

Reguleringsfiske som restaureringstiltak: Østensjøvann som eksempel



Thron O. Haugen

Gunnhild Riise

Thomas Rohrlack

Susanne Schneider (NIVA/NMBU)

Ståle Haaland

Johnny Kristiansen

Linda Lemmens

Kate Hawley

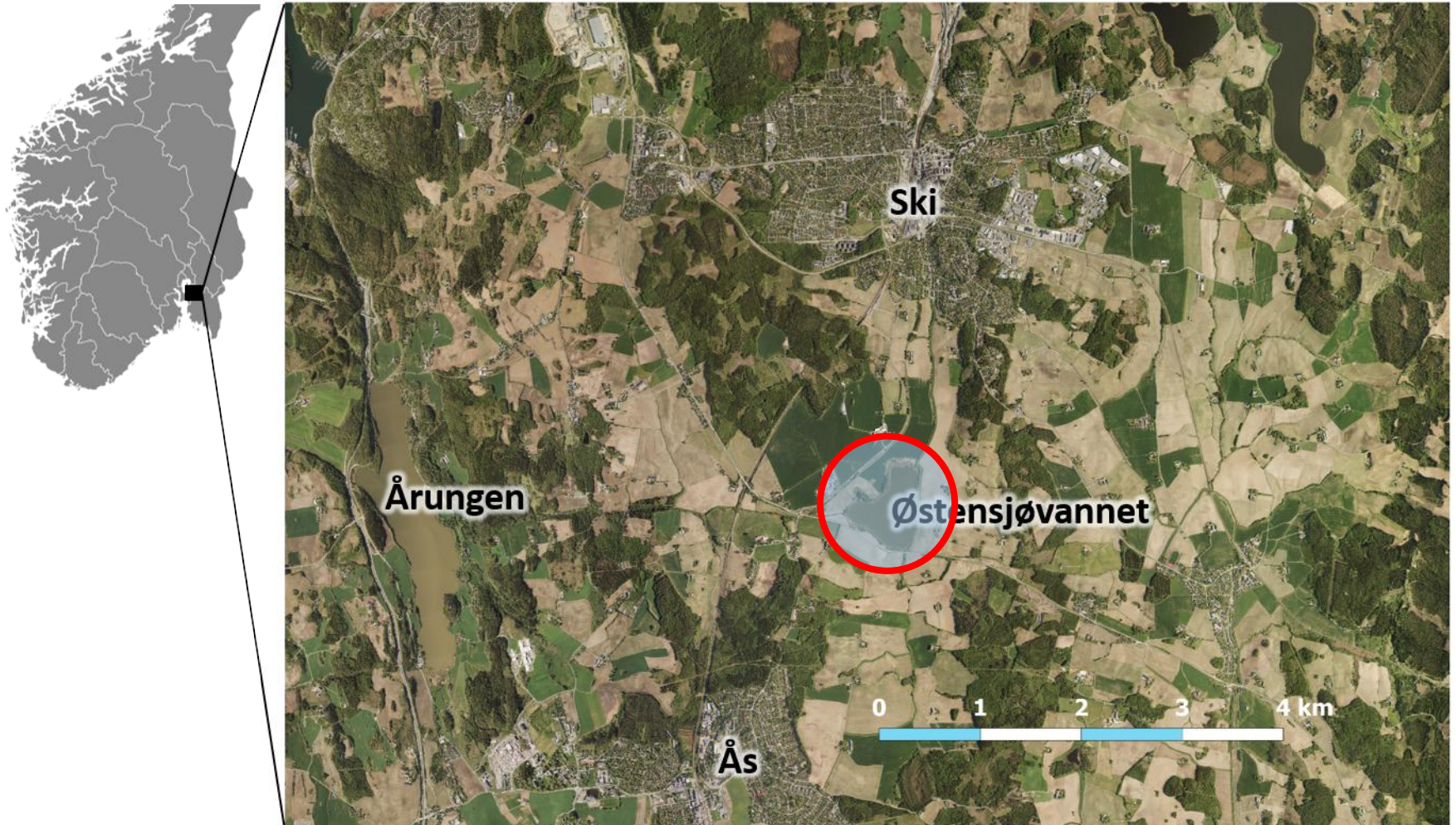
Mona Mirgeloybayat

NMBU – MINA

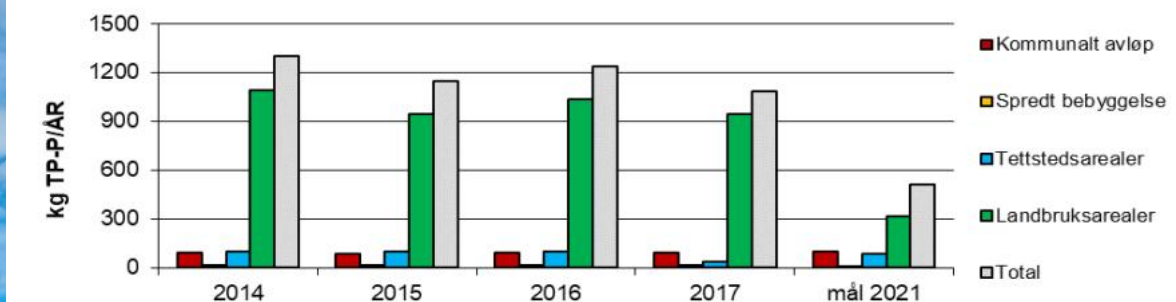


20.09.2022

Østensjøvann - Ås

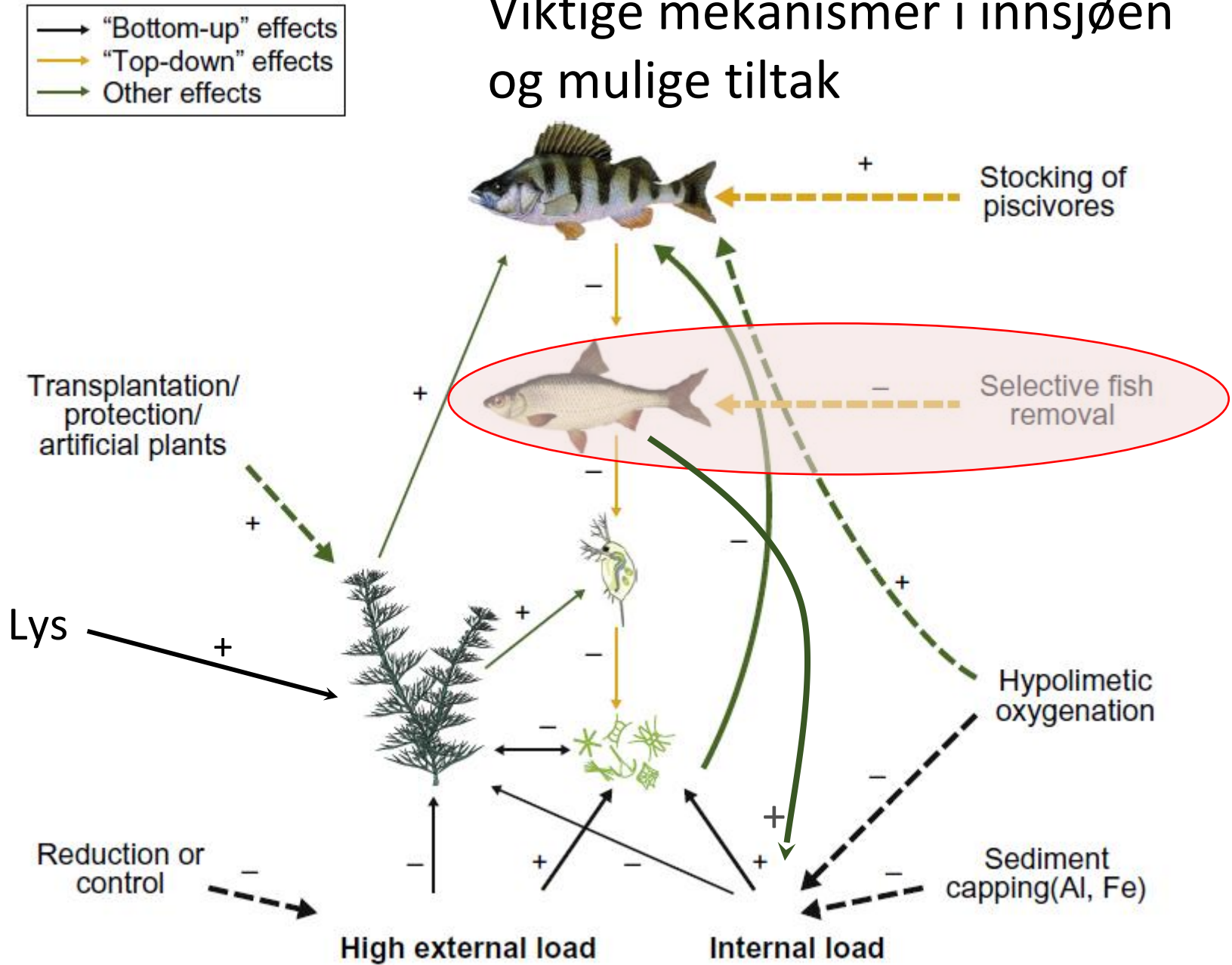


Bakgrunn

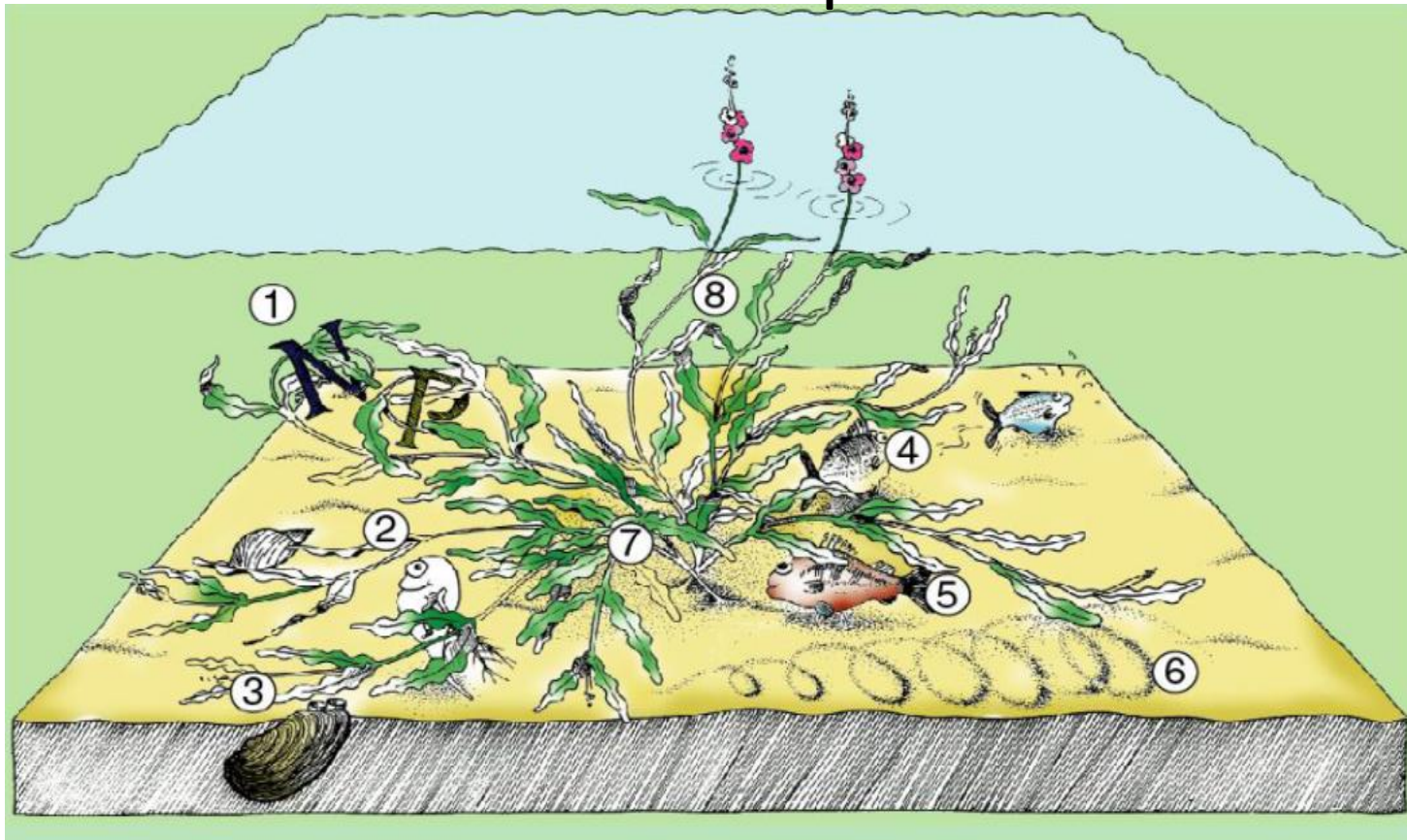


- Østensjøvann er svært eutrof
 - Men var verre på 70 og 80-tallet
- PURA-overvåkning viser at Tot-P de siste 10 åra kun viser svak nedgang til tross for mange tiltak i nedbørsfeltet (Stabell m fl 2021)
 - Jordbruk viktigste fosfortilførselskilde
- Biomanipulering foreslått i bl. a. mulighetsstudie i 2011
 - Flere møter, konferanse mm hvor dette blei diskutert
 - NMBU-rapport fra 2013 estimerte uttak på minst 20 tonn mort over tre år er nødvendig for å forvente varig effekt
 - Behov for mer kunnskap om den interne næringsstoffomsetningen
 - NMBU-undersøkelser i 2012, 2017 og 2019
 - Tiltaksfase 2021-2023 – med MOP!

