

Lene Kristin Roughvedt

Forekomst av mikroplast fra veimerking i veinære innsjøer



Universitetet i Sørøst-Norge
Fakultet for teknologi, naturvitenskap og maritime fag
Institutt for natur, helse og miljø
Postboks 235
3603 Kongsberg

<http://www.usn.no>

© 2019 Lene Kristin Roughvedt
Foto: Lene Kristin Roughvedt

Denne avhandlingen representerer 60 studiepoeng

Sammendrag

I denne masteroppgaven er det sett på forekomst av mikroplastpartikler med opphav fra veimerking i sedimentene til lokalitetene Audnabekken/Hanesbukta i Norsjø, Seljordsvatnet deltaområde og Elgsjø, samt et rensebasseng langs E-18 i Langangen. I perioden 02.08.17 – 17.08.18 ble det samlet ni delprøver på 1 liter fra sedimentene til de tre vannforekomstene i økende avstand til vei, mens det ble tatt fire delprøver jevnt fordelt i rensebassenget. Etter fraksjonering ble prøvematerialet mellom 1-4mm fordelt i to størrelsesfraksjoner, 1-2mm og 2-4mm og deretter undersøkt i stereolupe. Mikroplastpartikler ble skilt ut etter ulike sorteringskriterier som fragment, fiber eller filmpartikler. Et utvalg av antatt veimerkingspartikler fra hver delprøve ble analysert hos Norner AS i Bamble ved bruk av FTIR-analyse for å kunne fastslå om partiklene hadde opphav i veimerking eller ikke. Det ble funnet mikroplast i begge størrelsesfraksjoner ved alle prøvelokalitetene hvorav det var flest partikler i 1-2mm fraksjonen. Alle partikkeltyper ble observert ved samtlige lokaliteter om en ser bort i fra Elgsjø, der ble det ikke funnet filmpartikler. Det ble i gjennomsnitt avdekket flest mikroplastpartikler (2808 per 100g sediment tørr vekt) i rensebassenget i Langangen. I Audnabekken/Hanesbukta ble det i gjennomsnitt påvist 521 mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt, dette tilsvarte omtrent seks ganger så mange mikroplastpartikler som ble observert i Elgsjø og Seljordsvatnet deltaområde. I rensebassenget var andelen veimerkingspartikler per 100g tørt sediment 12,6%. I Elgsjø var andelen veimerkingspartikler 9,4%, mens i Audnabekken/Hanesbukta hadde kun 0,7% av alle påviste mikroplastpartikler opphav i veimerking. I Seljordsvatnet var andelen veimerkingspartikler på hele 73,7%, noe som kan forklares med akkumulering under Vallaråi bru hvor de fleste veimerkingspartiklene ble observert. Det var tilsynelatende ingen sammenheng mellom avstand fra veien og konsentrasjonen av veimerkingspartikler ved prøvelokalitetene med unntak av Elgsjø. Der ble det ikke funnet veimerkingspartikler i sedimentene hvor avstanden fra veien var mer enn seks meter.

Abstract

In this master thesis, the presence of microplastic particles originating from road marking in the sediments of the sites Audnabekken / Hanesbukta in Norsjø, Seljordsvatnet delta area and Elgsjø, as well as a cleaning pool along the E-18 Langangen is considered. In the period 02.08.2017 - 17.08.2018 nine sub-samples of 1 liter were collected from the sediments from the three water bodies in increasingly distance from the road, while four sub-samples were evenly distributed in the cleaning pool. After fractionation, the sample material was distributed between 1-4mm in two size categories, 1-2mm and 2-4mm, and then examined in stereo cup. Microplastic particles were separated according to different sorting criteria as fragments, fibers or film particles. Some of the presumed road marking particles from each sub-sample was analyzed at Norner AS in Bamble using FTIR analysis to determine whether or not the particles originated in road marking. Microplastic was found in both size fractions at all sample sites, of which most particles were in the 1-2mm fraction. All particle types were observed at all locations except from Elgsjø where no film particles were found. On average, most microplastic particles (2808 per 100g of sediment dry weight) were uncovered in the Langangen cleaningpool. In Audnabekken/Hanesbukta, on average 521 microplastic particles per 100g of sediment dry weight were detected, this corresponded to approximately six times as many microplastic particles that were uncovered in Elgsjø and Seljordsvatnet delta area. In the cleaning pool, the proportion of road marking particles per 100g dry sediment was 12.6%. In Elgsjø, the proportion of road marking particles was 9.4%, while in Audnabekken/Hanesbukta only 0.7% of all detected microplastic particles originated in road marking. In Seljordsvatnet delta area, the proportion of road marking particles was 73.7% which can be explained by the accumulation below the Vallaråi bridge, where most of the road marking particles were observed. There was apparently no connection between distance from the road and the concentration of road marking particles at the test premises with the exception of Elgsjø. At that site, no road marking particles were found in the sediments where the distance from the road was more than six meters.

Innhold

Sammendrag	3
Abstract.....	4
Innhold.....	5
Forord	7
1. Introduksjon	8
Bakgrunn for valg av oppgave	9
Plastproduksjon og forbruk.....	10
Mikroplast	12
Mikroplastens utbredelse i det akvatiske miljø	13
Mikroplast som en miljøfare	14
Organismers inntak av mikroplast.....	14
Kjemiske effekter av mikroplast i det akvatiske miljø	15
Kilder og skjebnen til mikroplastpartikler i ferskvannsmiljø.....	16
2. Områdebeskrivelse med prøvelokalitetene	20
Midtre Telemark vannområde	20
De utvalgte lokalitetene	21
Audnabekken og Hanesbukta.....	22
Seljordsvatnet elvedelta	25
Elgsjø.....	27
Rensebasseng, E-18 Langangen.....	28
3. Material og metode	30
Feltarbeid	30
Prøvepreparering og sortering av mikroplast	31
Identifikasjon av veimerkingsmateriale	33
FTIR analyse – prinsipp.....	33
Kartproduksjon og dataarbeid	34
4. Resultater og diskusjon	35
Forekomst og typer påvist mikroplast	35
Mikroplast med opphav i veimerking	38
Audnabekken/Hanesbukta i Norsjø	43

Seljordsvatnet	46
Elgsjø	49
Rensebasseng, E 18 Langangen.....	51
Feilkilder	54
5. Konklusjon	56
6. Referanser/biografi.....	57
Nettsider.....	60
Personlige meddelelser	62
7. Vedlegg- oversikt	63
Vedlegg 1. Rådatatabell fra Audnabekken og Hansesbukta i Norsjø.....	64
Vedlegg 2. Rådatatabell for Seljordsvatnet deltaområde.....	65
Vedlegg 3. Rådatatabell fra Elgsjø.....	66
Vedlegg 4. Rådatatabell fra rensedbasseng E-18 Langangen	67
Vedlegg 5. Fargefordeling av partikler i rensedbasseng E-18 Langangen	68
Vedlegg 6. FTIR analyser Audnabekken og Hansesbukta i Norsjø	69
Vedlegg 7. FTIR analyser Seljordsvatnet - deltaområde	73
Vedlegg 8. FTIR analyser Elgsjø	75
Vedlegg 9. FTIR analyser Rensebasseng, E-18 Langangen.....	77
Vedlegg 10. Dybdekart Norsjø	79
Vedlegg 11. Dybdekart Seljordsvatnet.....	80
Vedlegg 12. Dybdekart Elgsjø.....	81

Forord

Denne masteroppgaven markerer slutten på lang, men fin tid som deltidsstudent ved Universitetet i Sørøst Norge, Bø.

Først og fremst vil jeg takke min fantastiske veileder Førsteamanuensis Synne Kleiven for sin alltid tilstedeværelse, positivitet og rådgivning underveis.

Takk til min arbeidsgiver Statens Vegvesen og kjære kolleger som ga meg muligheten til å gjennomføre dette studiet i form av tilrettelegging, økonomisk støtte og engasjement.

Jeg ønsker også å rette en takk til Midtre Telemark Vannområde og Anita Cecilie Kirkevold for bistand ved denne oppgaven.

Takk til Asbjørn Iveland ved Norner AS for analysearbeid og oppfølging.

Til slutt vil jeg nevne min mann, Arve Øvretveit. Takk for din støtte, tålmodighet og alltid hjelpende hånd gjennom hele studieperioden.

Porsgrunn 13 mai 2019.

Lene Kristin Roughvedt

1. Introduksjon

Plastforurensning utgjør en av dagens største miljøproblemer. Plastavfall består av fast polymermateriale som bevisst eller ubevisst blir kastet i naturen. Det er nå erkjent at plast i naturmiljøet kan utgjøre en unaturlig stressfaktor for mange organismer, noe som danner grunnlag for samfunnsmessig bekymring. Opprydding av forurensede områder krever innsats og er kostbart. Plastavfall er lett å se med det blotte øyet og forklarer en del av offentlighetens engstelse. En delfraksjon av plastmaterialer er mikroplast (plastpartikler < 5mm). Et viktig aspekt med mikroplast generelt er at disse partiklene er lite synlige når de spres i miljøet og det er større sjanse for at mindre plastfragmenter kan tas opp av organismer. Dette øker oppfatningen om at mikroplast utgjør en risiko for mennesker og naturmiljøet (SAPEA, 2019).

