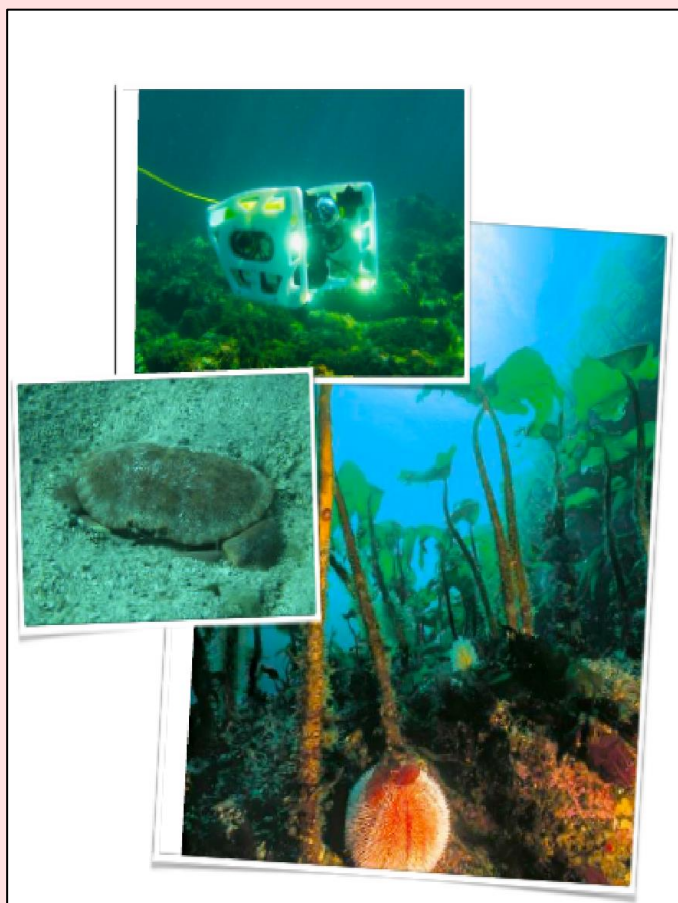


SL serien

Hilde Ervik

MILJØOVERVÅKING I TARESKOGEN



NTNU

Institutt for fysikk

Institutt for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk,
naturfag og teknologi.

Nr.19
November 2019

Tidligere utgitt i SLserien

1. **Hold og stell av pinnedyr,**
Jan Ove Rein
2. **Kurshefte: Elektronikk for skolen, Rev 2.0**
Rossing, Stefansson, Bungum
3. **Kurshefte: Kreativitet og skaperglede**
Nils Kr. Rossing, Per Morten Kind
4. **Kurshefte: Teknologi i skolen, "Bygg et hus"**
Nils Kr. Rossing, Tore Fagerli, John Dinesen
6. **Luft og strømninger**
Ragnar Næss
7. **Kurshefte: Fra elektriske kretser til intelligente hus**
Nils Kr. Rossing
8. **Energi for framtida**
Håvard Karoliussen
9. **Fysikkløypa ved NTNU, Oppgavesamling med veil.**
Nils Kr. Rossing, Berit Kjeldstad
10. **Mekaniske leker: Prinsipper og ideer**
Berit Bungum
11. **Feltarbeid i naturfag og biologi**
Peter van Marion
12. **Varmepumper og solfangere – et laboratoriehefte**
Nils Kr. Rossing, Tore Fagerli
13. **Gråspurv, farskap og forskningsmetoder**
M. Sviland, H. Jensen, B. Moe, Å. Borg
14. **Videoanalyse i fysikkundervisningen.**
Jonas Persson
15. **Astronomi – Laborative moment.**
Jonas Persson
16. **Utforskende aktiviteter i naturfag.**
Berit Bungum og Peter van Marion (red.)
17. **Rom for læring – undervisningsopplegg i naturfag og matematikk med utgangspunkt i verdensrommet.**
Abdul Basit Mohammad, Silje Aase Wolff og Bodil Svendsen
18. **Påstandsoppgaver – utforskende aktiviteter i naturfagene ved bruk av matematikk.**
Nils Kristian Rossing og Ine Chatrin H. Hetty

MILJØOVERVÅKING I TARESKOGEN

ISBN 978-82-92505-00-7
ISSN 1503-9242 (trykt utg.)
ISSN 2464-1944 (online)

Miljøovervåking i tareskogen

Hilde Ervik

Trondheim 2019

Layout og redigering: Hilde Ervik
Nils Kristian Rossing

Foto: Mausund Feltstasjon
Hilde Ervik

Redaktører for SLserien: Berit Bungum
Eli Munkeby
Astrid Johansen
Nils Kristian Rossing

Publikasjoner i skriftserien kan kjøpes ved henvendelse til:

Institutt for fysikk

Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi

v/Nils Kr. Rossing, 73551191

e-post: nils.rossing@ntnu.no

Faglige spørsmål rettes til:

Institutt for lærerutdanning

v/Hilde Ervik, 92054951

e-post: hilde.ervik@ntnu.no

Institutt for fysikk

Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi

Høgskoleringen 5

7491 Trondheim

Telefon: 73551143

<https://www.ntnu.no/skolelab>

Utgave 1.0, Rev 19 – 12.11.19 nov. 2019

Miljøovervåking i tareskogen

Hilde Ervik

Skolelaboratoriet for matematikk, naturfag og teknologi, NTNU

Innhold

Innhold	7
Forord	9
1. Innledning	11
2. Tareskogen	12
2.1 Forurensing av tareskogen	12
2.2 Uorganiske og organiske miljøgifter	13
3. Plastforurensning	14
3.1 Prosjekt Marint søppel ved Mausund Feltstasjon	17
3.2 En beskrivelse av Læringsprogrammet Marint søppel	19
3.3 Hvordan kan miljøovervåking gjøres andre steder?	22
4. Miljøovervåking med indikatorer	23
4.1 Tilstandsindikator	23
4.2 Bioindikatorer	24
4.2.1 Tareskogen som bioindikator.....	24
4.2.2 Taskekrabbe (<i>Cancer pagurus</i>) brukt som bioindikator.....	27
4.3 Påvirkningsindikatorer	29
4.3.1 Plast som påvirkningsindikator.....	29
4.4 Effektindikatorer	34
4.4.1 Stortare som effektindikator	35
4.4.2 Taskekrabbe som effektindikator.....	36
5. Sjøvannsprøver	36
5.1 Abiotiske faktorer temperatur, pH, oppløst oksygen og salinitet	36
5.2 Analyse av sjøvannsprøver ved hjelp av trådløs datalogging.....	41
5.3 Måling av salinitet ved hjelp av termometer og hydrometer	41
Litteraturliste	43

Forord fra redaktørene

Havet er en viktig og sårbar del av miljøet vårt.

Heftet tar opp meget sentrale temaer knyttet til forurensning av våre kyststrekninger og bygger på forfatterens flerårige erfaring med å ta med lærere og elever ut i skjærgården for å gi kunnskap og bevisstgjøre om tilstanden. Det finnes mange historier om hvordan deltagere på kurs er blitt sterkt berørt av det de har sett av plastforurensning både i sjøen og på land. Det er vår overbevisning at forfatteren har ønsket, vel så mye å skape holdninger som å spre kunnskap om hvordan vi i framtiden kan lære å ta vare på denne unike naturen.

Heftet ble opprinnelig laget som et kurshefte for lærere som tar etter- og videreutdanning innen temaet *marin miljøovervåking*, gjerne med tanke på undervisning i faget Teknologi og forskningslære i videregående skole. Kursene har dels vært holdt ved Skolelaboratoriet og Marintek ved NTNU. Den viktigste delen av kursene har likevel vært turen med NTNUs forskningsfartøy FF Gunnerus og oppholdet ved Mausund Feltstasjon på Mausundvær, hvor deltagerne har jobbet med feltarbeid og prøvetaking i sjøen og på øyene med påfølgende analysearbeid på Feltstasjonen i tre dager. Fokus har vært miljøgifter og mikroplast.

Heftet er senere blitt bearbeidet og gjort mer generelt slik at det kan egne seg for bruk i undervisningen ved videregående skoler også i andre deler av landet. Det er vårt håp at heftet skal tas i bruk som en inspirasjon til å videreføre dette viktige arbeidet.

Trondheim november 2019
Berit Bungum
Eli Munkeby
Astrid Johansen
Nils Kr. Rossing

Forord

Heftet Miljøovervåking av tareskogen, er en videreutvikling av kursmateriell utarbeidet ifm. videreutdanningskurset teknologi og forskningslære. Det gir en beskrivelse av tareskogen og det yrende livet som er i den og om miljøet rundt den. Heftet belyser også hvordan noen miljøgifter kan gi utfordringer for arter i havet og plastforurensingene i kystområdet som blir mer og mer synlig. Temaet for heftet kan ha en overføringsverdi for lærere, som ønsker å ha ekskursjon med feltarbeid på sjøen, eller i fjæra. For miljøovervåking kan det tas prøver både fra stortare, annen tare, tang og sjøvann. Disse kan analyseres for få bestemt innholdet av tungmetaller. For sjøvannet er det også aktuelt å gjøre målinger på temperatur, pH, oppløst oksygen, ledningsevne og salinitet.

En ROV (undervannsdrone) med kamera og ulike sensorer, gir forskere og biologer en større mulighet til å synliggjøre og finne forklaringer på hva som skjer med livet under havoverflata. En ROV kan også brukes for å se om det er synlig forurensing av marint søppel. For skoler som har tilgang på en ROV, vil dette være et viktig supplement ved miljøovervåking.

Dette hefte kan brukes som et ressurshefte i opplæringen av elever i naturfag, biologi, eller teknologi og forskningslære.

Hilde Ervik
November 2019

1. Innledning

Bærekraftig utvikling er et av tre tverrfaglige temaer i Kunnskapsløftet 2020 (LK20) og i det inngår de tre dimensjonene miljø og klima, sosiale forhold og økonomi. For miljø og klima er det viktig med miljøovervåking for å sikre et godt og rent miljø i dag og i fremtiden. Det er også viktig å legge til rette for at elever har de riktige holdningene for å bevare et godt miljø og være bevisst på å unngå forsøpling og forurensing. For å sikre de gode holdningene, er det nødvendig med kunnskap. Det kan være kunnskap om arter i et økosystem, hvilke miljøgifter som kan påvirke dem, hvorfor det er uheldig at plast blir liggende i naturen og hvilke konsekvenser at plast ligger mange år i naturen, kan gi.