Viktige mekanismer i innsjøen og mulige tiltak

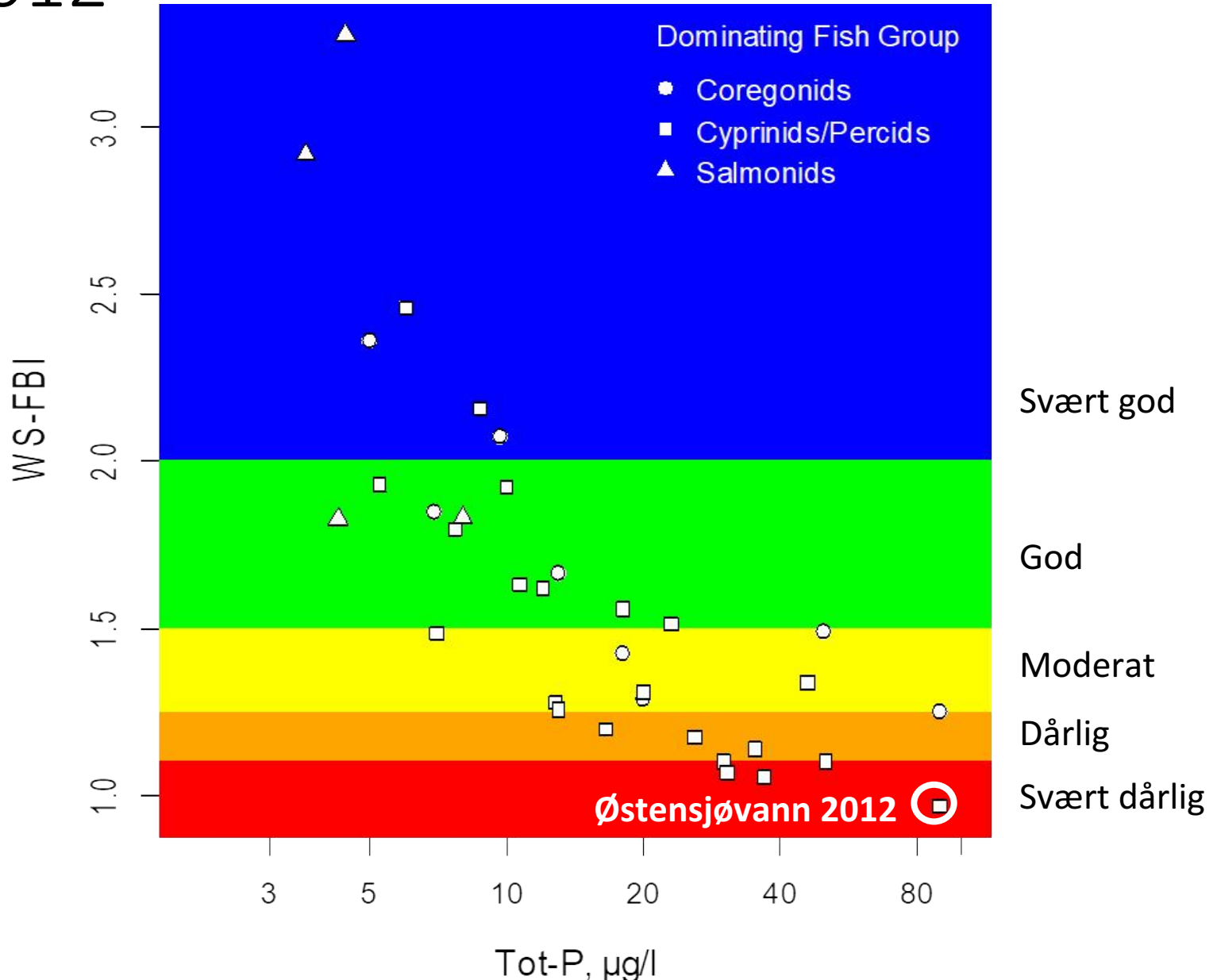


Hvorfor undervannsplanter er viktige



1. Tar opp næringsstoffer fra vannet
2. Refugium for zooplankton
3. Bedrer habitat for makrofiltrerere
4. Favoriserer abboryngel framfor mort
5. Refugium for abboryngel og gjeddeyngel
6. Stabiliserer sedimentene og reduserer resuspensjon
7. Økt denitrifisering
8. Kan ha allelopatisk effekt

Fiskedata indikerte svært dårlig tilstand i 2012



Hypoteser som NMBU-undersøkelsene i Østensjøvann fokuserer på

- Karpefisk transporterer fosfor fra litoral til de åpne vannmasser der betydelig andel utgjøres av resirkulert fosfor fra sedimentene
 - **Fosforpumpeeffekten**
- Fisk virvler opp sediment og/eller transporterer sediment på andre måte til vannfasen slik at resirkulasjon av fosfor skjer
 - **Bioturbasjon**
- Fisketiltak kan øke siktedybde så mye at **undervannsplanter kan etablere seg**

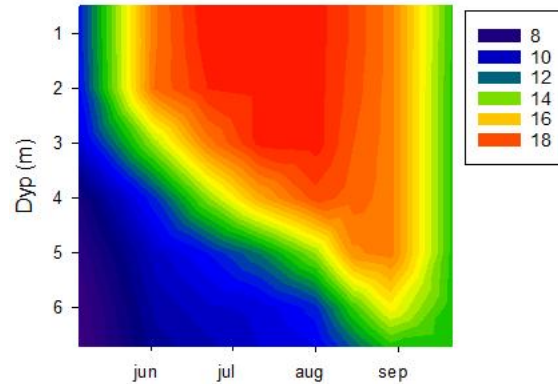
Beskrivelse av før-situasjonen Økosystemkartlegging 2017



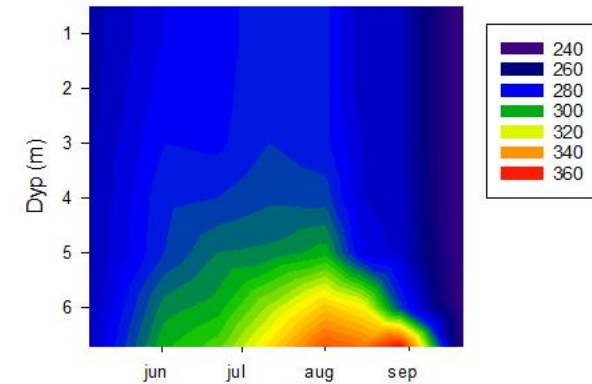
Fysiske forhold

- Termisk sjiktning til midten av september
- Oksygen svinn i bunnvann fra juni til siste halvdel av september

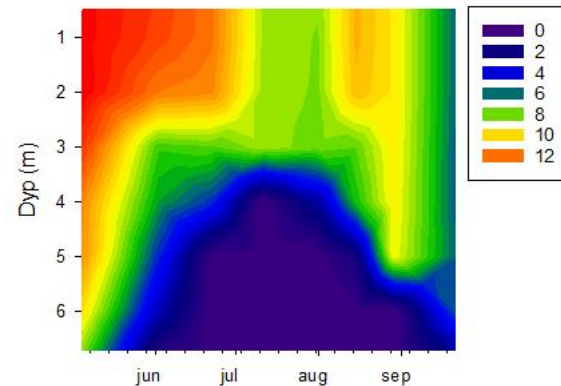
Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)



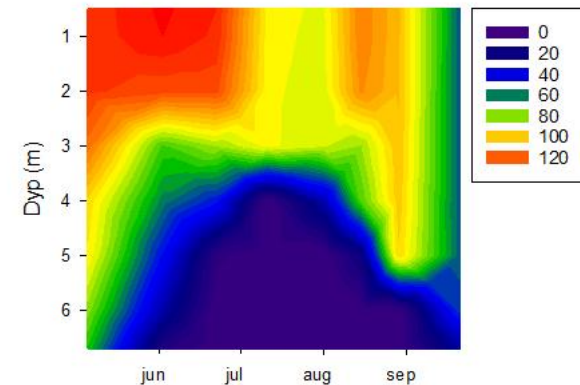
Ledningsevne ($\mu\text{S cm}^{-1}$)



Oksygen (mg L^{-1})

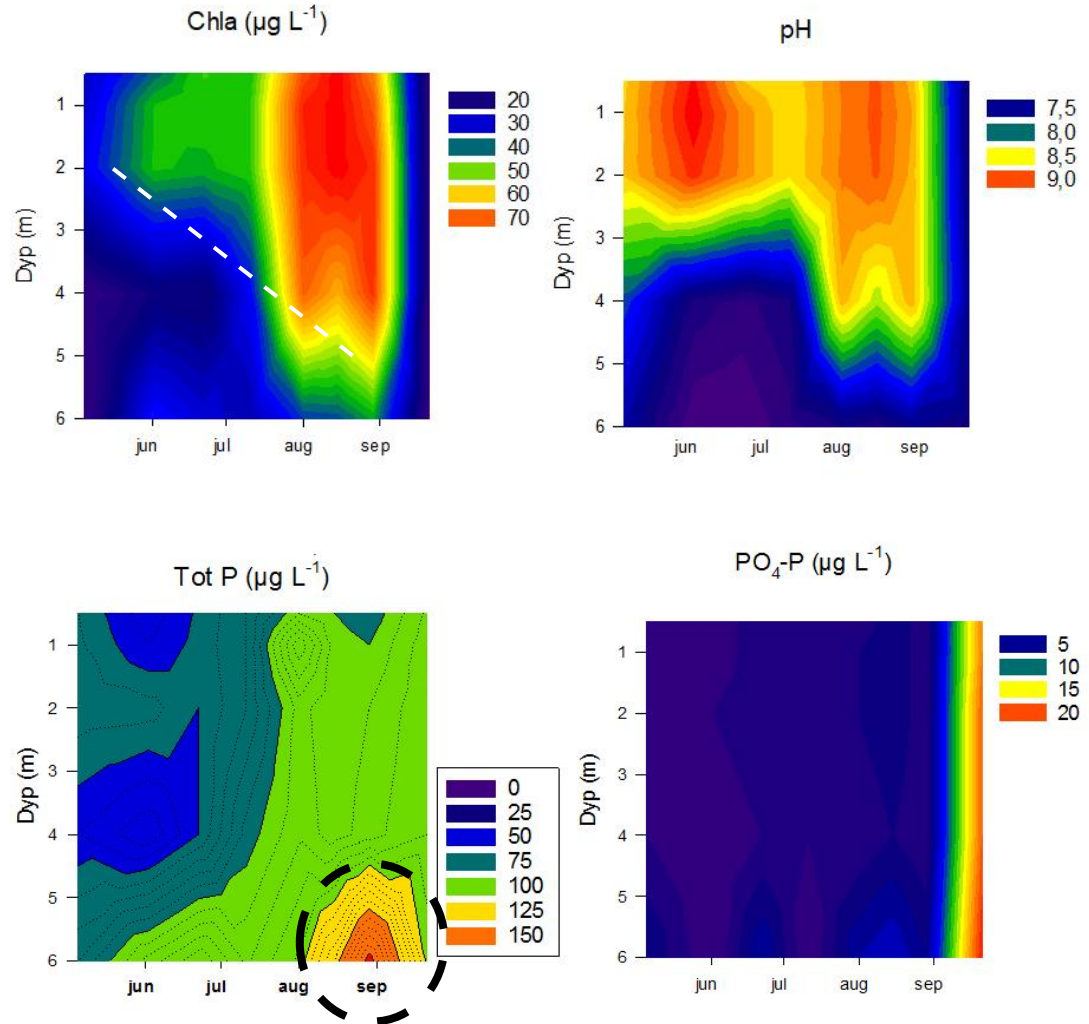


Oksygen (%)



Algemengde, pH og fosfor

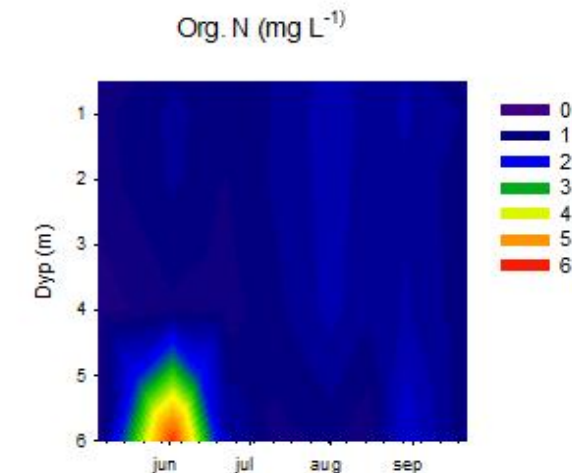
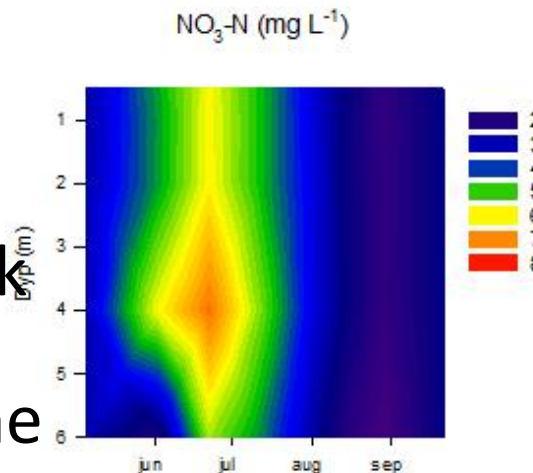
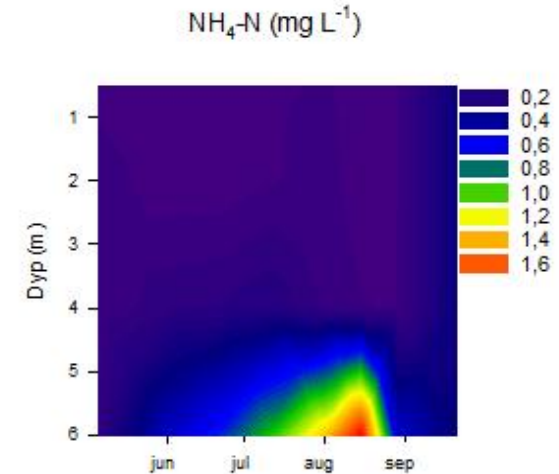
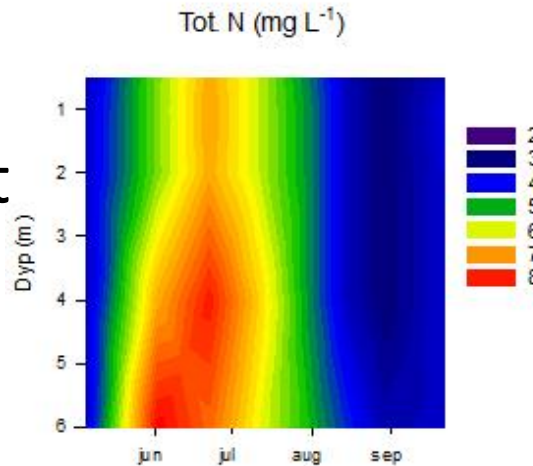
- Høy algemengde over termoklin juni-midten av september
- TotP >50 $\mu\text{g/L}$ og øker mot bunn
 - Høyest i begynnelsen av september
- PO₄-P <5 $\mu\text{g/L}$ i hele vannsøyla og >20 etter høstsirkulasjon



