



## Bruk av foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord

Oppfølgingsprosjekt for Fagrådet for Indre Oslofjord, 2018-2019:

**Har dypvannsfornyelsen og bedre oksygenforhold i Bunnefjorden i 2018 hatt effekt på foraminiferfaunaen på sjøbunnen?**

Av Silvia Hess (UiO), Elisabeth Alve (UiO), Jane Dolven (USN)

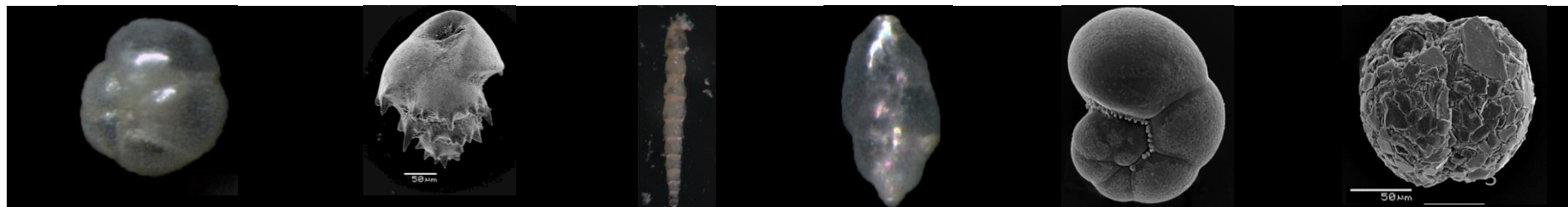
# Bakgrunn

- Fagrådet har tidligere initiert foraminiferundersøkelse i samarbeid med UiO for å definere «naturlilstanden» for Indre Oslofjord området (Dolven og Alve 2010)
- Bruk av foraminiferer for å finne *in situ* referansetilstanden/naturlilstanden er tatt inn i den nye klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2018)
- I 2017 har fagrådet i samarbeid med Norconsult og UiO testet bruk av foraminiferer som miljøindikator for vannkvalitet og levevilkår på sjøbunnen i Indre Oslofjord (Dolven, Hess, Hylland og Alve 2018)
- I 2018 begynte oppfølgingsprosjektet - “Har dypvannsfornyelsen og bedre oksygenforhold i Bunnefjorden våren 2018 hatt effekt på foraminiferfaunaen på sjøbunnen?”

