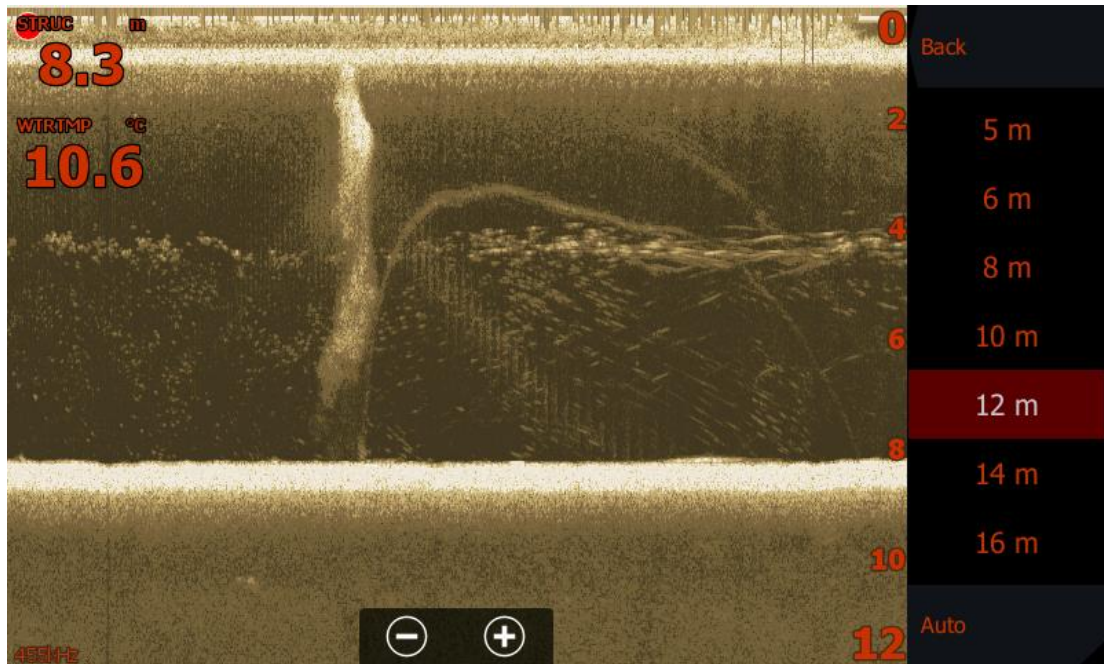


Tolking: Stasjonen er interessant fordi den omfatter en isolert fordybing i Indre Drangsvann og derved kan ha ganske annerledes vannkjemi fra øvrige deler av Drangsvann hva gjelder volumene dypere enn tersklene som avgrenser dette bassenget. På denne stasjonen er det oksygenforhold tilstrekkelig for fiskefauna ned til 5 meter, vesentlig dypere enn for stasjon 2.

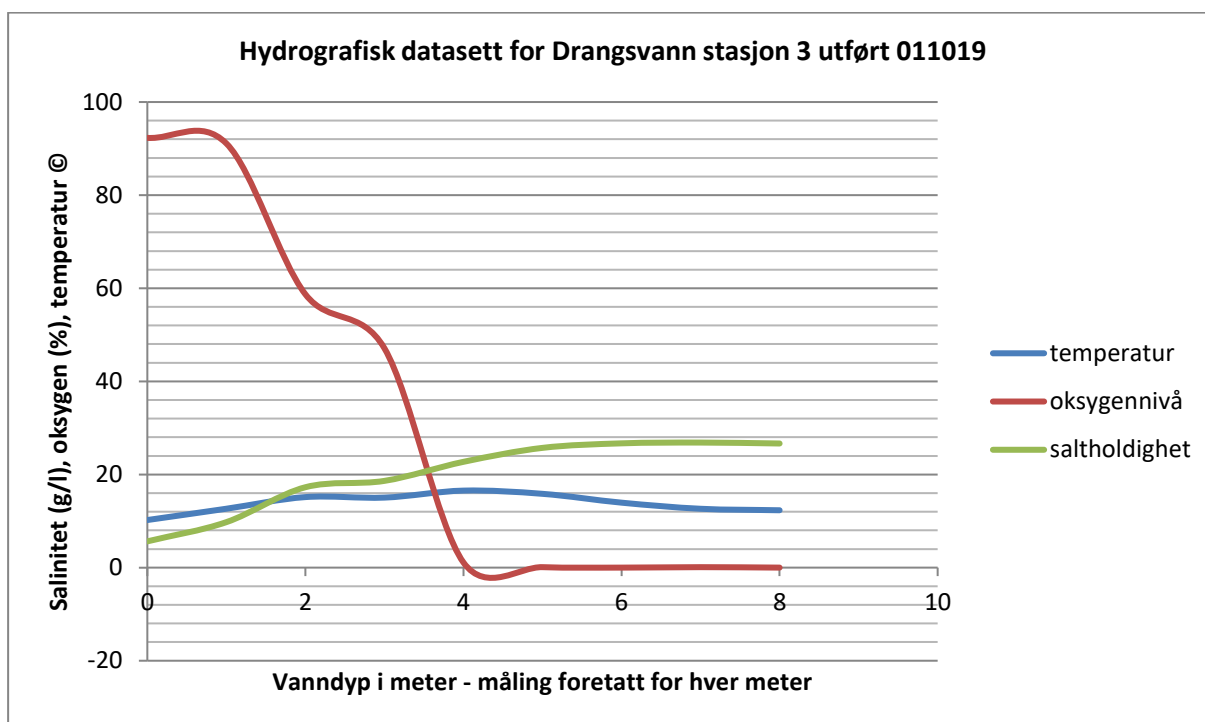
Temperaturkurven er svært jevn, og antyder at vannvolumet kan ha vært omrørt for ikke lenge siden, selv om bunnvannet fra 6-9 meters dyp er oksygenfritt. Dette kan være forårsaket av at oksyngjelden i disse sedimentene er så stor/volatil at oksygenet i dyplaget forbrukes svært raskt. Dette vil imidlertid bare være mulig å avklare ved BOF analyse (Biologisk OksygenForbruk) eller In-situ målinger av oppløst oksygen i dette laget. Slik BOF analyse ble forsøkt på vann fra denne stasjonen, men selv etter omfattende oksygenering av vann fra bunnvannet og seeding av prøven med sediment fra biologisk aktiv sone, var det ikke mulig å få igangsatt mikrobiologisk aktivitet tilstrekkelig til å oppnå målbar BOF. Dette kan være en effekt av at oksygeneringen ikke utgjør noen helhetlig detoxifisering av de tidligere H₂S holdige og derved giftige vannmassene.

Drangsvann 3

Dette er en supplerende stasjon i Indre Drangsvann, og med sammenliknbart dyp som stasjon 2, dvs drøyt 8m. På sonarbildet under fremkommer bunnen som en flat slette som for øvrige stasjoner. Overgangssonen mot stagnant vann ligger noe dypere enn 4 meter men fremstår på bildet som litt uryddig/forstyrret. Årsaken til den kraftige loddrette signalet fra bunn til overflate i venstre del av bildet er ikke klart, men det vil kunne skapes av et plutselig gassutslipp av metan fra sjøbunnen. Metan dannes i store mengder under anoksisk nedbrytning i sedimenter. Nederste bilde (forstørres) viser typisk sedimentbunn på stasjon 3, men pga dominerende mørke må bildet/pdf-siden forstørres for å se sjøbunnstrukturer.



Kurven under sammenfatter de hydrografiske data innhentet med Hydrolab sonden.



Tolking: Denne søylen er fra en stasjon midtveis mellom Drangsvann 1 og 2, men er tatt en dag og derved to tidevannssykluser i tid fra stasjon 1 og 2, så direkte sammenlikning skal gjøres med forsiktighet. Oksygenfallet er raskt og jevnt ned til oksygenfrie forhold ved 4 meters dyp. Det underlige brekket i kurven ved 2-2,5 m er det samme som gjenfinnes ved stasjon 1 med det unntak av at det generelle oksygenivået ved stasjon 1 synes svekket i forhold til ved stasjon 3. Saltholdigheten er høyere enn ved begge de to andre stasjonene i Indre Drangsvann og antyder at stasjon 3 er mer eksponert for utskiftning enn de to andre stasjonene. Dette er i tråd med stasjon 3 sin beliggenhet på en del av innsjøaksen som ligger bedre til rette for både strøm- og vinddrevet utskiftning av dypvann.

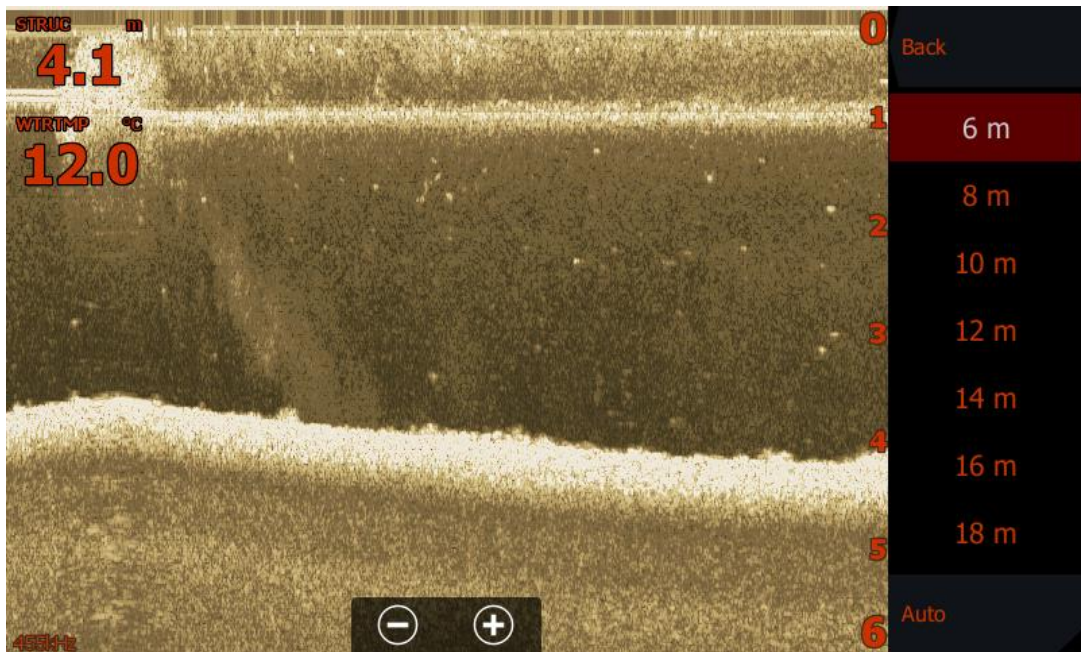
Det jevne fallet i saltholdighet fra ferskvannsdominert overflatelag og til saltholdighet nær 30 promille ved bunnen antyder at saltholdigheten har overraskende begrenset verdi i å stagnere bunnvannet, som på tross av manglende hjelp fra stagnert «ekstra-salt» sjøvann fremstår som typisk oksygenfritt bunnvannslag.

At oksygenkurven allikevel går i null allerede ved 4 meter og viser død sjøbunn ned til 8 meter, kan antyde at død sone etableres ganske raskt etter at bunnvannet får stå urørt – selv om ikke temperatur eller saltinnhold bidrar til å låse vannmassene og derved legge til rette for oksygenvinn.

En rask etablering av død sone vil være en effekt av at de organisme materialene utløser høy mikrobiologisk aktivitet/volatilitet og derved høyt oksygenforbruk = rask etablering av død sone.

Drangsvann 5

Drangsvann 5 er på 4-4,5m dyp og er den ene av to hydrografiske stasjoner fra Ytre Drangsvann. Årsaken til en så grunn hydrografisk stasjon er at sonarundersøkelsene viste at Ytre Drangsvann var fremherskende grunt (største dyp ca 4,5m) hva gjaldt hele østre 2/3 av innsjøen, med noe større dyp (7,5m) i vest nær Snikkedal.. Ut fra dette dekkes Ytre Drangsvann hensiktsmessig av to stasjoner hvorav stasjonen Drangsvann 5 dekker den grunne delen av vannforekomsten. Sonarbildet (under) fra stasjonen viser mer ujevn sjøbunn enn de helt glatte sedimentslettene fra Indre Drangsvann, dette kan skyldes at nedbrytningen på innsjøbunnen i denne stasjonen er tilstrekkelig til å bryte ned sedimentdrysset fortløpende, og derved la bunnkonturer være synlig. På sonarbildet sees også en markert linje ved 1 meter. Dette vil typisk være overgangssonen mellom et øvre ferskvannsdominert lag og underliggende saltre/tyngre lag. UV bildet viser struktur på bunnen men ikke tegn til liv.