Innholdet i dette heftet kan tilpasses opplæring på ulike trinn innenfor det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling. Målgruppen dette heftet er skrevet for, er lærere som underviser i naturfag, i biologi 1 og 2 eller i teknologi og forskningslære 1 og 2. Artene som er omtalt i dette heftet, stortare og taskekrabbe, antas regnet som kjent for den målgruppen heftet er rettet mot.

Stortaren (*Laminaria hyperborea*) og stortareskogen blir med det yrende livet som er i den, blir brukt som eksempel når det beskrives hvordan miljøovervåking kan gjennomføres i et marint miljø. Miljøovervåking kan gjennomføres på flere måter, men her beskrives hvordan man kan ta prøver av stortare og taskekrabbe for å måle innhold av tungmetaller og av sjøvann for analyse av abiotiske faktorer. Stortare og taskekrabbe er i denne sammenhengen bioindikatorer. Analyser av tungmetaller blir gjennomført ved Institutt for kjemi ved NTNU. Skoler kan prøve å inngå et samarbeid med nærliggende institutt som gjennomfører slike prøver. Feltarbeid kan også gjennomføres i fjæra, på holmer, skjær, land og på områder som ikke er kystnære, for å kartlegge synlig marint søppel og søppel som er nedgrodd i terrenget.

I tillegg kan en ROV (undervannsdrone) med kamera, gjøre det mulig å filme og ta bilder fra tareskogen og samtidig undersøke om det er marint søppel på sjøbunnen. Dette er ikke beskrevet i dette heftet.

Ulike sensorer kan brukes for å registrere de abiotiske faktorene som temperatur, pH, oppløst oksygen og salinitet (saltinnholdet) i sjøvannet. Måling av temperatur kan alternativt gjøres med et ordinært termometer. Salinitet kan avleses grafisk (se figur 31, s. 42) når man kjenner vannets tetthet og temperatur, hvor tetthet kan måles med et hydrometer.

2. Tareskogen

Stortare (*Laminaria hyperborea*) er en nøkkelart i nordatlantiske farvann. De vidstrakte gruntvannsområdene langs norskekysten, har noen av de største tareskogene i Europa. Tareskogen er som et duvende teppe over berggrunnen og utgjør minst 50 millioner tonn med levende materiale. På en kvadratmeter med stortareskog kan det leve 100 000 individer fordelt på 200 ulike arter. På sin reise med “The Beagle”, skrev Charles Darwin i sine skildringer langs kysten av Sør-Amerika i 1830-årene:

Taren kunne sammenlignes med de tropiske regnskogene, men skogen under vannet var enda rikere. Om en skog på land gikk tapt, ville langt færre dyrearter forgå, enn de som ville forgå om taren ble ødelagt (Todal, 2018).

Taskekrabben lever sine første år i tareskogen langs norskekysten og den regnes som en bestand. Det er rikelig med taskekrabbe i Møre- og Romsdal, Trøndelag og på Helgelandskysten. De siste årene har taskekrabben beveget seg også mot Troms.

2.1 Forurensing av tareskogen

For å bevare det biologiske mangfoldet i havet, er det viktig at det miljøet artene lever i er stabilt og rent. For å være sikre på at sjømaten er trygg å spise, følger forvaltningsorganet Mattilsynet (Statens tilsyn for planter, fisk, dyr og næringsmidler)

opp med regelmessige tilsyn og kontroller. Havforskningsinstituttet (HI) gjennomfører forskning og gir råd slik at vi skal kunne utnytte de store verdiene i havet på en bærekraftig måte, også i fremtiden.

Havet har lenge vært dumpingplass for avfall. Det samme gjelder utslipp fra skipstrafikk, oljeproduksjon, avrenning fra industri og ulike andre næringer. I tillegg har det ved uhell vært utslipp av olje fra oljeindustrien og ved ulykker hvor for eksempel skip er involvert. Eksempler på det var MT Exxon Valdez som i 1989 grunnstøtte i Alaska og MT Braer som grunnstøtte ved Shetland i 1993. Grunnstøtingen med disse to tankbåtene, medførte store utslipp av olje.

2.2 Uorganiske og organiske miljøgifter

Miljøgifter vil kunne akkumuleres i organismer og næringskjeder og vil påvirke en lang rekke fysiologiske funksjoner. Ved miljøovervåking av for eksempel stortare og taskekrabbe, blir resultatene av analysene som utføres, vurdert opp mot oppgitte grenseverdier og resultatene bør være innenfor disse. Kvikksølv er en av miljøgiftene som ofte blir omtalt og som mange har hørt om gjennom media. For kvikksølv, er det oppgitt grenseverdier for både fiskekjøtt og klokjøtt fra krabber. Grenseverdi for kvikksølv i fisk og klokjøtt, er 0,5 mg/kg. For kveite er grenseverdien for kvikksølv 1 mg/kg. Bly er et uorganisk tungmetall som kontrolleres i sjømat. Grenseverdien for bly i fiskekjøtt er 0,3 mg/kg. Kadmium er et annet eksempel på tungmetall som blant annet fisk og krabbe kontrolleres for. Grenseverdier for kadmium i fiskekjøttet er 0.05 mg/kg og for klokjøtt i krabbe er den 0.5 mg/kg (Havforskningsinstituttet, 2014).

POPs er forkortelse for persistente organiske forbindelser. Persistent betyr at de motstår nedbryting. POPs har en rekke bruksområder og omfatter industrikjemikalier, plantevernmidler og stoffer som dannes utilsiktet fra industriell produksjon, forbrenning, avfallshåndtering og oppvarming (Miljødirektoratet, 2016). Eksempler på POPs er PCB (polyklorerte bifenyl) og PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner). Grenseverdier for blant annet PCB og PAH er regulert i forskriften

Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler (Lovdata, 2015). PCB kan medføre kroniske giftvirkninger og reproduksjonsforstyrrelser hos sjøpattedyr og PAH føre til helseskader som nedsatt immunforsvar, genetiske skader og reproduksjonsskader (NOU, 2010).

Plastpartikler < 5 mm, defineres som mikroplast og kommer innenfor kategorien miljøgift.

3. Plastforurensning

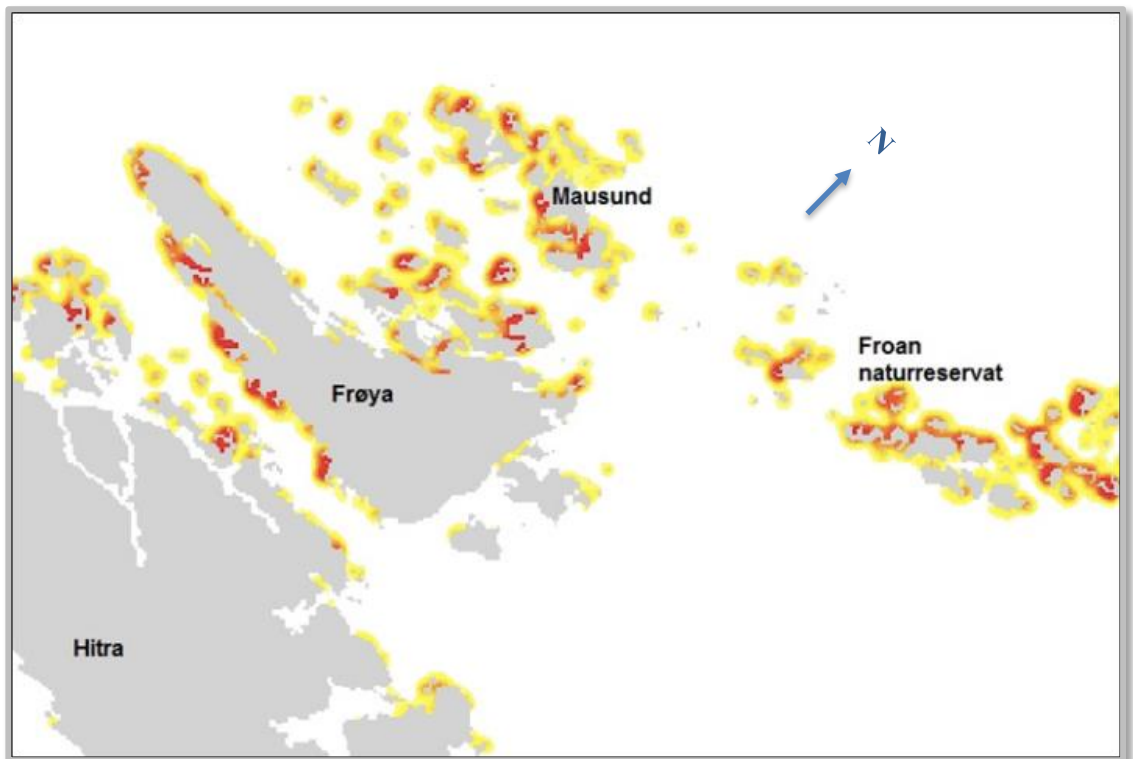
Plast som havner i naturen er i seg selv et problem for fugler og fisk, idet de tror det er mat og får en falsk metthetsfølelse. Dette alene er en viktig grunn til å få ryddet bort plasten. Fugler og fisk får også i seg små plastpartikler. I tillegg er det viktig å få ryddet bort plasten fordi den inneholder ulike tungmetaller og kjemiske stoffer som ble tilsatt plasten da den ble produsert. De ulike tilsetningene blir kalt additiver og er tilsatt for å gi plasten nyttige egenskaper. Når plasten som ligger i ferskvann eller i sjøen smuldrer opp og blir til mikroplast, vil noen av additivene løse seg opp i vannet. Organiske miljøgifter kan feste seg til mikroplasten.

Mikroplast tas opp i næringskjeden, miljøgiftene vil akkumuleres og innholdet av gifter vil øke. Det betyr at jo høyere opp i næringskjeden de kommer, jo større er konsentrasjonen av de ulike miljøgiftene.

Oppmerksomheten rundt marint søppel og spesielt plast, har økt de siste årene. Flere forskningsmiljøer jobber med å samle kunnskap om hvilke konsekvenser plast i naturen kan gi for artene i ulike økosystem.

