



SINTEF

Anbefalinger for design og drift av vannverk med nanofiltrering

Willy Røstum Thelin, Karen Nessler Seglem og Edvard Sivertsen, SINTEF

VA-dagene i Midt-Norge, Hell 30. - 31. oktober 2024



Teknologi for et bedre samfunn

Revisjon av Norsk Vann rapport 160/2008

- Prosjektperiode: april 2023 – mars 2024
- Norsk Vann:
 - Kjetil Furuberg
- SINTEF
 - Willy Røstum Thelin, Karen Nessler Seglem og Edvard Sivertsen
- Styringsgruppe:
 - Per Olimb, Jevnaker
 - Henning Klettvang, Ytre Enebakk og Kirkebygden vannverk
 - Torgeir Svenssen, Ytre Enebakk og Kirkebygden vannverk
 - Odd Brekke, Austevoll Vatn og Avløp SA
 - Fernando Perez, Afry
- Referansegruppe:
 - Unni S. Lea, IVAR IKS, Stian Hermansen, Dønna kommune, Even Buvarp Helsingen, Overhalla kommune, Lars J. Hem, Vann og avløpsetaten Oslo kommune, Andreas Hartz, Noka, Viggo Andre Bjerkelund, Inrigo.



Driftserfaringer med membranfiltrering



Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg



Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg





SINTEF

- **Program:** FORKOMMUNE - Forskningsrådets program for innovasjon i offentlig sektor
- **Budsjett:** Totalt 8,3 MNOK, SINTEF: 4,6 MNOK , Varighet 4 år Med oppstart januar 2019
- **Partnere:** Overhalla kommune, Jevnaker kommune, Kirkebygden og Ytre Enebakk vannverk SA, Inrigo AS, SINTEF

5

42

Norsk Vann

Vannspeilet 2-2019

Vannspeilet 2/2019

Drikkevann

Forskningsrådet støtter forskning på membranprosesser

Av Edvard Sivertsen og Willy R. Thelin, SINTEF

Overhalla kommune og Jevnaker kommune er sammen med Kirkebygden og Ytre Enebakk Vannverk i gang med et forskningsprosjekt der målsetningen er å utvikle verktøy for optimalisering av design og drift av membranlegg for drikkevannrensing. Inrigo AS og SINTEF er med som FoU-partnere. Prosjektet får dekket 75 % av kostnadene gjennom Forskningsrådets FORKOMMUNE-program.



Kick-off i januar, f.v. Willy R. Thelin (SINTEF), Magnus Åhl (Inrigo), Odd Andre Nesjan (Overhalla kommune), Viggo Bjerke Lund (Inrigo), Martin Lysberg (Overhalla kommune), Roger Blekkan (Inrigo), Gema S. Raspati (SINTEF), Edvard Sivertsen (SINTEF), Per Olmb (Jevnaker kommune), Torgeir Svensen (Kirkebygden og Ytre Enebakk vannverk). Foto: Ingrid Selseth (SINTEF)



SINTEF

Membranaktivitet i SINTEF

- Thor Thorsen (1980-2008)
- Osmotisk energi (1998-2014)
- MEMiNOR (2017-2019)
- FORK-MEM (2019-2023)
- RFF Vestland (2022-2023)
- RFF Møre og Romsdal (2024-2025)
- Prosjekter direkte med vannverk (2020-)



Teknologi for et bedre samfunn

Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



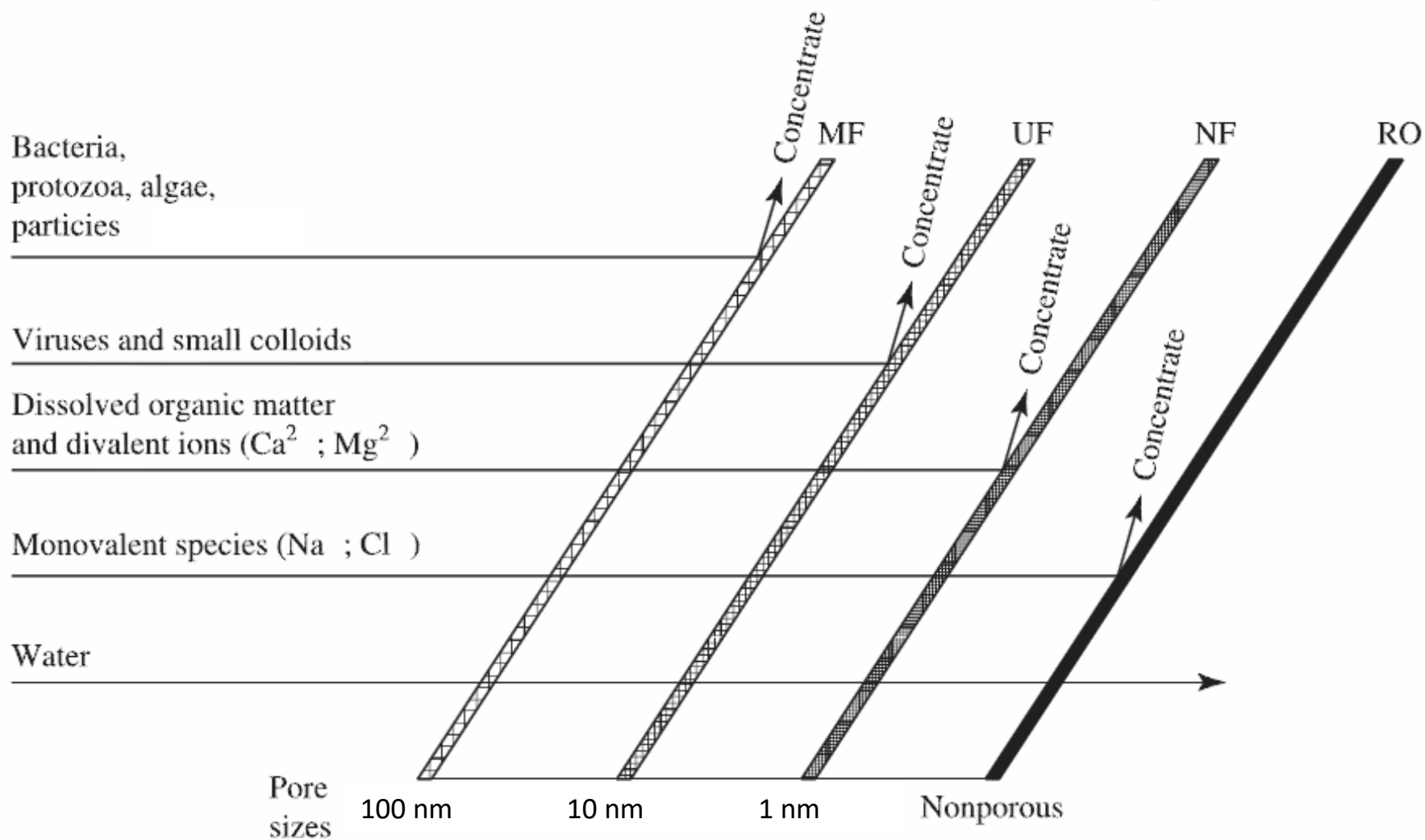
Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg





SINTEF

Trykkbaserte membranprosesser

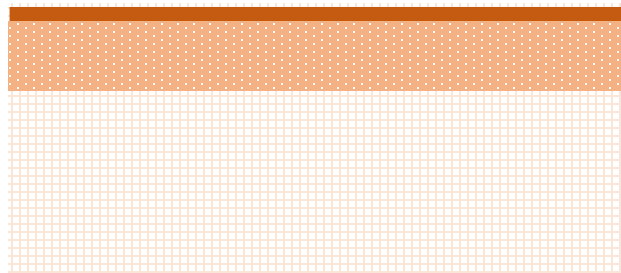


Davis, M.L., (2010). Water and Wastewater Engineering. McGraw - Hill, New York.



