

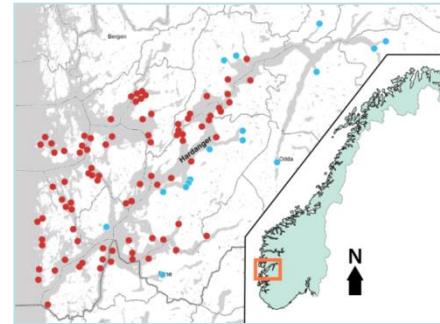
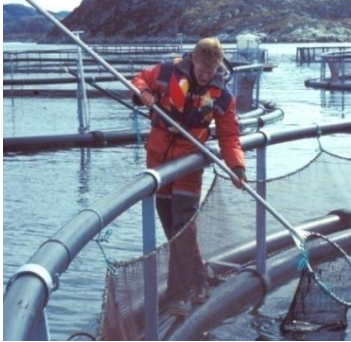
# Havforskningsinstituttets arbeid med lakselusovervåkning og rådgiving samt utvikling av "bærekraftsmodell" ius 2010-2017



Pål Arne Bjørn (koordinator)



# grenseverdi tar ikke hensyn til områdebelastning



overvåkning vill laksefisk – ikke tilstrekkelig for forvaltningstiltak

Behov for ny modell for adaptiv risikobasert overvåkning og områdebelastning

Opinion

Cell

## Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring

David B. Lindenmayer<sup>1</sup> and Gene E. Likens<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fenner School of Environment and Society, The Australian National University, Canberra, ACT 0200, Australia  
<sup>2</sup>Cary Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, NY 12548, USA

Long-term research and monitoring can provide important ecological insights and are crucial for the improved management of ecosystems and natural resources. However, many long-term research and monitoring programs are either ineffective or fail completely owing to poor planning and/or lack of focus. Here we propose the paradigm of adaptive monitoring, which aims to resolve many of the problems that have undermined previous attempts to establish long-term research and monitoring. This paradigm is driven by tractable questions. This paradigm is driven by tractable questions. An adaptive monitoring framework enables monitoring programs to evolve iteratively as new information emerges and research questions change.

### Why long-term ecological research and monitoring are needed

Ecologists and managers of natural resources readily acknowledge the importance of long-term research, which often includes monitoring, for the improved understanding and management of complicated ecological systems. Long-term data are important for many reasons, including evaluating responses to disturbances such as climate change or experimental manipulations, providing baselines to evaluate change, and detecting and evaluating changes in ecosystem structure and function, as can occur in response to management interventions.

Numerous scientific articles, books, management plans and other documents have been written about the need to do long-term research and monitoring (e.g. 11–13). Although there have been some successful long-term ecological research and monitoring programs (e.g. 12–16; Box 1), there is also a prolonged history of poorly planned and unfocused monitoring programs that are either ineffective or fail completely (17–19).

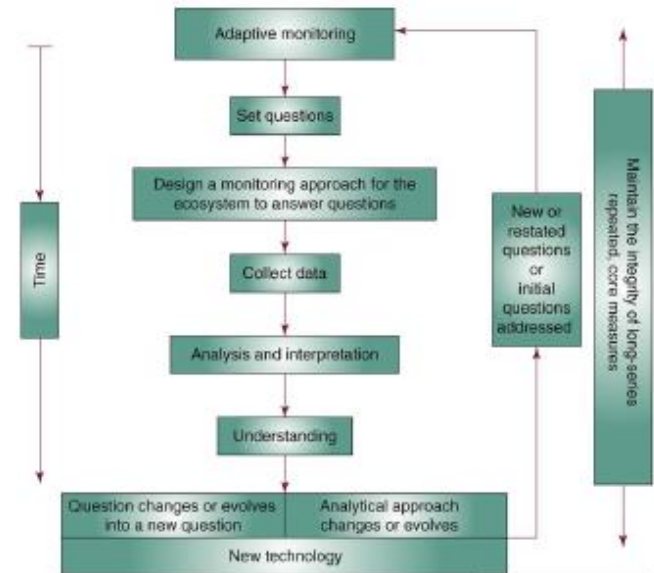
Here we briefly outline some of the deficiencies in long-term research and monitoring programs. Then, based upon our collective experience spanning 70 years in establishing natural-resource monitoring programs, we propose a new paradigm, adaptive monitoring, to resolve some of the problems underlying poorly planned and unfocused monitoring programs.

Perceived and real problems in long-term research and monitoring  
Monitoring programs often have a bad reputation (10), and many fail. Norton (18) described how nearly half of all the monitoring programs undertaken in New Zealand went unreported, indicating that the failure rate can be high. Some members of the scientific community have traditionally viewed monitoring as a management activity that is unrelated to scientific research (e.g. Ref. 19). However, many other authors, including us, have argued that well-motivated and well-resourced monitoring is an important component of long-term scientific research programs and, as such, is very useful to natural resource managers and policy-makers (8,10,21). As we argue here, the features of good science and, hence, good research are often the same features that characterize good monitoring and good environmental management.

Many factors have undermined the credibility of long-term research and monitoring programs. Here we outline what we consider to be three of the key ones. First, they have often been driven by some short-term funding opportunity or a political directive rather than being undertaken by carefully posed questions and objectives (22). Roberts (23) argued that too often monitoring has been planned backwards on the collect now (data, think later of a useful question) principle. Two examples of this are the Alberta Monitoring Biodiversity Program (24) and the Program de Recherche en Biodiversité (PRBio program) for biodiversity monitoring in southeastern Queensland, Australia (25).

A second problem (related to the first) has been that long-term research and monitoring programs have often been poorly designed at the beginning of a study. Although good design is an inherently statistical process, professional statisticians are often left out of the experimental design phases of monitoring programs. Key issues are then overlooked, such as calculations of statistical power to detect trends, the importance of contrasts between treatments (e.g. where there is a human intervention and where there is not) and the value of innovative rotating sampling to increase the number of sites in a monitoring program and improve power for detecting effects (26).

A third issue is that the design of long-term research and monitoring programs is often predated by protracted (and usually unresolved) arguments about what to monitor. One response has been to monitor a large number of things (the so-called laundry list), but resource and time constraints frequently mean that this approach is done



RAPPORT FRA HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nr. 13-2012

Veterinærinstituttets rapportserie

Nr. 7-2012

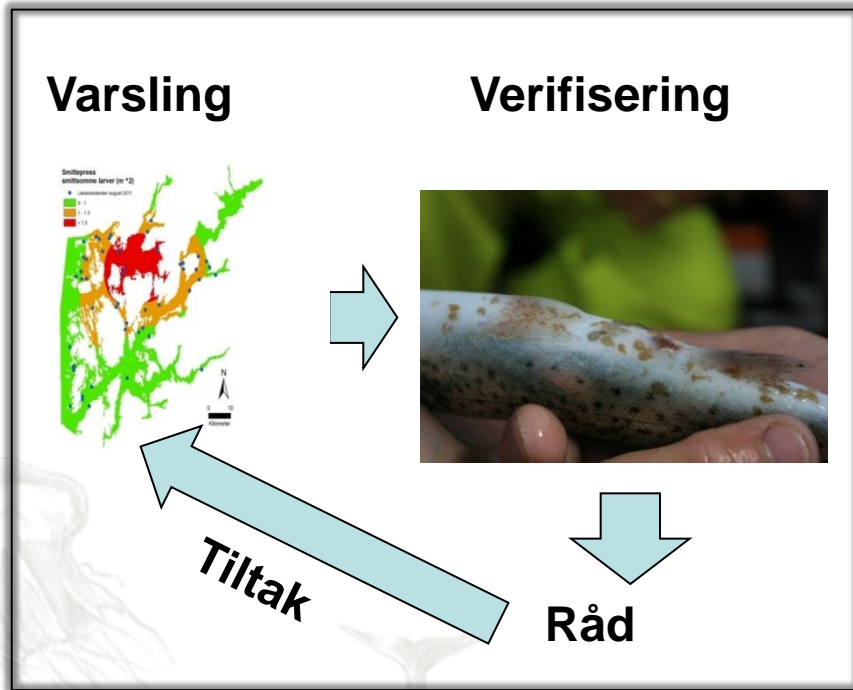
## Forslag til førstegenerasjons målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på villevende laksefiskbestander