Problemstillingen som omhandler forurensning av plast og mikroplast i havene er ikke ny. Oppmerksomheten rundt dette har økt i de senere år og det er stigende bekymring for at plastforurensning har større effekt på miljøet enn tidligere antatt. Det er kjent at plast som frigis i miljøet kan oppholde seg der i hundrevis av år før dette brytes ned. Globalt forbruk er stigende og en antar derfor at utslippene vil øke tilsvarende uten spesielle tiltak. Større plastobjekt kan fragmenteres i mindre biter helt ned til nanostørrelse. Mikroplast er nå funnet i organismer på alle nivå i den marine næringskjeden, men det er enda lite kjennskap til konsekvenser rundt dette (Lassen mfl., 2015). Bekymringene og allmenn interesse fokuser så og si utelukkende på marin plastforsøpling. Til tross for dette argumenteres det nå for at mikroplast som forurensningskilde i ferskvann gir grunn til økt bekymring (Wagner mfl., 2014).

Utslipp og spredning av plastsøppel til det marine miljø har blitt forsket på i fjerntliggende områder, slik som i Arktis og på havbunnen. Selv om elver er erkjent som en viktig kilde til marint søppel har forekomst av plastrester i ferskvannsystemene ganske nylig fått oppmerksomhet (Kooi mlf., 2018).

Mikroplast vil kunne slippes ut til ferskvannsystemer fra forskjellige kilder (Lambert & Wagner, 2018). Kilder til plastrester (inkludert mikroplast) i ferskvannssystemer har enda

ikke blitt omfattende undersøkt (Kooi mfl., 2018) og som ofte observert ved miljørettede studier er fastslåing av de faktiske kildene til utslippet mindre vanlig (Sundt mfl., 2014). Mikroplast har flere potensielle spredningsveier til naturmiljøet. Disse inkluderer passasje via renseanlegg til overflatevann, spredning fra slam som benyttes på dyrket mark, spredning under flomperioder, atmosfærisk nedfall, tilfeldige utslipp som for eksempel dekkslitasje samt utslipp fra industrielle prosesser (Lambert & Wagner, 2018).

Bakgrunn for valg av oppgave

Etter søk er det funnet flere publikasjoner som beskriver forurensning av mikroplast i ferskvannsmiljøer men et fåtall av disse fokuserer på kilder og utslipp fra disse. Det er ikke observert studier som retter søkelyset spesielt mot utslipp av mikroplastpartikler med opphav i veimerkingsmateriale. I juli 2016 ble artikkelen *Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification*, forfattet av Horton AA mfl., publisert i Marine Pollution Bulletin. Artikkelen beskriver funn av mikroplastpartikler fra veimerking i sedimentene til sideelvelvene av Themsen River i London. NIVA og Miljødirektoratet har i tillegg gitt ut to rapporter de senere årene som blant annet tar for seg veistøv inkludert veimerkingsmateriale som kilde til mikroplastforurensning. Til tross for dette er det likevel mangelfullt med kvantitative data over utslipp av veimerkingspartikler.

Det finnes imidlertid studier foretatt i Norge og tilsvarende klimasoner som viser at store deler av veimerkingen blir fullstendig borte etter en sesong som følge av slitasje og forvitring. Hovedfokuset i rapportene retter seg i all hovedsak mot sikkerhetsfaktorer som for eksempel reflekterende egenskaper til malingen fremfor bestandighet og slitasje (Sundt mfl., 2014). Når veistripene slites ned som følge av bildekkslitasje, snøbrøyting osv. genereres det veimerkingsrester i ulike størrelser som blir liggende i og langs veibanen og som kan spres med vinden (Vogelsang mfl., 2018).

Målet med denne masteroppgaven er få bedre kjennskap til omfanget av problematikken beskrevet over ved å se på tilstedeværelse, mengde og type mikroplastpartikler i tre

ferskvannsforekomster nærliggende vei samt et rensebasseng, med hovedfokus rettet mot partikler med opphav i veimerkingsmateriale.

Plastproduksjon og forbruk

I 2014 utgjorde den årlige globale plastproduksjonen 311 millioner tonn og innen 2050 er det estimert at dette vil øke til kolossale 33 milliarder tonn. Av alt menneskeskapt avfall som forsøpler miljøet regnes det at opptil 54 % av dette kan være plastavfall (Horton mfl., 2017). I 2017 ble det produsert 64,4 millioner tonn plast i Europa. Plast utgjør nå en fare for naturmiljøet. Den årlige globale produksjonen av organiske polymer har hatt en rask økning fra 1,7 til rundt 300 millioner tonn i løpet av de siste 60 årene. Dette har resultert i akkumulering av plastsøppel i så og si alle habitat og marine systemer fungerer som oppsamlingsbasseng for plastsøppel (Lechner mfl., 2014).

Forbruksmønsteret som nå sees tilsier at plastproduksjonen og mengde plast i det akvatiske miljø trolig bare vil øke over tid (Anderson mfl., 2016). Globalt står Asia for 50,1% av all plastproduksjon i verden etterfulgt av Europa med 18,5%. Utbredt bruk av plast i Europa inkluderte i 2017 emballasje (39,7%), bygg/konstruksjon (19,8%), motorkjøretøy (10,1%), elektroniske artikler/elektronikk (6,2%), husholdning/fritid/sportsartikler (4,1%), jordbruk (3,4%) og andre (16,7%) (PlasticsEurope, 2018).

Plast utgjør en mangfoldig gruppe av syntetiske materialer bestående av polymer (poly= mange og meros= deler) som hovedsakelig har opphav i petroleumskilder som olje og gass. Polyetylen (PE), polypropylen (PP), polystyren (PS), polykarbonater (PC) og polyamider (PA) er plasttyper fremstilt fra monomer som alle besitter forskjellige kjemiske egenskaper, noe som spiller en rolle for skjebnen til plastavfallet når dette kastes i naturen (Galgani mfl., 2017). Plast kan deles inn i to kategorier: termoplast (thermoplastics) og herdeplast (thermosets). Termoplast defineres som polymer som mykner med oppvarming og stivner ved avkjøling. Når termoplasten fryser blir den glassaktig og mer utsatt for oppsprekking. Disse egenskapene, noe som gir produktet dets navn, er reversible slik at materialet kan varmes opp, omformes og nedkjøles gjentatte ganger. Som et resultat er termoplaster

mekanisk resirkulerbare. Noen eksempler på termoplaster er polyetylen (PE), polyvinylklorid (PVC) polystyren (PS) og polykarbonat (PC) (PlasticsEurope, 2018).

Ved oppvarming av herdeplast dannes en tredimensjonal struktur og materialet kan ikke varmes opp og omformes på nytt. Eksempler på herdeplast er epoksyharpiks, akrylharpikser og silikon (PlasticsEurope, 2018).

Dessverre er det slik at noen av de viktigste egenskapene for forbrukerne som lav vekt og motstand mot nedbrytning gir negative effekter i naturmiljøet (Galgani mfl.,2017).

Syntetiske polymer har slik høy motstand mot miljøpåvirkning at dette fører til ekstrem lang oppholdstid i miljøet. Fordi plastprodukter består av lange polymerkjeder brytes disse svært sent ned (Klein mfl., 2018) og kan bli værende i naturen i flere tusen år (Miljødirektoratet, 2018). Likevel kan plastelementer utsettes for nedbrytningsprosesser. Dette resulterer til syvende og sist i fragmentering av plastsøppel til mindre plast biter beskrevet som mikroplast (Frias mfl., 2018).

Nedbrytningen av syntetiske polymer kan deles inn i biotiske eller abiotiske prosesser. Under nedbrytningsprosessen blir polymerne omdannet til mindre molekulære enheter og mulig helt mineralisert. De viktigste mekanismene for nedbrytning av syntetiske polymer kan deles inn i: 1) fysisk nedbrytning (slipekrefter, oppvarming/avkjøling/frysing/tining/fukting), 2) fotokjemisk nedbrytning (UV-lys), 3) kjemisk nedbrytning (oksidasjon eller hydrolyse), 4) biologisk nedbrytning (bakterier, sopp, alger) (Klein mfl., 2018).

Den nyttbare tiden for plastprodukter i dag er relativt kort, spesielt gjelder dette for engangsemballasje (Horton mfl., 2017). I dag utgjør sannsynligvis plast en av de mest dominerende avfallstypene i marine miljøer (Standal mfl., 2014). En antar at det årlig ender opp rundt 8 millioner tonn plastavfall i havet og det fryktes at dette vil firedobles innen 2050 (Miljødirektoratet, 2018). Tettheten til et plastmateriale er av stor betydning for hvor det vil ende opp i naturen. For eksempel kan tettheten påvirke hvordan plastrester fordeler seg i akvatiske miljøer inkludert om de vil holde seg flytende i vannoverflaten eller synke ned i sedimentet og hvor lett de vil forflytte seg med vinden på land. Plastrester blir som oftest kategorisert ut i fra størrelse: mega plast (>100mm), makroplast (100-20mm), mesoplast (20-5mm) og mikroplast (<5mm) (Horton mfl., 2017).

Mikroplast

Mikroplast blir oftest definert som plastpartikler mindre enn 5 mm. Til tross for at plastpartikler i mikroskala ble observert allerede på 1970 tallet var det først i 2004 at begrepet «mikroplast» ble et vanlig ord som et resultat etter en studie utarbeidet av Thomson med flere. Det er kjent at plastfragmenter i miljøet vil fortsette å brytes ned i stadig mindre biter til nanoplast. Mikroplast i miljøprøver kan detekteres ned til ca. 1 µm men det er få studier som inkluderer forekomst av mikroplast < 50µm på grunn av metodiske begrensninger (Horton mfl., 2017).