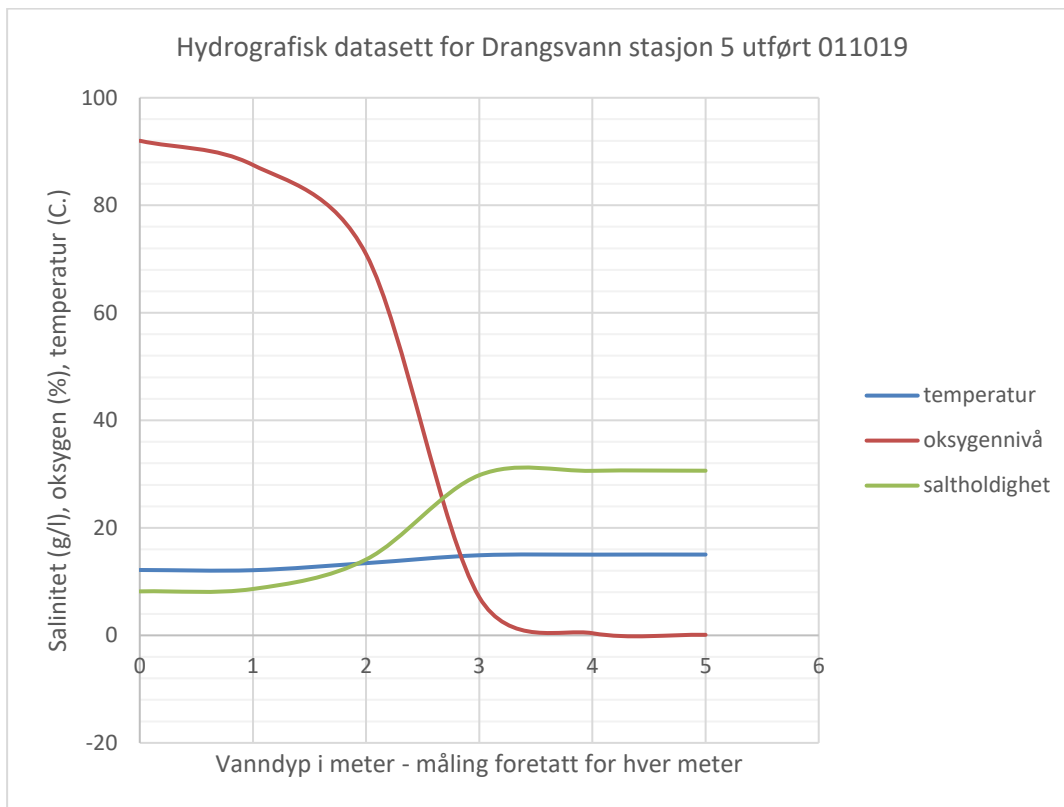
Siden Drangsvann 5 er beliggende nær Indre Rona, vil det være forventet at vannforholdene i denne stasjonen tidvis (under sterkt tidevannsstrøm) kan bli utsatt for omrøring forårsaket av utgående vannstrøm fra Indre Rona.

Det var derfor forventet at bunnen på denne stasjonen kunne fremvise fjordbunn, med alger, synlige spor av skjellrester og annet.

Undervannsoptakene viste imidlertid at også denne stasjonen var dominert av livløs sedimentflate og med bare noe løv og strø som identifiserbare materialer.



Hydrografiske kurver



Tolking: Kurvene viser at stasjonen ferskvannsdominert brakkvann hva gjelder øvre to meter, med overgang til nesten oseaenisk salt vann hva gjelder vanddybde 3-5 meter.

Ut fra stasjonens beliggenhet nær utløpsstrømmen fra Indre Drangsvann var det forventet at denne stasjonen lå til rette for å kunne bli vannutskiftet under kraftig vannutstrømming fra Indre Drangsvann, men den markerte sjiktningen og dødsonen viser at også dette området er utsatt for etablering av stagnert sjøvann som bunnvann.

På kurvene for stasjon 5 er dette særlig godt synlig ved at død sone/oksygenfri sone sammenfaller med en massiv endring i salinitet; dødsonen i Drangsvann 5 består av nesten oseaenisk sjøvann uten oksygen. Ved denne stasjonen fremstår det som om saliniteten bidrar til å forhindre at dødt vann blandes sammen med friskt og oksygenert vann som kan motvirke stagnasjonsprosessen.

Drangsvann 6

Dette er en vestre stasjonen i Ytre Drangsvann og omfatter dypeste området identifisert i denne vannforekomsten. Denne stasjonen ligger så sentralt på strømlinjen fra Ytre Rona at man må anta at kraftig tidevannsstrøm vil bidra til vannutskifting. Sonarbildet viser forholdsvis jevn bunn men med noe strukturer synlig. En noe uryddig sone på ca 1 meter vil være samme sonen som synlig på sonarbildet fra stasjon 5 og bør være overgangen mellom en øvre ferskvannsdominert sone og underliggende sjøvannssone. Undervannsbildet viser jevn bunn og innslag av alger, men plages av uklart vann (pga partikler) fra Timenesbekken.

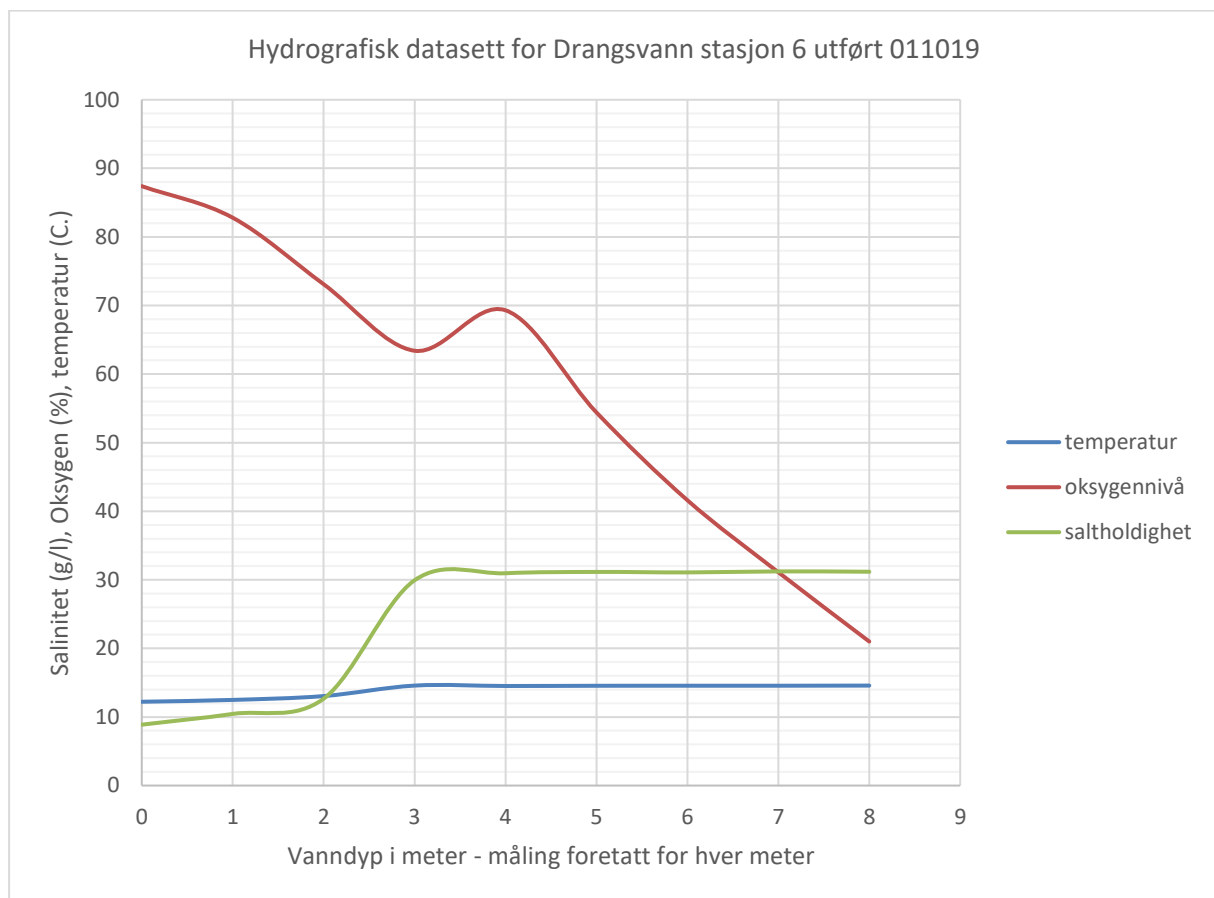


Bildet under er også fra Drangsvann 6 men her er hardbunnen mer iøyenfallende, innslag av grønnalger på mange av steinene. Hardbunnen betyr at denne stasjonen har biologi som holder tritt med organiske pålagringen: På frisk sjøbunn omsettes nedbrytbart materiale fortløpende og bare små mengder uorganisk og tungt nedbrytbart organisk materiale blir avlagret på bunnen. Fortløpende nedbrytning er årsaken til at denne stasjonen viser hardbunn istedenfor å forsvinne under et kontinuerlig dryss av ikke-nedbrutt organisk sediment helt til sjøbunnen er endret til en død sedimentslette, som i Indre Drangsvann.

Se allikevel den massive forskjellen det er på denne stasjonen/stasjon 6 og på stasjon 5 i andre ende av Ytre Drangsvann – og som er i faresonen både i forhold til oksygensvinn og organisk sedimentering.



Hydrografiske kurver for stasjon 6



Tolking: Kurven er svært interessant idet den er fra en stasjon som ligger nær fjordkontakt og bør ha gode forutsetninger for å jevnlig bli omrørt til fordel å beholde gode oksygenforhold helt til bunns. Som fremgår av undervannsbildene er dette også i hovedsak regelen, men oksygenkurven over viser at man allikevel har meget svake oksygenforhold over sjøbunnen.

Årsaken til dette fremkommer meget tydelig av salinitetskurven; ved 3 meter er saltholdigheten tre ganger høyere enn ved 2 meter, og denne endringen gir en forskjell i vekt som bidrar til å motvirke omrøring.

Vanddyppet gjennom Rona er typisk ca 1,5m over bunnen og enda grunnere lenger inne, og dette vil medføre en alminnelig siling av inngående tidevann fra Topdalsfjorden til å bare omfatte overflatelaget, som tidvis er ferskvannsdominert, sjeldnere dominert av oseaenisk vann.

De sjeldnere omgangene med oseaenisk vann betyr at det sjeldnere føres (med tidevannet) inn vannmasser av tetthet tilstrekkelig til naturlig å inngå i utveksling av bunnvannet ved stasjon 6.

4.5 Sedimentprøver

Sedimentprøver er tatt fra de hydrografiske stasjonene og fra gruntvannsområder i Drangsvannene.

- Prøver fra de hydrografiske stasjonene tas med Peterson bunngrabb, gruntvannsprøvene med håndprøvetaker. Prøver beskrives. H₂S innslag noteres.
- En del av prøve undersøkes ubehandlet i stereomikroskop for fauna og faunarester
- Etter innledende undersøkelse i prøve siktes denne for utsortering av faunarester og skjult/gravende fauna. Materialet undersøkes i stereomikroskop for beskrivelse til hovedgrupper og alder ut fra materialets tilstand.
- Fra de hydrografiske stasjonene: Et volum udisponert prøve veies ut i rå/våt tilstand, og tørkes ved 105 °C inntil vekttap opphører. Faktisk tørrvekt = tørrstoffinnhold i % beregnes. Naturlig sjøbunn i god stand/høy biologisk aktivitet har høyt tørrstoffinnhold fordi det er lite organisk materiale der, og uorganisk materiale holder dårlig på vann.
- Tørrstoffprøve veies inn i digel og glødes i muffelovn ved 450 °C i 2 timer for flammefri avbrenning av karbon. Resultatet av dette uttrykkes som gløderest (LOI: Loss On Ignition).

Sedimentprøver fra de hydrografiske stasjonene – generelt + faunarester

Sediment – Drangsvann 1: Sedimentprøve fra Drangsvann 1 omfatter mørkt, svakt granulert og vellingaktig materiale med lite makrorester. Utsikting frembringer ingen spor av faunarester.

Sediment – Drangsvann 2: Sedimentprøven fra stasjon 2 har sterk lukt av H₂S (mer enn prøve 1), og omfatter enkelte plantefragmenter som har ligget på topp av sjøbunn, ellers som prøve 1.

Sediment – Drangsvann 3: Sedimentprøven fra stasjon 3 har sterk lukt av H₂S, omfatter delvis nedbrutt del av ålegrasblad og består ellers av meget homogent, tilsynelatende naturlig granulert organisk materiale +/- 0,5mm. Vurdering av våt prøver viser ikke andre makrospor enn ålegrasblad, men ved utsikting av prøve fremkommer det 8 st sneglehus 3-5mm som fremstår å være av en *Hydrobia* art. Beskrives nærmere for stasjon 2 på gruntvannsprøvene.

Sediment Drangsvann 4: Dette er en ren sonar – fotostasjon; ikke sedimentprøve herfra.