Mest trulig pga fytoplankton som nedbrytes

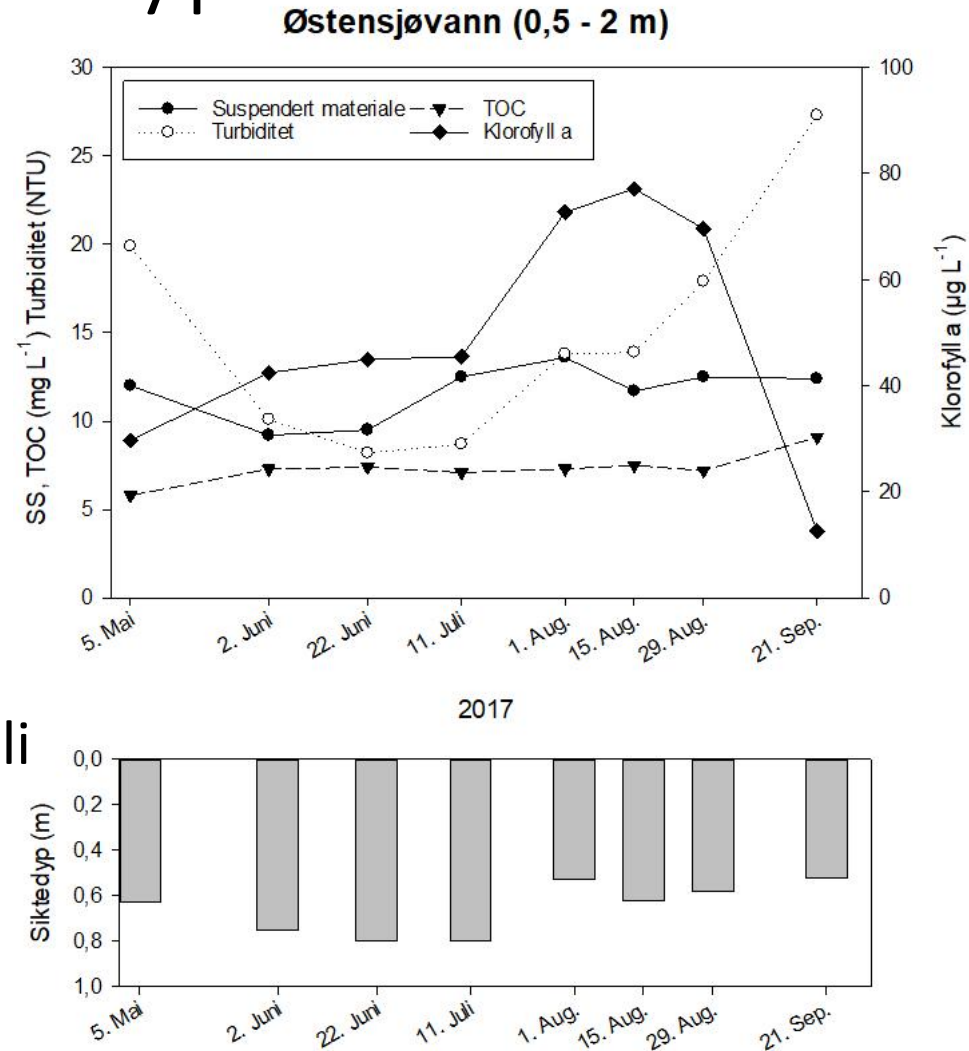
Nitrogen

- Økende $\text{NH}_4\text{-N}$ i bunnvann utover mot slutten av august
- **MEN: aldri tomt for $\text{NO}_3\text{-N}$ ($>1,2 \text{ mg L}^{-1}$)**
 - Tyder på *ikke* fullstendig reduserende forhold
- Derfor lite sannsynlig med betydelig kjemisk-indusert lekkasje av fosfor fra sedimentene



Turbiditet og siktedyp

- Siktedyp < 1 m
- Høye verdier av både suspendert mat og alger
- Økende bidrag fra fyttoplankton til dårlig siktedyp fra midt i juli til ut august
 - Leirpartikler viktigst i juni-juli

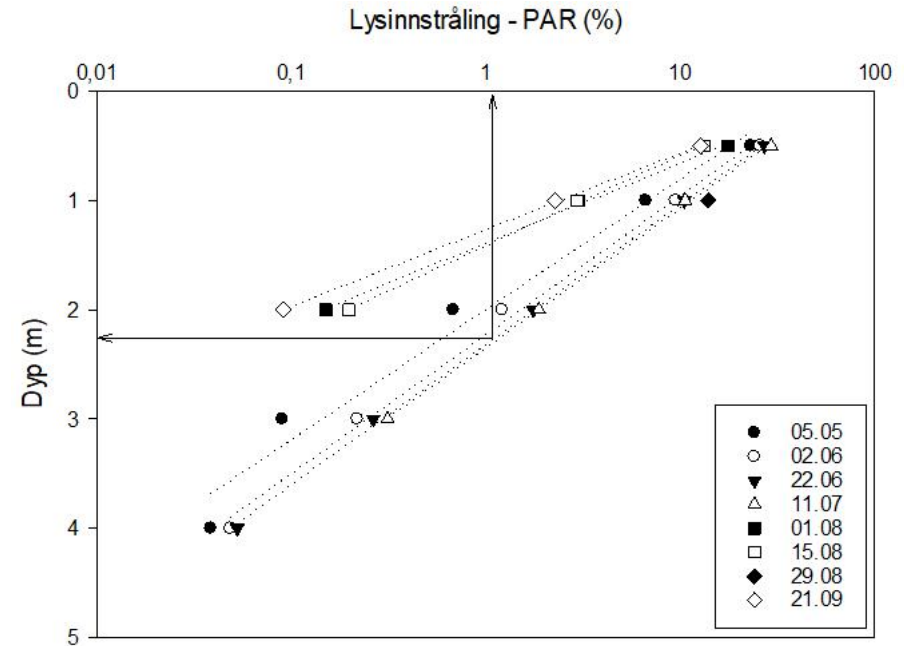


Siktedyp viktig faktor for undervannsplantene!

Hvor dypt kan fotosyntesen nå?

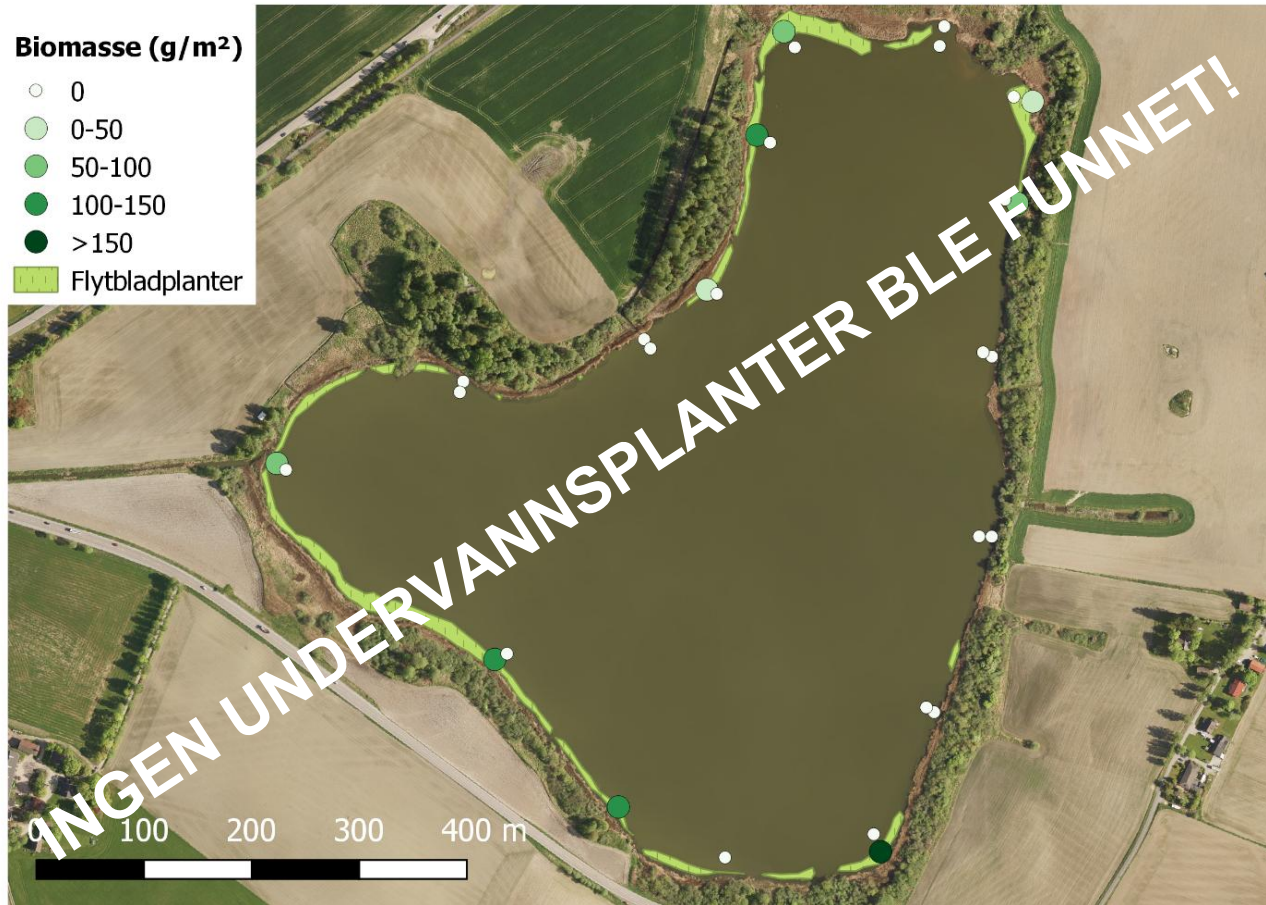
- Fotosyntese ned mot 2,2 m under 2017- forhold (eufotisk sone)
- Setter grensa for undervannsvegetasjonen
- Viktig målvariabel for evt tiltak da undervannsvegetasjon må på plass for mer varig effekt

Svekking av lysinnstråling (%) for PAR området



Siktedyp*2,5 = eufotisk sone

Vannplanter



Total biomasse og fosfor i de gule nøkkerosene i Østensjøvann 2017

Areal (m ²)	Biomasse (våttvekt, kg)	Biomasse (tørrvekt, kg)	Fosfor (kg)
10 483	13940,2	1065,6	4,01

Dyp:
1,38±0,53 m
(0,5-2,2 m)

Biomasserfordeling av fisk (natt) 2017

Biomasse kg/ha

● >3 m (<50 kg/ha)