Tradisjonelt har mikroplast blitt delt inn i to kategorier, primær og sekundær. Etter hvert som flere kilder og typer av mikroplast er blitt kjent har klassifiseringen blitt mer problematisk å forholde seg til. Opprinnelig har primær mikroplast blitt definert som plastartikler produsert i mikrostørrelse < 5mm. Plastpartikler mindre enn 5mm nedbrutt fra større gjenstander etterlatt i naturen har blitt definert som sekundær mikroplast (Lusher mfl., 2017). Et problem med klassifisering basert på kilde opptrer når mikroplastpartikler dannes som følge av bruk og kast. På bakgrunn av dette kan mikroplastpartikler deles inn i tre klasser basert på deres opprinnelige opphav:

- 1) Mikroplast som produseres for bruk i mikroskalaen – tradisjonelt kjent som primær mikroplast. Eksempler er plastpellets til produksjon av større plastprodukter, plastperler og korn som inngår i kosmetikk og personlige pleieprodukter.
- 2) Plastmaterialer som brytes ned under bruk der det genereres mikroplastpartikler. Eksempelvis kan det dannes syntetiske fibre og fragment under vasking av tekstiler og klær eller luftbårne fibre og fragmenter som følge av slitasje av bildekk, veimaling eller fra fiskeutstyr i bruk.
- 3) Plastmaterialer som brytes ned i naturen når de ikke lengre blir brukt til deres opprinnelige formål (Lusher mfl., 2017).

Mikroplastens utbredelse i det akvatiske miljø

Det finnes mye data som beskriver utbredelse av mikroplast i det akvatiske miljø. Undersøkelsene er imidlertid gjennomført ved bruk av ulike metoder, forskjellige størrelsesfraksjoner og er fremstilt med ulike enheter som ikke lar seg konvertere. Som et resultat blir det vanskelig å sammenlikne resultater på tvers av ulike studier (Lassen mfl., 2015). Robuste metoder for å påvise plast og mikroplast i elver er enda mangelfulle (Hohenblum mfl., 2015).

All plast i havet vil over tid brytes ned til mindre fragmenter. Dette skjer som følge av kjemiske, fotokjemiske (sollys), termiske og fysiske prosesser (Standal mfl., 2014). I marine miljøer er det stedvis registrert svært høye konsentrasjoner av mikroplast og dette er et økende problem verden over. I havet vil mikroplastpartikler med liten størrelse og lav tetthet spres med bølger over store avstander. Slike partikler har blitt registrert langs kystlinjen i alle kontinent samt kystlinjen til øyer i Midt Atlanterhavet, ved subantarktiske øyer, i Arktis og til og med på store havdyp (Eerkes-Merdrano mfl., 2015).

Om en sammenlikner med studier som omhandler mikroplast i marine miljøer er det færre artikler publisert som beskriver utbredelse av mikroplast i ferskvann eller i terrestriske miljøer. Selv større plastfragmenter har først i det senere blitt registrert i innsjøer og elvemunninger (Eerkes-Merdrano mfl., 2015). Forskning innenfor dette feltet øker nå i takt med publiserte artikler som tar for seg mikroplast i ferskvannssystemer. Studier viser at den største konsentrasjonen av mikroplastrester i ferskvannsmiljøer er innenfor industrialiserte områder (Horton mfl., 2016). I det senere har det blitt registrert mikroplast i ulike ferskvannssystemer på flere kontinent, blant annet i Nord Amerika, Los Angeles havn, Gardasjøen i Italia og i elven Donau (Eerkes-Merdrano mfl., 2015).

Siden forskning som omhandler mikroplast i ferskvannssystemer først har økt i omfang de siste årene finnes det begrenset kunnskap om 1) tilstedeværelse og utbredelse av mikroplast i ferskvannsmiljøer 2) hvordan transportveier og andre faktorer påvirker spredningen av mikroplast 3) metode for korrekt identifikasjon og kvantifisering 4) mikroplastens innvirkning på de vannlevende organismene (Eerkes-Merdrano mfl., 2015).

Mikroplast som en miljøfare

Organismers inntak av mikroplast

Basert på fakta om utbredelse av plastsøppel er det stor sannsynlighet for at organismer i økosystemer på land og i vann eksponeres for mikroplastpartikler. Avhengig av partikkelstørrelse sammen med adferd og fysiologiske egenskaper hos organismen kan det være mulig for invertebrater og vertebrater og fordøye slike partikler. Opptak av mikroplast har blitt observert i mange marine arter. Selv om plast oftest skilles ut etter inntak finnes det bevis nok for å anta at mikroplast kan bli værede i fordøyelsessystemet utover den tidsperioden som er forventet for andre fordøyde substanser. Det er i tillegg bevist at partikler kan passere tarmveggen og forflytte seg til andre kroppsvev som kan forårsake uante konsekvenser (Horton mfl., 2017).

Inntak av mikroplastpartikler hos marine invertebrater har blitt sett i sammenheng med et bredt spekter av alvorlige påvirkninger inkludert redusert reproduksjon, vekst og størrelse. Dette er gjerne fysiske effekter som opptrer som følge av fordøyde mikroplastpartikler inkludert innvendige påvirkninger som kuttskader og inflammatoriske reaksjoner. Plastpartikler kan også erstatte fordøyelig føde og resultere i et lavere energiopptak (Horton mfl., 2017).

Frem til nå er det gjort noen forsøk på å kartlegge de toksiske virkningene til mikroplast i vannlevende organismer, men effekten er enda noe vanskelig å forstå. Potensiell giftvirkning av mikroplast kan mest sannsynlig deles inn i tre: 1) stresskomplikasjoner ved inntak som fysiske blokkeringer, energiforbruk og utmattelse, 2) lekkasje av tilsetningsstoffer i plastpartiklene, 3) eksponering for miljøgifter assosiert til mikroplast, for eksempel persistente organiske forurensninger (POP`s). Effekten av eksponering for mikroplast vil variere avhengig av akkumulering og overføring mellom ulike vev, organismens evne til å skille ut partikler samt potensiale for trofisk overføring (Anderson mfl., 2016). Det fryktes at opptak av mikroplast hos ulike vannlevende organismer kan påvirke næringskjeden i det marine miljø (Standal mfl., 2014).

Kjemiske effekter av mikroplast i det akvatiske miljø

Plast inneholder en rekke kjemiske forbindelser som regnes som biokjemisk inert fordi molekylene er for store til å tas opp gjennom celleveggen hos vannlevende organismer. Mikroplastpartikler kan imidlertid bære med seg kjemikalier av så liten molekylstørrelse at disse kan trenge inn i levende celler til vannlevende organismer og forårsake skade (Standal mfl., 2014). Under produksjon blir ofte plastproduktet tilsatt ulike additiver som ftalater og bisfenol A som gir platen ulike egenskaper. Additiver som disse er ofte svakt bundet eller ikke bundet overhodet til polymermolekylene og kjemikaliene kan av den grunn lekke ut av platen til det akvatiske miljø over tid (Horton mfl., 2017).

Mikroplast i seg selv er også kjent for å binde til seg en rekke ulike hydrofobe organiske kjemikalier (HOC's) slik som klororganiske forbindelser, PAH, PCB, PBDE, dioksiner og metaller. Dette kan være av stor viktighet, spesielt i terrestriske og ferskvannsmiljøer der konsentrasjonene av disse miljøgiftene antas å være høyere enn i det marine miljø som følge av kortere avstand fra kilden (Horton mfl., 2017).

Miljømessige forhold vil påvirke likevektsdynamikken mellom kjemikaliene og platen, noe som igjen har innvirkning på kjemisk akkumulering og biotilgjengelighet. I tillegg vil partikkelstørrelse og overflatestruktur være avgjørende for om mikroplastpartiklene vil adsorbere eller lekke miljøgifter og additiver. Jo større overflateareal i forhold til masse av partikkel, jo større er sannsynligheten for kjemiske overflateinteraksjoner og dermed binding av hydrofobe stoffer. Det forventes at forvitrede plastpartikler har et større overflateareal som følge av oppsprekking og slitasje vil generelt øke overflatearealet. De økologiske konsekvensene av plast- kjemikalie forbindelser er vanskelige å forutse på grunn av alle interaksjoner mellom polymere, plastadditiver, de absorberende egenskaper og miljøforholdene som igjen påvirker biotilgjengeligheten (Horton mfl., 2017).

Kilder og skjebnen til mikroplastpartikler i ferskvannsmiljø

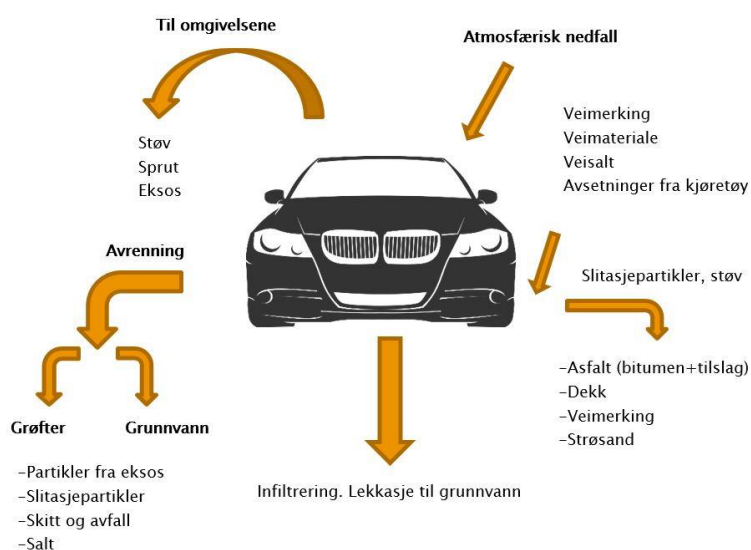
Ferskvannssystemer kan bli forurenset av mikroplast ved en av tre mulige måter: 1) utslipp via avløpsvann fra renseanlegg, 2) med overvann i kraftige nedbørsperioder, 3) avrenning fra slam anvendt på dyrket mark (Anderson mfl., 2016). I tillegg kan mikroplastpartikler spres til ferskvann som følge av tilfeldige utslipp, fra industrielle produkter og prosesser eller ved atmosfærisk avsetning av fibre (Lambert & Wagner, 2018).