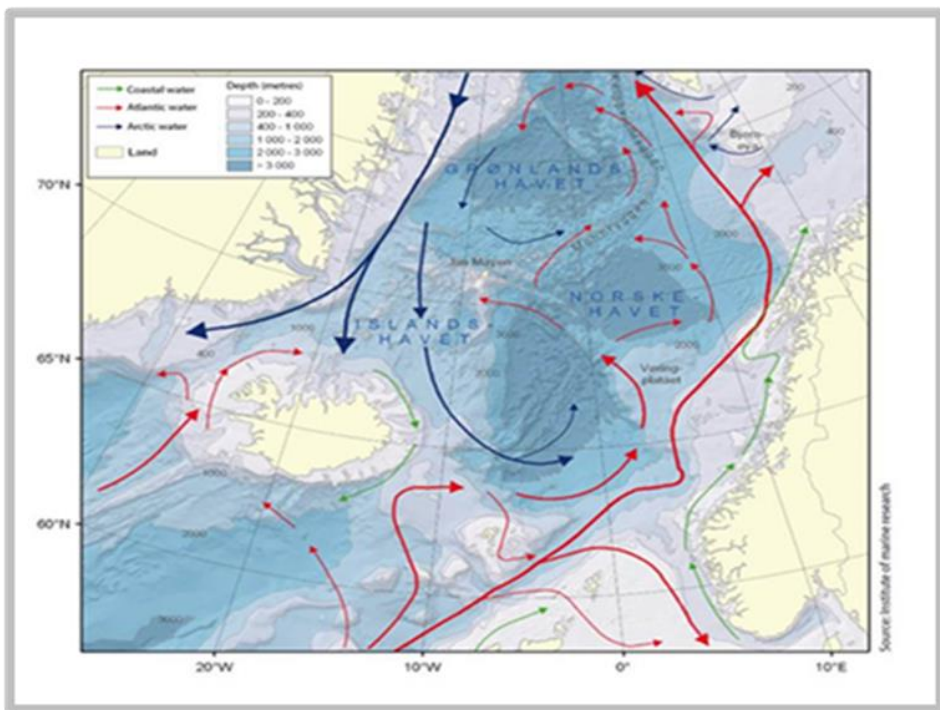
Miljødirektoratets rapport M-456 (2015), omtaler at i henhold til OSPAR (Oslo-Paris konvensjonen om vern av det marine miljø i Nordøst-Atlanteren) er mengden marint søppel, hovedsakelig plastavfall, registrert en til to ganger i året på sju strenger langs norskekysten og Svalbard siden 2011. De sju strendene er Ytre Hvaler (Østfold), Kviljo på Lista (Vest-Agder),

Været på Tarva (Trøndelag), Rekvika på Kvaløya (Troms), Sandfjordneset på Varangerhalvøya (Finnmark), Brucebukta og Luftskipodden (Svalbard). På bakgrunn av det som tidligere er ryddet på Svalbard, er det dokumentert at marin forsøpling i dette området, skyldes hovedsakelig plast fra fiskeri og havbruk. Strandregistreringsdata fra OSPAR-strendene kan innenfor hver av strendene benyttes til å overvåke endringer i tilførsel av strandsøppel over tid.



Figur 1: De gule og røde områdene på kartet viser hvor søppel i havet lander i Hitra og Frøya kommune. Kart: Havforskningsinstituttet 2017.

Forskere ved Havforskningsinstituttet har gjennomført simuleringer og laget et oversiktskart som viser *hot spots* med marint søppel langs kysten i Hordaland (Havforskningsinstituttet, 2017). I 2017 simulerte de også et landingskart i Midt-Norge, som viste *hot spots* med landinger av marint søppel på Mausund og Froan Naturrestat i Frøya kommune (Figur 1). Figur 2 viser havstrømmene forbi Norskekysten og det kommer tydelig fram at Atlantisk havstrøm (den rød fargede pila) bukker seg inn mot kysten av Midt-Norge. Marint søppel som føres med disse havstrømmene, lander langs kysten og blir liggende på holmer og skjær.



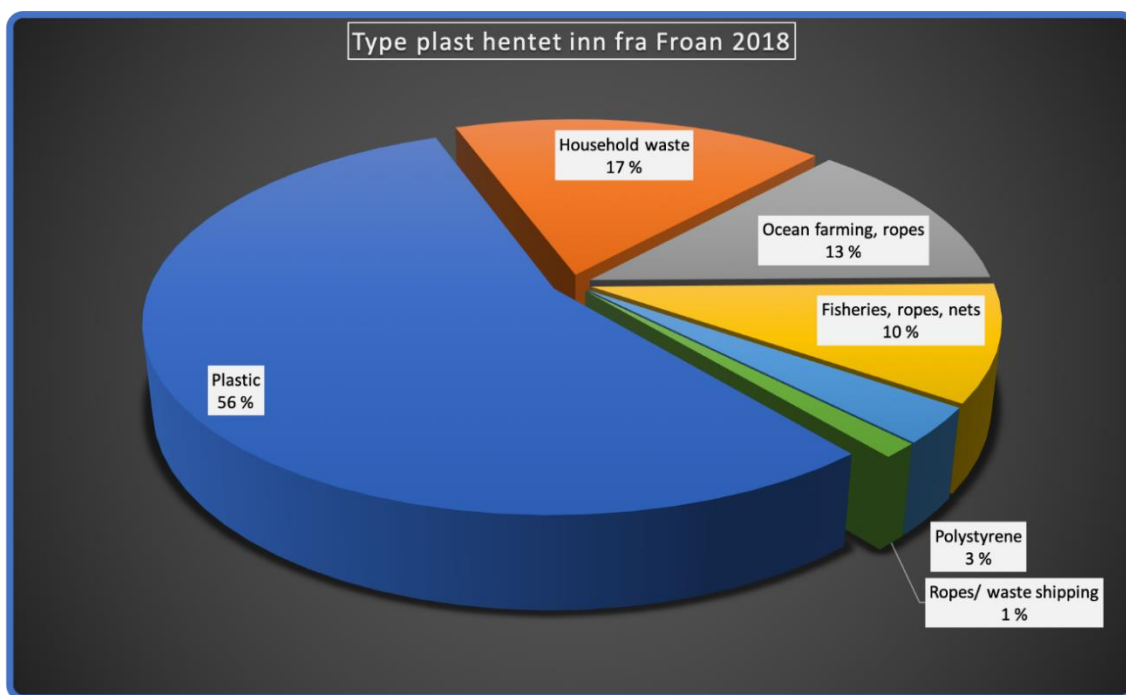
Figur 2: Havstrømmer som treffer norskekysten.

Mange av landingsplassene i Midt-Norge er i Frøya kommune. På strekingen fra nord for Smøla, til Halten. Froan naturreservat og landskapsvernområde omfatter et naturreservat på 400 km² fra Vingleia fyr i sørvest til Halten i nordøst. Det vesentligste av landingene er på øyrekka utenfor Frøya. Figur 1 viser en oversikt over landingene og illustrerer omfanget av et av "hot spots" langs norskekysten. Landingene er illustrert med gul og rød farge.

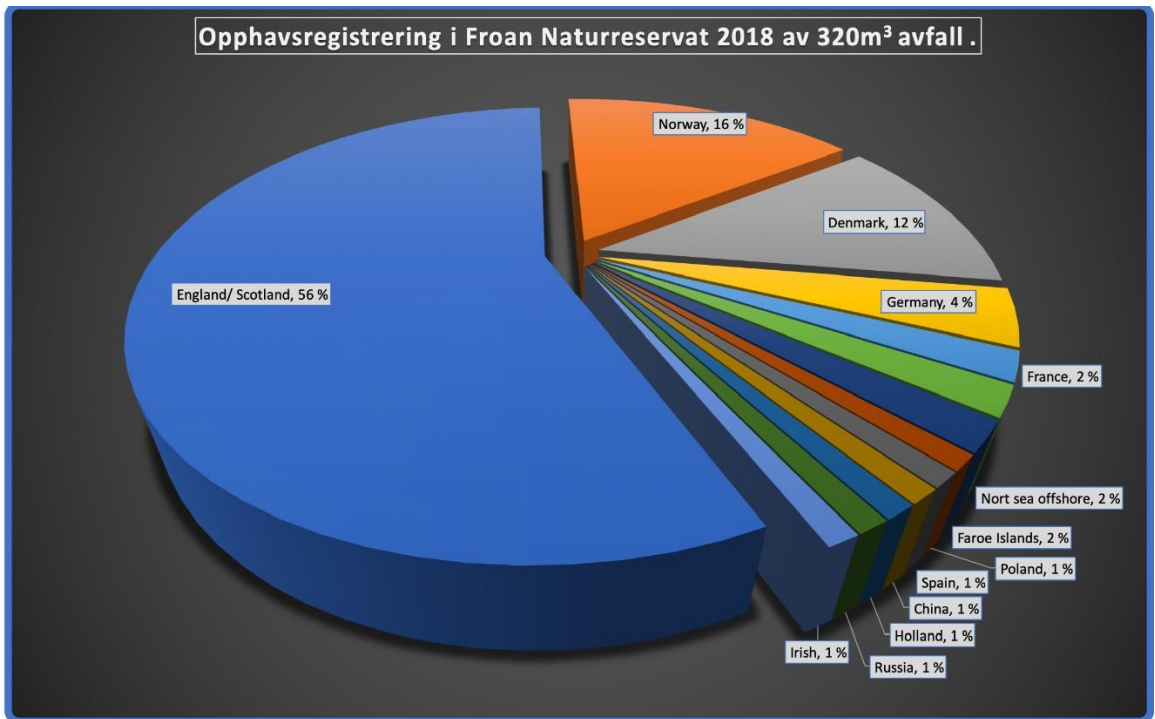
3.1 Prosjekt Marint søppel ved Mausund Feltstasjon

For å beskrive omfanget av hva som ligger av marint søppel i naturen, brukes arbeidet som er gjort ved Mausund Feltstasjon i Frøya kommune i Trøndelag, som et eksempel. I 2017 og 2018 samlet mannskapet ved av Mausund Feltstasjon inn tilsammen ca. 1100 m³ marint avfall i Frøya kommune. Dette utgjør bare noen få prosent av den totale mengden marint søppel som ligger ut i naturen i Frøya kommune.

Figurene 3 og 4 illustrerer hvilken type plast og opphavet til det marine søppelet, som ble samlet inn fra Froan Naturresevat til Mausund Feltstasjon i 2018.



Figur 3: Type plast hentet inn fra Froan Naturresevat i 2018



Figur 4: Opphavsregistrering på plast hentet inn fra Froan Naturreservat i 2018

Figur 3 viser hvordan det innsamlede marine søppelet fordeler seg på ulike kategorier. 56% er plast, 17% husholdningsavfall av plast, 13% tau fra oppdrettsnæringen og 10% tau og trålposer fra fiskerinæringen og 4% annet.

Figur 4 viser at avfallet hovedsaklig kommer fra England/Skottland (56%), Norge (16%), Danmark (12%) og Tyskland (4%).

Figur 5 viser marint søppel som er samlet opp i deponi på kaien før det sendes videre til godkjent mottak. Det er mye emballasje, plastavfall og tauverk fra fiskeri og oppdrettsnæringen.



Figur 5: Marint avfall samles opp i deponi ved Mausund Feltstasjon før det transporteres til godkjent mottak.