*Geir Lasse Taranger, Terje Svåsand, Pål Arne Bjørn, Peder Andreas Jansen, Peter Andreas Heuch, Randi Nygaard Grøntvedt, Lars Asplin, Ove Skilbrei, Kevin Glover, Øystein Skaala, Vidar Wennevik og Karin Kroon Boxaspen*

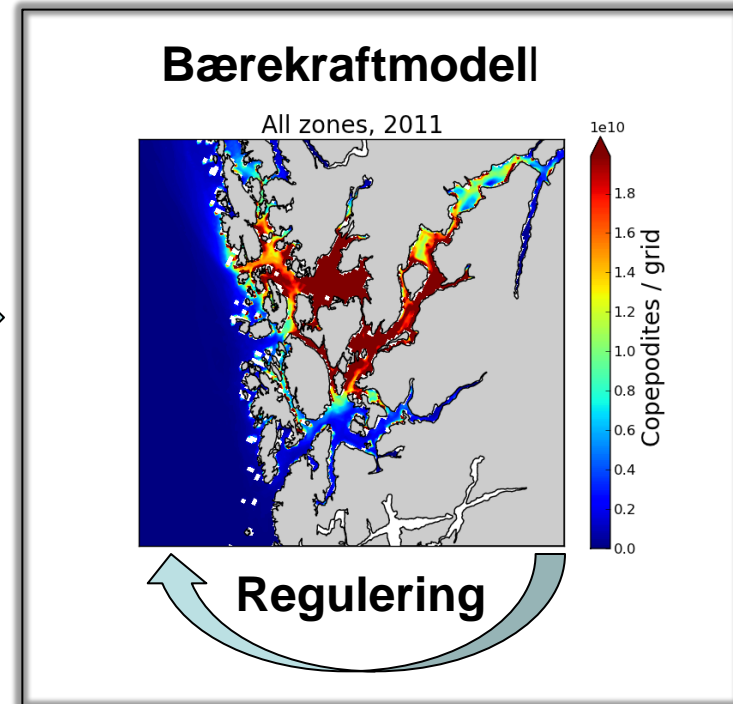


# Mål om operativt system for områdebasert “risikobasert overvåkning” i 2015 og “bærekraftsmodell” i 2017

## Fase I: 2015

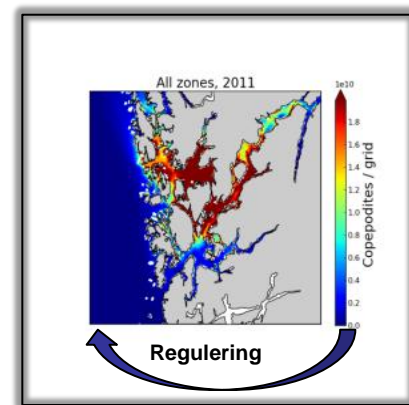


## Fase II: 2017



# ”Indikatorrapportens” handlings- og tidsplan for FoU , utvikling og operasjonisering av nytt system for rådgiving lakselus

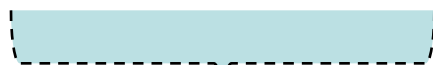
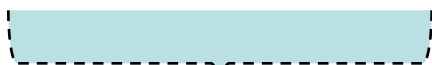
Bærekraftmodell



Uttesting av systemet med varslingsverifisering-risikovurdering i MT sonedeforskriftsomr. Hardanger og Namsen

Uttesting av operasjonelt systemet med varslingsverifisering-risikovurdering langs deler av Norskekysten, samt testing av forvaltningsråd MT (og eventuelle tiltak)

Utrulling av delvis eller helt operasjonelt systemet med varslingsindikator-tilstandsbekreftelse-råd langs hele Norskekysten



2012/2013

2014

2015

2017/18



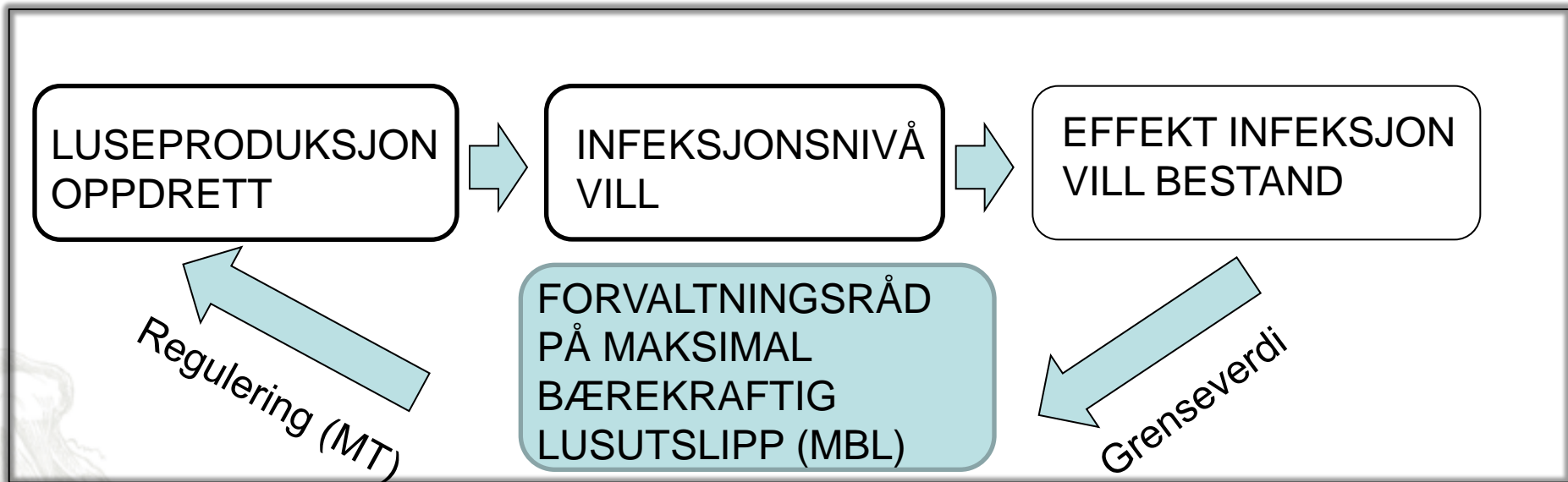
Uttesting i modellsystemer fra sør (Hardanger) til Nord (Alta)