Strømningsretningen i ferskvannssystem fører til at mikroplastpartikler kan finnes igjen på bunnen av elver, innsjøer og i havet der disse fungerer som oppsamlingsbasseng. Storm og ekstremvær kan også føre til at mikroplastpartikler forflytter seg med vinden til ulike vannforekomster (Anderson mfl., 2016). Spredning av mikroplast innenfor elvesystemene vil bli styrt av forekomstens hydrologi (strømninger, vannivå ol.), morfologi, vegetasjonsutbredelse etc. Hindringer som demninger og andre sperringer vil ha stor betydning for om partiklene forflytter seg videre eller blir værende i vassdraget (Lambert & Wagner, 2018). Vannoverflatens areal, vann dybde, vind, bølger og tetthet av partikler er også avgjørende faktorer for transport og skjebnen til mikroplastpartiklene i de ulike vannsystemene. Dette kan forårsake stor variasjon, selv innenfor et relativt lite areal (Horton mfl., 2017).

Det observeres at mikroplastpartikler i akvatiske miljøer har en tendens til å akkumuleres i nærheten av byer og distrikt med relativt høy menneskelig aktivitet (Anderson mfl., 2016). Urbanisering av området rundt har derfor stor innflytelse på i hvilken grad resipienten blir påvirket (Horton mfl., 2017). Det er observert mikroplast i målbar skala i mer uberørte områder som i fjellvann i Mongolia, arktisk sjøis og i dyphavssedimenter. Siden fysiske faktorer har stor betydning for fordeling og spredning av mikroplastpartikler og hvor disse til slutt ender opp, kan ikke befolkningstettheten alene benyttes til å kunne forutsi belastningen av mikroplastpartikler i et vassdrag (Anderson mfl., 2016). Primære mikroplastpartikler vil som oftest passere gjennom industrielle eller private avløpssystem og derfra følge med avløpsvannet videre til renseanleggene. Enkelte renseanlegg er konstruert til å ha en rensekapasitet som kan fjerne bortimot 99,9% av all mikroplast fra avløpsvannet,

men i realiteten vil et signifikant antall partikler kunne passere filtersystemene og slippes ut til ferskvann via avløpet. Selv om mikrofibre er sekundære mikroplastpartikler kan også disse slippes ut til naturmiljøet via avløpsvann eller slam som blir benyttet på dyrket mark (Horton mfl., 2017). Syntetiske mikrofibre har blitt identifisert ved mange studier som den vanligste partikkeltypen både i ferskvann, terrestriske og marine miljøer. Primære mikroperler fra personlige pleieprodukter utgjør i tillegg en betydelig kilde til mikroplastforurensning (Horton mfl., 2017). Andre kilder til mikroplast i vann er degraderte makroplast objekter fra plastemballasje, sanitæravfall som følger med avløpsvannet fra rensanleggene, samt avrenning fra land som inneholder nedbrutt søppel (Horton mfl., 2016). Avrenningsvann som ledes via dreneringsgrøfter i landbruksområder og overvann som dannes ved nedbør eller snøsmelting som drar med seg partikler fra veibanen er en annen viktig mikroplastkilde som bidrar til ytterligere belastning på elvesystemene (Horton mfl., 2017).

I flere tiår har veikanter og omgivelsene rundt blitt forurenset av partikler og en lang rekke ulike giftige stoffer fra veitrafikken, inkludert gummi fra bildekk (figur 1.1). I de senere årene der det har blitt rettet økt fokus mot makro og mikroplastforurensning i naturmiljøet har også andre kilder av mikroplast i veistøv som veimerkingsmaling og polymermodifisert bitumen (PMB) i asfaltdekke fått økt oppmerksomhet. Rester av gummidekk, polymer tilsatt for å styrke bitumen i asfaltdekket og termoplastiske elastomer i veimerkingsmaling utgjør i dag antakeligvis det største andelen av mikroplastpartikler i veistøv (Vogelsang mfl., 2018).



Figur 1.1 Kilder til trafikkrelaterte forurensninger (kilde: Vogelsang mfl.,2018)

Gummirester fra bildekk i veistøv danner typiske mørke pølseformede konglomerat med ujevn overflate der høy andel av mineralpartikler øker densiteten ($1,7-2,1\text{g/cm}^3$). På grunn av dette passer ikke disse partiklene beskrivelsen til plast: lette, skinnende og myke, ofte med klare farger. Det antas derfor at slike slitasjepartikler spres på andre måter i naturmiljøet enn tradisjonelle mikroplastpartikler (Vogelsang mfl., 2018).

Det finnes lite dokumentasjon på eksistens av mikroplastpartikler fra veimerkingsmateriale i miljøet og det er begrenset med kvantitative data som beskriver årlig utslipp av slike partikler. Et første estimat indikerer allikevel et utslipp av termoplastiske elastomer fra veimerkingsmateriale på mellom 90 og 320 tonn årlig i Norge. Det finnes også svært lite data som beskriver miljøbelastningen fra utslipp av partikler som stammer fra polymerbasert bitumen (Vogelsang mfl., 2018).

Termoplastisk veimerkingsmateriale består hovedsakelig av myknere, fyllstoffer, bindemiddelharpikser, pigmenter og glassperler (Nossen, pers. medd. 2019). Det er i hovedsak termoplastisk veimerkingsmaling som benyttes på norske veier men også vannbasert polymermaling blir brukt i mindre grad (Sundt mfl., 2016). Mens polymerandelen i termoplastisk veimerkingsmaling er så lav som 1-5% som følge av mye fyllstoff, er polymerinnholdet i vannbasert polymermaling mye høyere (15-40%). I malingstyper med lav polymerkonsentrasjon vil partikler med opphav i slik maling antakeligvis være skjøre og i større grad kunne brytes raskere ned til mindre partikler i miljøet (Horton mfl., 2016).

De vanligste polymertypene som benyttes i veimerkingsmaling i Norge er styren-isopren-styren (SIS), etylvinylacetat (EVA), polyamid (PA) og polyakrylat (AM) (tabell 1.1) (Sundt mfl., 2014).

Tabell 1.1: Polymertyper og utslipp fra veimerking oppgitt i tonn, Norge 2014 (kilde: Sundt mfl., 2014)

Plastic product/ material	Tonnes
SIS (Styren-Isopren-Styren)	85
EVA (Etylen-vinylacetat)	66
PA (Polyamide)	57
AM (Acryl-monomer)	112

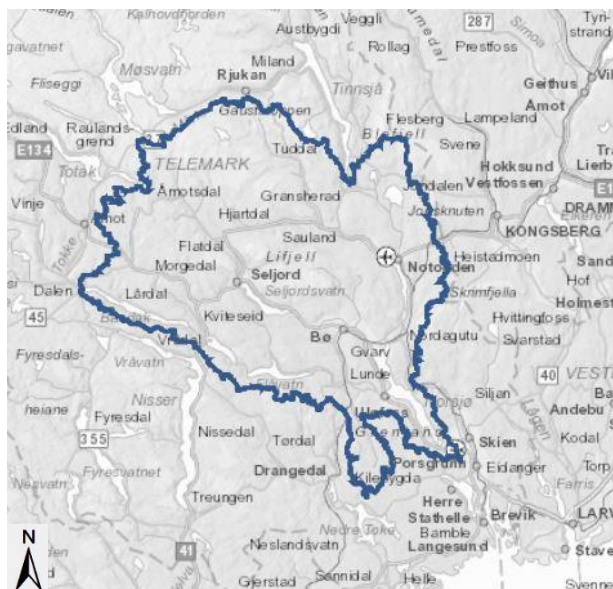
Totalmarkedet for termoplastisk veioppmerkingsmateriale i Norge er på ca. 12.000 tonn henholdsvis fordelt med ca. 7.000 tonn hvitt materiale og 5.000 tonn gult materiale (Nossen, pers. medd. 2019). Volumet av polymer som benyttes i veimerkingsmateriale i Norge per år er ifølge sektorkilder 320 tonn. Det regnes da at årlig forbruk gjenspeiler den årlige slitasjen selv om det er kjent at noe veimerking males over eller fjernes (Sundt mfl., 2014).

I følge statens vegvesen ender det meste av veistøvet opp i naturen der det blir absorbert og fanget i grunnen langs veiene (Sundt mfl., 2016). I urbane strøk blir ofte avrenningsvann fra svært forurensende veier (ÅDT > 8000-10000) sluppet ut i kommunale avløpssystem og videre derfra til vannrenseanlegg om ikke vannet holdes igjen i rensedammer før utslipp til resipient (Vogelsang mfl., 2018).

2. Områdebeskrivelse med prøvelokalitetene

Midtre Telemark vannområde

Midtre Telemark vannområde dekker et areal på 4235km² og utgjør sentrale deler av Skiensvassdraget. Ni følgende kommuner hører innunder vannområde: Skien, Kviteseid, Tokke, Nome, Hjartdal, Seljord, Bø, Notodden og Sauherad. I tillegg dekkes deler av Tinn, Vinje og Drangedal kommune.