3.2 En beskrivelse av Læringsprogrammet Marint søppel

Kunnskap om arter i et økosystem og hvordan disse påvirkes av miljøgifter, hvorfor det er uheldig at plast blir liggende i naturen og hvilke konsekvenser dette kan gi, gir et godt grunnlag for å arbeide med miljøovervåking i opplæring av elever.

Erfaringene som er gjort i prosjekt Marint Søppel ved Mausund Feltstasjon, er grunnlaget for heftet *Læringsprogrammet Marint Søppel* (Ervik og Arnesen, 2018).



Figur 6: Måsereir bygd opp av blant annet plast

Mausund Feltstasjon legger til rette for feltarbeid langs strendene og på holmer og skjær. Elevene får først et foredrag om prosjektet Marint søppel inne på feltstasjonen, der de blir gjort spesielt oppmerksom på, hvilke typer marint søppel som er vanlig å finne og hvordan de kan se etter opphavsland på etikettene og datomerkingen. Under arbeidet får elevene også anledning til å se måsereir, figurene 6 og 7, bygd opp av blant annet plastmaterialer.



Figur 7: Måse i reir bygd med blant annet plast.
Fra utstillingen Challenge Plastic ved NTNU.
Foto: Henriette Vaagland.

Et interessant spørsmål å stille til skoleelevene er:

*«Hvorfor er ille at måsen bygger reir av plast?
Vi bruker jo stort sett kunstig framstilte materialer i våre hus.»*



Figur 8. Elevene organiseres i manngard før de starter med oppryddingen.



Figur 9: Marint søppel samles opp i plastsekker



Figur 10: Elevene med innsamlet marint søppel.

Elevene blir kjørt i småbåter ut til en av øyene i området. Figurene 8, 9 og 10 viser elever fra videregående skole på ekskursjon på Mausund hvor de samlet inn marint avfall på en øy. Dette er feltarbeid som skaper stort engasjement hos ungdommene. Etter innsamlingen kategoriserte de det innsamlede avfallet. I tillegg analyserte de jordprøver tatt fra samme område. Det ble utført med stereolupe påmontert Night Sea utstyr. Night sea utstyr består av UV-lys og UV-filer, eller blått lys og blått filter. Ved bruk av dette utstyret, vil mikroplast ha en fluorescerende blå, eller grønn farge. Elevene studerte jordprøvene for å kunne rapportere om funn av mikroplast.

Ved Mausund Feltstasjon er det profesjonelle kystrenovatører som har rydding av marint søppel som fast arbeid. Mye av den erfaringen og kunnskapen de har opparbeidet seg, har dannet grunnlaget for Læringsprogrammet Marint søppel.

Det er også lag og foreninger, ansatte fra kommuner, fylkeskommune og næringslivet, som deltar på dugnader. Som regel får de som deltar et foredrag fra Læringsprogrammet Marint søppel før de starter ryddearbeidet.

I tillegg er det lærere som gjennomfører feltarbeid ved Mausund Feltstasjon, som ledd i etter- og videreutdanningskurs ved Skolelaboratoriet NTNU og elever fra ulike skoler på feltkurs som en del av opplæringen. Alt dette bidrar til at mange får erfaring med marint søppel, hvilket omfang det dreier seg om og ikke minst mer kunnskap om ulike utfordringer plast i naturen gir, noe som igjen fører til holdningsendringer hos de fleste.

Innsamling av marint søppel pågår langs hele kysten av Norge og ved strandryddedager er det økt oppmerksomhet rundt dette arbeidet. Ut ifra hva som er dokumentert så langt, vil arbeidet med å få bukt med marint søppel strekke seg mange år fram i tid. Tilsvarende gjelder tilegnelse av kunnskap om hvilke miljøutfordringer og konsekvenser marint søppel gir.

3.3 Hvordan kan miljøovervåking gjøres andre steder?

Uavhengig av hvor skolene er lokalisert geografisk i Norge, kan elevene på en eller annen måte få knyttet undervisningsopplegg opp mot marint søppel og miljøovervåking. Skoler som er lokalisert i innlandet, eller i høylandet, kan også sette dette temaet på dagsorden, i og med at plast i naturen på et eller annet tidspunkt vil havne i havet. For å nevne noen eksempler ligger det enorme mengder plastflasker og plastavfall langs veiene. I gatene og på bussholdeplassene er det sigarettneiper og snusposer. I jordbruksområder er det plastavfall fra rundballene. Hvis dette ikke ryddes opp, vil det etter hvert havne i havet.

4. Miljøovervåking med indikatorer

I rapport M-456 fra Miljødirektoratet (2015), beskrives et overvåkingssystem hvor indikatorer, referanseverdier og tiltaksgrenser inngår. Indikatorene deles inn i tre ulike kategorier: *tilstands-*, *påvirknings-* og *effektindikatorer*. Disse baserer seg på eksisterende overvåking av de marine økosystemene. I tillegg har vi de tradisjonelle bioindikatorer, som er organismer som gir en indikasjon på endringer i økosystemet.

I følge NGU (2018), inneholder de dominerende bergartene i Norge generelt lite tungmetaller. Krom, nikkel, arsen og kobber er de grunnstoffene som har flest verdier over normverdi i norsk berggrunn. Utslipp og avfall fra skipstrafikk, petroleum, fiskeri og andre mindre sektors aktiviteter har medført at det har kommet miljøgifter og plast ut i havet. Hvis det kan dokumenteres at menneskelige aktiviteter har medført plastforurensning, kan forvaltningsmyndigheter igangsette tiltak.

4.1 Tilstandsindikator

Tilstandsindikatorer beskriver tilstanden eller endringen i tilstand for en, eller flere arter i en del av økosystemet. Disse indikatorene beskriver tilstanden for arter som blir høstet, tilstanden hos arter som er avhengige av disse og hos arter som blir tatt som bifangst.

Tilstandsindikatorer beskriver også tilstanden for ulike fuglearter som ikke er avhengig av arter som blir høstet. Registreringen kan gjøres i Artsobservasjoner

<https://www.artsobservasjoner.no/>, en tjeneste som blir utviklet og drevet av

Artsdatabanken. Det er sannsynlig at målbare endringer i tilstanden er forårsaket av menneskelige aktiviteter. For å kunne gi klar og tydelig informasjon, må det også være ett eller flere referansenivåer knyttet til indikatoren. Et referansenivå vil gjøre det mulig å skille mellom «gode» og «dårlige» tilstander. Vanligvis er det vekten av gytebestanden («gytebiomassen») for kommersielle fiskearter som brukes i fiskeriforvaltningen (Miljødirektoratet, 2015). Antallet individer innen fuglearter som telles regelmessig, kan også være aktuell som tilstandsindikator.

4.2 Bioindikatorer

Stortare og taskekrabbe ble i innledningen i dette heftet, beskrevet som bioindikatorer. En bioindikator er en organisme som viser resultat av miljøpåvirkning (SNL, 2018). Resultatene på prøver tatt fra stortare og taskekrabbe, som for eksempel kvikksølv, bly og kadmium, er effektindikatorer.

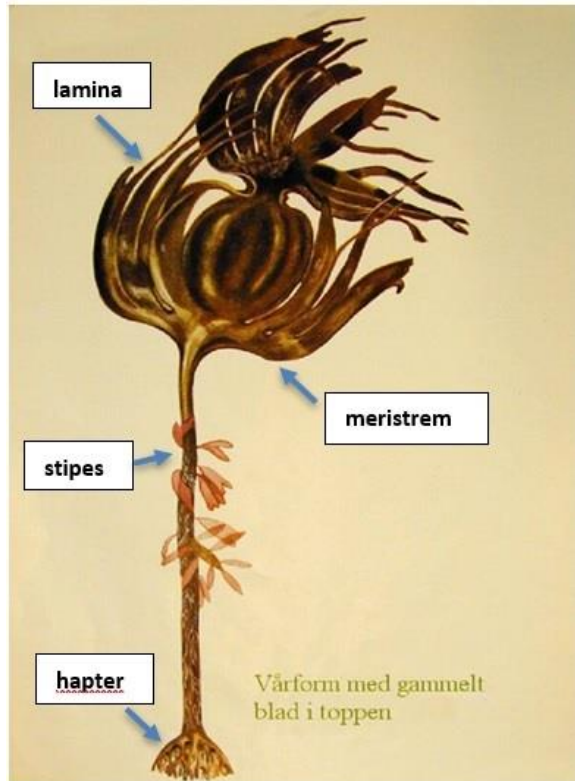
Stortare og taskekrabbe brukes som eksempel på bioindikator i dette heftet, hvor lamina (bladet) på stortaren ble undersøkt for 10 ulike elementer (se s. 35) og brunmaten i taskekrabben ble undersøkt for 15 ulike elementer (se s. 36).

Ulike typer tang eller andre tarearter kan også brukes som bioindikator. Som ved alle undersøkelser, er det viktig å standardisere hvor og når prøvene tas inn og hvordan de behandles fram til analysering. Hvilken type tang eller tare som skal brukes til undersøkelsen, avhenger av hvor lett det er å få tilgang til den. Resultatene av disse undersøkelsene indikerer mål på aktivitet som ifølge Miljødirektoratet (2015), på en eller annen måte kan sette spor i miljø eller biota. Men det gir ingen informasjon om effektene og hvilke konsekvenser dette gir for miljøet.

4.2.1 Tareskogen som bioindikator

Stortaren i tareskogen er en viktig bioindikator. La oss se nærmere på hva den er og hvilken betydning den har for livet langs kysten før vi ser på hvordan vi kan brukes som indikator.

Stortare (*Laminaria hyperborea*) er en nøkkelart i nordatlantiske farvann.



Figur 11: Stortare fra Printz 1953. Ill.: Aase Kristofersen, Norsk inst. for tang- og tareforskning. Hentet fra Indegaard, M. (2010).

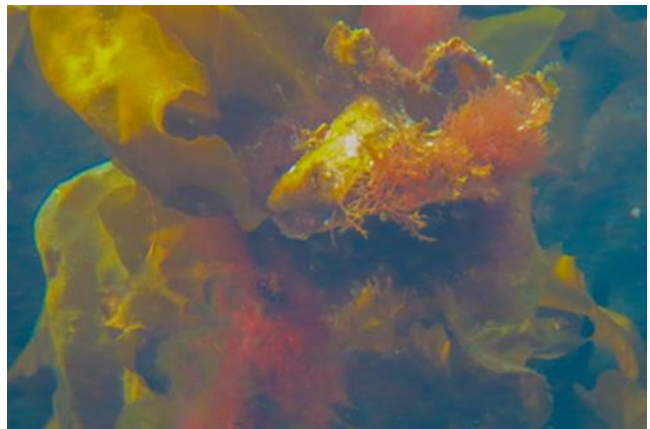
Stortaren består av festeorgan (hapter), stilk (stipes) og blad (lamina). Hapteret er kun et festeorgan og har ikke samme rotfunksjon som landplanter, næringsstoffer tas opp gjennom lamina (figur 11). Lamina felles hvert år slik at nytt bladvev kan vokse ut. Veksten av nytt lamina skjer i et område kalt meristem og årlig tilvekst lagres i stipes (figur 11). Denne prosessen skjer i vinterhalvåret i februar/mars. Stortaren former miljøet for andre arter.