SINTEF

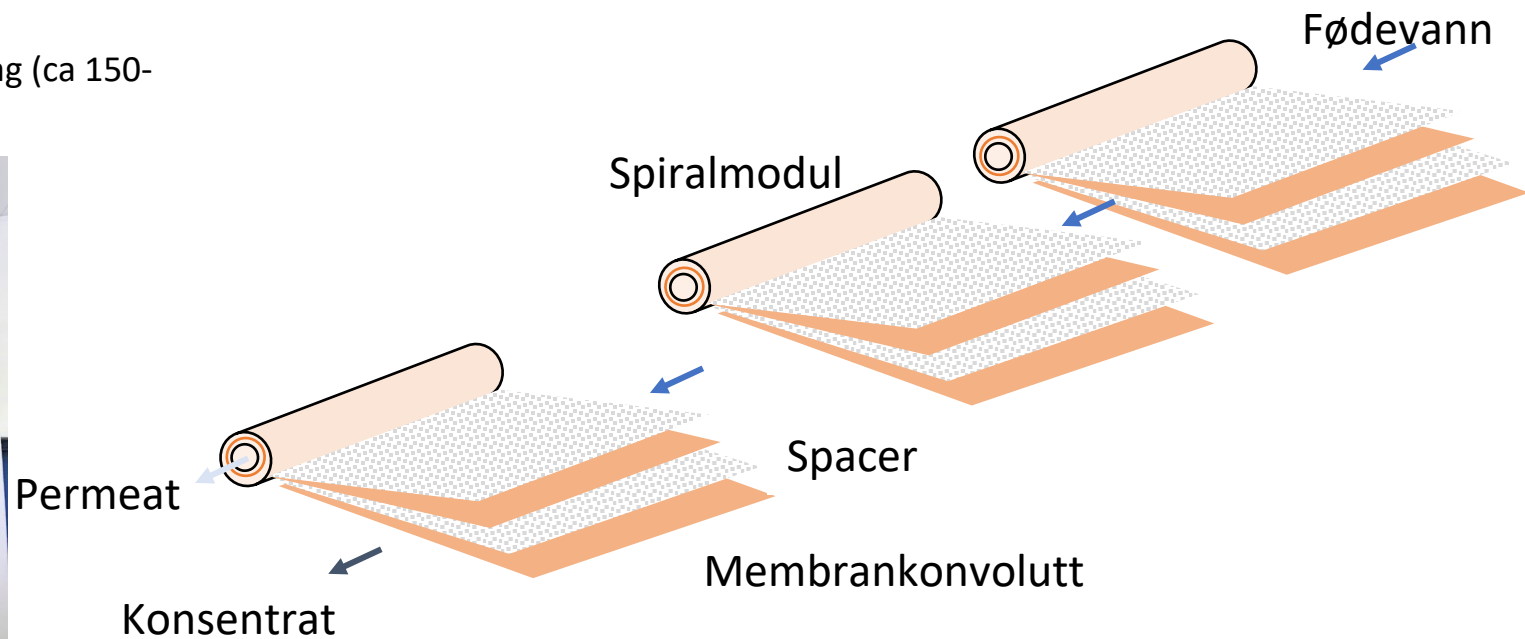
Membran og membranelement



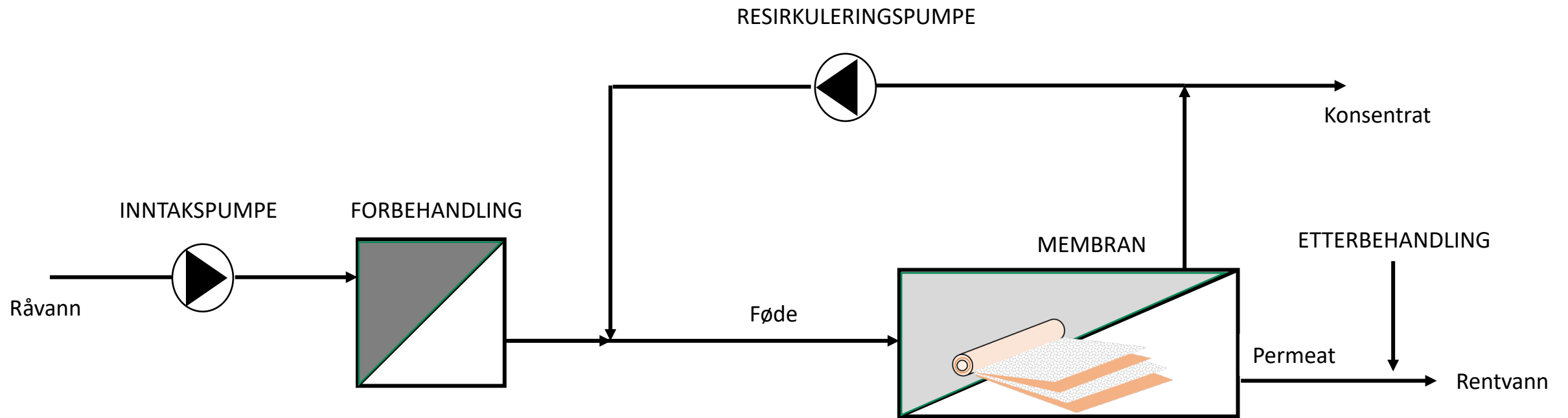
Tynt selektivt lag (<150 nm)

Støttelag (ca 50 μm)

Forsterkningslag (ca 150-300 μm)

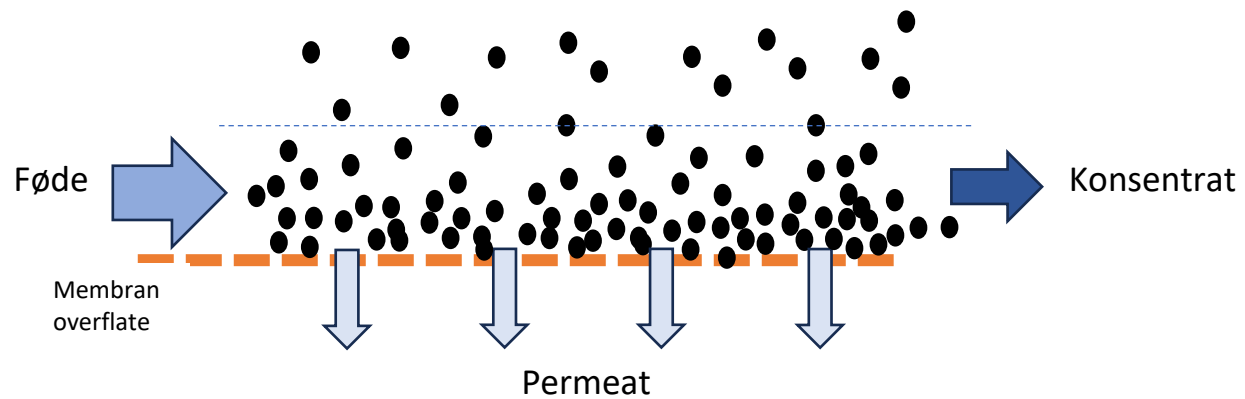


Prosesdesign for NF-anlegg



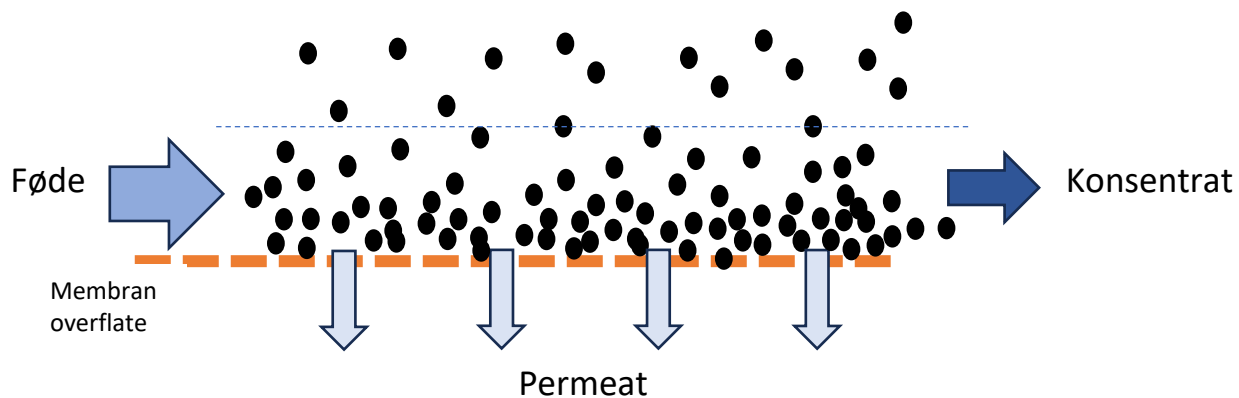
- ✓ Døgnvask
- ✓ Hovedvask

Beleggdannelse (Fouling)