Figur 2.1: Midtre Telemark vannområde (kilde: Vann-nett)

Vannområde preges av et varierende landskap, eksempelvis store jordbruksområder, skogsområder, høyfjellsområder samt byer og tettsteder. Skiensvassdraget er regulert som følge av kraftutvinning og det er 15 kraftstasjoner i Midtre Telemark vannområde. Flere vassdrag er påvirket av kraftutbyggingen og alle reguleringer, noe som i mange tilfeller gir utfordringer som blant annet minstevannføring. Likevel er flere områder innenfor vannområde flomutsatt, både jordbruksareal og tettsteder. Det er flere problemstillinger som arbeides med innenfor vannområde, blant annet oppgaver rundt håndtering og utbedring av gamle kommunale avløpsanlegg og spredte avløp. Forurensning fra spredt avløp og avrenning fra dyrket mark utgjør en vesentlig utfordring (Vannportalen, 2019). Midtre Telemark vannområde inkluderer mye industrihistorie, dette gir nå utfordringer i form av grunnforurensning og opprydning av gamle deponier.

Norsjø er drikkevannskilde til Skien og Nome kommune mens Tinnåa er drikkevannskilde for Notodden. Vassdraget er kjent for fritidsfiske og friluftsliv. Telemarkskanalen er historisk med mange gamle sluseanlegg langs kanalen og den er nå en viktig nasjonal turistattraksjon (Vannportalen, 2019). Innunder Midtre Telemark vannområde er det registrert 73 innsjøer, 10 grunnvann og 322 elveforekomster (Vann-nett, 2019). Det går flere veier som ligger delvis eller tett inntil flere vannforekomster i vannområde. E-134 og RV 36 samt strekningen mellom Gvarv og Notodden saltes på vinterstid. Elgsjø er en av forekomstene som har nær beliggenhet til E-134 og det mistenkes at denne innsjøen er påvirket av saltingen (Vannportalen, 2019).

De utvalgte lokalitetene

Det ble kartlagt forekomst av mikroplast i Hanesbukta i Norsjø samt Audnabekken som er en tilløpsbekk til Hanesbukta. De to andre vannforekomstene som ble undersøkt for mikroplast var Seljordsvatnet deltaområde og Elgsjø i Notodden. I tillegg ble det tatt prøver i et av rensebassengene langs E-18 i Langangen (figur 2.2). Tabell 2.1 beskriver beliggenhet og karakteristiske egenskaper til de tre utvalgte vannforekomstene.



Figur 2.2: Oversiktskart, alle lokaliteter (kartgrunnlag: Geodata AS, 2019, kartarbeid: Lene Roughthvedt)

Tabell 2.1: Karakteristiske egenskaper og beliggenhet for de tre utvalgte vannforekomstene (kilde: Vann-nett, Vannmiljø)

	Audnabekken/Hanesbukta, Norsjø	Seljordsvatnet, deltaområde	Elgsjø
Vannforekomst ID	016-6-L	016-11-1-L	016-6264-L
Oppstrømsareal	10388,42km ²	704,64km ²	35,5km ²
Areal	55,2365km ²	1,986km ²	0,5998km ²
Høyde over havet	15	117	264
Vanntype	Stor, kalkfattig, klar	Middels til stor, kalkfattig, klar	Middels, kalkfattig, humøs
Beliggenhet	EUREF89-UTM33N Øst 185834, Nord 6574367	EUREF89-UTM33N Øst 140899, Nord 6610700	EUREF89-UTM33N Øst 181896, Nord 6618938
Kommuner	Skien, Nome, Sauherad	Seljord	Notodden

Audnabekken og Hanesbukta

Hanesbukta ligger i den sørvestlige delen av Fjærekilen i nedre del av Norsjø. Audnabekken er en tilløpsbekk til Hanesbukta. Selve vannstrengen er ikke registrert i vann-nett eller tilsvarende databaser men det tenkes at denne inngår som en del av Audnabekken bekkefelt (Kirkevold, pers. medd. 2018). Bekken går i rør under RV 36 i bunnen av Hanesbakken og følger deretter nordsiden av veien ca. 400 meter før den munner ut i bukta (figur 2.3 og 2.4).

Bunnssubstratet i Audnabekken består hovedsakelig av stein, grus og sand samt rester av planter og trær. Vannfarten er varierende ut i fra hvor bekken smalner og åpner seg. I Hanesbukta er det rolige vannmasser med tilsynelatende lite vannstrømmer i overflata. Bunnssubstratet i bukta er av finstoff med varierende andel av organisk stoff/humus. Det er en dypere renne på bunnen der bekken munner ut i bukta, ellers er det inntil en meter dypt innerst i Hanesbukta. Noen meter lengre ut skråner innsjøbunnen kraftig ned mot 10-15 meters dyp (egen observasjon). Middeldyp i Norsjø er på 87 meter mens maksimaldyp er på 171 meter (Vann-nett, 2019). Dybdekart over Norsjø i sin helhet er illustrert i vedlegg 10.

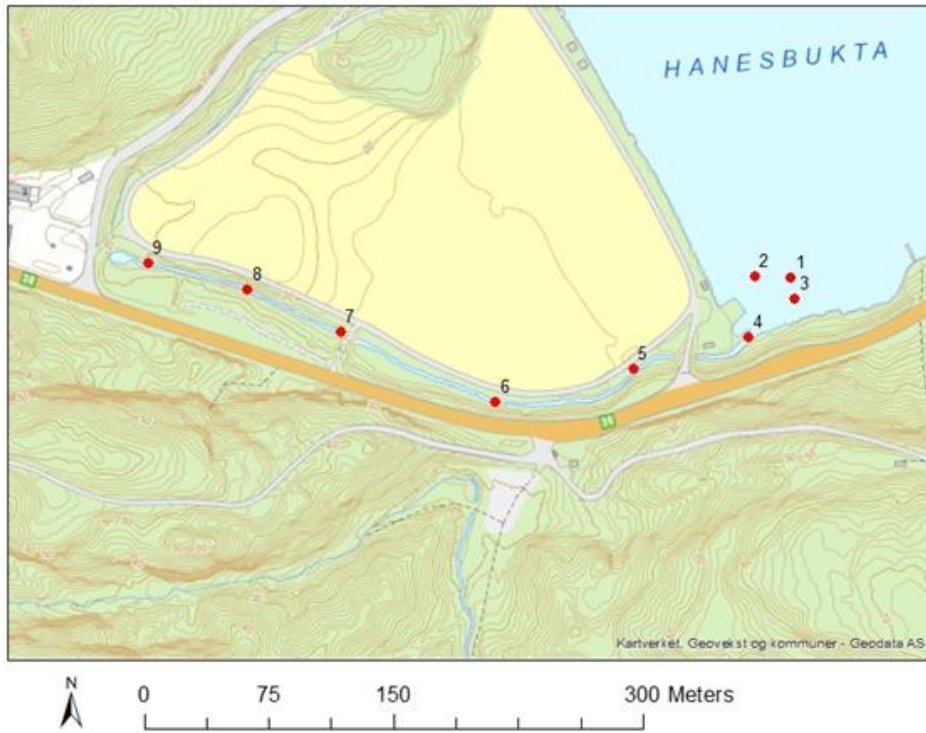
Norsjø er drikkevannskilde til Skien og deler av Nome kommune hvor det ligger et vannverk i Ulefoss som tar ut overflatevann. I tillegg er det et privat vannverk i Helga som er tilknyttet Norsjø (Vannportalen, 2019). Innsjøen er omkranset av større områder med jordbruksareal, spesielt nord for og langs vestsiden av innsjøen (Nibio, 2019). I Skien kommune er det innenfor vannområde 10571,3 daa fulldyrka og overflatedyrka mark. Nome er den største jordbrukskommunen innenfor vannområde med 25933,9 daa fulldyrka mark.

I innsjøen finnes stammer med storørret og til innsjøen knyttes mange bruksinteresser, eksempelvis bading, båtliv og fiske. Så mye som tre fjerdedeler av alt vann i Telemark drenerer til og ut av Norsjø og dette medfører til at vannforekomsten er sårbar for påvirkninger og forurensning. Omtrent 48 000 mennesker er bosatt innenfor nedbørsfeltet til Norsjø. 32 000 av disse personene er tilknyttet kommunale renseanlegg mens 16 000 personer er tilknyttet mindre private renseanlegg (Vannportalen, 2019).

Rv 36 (Ulefossveien) fulgte inntil september 2018 nært innsjøkanten sørøstover fra Hanesbukta forbi Skjelbredstrand til Fjære innerst ved Gåsodden.

I september 2018 ble ny strekning på RV 36 fra Skyggestein til Skjelbredstrand åpnet slik at influensområdet til veien nå er noe avgrenset. Rv 36 blir saltet og brøytet på vinterstid. Årlig døgnetrafikk på strekningen er 6000 (Honerød, pers. medd. 2019).

Registrerte påvirkninger i Norsjø av stor betydning er dammer og vandringshinder (laksetrapp på Skotfoss). Påvirkning av liten grad er introduserte arter (gjedde, suter og ørekyt), avrenning fra beite, eng og fulldyrka mark, diffus avrenning fra hytter og spredt bebyggelse samt avrenning og utslipp fra transport /infrastruktur. I tillegg nevnes punktutslipp fra renseanlegg 2000PE på Akkerhaugen og i Ulefoss som en påvirkning av liten grad. Det samme beskrives om vannuttakene for privat drikkevannsforsyning og industri (Vann-nett, 2019).



