

# Maskinell rydding av plastinfiltrete jordmasser fra Samuelskilen på Mellom-Bolæren, Færder nasjonalpark



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Sør**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Innlandet**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Region Vest**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00

**NIVA Danmark**

Njalsgade 76, 4. sal  
2300 København S, Danmark  
Telefon (45) 39 17 97 33

Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

Tittel Maskinell rydding av plastinfiltrerte jordmasser fra Samuelskilen på Mellom-Bolæren, Færder nasjonalpark	Løpenummer 7444-2019	Dato 11.12.2019
Forfatter(e) Inger Lise Nerland Bråte, Liv-Marit Hansen, David Eidsvoll, Ana Catarina Almeida, Nicolay Moe	Fagområde Miljøgifter - marin	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Oslofjorden	Sider 22

Oppdragsgiver(e) Oslofjordens Friluftsråd og Miljødirektoratet	Oppdragsreferanse Liv-Marit Hansen
Oppdragsgivers utgivelse:	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 190058

<p>Sammendrag</p> <p>Jordmassene hentet ut med maskinell rydding fra Samuelskilen i Færder nasjonalpark på øya Mellom-Bolæren, inneholdt totalt 5% plast per vektenhet (av størrelse over 5 mm) og 50% per volumenhet. All plasten fra jordmassene fra Samuelskilen var polyetylen (PE; 73%) og polypropylen (PP; 27%). Det ble funnet vekst-inhibering av saltvanns-algen <i>S. pseudocostatum</i> i 100% elutriat av jord og mikroplast fra Samuelskilen og en noe mindre inhibering for ferskvannsalgen <i>R. subcapitata</i>. Det er usikkert om det var en faktisk påvirkning av plast fra jordmassene, eller om det er en pH- eller salinitets-effekt. Det kan også ha blitt påvirket av lagring av jordmassene over tid under suboptimale forhold. Det er en krevende og stor vurdering å finne ut hvorvidt et plast-akkumuleringssted som Samuelskilen bør ryddes maskinelt eller om de plastinfiltrerte jordmassene bør bli liggende. Flere tester bør utføres av arter fra forskjellige trofisknivå. Det kan også være andre tester som er relevante å utføre, f.eks. knyttet til biologisk mangfold. Dessuten vil det være viktig å vurdere den negative virkningen som selve ryddingen kan ha på habitatet og dyrelivet.</p>
--

<p>Fire emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Strandsøppel</li> <li>Toksisitetstesting</li> <li>Maskinell rydding</li> <li>Nasjonalpark</li> </ol>	<p>Four keywords</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Beach litter</li> <li>Toxicity testing</li> <li>Machine clearing</li> <li>National park</li> </ol>
---	--

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

*Inger Lise Nerland Bråte*  
Prosjektleder

*Marianne Olsen*  
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7179-9  
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

Del-rapport under «Ren Oslofjord»-prosjektet:  
**Maskinell rydding av plastinfiltrerte jordmasser  
fra Samuelskilen på Mellom-Bolæren, Færder  
nasjonalpark**

## Forord

I desember 2018 søkte NIVA og Oslofjordens Friluftsråd (OF) om støtte fra Miljødirektoratet sin tilskuddsordning mot marin forurensning.

Tiltaket 3 «Registrering av funn etter opprydningsaksjon i Samuelskilen, Færder nasjonalpark» er et av 8 tiltak under prosjektet «Ren Oslofjord». Prosjektet «Ren Oslofjord» har fått tildelt midler fra Miljødirektoratets tilskuddsordning for Marin forurensning og har referansenummeret 19S0B455.

Formålet med tilskuddsordning var å bidra til gjennomføring av tiltak for å redusere marin forurensning i Norge, både opprydding og forebyggende tiltak. Prosjektet har i tillegg bidratt til økt samarbeid mellom NIVA som forskningsmiljø og NGOer som jobber med marin forurensning.

Internt for NIVA har David Eidsvoll bidratt både i felt og med plastanalyser, mens Ana Catarina Almeida har utført toksisitetstestene.

Takk til OF, «Mellom-Bolærens venner», Statens naturoppsyn og Skjærgårdstjenesten for utførelsen av maskinell rydding i 2018, samt Norsk Gjenvinning for håndtering av avfallet. Videre vil vi gi en stor takk til Skjærgårdstjenesten for oppbevaring av storekassen med plastinfiltrerte jordmasser.

Oslo, 11. Desember 2019

Inger Lise Nerland Bråte

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Introduksjon.....</b>	<b>7</b>
1.1	Formålet med prosjektet og rapporten.....	8
<b>2</b>	<b>Metode .....</b>	<b>9</b>
2.1	Maskinell rydding av Samuelskilen.....	9
2.2	Plastanalyse av storsekk-innhold.....	9
2.3	Toksisitetsanalyse av plastinfiltrerte jordmasser .....	12
2.3.1	Porevann- og «elutriat» ekstraksjon .....	12
2.3.2	Algetester - <i>Skeletonema pseudocostatum</i> og <i>Raphidocelis subcapitata</i> .....	13
<b>3</b>	<b>Resultater og diskusjon.....</b>	<b>14</b>
3.1	Plastmengde og plasttyper i jordmassene.....	14
3.2	Veksthemming av alger .....	17
3.3	Vurdering av toksisitet og maskinell rydding.....	20
<b>4</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>22</b>

## Sammendrag

Marint avfall domineres av plast, og plast brytes veldig sakte ned i havmiljøet. Dette fører til plastakkumulering i ulike deler av det marine miljøet, for eksempel på strender. Noen bukter akkumulerer mer plast enn andre, med påvirkende faktorer som f.eks. nærhet til kilder, hydrodynamikk (strømninger) og topografi. I hvilken grad avfallet kan fjernes avhenger av fremkommelighet for rydding av stranden. Plast i miljøet er uønsket, og kan blant annet føre til tilførsel av uønskede kjemikalier, tilførsel av invaderende arter og annen uønsket påvirkning på dyrelivet. Det er nå en konsensus i forskningsverden at plastforurensing negativt påvirker miljøet, i hvert fall på individnivå, men det mangler fortsatt en full forståelse av de samlede økologiske påvirkningene.

Samuelskilen i Færder nasjonalpark er en bukt som ligger sydvendt på øya Mellom-Bolæren i Færder kommune. Her akkumuleres mye marint avfall, og området har vært systematisk ryddet siden 2012. Selv med jevnlig rydding har det fortsatt ligget mye plast i bukta som over tid har akkumulert i jordmassene. Det har fortsatt å formelig tyte plastrester opp av bakken, da særlig i form av små plastbiter. Den akkumulerte plastforsøplingen kunne derfor re-mobilisere til sjø ved springflo og ved utvasking av bølgeslag, og til land og luft ved vind og nedbør. Derfor ble det i 2018 bestemt at man skulle fjerne marint avfall infiltrert i jordmassene fra Samuelskilen ved maskinell rydding (gravemaskiner). Maskinell rydding fjerner store områder med plastinfiltrerte jordmasser, men arbeidet er svært tidskrevende og kostbart, og man kan risikere å re-mobilisere plast og mikroplast til andre deler av det marine miljøet. Avgjørelsen om maskinell rydding på Samuelskilen var ikke forankret i noen faglig vurdering av konsekvensene av å la jordmassene ligge, kontra maskinell rydding.