Det todimensjonale bunnmiljøet, blir tredimensjonalt ved at tareskogen tilbyr et større og mer variert habitat som kan utnyttes av mange flere organismer. Tareskogen kan deles inn i 5 habitater med til dels ulike organismer.

Det er mange organismer som vokser på stortaren. Disse skaper igjen nye mikrohabitater for dyr som beiter direkte på taren. På de opptil tre meter lange tarestilkene er det rødalger, svamper, blåskjell, kalkrørsormer, snegler og kråkeboller. Rundt hapteret kravler børstemark, slangestjerner, pyntekrabber og trollhummer. Hapteret er et yndet gjemmested for mange små dyr. Opptil 80% av krabbeungene som er ca. 2 år gamle og 3 cm store, blir funnet i hapteret til stortaren. De små krabbene oppholder seg i hapteret hele året. Mellom bladene og stilkene svømmer leppefisk, lyr, småtors, sei, og yngelen til mange ulike fiskeslag og på bladene er det bakterier. Av alle norske naturtyper har bare korallrevene nede i dypet en lignende artsrikdom. Ingen



Figur 12: Hapteret, festeorganet, på stortare.
Foto: Andreas Rune Rundereim



Figur 13: Stortare med påvekstorganismer

økosystem på landjorda vår kan måle seg med de dype skogene under vann. Smådyra i tareskogen gir mat til rundt tre millioner tonn fisk årlig (Todal, 2018).

Stortaren brukt som bioindikator

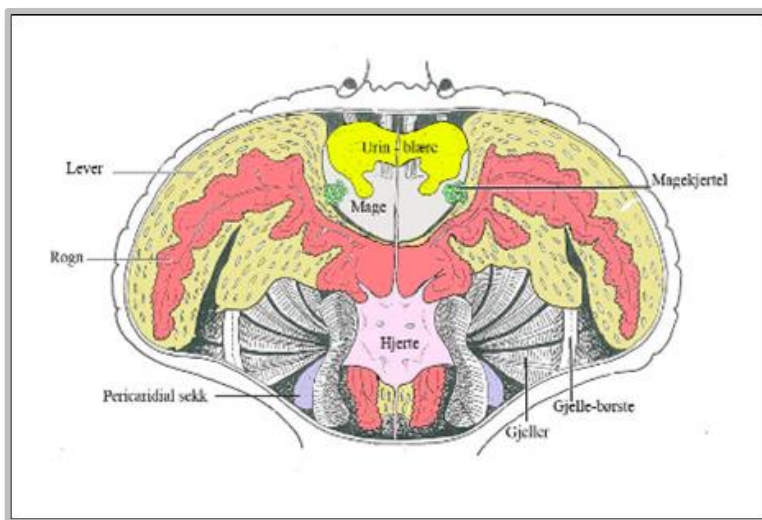
Så hvorfor er stortaren blitt en viktig bioindikator? Stortaren tar opp næringsstoffer gjennom lamina. Dermed vil også oppløste miljøgifter tas opp fra samme område. Det som tas opp i stortaren, vil etterhvert komme inn i næringskjeden. Ett eksempel på en næringskjede i og rundt tareskogen starter med kråkeboller som beiter på stortaren. Kråkeboller blir spist av oter, oter kan bli mat for breiflabben og menneskene spiser breiflabben.

En annen spredningskanal for miljøgifter samlet opp av stortaren er den regelmessige taretrålingen. Det blir årlig høstet omkring 150 000 tonn med stortare langs norskekysten. Det meste går med til å lage alginat. Alginat er et fortykningsmiddel som brukes i tannkrem, tekstiltrykk, softis, løkringer, salatdressinger, sportsdrikker, sveiseelektroder, halsbrannmedisin, bandasjer og selvslukkende sigarettpapir. Fordi alginat fra stortaren brukes i disse produktene, er det dermed viktig med miljøovervåking av stortaren. På grunn av at stortaren er så utbredt langs hele kysten og fordi den er viktig næringskjeden vår, er den en viktig bioindikator som må undersøkes. Prøvetaking krever imidlertid visse forholdsregler.

Prøvetaking av stortaren.

Ved prøvetaking er det viktig med godt renhold, for å unngå feilkilder som kan påvirke resultatene. Lamina fra stortaren legges på en ren plastbelagt fjøl. Skyll lamina godt med destillert vann. Bruk hansker og keramikkniv for å skjære ut prøvematerialet. Prøvene tas fra meristrem (figur 11). Skjær ut biter på ca 1 gram. Vekten på prøven noteres. Legg prøvene direkte i 25 mL polystyrenkopper, sett på lokk, merk med prøvenummer og frys ned. Prøvene fraktes frossent til samarbeidende laboratorium, hvor prøvene frysetørres og blir analysert på ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry) for å påvise mengdene av tungmetaller.

4.2.2 Taskekrabbe (*Cancer pagurus*) brukt som bioindikator.



Figur 14: Skjematisk skisse over indre organer hos taskekrabben. van der Meeren, G. et al. (2008).



Figur 15: Taskekrabbe med velfyllt levermasse. Rogn kan skimtes som rødlige felt
Foto: AKW, Møreforskning. Van der Meeren, G. et al. (2008).

En annen viktig bioindikator er taskekrabben. Taskekrabbeungene skjuler seg i hapteret i tareskogen til de er ca 2 år. Der er de godt beskyttet og har god tilgang på mat.

Taskekrabben er altetende og spiser hovedsakelig skjell og børstemark, men også rødalger, som er en påvekstorganisme på stortaren. Tungmetaller er oppløst i sjøvannet og blir tatt opp i skjell og børstemark som krabben spiser. Tungmetallene akkumuleres i

leveren (hepatopaneas) i krabben. Det ser ut som at krabben ikke klarer å skille ut tungmetallene igjen, eller bruker lang tid på denne prosessen, men har mekanismer som gjør at den selv ikke tar skade av det. Dette synes å være gode argumenter for å velge den som indikator. Leveren (hepatopaneas) i taskekrabben omtales ofte som brunmaten i krabben.

Fangst av taskekrabbe er en stor næring langs norskekysten. Både brunmaten i skallene og det hvite kjøttet i klørne blir spist. Mattilsynet har ikke oppgitt grenseverdier for tungmetaller i brunmat i taskekrabbe, men har gitt råd om at voksne helst ikke bør spise mer enn 13 til 14 hele krabber (med brunmat) i året. Ungdom bør helst ikke spise mer enn tre til fire hele krabber. Forhøyede verdier av kadmium (Cd), er en av hovedårsakene til anbefalt begrensning på inntak av taskekrabbe. For klokjøttet er det oppgitt grenseverdi på 0,5 µg Cd/g. Det er ikke klart hva som er årsaken til de høye verdiene av kadmium. Det kan komme fra havbunnen, det kan skyldes lokal forurensing eller forurensing som har kommet langveis fra med havstrømmene.

Prøvetaking av taskekrabben.

Også når det gjelder taskekrabbe bør man følge visse forholdregler ved prøvetaking. Det er viktig med godt renhold for å unngå feilkilder som kan påvirke resultatene. Etter at krabben er avlivet, åpnes skallet. Figur 14 og 15 gir en oversikt over skallinnholdet i taskekrabben. Skallet med skallinnmaten legges på en ren plastbelagt fjøl. Bruk hansker, keramikkniv og plastpinsett for å skjære ut prøvematerialet. For å unngå at prøvene forurennes, brukes kniv og pinsett som ikke er av metall. I tillegg er det viktig å ikke ta på prøvene direkte med hendene. I kontakt med hud, kan prøveverdiene bli forhøyet. Derfor skal det brukes hansker ved kontakt med prøvematerialet. Prøvene skal tas fra leveren som er plassert som vist på figur 14 og 15.

Prøvene, på ca 1 gram, legges direkte i 25 mL polystyrenkopper, veies, legg på lokk, merkes og fryses ned. Prøvene fraktes frossent til samarbeidende laboratorium, hvor prøvene frysetørres og blir analysert på ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry).

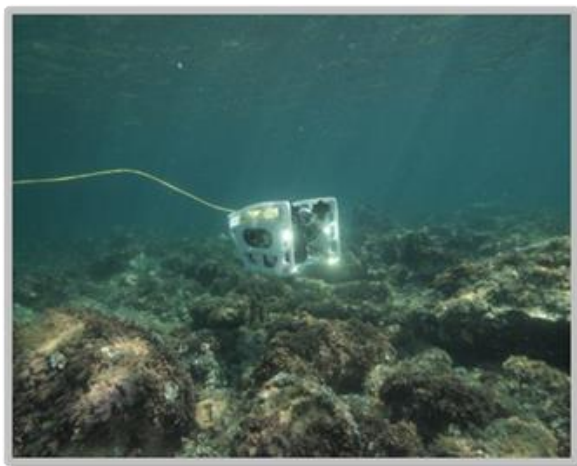
4.3 Påvirkningsindikatorer

Indikatorer knyttet til søppel kommer inn under kategorien påvirkningsindikatorer. Det er vedtatt tre OSPAR-indikatorer for marint avfall. De tre er strandsøppel, plast i havhest-mager og søppel på havbunnen. Andre indikatorer under utvikling i OSPAR, er plastpartikler i mager hos utvalgte fiskearter og mikroplast i blåskjell. Indikatorer for mikroplast, er så langt (2019) ikke ferdigutviklet. Den ene referanseverdien som er oppgitt i forbindelse med marint søppel, er fra mageinnholdet til havhesten. Plast i magen til havhest skal ikke overskride 0,1 g i mer enn 10% av fuglene som blir analysert.

Påvirkningsindikatorer gir mål på aktivitet som på en eller annen måte kan sette spor i miljø eller biota (Miljødirektoratet, 2015). Biota er alle de levende organismer, dyr, planter, sopp og bakterier, i et bestemt miljø. Strandsøppel er en påvirkningsindikator. Figur 17 viser eksempel på plast som samler seg opp i vannene på holmer og skjær, mens figur 18 viser hvordan tau og fragmenter av tau gror ned i terrenget. Tauverk og annen plast legger seg lag på lag nedover i jordsmonnet og de små partiklene vil etter hvert skylles tilbake til havet. Figurene 17 og 18 viser eksempler fra skjærgården i Midt-Norge, på Mausund i Trøndelag Fylke. Se tidligere omtale av plastforurensingen i kapittel 3.