Figur 2.3: Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø. Prøvepunkt for hver delprøve er markert med røde prikker (kilde: kartgrunnlag: Geodata AS, 2019, kartarbeid: Lene Roughvedt)



Figur 2.4: a) asfaltrenna langs Hanesbakken b) utløpet til Audnabekken ved Hanesbukta (fotograf: Lene Roughvedt)

Seljordsvatnet elvedelta

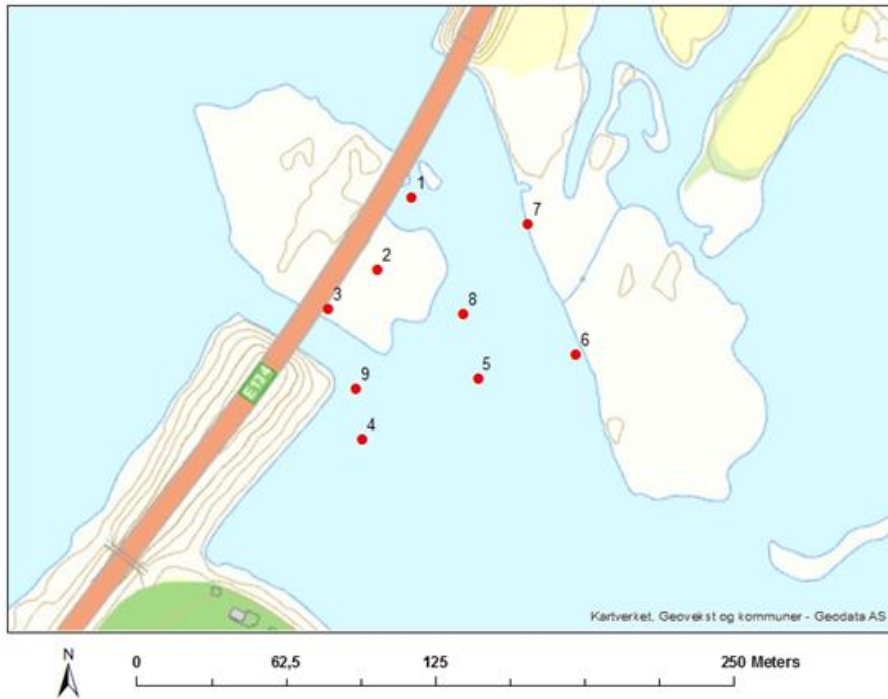
Vallaråi og Bygdaråi utgjør del av Skiensvassdraget og munner ut i elvedeltaet ved Seljord sentrum i øvre del av Seljordsvatnet. Deltaet deles i to av E-134 og Vallaråi bru i en indre og en ytre del (figur 2.5). Vallaråi og Bygdaråi har etablert elvevifter i den ytre delen av deltaområdet ut mot Seljordsvatnet som er et gruntvannsområde (Kraabøl, 2016).

Seljordsvatnet har et areal på 16 km² og munner ut i Bøelva. Vanntype er middels stor, kalkfattig klar (Vann-nett, 2019).

Maksimaldyp i innsjøen er på 153 meter og middeldyp er på 50 meter (Kraabøl, 2016). I elvedelta på østsiden av Vallaråi bru er vanndybden omkring 1 meter bortsett fra en dypere renne i båttraseen under brua. Bunn sedimentene i deltaet har sandig, siltig karakter med noe varierende innhold av organisk materiale/humus (egen observasjon, visuell vurdering). Dybdekart for Seljordsvatnet er illustrert i vedlegg 11.

Det er registrert ni ulike fiskearter i innsjøen, blant annet storørret, sik og abbor (Kraabøl, 2016). Det er 11677,1 daa fulldyrket eller overflatedyrket mark i Seljord (Vannportalen, 2019) hvorav de største landbruksarealene har beliggenhet oppstrøms for den nordvestlige enden av Seljordsvatnet (Nibio, 2019).

Registrerte påvirkninger for Seljordsvatnet deltaområde av middels grad er vannkraft (dammer og hindringer), diffus avrenning og utslipp fra byer, tettsteder og spredt bebyggelse samt diffus avrenning og utslipp fra transport/infrastruktur. Registrerte påvirkninger av liten grad er punktutslipp fra renseanlegget 2000PE, menneskelig påvirkning ved fritidsaktivitet og introdusert art (ørekyt) (Vann-nett, 2019). Campingplassen Seljord ferieland ligger på vestsiden av deltaet (Visit Seljord, 2019). Det er også en småbåthavn i deltaområdet (Vann-nett, 2019). Stekket hvor E-134 krysser deltaområdet saltes og brøytes på vinterstid. Årlig døgntrafikk er 3600 (Honerød, pers. medd. 2019).



Figur 2.5: Prøvelokaliteten Seljordsvatnet elvedelta. Prøvepunkt for hver delprøve er markert med røde prikker (kilde: kartgrunnlag: Geodata AS, 2019, kartarbeid: Lene Roughvedt)

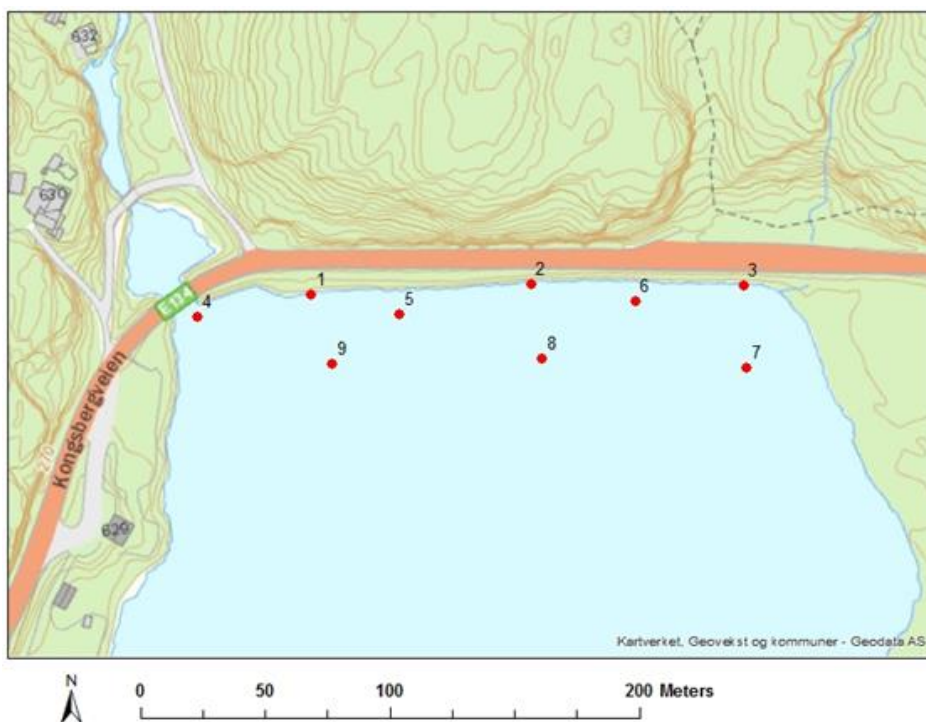


Figur 2.6: Seljordsvatnet deltaområde (fotograf: Lene Roughvedt)

Elgsjø

Elgsjø er en liten innsjø med beliggenhet i Notodden kommune. Europavei 134 (Kongsbergveien) går nært inntil innsjøkanten i den nordlige enden (figur 2.7 og 2.8). Elgsjø er hovedsakelig omkranset av blandingskog. Det er noe spredt bebyggelse i området rundt, spesielt ved Nybu og langs bekken Tovestulåa som drenerer ut i nordenden av Elgsjø ved Tovstul bru (Nibio, 2019).

Registrerte påvirkninger er diffus avrenning fra hytter og annen kilde samt avrenning og utslipp fra transport/infrastruktur (Vann-nett, 2019). Årlig døgnetrafikk på strekket (Kongsbergveien) er 5300 og det blir saltet og brøytet på vinteren (Honerød, pers. medd. 2019). Store deler av Elgsjø er mellom 0 og 15 meter dyp men bunnen skråner jevnt mot senter av innsjøen hvor maksimalt vanddyb er på 35 meter. Dybdekart for Elgsjø er illustrert i vedlegg 12. I littoralsonen er det varierende bunnssubstrat. Kantsonen er preget av større stein og grusig sandig materiale blandet med røtter, trerester o.l. Litt lengre ut i littoralsonen er bunnssubstratet finere, mer ensartet og likner organisk slam (egen obsevasjon, visuell vurdering).