To av hovedformålene med dette arbeidet var derfor å utføre plastanalyse av de plastinfiltrerte jordmassene for å finne ut hvor mye plast (i vekt, antall og volum) og hva slags plast (polymertype) som hadde akkumulert i jordmassene, pluss å utføre toksisitetsanalyser av jordmassene for å si noe om miljøpåvirkningen. Sistnevnte ble utført med en standardisert vekststudie av to algearter; den marine algen *Skeletonema pseudocostatum* og ferskvannsalgen *Raphidocelis subcapitata*.

Jordmassene hentet ut fra Samuelskilen inneholdt totalt 5% plast per vektenhet (av størrelse over 5 mm) og 50% per volumenhet. Plast er et veldig lett materiale, og derfor var det ikke overraskende at plastbidraget var større i volum enn vekt. Totalt var det omtrent 3500 biter med plast i omtrent 13 kg jordmasser, med en totalvekt på omtrent 650 gram. Utvalget av plastbiter som ble analysert med FT-IR, viste at all platen fra jordmassene fra Samuelskilen var PE (73%) og PP (27%). Dette er de to mest vanlige plasttypene når det kommer til produksjonsvolum og de er begge polymere med lavere tettheten enn sjøvann og som derfor flyter når de er rene. PE brukes i mange engangsprodukter, men også i mange andre applikasjoner som patronhylser, sprengladninger, tegnemateriale og biofilmbærere, mens produkter laget av PP kan for eksempel være tauverk, sugerør, plastremmer og q-tips. Den samme dominansen av PE og PP ble også nylig sett på strandsøppel fra Akerøya og Nordre Langåra i Oslofjorden. Dette indikerer at den marine forsøplingen fra Samuelskilen og andre strender har kommet flytende inn, og ikke stammer fra lokale kilder. Dette støttes av at det tidligere har vært ferdselsforbud på Samuelskilen, og dermed begrenset med lokal forsøpling.

Det er ikke kjent hva som er den viktigste parameteren for miljøpåvirkning av plast; type plast (polymer), massebidraget (vekt), antall eller volum. Det er ikke utenkelig at jordas fysiske

egenskaper, for eksempel kapasiteten til å holde på vann (permeabilitet), kan påvirkes av 50% plast i jordvolumet. Endring i permeabilitet kan igjen føre til endring i jordtemperatur, som kan påvirke utviklingen av dyr som har dette som habitat.

For den marine algen *S. pseudocostatum* viste toksisitetstesten 30 % inhibering av algevekst i 100% elutriat av jord og mikroplast fra Samuelskilen for alle måletidspunkter (24, 48 og 72 timer). Det viste seg at både saliniteten og pH var noe lavere for 100% elutriat enn de andre konsentrasjonene. Det kan derfor ikke utelukkes at effekten som ble sett var en følge av endring i disse forholdene, og ikke nødvendigvis på grunn av påvirkning av plasten fra jordmassene. For ferskvannsalgen *R. subcapitata* var det mellom 10% til 12% inhibering av algevekst i 100% elutriat av jord og mikroplast etter 24 og 48 timer, men kun 5% hemming etter 72 timer. pH var også her lavere for 100% elutriat enn for de andre konsentrasjonene. Det ble ikke målt noe saltholdighet, noe som var forventet i dette ferskvannsmediet. Det kan også tyde på at jordmassene fra Samuelskilen var mest ferskvannspåvirket. Dersom man hadde hatt et referanseområde med lite eller ingen plastpåvirkning kunne man ha sammenlignet dette området med plastinfiltrerte jordmasser fra Samuelskilen, for å få mer robuste data. Før man kan konkludere bør derfor flere tester utføres for å finne ut om veksthemmingen av algene var som følge av plastpåvirkning, eller som følge av endring i pH og/eller salinitet. Det er heller ikke kjent om suboptimale lagringsforhold av jordmassene påvirket toksisitetstestene.

Det er ingen tvil om at det var mye plast i jordmassene fra Samuelskilen. Det er en krevende og stor vurdering å finne ut hvorvidt et akkumuleringssted for plast over mange tiår, slik som Samuelskilen, bør ryddes maskinelt eller om de plastinfiltrerte jordmassene bør bli liggende. Denne studien er for begrenset og med for mange forbehold til å gi spesifikke råd om hvorvidt man burde ha utført maskinell rydding i 2018 eller ikke. Det er viktig å finne ut om jordmasser med omtrent 50% plast i volum, signifikant vil påvirke miljøet. Dette kan gjøres ved toksisitetsanalyser for å få en forståelse for eventuelle toksiske effekter, men man bør ideelt sett utføre tre eller flere såkalte bioassays (toksisitetstester) av arter fra forskjellige trofisknivå. En test som bør prioriteres er utviklingstest med hel-sediment med for eksempel fjærmygglarve (familie *Chironomid*; ferskvann) eller den marine fjæremarken (*Arenicola marina*). Man bør også teste «ferskt» jordsmonn, og man bør også inkludere referanseområder med ren jord. Det kan også være andre tester som er relevante å utføre, f.eks. knyttet til biologisk mangfold. Dessuten vil det være viktig å vurdere den negative virkningen som selve ryddingen kan ha på habitatet og dyrelivet.

# 1 Introduksjon

Marint avfall domineres av plast. Plast brytes veldig sakte ned i havmiljøet, og ved kontinuerlig tilførsel over tid fører det til at plast hopper seg opp. Akkumuleringsraten av plast påvirkes av mange faktorer som nærhet til store byer, maritim aktivitet, hydrodynamikk (vannbevegelse), topografi av stranden og beliggenhet (f.eks. avsidesliggende strender som ikke ryddes) (Galgani et al., 2015). I Norge har man for eksempel sett at siv kan fungerer som en «borrelås» for plastsøppel.

Som oppsummert i Barnes et al. 2009 kan akkumulering av plast føre til blant annet;

- tilførsel av uønskede kjemikalier til miljøet
- tilførsel av invaderende arter
- uønsket påvirkning av dyrelivet

I tiår har det vært rapportert om plastpåvirkning av marint dyreliv (f.eks. Carr 1987), og minst 700 arter har vist seg å interagere med plastforsøpling. Dette er f.eks. pattedyr som setter seg fast i tapte fiskegarn, eller dyr som blir underernærte på grunn av falsk metthetsfølelse dersom de har fått i seg plast (Laist 1997; Kühn et al., 2015). Det er nå en konsensus i forskningsverden av plastforurensing negativt påvirker miljøet, hvert fall på individnivå, men det mangler fortsatt en full forståelse av de samlede økologiske påvirkningene (Rochman et al. 2016). Dette gjelder særlig for såkalt mikroplast, som er plastbiter mindre enn 5 mm, som oppstår over tid i havmiljøet på grunn av fragmenteringen og forvitringen av større plastbiter.