# FOU for områdebasert forvaltningsråd i henhold til miljømessig bærekraft og miljømål

FoU Steg 1

FoU Steg 2

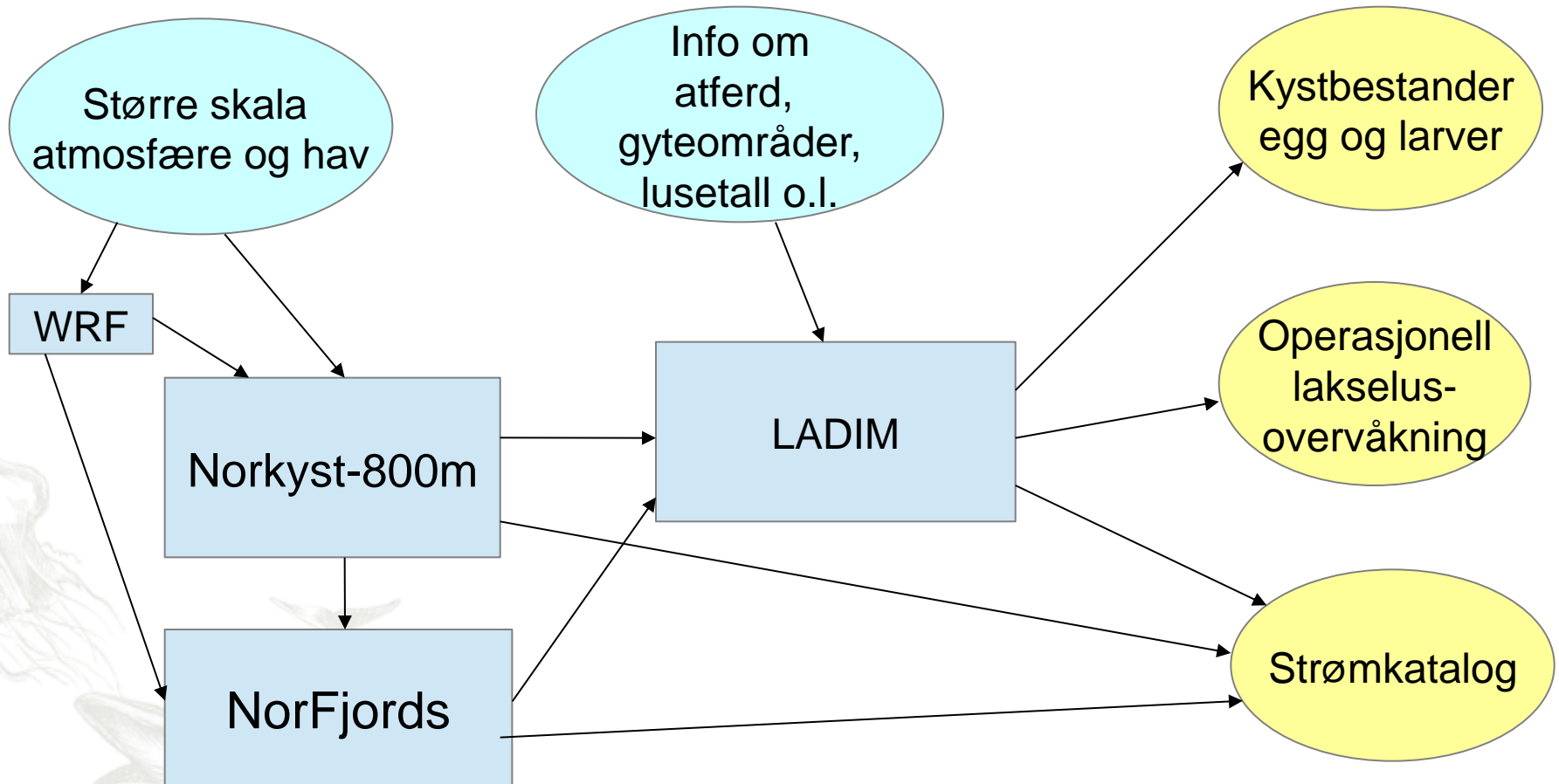


Varlingsmodell

Tilstandsbekreftelse

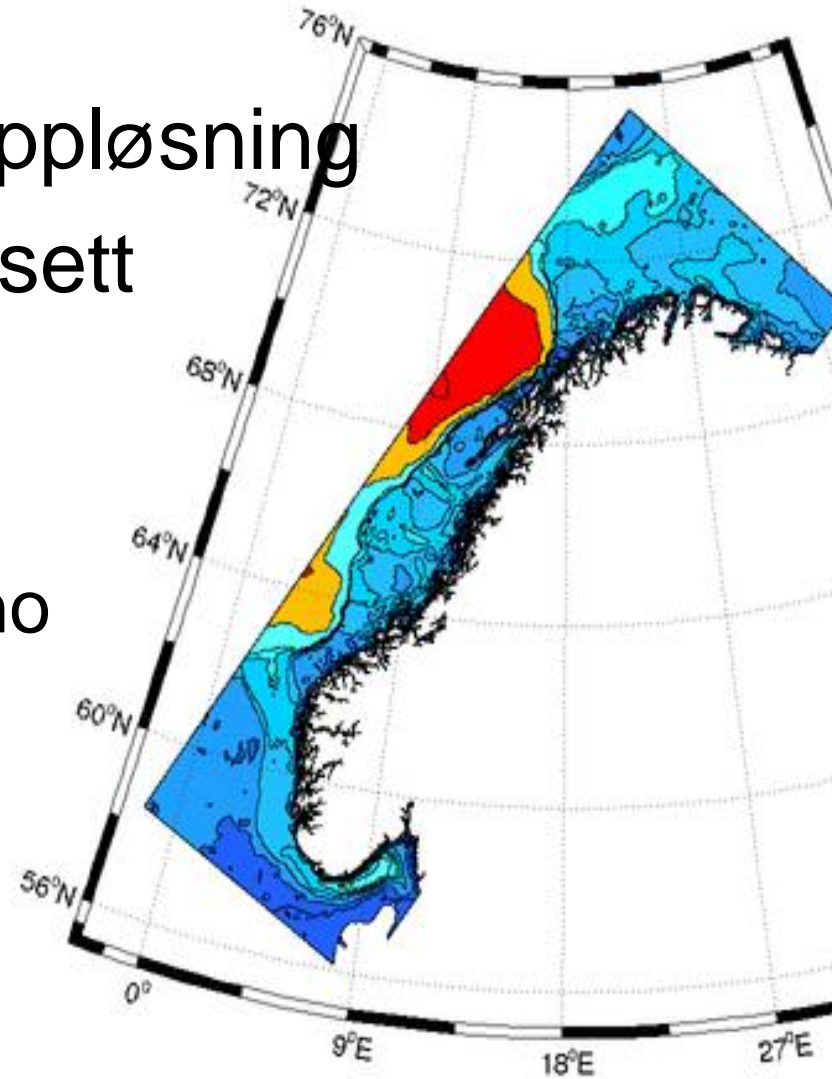


# Kystmodellsystem med inndata og produkter



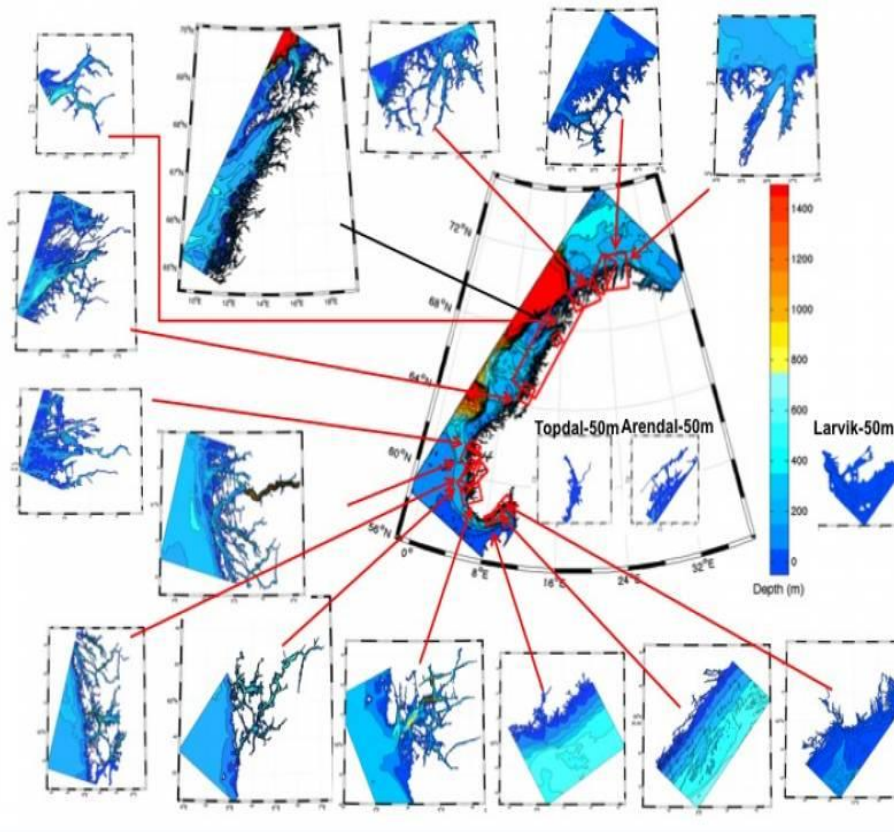
# NorKyst800

- Hele kysten, 800 m oppløsning
- Fleksibelt modell-oppsett
  - Delområder
- Nasjonalt samarbeid
  - Operasjonelt på met.no





# NorFjord200



- Oppløsning 50-200m
- **NorFjords-160m**
  - Fleksibelt opplegg
- Drivkrefter fra NorKyst-800m