Sediment Drangsvann 5: Sedimentprøven har markert H₂S lukt, enhetlig mørk farge og er nesten flytende. Enkelte ikke-nedbrutte planterester men mest finpartikulært/dynnpreget sediment tilsynelatende mer finkornet enn stasjon 1 – 3 men er i notatene likevel kategorisert som +/- 0.5mm.

Sediment – Drangsvann 6: Sedimentprøve fra stasjon 6 lukter av H₂S om ikke så sterkt som tidligere stasjoner. Noe rester av plantemateriale (mer enn øvrige prøver). Ved utsiktingen fremkommer 9 skallhalvdeler av juvenil hjertemusling +/- 4mm samt 2 halvdeler (potensielt fra samme individ) av hjertemusling ca 10mm. Videre 4 st sneglehus 3-4mm *Hydrobia sp.*

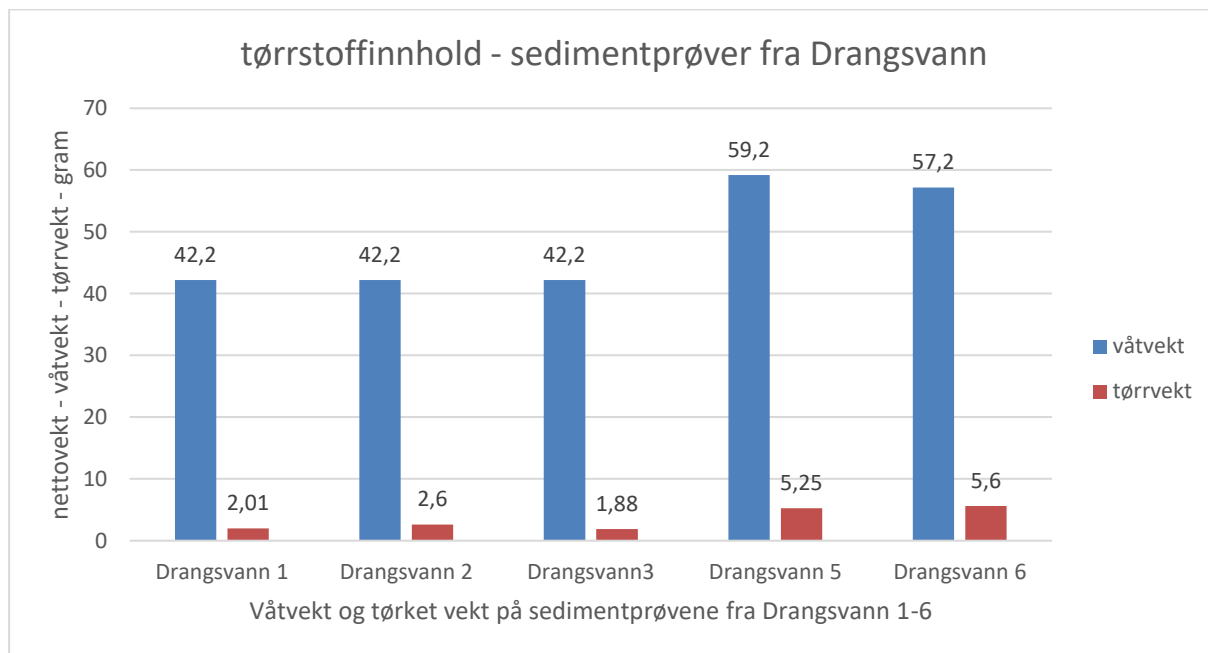
Konklusjoner – sediment: Som ventet ut fra oksygendataene var sedimentene frie for fauna med unntak av stasjon 6, ytterst og – meget overraskende – funn av *hydrobia* –hus ved Drangsvann 3. Mest nærliggende forklaring på sistnevnte er at plantemateriale, eksempelvis en av flytemattene av alger, med snegler som naturlig beitende på algene – har blitt ført ut over dypt vann av vinden eller vannstrøm fra fra Fivannsbekken, og så har sedimentert på dypt vann uten noen gang å ha levd der.

Materialsituasjon - sedimentprøver fra de hydrografiske stasjonene.

Tørrstoff og gløderest i sedimentprøvene fra bunnstasjonene Drangsvann 1 – Drangsvann 6.

Analysene gjøres ved at fersk, våt prøve veies inn og tørkes til permanent vekt ved 105°C.

Søylediagrammet under viser tørrvekt fra de fem stasjonene i Drangsvann.

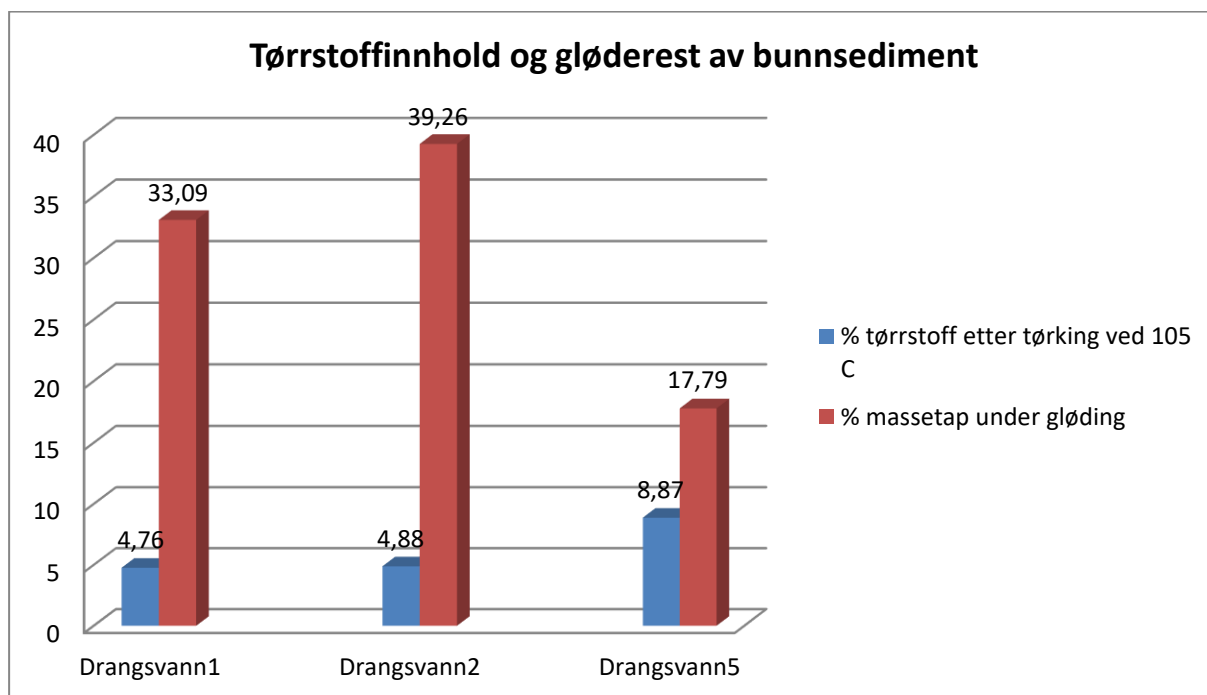


Tolking:

- Tørrstoffinnholdet er generelt lavt på alle stasjoner, og er vesentlig lavere enn fra friske (= oksygenerte) sjøvannsstasjoner fra samme dyp hvor naturlige, prosesser på sjøbunnen er i funksjon.
- Tørrstoffinnholdet fra stasjonene i Ytre Drangsvann er ca dobbelt så høyt som fra stasjonene i Indre Drangsvann. Innbyrdes er prøvene nesten identiske. Dette beskriver at Indre Drangsvann har ganske likeartede pålagring av organisk materiell og samme reduserte nedbrytning av dette materialet. Likheten mellom stasjon 5 og 6 er mer overraskende, idet stasjon 5 tidvis er anoksisk og da vil ha redusert omsetning i sedimentene i forhold til stasjon 6. At stasjon 5 og 6 er for så vidt like kan gi støtte for en vurdering at 5 tidvis er oksygenert og gjenstand for naturlig nedbrytning.
- De særdeles svake tørrstoffverdiene for stasjonene i Indre Drangsvann signaliserer på samme måte at sedimentene ved disse stasjonene påvirkes svært lite av nedbrytning.

Forholdet om kring innholdet av tørrstoff og organisk/uorganisk innhold behandles på neste side.

Analyse på gløderest/LOI (Loss On Ignition) supplerer tørrstoffmålingene ved å avklare hvor stor del av tørrstoffet som er fra organiske kilder, og hvor stor del som er av uorganisk opphav, og skyldes fluks av leire, finstoff og erosjonsprodukter. I en optimalt god naturlig sjøvannsförekomst på grunt vann vil biologisk aktivitet i alle nivåer fra åtseletere via detritusspisere og ned til mikrobiologisk nedbrytning besørge at mengden dødt, nedbrytbart organisk materiale er på nær nullnivå da nær alt organisk materiale befinner seg i organismene. Når overbelastning av dette systemet oppstår, fremkommer dette ved at nedbrytbart organisk materiale tilføres bunnen raskere enn hva nedbryterene kan håndtere i forhold til tilgjengelig oksygentilgang. I et velfungerende naturlig system er derfor gløderesten lav: det eksisterer lite dødt organisk materiale. I en vannforekomst uten tilstrekkelig nedbrytningsaktivitet er gløderesten høyere da sedimentene inneholder mye ikke-nedbrutt materiale. På analysene for stasjonene Drangsvann 1 og 2, begge i Indre Drangsvann, og stasjonen Drangsvann 5 – i Ytre Drangsvann, så ser man at de to stasjonene fra Indre Drangsvann er ganske likeartede i karakteristikken, med svært lavt tørrstoffnivå; under 5%, og høyt massetap under gløding. Til sammenlikning viser stasjonen i Ytre Drangsvann omtrent dobbelt så mye tørrstoffinnhold og halvparten av glødetapet i forhold til stasjonene i Indre Drangsvann. Dette på tross av at stasjon 5 viste seg å ha anoksiske bunnsedimenter og derved sterkt redusert nedbrytning = sammenliknbart med stasjon 1 og 2 i Indre Drangsvann. Her kommer imidlertid skjevheten av å bare ha et øyeblikksbilde i form av én enkelt bunnundersøkelse inn: Da stasjonene ble undersøkt, var bunnvannet på stasjon 5 anoksiske. Men; stasjon 5 er så grunn og ligger så tilgjengelig for vannstrøm og vind at det er sannsynlig at denne periodevis vannutsiftes med friskt sjøvann. Når dette skjer igangsettes umiddelbart nedbrytning under oksygenerte forhold (som i hovedsak er vesentlig raskere enn ren bakteriell nedbrytning under anoksiske forhold) og omsetningen av sedimentert organisk materiale igangsettes. Periodevis effektiv nedbrytning i sedimentene ved stasjonen Drangsvann 5 vil derfor være en rimelig forklaring på de observerte forskjellene mellom denne og de indre stasjonene. Samtidig skal bemerkes at alle de tre stasjonene viser uønskede dårlige nivåer både som tørrstoffnivå og som glødetap.



Sedimentprøver fra gruntvannsområder i Drangsvannene – generelt + fauna

Kartet under viser plassering av de fire områdene hvor sedimentprøver ble tatt. Dette er alle områder med vanddyb på bare 0,3 – 1.0m og hvor sjøbunnen består av sediment av organisk og uorganisk opphav. Ytre/nordre prøver fra område II omfatter bunn med fin sand.

De aktuelle områdene inngår alle i de arealene som sommerstid kan være tilnærmet dekket av algematter. Under innsamlingsperioden tidlig i oktober er disse algemattene tilsynelatende borte, idet de ikke gjenfinnes på overflaten, men betydelig materiemengder av fremdeles levende/grønt algemateriale gjenfinnes imidlertid gjerne under vannflaten, hvilende på bunnen eller delvis oppstående opp fra bunnen, jf foto sist i kapittel 4.3.2.

For trådalgene og *ulva*-arter behøves fotosyntese og oksygenproduksjon for å gi disse tilstrekkelig oppdrift til at de står fritt i vannet eller flyter øverst i vannsøylen i vannoverflaten.