Noen områder er kjent for å akkumulere mer plast enn andre på grunn av tidligere nevnte faktorer. Samuelskilen i Færder nasjonalpark, **Figur 1**, er en bukt som ligger sydvendt på øya Mellom-Bolæren i Færder kommune. Her akkumuleres mye marint avfall antakelig på grunn av høy tilførsel og egnet topografi for akkumulering. Fram til 2005 disponerte det norske forsvaret øya, og det var i prinsippet ferdselsforbud her. Fra 2012 ble det organisert rydding av strender på øya og bukta ble ryddet systematisk hvert år fra da. Selv med ryddingen fortsatte det å formelig tyte plastrester opp av bakken, da særlig i form av små plastbiter. Den akkumulerte plastforsøplingen kunne derfor re-mobilisere til sjø ved springflo og ved utvasking av bølgeslag, og til land og luft ved vind og nedbør. Derfor ble det i 2018 bestemt at man skulle fjerne marint avfall infiltrert i jordmassene fra Samuelskilen ved maskinell rydding (gravemaskiner), slik at videre nedbryting til mikroplast ikke førte til re-mobilisering til sjø, landskap og luft. Tiltaket ble gjennomført med hjemmel i § 8 om Skjøtsel i forskrift om vern av Færder nasjonalpark: «Forvaltningsmyndigheten eller den forvaltningsmyndigheten bestemmer, kan iverksette tiltak for å opprettholde og oppnå den natur- og kulturtilstand som er formålet med vernet, jf. naturmangfoldloven § 47.»

Maskinell rydding fjerner store områder med plastinfiltrerte jordmasser, men arbeidet er svært tidskrevende og kostbart, og man kan risikere å re-mobilisere plast og mikroplast til andre deler av det marine miljøet. Avgjørelsen om maskinell rydding på Samuelskilen var ikke forankret i noen faglig vurdering av konsekvensene av å la jordmassene ligge, kontra maskinell rydding.





**Figur 1:** Kart over Samuelskilen (blå sirkel) på Mellom-Bolæren, Færder nasjonalpark.

## 1.1 Formålet med prosjektet og rapporten

Hovedformålet med dette del-prosjektet var å få mer kunnskap om mengder og typer plast i jordmassene hentet ut fra Samuelskilen ved maskinell rydding i 2018. Et annet viktig mål var å undersøke hvorvidt det var best for miljøet å la plastinfiltrerte jordmasser bli liggende eller å utføre maskinell rydding. Derfor ble det utført plastanalyse av de plastinfiltrerte jordmassene, samt toksisitetsanalyser av vannlevende organismer (i dette tilfellet alger). Mer spesifikt var målene å:

- Finne ut hvor mye plast det var (i volum, vekt og antall) i jordmassene, og hva slags plastmateriale platen fra Samuelskilen bestod av ved hjelp av Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analyse. Analysen kan bidra til å belyse kildene til forurensningen.
- Finne ut om de plastinfiltrerte jordmassene negativt påvirker vannlevende organismer, ved å måle algevekst over tid i medium som har vært inkubert med jordmasser fra Samuelskilen.

## 2 Metode

### 2.1 Maskinell rydding av Samuelskilen

Den maskinelle ryddingen ble gjennomført i 2018, før oppstart av dette del-prosjektet, som et samarbeid mellom «Mellom-Bolærens venner», OF, Statens naturoppsyn (SNO) og Skjærgårdstjenesten, **Figur 2**. Norsk Gjenvinning håndterte avfallet. Mengden masse som skulle bli fjernet var på forhånd anslått til omtrent 10 storesekker á 1 m<sup>3</sup> med totalt 4-5 tonn masse. Dette var et kraftig underestimert, da det endte opp med 58 storesekker med totalt 23 tonn masse med plastinfiltrerte jordmasser. I tillegg ble det plukket ut plastfraksjoner fra massene som utgjorde 45 søppelsekker. Avfallet og de plastinfiltrerte jordmassene ble tatt i land i to operasjoner, hvorav en av storesekkene ble lagret for eventuelle videre analyser.



**Figur 2:** Samuelskilen før, underveis og etter maskinell rydding i 2018. Foto: OF

### 2.2 Plastanalyse av storekk-innhold

For å besvare målene under seksjon 1.1, ble det utviklet et samarbeid mellom NIVA og OF hvor NIVA skulle analysere og tolke innholdet i en representativ storekk av de totalt 58 storesekkene som ble ryddet fra Samuleskilen, **Figur 3**.



**Figur 3:** Henting av storsekk med plastinfiltrerte jordmasser fra Samuelskilen som var lagret fra den maskinelle ryddingen i 2018. På bildet er en representant fra Skjærgårdstjenesten og NIVA. Foto: NIVA.

Denne sekken var lagret ved et utendørs lager under tak. Først ble det øverste laget med jord skrapet av innholdet i storsekken for å ta vekk eventuell ytre kontaminering (plast fra lufta o.l.), før prøver av de plastinfiltrerte jordmassene ble tatt ut fra ti tilfeldige områder i sekken. Totalt ble det fylt 10 stk. 10-litersbøtter (ga 10 replikater à 10 liter). Dette materialet ble deretter lagret ved romtemperatur før videre analyse.

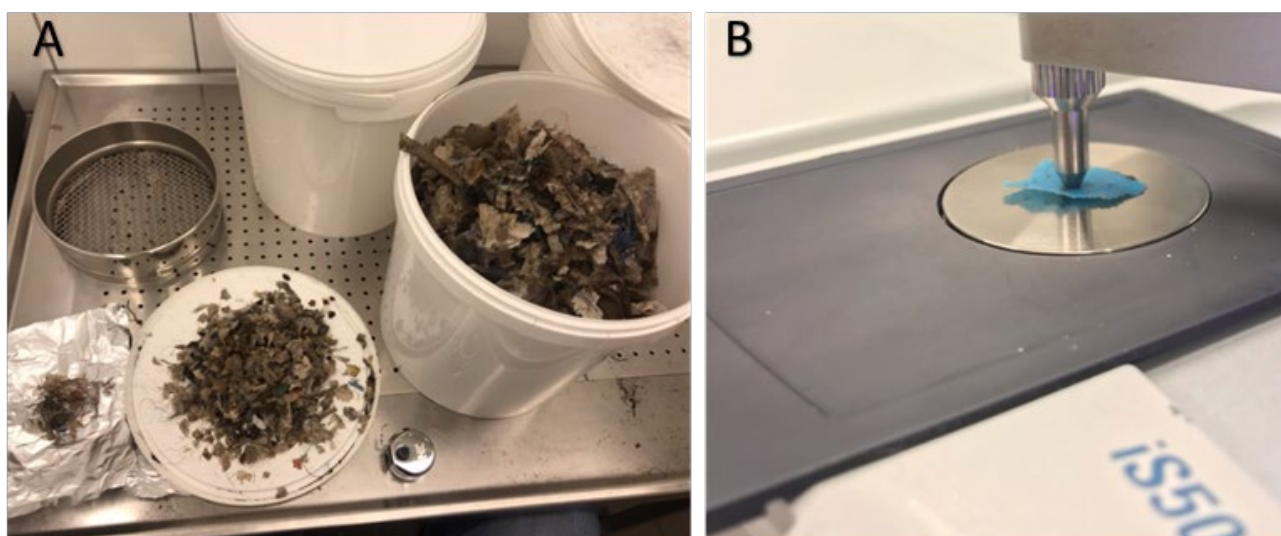
Innholdet i tre fulle 10 liters-bøtter (tilsvarende tre replikater) ble videre sortert på følgende måte:

- **Del 1, ikke plast.** Røtter, steiner og annet stort naturlig materiale. Eventuell plast som satt fast i røtter ble tatt vekk til del 2. Deretter ble del 1 veid (våtvekt).
- **Del 2, makroplast:** Det resterende etter del 1 ble siktet ved hjelp av en 5 mm sikt og makroplast over 5 mm ble samlet inn. Denne fraksjonen ble veid (våtvekt), volum ble målt (ved å utregne omtrentlig volum av del 2 i en 10-liters bøtte ved hjelp av omkrets og høyde på makroplasten med en tommestokk), samt at alle plastbitene ble telt ved å bruke en håndteller. Et tilfeldig utvalg plastbiter ble tatt ut til FT-IR analyse.
- **Del 3 (under 5 mm), jord og mikroplast:** Resterende av del 2 ble samlet sammen. Dette var en blanding av jord og plast under 5 mm, med mange synlige plastbiter. Denne fraksjonen ble veid (våtvekt).