# LADIM

## Lagrangian Advection and Diffusion Model

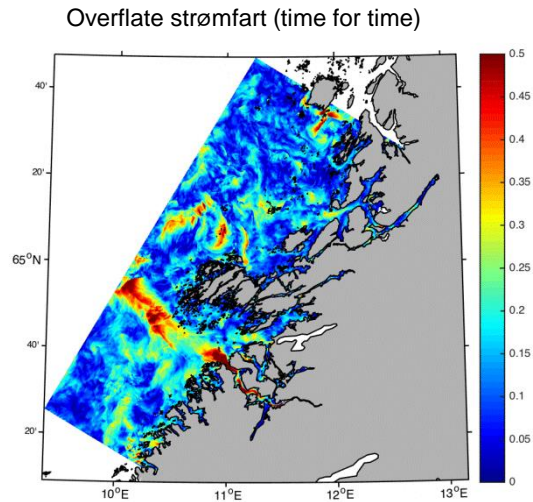
- Frittstående partikkel-transport modell
  - drift med strøm og spredning
- Inndata fra modellsimulering med ROMS
- Knagg for biologisk atferd
  - t.d. vertikalvandring



# FOU Steg 1: Modellsystem for lakselusspredning langs Norskekysten

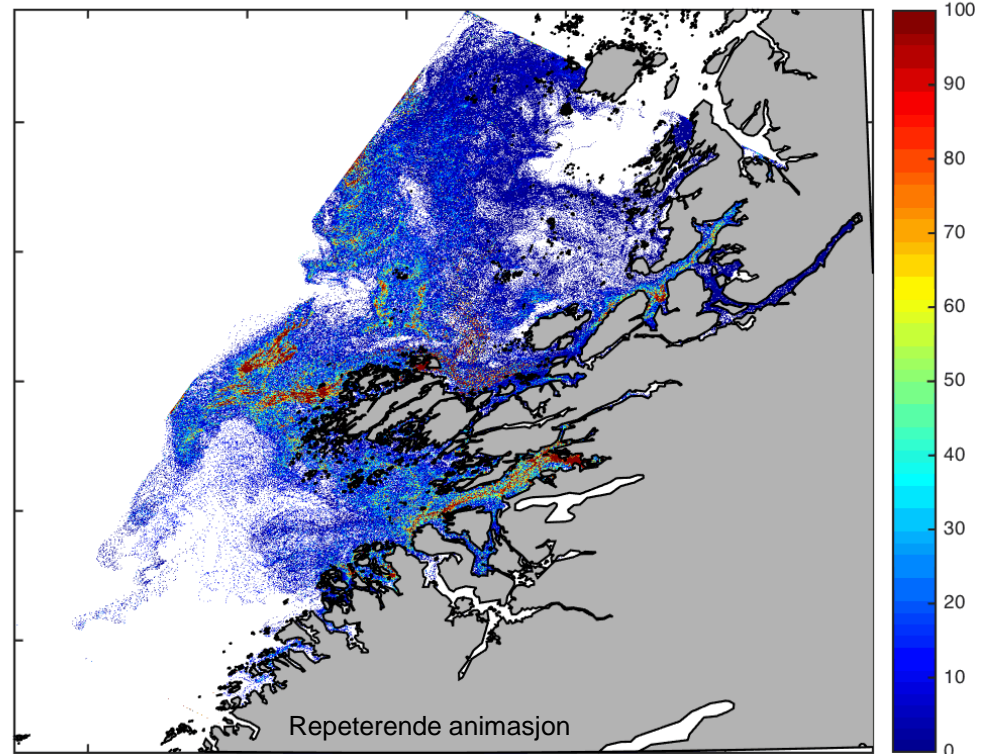
Basert på **strømmodellresultater** og **antall klekkede luseegg i oppdrettsanlegg** kan vi beregne copepoditt-tetthet i tid og rom. Vi tar også hensyn til **lakselusas adferd** i pelagisk fase (fram til ~150 døgngrader).