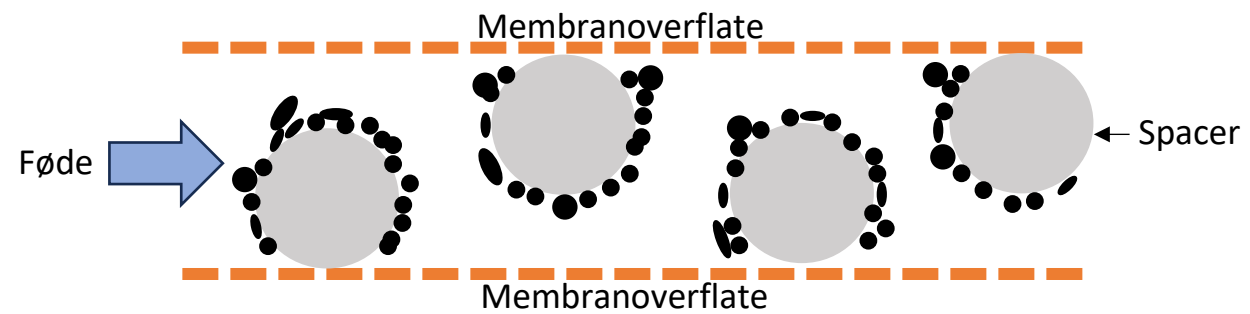


På membranoverflaten

Beleggdannelse (Fouling)



På membranoverflaten



På spaceren



SINTEF

Kjennetegn ved vannverk med NF

- Ingen behov for slambehandling
- Noe høyere energiforbruk enn andre vannbehandlingsmetoder for fargefjerning
- Robust prosess som leverer stabil vannkvalitet
- Krever lite til moderat tilsyn
- Anbefalt driftsstrategi - å sikre gunstige driftsbetingelser for membranen

Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



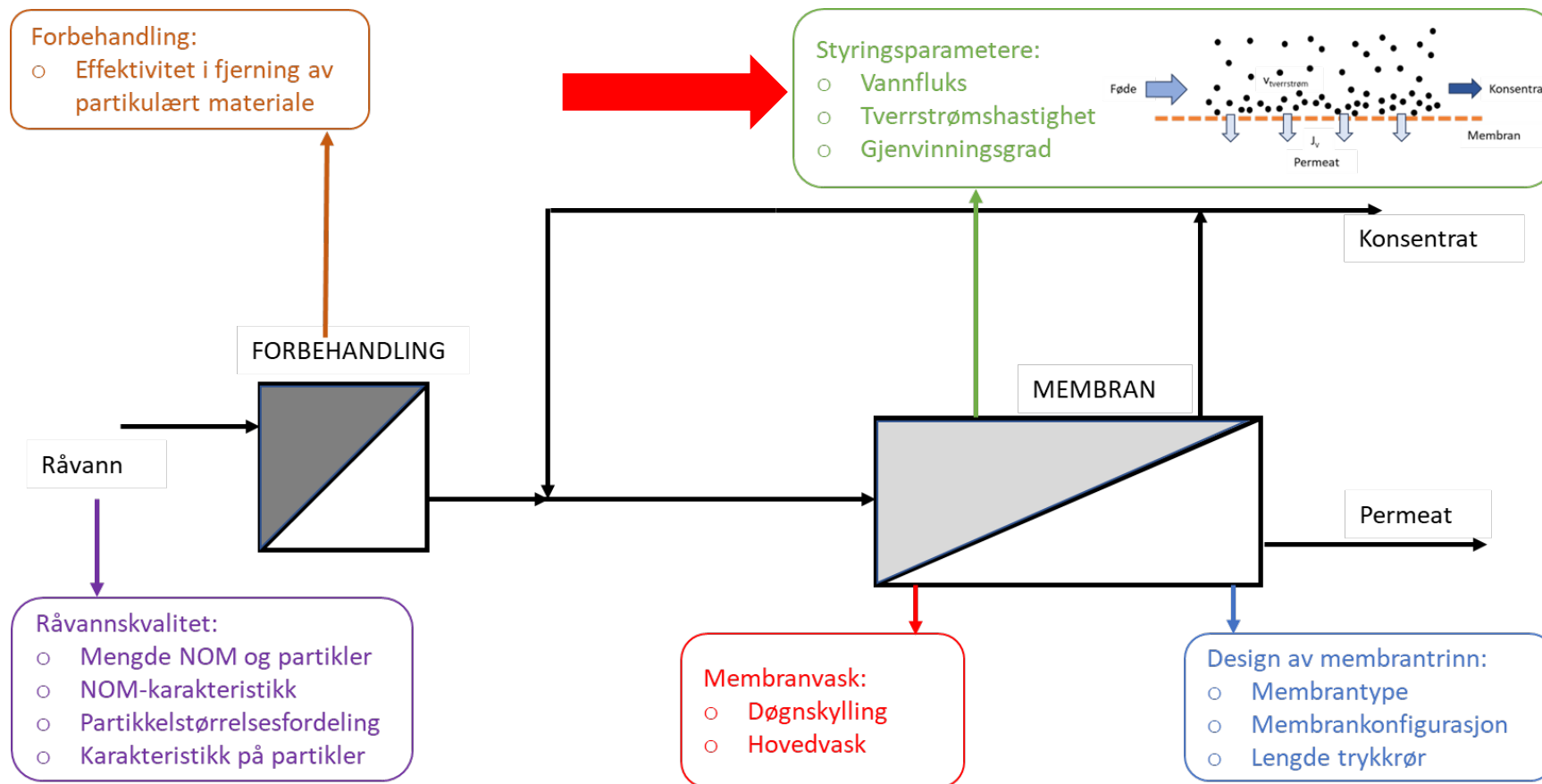
Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg





SINTEF

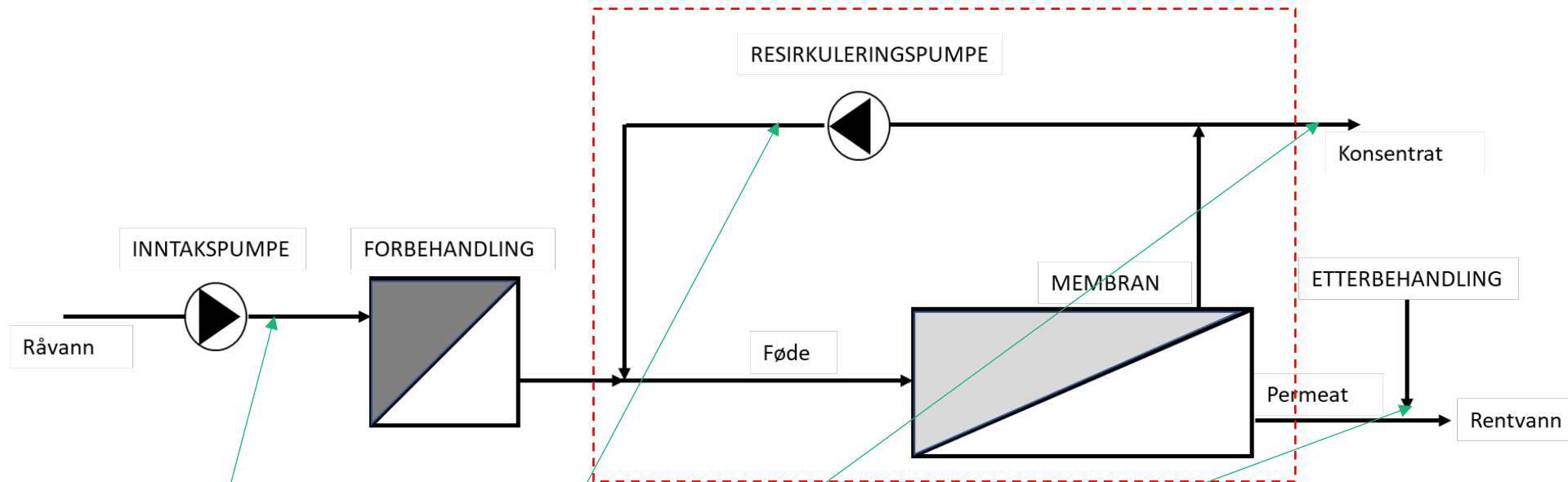
Faktorer som påvirker beleggdannelse (fouling)





SINTEF

Hvilke prosessdata trenger vi?