Figur 2.7: Prøvelokaliteten Elgsjø. Prøvepunkt for hver delprøve er markert med røde prikker (kilde: kartgrunnlag: Geodata AS, 2019, kartarbeid: Lene Roughvedt)

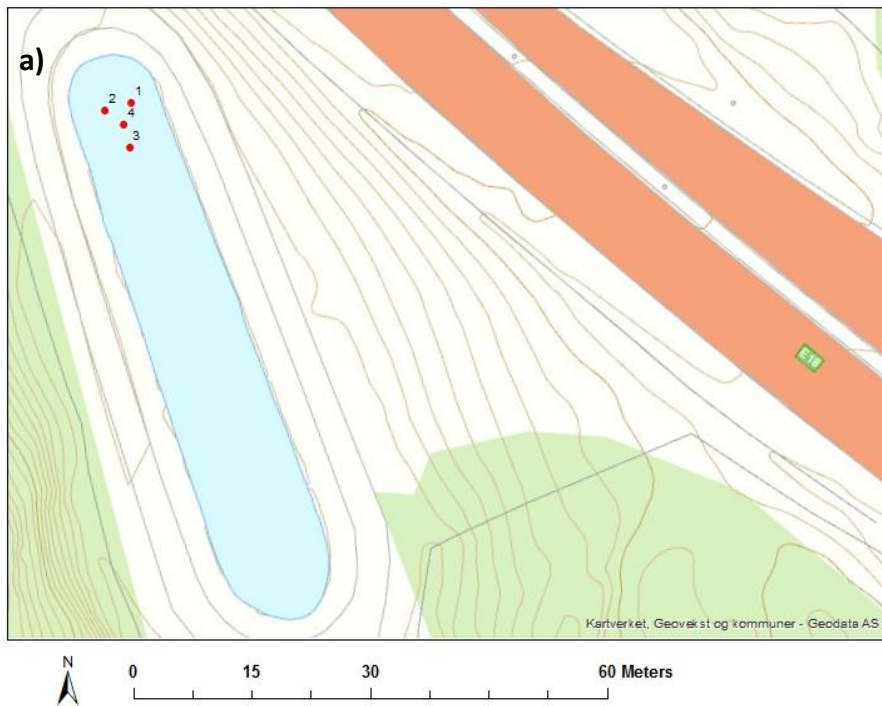


Figur 2.8: a) Tovstul bru b) E-134 langsmed innsjøkanten (fotograf: Lene Roughvedt)

Rensebasseng, E-18 Langangen

Overvannsbassengene langs E-18 på strekningen Sky-Langangen i Vestfold er dimensjonert av Rambøll Norge AS. Rensebassenget i Langangen er et av seks rensbasseng langs denne parsellen hvorav to har beliggenhet i Telemark og fire i Vestfold (figur 2.9). Renseprinsippet går ut på å samle alt overvann fra E-18 og lede dette videre til sedimentasjonsbasseng før utslipp til resipient. Vannet renner til grøfter og videre til sandfangkummer hvor større fragmenter holdes igjen før vannet kommer til overvannsystemet og renner ut i rensbassenget.

Hovedfunksjonen til bassenget er å sedimentere partikler i tillegg til biologisk nedbrytning av ulike organiske forbindelser. Overvannet kommer først til en innløpskum med utløp i bunnen. Deretter ledes vannet videre via ledninger til to kummer i bunnseksjonen før det strømmer rolig inn i bassenget. Det er en skillevegg midt i bassenget hvor vannet renner over eller gjennom slik at de groveste partiklene holdes igjen i den første delen. Vannet tappes med noen års intervall. Slammet i bunnen av bassenget fjernes ved hjelp av en sugebil (Statens vegvesen Region Sør, 2013).



Figur 2.9: a) Rensebasseng i E-18 Langangen, prøvepunkt er markert med røde prikker (kilde: kartgrunnlag: Kartverket 2019, kartarbeid: Lene Roughvedt) b) foto av rensebassenget (fotograf: Lene Roughvedt)

3. Material og metode

Feltarbeid

I to av vannforekomstene ble det tatt ni prøver fordelt på tre profil i økende avstand til nærliggende vei, mens i den tredje vannforekomsten ble det tatt prøver jevnt fordelt i en tilløpsbekk og i bukta ved bekkens utløp. I rensebassenget ble det til sammen tatt ut fire prøver jevnt fordelt i sedimentasjonssonen ved innløpet til bassenget. Det ble tatt prøver fra de øvre 5 cm av bunnsedimentene ved hjelp av van veen grabb med et volum på 500 cm³ (figur 3.1). På grunne områder ble det benyttet is-skje. Hver delprøve besto av 1 liter sediment. Prøvene ble overført til rilsanposer der minst mulig overskytende vann ble beholdt og deretter satt på kjølelager ved 4°C inntil preparering. Uttak av prøver foregikk mellom 02.08.17 og 17.08.2018 (tabell 3.1).

Tabell 3.1: Tidspunkt for prøveuttak for alle lokaliteter med værbeskrivelse og nedbør siste syv dager

	Tidspunkt, prøveuttak	Værtype	Nedbør siste 7 dager
Audnabekken/Hanesbukta	02.08.2017	Pent, opphold	24,4mm
Seljordsvatnet	18.10.2017	Pent, opphold	52,7mm
Elgsjø	17.08.2018	Pent, sol	10,7mm
Rensebasseng	11.10.2017	Regn	3,3mm

Alle prøvepunkt ble målt inn med Leica GX1230 GPS instrument. I rensebassenget ble punktene målt inn med ArcGis collector som følge av dårlige signaler på feltdagen. Koordinater for alle prøvepunkt er fremstilt i vedlegg 1-4.



Figur 3.1: Van veen grabb (fotograf: Lene Roughvedt)

Prøvepreparering og sortering av mikroplast

Prøvepreparering og sortering av mikroplastpartikler ble utført med utgangspunkt i metoden fremstilt i den litterære *artikkelen Large microplastic particles in sediments of tributaries of the river Thames, UK- Abundance, sources and methods for effective quantification*, forfattet av Horton mfl., 2016. Artikkelen tar for seg funn av mikroplastpartikler i størrelsesorden 1-2mm og 2-4mm i bunnsedimentene i sideelvene til Themsen i London. Studiet viser sammenhengen mellom utslipp av avløpsvann i folketette strøk og forekomst av mikroplastpartikler knyttet til utslippene. Det blir beskrevet en sorteringsprosess som foregår i tre trinn: 1) visuell inspeksjon av hele prøven, 2) flotasjon, 3) videre inspeksjon av ikke flytende materiale.

I dette studiet ble det sett på forekomst av mikroplast i 1-4mm fraksjonen fordelt i to størrelseskategorier, 1-2mm og 2-4mm. Partikler i denne størrelsesorden er store nok til at de greit kan skilles ut fra sedimentene ved hjelp av stereolupe og pinsett. Selve sorteringsprosessen for mikroplastpartiklene i denne oppgaven ble tilpasset egne prøver. Det på bakgrunn av variasjon i kornsammensetning, vanninnhold og innhold av organisk materiale i de ulike prøvene ved de forskjellige lokalitetene, men også innenfor samme lokalitet. Hovedfokuset ved dette studiet har vært å se på tilstedeværelse av veimerkingsrester i sedimentene hvor metodetilpasning var nødvendig for å kunne skille ut disse partiklene fra prøvematerialet på best egnet måte.

Veimerkingspartikler har densitet omkring 2 kg/dm^3 (Nossen, pers. medd. 2019). Partiklene har ofte glassperler festet til seg og blir for tunge til å kunne skilles ut fra det resterende prøvemateriale ved tetthets separasjon. Flotasjon som utsorteringsmetode derfor valgt bort.

Hver delprøve på 1 liter ble våtsiktet på fraksjonene +4mm, +2mm og +1mm.

Prøvematerialet på hver sikt samt alt materiale < 1mm ble overført til hver sine bakker og tørket ved 80°C. Etter tørking ble bakkene med prøvemateriale dekket til og avkjølt.

Materialet i hver fraksjon ble deretter overført til sine respektive sikter og tørrsiktet for å separere partikler som hadde klebet seg sammen. Prøvemateriale i hver fraksjon ble veid,

overført til papiremballasje og lagret tørt inntil sortering i Nikon stereolupe med forstørrelse på 40x.

Partikler av antatt mikroplast ble sortert ut etter følgende kriterier:

- Ikke synlig celle og/el. organisk struktur
- Partikler/fibre skulle ikke være splittet
- Ved fiberstruktur disse ha lik tykkelse hele veien og ikke smalne i enden

I tillegg skulle minst to av de underliggende kriteriene oppfylles:

- Partiklene måtte ha unaturlig farge sammenliknet med majoriteten av de andre partiklene i prøva og ha homogen/jevn struktur
- Unaturlig lyst belegg på partikkel
- Unaturlig form eller perfekt symmetrisk
- Fibre skulle forbli intakt ved rykk og stikking med pinsett
- Skinnende i fargen eller glassaktig
- Fleksible – måtte kunne trykkes sammen uten å gå i stykker

Til sammen 62 prøver i fraksjon 1-2mm og 2-4mm ble grundig gjennomgått i stereolupe. Det ble det ikke satt maksimal tid for sortering av mikroplastpartiklene i stereolupa. Antatt mikroplastpartikler ble plukket ut og kategorisert som fiber, film eller fragmentpartikler. Mikroplastpartikler med antatt opphav i vegmerking ble overført til små papirposer for oppbevaring inntil FTIR analyse for å unngå kontaminering. De resterende mikroplastpartiklene ble oppbevart i små plastbeholdere for visuell observasjon i ettertid.

Identifikasjon av veimerkingsmateriale

Det benyttes ulike typer veimerkingsmateriale i Statens vegvesen, avhengig av type vei og ÅDT. På riksvei og europavei benyttes det hovedsakelig termoplastisk veimaling. Malingen i veistripene kan variere noe i sammensetning avhengig av leverandør, bruksområde, ÅDT etc. men andelen av hovedkomponentene i resepten har forholdsvis liten variasjon (tabell 3.2) (Honerød, pers. medd. 2019).

I forkant av prøveuttak ble det utført FTIR analyse av samlet terrestrisk veimerkingsmateriale fra RV 36 langs Skjelbredstrand i Skien kommune. Formålet var å få et referansespekter til sammenlikningsgrunnlag mot veimerkingspartiklene som ble avdekket i sedimentene. FTIR analyser av alle veimerkingspartikler ble gjennomført ved Norner AS i Bamble. Norner er et polymerinstitutt for material og plastindustrien.