Copepoditter/m<sup>2</sup> (dag for dag)



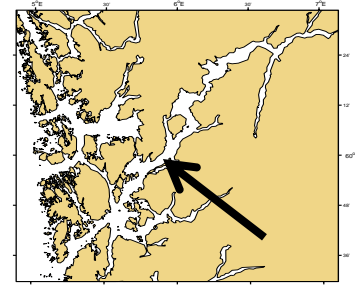
Fjordmodell, 160m oppløsning

Rørvik - Brønnøysund

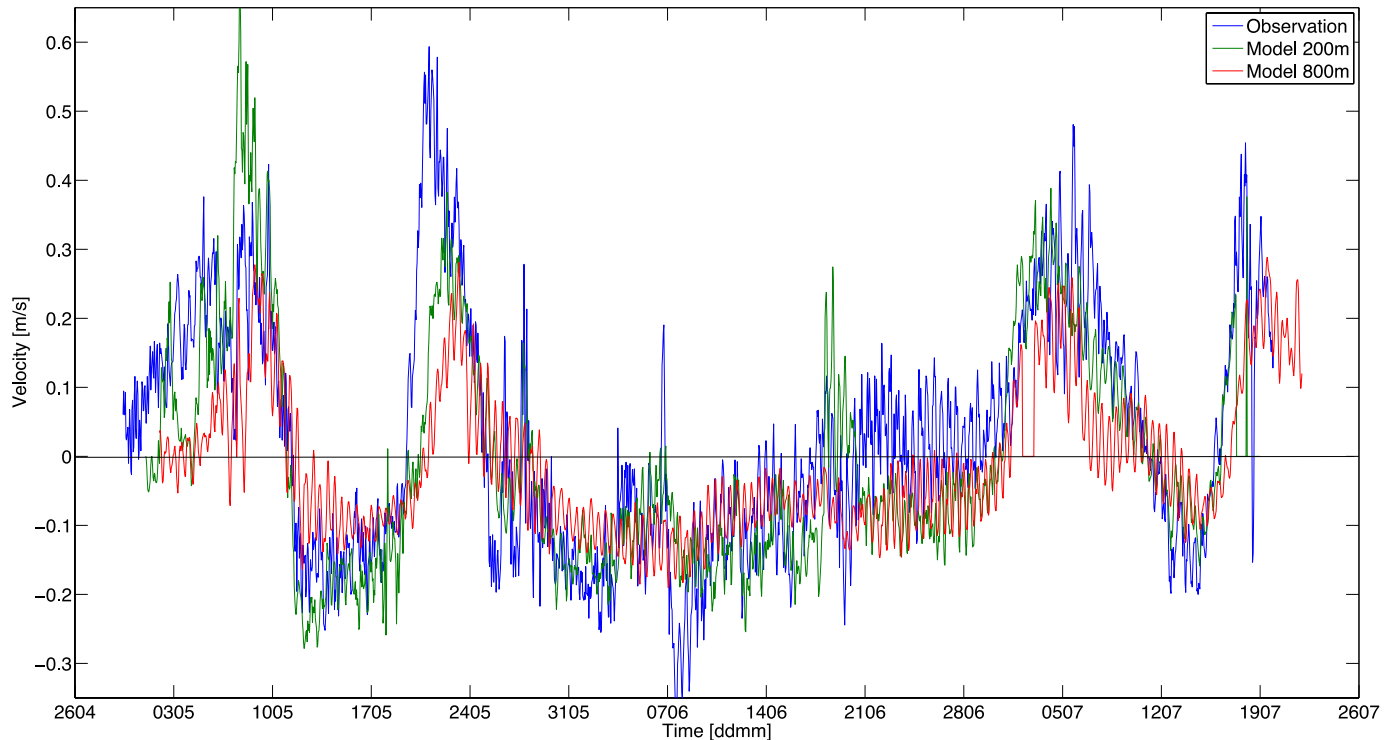


# Validering av modellresultater - fysikk

En kontinuerlig validering av modellresultater er viktig for å estimere modellenes usikkerhet.



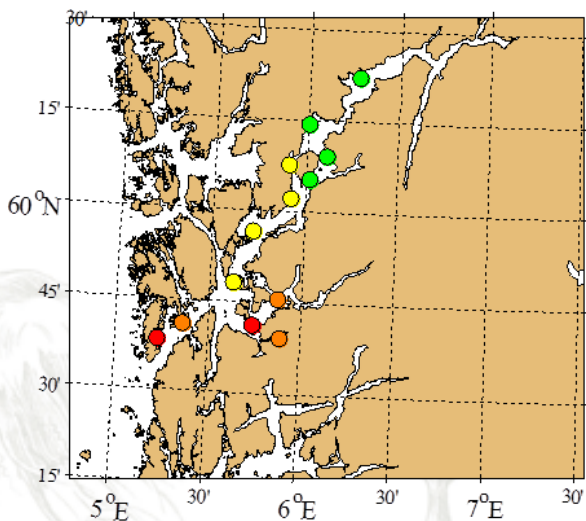
Sammenligning av resultater fra **200m modell** og **800m modell** med **strømmålinger** i Kvinnheradsfjorden:



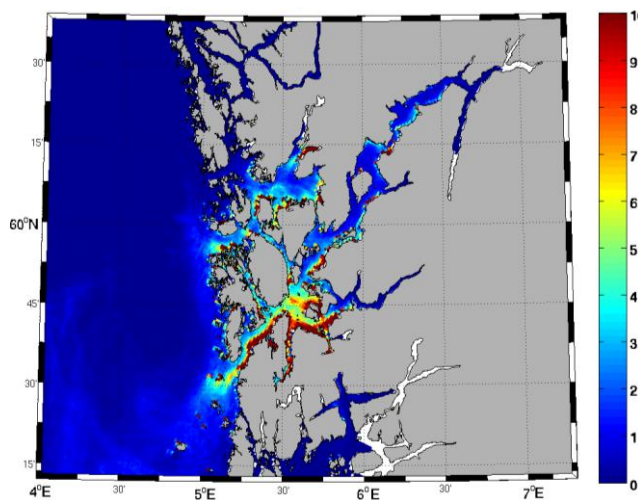
# Validering av modellresultat - lakselus

Sammenligning av modellert fordeling av smittsomme copepoditter stemmer godt overens med observasjoner i felt

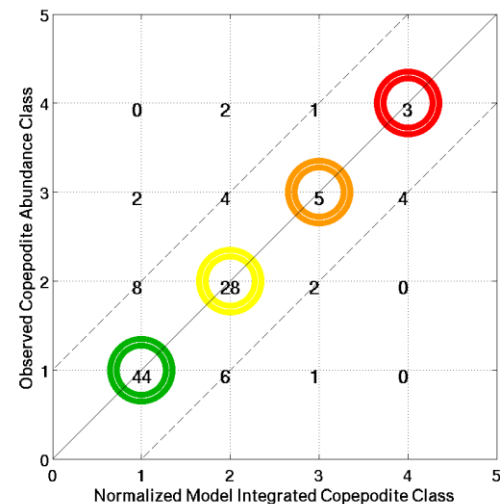
Smoltburresultater mai 2010  
(abundans, gjennomsnittlig antall lus/fisk)



Spredningsmodellresultater mai 2010  
(copepoditter/m<sup>2</sup>)



Sammenligning modell/observasjon



Data fra 2010-2014 (100 bur).  
**73% treff i samme klasse.**

(Grønn: 0-1 lus/fisk. Gul: 1-5 l/f,  
orange: 5-10 l/f og rød: >10 l/f).

## Referanser:

Asplin, L., Johnsen, I.A., Sandvik, A.D., Albretsen, J., Sundfjord, V., Aure, J. & K.K. Boxaspen. 2014. Dispersion of salmon lice in the Hardangerfjord. *Marine Biology Research*, 10:3, 216-225, DOI:10.1080/17451000.2013.810755.