- Strømningsmengder (Q)
 - Råvann
 - Resirkulasjonsstrøm
 - Konsentratutslipp
 - Permeat

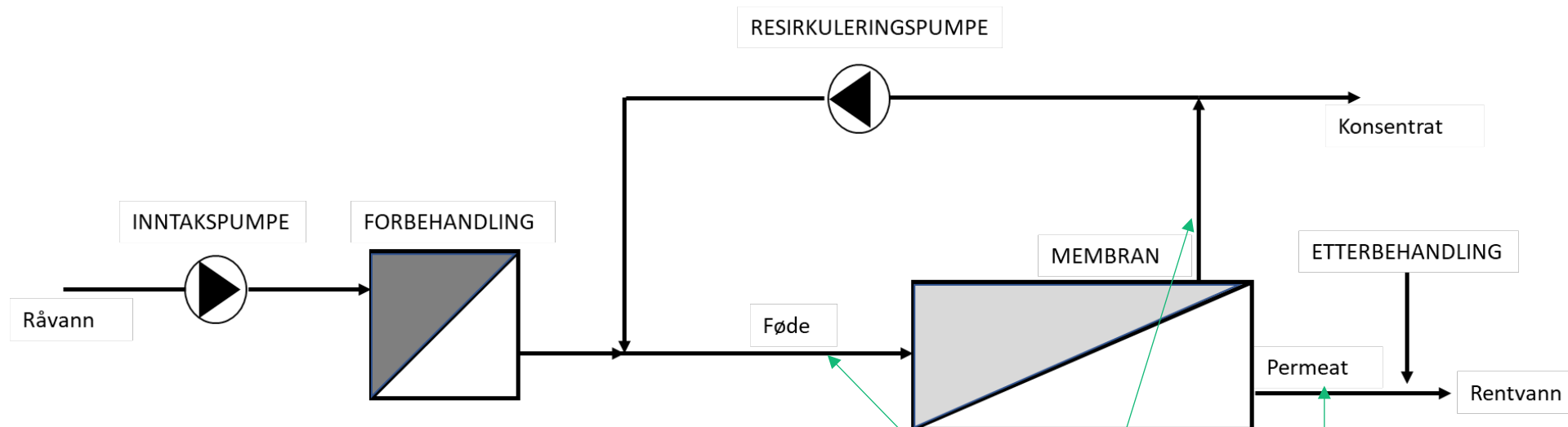
● Trykk (p)

● Temperatur



SINTEF

Hvilke prosessdata trenger vi?



- Strømningsmengder (Q)
 - Råvann
 - Resirkulasjonsstrøm
 - Konsentratutslipp
 - Permeat

- Trykk (p)
 - Innløp til membran
 - Utløp fra membran
 - Permeat
- Temperatur



SINTEF

Hvorfor trenger vi prosessdata?

- Beregning av parametere som kan gi nyttig informasjon om membranprosessen
- Prosessparameterne kan deles inn i to kategorier



Styringsparametere

Ytelsesindikatorer



Styringsparametere – hvorfor er de viktige?

- Styringsparametere sier noe om driftsbetingelsene til membranen
- Styringsparametere kan endres av driftsoperatøren
- NB! Handlingsrommet til driftsoperatøren bestemmes i designfasen



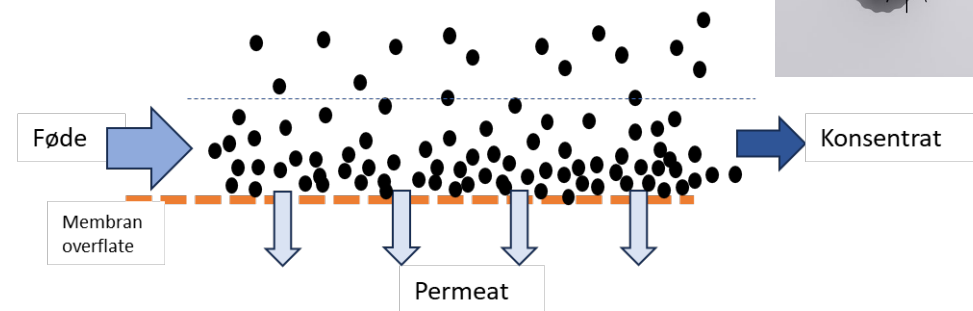


SINTEF

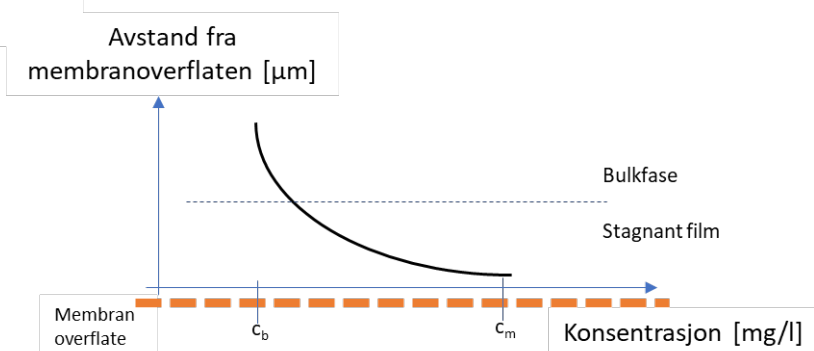
Hvilke styringsparametere bør overvåkes? Hva betyr de?

- Vannfluks
 - hvor mye vann som produseres per m² membran i løpet av 1 time
 - påvirker stoffbelastningen på membranen fordi forurensningene i vannet holdes tilbake av membranen
- Tverrstrøms hastighet
 - hvor fort vannet strømmer gjennom konsentratkanalen
 - påvirker stoffbelastningen på membranen fordi strømningshastigheten bestemmer tykkelsen på den «stagnerte» væskefilmen på membranoverflaten
- Gjenvinningsgrad
 - Hvor stor andel av råvannet som ender opp som produsert vann (permeat)
 - påvirker konsentrasjonen av forurensninger i konsentratkanalen.

a)



b)





Hvorfor er ytelsesindikatorer viktige?

- Ytelsesindikatorer sier noe om tilstanden til membranen
- Utviklingen av ytelsesindikatorer påvirkes av driftsbetingelsene
- Ved å følge med på utviklingen av ytelsesindikatorer kan driftsoperatøren vurdere når det er behov for tiltak



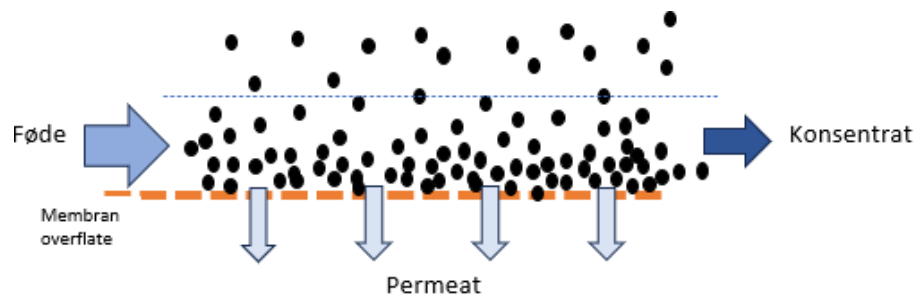


SINTEF

Hvilke ytelsesindikatorer bør overvåkes? Hva betyr de?

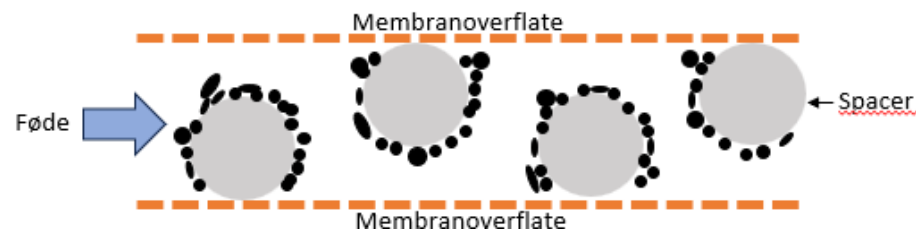
- Permeabilitet

- Transportmotstanden i membranen som må overvinnes for å produsere vann
- Beleggdannelse på membranoverflaten reduserer permeabiliteten



- Trykkfall over konsentratkanalen

- Friksjonstapet fra innløp til utløp i konsentratkanalen
- Spacerfouling (oppbygning av partikler i konsentratkanalen) øker trykkfallet





SINTEF

Normalisering av ytelsesindikatorer

- Permeabilitet
 - Påvirkes av temperatur
- Trykkfall
 - Påvirkes av både temperatur og strømningsmengde i konsentratkanal
- Normalisering innebærer omregning til referansebetingelser