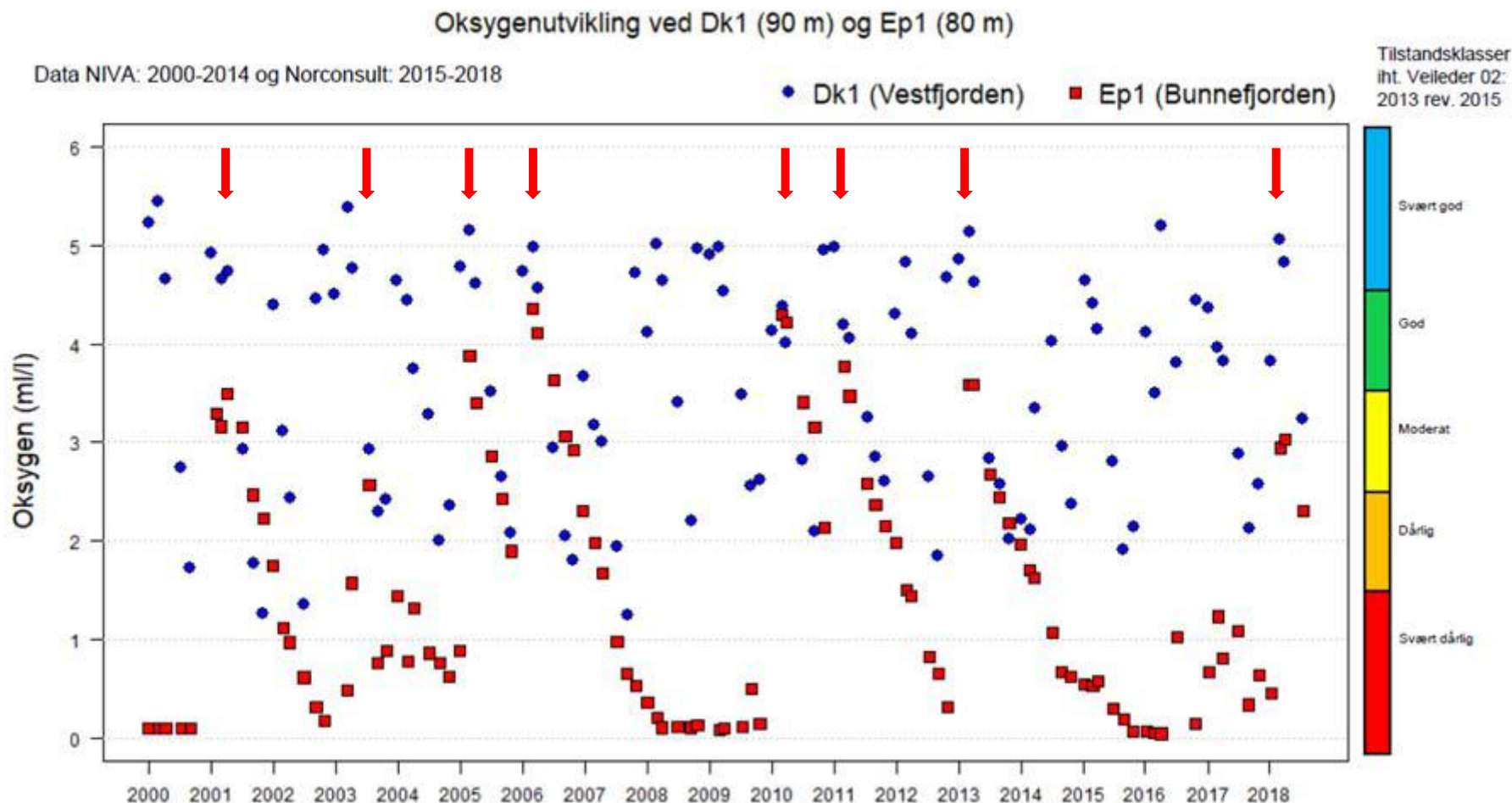
# Formål

Gjennom overvåking av Indre Oslofjord ble det våren 2018 observert en delvis bunnvannsfornyelse i Bunnefjorden:

- Har foraminiferfaunaen respondert på de forbedrede oksygenforholdene i bunnvannet i Bunnefjorden, og i tilfelle i hvilken grad?
- Er det de samme artene som opptrer eller har andre arter kommet til?
- Har den økologiske tilstanden endret seg siden 2017, da oksygenforholdene var «svært dårlige»?
- Er oksygen den viktigste faktor som styrer sammensetningen av foraminiferfaunaene i Indre Oslofjord?