0-3 m

● <50

● 50 - 100

● 100 - 150

● 150 - 200

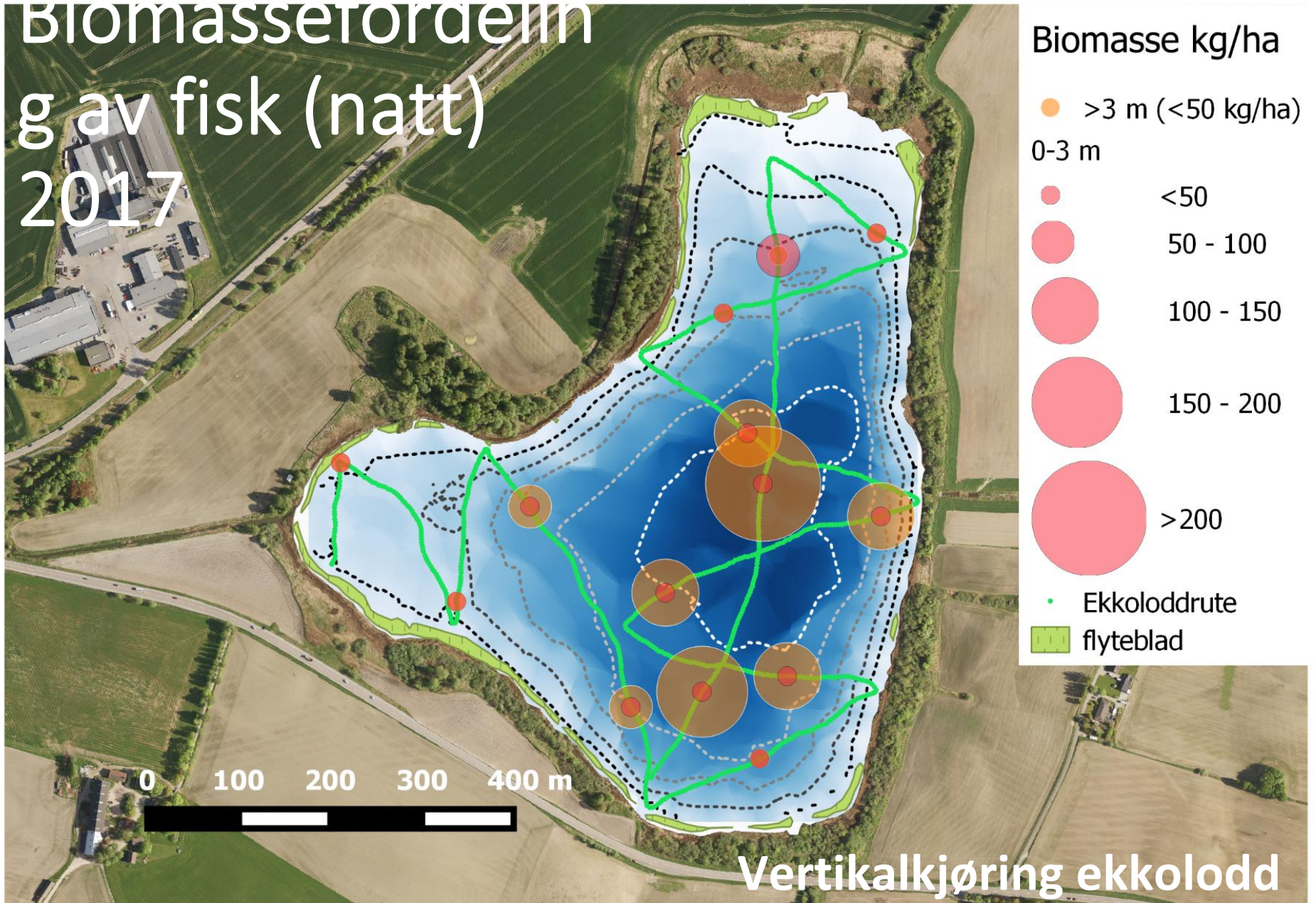
● >200

● Ekkoloddrute

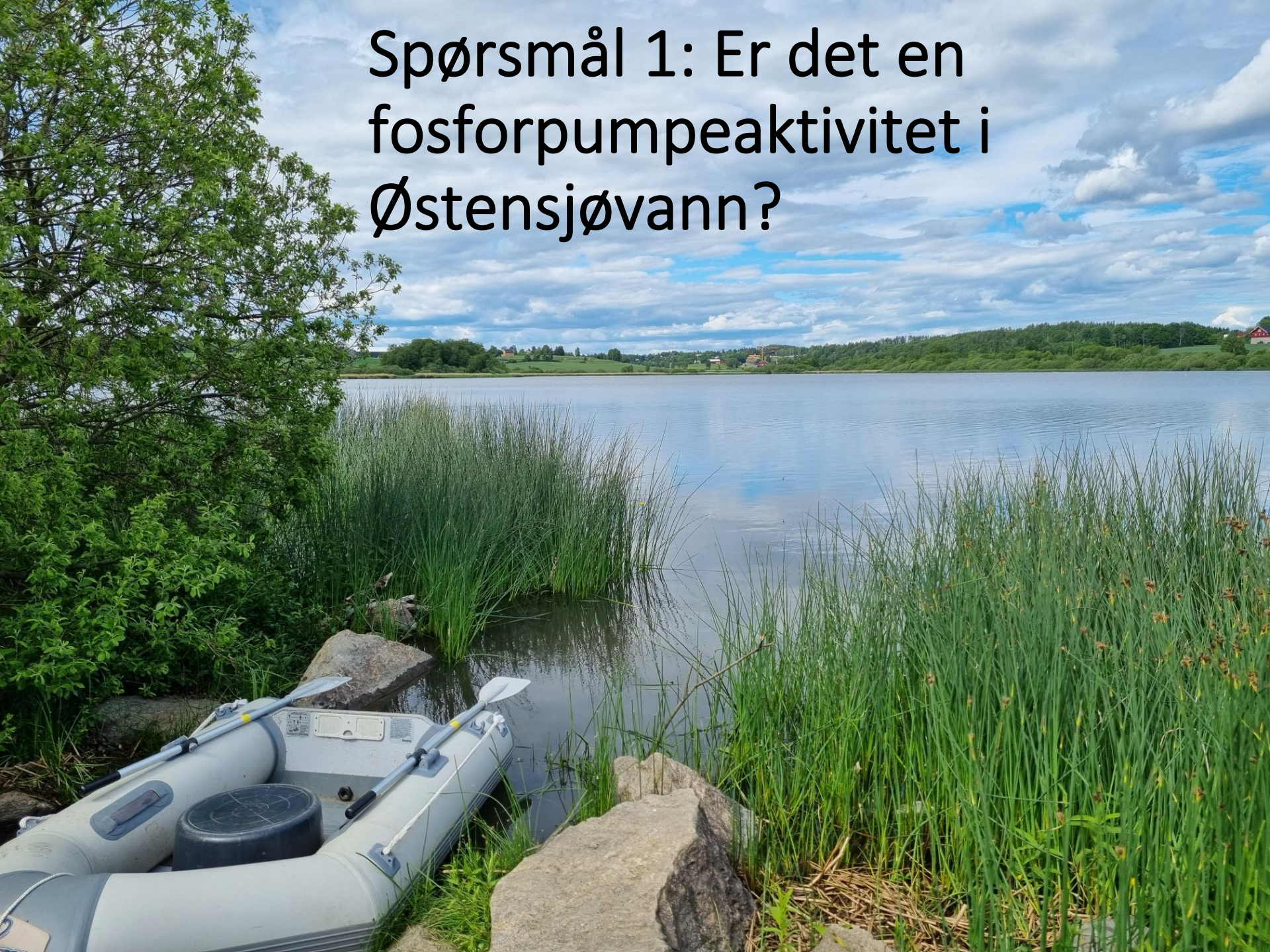
■ flyteblad

0 100 200 300 400 m

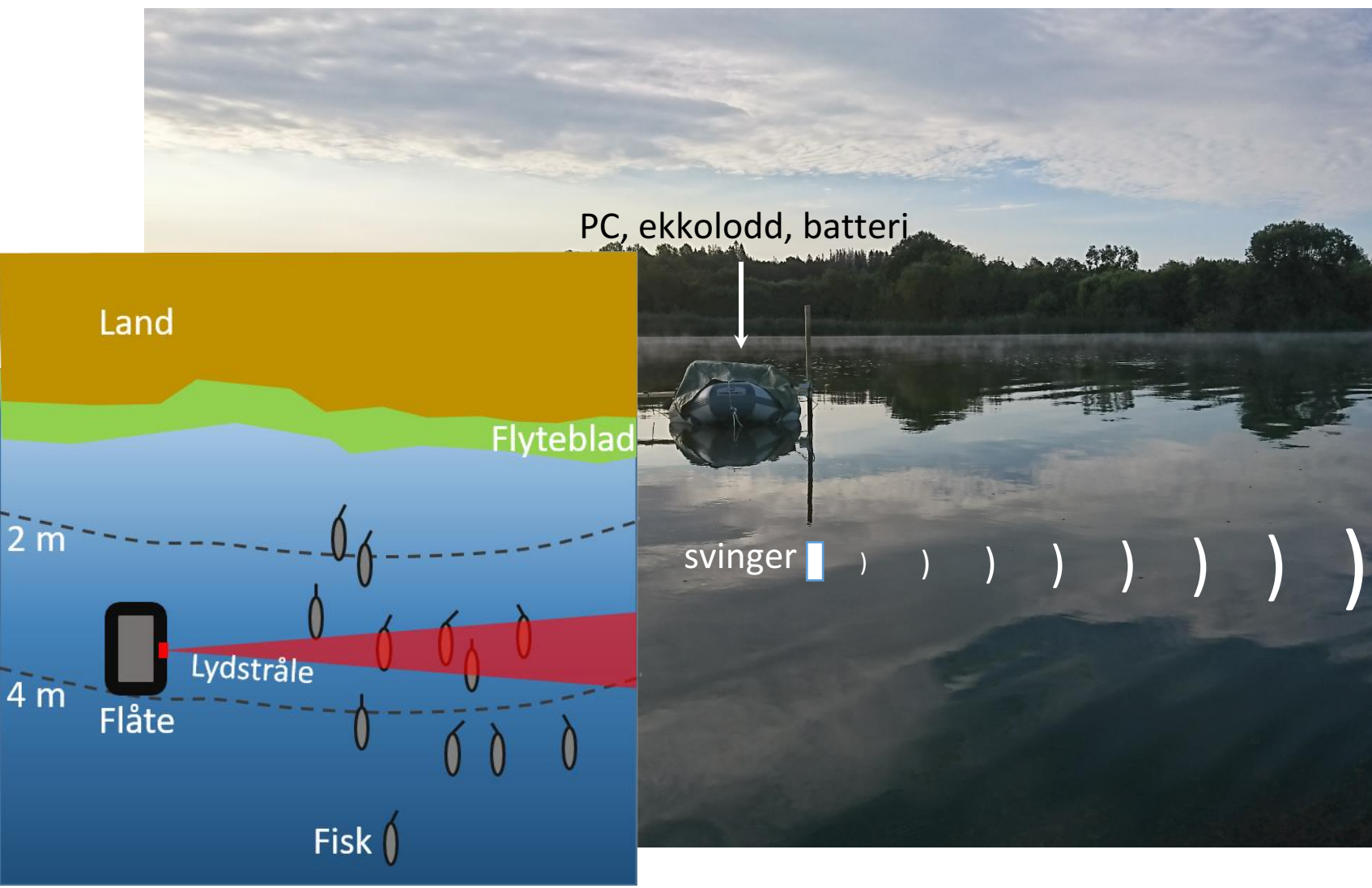
Vertikalkjøring ekkolodd



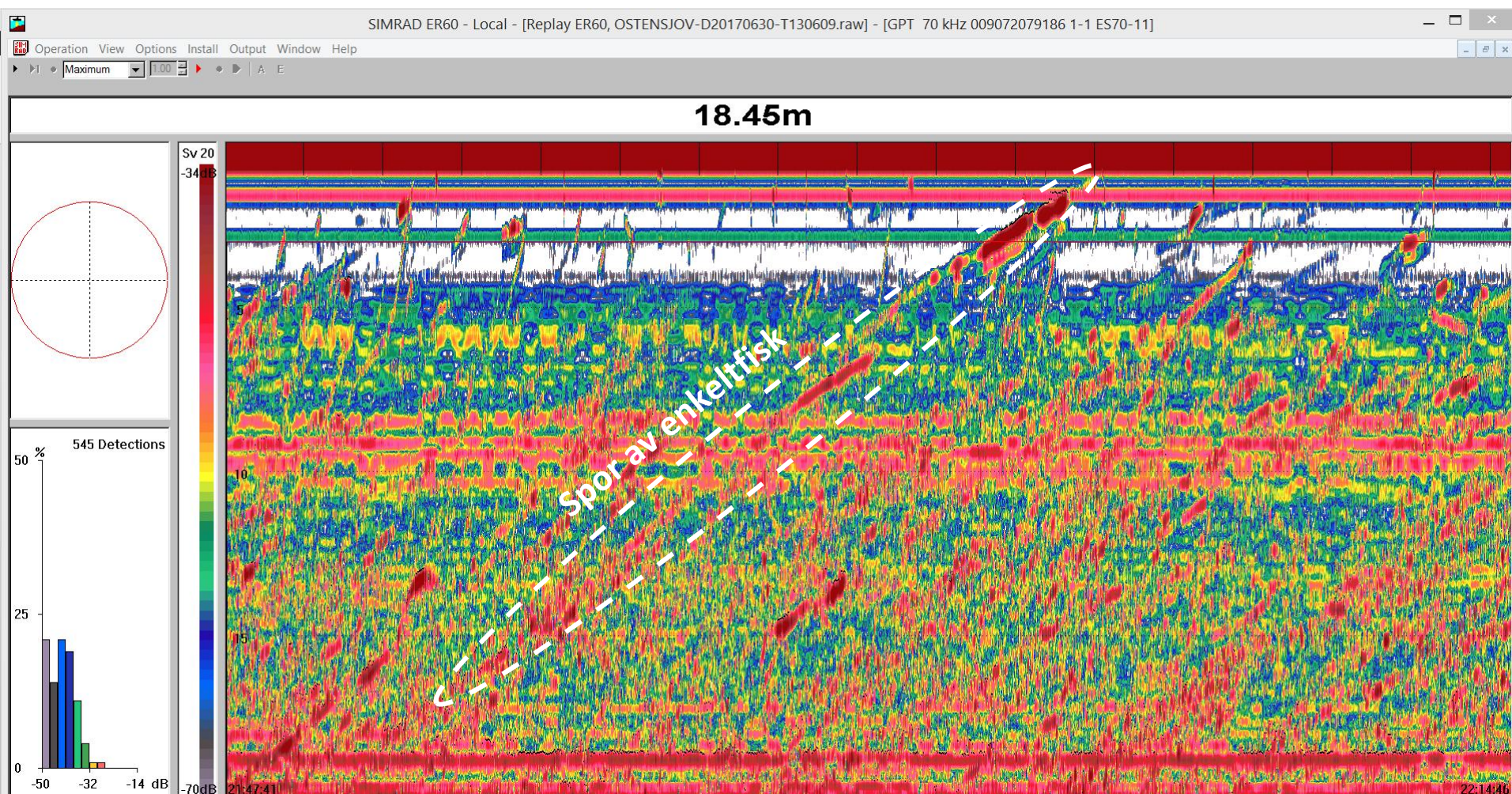
Spørsmål 1: Er det en fosforpumpeaktivitet i Østensjøvann?



Kartlegging av horisontale døgnavandring hos fisk med stasjonært ekkolodd



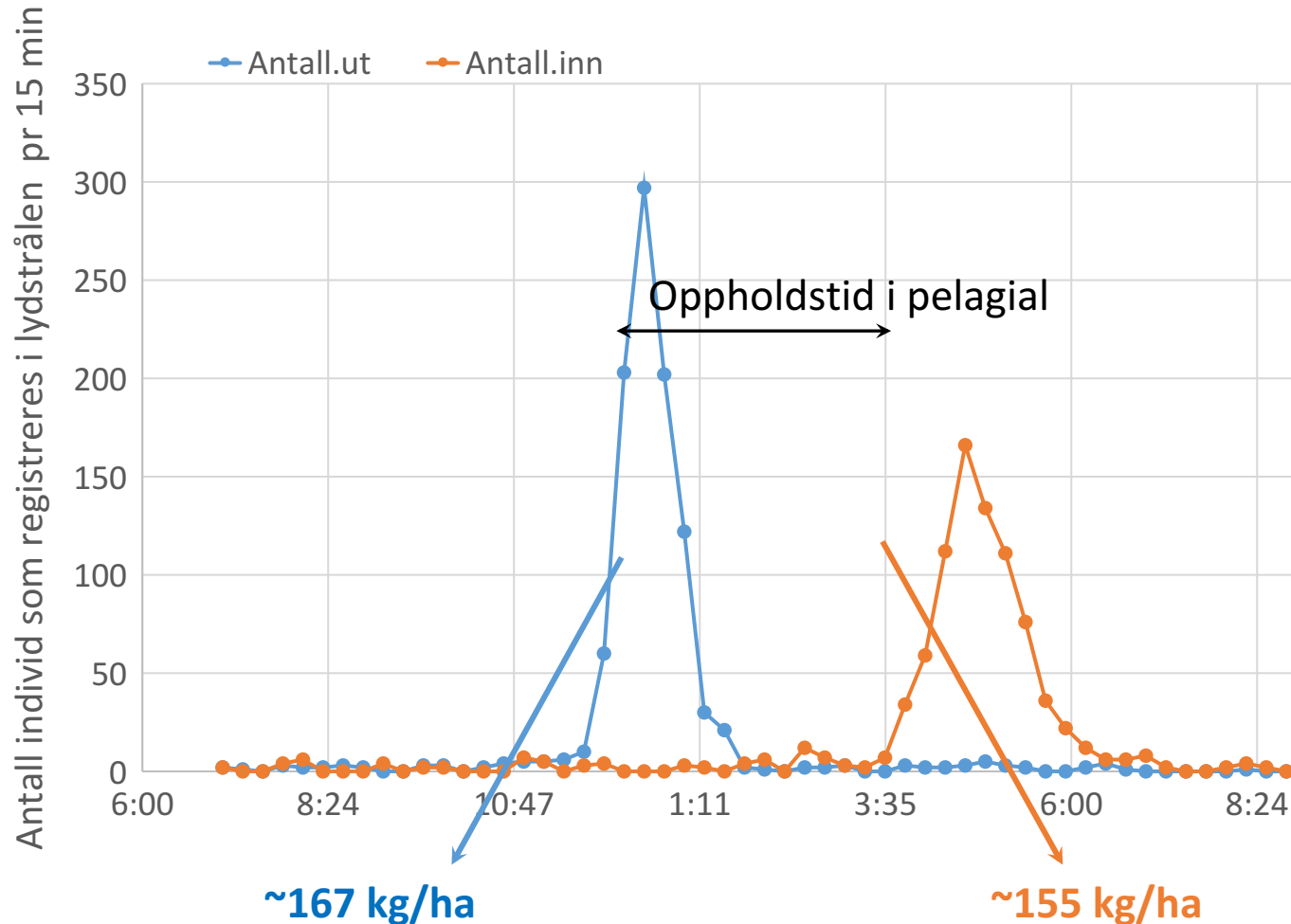
Ekkogram fra horisontalstråle



Mort på utvandring 30.06.2017 kl 23:15

Døgnvandring (juni som eksempel)