Disposisjon – Ny veiledning

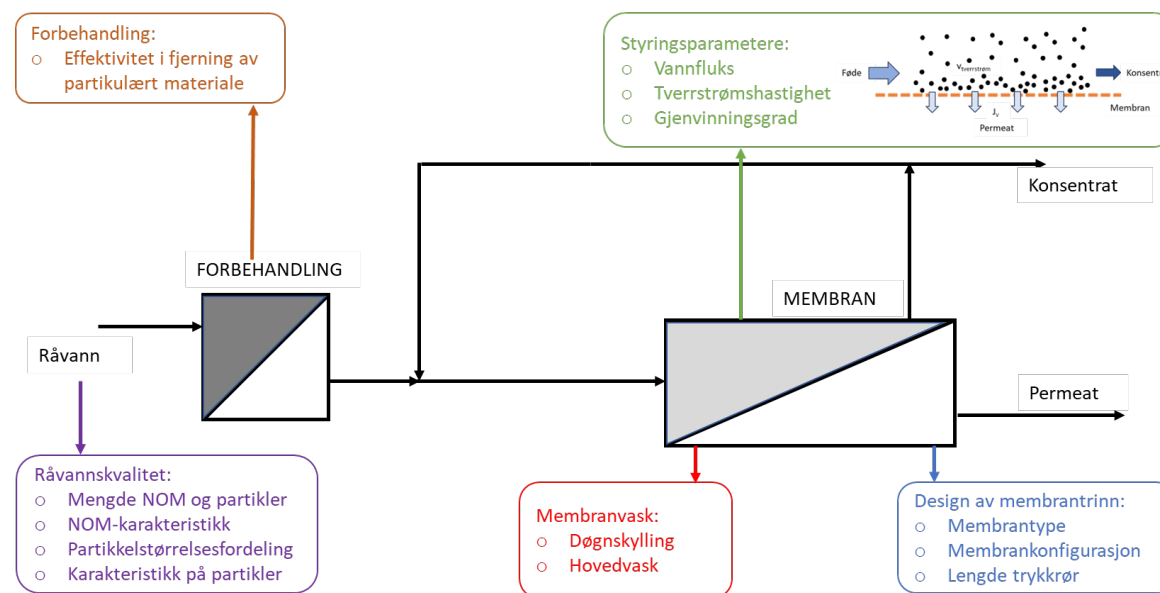
- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



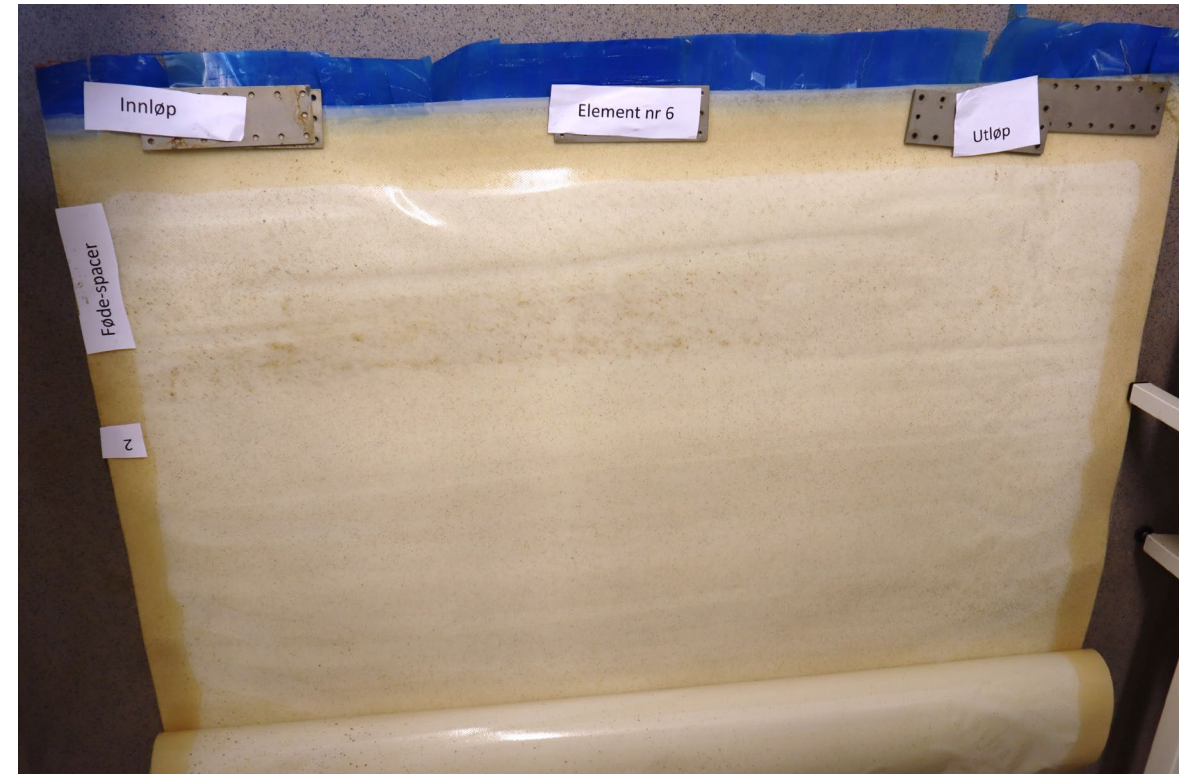
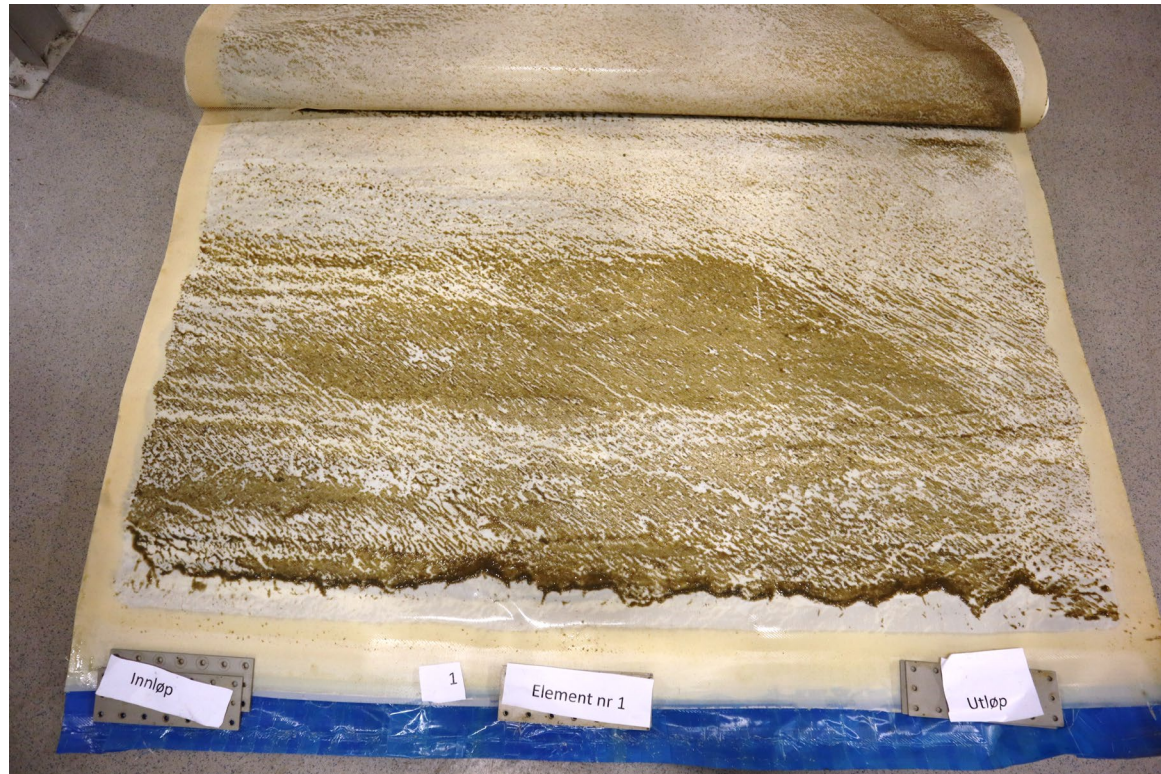
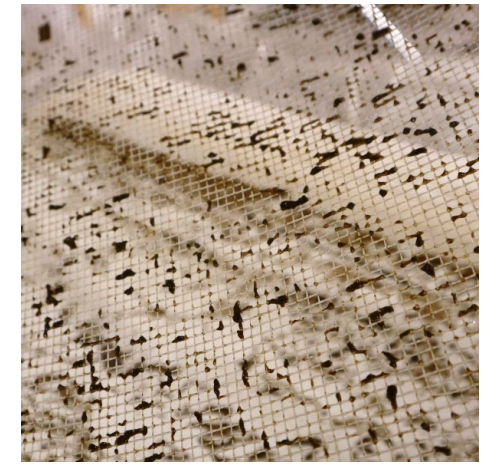
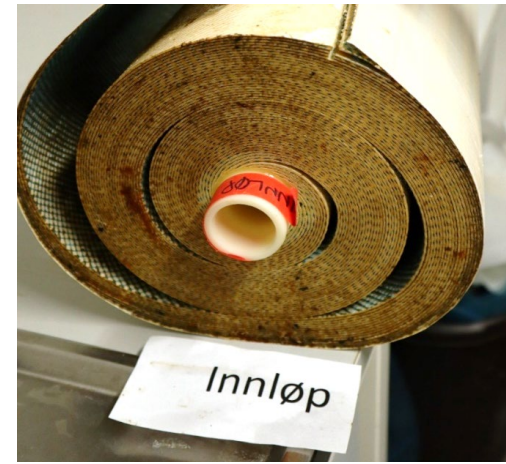
Metodikk for utredning av driftsproblemer