Område I. Meget bløtt organisk dominert sediment med mye trådalger på overflaten. Ikke tegn til levende fauna, og heller ikke synlige makrorester av sneglehus eller skallrester. H₂S lukt fra sedimentene. Denne situasjonen av fluffy organisk sediment dominere dette beskyttede gruntvannsområdet mesteparten av strekningen bort til båt plassene ved Sommerro. Bildet under viser typisk bunn; tilnærmet helhetlig dekket av grønnalger hvorav en del har vært flytematter



Utsortering fra sedimentene ved sikting: Siktingen avslørte at Stasjon I omfattet i alt 15 små sneglehus fra en art og i én størrelsesklasse (4-5mm). Dette ser ut til å være en *Hydrobia* art og kan likne på *Hydrobia ulvae* (havsalsnegl) men da identifisering krever levende individer begrenses her til *hydrobia* sp. Foto til venstre av prøve fra stasjon I

Område II. Denne stasjonen omfatter flere uttak i vaskesone på grunt vann, hvor bølger får anledning til å holde sedimentene i noen grad frie for fluffy organisk sediment og dekke av trådalger, selv om også disse arealene er dekket av flytematter på sommeren. Bildet under er fra arealet helt nord i stasjon II og derved den mest bølgevaskede delen av denne stasjonen. Her finner man siltig sand med topplag av grov sand med gruskorn. Her er det også faunarester i overflaten, men begrenset til bare to arter, hjertemusling, *Cardium edule*, og sandmusling, *Mya arenaria*. Skallrester fra begge arter synlig på bunnen på bildet under, hvor de av sammenhengende "dobbelskall" er hjertemusling, mens sandmusling bare gjenfinnes som deler av skall.

Ved gjennomgang av sedimentene på lab finner man flere levende hjertemuslinger både juvenile (+/- 13mm) og en adult. Utsikting viser videre >10st levende snegl <3mm (ant. *Hydrobia* sp) samt skallrester av sandmusling og hjertemusling tilsvarende som vist på overflatebildet. I tillegg 1 fjæremygglarve (*Chironomidae* sp) og tre submikro krepsdyr (muligen en *Mysis* art) men ikke nærmere bestemt. Sammen med hjertemusling er dette eneste levende evertebrater funnet i disse prøvene.



Område III: dette er et mellomområde mellom I og II idet det omfatter en del hardbunn, men ikke nyter godt av bølgevasking like godt som stasjon II.

Undervannsbilde viser en forstemmende situasjon med nær heldekkende lag av trådalger, selv om man kan ane hardbunn (stein) under algelaget og derved vet at ikke bunnen er skjult under sedimenter.

Mellom steinene lot sediment seg hente opp. Her fulgte sedimentene med marked sterk lukt av H₂S. Noen få hjertemusling synlig i sedimentprøven når trådalgene var renset bort. Ingen annen makrofauna observert. Ved sikting ble 8 st skall 3-5mm av *Hydrobia sp.* vasket frem.



Stasjon IV er i Ytre Drangsvann og på en sedimentslette 0,4m vandyp. Representativ bunn sees under.

Her ute er det ikke antydning til hardbunn, så den store sedimentbukta her i Ytre Drangsvann vil formodentlig utgjøre et homogent miljø som ikke tillater fauna verken anledning til å bevege seg opp eller ned i vannsøylen, heller ikke hardbunn å feste seg i.

Både visuell observasjon, undersøkelse av sedimentprøve før uttak, og sikting av prøven var uten resultat.

På grunn av det store arealet og lite vandyp, vil disse sedimentene/overflaten over dette vannområdet potensielt være utsatt for oksygenvinn vinterstid og under islokket; på vinteren går fotosyntesen (lokal oksygenproduksjon på sjøbunnen) ned til null på grunn av lysmangel, innblanding av oksygen fra luft til vannflate går til null på grunn av islokket, men nedbrytningen (= oksygenforbruk) i sedimentene vedvarer. Over tid vil nedbrytningen kunne forbruke tilnærmet alt tilgjengelig oksygen – og vil ta livet av seg selv og all biologi som krever oksygen. Det som kan motvirke dette, er tidevannstransporten som kan føre inn nytt oksygen til biologien på denne delen av sjøbunnen. Men når tidevannsutskiftningen hemmes av meget lite fritt sjødyb mellom sediment og islokk, vil de delene av sedimentene som er lengst borte fra tidevannskilden være utsatt for å bli ventilert med allerede brukt/oksygensvakt/gammelt sjøvann fra utenforliggende oksygenforbrukende sedimentflater, og oksygenfornyelsen av indre sedimentflater kan bli for lav. Dette er et av temaene som bør følges ved vinterundersøkelse av sedimentområdene.



Stasjon V er i bassenget i Lykkedrange og på ca 0,7m dyp. Bunnsituasjon lik stasjon I og IV så nytt bilde tas ikke med. Markert lukt av H₂S.

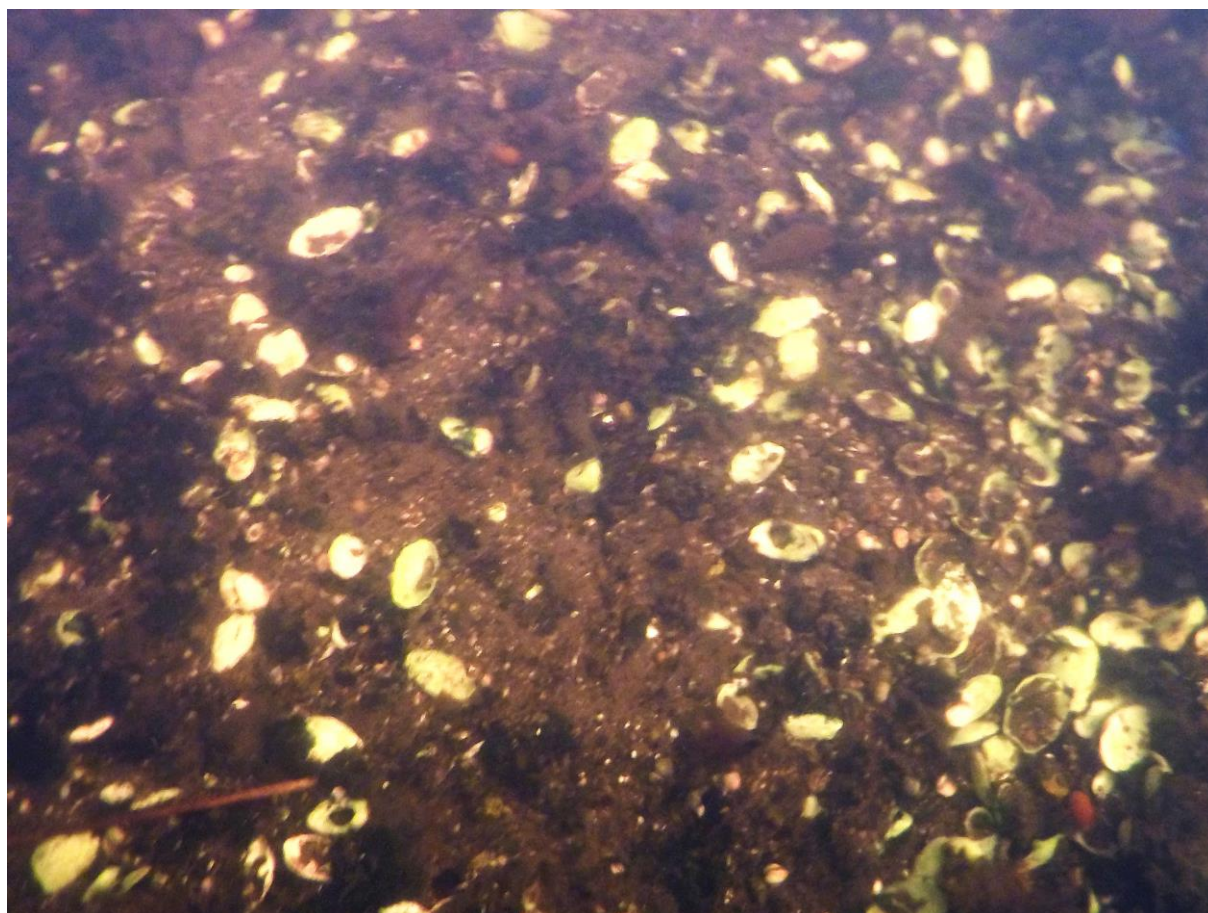
Vurdering av prøve før sikting viser ingen levende fauna, men viser 4 st. dobbelskall av adult hjertemusling, ingen andre makrorester annet enn plantemateriale. Ved utsikting fremkommer 11 st skallhalvdeler av juvenil hjertemusling 4-9mm, samt en levende hjertemusling 10mm og 17st skall av snegl (*Hydrobia sp*) 3-5mm.



Diskusjon – gruntvannsfauna: Det har vært viktig å undersøke de grunne sedimentflatene i Drangsvannene, fordi de utgjør så stor del av de samlede arealene i vannforekomstene. I Indre Drangsvann er området ved stasjon 2 viktig da det er dette området hvor man ville forventet å finne innslag av variert brakvannstolerant fauna. Resultatene viser imidlertid et særdeles utarmet dyreliv. Dette er overraskende svakt og avspeiler at miljøet må være ytterst krevende; Eneste art funnet levende i noe antall er hjertemusling. Dette er et av de mest robuste og tolerante marine bløtdyrene vi har i våre områder, og kan tolerere å oppholde seg i anoksiske sedimenter (skallene blir da sortfargede av svovel) og kan være stengt i flere dager og derved overleve perioder med ugunstige forhold så som tørrlegging, ferskvann eller giftig vann. I Drangsvannene vil omrøring av dypbassengene og innblanding av giftig H₂S utgjøre slike kritiske episoder, som antakelig kan vare flere dager og hvor bare arter som kan rømme eller kan stenge seg ute fra giftig vann vil overleve.

Hevet over tvil er imidlertid de mest faunaegnete områdene i Drangsvannene selve ronene, og da især ytre rona som hyppig veksler mot friskt fjordvann, men også indre rona som har en iøyenfallende og tett bestand av skjell (Jf foto under som er straks innenfor Indre Rona, og som viser mye skjell av sandmusling og noe av blåskjell).

Også i Ytre rona er muslingfaunaen dominert av blåskjell men med en del sandmusling supplerende. I Ytre Rona gjenfinnes imidlertid også en frisk marin fjordfauna med en fiskefauna som varierer gjennom året, flertall residente krepsdyr og en betydelig meiofauna. Dette utgjør imidlertid den alminnelige fjordfaunaen og intet spesiale for Drangsvannene, og gis ikke videre oppmerksomhet.



4.7 Vannanalyser

4.7.1. Vannprøver – Drangsvannene

Vannvolumene i Drangsvannene var – på prøvetidspunktet – grovt regnet av to typer;

- Ferskvannsdominert brakkvannslag i de øverste en til to metrene på alle stasjoner
- Anoksisk eller oksygen svak sjøvannsdominert bunnvann/dypvann fra alle dypereliggende deler av vannforekomstene med unntak av dypvann ved stasjon 6, hvor en viss grad av vannutskiftning helt ned til bunnen har forekommet.
- Mellom de to hovedtypene viser Hydrolab dataene varierende grad av blandingslag både hva det gjelder salinitet, temperatur og oksygen.

Det betyr også at dette mellomliggende laget er av mindre viktighet da det tilsynelatende er i stor grad av variasjon, mens dyplagene åpenbart kan være meget stabile.

Overflatelaget avspeiler i hoveddel av tiden vannmassene i Topdalsfjorden – som via tidevannet blir vekslet ut og inn til Drangsvannbassengene. Dette betyr i sin tur at de sterkt varierende forholdene i overflatelaget i Topdalsfjorden skiftes inn i Drangsvannene. I perioder med flom i Topdalselva/Otra vil vannmassene fra elvene etter hvert gjøre de øverste metrene av vannmassene i fjorden sterkt ferskvannsdominerte, mens perioder med lav vannføring i elvene gjør at vannmassene i fjorden gjennom tidevannsbevegelsene gradvis blandes mer og mer likt med kystvannmassene.

I Drangsvann ble det tatt vannprøver fra samtlige stasjoner, og med prøve fra bunnlag, fra topplag og i tillegg – hvor mer enn 6m dypt – mellomnivåprøve. Vanddyb for prøvene variere med maksimaldyb på de forskjellige stasjonene. Ved prøvetakingen ble vannprøvene umiddelbart analysert for forekomst av H₂S, som ellers forsvinner raskt når vannprøve bringes i kontakt med naturlig luft. Resultatene med hensyn på H₂S gjenfinnes i tabellen under.

På lab ble prøvene analysert for nitrat (begrensende plantenæring i sjøvann), fosfat (begrensende plantenæring i ferskvann) og KOF (Kjemisk OksygenForbruk). Hva gjelder de kjemiske analysene fra død sone gjelder at de høye svovelverdiene og mangel på oksygen gir opphav til forbindelser som vanskeliggjør analysene. Resultatene i tabell på 2-neste side.

Tabellen under sammenfatter målingene av H₂S fra prøvetaking ved de hydrografiske stasjonene. Maksimaldyb begrenser måledypet på enkelte stasjoner, da er faktisk måledyp satt i parentes. Måling med dette feltutstyret har maksimalgrense 5 mg/L H₂S.