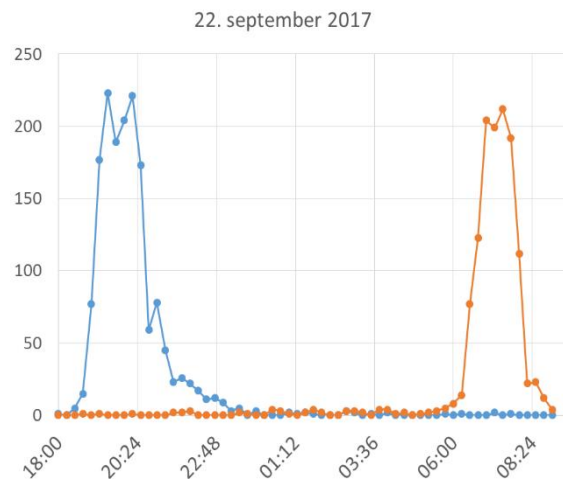
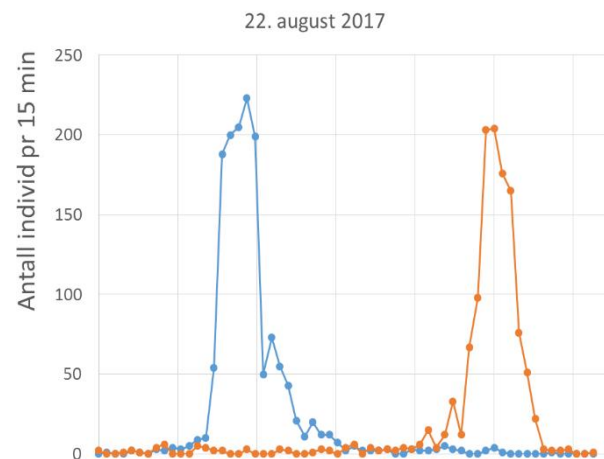
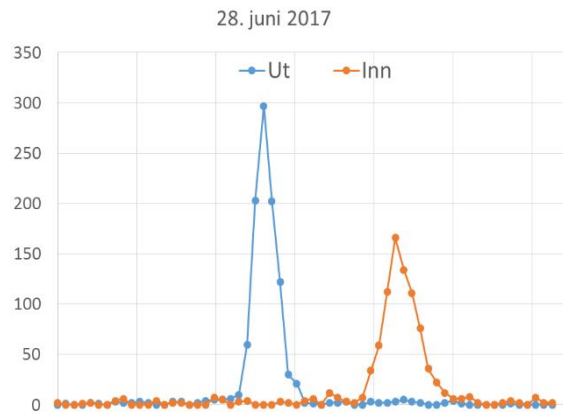
26-30 juni 2017



Døgnvandring

Periode	Ekkolodd-data				
	antall/ha		kg/ha		Oppholdstid (timer)
	Ut	Inn	Ut	Inn	
Juni	5219	4844	167	155	4.1
August	3875	3469	124	111	7.7

- Tydelige inn- og utvandring gjennom alle tre periodene
- Litt færre vandrer inn enn ut
- Ca 75% av biomassetettheten blir registret utvandrende sammenligna med vertikaldataene
 - Ulik utvandringstetthet rundt innsjøen
 - Er fisk ute i pelagialen også på dagtid?

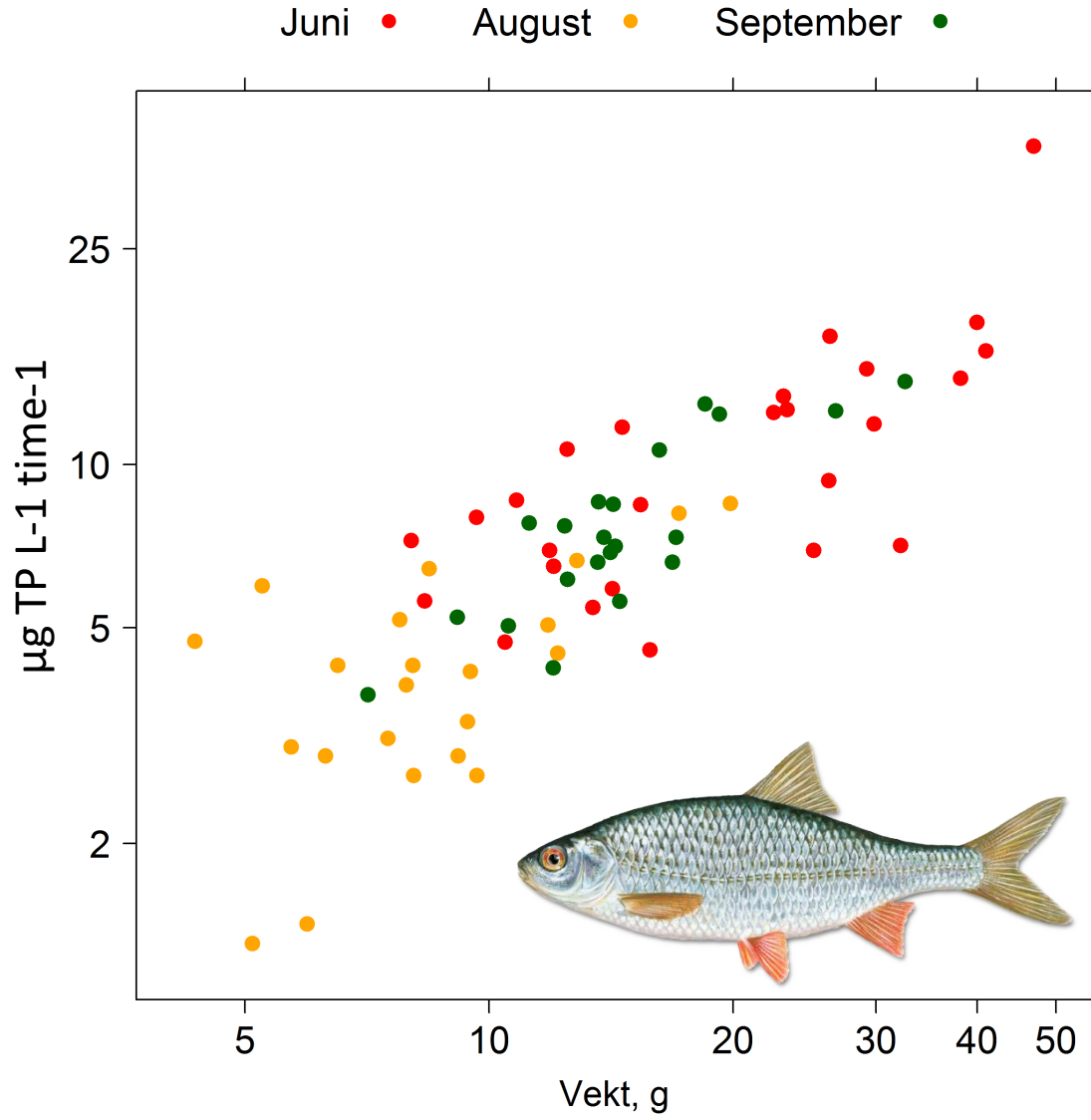


Næringsstoff- ekskresjonsforsøk

- 30 bøtter
 - 27 med fisk (enkeltvis)
 - 3 uten fisk (kontroller)
- 2-3 «før»-målinger av vannet
- Fisken fanges under vandring ved solnedgang
- Tilføring av luft til vannet i bøttene via luftesteiner
- Vannprøver av alle bøttene ved soloppgang
- Temperatur logges kontinuerlig
- All fisk tas vare på for diverse målinger
- **Mageprøveanalyse** av mort fanga på inn- og utvandring

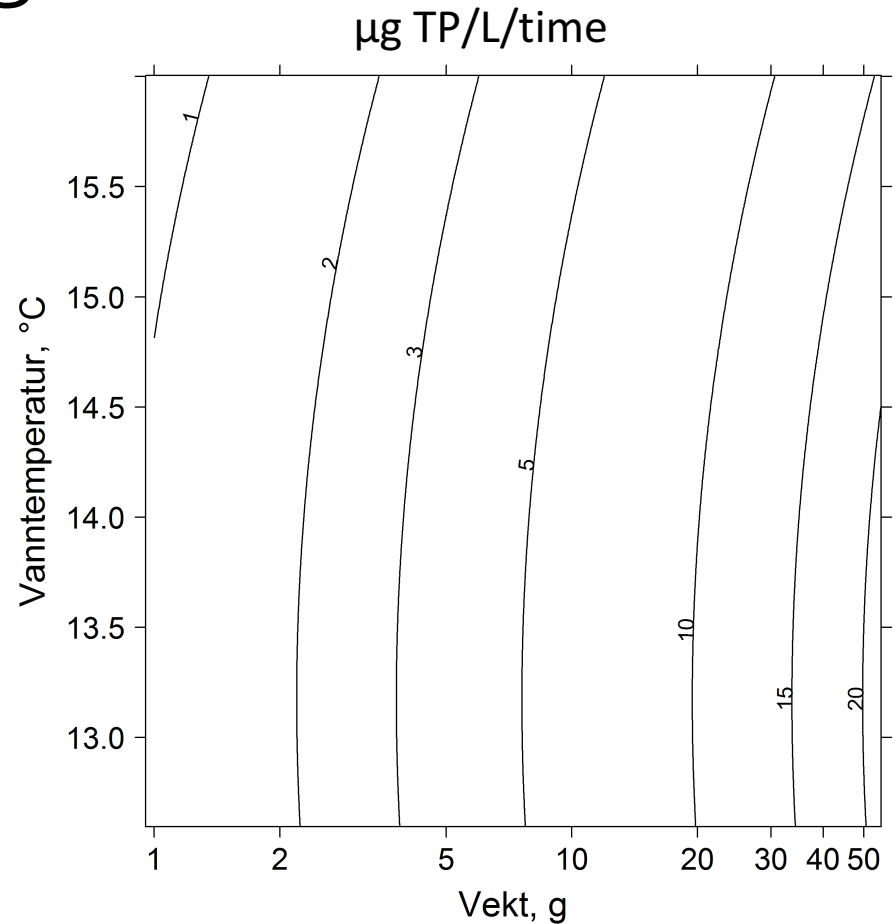


Resultater ekskresjonsforsøket



Ekskresjonsmodell som funksjon av temperatur og fiskestørrelse

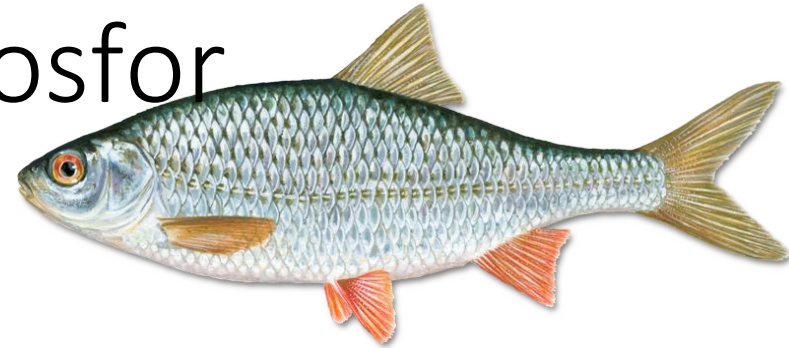
- Modellen forklarer 72% av variasjonen i ekskresjonsraten
- Ekskresjon øker med fiskens størrelse og avtar svakt (under 13,3 °C) med økende temperatur for gitt fiskestørrelse
- Massespesifikk ekskresjon avtar med økende fiskestørrelse
 - Stemmer med teori og litteratur



$$\ln(TP/t) = -7,15 + 0,74\ln(W) + 1,10T - 0,04T^2$$

$R^2=0,72$

Morts frigjøring av fosfor



- Utregning fra:
 - Antall fisk som vandrer ut (N)
 - Oppholdstid (tid mellom ut- og innvandringstoppene = t)
 - Gjennomsnittsvekt pr fisk (W)
 - Vanntemperatur (T)
 - $\ln(TP/t) = -7,15 + 0,74\ln(W) + 1,10T - 0,04T^2$

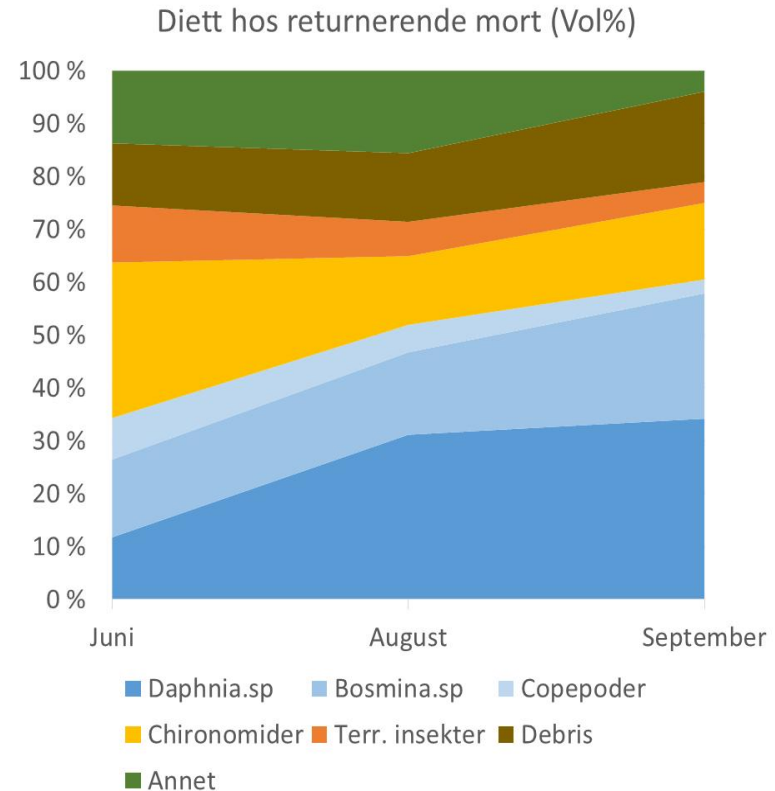
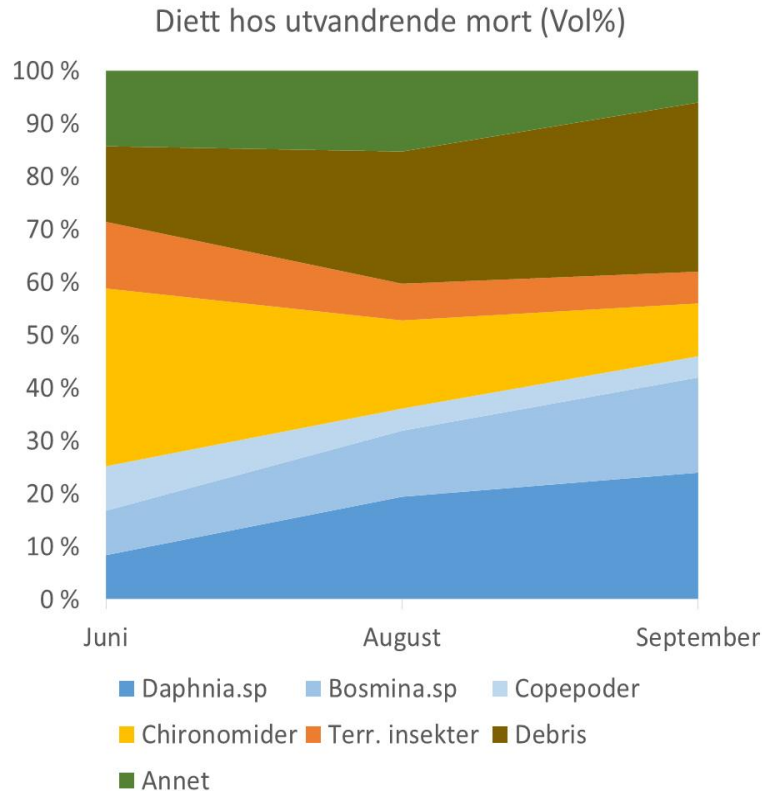
Periode	Ekkolodd-data				Bøtteforsøk				Nattverdier		
	antall/ha		kg/ha		Oppholdstid (timer)	Temperatur (°C)	Ekskresjon* (kg P/ha)	Totalt bidrag (kg P)	Konsentrasjon (µg P/L)	vannmasser (µg P/L)	Fiskebidrag (%)
	Ut	Inn	Ut	Inn							
Juni	5219	4844	167	155	4.1	17	1.074	21.5	16.2	65.3	24.8
August	3875	3469	124	111	7.7	19	0.759	15.2	11.4	79.6	14.4
September	4781	4469	153	143	9.2	15	3.164	63.3	47.7	80.5	59.3