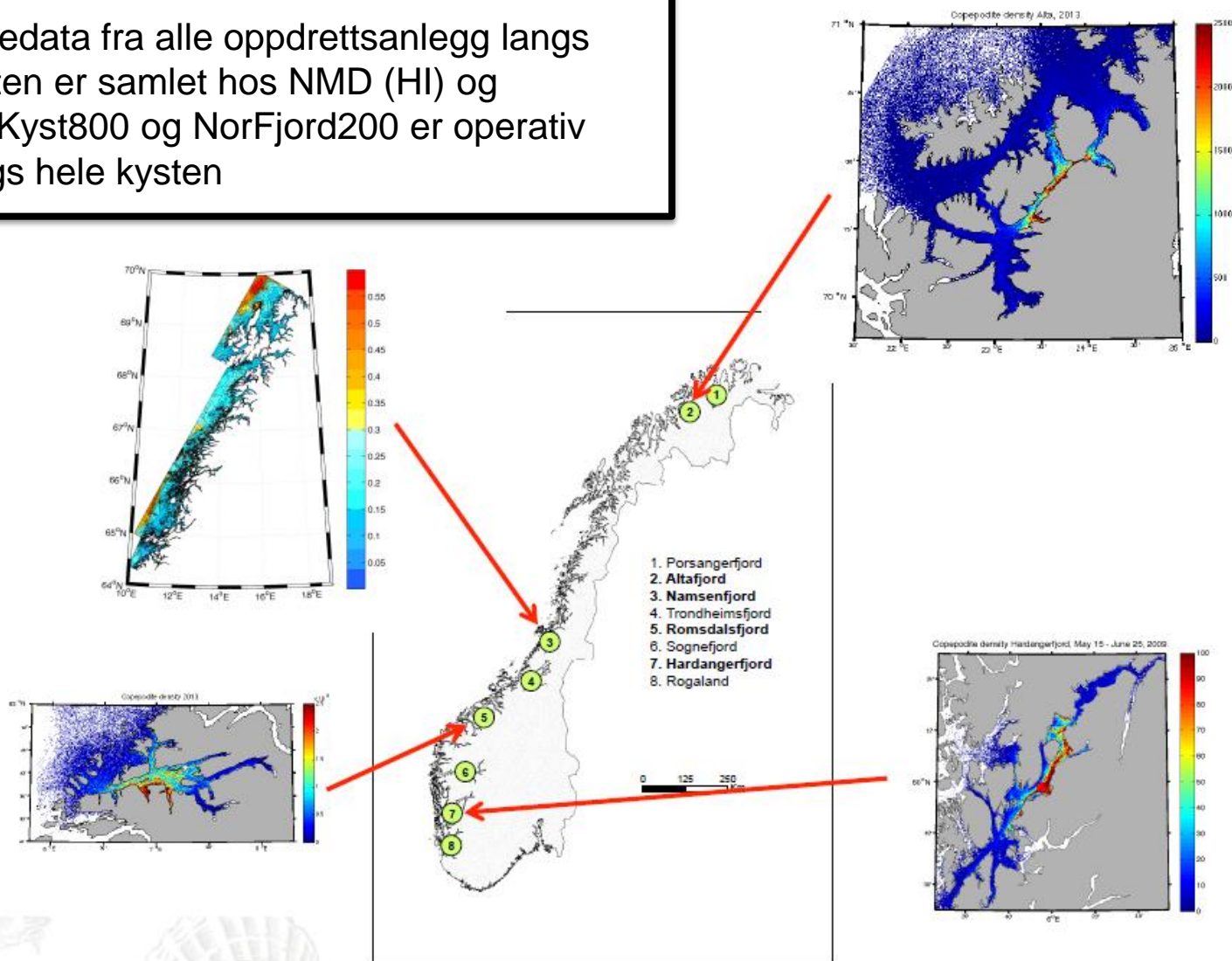
Johnsen, I.A., Fiksen, Ø., Sandvik, A.D., Asplin, L., 2014. Vertical salmon lice behaviour as a response to environmental conditions and its influence on regional dispersion in a fjord system, *Aquaculture Environment Interactions*, 5, 127-141. DOI: 10.3354/aei00098.

Taranger m. fl., 2014. Risikovurdering norsk fiskeoppdrett 2013. *Fisken og havet*, særnummer 2-2014. 156 sider.



# Varslingsmodell for hele Norskekysten: varslingsindikator

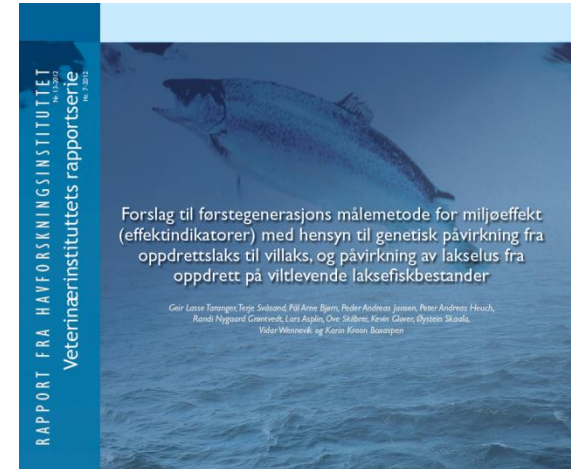
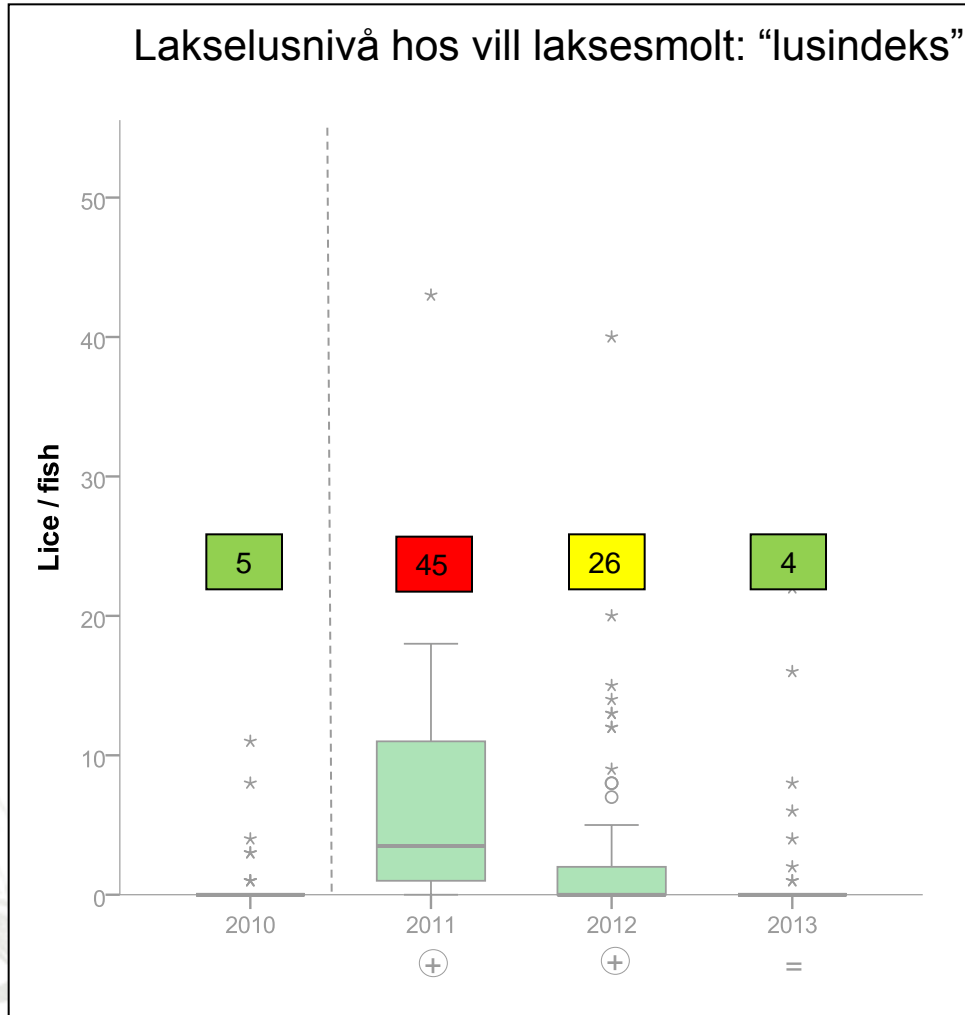
Kildedata fra alle oppdrettsanlegg langs kysten er samlet hos NMD (HI) og NorKyst800 og NorFjord200 er operativ langs hele kysten