- Analyse av driftsdata
- Beregning av membranbelastning internt i trykkrør
- Råvannskarakterisering/
foulingpotensial

Membranobduksjon



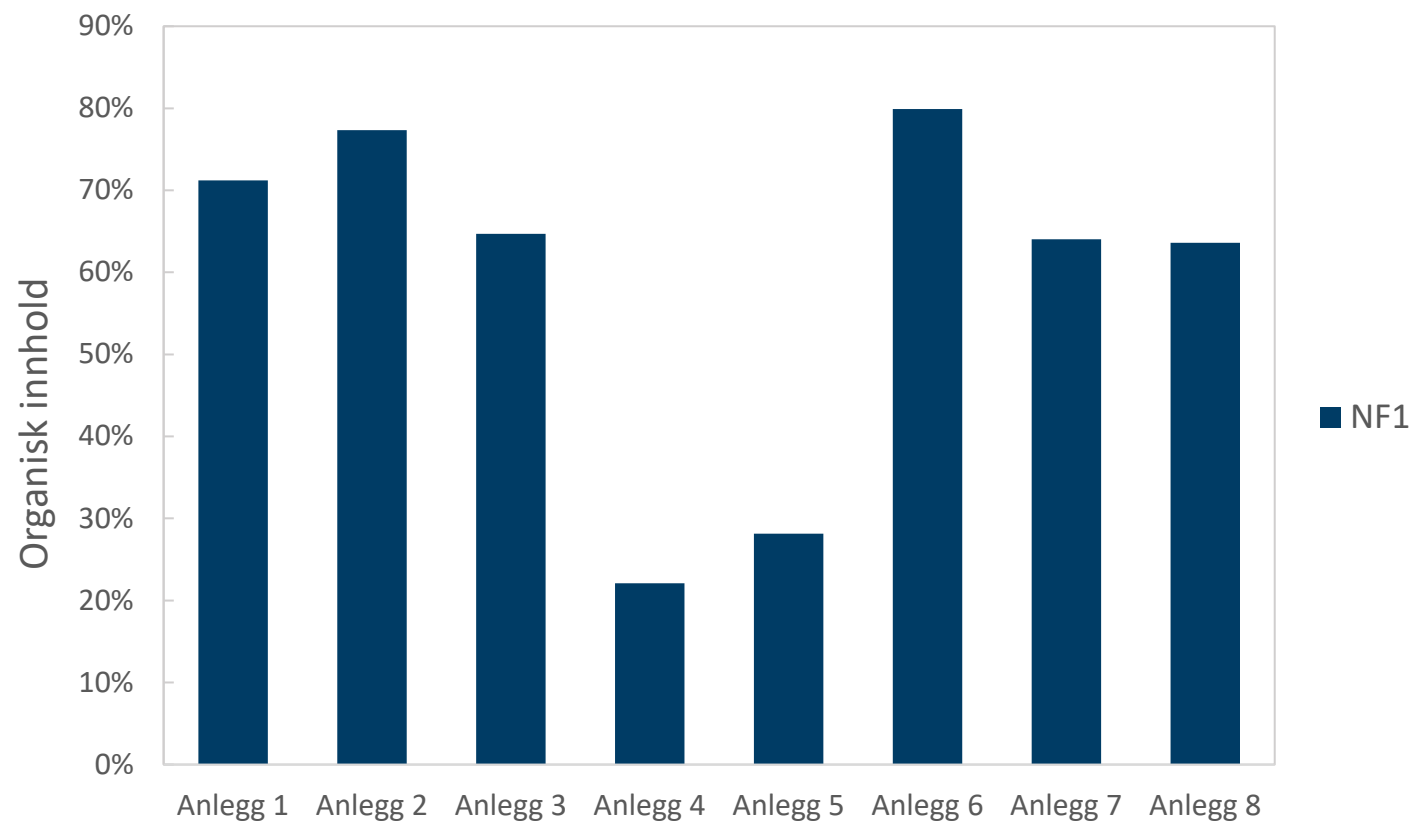
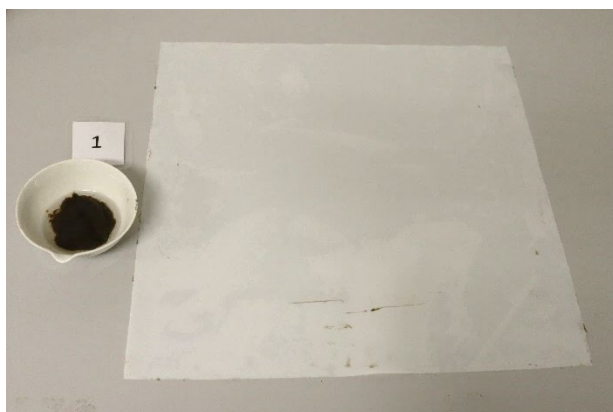
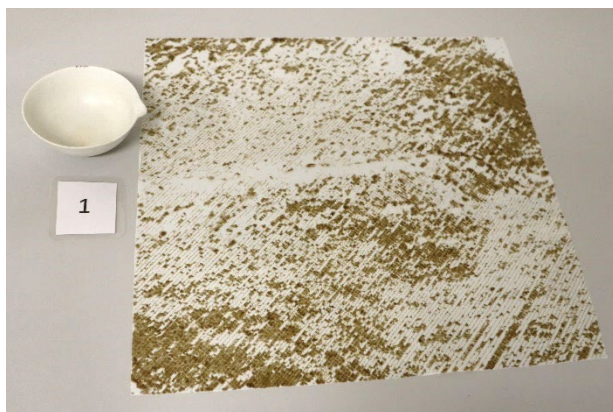
Membranobduksjon





SINTEF

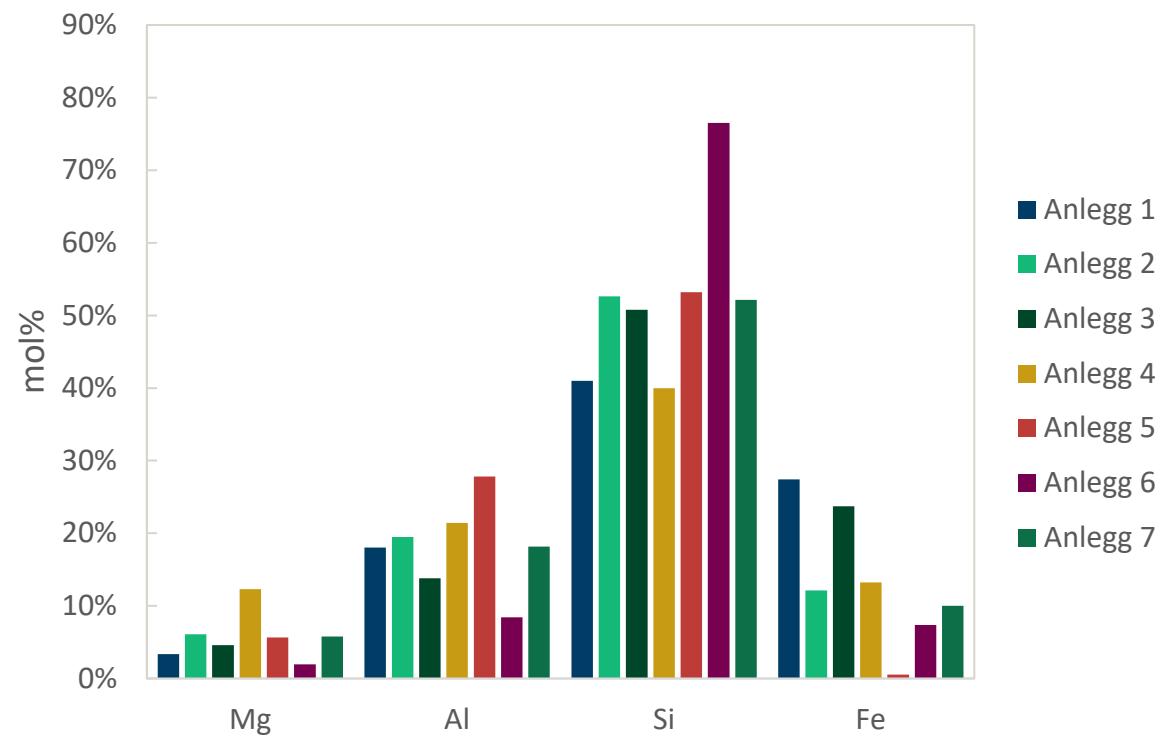
Karakterisering av belegg: mengde og sammensetning