Ekskresjonsbidraget fra morten til total P i vannmassene (natt) varierer mellom 14 og 60 %

Spørsmålet er da: **hvor kommer fosforet i fisken fra?**

Diett hos mort

n = 22-30 pr
prøvetaking



- Zooplankton utgjør **30-55 %** av dietten hos returnerende ind
 - Små arter av Daphnia dominerer (*D. cristata* og *D. cucullata* samt noe *D. longispina*) – vanskelig å bestemme pga knust av svelgebeina
- Overraskende lite sediment (14-32 %) hos særlig ind som svømmer ut fra litoral – **mindre sedimentspising enn forventet?**

Fosforpumpebidraget fra mort

Periode	Ekkolodd-data					Bøtteforsøk			Nattverdier vannmasser (µg P/L)	Fiske- bidrag (%)	Fiskebidrag sediment (%)	
	antall/ha		kg/ha		Oppholdstid (timer)	Temp (°C)	Ekskresjon* (kg P/ha)	Totalt bidrag (kg P)				totP (µg P/L)
	Ut	Inn	Ut	Inn								
Juni	5219	4844	167	155	4.1	17	1.074	21.5	16.2	65.3	24.8	3.5
August	3875	3469	124	111	7.7	19	0.759	15.2	11.4	79.6	14.4	3.6
September	4781	4469	153	143	9.2	15	3.164	63.3	47.7	80.5	59.3	19.0

Pelagisk tot-P fra resirkulert sedimentbundet fosfor:

3,5-19 %

Den totale utpumping av sedimentbundet fosfor av mort ble estimert til (15. mai-15. oktober):

1275 kg

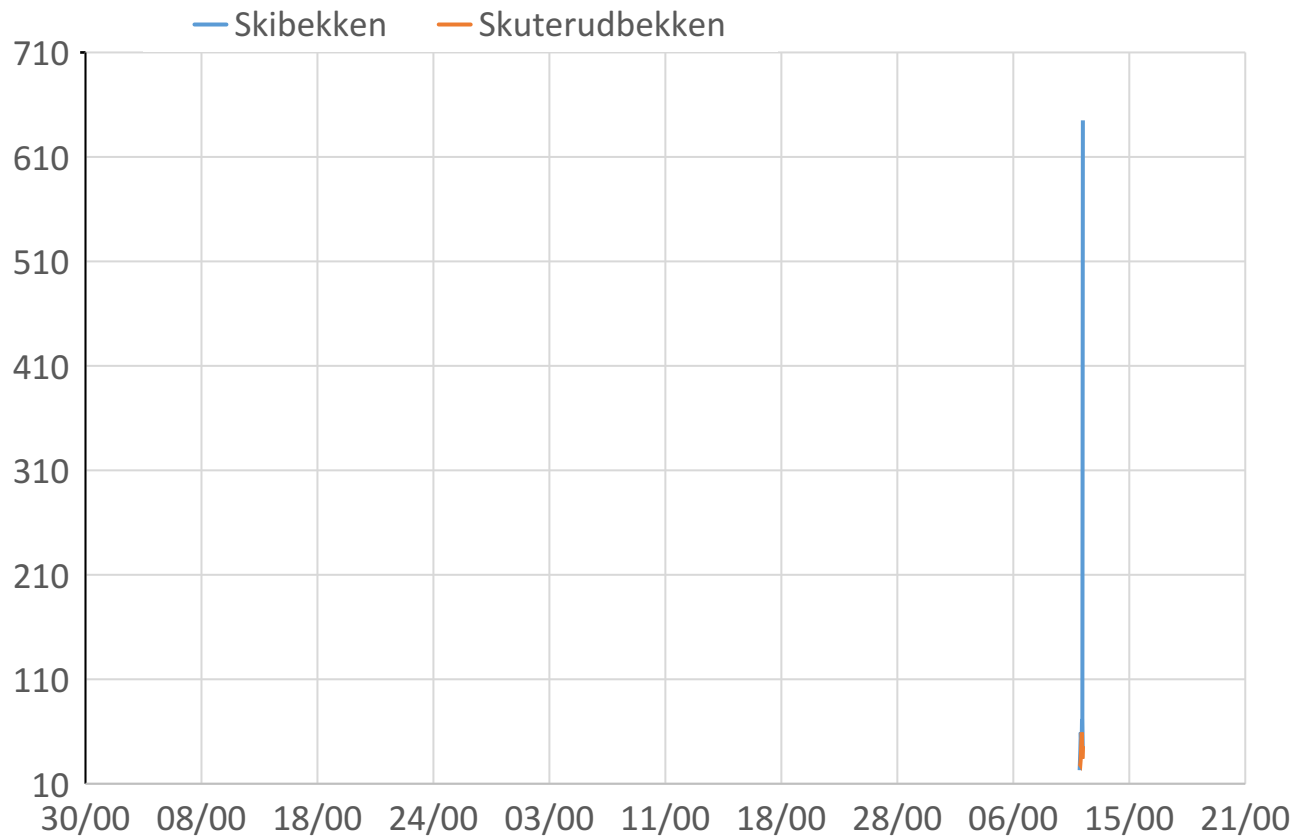
(ekstern tilførsel ble for 2017 beregnet til ca **1100 kg**)

Diskusjon I

- Støtte for fosforpumpeeffekten?
 - JA - Totalt fraktet morten i snitt 33 kg fosfor ut i pelagialen pr natt i 2017
 - Det meste (68-86%) av dette fosforet kommer **ikke** fra litorale sedimenter, men resirkulering av allerede biotilgjengelig fosfor
 - Allikevel utgjør frigjøring av sedimentbundet fosfor **1200 kg P** gjennom sesongen

Fortsatt utfordringer med næringsstofftilførsel

Tilførsel av totP ($\mu\text{g/L}$)



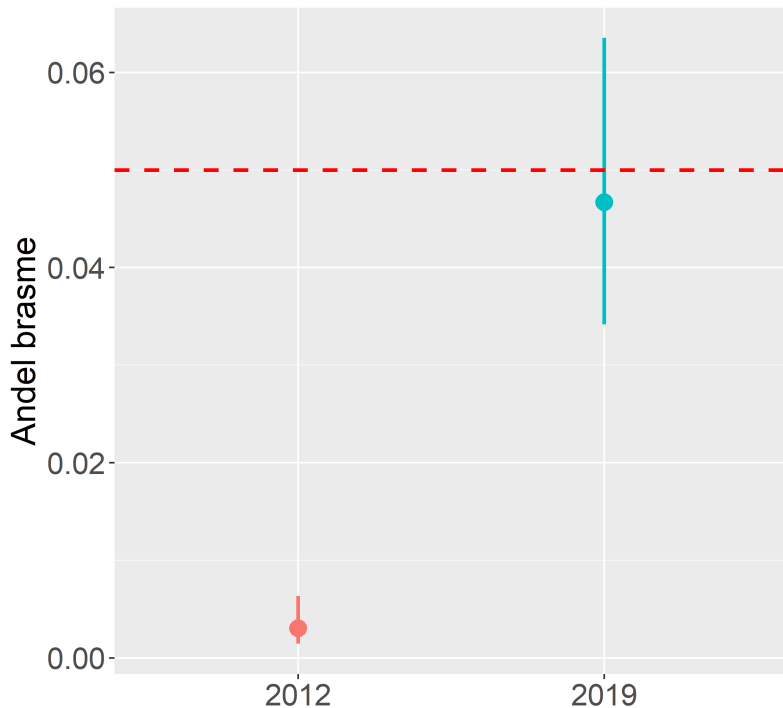
Spørsmål 2: Bioturbasjon fra fisk?

- Støtte for bioturbasjonseffekten?
 - Usikkert, men mistanken er økt
 - Har fiskesamfunnet endra seg til det verre?
 - Mer brasme i 2019 enn i 2012?
 - Mer brasme vil øke bioturbasjon i perioder med oksygen i bunnlag
 - Brasme har mer vertikalt vandringsmønster gjennom døgnet
 - Zooplanktonspising på dagtid
 - Bunndyrbeiting dag og natt
 - Dette kan være med på å forklare mangel på døgnvariasjon i Tot-P

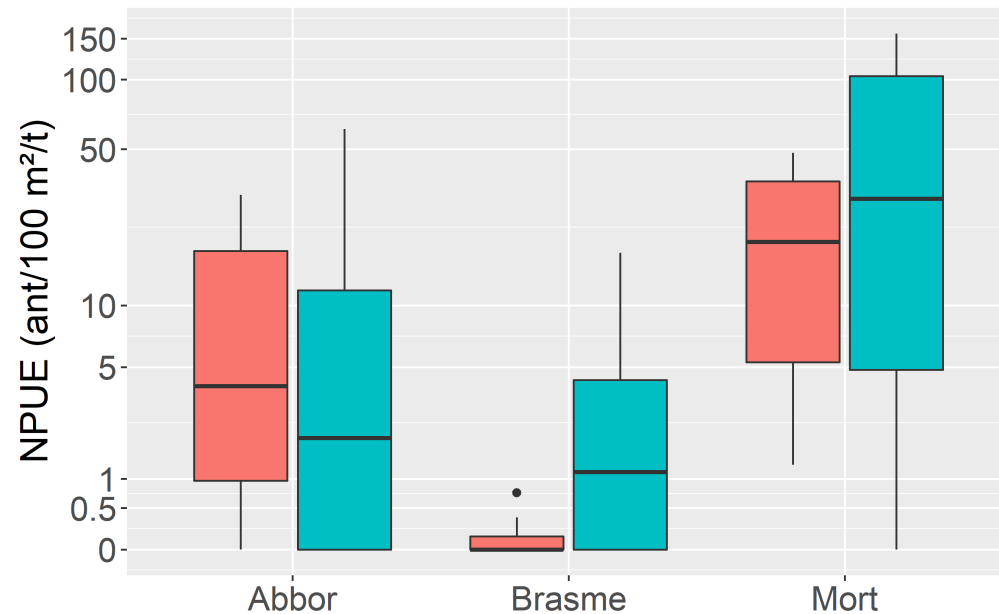
Brasme populasjonen øker – prøvofiske i 2019

- Andelen brasme har økt fra <math><0,5\%</math> i 2012 til ca 5 % i 2019

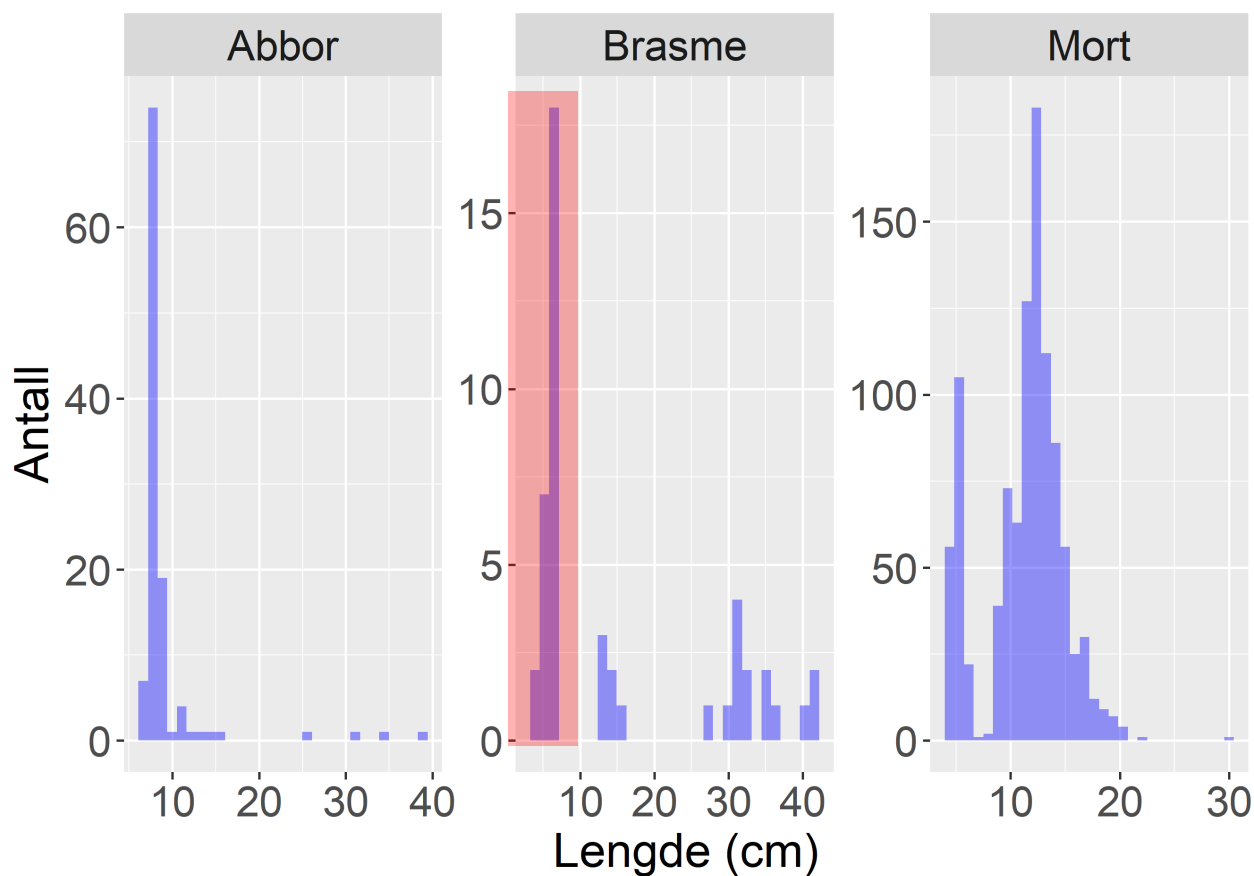
● 2012 ● 2019



■ 2012 ■ 2019



Andel brasme har økt, sterk årsklasse
på gang:
tiltak besluttet gjennomført



Reguleringsfiske a la Per-Arne Holt-Seeland

2020



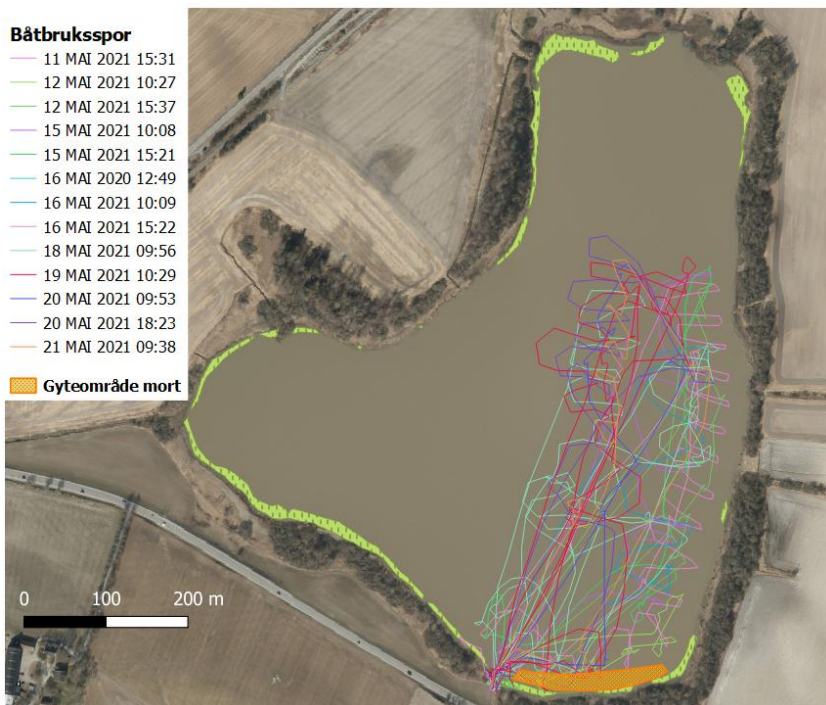
2021



Reguleringsfiske (2021-2023)