A close-up photograph of a fish's tail, showing the scales and the dorsal fin. The fish is resting on a white, textured surface, likely a piece of paper or fabric. Several small, light-colored, oval-shaped eggs are scattered on the surface near the tail. The background is a soft, out-of-focus blue and white.

**Økologiske effekter vill laksefisk  
kovurdering og FoU-lakselus 2013 – 201  
Aktiviteter i modellsystemet  
Hardanger/Etne  
(samt Romsdal, Namsen og Alta)**

# ► Lakselus som populasjonsreduserende faktor hos vill laks i "Hardangerfjordsystemet" 2010-2013: "lakselusindeks"



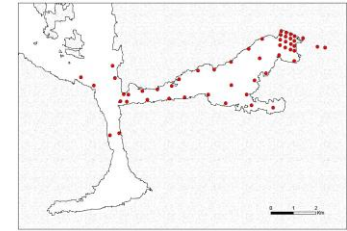
Lav (<10%)

Medium(10-30%)

Høy (>30%)



# FOU Steg 2: Fastsettelse av tålegrenser for lakselus – optimalisering av "luseindeks"

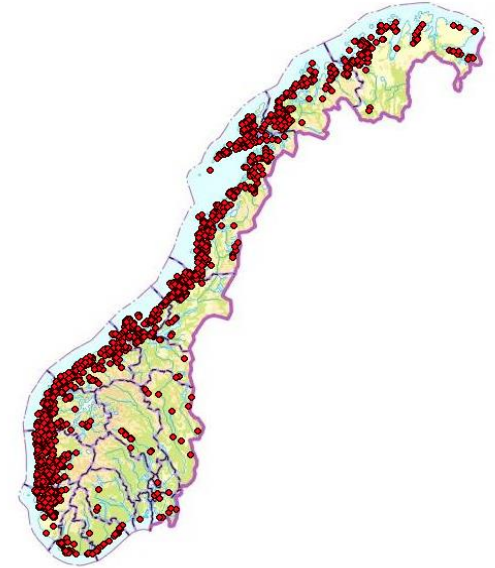


# Feltarbeid langs hele Norskekysten: *tilstandsbekreftelse*



# Et operasjonelt system for å Vurdere infeksjonstrykk fra lakselus

HI har ansvaret for å gi råd til forvaltninga om lakselus som populasjons reduserende faktor hos vill laksefisk



Fra og med 2015 vil HI gjennomføre operasjonell overvåkning av infeksjonstrykket fra lakselus:

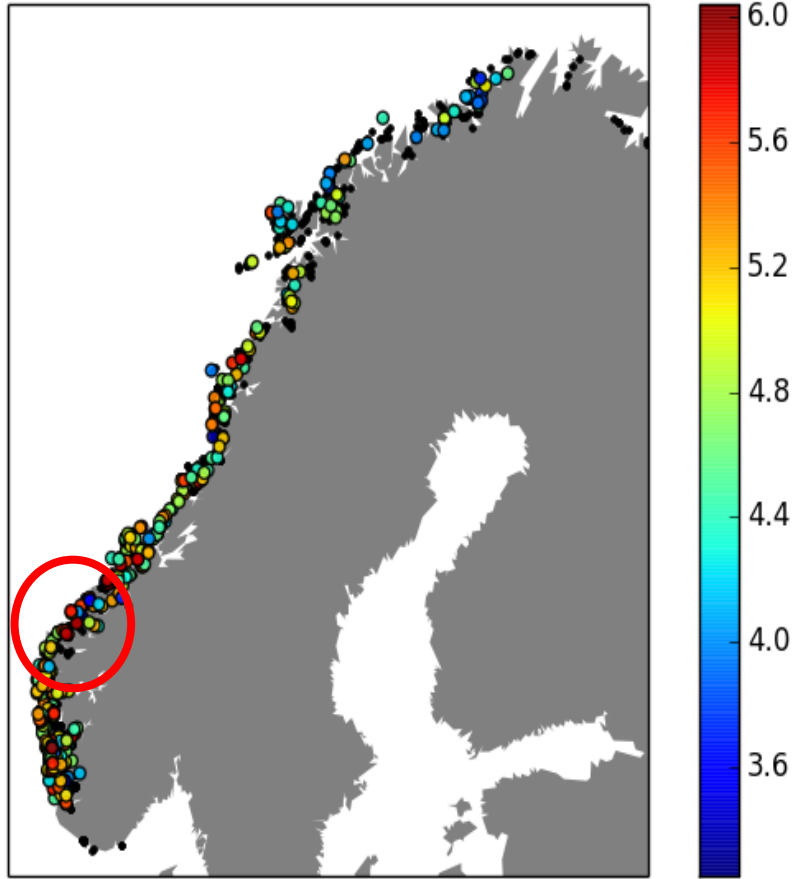
1. Beregning av larve produksjonen fra alle anlegg langs kysten.
2. Regelmessig beregninger av copepodid tetthet.
3. Detaljert beregning av copepodid tetthet i risiko områder.
4. Validering av modell resultat gjennom felt innsamling.
5. Risikovarsling/vurdering/råd til myndighetene.



I June 2014 testet vi ut prosedyren:

Overvåkning av høy-risiko-områder basert på kart av lakselusutslipp fra alle oppdrettsanlegg langs Norskekysten