Formålet med sorteringen og analysen var å finne ut hvor stor andel av jorda som inneholdt makroplast, både i vekt (våtvækt), i volum og i antall, figur **Figur 4A** og **Figur 5**, samt type plast, **Figur 4B**.

Videre ble et utvalg av 64 plastbiter over 5 mm analysert ved FT-IR. Dette er en type infrarød spektroskopi som brukes for å finne ut polymertype, f.eks. om det er polyetylen (PE), polypropylen (PP) og så videre. Instrumentet som ble brukt var en ThermoScientific Nicolet iS50 FT-IR. Det infrarøde spekteret ( $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ ) ble detektert etter å ha eksponert plastmaterialet for infrarødt lys ved kontaktflaten til krystallen. Spektre ble produsert med minimum 4 co-skanninger og en oppløsning på  $4\text{ cm}^{-1}$ . Polymeridentifikasjon ble oppnådd ved å sammenligne FT-IR-spektrene med kommersielle og interne polymerbiblioteker, i tillegg ble alle spektra også manuelt inspisert.

Del 3 ble spart til senere toksisitetsanalyse.



**Figur 4:** Plastmengde og plasttype analyse av jordmassene fra Samuelskilen **A:** Sortering av ulike deler av jordmassene (kalt del 1, del 2 og del 3), **B:** Eksempelfoto av FT-IR analyse.

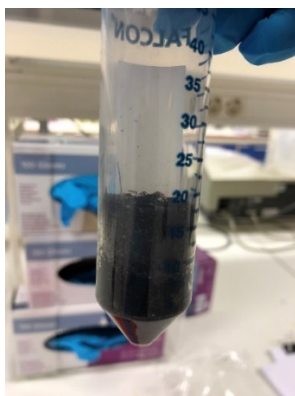


**Figur 5:** Eksempelbilde av del 2: Plast over 5 mm.

## 2.3 Toksisitetsanalyse av plastinfiltrerte jordmasser

### 2.3.1 Porevann- og «elutriat» ekstraksjon

For å vite om toksisitets-testene skulle utføres på marine- eller ferskvannsalger, måtte saliniteten (saltholdigheten) til porevannet<sup>1</sup> testes. Et forsøk på å få ut porevannet, **Figur 6**, ble utført i henhold til vitenskapelig litteratur. Det ble veid ut 25 gram med sediment som ble sentrifugert ved 4200xg i 30 minutter ved 4°C, men det var ingen porevann som ble separert ut fra sedimentet. For å få ut vann til algetest på en annen måte enn porevann (del 3), ble det benyttet en såkalt «elutriat» ekstraksjons-metode. Dette er en måte å få algemediet til å interagere med jordmassene før algetesten. Dette ble gjort ved å modifisere en standard elutriat-test (Davoren et al. 2005). De ulike alge-vekstmediene (ISO standard 10253 for marin alge og ISO 8692 for ferskvannsalge; 400 ml av hver) ble tilført til 100 gram av jorda i et 1:4 (vekt/volum) forhold, basert på tørrvekt av sedimentet, **Figur 7**. Det var fortsatt mange plastbiter å se ved det blotte øyet i denne fraksjonen. De to miksene ble ristet på 240 rpm i en time før det ble sentrifugert ved 1200xg i 30 min ved 4°C. Supernatanten (omtrent 200 ml) ble samlet og saltholdighet og pH ble målt. Deretter ble løsningen filtrert gjennom et 0,22 µm filter (Millipore filter).



**Figur 6:** Test for å få ut porevann av jordmasser fra Samuelskilen (såkalt *del 3*). Foto: NIVA



**Figur 7:** Ekstraksjon av «elutriat». Legg merke til små plastpartikler i vannoverflaten. Foto: NIVA

<sup>1</sup> En type jordvann (vann som er innesluttet i jorden). Det kalles også kapillært vann. Det er vann som er bundet ved kapillarkrefter i det nettverket av fine porer og kapillarer som gjennomvever jorda. Fra Store Norske leksikon.

### 2.3.2 Algetester - *Skeletonema pseudocostatum* og *Raphidocelis subcapitata*

Siden porevannet ikke kunne bli testet for salinitet, ble to algetester utført; en for saltvann og en for ferskvann, illustrert ved **Figur 8**. Formålet med disse testene var å se på algevekst over en tre-dagers periode for å se om vannfasen fra sedimentene negativt påvirket algeveksten. Disse to testene ble utført i henhold til ISO 10253 for den marine algen *Skeletonema pseudocostatum* og ISO 8692 for ferskvannsalgen *Raphidocelis subcapitata*. Følgende konsentrasjoner av elutriatet ble testet: 0,01%, 0,1%, 1%, 10% og 100%. Algeveksten ble analysert ved tid 0, 24 timer, 48 timer og ved 72 timer ved hjelp av en automatisert celledetektor tilpasset algetester, Coulter® counter.