4.3.1 Plast som påvirkningsindikator

Kartet på figur 2 (s.16), viser havstrømmer som treffer norskekysten. De blåfarvede pilene viser strømmen som fører med seg arktisk vann, de røde pilene viser strømmen som fører med seg atlantisk vann og de grønne pilene viser strømmen med vann som føres langs kysten. Havstrømmene fører med seg blant annet marint søppel og langtransporterte oppløste



Figur 16: SeaView ROV. Kan brukes til dokumentasjon av forurensing. Foto: Roy Torgersen.

miljøgifter. En stor del av det marine søppelet er plast og det er anslått at mer enn 70% av plastavfallet legger seg på havbunnen. ROV med videokamera og "live" overføring til overflata, egner seg godt for miljøovervåkning og for å kartlegge omfanget av marint søppel i havet. Dokumentasjon av registrert avfall kan bidra til at det settes i gang tiltak for få det ryddet bort.



Figur 17: Plast samler seg i vannene på øyene



Figur 18: Tau og fragmenter av tau i jordprøve

Mikroplast i jordprøver

Når plast blir liggende i naturen, vil det gro ned og det dannes lag på lag nedover i jorda med plastpartikler av ulik størrelse. Dette vil over tid skylles ut i sjøen igjen og bli tatt opp i næringskjeden. En felt- og laboratorieøvelse som kan gjøres i denne sammenhengen, er å ta en jordsjiktprøve og studere prøven under stereolupe med utstyr som påviser mikroplast i prøven. Utstyr som kan brukes til dette er Night Sea filter og lampe. Oppsettet som vist på figur 20, viser UV-filter som er festet på en magnetring under objektivet og et UV-lys som er påmontert en fleksibel lampefot. Når

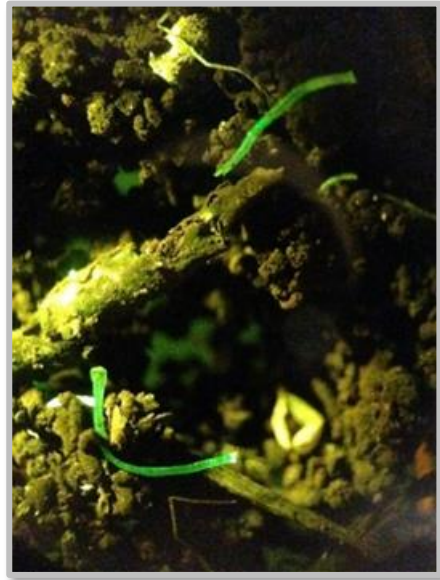


Figur 19 Jordsjiktprøve

UV-lys sendes mot plasten, avgir den blått fluorescerende lys. Blått filter kan alternativt bli festet på en magnetring under objektivet og blått lys påmontert lampefoten. Når blått lys sendes mot plasten, avgir den grønt fluorescerende lys (figur 21). Ifølge produsenten av Night Sea utstyret, er det ikke nødvendigvis plasten i seg selv som avgir fluorescerende lys, men additivene som kan være kjemikalier, tungmetaller, pigmenter og fargestoffer.



Figur 20: Stereolupe med Night Sea utstyr



Figur 21: Mikroplast sett i stereolupe gjennom blått filter og blått lys.



Figur 22: Filtreringsrør

Mikroplast i vannprøver

Sjøvannsprøver og prøver fra vann og dammer fra holmer og skjær kan undersøkes for mikroplast. Før prøvene studeres under stereolupe med Night Sea filter og lampe, skal de filtreres¹ som beskrevet under.

Fem rørstykker med hvert sitt filter påmontert, settes sammen til et filtreringsrør². Se figur 22. De er laget av avløpsrør.

Filterne har maskestørrelse 500 μ m, 210 μ m, 80 μ m og 65 μ m og 40 μ m.

¹ Metodeutvikling for påvisning av mikroplast for bruk i opplæringen av elevene, pågår flere steder. Bidragsyttere for filtrering og påvisning av mikroplast i vann- og sedimentprøver er Skien vgs. og Guri Kunna vgs.

² Filtreringsrøret er laget ved Mausund Feltstasjon. Disse er laget av avløpsrør.



Figur 23: Filter med ulik maskestørrelse

1. Tøm 500 ml sjøvann gjennom rørsystemet. Vannet samles opp i begerglass og tømmes ut.
2. Søylene demonteres til fem små rørstykker. Se bilde 23.
3. Hvert av rørstykkene med filter av ulik maskestørrelse studeres under stereolupen.
4. Antall mikroplast telles i hver rørdel og summeres.

Etter analyse med stereolupe, skylles hver rørdel rent med destillert vann.

Farging med Nile red.

Nile red er et fargestoff som farger mikroplast og gjør det enklere å påvise mikroplasten når prøvene studeres under stereolupe. Dette er ikke egnet å bruke på prøver som skal filtreres gjennom filterduk i filtreringsrøret, fordi det vil avsette farge på filterduken. Her kan ett filter brukes. For eksempel: Filterpapir kvalitativt Ø125 mm.

1. Mål opp 200 ml av vannprøven i begerglass.
2. Tilsett 1 ml Nile red. La stå i 10 min.
3. Filtrer prøven gjennom vanlig filter i Buchnertrakt. Filtrene tas ut og studeres under stereolupen med Night Sea filter og lampe.

Mikroplast i sedimenter og slamprøver

Før mikroplast undersøkes i sedimenter og slamprøver, skilles det fra prøvematerialet ved å blandes med saltlake (salinitet > 50).

1. Sedimenter eller slam blandes opp i ca 500 ml saltlake.
2. La stå 10 min eller til sedimentet, slammet, har sunket ned.

3. Væsken over bunnfallet (supernatanten) helles over i et rent begerglass. Det kan evt. pippeteres med plastpipette.
4. Deretter farges og filtreres supernatanten, slik som beskrevet under farging med Nile red.

Mikroplast i mageinnhold fra fisk

Sprett opp buken på fisken og skjær ut magesekken. Ta også med en del av tarmsystemet. Legg dette i en plastbakke. Snitt opp magesekken og tarmene.

Mageinnholdet og innholdet fra tarmene overføres til en ren skål.

Skyll og gni godt med destillert vann på innsiden av magesekken

og tarmen. Farg mageinnholdet med Nile red. Studer under stereolupen med Night Sea filter og lampe.

Hvis det er mye fast organisk materiale i magesekken, må det først dekomponeres. Det kan gjøres ved å tilsette 10% KOH og la det stå i varmeskap på 60° C i 24 timer.



Figur 24: Longe som dissekteres. Magesekken undersøkes for mikroplast.

4.4 Effektindikatorer

For å unngå uheldige effekter som akkumulering av miljøgifter i organismer, kan påvirkningsindikatorer varsle om mulige negative endringer i økosystemet på et tidlig stadium og før effektene kan påvises. Effektindikatorer beskriver målbare effekter på organismer, som f. eks. helsetilstand. Disse indikatorene kan kobles direkte til en bestemt type påvirkning (Miljødirektoratet, 2015). Effektindikatorerne som beskrives i dette kapitlet bygger på måleverdiene av elementene beskrevet under kapitlene stortare og taskekrabbe som effektindikator. Nivåene er først og fremst viktig for

overvåking av miljøet, men gir også indirekte informasjon om tilstanden til stortaren og taskekrabben.

4.4.1 Stortare som effektindikator

Eksempler på elementer man kan se etter i lamina på stortaren er kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), bly (Pb), aluminium (Al), krom (Cr), jern (Fe), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn) og arsen (As). Blant disse er det bare aluminium (Al) som ikke regnes som et tungmetall. Tabell 1 viser en oversikt over kvalitetsklassene tungmetallene er inndelt i. Klasse 0 best kvalitet, klasse III dårligst kvalitet. Disse er regulert i Forskriften om gjødselvarer mv. av organisk opphav (Lovdata, 2013). Tare ble tidligere brukt som jordforbedringsmiddel, et bruksområde som reguleres av Forskrifter i Lovdata. Måleverdier av Cd, Hg, Pb, Al, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn og As, kan si noe om korttidseksposering av elementene stortaren er blitt utsatt for og hvor mye som er blitt tatt opp i lamina på stortaren (Ervik, 2019).

Ved å ta prøver av taren fra samme geografiske område gjennom flere år, vil en kunne se om miljøet er stabilt eller om forholdene der stortaren lever, endrer seg over tid. Stortaren har da en funksjon som bioindikator.

Tabell 1: Maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller. Lovdata.no

1. Tungmetaller

Følgende maksimumsgrenser for tillatt innhold av tungmetaller angitt i mg/kg tørrstoff (totalinnhold) gjelder:

Kvalitetsklasser:	0	I	II	III
	mg/kg tørrstoff			
Kadmium (Cd)	0,4	0,8	2	5
Bly (Pb)	40	60	90	200
Kvikksølv (Hg)	0,2	0,6	3	5
Nikkel (Ni)	20	30	50	80
Sink (Zn)	150	400	800	1500
Kobber (Cu)	50	150	650	1000
Krom (Cr)	50	60	100	150

4.4.2 Taskekrabbe som effektindikator

Ervik et al. (2017), målte i 2012-2015 mengden av de 15 elementene: Bor (B), selen (Se), Cd, tinn (Sn), cesium (Cs), Hg, Pb, aluminium (Al), krom (Cr), mangan (Mn), jern (Fe), nikkel (Ni), kobber (Cu), sink (Zn), og arsen (As) i brunmaten i taskekrabbe. Årlige målinger av disse stoffene kan gi svar på om verdiene er stabile eller endrer seg fra år til år. Resultatene fra den undersøkelsen viste høye verdier av Cd i brunmaten på enkelte taskekrabber, noe som skaper bekymring og som bør følges opp. For øvrig var det økende verdier for elementene Se, Cs, Mn, Zn, and As i brunmaten i taksekrabben i de årene undersøkelsen ble gjennomført. Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) har ikke gitt grenseverdier for elementer i brunmat i taskekrabbe, men rådene fra VKM er at voksne må begrense inntaket til 13-14 hele krabber per år.