2014-05-01 - 2014-06-23



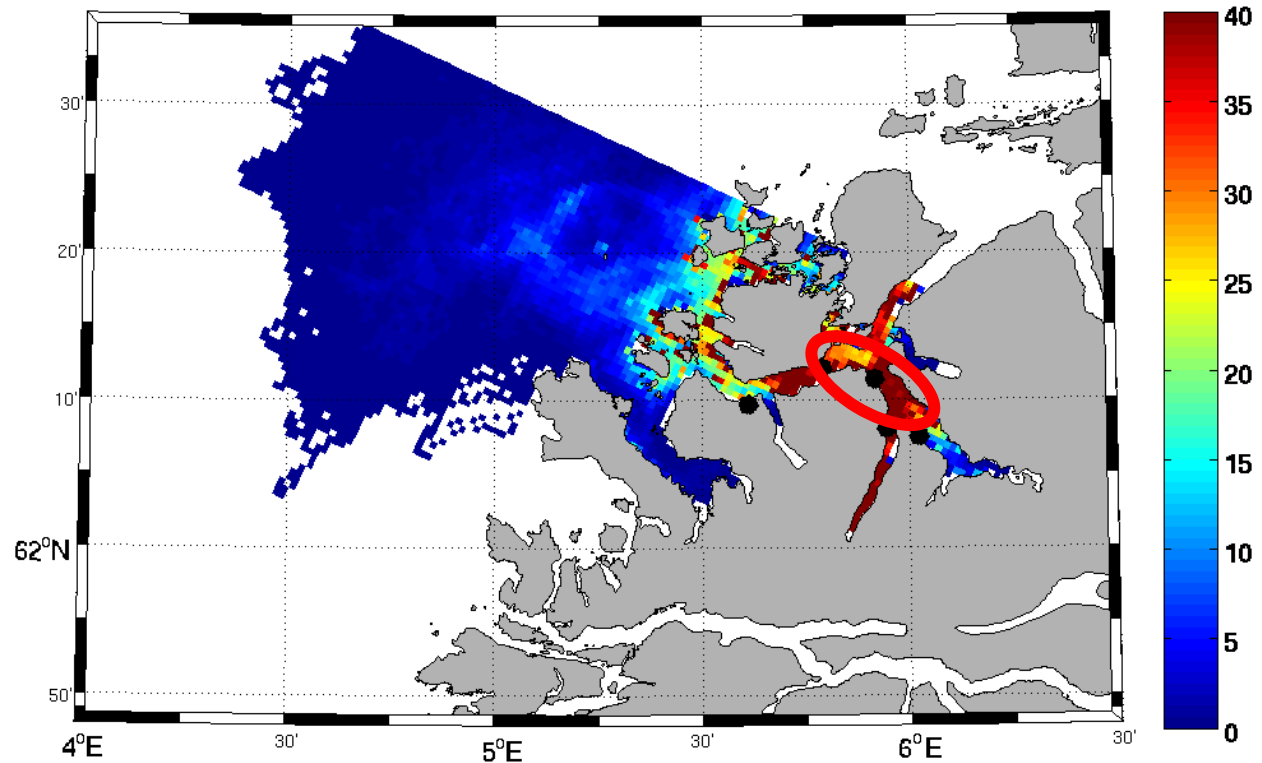
Område med høy larve produksjon



I June 2014 testet vi ut prosedyren:

Varsling av copepodid tetthet med realistisk spredning med strøm samt kildedata (lus, antall fisk, temperatur) fra oppdrettsanlegg

Copepoditetthet, 1/5 - 11/6 2014



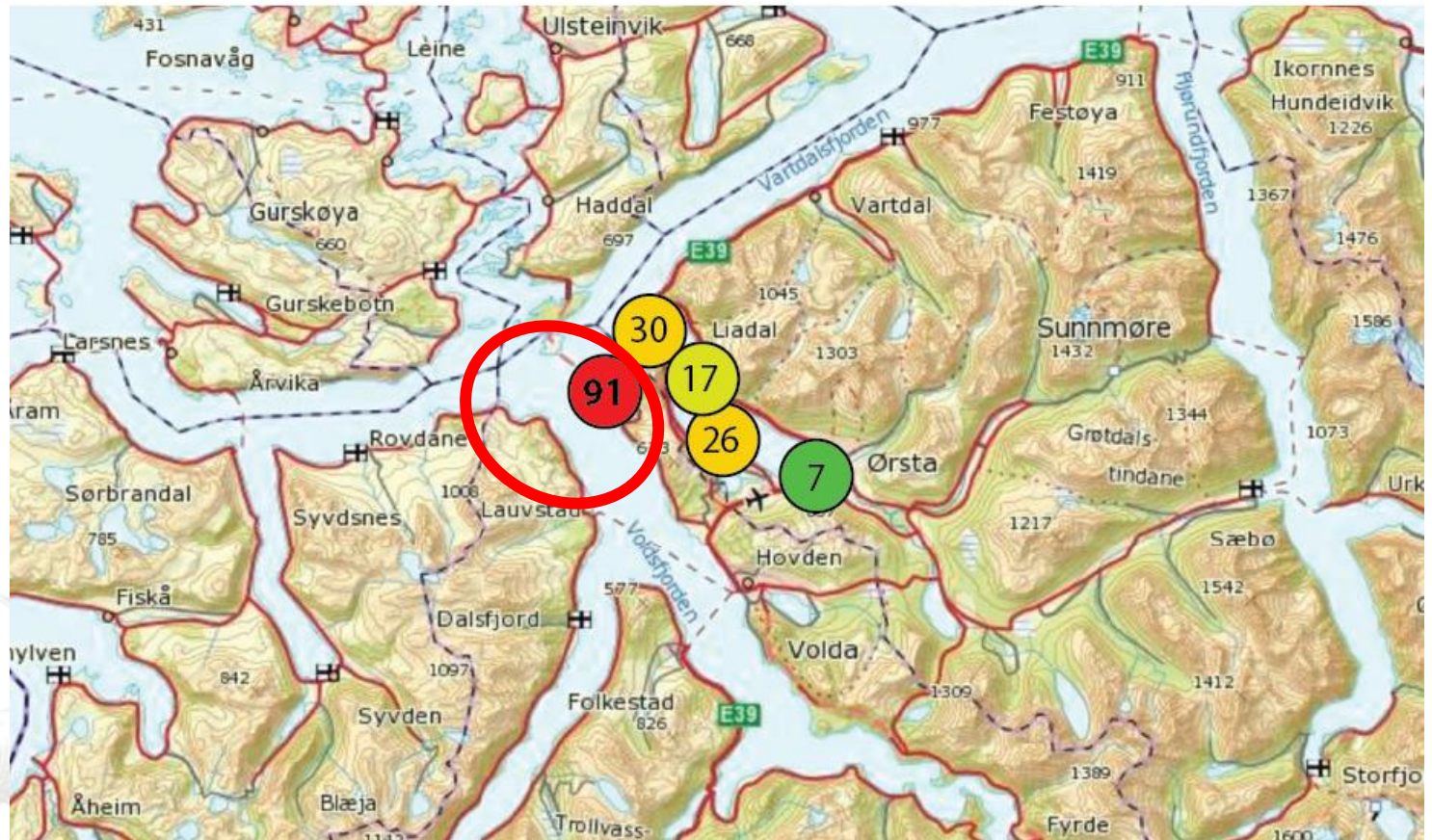
Høy tetthet  
of copepoditter  
fra modell  
simuleringer



I June 2014 testet vi ut prosedyren:

Tilstandsbekreftelse på vill sjørret for å validere "varsling" fra smittemodell

Abundance of copepodids from catch of sea trout, June 19 & 21, 2014



Svært høy  
infeksjon på  
sjørret i  
områder med  
varsla høy  
risiko



# Oppsummering: mot et modellbasert system for lakselusrådgivning

- 1) HI har bygget opp et fleksibelt modellsystem (*NorKyst800* og *NordFjord200*) av høy kvalitet for kyst og fjord.
- 2) Dette er plattformen for et operasjonelt system for å vurdere spredning, risiko og konsekvens av lakselusmitte for anlegg og vill laksefisk
- 3) Systemet er pålitelig (men trenger kontinuerlig videreutvikling, validering og vedlikehold)
- 4) Systemet kan implementeres langs hele Norskekysten allerede i 2015: varslingsindikator og tilstandsbekreftelse
- 5) Systemet kan gi forvaltninga råd om regional bærekraft knyttet opp mot produksjonsområder og "handlingsregler"