SINTEF

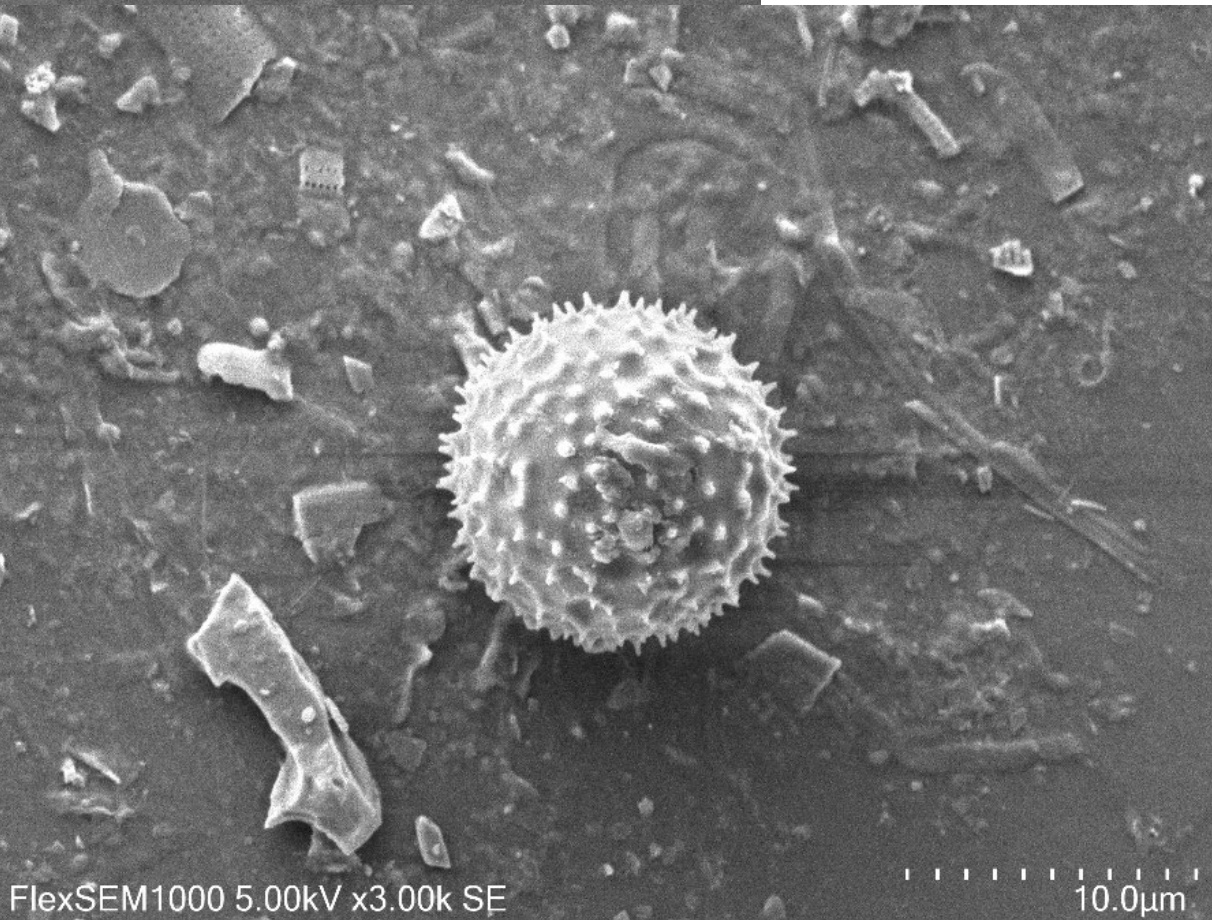
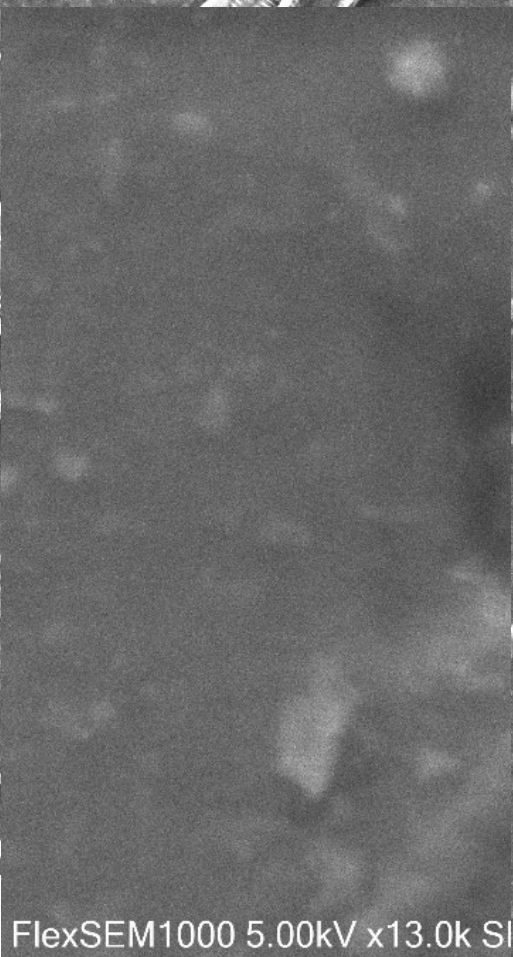
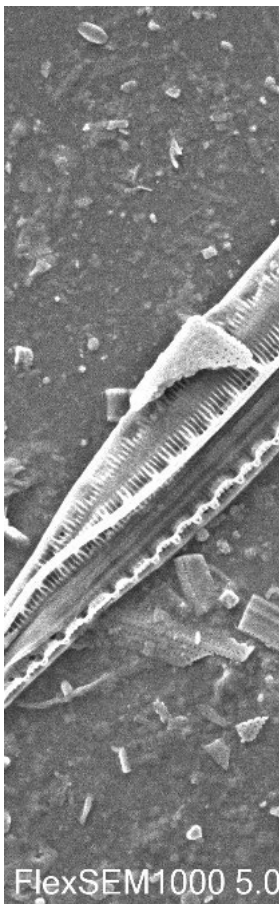
Karakterisering av belegg elementsammensetning