**Figur 8:** Illustrasjon av standard algetest ved NIVA. Foto: NIVA

## 3 Resultater og diskusjon

### 3.1 Plastmengde og plasttyper i jordmassene

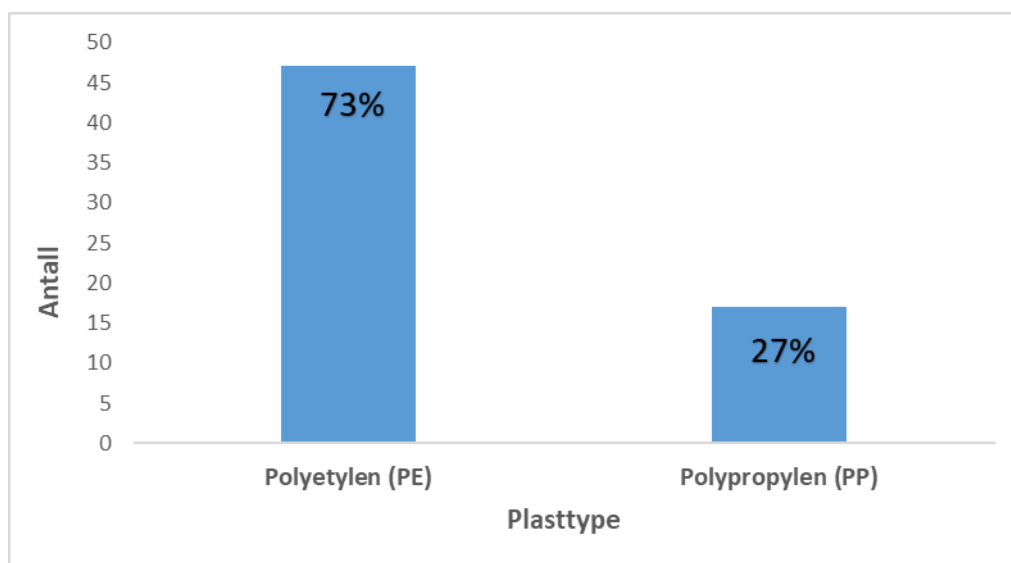
Jordmassene hentet ut fra Samuelskilen med maskinell rydding i 2018 inneholdt totalt 5% plast per vektenhet, **Tabell 1**. De tre replikatene à 10 liter som ble undersøkt, inneholdt mellom 4,4 og 6,4 % plast per vektenhet. Da var ikke vekten av plastbitene under 5 mm inkludert. Vekt-bidraget fra disse små plastbitene, selv om det var mange synlige små plastbiter, var trolig veldig liten sammenlignet med platen over 5 mm. Basert på volum (liter) var det mye mer plast enn på vektbasis. Omtrent 50% av jordvolumet til alle tre replikatene var plast. Plast er et veldig lett materiale, og derfor var det ikke overraskende at plastbidraget var større i volum enn vekt. Totalt var det omtrent 3500 biter med plast i omtrent 13 kg jordmasse, med en totalvekt på omtrent 650 gram. Dette tilsvarer at hver plastbit, hvis like store og med samme masse, veide omtrent 0,19 gram hver. Dersom plastbiter under 5 mm også hadde vært inkludert, ville antall plastbiter vært mye høyere. Forskning viser at jo mindre plastbiter man analyserer for, jo mer finner man i antall (f.eks. Bråte et al. 2018), men da trolig ikke for masse. Det er ikke kjent hva som er den viktigste parameteren for miljøpåvirkning av plast; type plast (polymer), massebidraget (vekt), antall eller volum. Dette er noe som for øyeblikket diskuteres mye i vitenskapelige fora. Det er enighet om at det er viktig å oppgi så mye informasjon som mulig, inntil man vet mer om hvilke parametere som i størst grad påvirker interaksjonen med miljøet.

Det er ikke utenkelig at jordas fysiske egenskaper, for eksempel kapasiteten til å holde på vann (permeabilitet), kan påvirkes av 50% plast i jordvolumet. En tidligere studie fra Hawaii har for eksempel vist at strandsediment (da med 30,2% plast per vekt, mikroplast inkludert) hadde økt permeabilitet sammenlignet med annet sediment. Det førte til at temperaturen i sedimentet steg saktere, og det nådde en lavere maksimal temperatur enn sediment med lite plast (Carson et al. 2011). Det kan tenke seg at lavere temperatur i jordsmonnet kan påvirke biota som lever der, særlig med tanke på utviklingshastighet. Hvorvidt 50% plastvolum i jord påvirker temperaturen i jordmassene fra Samuelskilen er ukjent, men man kunne ha benyttet seg av et referanseområde med lite eller ingen plast og sammenlignet for eksempel permeabilitet og temperaturregulering. Det er viktig at studier gjøres under norske forhold med tanke på temperatur og type jordsmonn, for å kunne si noe om i hvilken grad kystnære økosystem i Norge blir påvirket.

Ut ifra utvalget av plastbiter som ble analysert med FT-IR, viste resultatene at all platen fra jordmassene fra Samuelskilen var PE (73%) og PP (27%), **Figur 9** og **Figur 10**. Dette er de to mest vanlige plasttypene når det kommer til produksjonsvolum (PlasticsEurope 2019) og de er begge polymere med lavere tettheten enn sjøvann og som derfor flyter når de er rene. PE brukes i mange engangsprodukter, men også i mange andre applikasjoner som patronhylser, sprengladninger og tegnemateriale til biofilmbærere, mens produkter laget av PP for eksempel kan være tauverk, sugerør, plastremmer og Q-tips (Bråte et al., 2019). Den samme dominansen av PE og PP ble også nylig sett på strandsøppel fra Akerøya og Nordre Langåra i Oslofjorden (Bråte et al., 2019). Dette indikerer at den marine forsøplingen fra Samuelskilen og andre strender har kommet flytende inn, og ikke stammer fra lokale kilder. Dette støttes av at det tidligere har vært ferdsselsforbud på Samuelskilen, og dermed begrenset med lokal forsøpling.

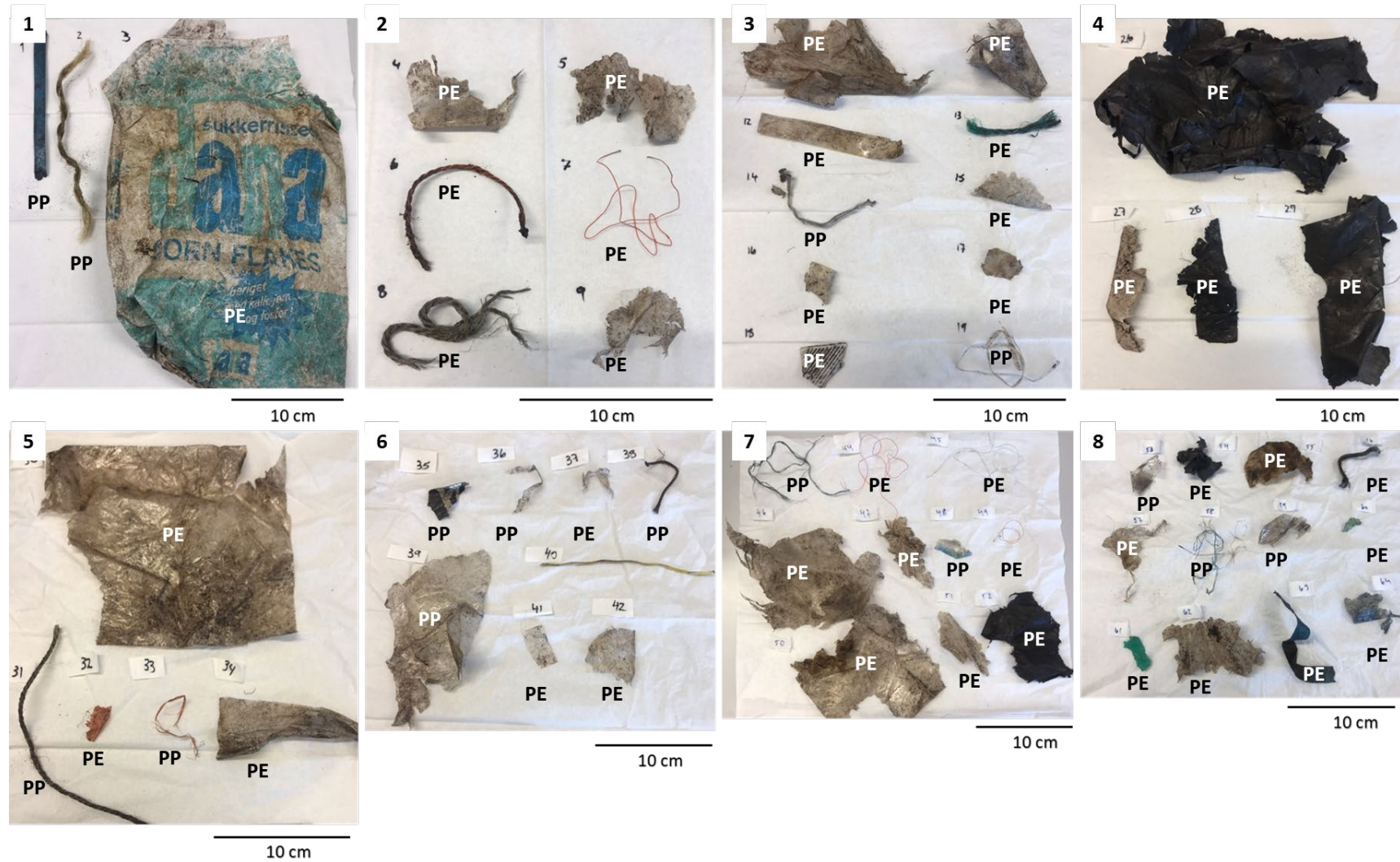
**Tabell 1:** Plastanalyse av tre replikater (innholdet av 3x 10-litersbøtte) av jordmassene fra Samuelskilen, Færder nasjonalpark. NA= ikke analysert.