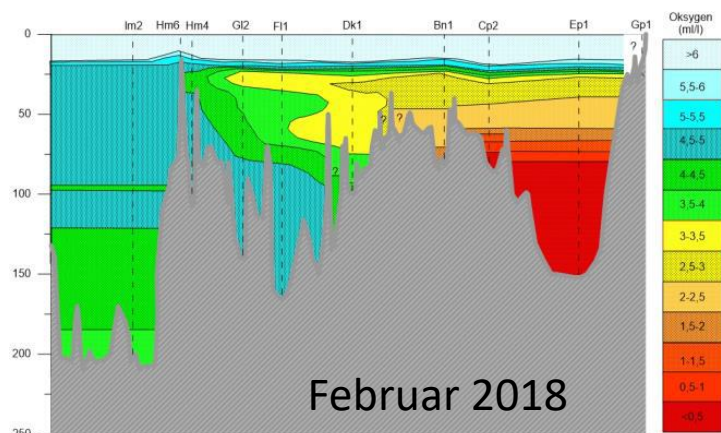
# Oksygenforholdene



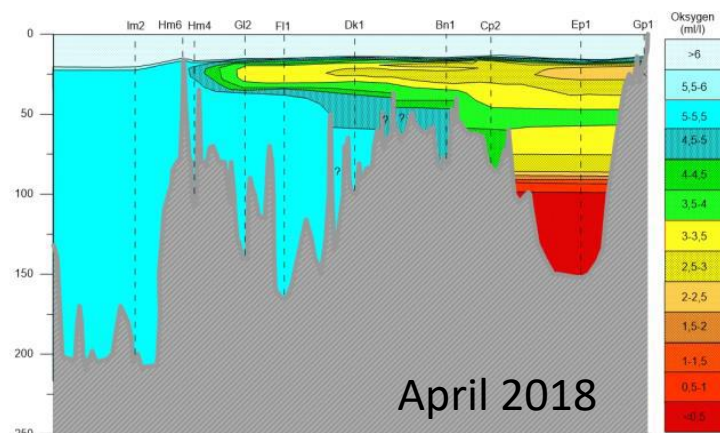
Forbedrede oksygenforhold skjer normalt hvert 3-4. år i Bunnefjorden.

En delvis dypvannsfornyelse skjedde i Bunnefjorden i våren 2018 (Norconsults toktrapport desember 2018)

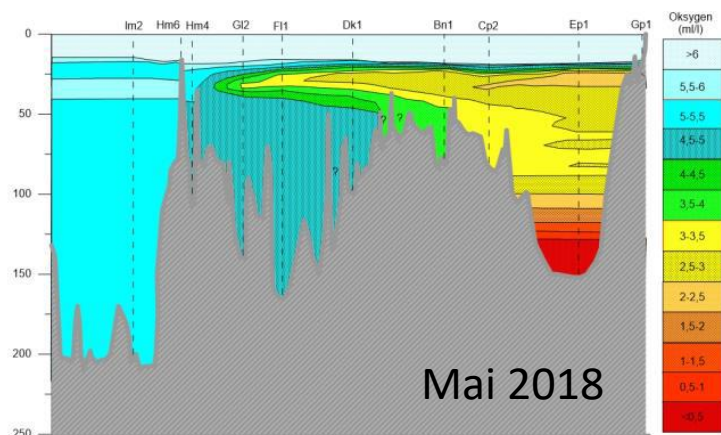
# Oksygenforholdene



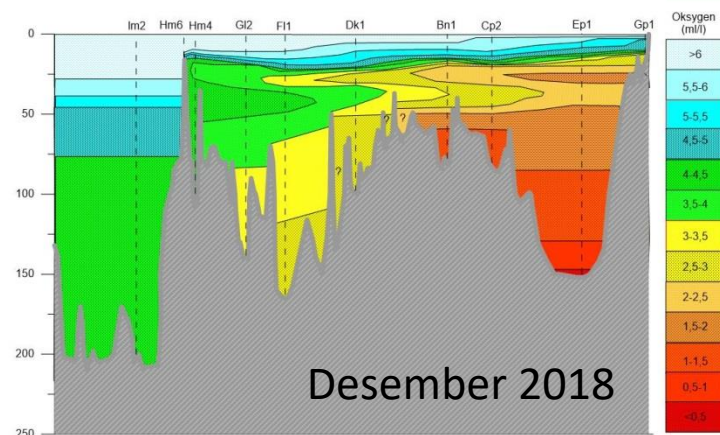
Februar 2018



April 2018



Mai 2018



Desember 2018

Oksygenforholdene i Bunnefjorden bedret seg gradvis gjennom våren 2018.