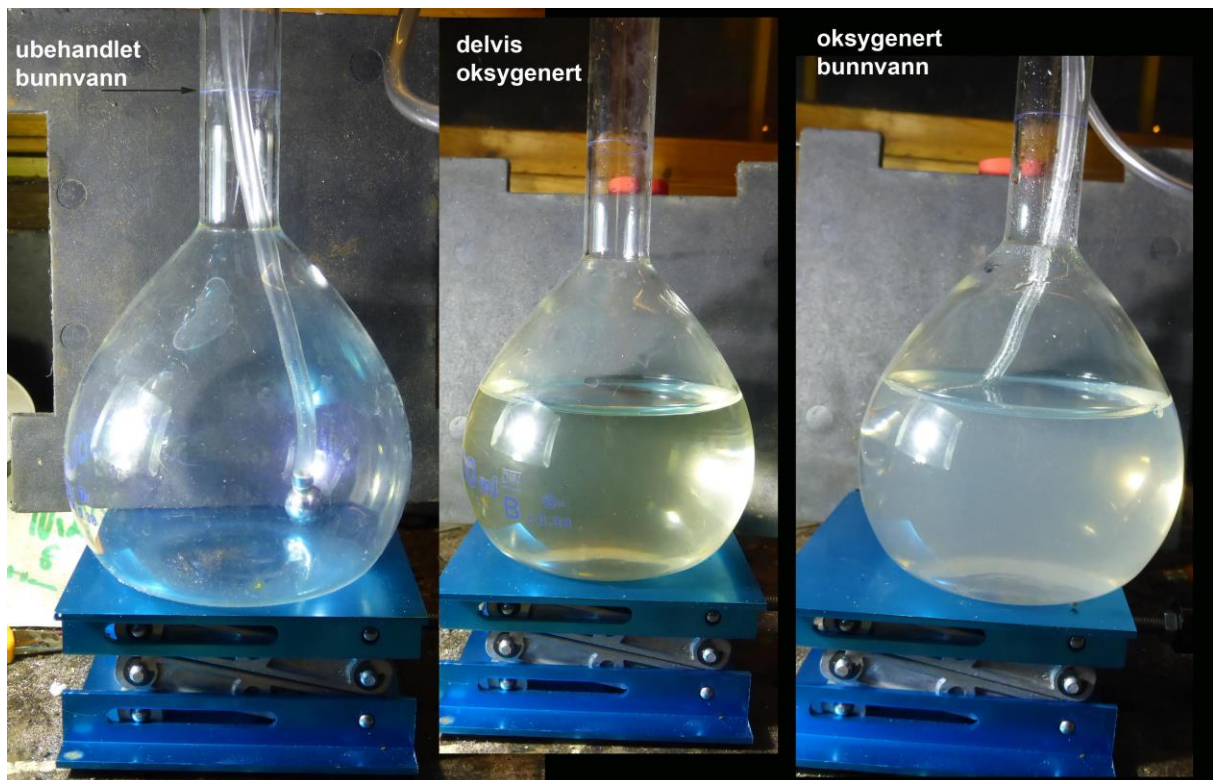
Stasjon	Dyp >	9m	8m/(7m)	5m/(4m)	2m
drangsvann1		>1.0mg/L	-	0.9mg/L	0
drangsvann 2		-	>5mg/L	5mg/L	0
drangsvann 3		-	1mg/L (7m)	1mg/L	0
drangsvann 5		-	-	0.5mg/L (4m)	0
drangsvann 6		-	0mg/L (7m)	0mg/L	0

Bildet under er satt sammen av tre foto fra kolbe med vann fra stasjon 2 og 6 meters dyp, dvs fra død sone.

Når dette vannet bringes opp er det sterkt luktende av H_2S fra avdampingen.

Dersom dette vannet nå oksygeneres så omdannes H_2S til svovelforbindelser og vann, hvor svovelforbindelsene felles ut som hvitt partikulært materiale som fremkommer i bildet under til høyre.

Det er samme materiale som i de naturlige vannforekomstene oppkonsentreres i et tett, hvitt lag i overgangen mellom død og levende/oksygenert sone et stykke ned i vannmassene, jf foto fra stasjon Drangsvann 2 på side 36.



Ps: innledningsvis var kolbe helt full for å forhindre tidlig felling (sort pil mot kolbehals på venstre foto viser vannivå) men vannivå ble redusert før bobling, derfor er vannlinje avvikende fra foto 1 vs 2 og 3.

Tabellen under sammenfatter vannkjemi data fra de hydrografiske stasjonene.

	fargetall	turbiditet	Fosfat	nitrat	KOF
	mg/Pt/L	NTU	mg/L	mg/L	Mg/L
drangsvann1 9m	65	8.6	0.57		
Drangsvann1 5m	80	28.6	0.02		
drangsvann1 2m	25	1.1	0		
drangsvann2 8m	35	6.7	1.15	1.64	
drangsvann2 5m	15	2.67	0.116	1.46	18
drangsvann2 2m	30	0.84	0.15	1.08	3
drangsvann3 3m	5	0.3	0.19	0.92	
drangsvann3 5m	45	13.1	0.14	2.62	
drangsvann3 7m	75	13.4	0.34	1.93	
drangsvann5 2m	40	1.1	0	1.8	
drangsvann5 4m	5	3.2	0.05	1.88	
drangsvann6 3m	0	0.2	0.2		
drangsvann6 5m	1	0.1	1.26		
drangsvann6 7m	0	0.5	0.24		

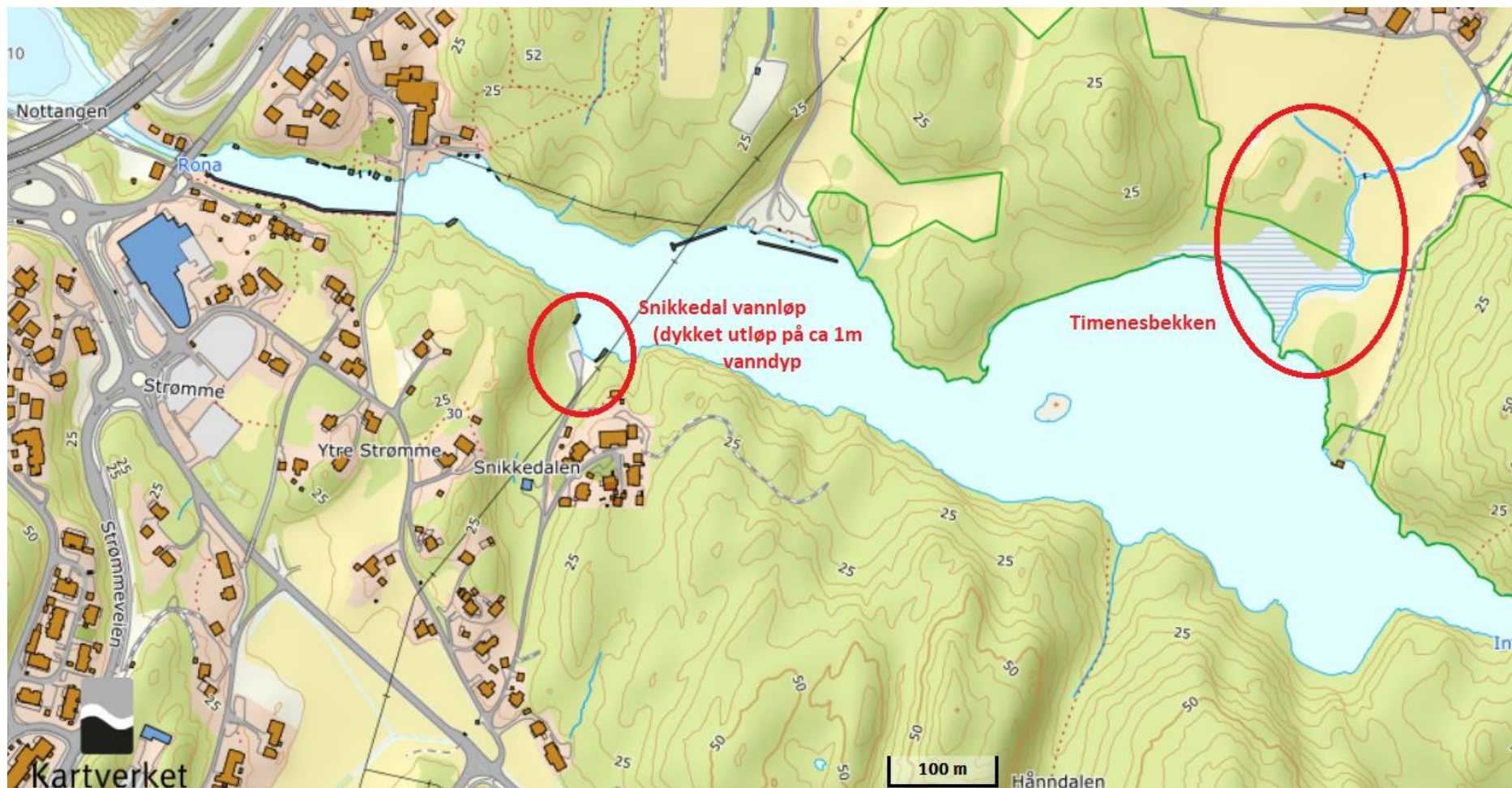
Tolking: Vannkjemi Drangsvannene: Undersøkelsene viste at dyplagene var oksygenfrie og med toksiske innhold av H₂S i vannmassene. Interessant nok gir imidlertid nivået av H₂S indikasjoner på hvor lenge stagnert situasjon har vedvart, og dette sees ved at stasjon 2 har vesentlige høyere verdier av H₂S – opp til systemmaksimum – i forhold til stasjon 1 og 3. Dette støtter en vurdering av at dypbassenget stasjon 2 tilhører ligger særlig godt beskyttet mot omrøring og utskiftning av vannmassene.

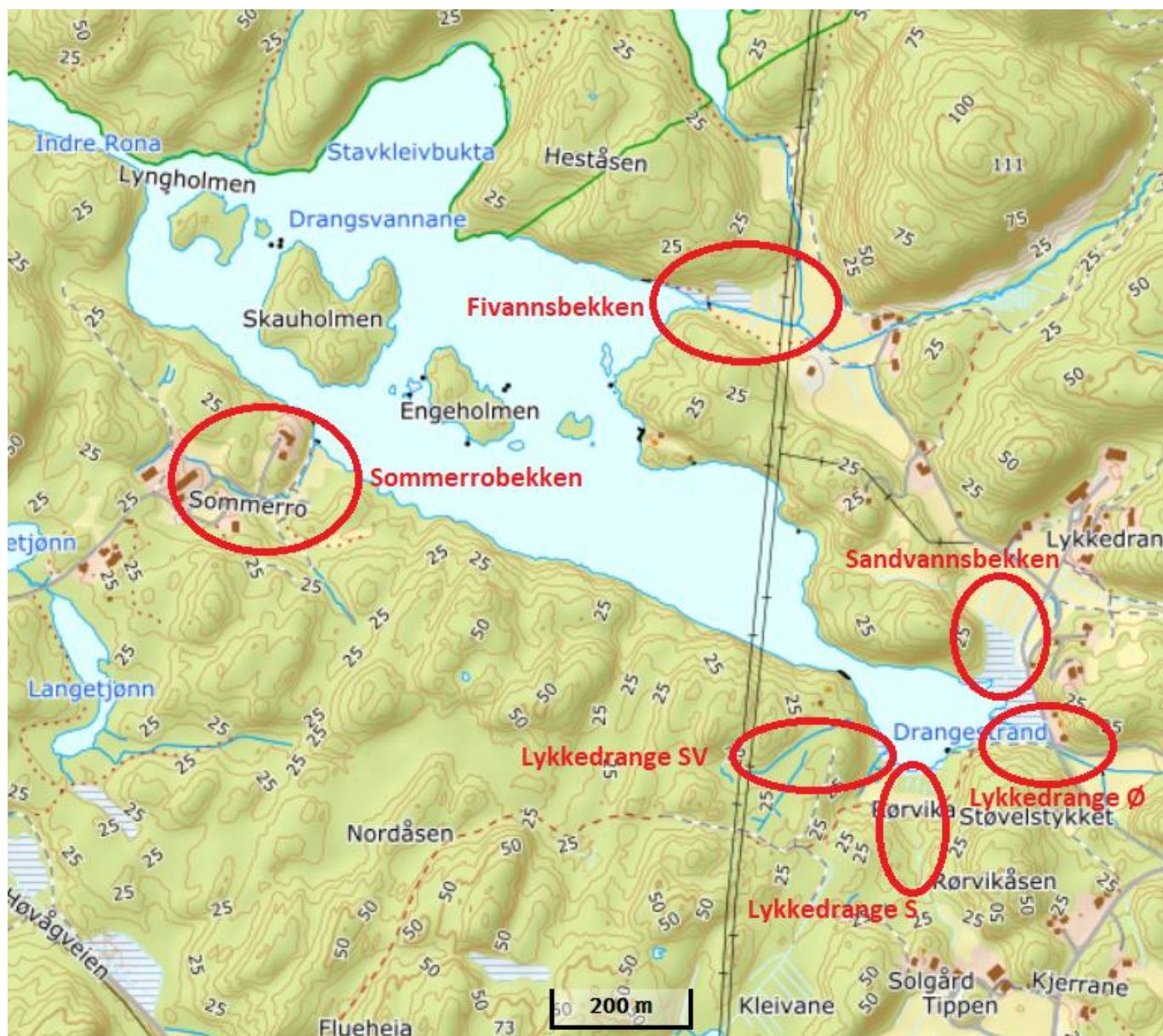
De høye turbiditetsverdiene ved overgangssonen mot svovellaget/død sone skyldes utfelt svovel og forteller at situasjon må ha eksistert en tid for å få utfelling av partikulært materiale. Disse partiklene svever i laget mellom tyngre og oksygenfritt bunnvann, og lettere topplag.