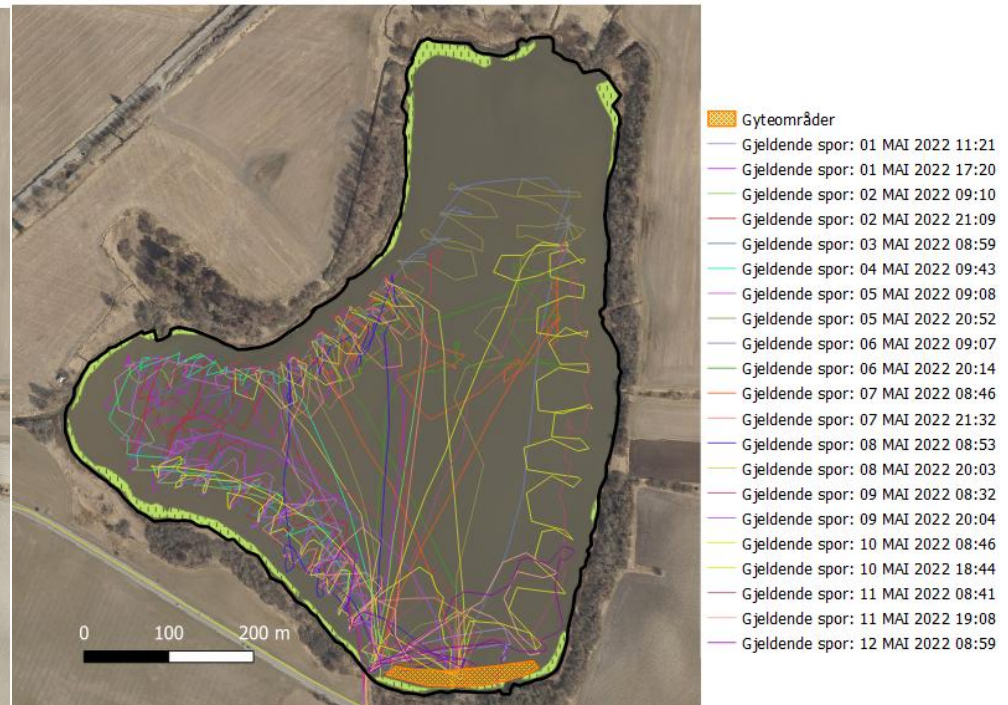
- Tar ut mort og brasme før de gyter om våren

2021



800 kg

2022



1 800 kg – ca 25 % av totalbiomassen

Forbedringer 2021->2022



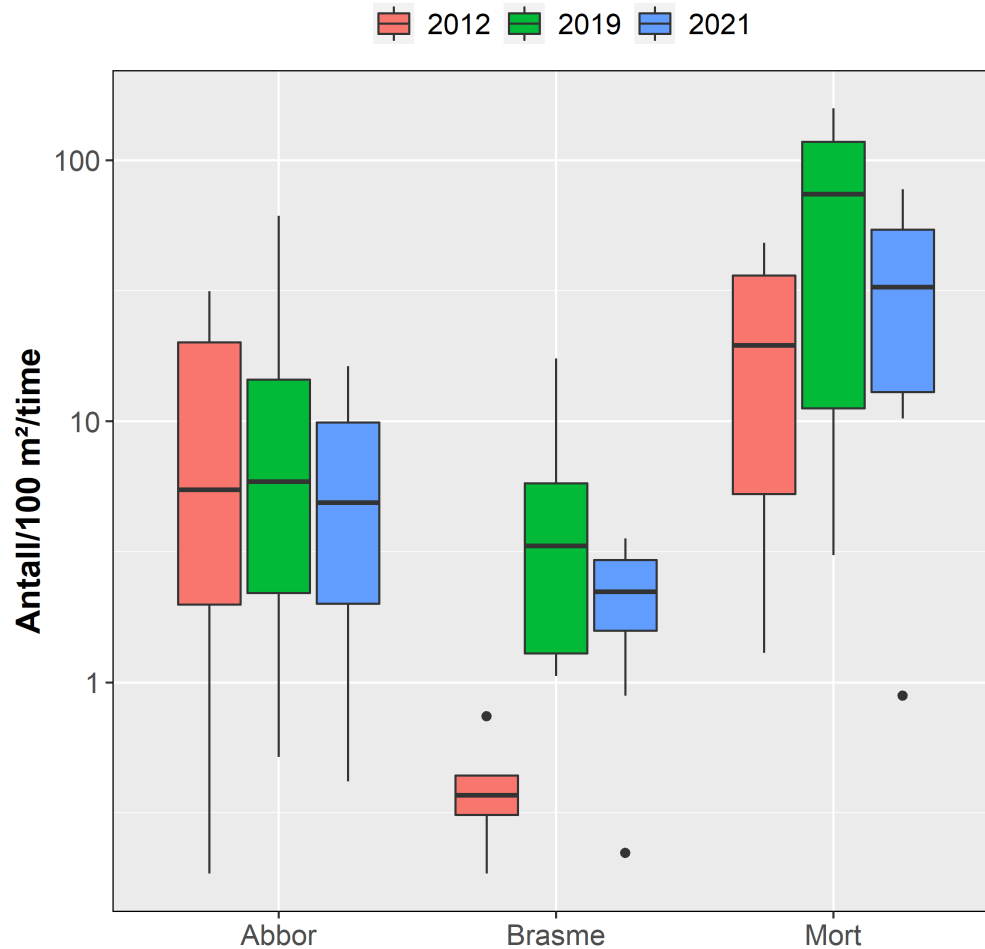
Storruse på gyteplassen sto for 1/3 av fangsten
Tar 15 min å tømme pr dag