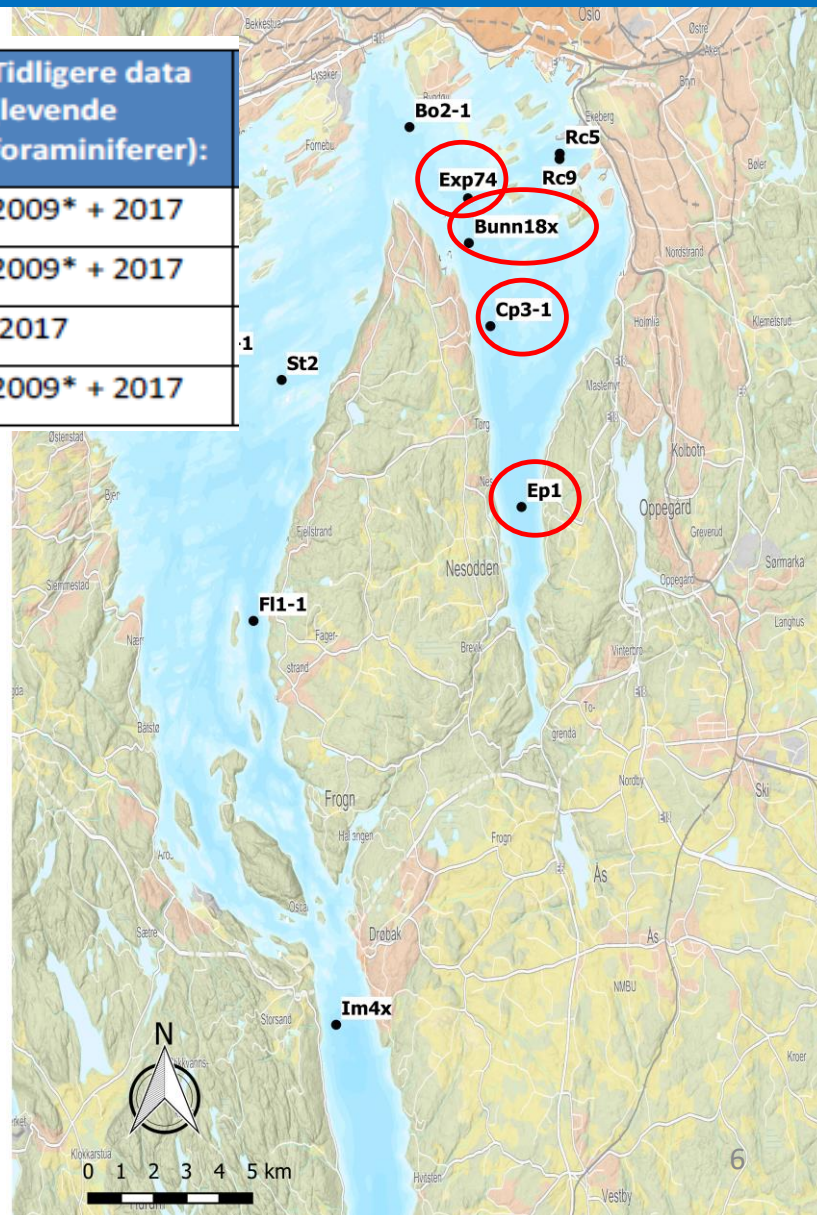
Fra mai ble forholdene dårligere; vannmassene under 70 m hadde «svært dårlig» tilstand i desember 2018 (Norconsults tokrapport Desember 2018).

# Feltarbeid

Stasjon	Området	Posisjon		Vann- dyp (m)	Tidligere data (levende foraminiferer):
Ep-1	Bunnefjorden	59.785633	10.721167	152	2009* + 2017
Cp 3-1	Bunnefjorden	59.835415	10.706800	100	2009* + 2017
Bunn 18x	Bunnefjorden	59.858345	10.696233	83	2017
Exp74	Bunnefjorden	59.870621	10.696380	74	2009* + 2017

På hver stasjon ble det samlet inn:

- Hydrografiske data fra CTD
- 4 replikater til levende (ETOH/rB-fargede) foraminiferanalyser (0-1 cm)
- Sediment (0-1 cm) fra en eller blanding av 2 kjernetopper til TOC



# Feltarbeid



## FF Trygve Braaruds CTD målte:

- Temperatur
- Saltholdighet
- Turbiditet
- Fluorescens
- Oksygenforhold

# Metodikk



## Sedimentprøveinnsamling:

- Gemini prøvetaker
- Minst 4 «skudd»
- Uforstyrrede overflateprøver (0-1cm) ble samlet inn
- 4 replikatprøver for foraminiferanalyser
- Blandprøve for TOC