SINTEF

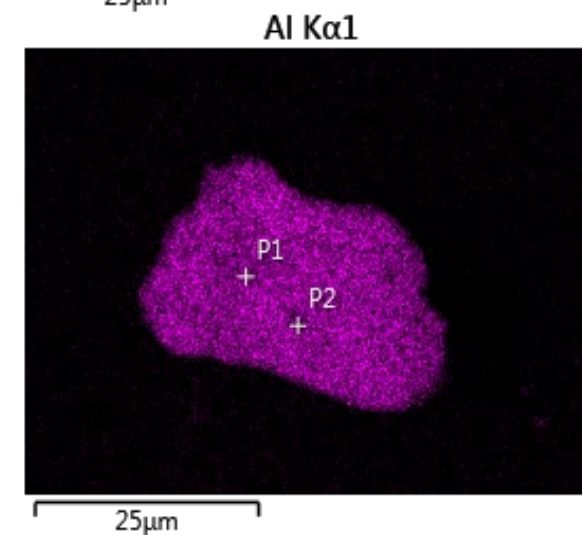
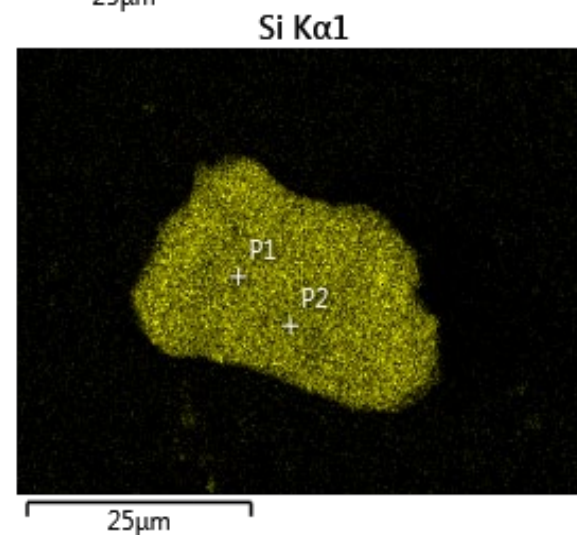
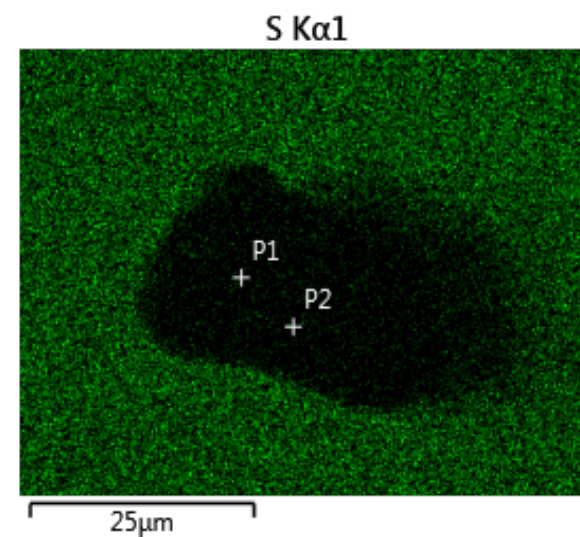
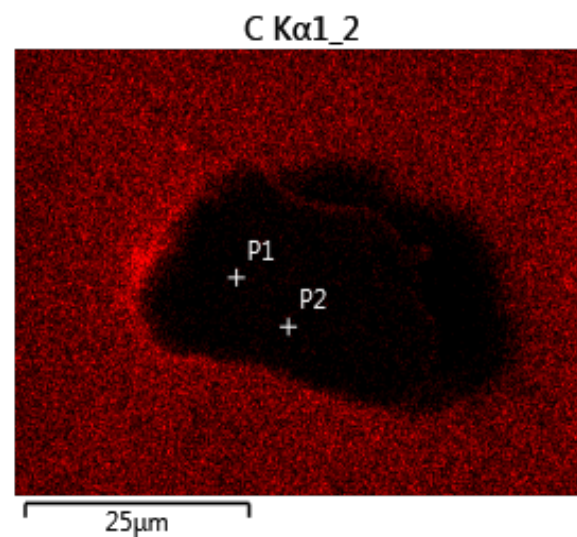
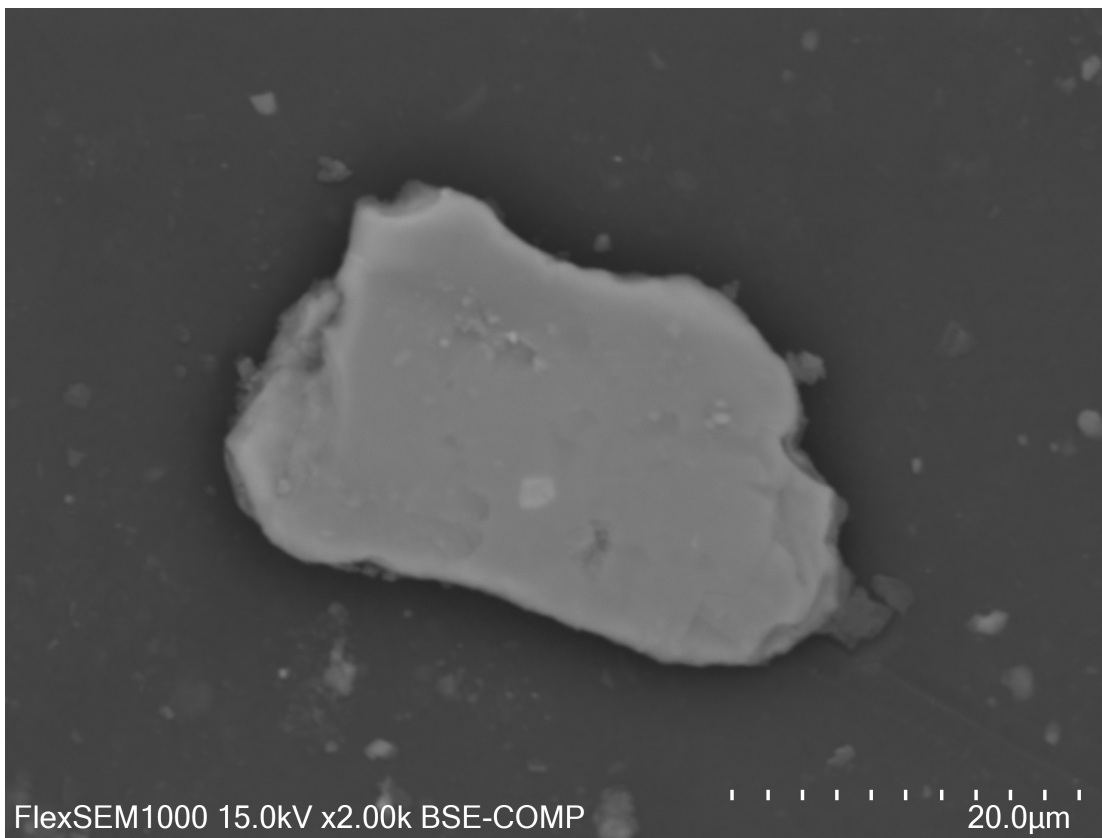
Høyoppløselige bilder - elektronmikroskop





SINTEF

SEM-EDS





SINTEF

Screening vaskeløsninger

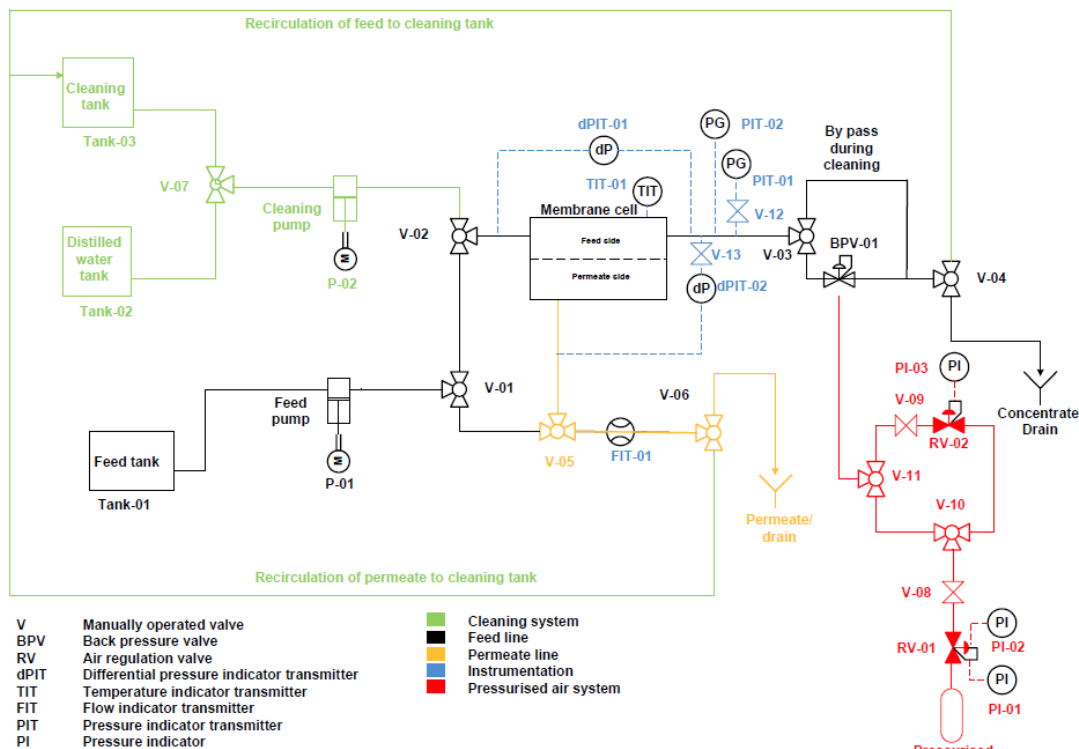




SINTEF

Lab-rigger

- ✓ Permeabilitet
- ✓ Effekt av membranvask



Disposisjon – Ny veiledning

- Kapittel 1 Innledning
- Kapittel 2 Bakgrunn
- Kapittel 3 Enkel innføring i membranfiltrering
- Kapittel 4 Drift av NF-anlegg
- Kapittel 5 Utredning av driftsproblemer i NF-anlegg
- Kapittel 6 Design av NF-anlegg



Veiledning for design og drift av nanofilteranlegg





Membranforum

- **Formål:** Dele praktisk erfaringer og presentere ny kunnskap
- **Hvem:** Primært driftsoperatører og vannverkseiere, alle kan delta
- **Hvordan:** digitalt på teams, kvartalsvis
- Norsk Vann administrerer nettverket
- SINTEF bidrar med faglig innhold og leder diskusjonen i møtene
- **Nettverksmøter 2024:** 14. februar, 5. juni, 18. september og 20. november



SINTEF

Teknologi for et bedre samfunn



SINTEF

Journalføring av viktige hendelser

- Membranvask
- Værhendelser
- Omrøring i kilden
- Drift og vedlikeholdstiltak
- Overvåkning av vannkvalitet