«Koking» av garn gjør fiskeuttaket
svært mye enklere

Prøvefiskestemning fra MOP 2021 og 2022

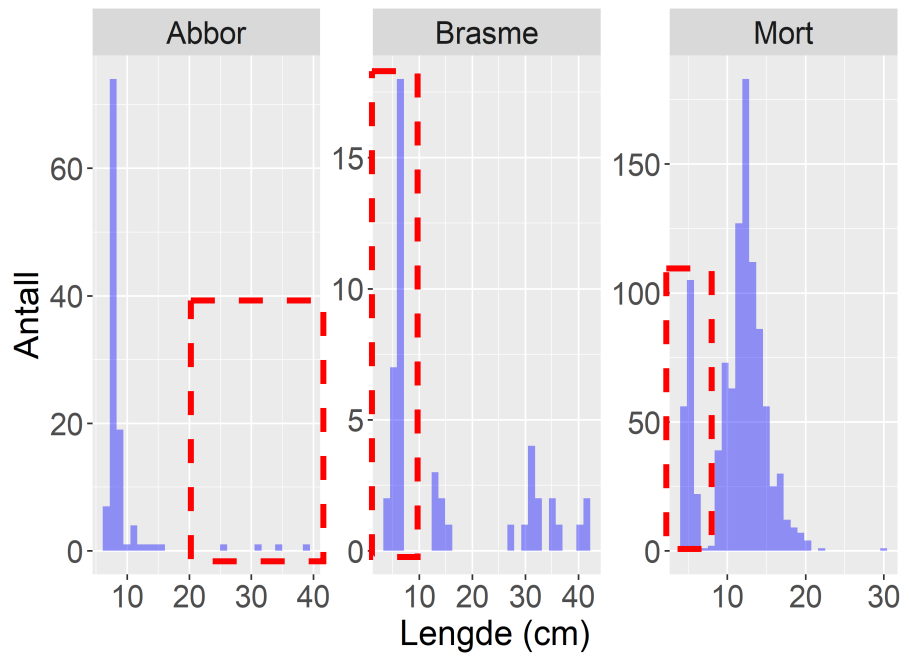


Liten endring i fangst per innsats etter 2021

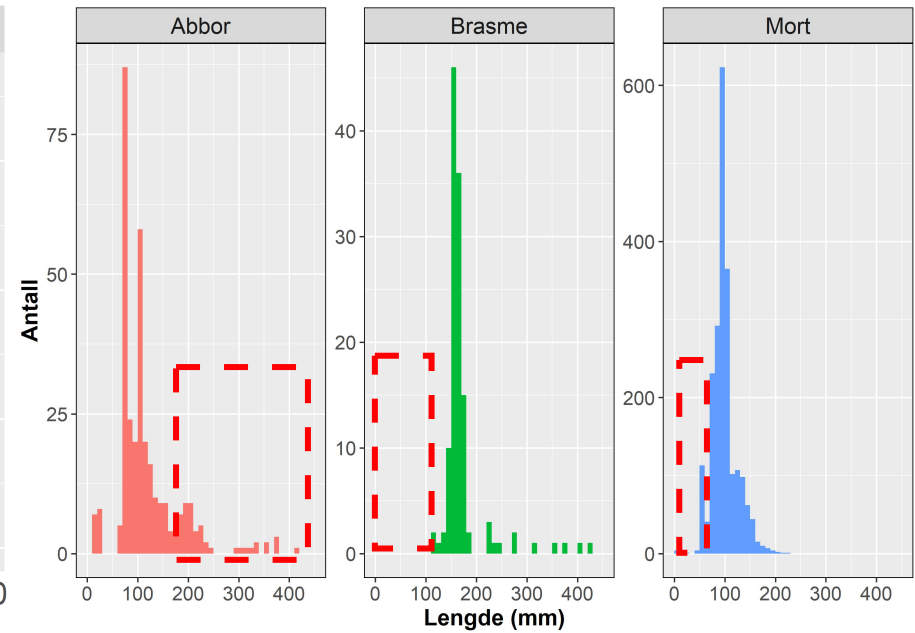


Størrelsessammensetninga endrer seg

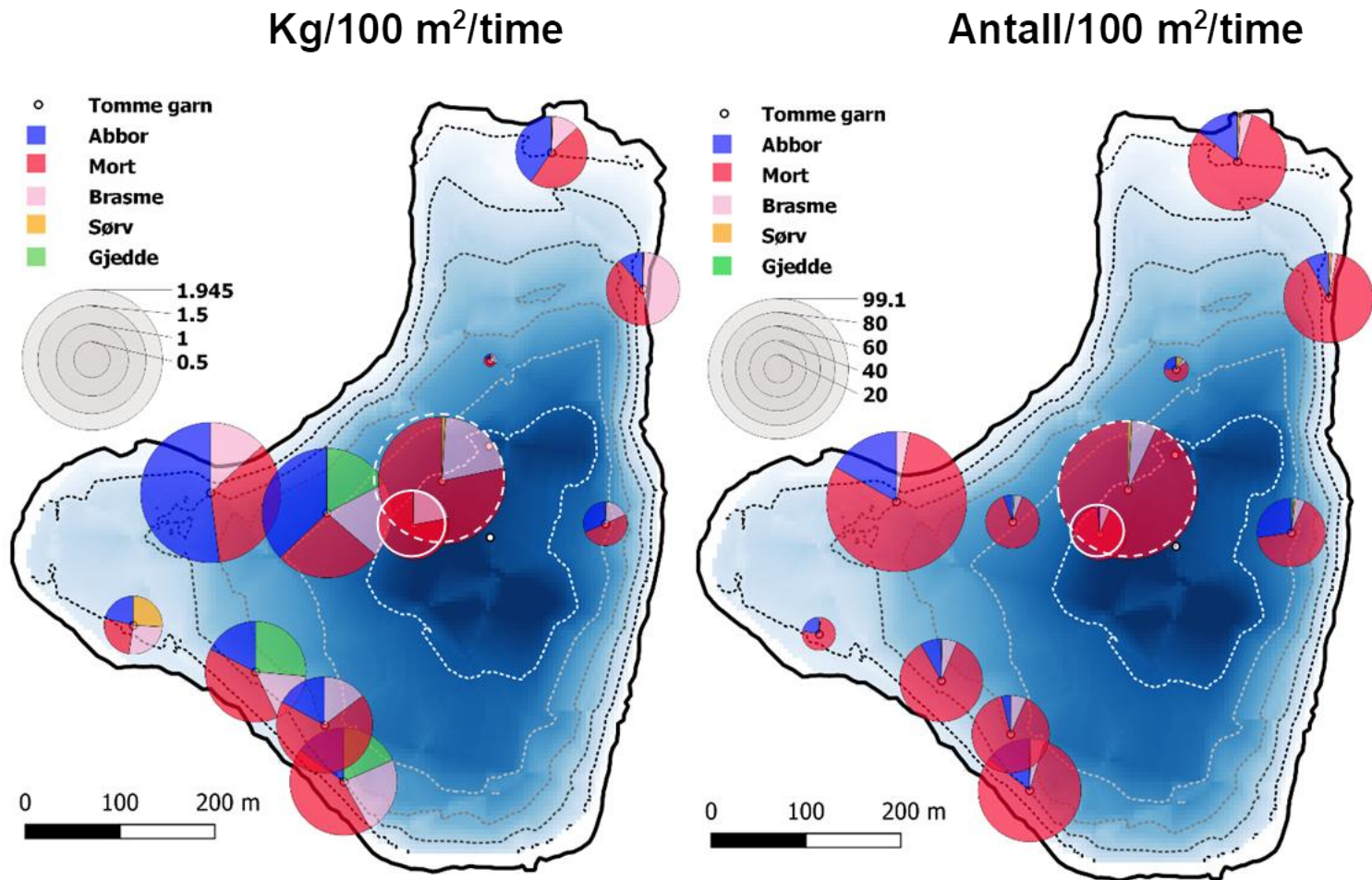
2019



2021

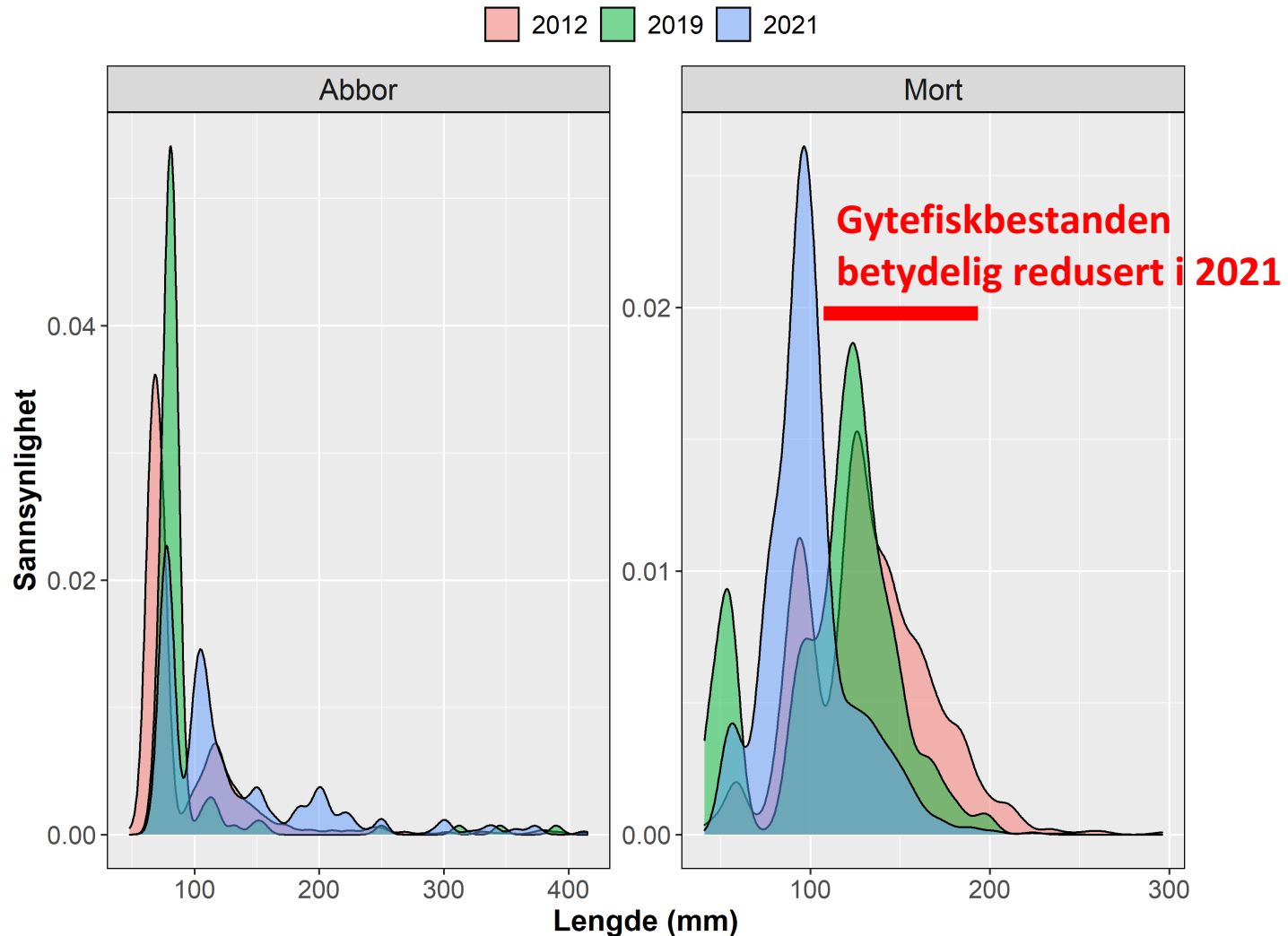


Prøvefiske 2021 - etter fiskeuttak



Artsfordeling i garn under prøvefiske 2021

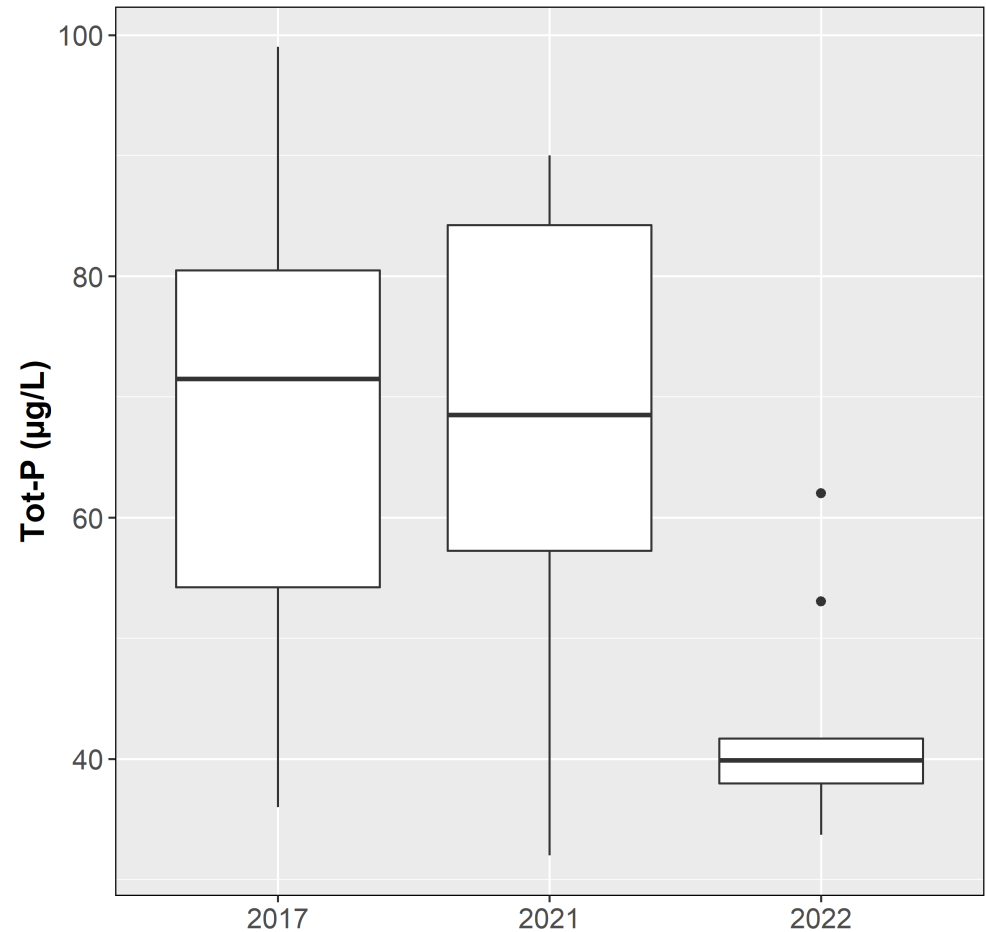
2021-uttaket endra populasjonsstrukturen hos mort



Fosforutvikling

- Veldig lave tot-P for 2022
 - Kan endre seg i sept og okt
- Vannovervåkninga til PURA viste laveste tot-P på svært lenge i 2021

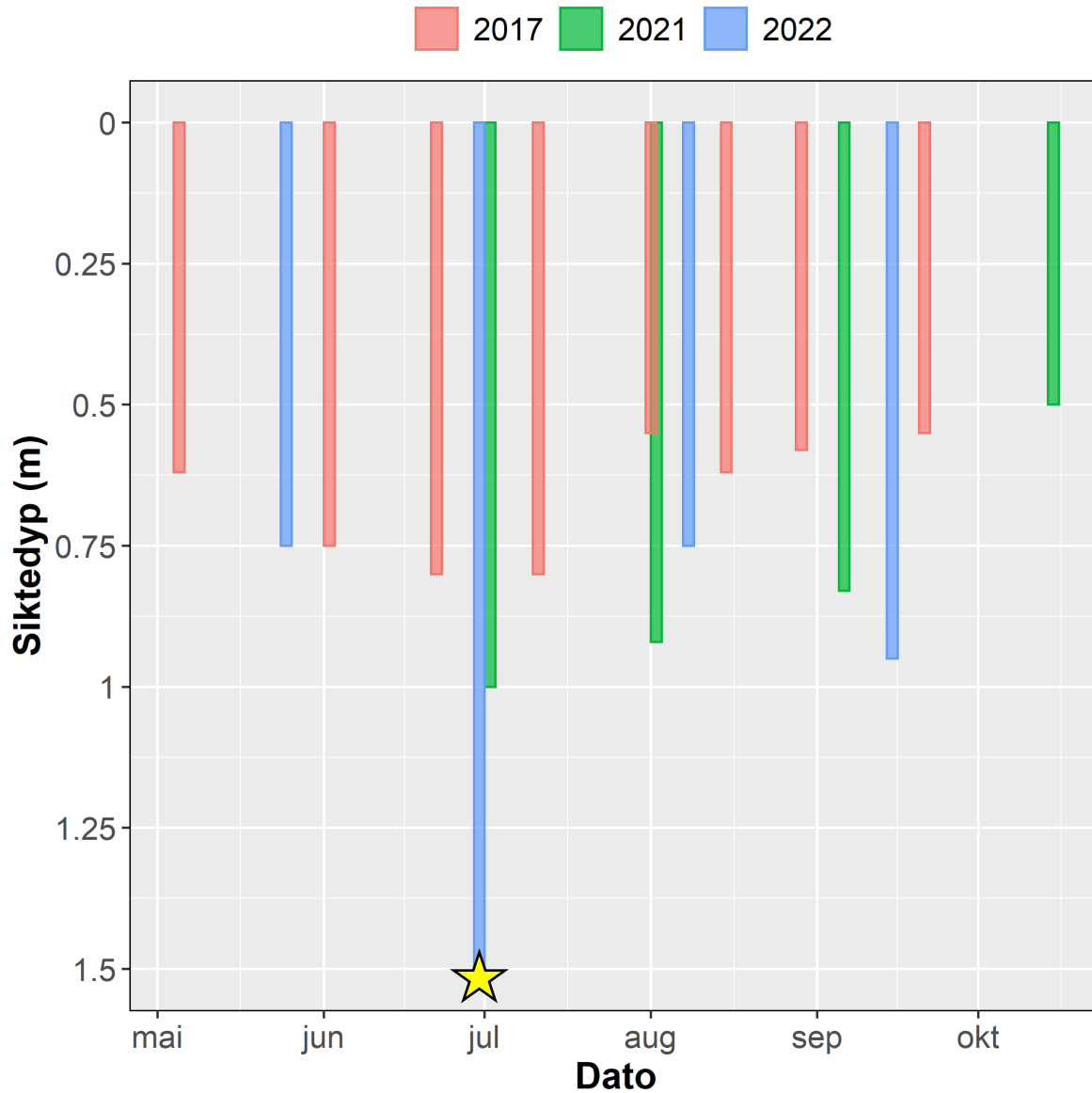
Mai-oktober (mai-august i 2022) | 0-4 m



Østensjøvann	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Totalt fosfor (µg/l)	82 (0,16)	63 (0,21)	85 (0,15)	78 (0,17)	86 (0,15)	66 (0,20)	73 (0,18)	71 (0,18)	66 (0,20)	45,3
Plantep plankton, biomasse (mg/l)	3,7 (0,34)	2,6 (0,41)	4,0 (0,32)	2,2 (0,46)	3,5 (0,35)	5,0 (0,26)	4,9 (0,27)	3,4 (0,36)	3,5 (0,35)	
Klorofyll a (µg/l)	36,2 (0,22)	37,3 (0,21)	41,0 (0,20)	23,7 (0,35)	50,3 (0,19)	41,3 (0,19)	30,8 (0,26)	24,1 (0,33)	47,7 (0,17)	

Stabell m fl 2021

Siktedjupet har blitt større



Siktedjup 30.06.2022: 1,5 m!!

Undervannsplanter må etableres for å få varig effekt av utfiske

- Må få klart nok vann til at potensielle undervannsplanter kan skyte opp fra bunnen om våren
- 2017 siktedyp var < 1 m. Dette må økes til **1,5** m for å sikre eufotisk sone til 2,5-3 m
 - Flytebladsplantene klarer i dag å etablere seg ned til 2,2 m dyp
- Utfiske vil klarne vannet, men pga den store leirpåvirkninga (>80 %) er det **usikkert om bidraget blir stort nok**
 - Dette er trolig større utfordring enn fosfornivåene akkurat nå
- Viktig å holde tilbake sedimenttilførselen – særlig på våren

Spirende grønt på bunn på 2,8 m i 2022



Viser seg å være skudd av *Nuphar sp* (gul nøkkerose)

Eufotisk sone >2,8 m!

Risikofaktorer ved biomanipulering

- Oppblomstring av store alger som zooplankton ikke klarer spise
 - Eksempel Akersvannet i Vestfold
- Oppblomstring av veldig små alger/bakterier som zooplankton ikke klarer spise
 - Picoplankton tar over (på bekostning av blågrønnbakterier)
 - «Stresset» økosystem gjør det vanskeligere å prediktere tiltakseffekter
 - Kollaps i zooplanktonsamfunnet
- Klimaendringer
 - Temperaturendringer kan endre artsinventar og økosystemprosesser
 - Økt avrenning forventes

Konklusjon/framover

- Bidraget fra mort til fosforregnskapet er ikke ubetydelig
- Bioturbasjon er trulig viktigere enn tidligere antatt (brasme)
- Vedtak om reguleringsfiske fordi brasmebestanden økte betydelig
- Stort uttak av mort og brasme i 2021 og 2022 med fokus på gytefisk
 - Fortsetter 2023
- For tidlig å konkludere om effekter, men siktedjupet har økt siste to år
 - 30.06.2022: 1,5 m!
 - Tegn på eufotisk sone til >2,8 m
- Viktig! Disse BM-tiltakene skjer parallelt med tiltak i nedbørsfeltet
 - erosjonssikring av de to store tilførselsbekkene
 - avløpstiltak i nedslagsfeltet til Østensjøvann
 - PURAs arbeid mot Statens vegvesen og Bane Nor ifm ny E18-trase



For og mot fiskeuttak som metode

For

- Nedbeita zooplanktonsamfunn (småarter/småformer)
- Betydelig «utpumping» av fosfor fra litoral til pelagial av mort
- Bioturbasjon fra brasme er en usikkerhet
- Fravær av undervannsvegetasjon
- Lav grad av kjemisk indusert lekkasje av fosfor fra sedimentene (i 2017 og 2021)

Mot

- Fortsatt stor ekstern tilførsel av fosfor/næringsalter
- Lav lysgjennomtrenging er i stor grad styrt av leirpartikler
- Planlagte tiltak/utbygginger i nedbørsfeltet i nær framtid
- Ikke risikofritt – særlig i en tid hvor økosystemene i området er «stressa»