Fosfatverdiene avspeiler at fosfat er ønsket og ettertraktet plantenæringsstoff; tross av at prøvene ble tatt månedsskiftet september-oktober vesentlig etter mest aktive vekstsesongen, så er fosfatverdiene i topplaget/2m typisk lave, vesentlig høyere i de dypere lagene og anoksiske lagene fra 5m og nedover bunnlaget. Det betyr at innblanding av bunnvann vil bringe fosfat tilgjengelig for plantelivet i øvre vannlag. Nitratverdiene er noe mer vanskelig å tolke, især at det er for så vidt liten forskjell på nitrat fra 2m (oksygenert) og 4m (anoksiske) sone ved stasjon 5, men supplerer en vurdering av at – ved innblanding av stagnert vann til overflatelaget vil betydelige mengder plantenæringsstoff bli tilgjengelig. Dette suppleres av KOF verdiene fra anoksiske sone som er svært høye; I sjøvann er KOF typisk på lavt nivå (1-3 mg O₂/L), verdien på 18 mg/L O₂ ved 5m vanddyp forteller at et betydelig oksygenforbruk vil bli utløst når disse vannmassene blandes inn i oksygenert sone.

4.7.2. Vannprøver – tilførselsbekker

Bekker mot Drangsvannene er prøvetatt og analysert for å beskrive vannkvalitetene som tilføres. På kartene under og på etterfølgende side er vannløpene kartfestet. Timenesbekken er sjøareførende og er en særlig viktig gytebekk for Drangsvannsystemet.





Bekkene mot Indre Drangsvann er av to kategorier

- 1: faktiske vassdragsløp med innsjøer/vann/tjern i vassdragsaksen
- 2: rene overflatevann-løp som drenerer landarealer.

Fivannsbekken og Sandvannsbekken er faktiske vassdrag og de største i vannføring, med innsjøer og tjern som dempende/-fordrøyende elementer.

Øvrige bekker kommer fra overflatefelt og med myr og grunnvannsmagasiner som primær fordrøyning (unntak: Lykkedrange Ø omfatter et lite tjern som vanddemping).

Tre av bekkene; Fivannsbekken, Sandvannsbekken og Lykkedrange Ø er gytebekker for anadrom laksefisk og bidrar til dels betydelig i produksjon av sjøaure i Drangsvannsystemet.

I en normalsituasjon er den tidevannsdrevne vannutskiftningen mellom Drangsvannene og sjø (Topdalsfjorden) vesentlig større enn den vannutskiftning som bekkene mot Drangsvann utgjør. Under sterk og vedvarende nedbør og spissede snøsmeltingsperioder kan imidlertid ferskvannstilførselen til Drangsvannene bli stor og kan kortvarig helt dominere vannutskiftningen. Det hydrologiske regnskapet (jf kapittel om vannutskiftning og tidevannsbevegelser) viser imidlertid at Drangsvannene domineres av tidevann men modifiseres av bekkevann. I denne sammenheng vil bekkevann især kunne ha påvirkning ad negativ vei ved å tilføre uønskede elementer - især da plantenæringsstoffer – til innsjøen og derved bidra til algeoppblomstring og økt nedbrytningsbehov i forhold til naturtilstand. For å tilnærme denne problematikken er alle bekker mot Drangsvann som har permanent-/semipermanent vannføring prøvetatt og analysert for parametre (N, P, KOF) relatert til forurensningsgrad-/næringsinnhold samt generelle parametre som turbiditet og ledningsevne.

Parametre ut fra følgende (*fargekoding ihht klassifiseringsveileder for elver og vanntype RN3*):

- Næringsalter som fosfat og nitrat er næringsstoffer for alger og vannplanter. I ferskvann er normalt fosfat begrensende, i sjøvann er normalt nitrat begrensende. I en særlig vannforekomst som Drangsvannene kan begge elementene ha virkning for stimulert algevekst.
- KOF (Kjemisk OksygenForbruk): Målt i de største bekkene. KOF er et mål på hvor mye organisk materiale bekkene fører med seg, og som kan utgjøre nedbrytbart materiale som kan gi grunnlag for økt oksygenforbruk i vannforekomsten.
- Ledningsevne: Agders naturvassdrag har naturlig lav ledningsevne (< 50 µS/cm), økninger antyder forurensning/næringsalter, gravearbeider eller anleggsvirksomhet.
- Turbiditet: mål for vannets uklarhet som følge av partikler.

	konduktivitet	turbiditet	fosfat mg/L	Nitrat mg/L	KOF
	µS/cm	FTU	Som PO ₄ (som P)	Som NO ₃ (som N)	Lovibond
Lykkedrange SV	54.7	0.74	0	5.14 (1,17)	-
Lykkedrange S	80.5	5.4	0	9.04 (2.05)	-
Lykkedrange Ø	76.9	4.5	0.14 (0,046)	1.2 (0,27)	-
Sandvannsbekken	60.8	1.7	0	0.39 (0,088)	16 mg/L
Fivannsbekken	112.6	1.6	0.08 (0,026)	2.98 (0,68)	17 mg/L
Snikkedalsbekken	227	5.7	0	8.1 (1,8)	-
Timenesbekken	187	13.8	0	4.47 (1,02)	14 mg/L
Sommerrobekken	58.4	2.9	0.21 (0,068)	1.66 (0,38)	

Tolking: Overraskende mange av bekkene viser svært høye nitratverdier. For Snikkedalsbekken, som mottar vann fra anleggsområder ved Høvågveien, er det overveiende sannsynlig at sprengstoffrester er årsaken. Muligens har også Lykkedrange S og SV kilder så langt SV at anleggsvirksomhet sør for Drangsvann kan påvirke. For Timenesbekken vil sprengning av dårlig/sprekkrikt fjell ved Lauvåsen (pågått hele 2019) medføre utvasking av uavsatt sprengstoff til bekk med nitratøkning som resultat. For Fivannsbekken er årsak uklar, men det er rimelig å anta at kildene er i Næringsparkens areal.

Fosfatverdiene er sterkt forhøyet for Sommerrobekken og Lykkedrange Ø, noe som for Lykkedrange Ø kanskje kan knyttes til landbruksrelatert areal. For Sommerrobekken kan også etablering av parkmessig grøntanlegg ved Drangsvann og bruk av masser og gjødsel for rask vegetering være årsaken til midlertidig forhøyede fosfatverdier.

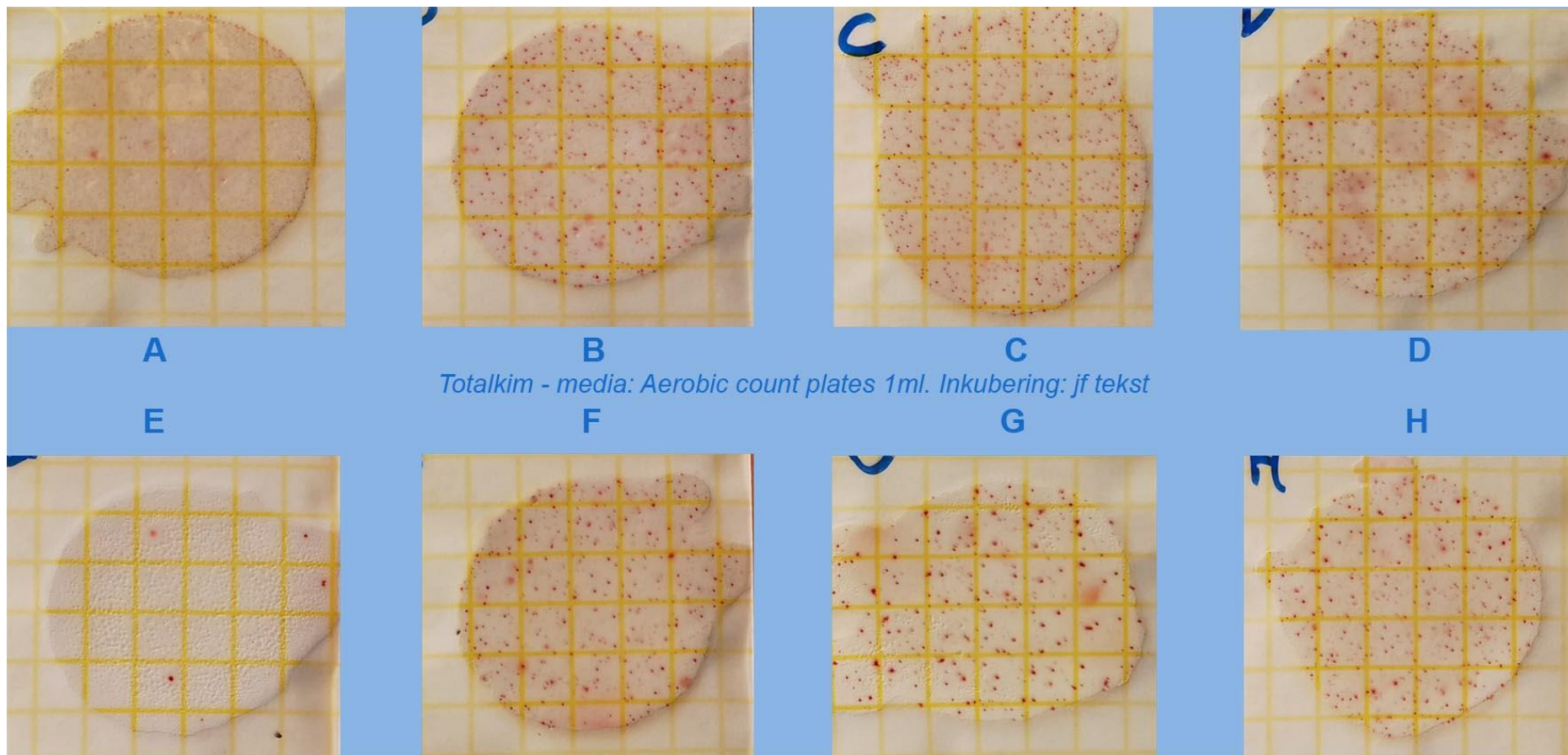
Turbiditetsverdiene for Timenesbekken er dessverre helt som forventet; bekkene preges av stor partikkeltransport og påvirker under nedbørsperioder hele Ytre Drangsvann ved misfarging.

Helhetlig sett er det nitrat fra Timenesbekken, Fivannsbekken (uventet) og Snikkedalsbekken som bør gi oppmerksomhet da den samlede store vannføringen fra disse betyr at effekten kan være betydelig dersom nitrat er begrensende for vannvegetasjonen i Drangsvannene. Fivannsbekken er her viktigst på grunn av stor vannføring, at kilder er ukjente og at bekkene også har høyt fosfatnivå.

Bekkeprøver – bakterier og totalkim

Som del av undersøkelsen av vannkvaliteten på tilførselene til Drangsvann er det foretatt en enkel screening av vannet på totalkim (denne siden) og koliforme bakterier (neste side), basert på 1ml prøve og inkubering 48h ihht. standard (30°C for totalkim, 32°C for koliforme bakterier).