## Økologisk tilstand beregnes:

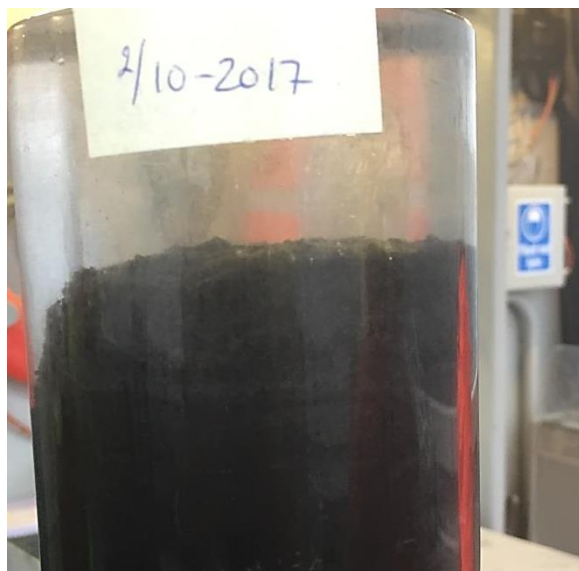
- Diversitetsindeksene  $H'_{\log_2}$  og ES100
- Den sammensatte indeksen NQI (Alve m.fl. 2019)
- Normalisert EQR som indikerer økologisk tilstand



# Resultater

## Ep-1 - 152m vanddyb

Oktober 2017



November 2018



Ingen tegn til bunnfauna på overflaten;  
Foraminiferer er nesten ikke til stede (2 arter/25cm<sup>2</sup>; < 1 indiv./cm<sup>2</sup>)

Stasjon	2017				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Ep1	150	7.8	33.2	0.5	0.04

Stasjon	November 2018				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Ep1	151	7.6	33.1	2.5	0.17

# Resultater

## Cp3-1 - 100m vanddyb

Oktober 2017



Ingen tegn til bunnfauna på overflaten;  
Foraminiferer: 12 arter/25cm<sup>2</sup>; 20 indiv./cm<sup>2</sup>

November 2018



Børstemarkrør på overflaten;  
Foraminiferer: 10 arter/25cm<sup>2</sup>; 71 indiv./cm<sup>2</sup>

Stasjon	Oktober 2017				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Cp3-1	99	7.8	33.2	0.7	0.05

Stasjon	November 2018				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Cp3-1	100	7.6	33.1	12.7	0.86

# Resultater

## Bunn18x - 83m vanddyb

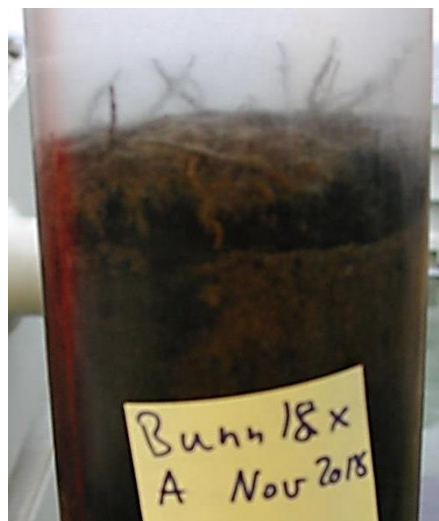
Oktober 2017



Ingen tegn til bunnfauna på overflaten;  
Foraminiferer: 2 arter/25cm<sup>2</sup>; 1 indiv./cm<sup>2</sup>

Stasjon	Oktober 2017				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Bunn18x	83	7.9	33.2	0.5	0.03

November 2018



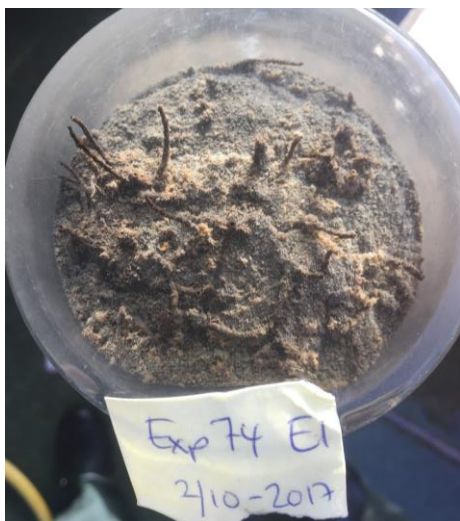
Børstemarkrør på overflaten;  
Foraminiferer: 10 arter/25cm<sup>2</sup>; 34 indiv./cm<sup>2</sup>