5. Sjøvannsprøver

Sjøvannsprøvene gir viktig informasjon om miljøet artene lever i og de kan analyseres på ulike måter. Eksemplene som er tatt med i dette heftet er gjort med Pasco dataloggingssensorer og manuelt med termometer og hydrometer. Prøveresultatene fra de ulike målingene sammenlignes og dette gir et godt grunnlag for diskusjon rundt måleusikkerhet med elever. Det gis en kort beskrivelse av hvordan sjøvannsprøver utføres ved hjelp av Pasco dataloggingssensorer, og analyseres ved hjelp av tilhørende programvare. Mer utfyllende beskrivelse er i Pascos manualer. En kortfattet beskrivelse av prinsippene for de ulike sensorene finnes i vedlegg 1.

5.1 Abiotiske faktorer temperatur, pH, oppløst oksygen og salinitet

Abiotiske faktorer, er de ikke-biologiske faktorene i et økosystem. De abiotiske faktorene temperatur, pH, oppløst oksygen, salinitet, og densitet er eksempler på faktorer som påvirker artene i havet og disse er parametere som kan analyseres ved miljøovervåking. Forskere måler disse parametere regelmessig ved gjennomføring av prosjekter og

feltarbeid. Over tid vil dataene som regelmessig samles inn, danne et bilde på forholdene i havet. De gir informasjon om de abiotiske faktorene er stabile, eller om det skjer en gradvis endring. Målinger gjort gjennom flere år viser at temperaturen i havet stiger. Når temperaturen i havet stiger, vil det føre til at fiskearter forflytter seg. Det forutsees at havet vil bli mer surt pga. økt opptak av CO₂ og det vil komme til uttrykk ved at pH blir gradvis lavere.

Figurene 25 til 28 viser sensorer for måling av pH, oppløst oksygen og salinitet, samt grenseverdier for hvordan prøvesvarene kan tolkes. I tillegg kan det hentes ut informasjon om temperatur og ledningsevne, fra sensoren som måler salinitet.

Havvannets surhetsgrad (pH)



Figur 25: Trådløs pH sensor PS-3204

Sjøvannets pH ligger i intervallet mellom 7,5 og 8,4. Miljødirektoratet startet i 2010 overvåking av havforsuring i norske havområder. Fra 2010 til 2016 endret gjennomsnittsverdien av pH i Norskebassenget (øvre 0-200 meter) seg fra 8,19 til 8,06 (Miljøstatus, 2019).

Oppløst oksygen



Figur 26: Trådløs oppløst oksygen sensor PS-2196

Sjøvannes oksygen:

Svært god tilstand: >9 mg O_2/l

God tilstand: 6,5-9 mg O_2/l

Mindre god tilstand: 4-6,5 mg O_2/l

Dårlig tilstand: 2-4 mg O_2/l

Svært dårlig tilstand: <2 mg O_2/l

Mengden oppløst oksygen er høyest i overflaten og minker jo dypere ned mot sjøbunnen det måles. For lav mengde oppløst oksygen vil få store konsekvenser for artene i det aktuelle området.

Salinitet

Salinitet er en viktig økologisk faktor som påvirker ulike typer av organismer som lever i vann, eller i nærheten av vann. Vann betegnes som saltholdig (salint), når det inneholder moderate, eller relativt høye mengder oppløste salter. Vannets saltholdighet bestemmes ikke alene av dets innhold av natrium fra natriumklorid, men summen av en rekke elementer som finnes i vannet.



Figur 27: Trådløs sensor for måling av salinitet PS-2195

Vannets salinitet:

Ferskvann: < 0.5

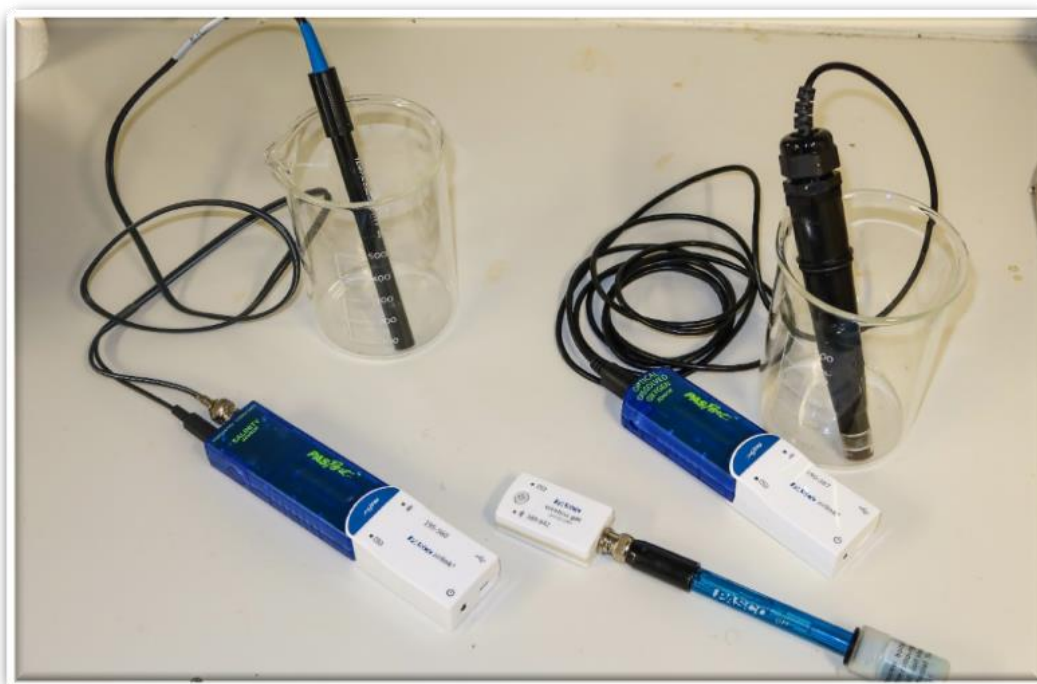
Brakkvann: 0.5 to 30

Saltvann: 30 to 50

Havvann: 35

Saltlake: > 50

Salinitet er ofte uttrykt som ppt (parts per thousand), som angir gram salt per liter vann. Natrium fra natriumklorid utgjør hovedmengden. Det er nå vanlig å utgi resultatet uten benevnelse. Dvs. at ppt ikke føres bak resultatet. På 1970-tallet ble salinitet redefinert som konduktiviteten (ledningsevnen) til en vannprøve i forhold til en standard kaliumklorid (KCl) løsning. Den internasjonale enheten ble endret til psu, som er en forkortelse for praktiske salinitetsenheter (practical salinity units) (Artsdatabanken).



Figur 28: Sensorene for måling av pH, oppløst oksygen og salinitet. Airlink, den trådløse overføringen mot programmet er påmontert alle sensorene.

Prinsippene for målingene av pH, oppløst oksygen og salinitet er kort beskrevet i vedlegg 1, samt i brukermanualene for sensorene.

5.2 Analyse av sjøvannsprøver ved hjelp av trådløs datalogging

Sparkwue er programvaren som brukes (2019) for å logge dataene. Det kan lastes ned som App på mobil og Ipad. Programmet søker opp de sensorene som er koblet inn og brukeren får et valg om hvilke sensorer som skal aktiveres.

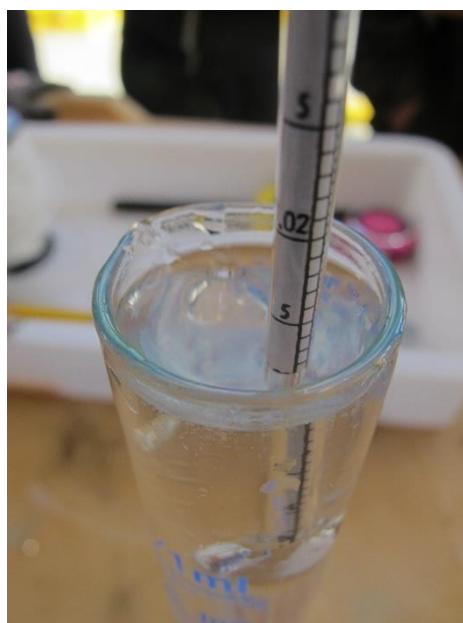
Sensoren må stå loddrett ned i prøven som skal analyseres. Trykk på start-knappen for å begynne å samle data. Skyll sensorene med destillert vann mellom hver måling.

5.3 Måling av salinitet ved hjelp av termometer og hydrometer

Temperatur og densitet kan også måles med termometer og hydrometer. Dette er enkelt manuelt utstyr elever kan ta med ut i felt og lese av resultatene med det samme de har hentet inn prøvene. Salinitet leses av fra diagram vist i figur 31 ut ifra resultatene fra temperatur og densitet. Diagrammet viser sammenheng mellom temperatur, densitet og salinitet.