	Våtvekt (g)	Andel vekt (%)	~ volum (%)	Antall plastbiter
<b>Rep 1</b>				
Del 1: røtter, stein o.l.	550	9,8	25	0
Del 2: makroplast (>5mm)	262	4,7	50	1633
Del 3: jord og mikroplast (<5mm)	4830	85,9	25	NA
<b>Total</b>	<b>5624</b>			
<b>Rep 2</b>				
Del 1: røtter, stein o.l.	541	13,3	25	0
Del 2: makroplast (>5mm)	180	4,4	50	956
Del 3: jord og mikroplast (<5mm)	3354	82,3	25	NA
<b>Total</b>	<b>4075</b>			
<b>Rep 3</b>				
Del 1: røtter, stein o.l.	630	19,1	25	0
Del 2: makroplast (>5mm)	211	6,4	50	939
Del 3: jord og mikroplast (<5mm)	2456	74,5	25	NA
<b>Total</b>	<b>3297</b>			
<b>Totalt</b>				
Del 2: makroplast (>5mm)	<b>653</b>	<b>5,0</b>	<b>50</b>	<b>3528</b>
Totalvekt	<b>12996</b>			



**Figur 9:** Plasttyper identifisert ved kjemisk analyse (FT-IR) av 64 tilfeldig utvalgte plastbiter fra jordmasser hentet ut fra Samuelskilen 2018, se **Figur 10** for bilde av plastbitene som ble analysert.





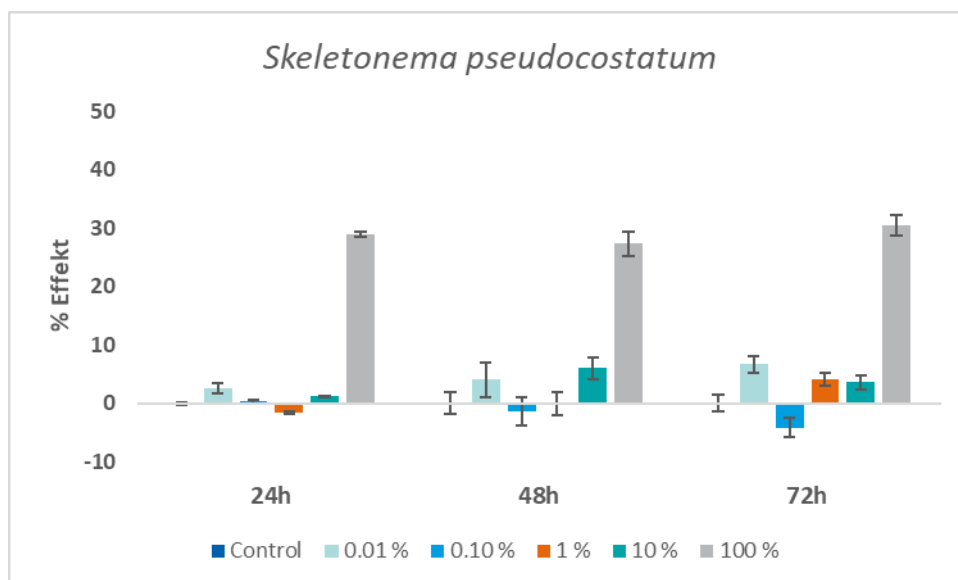
Figur 10: Bilde av tilfeldig utvalgte plastbiter som ble analysert med FT-IR, se Figur 8. Plastbitene er merket med PE: polyetylen eller PP: polypropylen.

### 3.2 Veksthemming av alger

Det var ikke mulig å få ut porevann fra jordmassene lagret fra Samuelskilen. Grunnen til dette var trolig at storsekken hadde vært lagret lenge under suboptimale forhold (ikke fryst), noe som har ført til at jorda har tørket ut og lite vann var tilgjengelig. Det kan også være at det var en så god drenering i jorda grunnet så høyt plastinnhold, at lite vann ble holdt tilbake i jordsmonnet. Siden det ikke gikk å få ut porevann, ble algetestene utføres med et såkalt «elutriat» som er beskrevet under metodenedelen.

For den marine algen *S. pseudocostatum* var det 30 % inhibering av algevekst i 100% elutriat av jord og mikroplast fra Samuelskilen (del 3), se **Figur 11 og Tabell 2** for alle måletidspunkter (24, 48 og 72 timer). De fysiokjemiske dataene, **Tabell 3**, viste at både saliniteten og pH var noe lavere for 100% elutriat enn de andre konsentrasjonene. Det kan derfor ikke utelukkes at effekten som ble sett var som følge av endring i saltholdighet og pH, og ikke nødvendigvis på grunn av påvirkning av plasten fra jordmassene. Dersom man hadde hatt et referanseområde med lite eller ingen plastpåvirkning kunne man ha sammenlignet dette området med plastinfiltrerte jordmasser fra Samuelskilen. Før man kan konkludere bør derfor flere tester utføres for å finne ut om veksthemningen av algene var som følge av plastpåvirkning, eller som følge av endring i pH og/eller salinitet.

For ferskvannsalgen *R. subcapitata* var det mellom 10% til 12% inhibering av algevekst i 100% elutriat av jord og mikroplast fra Samuelskilen (del 3) etter 24 og 48 timer, men kun 5% hemming etter 72 timer, se **Figur 12 og Tabell 4** for alle måletidspunkter (24, 48 og 72 timer). De fysiokjemiske dataene, **Tabell 5**, viste at pH var lavere for 100% elutriat enn de andre konsentrasjonene, tilsvarende som for den marine algen. Det ble ikke målt noe saltholdighet, noe som var forventet i dette ferskvannsmidiet. Det kan også tyde på at jordmassene fra Samuelskilen var mest ferskvannspåvirket, noe som også styrkes av at det ble observert en del meitemark i jordmassene. Veksthemmingen var lavere enn for den marine algen, noe som kan antyde at *R. subcapitata* er noe mer robust for denne plastpåvirkning enn *S. pseudocostatum*. Det er viktig å presisere at dette er høyst usikkert, da disse resultatene baserer seg på enkelttester. For å få mer robuste data bør de gjentas minimum tre ganger, og man bør innføre pH og salinitetskontroll basert på ren referansejord. Det kan heller ikke for ferskvannsalgen, som for den marine algen, utelukkes at effekten vi så var som følge av endring i pH. Et annet viktig aspekt er lagring av jordmassene. Lagringen kan påvirke egenskapene og sammensetningen til jorda som for eksempel endring i bakterievekst. Jordmasser som blir tatt ut til toksisitetsanalyse, bør derfor raskt etter prøvetaking enten fryses og oppbevares mørkt, eller at testene utføres umiddelbart. Lagringen av storsekken fra Samuelskilen var derfor ikke optimal da den ble lagret utendørs på et lager med varierende temperatur, og man kan ikke utelukke at alge-veksthemmingen som ble observert, var som følge av endring i jordmassene under lagring.