Stasjon	November 2018				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Bunn18x	84	7.6	33.1	9.6	0.65

# Resultater

## Exp74 - 74m vanddyp

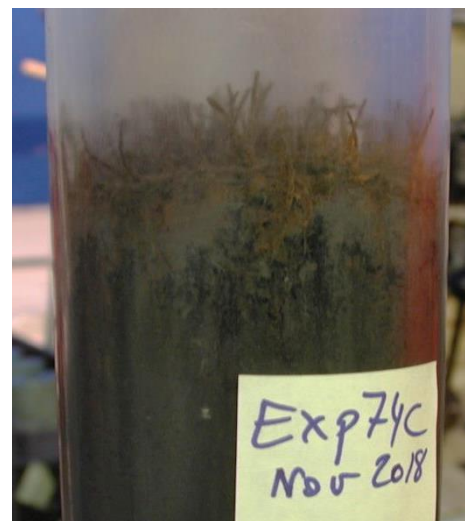
Oktober 2017



Børstemarkrør på overflaten;  
Foraminiferer: 20 arter/25cm<sup>2</sup>; 64 indiv./cm<sup>2</sup>

Stasjon	Oktober 2017				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Exp74	73	8.0	33.1	5.8	0.39

November 2018



Mange børstemarkrør på overflaten;  
Foraminiferer: 18 arter/25cm<sup>2</sup>; 170 indiv./cm<sup>2</sup>

Stasjon	November 2018				
	Vanndyp	Temperatur	Salinitet	Oksygen	
	m	°C	ppm	%	ml/l
Exp74	72	7.7	33.0	13.0	0.87