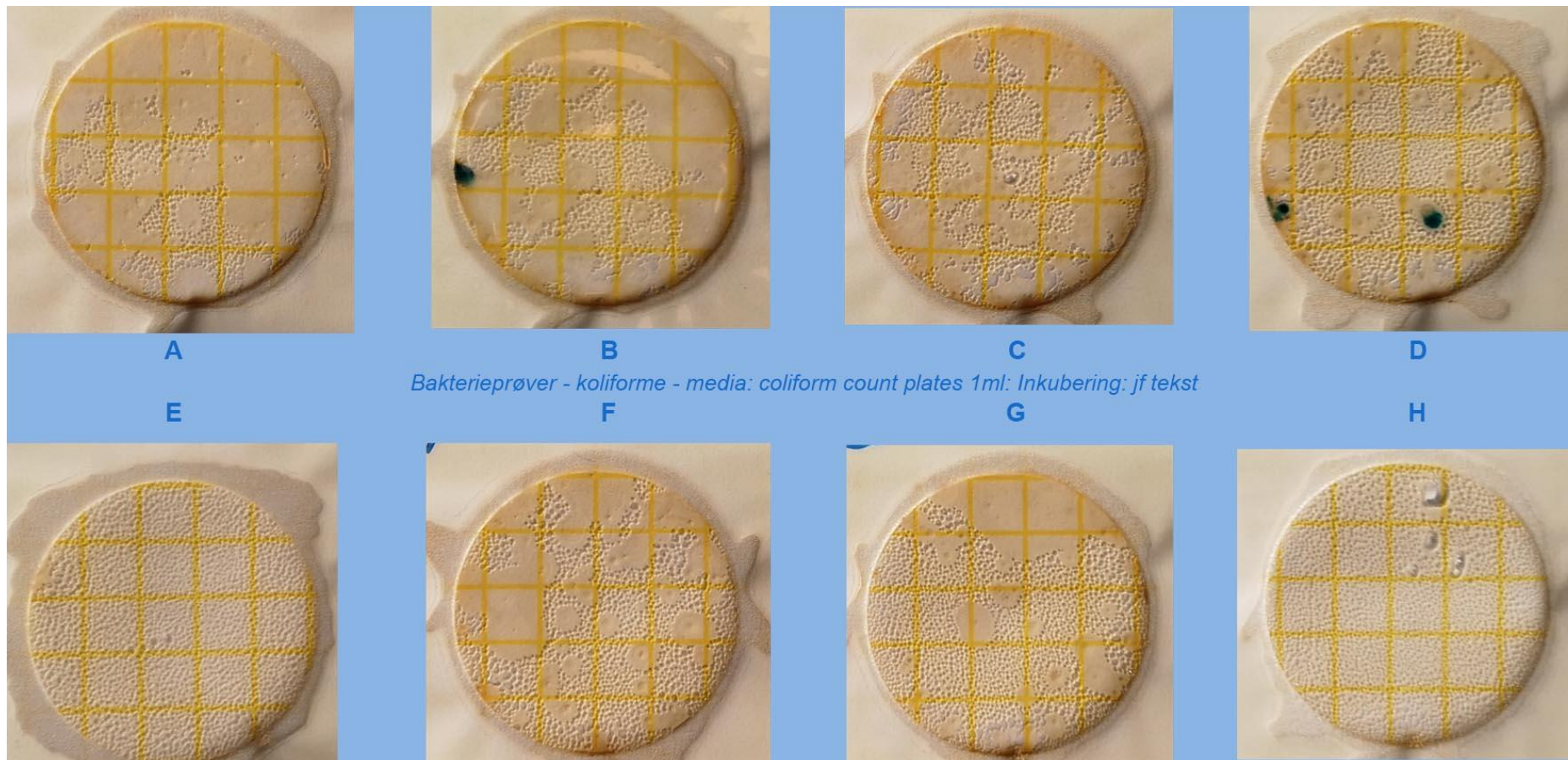
A: Snikkedalsbekken, B: Sommerrobekken, C: Lykkedrange SV, D: Lykkedrange S, E: Lykkedrange Ø, F: Sandvannsbekken, G: Fivannsbekken, H: Timenesbekken.



Tolking: Alle naturvassdrag vil inneholde et minimum av totalkim (sum av sporer og bakterier), men her viser prøve B og D svært mange kolonier. For Sommerro bekken kan dette evt skyldes det vekstmedium som er benyttet i parkanlegg, men nye prøver bør tas til våren for utsjekk.

Petriplatene under er for koliforme bakterier.

A: Snikkedalsbekken, B: Sommerrobekken, C: Lykkedrange SV, D: Lykkedrange S, E: Lykkedrange Ø, F: Sandvannsbekken, G: Fivannsbekken, H: Timenesbekken.



Tolking: De koliforme testplatene skal være uten spor av kolonier om vannkvalitet er god. Kolonier på D; Lykkedrange S er uventet og det er ikke kilder i dette området som skal kunne forklare innslag av fekale bakterier. Bør testes på ny, B: Sommerrobekken; her kan innslag av husdyr være forventet kilde til positiv prøve. Bør prøvetas på vår/forsommer før Drangsvann tas i bruk til aktiviteter og evt bading.

4.8 Tidevannsbevegelser

For å få bedre grunnlag til å vurdere vannutskiftningen ble det plassert ut tre trykksensorer med Fourier dataloggere i hhv sjø (Ronsbukta) Ytre Drangsvann og Indre Drangsvann gjennom to tidevannssyklus (to høyvann, to lavvann) for å se om Ronene virket modifierende på vannstrømmen, jf neste side for kurver. Registreringene hviler på visse variabler hhv. faste forutsetninger slik:

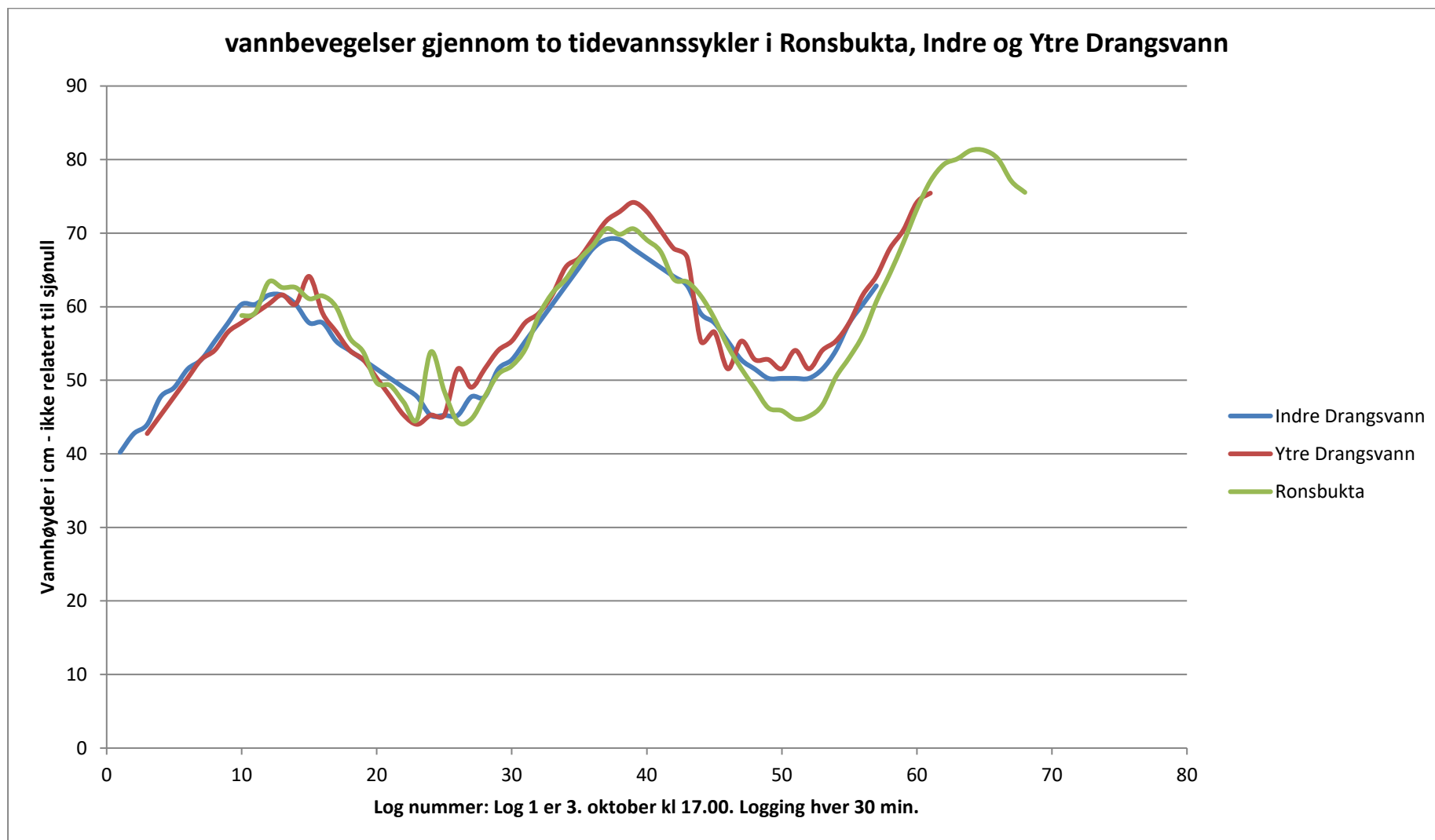
- Vannene og arealene rundt Drangsvannene var relativt vannrik på grunn av en god del regn 27-29 september, og dette ble komplettert med 26mm nedbør 3 oktober (frem til 07.00 den 4. Oktober) noe som vil ha gitt en del vannstrøm til Drangsvannene men ingen grad av flom, men en normal til noe vannrik normalsituasjon for årstiden.
- Naturlig tidevannsbevegelse i Kristiansandsområdet er beregnet ut fra Helgeroa hovedhavn og med en reduserende korreksjonsfaktor på 0.82. Ut fra dette er forskjellen mellom middelvannstand flo og middelvannstand fjære 18 cm. Dette øker til 23cm for forskjell i vannstand ved spring flo og spring fjære. Som fremgår av kurvene er vannbevegelsene en god del større enn dette, med største vannbevegelse i Ronsbukta på nær 40 cm (20 opp, 20 ned). Dette er helt alminnelig her ved Kristiansand – som befinner seg nær tidevannnull - og skyldes at tidevann samvirker med til enhver tid forekommende lavtrykk/høytrykk så vel som vind (pålandsvind gir økt vannhøyde, fralandsvind/nordlig vind gir redusert vannhøyde)

Tidevannsutskiftning av normaltidevann 20 cm til de to vannforekomstene beregnes slik:

Indre Drangsvann er 0,334 km² i areal. Ytre Drangsvann er ikke arealfastsatt men er i areal nær ½ av Indre Drangsvann og kan sjablongmessig fastsettes til 0,16 km². Til sammen 0,5 km² vannareal. Ved så lite vannbevegelse som 20 cm kan man regne med loddrette sider i bassengene og tidevannsutskiftningen vil utgjøre 100.000m³ vann som skal ut og inn gjennom Ytre Rona, hvorav 67.000m³ også skal passere Indre Rona dersom full utskiftning skal kunne oppnås. Som fremgår av tidevannsmålingene på neste side, så skifter tidevannsretningen fra inn til ut på meget kort tid, og man kan derfor sjablongmessig regne med at hver tidevannsbevegelse omfatter 5 timer med utstrømming eller innstrømming. For Ytre Rona betyr dette at 100.000 m³ vann skal føres ut gjennom Rona på 5 timer, altså 20.000m³ pr time og derved 5,5 m³/sek. Dette er høyst respektabel vannføring og sammenliknbart med hva et vassdrag som eksempelvis Søgneelva har som normalvannføring. For Indre Rona er det samme tallet 3,7 m³/sek.

Som fremgår på tidevannsmålingene oppnås en utskiftning vesentlig større enn normaltidevannet på 20 cm for de tre stasjonene, selv om man ser tegn til at Ronsbukta viser større utslag (har lavere lavvannsnivå) enn stasjonene innenfor Ronene (dvs ronene gir noe bremsing på utskiftningen). Denne forskjellen mellom Drangsvannene og sjø vil bli vesentlig mer uttalt ved økende tidevannsamplitude og vil bli forstyrret ved sterk ferskvannsutstrømming fra Drangsvannene. Dette fordi uttransportering av ferskvann beslaglegger en del kapasitet som ellers brukes til tidevannstransporten. Det er allikevel fjordvannet som styrer de store og hyppige endringene fra ferskvannsdominert til sjøvannsdominerte vannmasser i Drangsvannene, og derved skaper det fysiologisk krevende miljøet som innledningsvis modifierer faunaen. Tidevannsutskiftningen mellom Drangsvannene og Topdalsfjorden vil imidlertid sterkt motvirke virkning av lokal forurensning i overflatevannmassene i Drangsvannene, og det er her verd å merke seg at samlet normalvannføring fra alle bekkene inn til Drangsvann er på 4100m³ pr tidevannssyklus av 6 timer. På samme tid har tidevannet byttet ut ikke mindre enn 100.000m³ av vannmassene i Drangsvann mot fjordvann. Derfor kan lokale utslipp bare tillegges helt lokal virkning i begroing o.a hva gjelder Drangsvannene.

Kurve over tidevannsbevegelsene ved de tre stasjonene. Spikes på log nr 23 – Ronsbukta vil være pga. bølger fra båt under loggingen.



5. Diskusjon - momenter

Undersøkelsene presentert i dette dokumentet hviler i stor grad på det øyeblikksbildet som de hydrografiske undersøkelsene og i noen grad sediment- og kjemiske undersøkelser har bidratt til. Vannforekomstene var på denne tiden i dårlig tilstand især hva oksygensituasjon angår, men det er dessverre rimelig grunn til å anta at dette utgjør en egnet beskrivelse av de skader og de utfordringer som plager denne vannforekomsten.