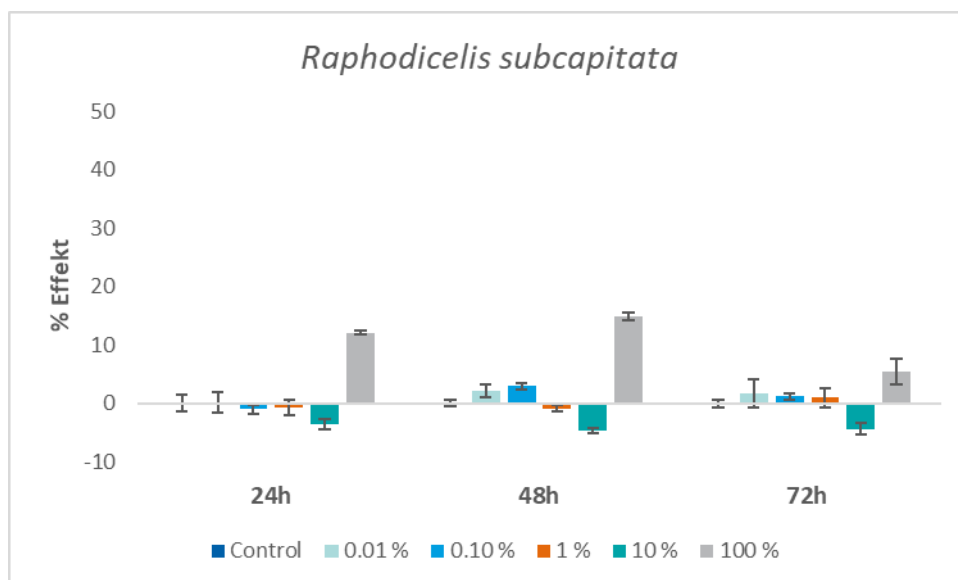
**Figur 11:** Stolpediagram med st. avvik som viser effekt (veksthemming) av elutrat for ulike konsentrasjoner over tid for den marine algen *Skeletonema pseudocostatum*. De ulike fargene representerer ulike konsentrasjoner med elutrat, og x-aksen representerer ulike tid for vekstmåling.

**Tabell 2:** Prosent effekt i forhold til kontrollen (inhibering av vekst; gjennomsnitt  $\pm$  standard error av gjennomsnitt, SEM) på vekst av *Skeletonema pseudocostatum*.

	24 timer		48 timer		72 timer	
	Gj.snitt (% effekt)	SEM	Gj.snitt (% effekt)	SEM	Gj.snitt (% effekt)	SEM
<b>Kontroll</b>	0	0,25	0	1,80	0	1,46
<b>0,01 %</b>	3	0,85	4	2,95	7	1,39
<b>0,10 %</b>	0	0,32	-1	2,45	-4	1,67
<b>1 %</b>	-2	0,20	0	2,03	4	1,06
<b>10 %</b>	1	0,10	6	1,78	4	1,26
<b>100 %</b>	29	0,44	27	2,03	30	1,76

**Tabell 3:** Fysiokjemisk data under algetesten med *Skeletonema pseudocostatum*. Både pH og salinitet ble målt i starten og på slutten av testen.

	Start		Slutt	
	pH	Salinitet (‰)	pH	Salinitet (‰)
<b>Kontroll</b>	8,01	32	8,89	36
<b>0,01 %</b>	8,16	32	8,81	35
<b>0,10 %</b>	8,15	32	8,99	35
<b>1 %</b>	8,18	32	8,94	35
<b>10 %</b>	8,15	32	8,97	35
<b>100 %</b>	7,50	30	8,28	33



**Figur 12:** Stolpediagram med st. avvik som viser effekt (veksthemming) av elutirat for ulike konsentrasjoner over tid for ferskvannsalgen *Raphidocelis subcapitata*. De ulike fargene representerer ulike konsentrasjoner med elutirat, og x-aksen representerer ulik tid for vekstmåling.

**Tabell 4:** Prosent effekt i forhold til kontrollen (inhibering av vekst; gjennomsnitt ± standard error av gjennomsnitt, SEM) på vekst av *Raphidocelis subcapitata*.

	24 timer		48 timer		72 timer	
	Gj.snitt (% effekt)	SEM	Gj.snitt (% effekt)	SEM	Gj.snitt (% effekt)	SEM
<b>Kontroll</b>	0	1,49	0	0,59	0	0,68
<b>0,01 %</b>	0	1,68	2	1,13	2	2,38
<b>0,10 %</b>	-1	0,70	3	0,52	1	0,60
<b>1 %</b>	-1	1,27	-1	0,51	1	1,68
<b>10 %</b>	-4	0,87	-5	0,39	-4	1,04
<b>100 %</b>	12	0,33	15	0,64	5	2,12

**Tabell 5:** Fysikjemisk data under algetesten med *Raphidocelis subcapitata*. Både pH og salinitet ble målt i starten og på slutten av testen.

	Start		Slutt	
	pH	Salinitet (‰)	pH	Salinitet (‰)
<b>Kontroll</b>	8	0	8,45	0
<b>0,01 %</b>	8,05	0	8,10	0
<b>0,10 %</b>	8,04	0	8,09	0
<b>1 %</b>	8,00	0	8,08	0
<b>10 %</b>	7,92	0	8,13	0
<b>100 %</b>	7,44	0	7,69	0

### 3.3 Vurdering av toksisitet og maskinell rydding

Det er en krevende og stor vurdering å finne ut hvorvidt et akkumuleringssted for plast over mange tiår, som Samuelskilen, bør ryddes maskinelt eller om de plastinfiltrerte jordmassene bør bli liggende. Det at Samuelskilen er et naturreservat, gjør det enda mer krevende. Dersom man ønsker å dekke til de plastinfiltrerte jordmassene med ren jord gjør man en relativ stor inngripen i naturreservatet, og det kan f.eks. føre med seg invaderende arter. Maskinell rydding er på sin side svært tidskrevende og kostbart, og man kan risikere å re-mobilisere plast og mikroplast til andre deler av det marine miljøet. Det er også et minst like stort inngrep som tildekking. Det er derfor viktig å finne ut om jordmasser med omtrent 50% plast i volum, som ved Samuelskilen, signifikant vil påvirke miljøet. Dette kan gjøres ved toksisitetsanalyser. I denne studien ble det kun testet påvirkning på to algearter. For å utføre en realistisk helhetlig vurdering av toksisiteten til sediment/jord, bør man bruke testarter fra forskjellige trofisknivå (deler av næringskjeden). Dette er fordi forskjellige stoffer kan fremkalle forskjellige effekter i samme testorganisme, og siden ikke alle organismer er like utsatt/følsomme. I 2006 konkluderte OSPAR-konvensjonen med at man bør utføre tre eller flere såkalte bioassays (toksisitetstester).