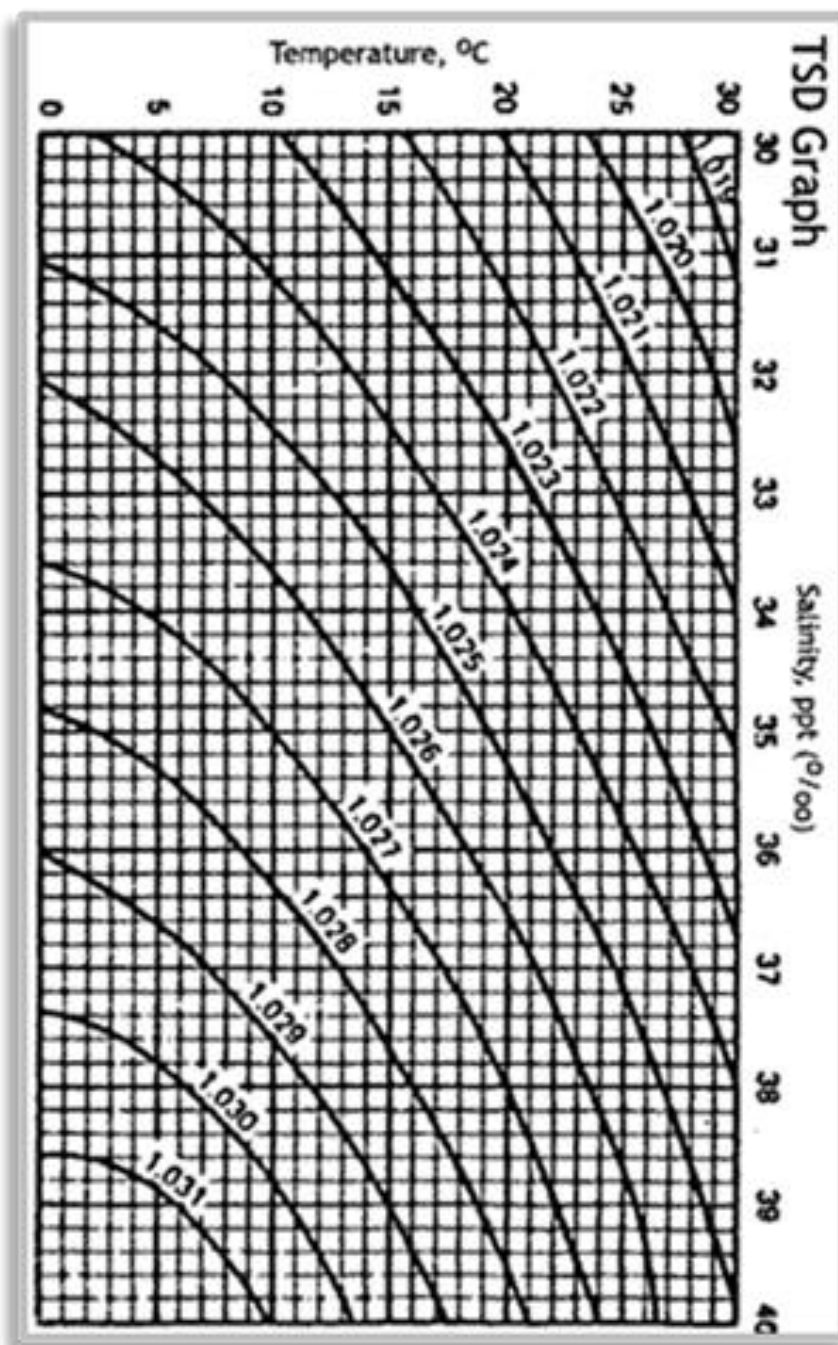


Figur 29: Felttermometer



Figur 30: Hydrometer

Hvis temperaturen er 10°C og densiteten 1.025, finner du først tallet 10 på y-aksen og følger det vannrett til du kommer til kurven som viser 1.025. Da kan du lese av at saliniteten er 32,4.



Figur 31: Salinitet leses ut fra densitet og temperaturkurve

Litteraturliste

Artsdatabanken. *MA Marin Salinitet*.

https://www.artsdatabanken.no/Pages/137911/Marin_salinitet

Ervik, H. et al. (2017). *Toxic and Essential Elements in Seafood from Mausund, Norway*. Environmental Science and Pollution Research, 25 (8), 7409-7417.

DOI: [10.1007/s11356-017-1000-4](https://doi.org/10.1007/s11356-017-1000-4)

Ervik, H. (2019). *The Kelp Laminaria hyperborea as a Bioindicator*. Journal of Water Technology and Treatment Methods 2019. Volum 2.(1). DOI: [10.31021/jwt.20192122](https://doi.org/10.31021/jwt.20192122)

Ervik, H. & Arnesen, O.A. (2018). *Læringsprogrammet Marint Sjøppel*.

<https://www.ntnu.no/documents/2004699/12108297/Plastproblematikken+i+havet+Rev.+2.0.pdf/c11d0b69-9697-409c-9ccc-b14ee0d548d3>

Havforskningsinstituttet (2014). *Kadmium er et tungmetall som finnes i naturen, blant annet i jordsmonnet*. <https://nifes.hi.no/forskningstema/trygg-sjomat/uonsket-sjomat/kadmium-cd/>

Havforskningsinstituttet (2017). *Nytt kart viser kor søppelet flyt i land*.

https://www.hi.no/nyhetsarkiv/2017/mai/nytt_kart_viser_kor_soppelet_flyt_i_land/nb-no

Indegaard, M. (2010). *Tang og tare – i hovedsak norske brunalger: Forekomster, forskning og anvendelse*.

https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/228180/397862_FULLTEXT02.pdf?sequence=1

Lovdata (2013). *Forskrift for gjødselvarer mv. av organisk materiale*.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2003-07-04-951>

Lovdata (2015). *Forskrift om visse forurensende stoffer i næringsmidler*.

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-07-03-870>

Miljødirektoratet (2015). *Indikatorer for marin forsøpling*.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M456/M456.pdf>

Miljødirektoratet (2016). *POP-er – Persistente organiske miljøgifter*.

<https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M571/M571.pdf>

Miljøstatus (2019). *Forsuring av havet*.

<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/hav-og-kyst/forsuring-av-havet/>

NGU (2018). *Naturlige bakgrunnsverdier*.
<https://www.ngu.no/emne/naturlige-bakgrunnsverdier>

Store Norske Leksikon (2018). *Bioindikator*. <https://snl.no/bioindikator>

Todal, P.A. (2018). *Havlandet. Historia om hava som skapte Noreg*. Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.

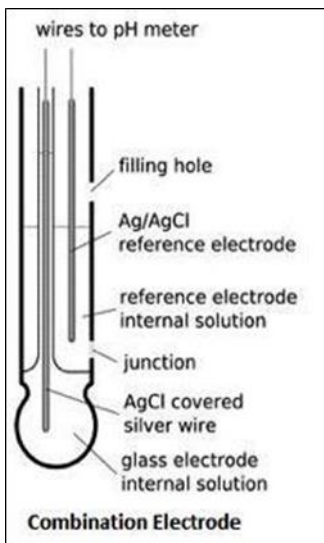
van der Meeren, G. et al. (2008). *En utredning for Mattilsynet for kunnskapsstøtte om anatomi og fysiologi hos tifotskreps med vekt på nervesystemet og velferd*. Rapport fra Havforskningen Nr. 6-2008

Vedlegg 1

Hvordan kombinasjonselektroder virker

pH

pH -elektroden består av en måleelektrode og en referanseelektrode med en bestemt spenning mellom elektrodene. Når pH sensoren senkes i løsningen, vil mengden H^+ -ioner i løsningen påvirke spenningen. Spenningen måles i millivolt (mV). Resultatet i mV omgjøres til pH-enheter i instrumentet som vises på displayet.

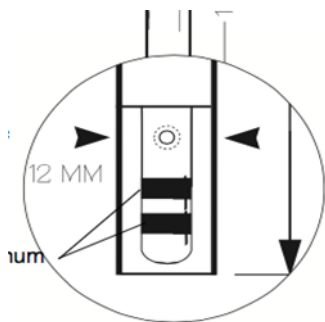


Utforming av en pH-elektrode.

Oppløst oksygen

Når det ikke er oppløst oksygen tilstede i en løsning, er intensiteten av luminescensen fra tilsatte kjemiske stoffer på det maksimale. Dette kalles kjemoluminescens. Intensiteten fra luminescensen av fargestoffet og mengden oppløst oksygen er omvendt proporsjonalt. Sensoren måler tiden luminescensen er påvirket av oksygen med en fotodiode og avlesningen sammenlignes med en referanse. Resultatet oppgis i % eller i konsentrasjonen mg/l.

Salinitet



Salinitetssensoren bestemmer salinitet basert på elektrisk ledningsevne/konduktivitet i væsken. Ledningsevnen er avhengig av temperaturen. Sensoren måler derfor både temperatur og ledningsevne slik at instrumentet kan kompensere for temperaturen. Sensoren måler strømmen gjennom løsningen mellom to platinaelektroder. Det er ionene i oppløsningen som står for ladningstransporten. Strømmen gjennom oppløsningen er derfor nær proporsjonal med saltinnholdet. For å unngå ensidig opphoping av ioner ved elektrodene, skifter man polaritet på spenningen på elektrodene, dvs. man sender en vekselstrøm (AC - Alternating Current) gjennom oppløsningen. Konduktivitet oppgis i μS (μ -siemens) som er det inverse av Ohm. Det er viktig å holde sensoren loddrett ved måling av salinitet.

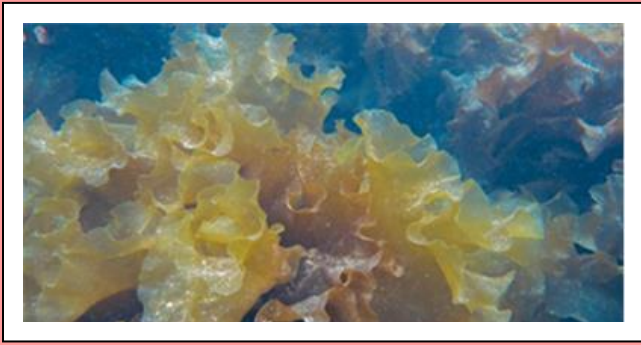
Se utfyllende informasjon i Pascos brukermanualer.

Salinitet: https://www.pasco.com/file_downloads/Downloads_Manuals/PASPORT-Salinity-Sensor-Manual-PS-2195.pdf

pH: https://www.pasco.com/file_downloads/Downloads_Manuals/PASPORT-pH-Sensor-Manual-PS-2102.pdf

Oppløst oksygen:

https://www.pasco.com/file_downloads/Downloads_Manuals/PASPORT-Optical-Dissolved-Oxygen-Sensor-Manual-PS-2196.pdf



Darwin skrev i 1830-årene: Taren kunne sammenlignes med de tropiske regnskogene, men skogen under vannet var enda rikere. Om en skog på land gikk tapt, ville langt færre dyrearter forgå, enn de som ville forgå om taren ble ødelagt (Todal, 2018).

Tareskogen er et spennende økosystem. *Miljøovervåking av tareskogen* gir en beskrivelse av tareskogen og det yrende livet som er i den og om miljøet de lever i. Hftet beskriver videre hvilke bioindikatorer som kan knyttes til dette tareskogen og hvordan disse kan måles.

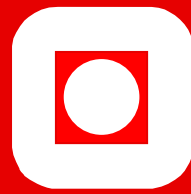
Bærekraftig utvikling blir tatt opp som tema og de utfordringer plast i naturen gir. For miljøovervåking kan det tas prøver både fra stortaren, annen tare, tang og sjøvann, og prøvene fra disse kan analyseres mht. tungmetaller. For sjøvannet kan de abiotiske faktorene pH, temperatur, densitet, og salinitet måles med enkelt utstyr.

Hftet kan brukes som et ressurshefte i naturfag, biologi, eller teknologi og forskningslære.

Beskrivelsen i heftet kan ha en overføringsverdi for lærere, som ønsker å ha ekskursjon med feltarbeid på sjøen, eller i fjæra.

Skolelaboratoriet har som oppgave å drive forsknings- og utviklingsarbeid rettet mot undervisning i realfag og teknologi i skolen. Gjennom SLserien vil Skolelaboratoriet NTNU publisere resultatene av dette arbeidet.

ISBN 978-82-92505-00-7
ISSN 1503-9242 (trykt utg.)
ISSN 2464-1944 (online)



NTNU

Institutt for
Fysikk

Institutt for
lærerutdanning

Skolelaboratoriet
for matematikk, naturfag
og teknologi

Tlf. 73 55 11 43

<https://www.ntnu.no/skolelab>