Sammenfatting av historikk, målinger, observasjoner og vurderinger kan gjøres som følger

- Ut fra behovet for farbarhet med båt ble utløpsområdet for Ytre Drangsvann, muligens også Indre Drangsvann, gjenstand for opprensning fra tidlig på 1700-tallet, muligens før. Overveiende sannsynlig var opprensningen begrenset til datidens båter (sjekter) for lokaltransport, og man må anta at opprensningen vil ha vært en ganske smal og grunn (båtene stakk typisk 0,4m, bredde < 2m) noe som vil ha hindret at mer enn en liten del av tidevannsbølgen fikk anledning til å føres inn i Ytre Drangsvann før tidevannet snudde. Dette vil igjen vesentlig ha redusert tidevannspåvirkningen mot Indre Drangsvann. På denne tiden vil derfor Ytre Drangsvann ha hatt liten men hyppig sjøvannspåvirkning mens Indre Drangsvann kan ha vært en i hovedsak fungerende innsjø, men potensielt meromiktisk.
- Kanaliseringen utført 1880 endret vesentlig bildet ved at begge Drangsvannene helhetlig ble koblet til tidevannsbevegelsene, og fra denne tid har vannmassene i Topdalsfjorden vært bestemmende for vanntypen i begge Drangsvannene med unntak for lange perioder med stor avrenning fra lokalfeltene, hvor ferskvannsutstrømmingen midlertidig kan modifisere.
- Topdalsfjorden viser vesentlig variasjon i saltholdighet som følge av ferskvannstilførselen fra Topdalselva og Otra (via inngående tidevann). Periodevis, og typisk sammenfallende med nedbør/flom og derved forhøyet ferskvannstilførsel også internt i Drangsvannsystemet, så vil Drangsvannene bli dominert av ferskvann både fra tidevannssiden og de lokale tilsig. De lokale tilsigene vil forlenge ferskvannperioden i forhold til andre bukter og vannområder mot Topdalsfjorden. Lange ferskvannperioder vil utgjøre beskrankninger på hvilken fauna og algeflora som kan klare seg i Drangsvannene. For Indre Drangsvann vil dette være ytterligere forsterket ved at de dypere og saltere vannlagene – som kunne vært refugium for marin fauna gjennom ferskvannsepisoder - kan være oksygenfrie og utilgjengelige for faunaen.
- Makrofaunaen i Indre Drangsvann fremstår å bestå av noen få arter særlig tolerante bivalvier, og ellers noen få arter opertunister med kort livssyklus (brakkvannstolerant snegl, *chironomider* og en art krepsdyr, muligens en *mysis*) samt fire fiskearter; sjøaure, skrubbe-flyndre, trepigget stingsild samt ål, som alle kan tolerere hele spekteret fra oseanisk vann til ferskvann og derved skiftene som vil tvinge andre arter ut fra Indre Drangsvann.
- Det særdeles svake innslaget av sessil makrofauna annet enn bivalvier signaliserer at også overflatelaget i Indre Drangsvann (muligens også østre del av Ytre Drangsvann) periodevis kan bli uevelig, potensielt toksisk. Dette kan oppstå **a**: som følge av oksygenvinn under isdekket, eller **b**: som følge av at oksygenfritt og direkte giftig H₂S holdig vann blandes inn i overflatelaget.
- Utdøing som følge av oksygenvinn under isdekke vil være begrenset til de grunne områdene (< 0,5m) i Indre Drangsvann samt de grunne områdene nord i Ytre Drangsvann; i de dypere områdene vil tidevannstransporten bidra til innrøring av oksygenert vann fra fjorden. Ved full islegging av Topdalsfjorden (skjer år om annet) kan potensielt dette forverres.

- Utdøings om følge av innblanding av H₂S holdig, oksygenfritt vann til overflatelaget kan potensielt virke på meget kort tid og vil ikke bare være knyttet til grunnere områder.
- På grunn av kanalenes (ronenes) store tverrsnitt er tidevannsutskiftningen komplett i perioder med normal tidvannsforskjell. Det betyr at det typisk fraktes inn 200.000m³ vann fra Topdalsfjorden og inn til Drangsvannene hvert døgn. Dette betyr samtidig at det er vannkvaliteten i Topdalsfjorden som er bestemmende for vannkvaliteten i de åpne delene av Drangsvannene hva gjelder næringsalter.
- Sommerstid (mai – august) opptrer masseforekomst av trådalger av flere arter i begge drangsvannene. Artene er primært *Cladophora* og *Ulva* arter, grupper som inkluderer grønnalge og tarmgrønne. Algeforekomstene er mattedannende og kan ved stor utstrekning ha partiell dekning over 40% av Drangsvannens overflate, men kan variere betydelig (fordobling) mellom etterfølgende år (Gitmark 2006).
- Algemattene og mudderbankene disse produserer er den største enkeltfaktor som reduserer vannforekomstens verdi for rekreasjon og potensielt for biologisk mangfold, med betydelig negativ virkning på bruk av vannområdene på friluftsliv.
- Masseforekomst av alger har eksistert gjennom minst 65 år (flybilder). Årsaken til masseforekomstene er ikke avklart.
- På grunn av den store og daglige vannutskiftningen mot Topdalsfjorden vil forurensninger til de frie vannmassene i Drangsvannene fortløpende fortynnes og veksles mot lite forurenset fjordvann. Ut fra dette er det ikke rimelig at lokal forurensning til vann/eutrofiering er direkte årsak til algemattene/algeoppblomstringen.
- Algemattene vokser til størst tetthet over de grunne områdene i Drangsvannene – og synker til bunns i disse områdene sent i vekstsesongen.
- Algemattene er fraværende i gruntvannsområdene utenfor Fivannsbekken, som er det eneste gruntvannsområdet som domineres av uorganisk istedenfor organisk sediment.
- Registreringene på forurensningstilførsler til Drangsvannene forklarer ikke algemattene, men vil kunne forklare lokale virkninger især på avgrensede vannområder og tidsperioder.
- Sedimentlagene som utgjør basis for algeområdene og suppleres av årlig nedfall av alger fremstår som potensiell kilde til den betydelig næringstilgang som behøves for å initiere massiv algevekst på kort tid.

6. Uavklarte forhold - forslag til undersøkelser

De her gjennomførte undersøkelsene gir noen svar og ledetråder, men fremdyrker i minst like stor grad nye spørsmål.

Tre særlige forhold bør adresseres, og hvor spørsmålene kan formuleres som følger:

1. Flytemattene av alger kan synes å være tett knyttet til grunnere områder med organisk sediment. Dette kan enten være fordi sedimentområdene gir egnet næringsgrunnlag og/eller at sedimentområdene beholder/inneholder kimer til algene for umiddelbar vekst når isgang tillater dette. Prøvetaking under isen og ved vekststart vil bidra til å belyse hhv. avklare dette.
2. Faunaen er så svak – også i de beste delene av gruntvannsområdene i Indre Drangsvann – at det er grunn til å anta at situasjon med oksygenvinn under isen og/eller innrøring av giftig, anoksisk sjøvann til overflatelagene, gir utdøing av fauna med relativt kort mellomrom. Dette kan skyldes en så enkel mekanisme som at innpressing av sjøvann fra fjorden, først kan skape omrøring i dødt bunnvann når sjøvannet har blitt kaldere enn vannet i dypbassengene i Drangsvannene. Dette vil typisk skje når fjordtemperaturen er på sitt laveste og Drangsvannene ligger under islokk. Om dette er mekanismen, vil slik innblanding av bunnvann til overflatelaget være en årlig/syklisk affære og må problemhåndteres deretter. Logging av temperatur og oksygen i inngående tidevann + berørte forekomster i nordre sedimentbukt i Ytre Drangsvann og i søndre sedimentflate i Indre Drangsvann kan avklare dette.
3. Siden Drangsvannene har god tidevannsutsiftning mot fjorden, domineres begge bassengene – men i høyest grad Ytre Drangsvann – av fjordvann. Ut fra dette burde Drangsvannene ikke ha større masseoppslag av mattedannende grønnalger enn sammenliknbare (vandedyp/substrat) gruntvannsområder i andre deler av Topdalsfjorden og som ventileres mot samme fjordvannet. Det store og vel beskyttede gruntvannsbassenget ved Justvik er her naturlig sammenlikningsgrunnlag, men omfatter friske og verdifulle ålegrasenger istedenfor flytematter av trådalger. Når forskjellen mellom vannområdene allikevel er så stor, er det rimelig å forfølge et av de markerte avvikene mellom disse vannforekomstene - at gruntvanns-områdene i Drangsvannene veksler med oksygenfrie og giftige dypvannsmasser, mens gruntvanns-områdene ved Justvik veksler med oksygenerte sjøvannsbassenger. Kan en mulig årsak til forskjellene her være knyttet til hvorvidt mekanismen nevnt i punkt 2 – over – er virksom? Dersom det periodevis røres inn toksisk/H₂S holdig bunnvann i overflatelagene, så vil dette også ha potensiale til å drepe de flerårige algene i berørt lag; H₂S er også toksisk for planter. Slik periodevis utrydding av konkurrerende arter vil ganske klart favorisere hurtigvoksende opertunister som trådalger på bekostning av flereårige/mangeårige *fucus*-arter og saktevoksende former av grønnalger og karplanter (ålegras). Tilnærming til disse spørsmålene er ikke avklart enda.

7. Innledende betraktninger om avbøtende tiltak

Helhetlig sett – og især når man kan legge til grunn at Drangsvannen i all hovedsak består av fjordvann fra topdalsfjorden og ikke er kritisk forurenset – så er det virkningen av hhv. sedimentflatene av organisk sediment og virkningene av anoksiske og potensielt giftige volumer av stagnant sjøvann som fremstår som forhold som det vil være ønskelige å forbedre for å avklare om dette kan øke målbare miljøparametre så som oksygenforhold, nedbrytningshastighet og biologisk mangfold.

For sedimentsituasjonen er et egnet eksperimentoppsett for iverksetting i et avsnitt av Drangsvannene ikke tenkt ut enda, men er gjenstand for betraktninger. Her vil de anbefalte vinterundersøkelsene kunne bidra til at egnede forsøk kan planlegges.

For problematikken om kring stagnant sjøvann i fjordbassenger er løsninger og tilnærminger mange og godt kjent. og fullskalaforsøk har vært igangsatt en rekke steder i flere land og over lang tid, og også her i Vest-Agder (skogsfjorden og Bångstøvann, begge i Mandal kommune). For denne problematikken så er tilnærmingen å finne den mest hensiktsmessige og bærekraftige metoden for å enten **a**: bringe oksygen eller oksygenert vann ned til de aktuelle vannmassene, **b**: sette i gang sirkulasjon så oksygensvake vannmasser erstattes med oksygenrike vannmasser eller **c**: kombinasjon av disse ved at nedpumpet luft eller oksygenert vann også igangsetter omrøring i vannmassene. Disse metodene omfatter i hovedsak enten bruk av kompressorer for nedpressing av luft til egnet dyp for oksygenering og/eller omrøring eller nedføring av rør for tilføring av lettere vann (ferskvann) til kaldt og tungt bunnvann. Ferskvannet vil her dels oksygenere, dels fortynne (= gjøre lettere) saltrikt sjøvann, og dels – litt avhengig av om utløpet diffuseres – skape en oppadgående strøm som igangsetter vertikaltransport av sjøvann.

For et så avgrenset problemområde som Drangsvannene er, så ville et forsøk avgrenset til et av bassengene kunne igangsettes med ganske begrenset økonomisk innsats og på miljømessig akseptabel måte. Med «miljømessig akseptabel» menes her at en dieseldrevet kompressor for luftinnpressing, som var i bruk ved prosjektene i Mandal, ikke er en ønsket tilnærming ut fra CO₂ og støyforholdene dette utgjør. Det er heller ikke egnede ferskvannsforekomster i umiddelbar nærhet som kan innhentes ved selvføll, men en solar løsning ved bruk av Fivann *kan* være relevant og mulig.

En løsning (forsøksprosjekt) som derimot kan være aktuell uten terrengtiltak er å igangsette sirkulasjon i bassenget i Stavkleivbukta (stasjon Drangsvann 2) basert på solpanel-drevet elektrisk strømsetter på flåte forankret i Stavkleivbukta. En slik løsning vil ikke kreve inngrep, vil være lydløs, men lokalt synlig, og vil ha som oppgave å flytte oksygenrikt toppvann ned til anoksiske sone ved 8m sjødyb for oksygenering, fortynning av sjøvannsprosent og etablering av upwelling som følge av at det er lettere ferskvann fra topplaget som typisk tilføres. Et forsøksanlegg basert på 1 kW strømsetter vil omfatte et 2x3m stort solpanel på flåte som mest iøyenfallende del av konstruksjonen, hvor resten av anlegget vil utgjøres av flåten (badebrygge-konstruksjon), et nedsenket 7m langt rør, batteribank med kontroller og en strømsetter (nedsenket motor med saktegående propell). Ved behov vil virkning bli beregnet, og anlegget bli tegnet ut og prissatt.

Kristiansand desember 2019

Tor Kviljo – terrateknikk AS