Det er også viktig å tenke på hvilke deler av sedimentet/jorda man tester (hel-sediment, porevann, elutirat o.s.v.). Det er dessverre ikke én standardisert test som kan brukes rutinemessig for å teste alle aspekter ved hele sedimentet og som kan representere alle arter. Ideelt sett, for å få den mest realistiske vurderingen av sediment/jord, bør man teste hel-sediment, men disse testene er ofte relativt tidskrevende og kostbare. For å omgå disse utfordringene har det blitt utviklet mange standardiserte enkelttester med vandige ekstrakt, som baserer seg på for eksempel porevann eller elutrat. Et annet aspekt som diskutert tidligere, var oppbevaring av jordmassene frem til toksisitetsanalyse. Derfor er det viktig at innsamling og oppbevaring av prøvematerialet for toksisitetsanalyse planlegges på forhånd.

Denne studien er for begrenset og med for mange forbehold til å gi spesifikke råd om hvorvidt man burde ha utført maskinell rydding ved Samuelskilen i 2018 eller ikke. For å finne ut om overnevnte problemstillinger ved andre lignende akkumuleringssteder for plast, bør man utvide antall testarter samt å bruke «ferskt» jordsmonn, hvor prosjektet er pågående fra starten av den maskinelle ryddingen. Man bør også inkludere referanseområder med ren jord, for å se om det er en «jordeffekt» man ser, eller om det er en «plasteffekt».

Følgende tester kan for eksempel kombineres:

- 72 timers veksthemmingstest av alger (ferskvann og marin)
- 48 timers akutt overlevelsestest av vannlopper eller hoppekreps (*daphnia magna*; ferskvann, *Tisbe battaglia*; marin) eller kroniske reproduksjonstester (21 dager)
- 28 dagers helsediment utviklingstest av fjærmygglarve (*Chironomid*; ferskvann) eller fjæremark (*Arenicola marina*; marin). Ser på blant annet overlevelse, kjønnsratio og utviklingsrate. Denne sistnevnte testen mener vi kan være veldig viktig i dette type arbeid, selv om den er relativt tidskrevende og kostbar.

## 4 Konklusjon

Samuelskilen i Færder nasjonalpark på øya Mellom-Bolæren akkumulerer mye marint avfall. Jordmassene inneholdt totalt 5% plast per vektenhet (av størrelse over 5 mm) og 50% per volumenhet. Det ble totalt funnet omtrent 3500 plastbiter over 5 mm i omtrent 13 kg jord. All plasten fra jordmassene fra Samuelskilen var polyetylen (PE; 73%) og polypropylen (PP; 27%). Dette er de to mest vanlige plasttypene når det kommer til produksjonsvolum og det viser trolig at den marine forøplingen fra Samuelskilen ofte har kommet flytende inn, og ikke stammer fra lokale kilder. Dette støttes av tidligere ferdselsforbud på Samuelskilen. Det er ikke kjent hva som er den viktigste parameteren for miljøpåvirkning av plast; type plast (polymer), massebidraget (vekt), antall eller volum.

Det ble funnet vekst-inhibering av *S. pseudocostatum* (30%) i 100% elutriat av jord og mikroplast fra Samuelskilen for alle måletidspunkter (24, 48 og 72 timer). For ferskvannsalgen *R. subcapitata* var det en 10% til 12% inhibering av algevekst i 100% elutriat av jord og mikroplast etter 24 og 48 timer. Det viste seg at både saliniteten (for marin) og pH (for begge) var noe lavere for 100% elutriat enn de andre konsentrasjonene. Det kan derfor ikke utelukkes at effekten som ble sett, var som følge av endring i saltholdighet og pH, og ikke nødvendigvis på grunn av påvirkning av plasten fra jordmassene.

Det er en krevende og stor vurdering å finne ut hvorvidt et akkumuleringssted for plast over mange tiår, som Samuelskilen, bør ryddes maskinelt eller om de plastinfiltrerte jordmassene bør bli liggende. Flere tester bør utføres av arter fra forskjellige trofisknivå. En test som bør prioriteres er utviklingstest med hel-sediment med for eksempel fjærmygglarve (familie *Chironomid*; ferskvann) eller den marine fjæremarken *Arenicola marina*. Det bør også utføres tester med jord/sediment fra referanseområde med lite eller ingen plastpåvirkning, for å best sammenligne akkumuleringssteder med andre renere områder. Det kan også være andre tester som er relevante å utføre, f.eks. knyttet til biologisk mangfold. Dessuten vil det være viktig å vurdere den negative virkningen som selve ryddingen kan ha på habitatet og dyrelivet.

## 5 Referanser

- Barnes, David K A, Francois Galgani, Richard C Thompson, and Morton Barlaz. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 364 (1526): 1985–98.  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>.
- Bråte, Inger Lise N., Hansen, Liv-Marit, Eidsvoll, David., Moe, Nicolay., Buenaventura, Nina T., 2019. *OSPAR-metodikk og plastanalyse av strandsøppel fra Nordre Langåra og Akerøya*, NIVA-rapport nummer 7440-2019, 30 sider. ISBN 978-82-577-7175-1.
- Bråte, Inger Lise N., Rachel Hurley, Karine Iversen, Jonny Beyer, Kevin V. Thomas, Calin C. Steindal, Norman W. Green, Marianne Olsen, and Amy Lusher. 2018. *Mytilus* spp. as sentinels for monitoring microplastic pollution in norwegian coastal waters: a qualitative and quantitative study. *Environmental Pollution* 243: 383–93.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2018.08.077>.
- Carr, Archie. 1987. Impact of nondegradable marine debris on the ecology and survival outlook of sea turtles. *Marine Pollution Bulletin* 18 (6): 352–56.  
[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(87\)80025-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(87)80025-5).
- Carson, Henry S, Steven L Colbert, Matthew J Kaylor, and Karla J McDermid. 2011. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin* 62 (8): 1708–13.  
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>.
- Davoren, M., S. Ní Shúilleabháin, J. O’Halloran, M. G.J. Hartl, D. Sheehan, N. M. O’Brien, F. N.A.M. Van Pelt, and C. Mothersill. 2005. A test battery approach for the ecotoxicological evaluation of estuarine sediments. *Ecotoxicology* 14 (7): 741–55.  
<https://doi.org/10.1007/s10646-005-0022-8>.
- Galgani, François, Georg Hanke, and Maes Thomas. 2015. Global distribution, composition and abundance of marine litter. I *Book Marine Anthropogenic Litter*, edited by Melanie Bergmann, Lars Klages, and Michael Gutow, 447 sider.
- Kühn, Susanne, Elisa Bravo Rebolledo, and Jan A van Franeker. 2015. Deleterious effects of litter on marine life. I boka *Marine Anthropogenic Litter*, edited by M. Bergmann, L. Gutow, and M. Klages, 75–116. Springer.  
[https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-16510-3_4).
- Laist, David W. 1997. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. *Springer Series on Environmental Management*, 99–139.
- PlasticsEurope. 2019. “Plastics- the Facts -2019. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data.”  
[https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL\\_web\\_version\\_Plastics\\_the\\_facts2019\\_14102019.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf).
- Rochman, Chelsea M, Mark Anthony Browne, A J Underwood, Jan A van Franeker, Richard C Thompson, and Linda A Amaral-Zettler. 2016. The ecological impacts of marine debris: unraveling the demonstrated evidence from what is perceived. *Ecology* 97 (2): 302–12.  
<https://doi.org/10.1890/14-2070.1>

## NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)