# Resultater

## Bunnefjord samples

Transform: Square root  
Resemblance: S17 Bray Curtis similarity

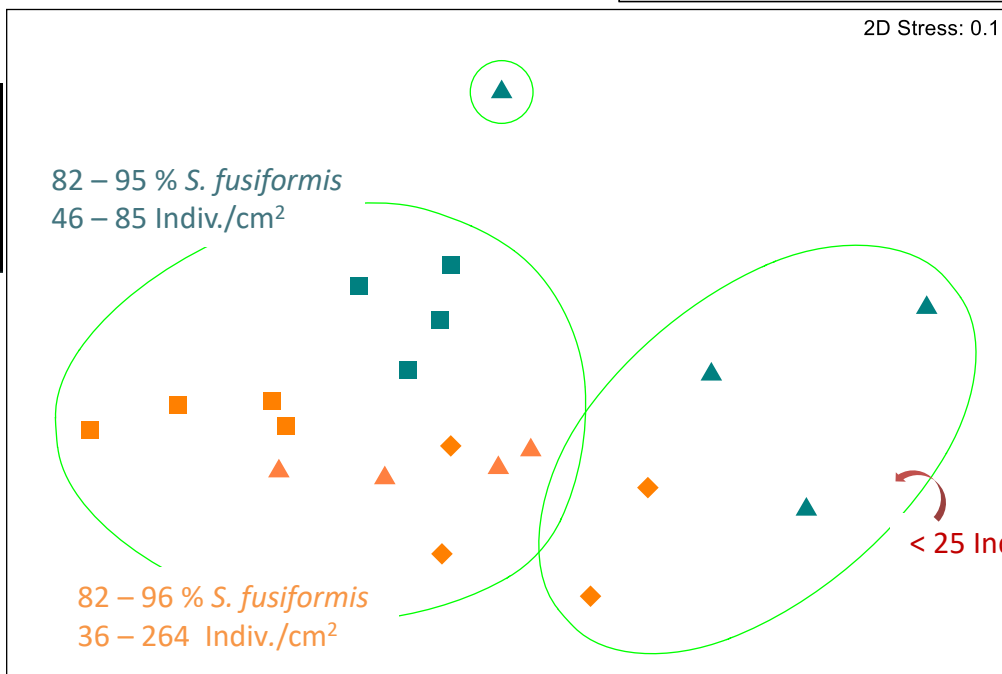
2D Stress: 0.1

### Sampling time

- ▲ Cp31-2017
- Exp74-2017
- ▲ Cp31-2018
- ◆ Bunn18x-2018
- Exp74-2018

### Similarity

— 50



De samme opportunistiske foraminiferarter opptrer, men hyppigheten har ca. tredoblet seg på stasjonene grunnere enn ca. 100 m vanndyp!

			Okt 2017		
Stasjon	Området	Vanndyp (m)	Total # arter	Gjennomsnitt indiv./cm <sup>2</sup>	Oksygen ml/l
Ep1	Bunnefjord	152	1	< 1	0.04
Cp3-1	Bunnefjord	100	2	1	0.05
Bunn18x	Bunnefjord	83	20	64	0.03
Exp74	Bunnefjord	74	12	20	0.39

			Nov 2018		
Total # arter	Gjennomsnitt indiv./cm <sup>2</sup>	Oksygen ml/l			
2	< 1	0.17			
10	71	0.86			
10	34	0.65			
18	170	0.87			

# Resultater

## Økologisk tilstand:

Oktober 2017

November 2018

Stasjon	Området		ES <sub>100</sub>	H'(log <sub>2</sub> )	Foram-NQI	Samlet nEQR stasjon
Ep1	Bunnefjorden	snitt 4 replik	---	---	---	
	152m	nEQR				---
Cp3-1	Bunnefjorden	snitt 4 replik	5.06	0.99	0.19	
	100m	nEQR	0.11	0.16	0.27	0.18
Bunn18x	Bunnefjorden	snitt 4 replik	---	---	---	
	83m	nEQR				---
Exp74	Bunnefjorden	snitt 4 replik	5.70	0.70	0.17	
	74m	nEQR	0.13	0.12	0.24	0.16

ES <sub>100</sub>	H'(log <sub>2</sub> )	Foram-NQI	Samlet nEQR stasjon
---	---	---	
			---
4.07	0.48	0.14	
0.09	0.08	0.21	0.13
5.15	0.74	0.17	
0.11	0.12	0.24	0.16
5.01	0.65	0.16	
0.11	0.11	0.23	0.15

Klassifiseringssystem for foraminiferer basert på interkalibrering med makrofauna (Alve m.fl. 2019):

Indeks	Tilstandsklasser				
	I	II	III	IV	V
	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
ES <sub>100</sub>	35 - 18	18 - 13	13 - 10	10 - 9	9 - 0
H'(log <sub>2</sub> )	5 - 3,4	3,4 - 2,4	2,4 - 1,8	1,8 - 1,2	1,2 - 0
NQI	1 - 0,60	0,60 - 0,49	0,49 - 0,34	0,34 - 0,14	0,14 - 0
nEQR	1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	0,4-0,2	0,2-0

Diversitet er nesten uforandret, men hyppigheten er høyere i 2018 som følge av dypvannsfornyelsen.

Økologisk tilstand i Bunnefjorden er fortsatt «svært dårlig».

# Konklusjoner

- Delvis bunnvannsfornyelse i Bunnefjorden våren 2018 har påvirket foraminiferfaunaen:
  - Hyppigheten har tredoblet seg på stasjonene grunnere enn ca 100 m vanddyb;
  - Lav-oksygen tolerante arter blomstret opp;
- Men:
  - Diversiteten er fortsatt lav;
  - Økologisk tilstand har ikke endret seg og er “svært dårlig”
- Oksygen er en viktig faktor som styrer sammensetningen og strukturen av foraminiferfaunaene
- Hvis oksygenforholdene forbedrer seg langsiktig (via f. eks., forbedring av sirkulasjonen i bunnvannet) kan en positiv påvirkning på faunaen forventes (som i Bekkelagsbassenget).