Tabell 3.2: Generell resept for termoplastisk veimaling (kilde: Nossen, 2019)

Bindemiddel ca. 20 %	
Harpiks	ca. 15%
Mykgjører i form av oljer	ca. 3%
Polymer	ca. 2%
Pigment	
Titan og organisk gulpigment	ca. 5 – 10%%
Fyllstoff	
Sand	ca. 10%
Dolomitt	ca. 20-25%
Glassperler	ca. 40%

FTIR analyse – prinsipp

FTIR (fourier transform infrared spectroscopy) er en spektroskopisk teknikk som bruker infrarødt lys innenfor det elektromagnetiske spekteret (2,5 - 25µm). FTIR gir et absorpsjonsspekter med topper ved karakteristiske bølgelengder som korresponderer til kjemiske bindinger i prøvematerialet (Iveland, pers. medd. 2018).

Tabell 3.3: FTIR analyse, metode og instrumentspesifikasjoner ved Norner AS

Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR
Metode: Fourier Transform Infrared Spectroscopy, intern metode M730849
Instrument: Perkin Elmer Spectrum GX
Prøvetype: Maling fragmenter
Testbetingelser: ATR: 4000cm ⁻¹ til 650cm ⁻¹ (overflate analyser)

Kartproduksjon og dataarbeid

Kartproduksjon ble utført i ArcGis (ArcMAP) 10.3.1. Kartgrunnlag for digitalisering av dybdekart over Seljordsvatnet og Norsjø er hentet fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), (1984). *Dybdekart over norske innsjøer*. Kartgrunnlag for digitalisering av dybdekart over Elgsjø er hentet er hentet fra en mastergradsoppgave forfattet av Kristiansen (2010), *Konsekvenser av veisalting i en veinær innsjø, kjemisk tilstand i Elgsjø ved E 134 i Telemark 2007-2008*. Benyttede bakgrunnskart var «Toporaster 3» hentet fra geonorge.no samt «geovekst og kommuner» hentet fra geodata.no.

Diagrammer ble utarbeidet i Excel. Tabeller ble utarbeidet i Excel eller Word.

Innmålinger for stedfesting ble utført med Leica GX1230 GPS instrument og ArcGis collector. KOF-filer ble konvertert i GISLINE og videre via SOSi- Shape v3.0.0 for produksjon av eget shp. kartlag i ArcMap.

4. Resultater og diskusjon

Forekomst og typer påvist mikroplast

Det ble funnet mikroplast i begge størrelsesfraksjoner i sedimentene ved alle lokaliteter, hvorav det var flest partikler i 1-2mm fraksjonen (tabell 4.1). Alle tre partikkeltyper ble observert ved samtlige lokaliteter om en ser bort ifra Elgsjø der det ikke ble funnet filmpartikler. Det ble i gjennomsnitt påvist flest partikler (2808 per 100g sediment tørr vekt) i renselassen i Langangen (figur 4.1) hvor 73,6% var av typen fragmentpartikler (figur 4.2). I Audnabekken/Hanesbukta ble det i gjennomsnitt funnet 521 mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt, noe som tilsvarer ca. seks ganger så mange mikroplastpartikler som observert i Elgsjø og Seljordsvatnet (figur 4.1).

I Audnabekken/Hanesbukta ble det avdekket flest fiberpartikler, mens kun en mindre andel var av typen film og fragment (figur 4.2).

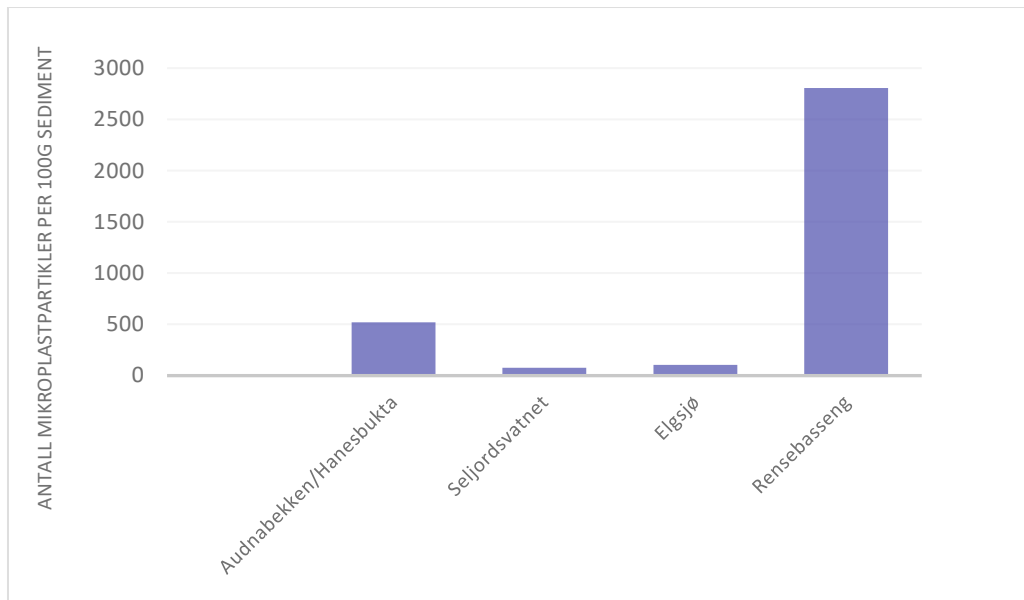
I Seljordsvatnet og Elgsjø var forekomsten av mikroplastpartikler i samme størrelsesorden med et gjennomsnitt på henholdsvis 76 og 106 partikler per 100g sediment tørr vekt (figur 4.1). I Seljordsvatnet deltaområde ble det observert flest fragmentpartikler, noe fiberpartikler og en mindre andel filmpartikler. I Elgsjø ble det funnet flest partikler av typen fiber, en mindre andel fragmentpartikler og ingen filmpartikler (figur 4.2).

Tabell 4.1: Antall mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt, størrelsesfordeling og antall mikroplastpartikler innenfor de tre kategoriene fragment, fiber og film fra de undersøkte lokalitetene i perioden 2017-2018

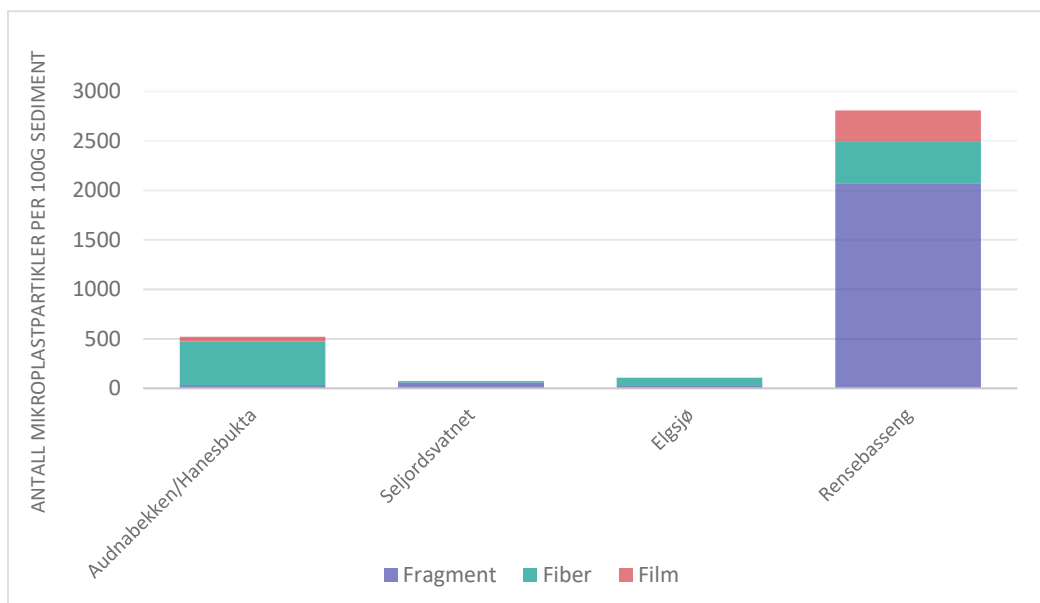
Lokalitet	Antall delprøver	Antall partikler totalt i alle delprøver	Gjennomsnitt antall partikler/ 100g	Størrelsesfordeling gjennomsnitt antall partikler/ 100g		Gjennomsnitt antall /100gram		
				1-2mm	2-4mm	Fragment	Fiber	Film
Audnabekken/Hanesbukta	9	363	521 ± 1001	388 ± 737	133 ± 267	32 ± 59	441 ± 890	48 ± 89
Seljordsvatnet	9	544	76 ± 112	64 ± 87	12 ± 28	58 ± 114	13 ± 21	5 ± 15
Elgsjø	9	213	106 ± 87	83 ± 80	23 ± 46	24 ± 25	82 ± 89	0
E-18 Langangen, renselassen	4	415	2808 ± 1269	2334 ± 1063	474 ± 360	2068 ± 848	424 ± 259	316 ± 465

Målet med renseløsningen langs E-18 i Langangen er å hindre spredning av veistøvpartikler til omgivelsene. Overvannet blir derfor samlet opp i kummer og ledet videre til

sedimenteringsbassenget som holder igjen veipartiklene hvor de akkumuleres i bunnsedimentene. Resultatene som viser et høyt gjennomsnittsansall av mikroplastpartikler (2068 partikler per 100g sediment tørr vekt) indikerer at sedimenteringsbassenget fanger opp store konsentrasjoner av mikroplast og fungerer hensiktsmessig (figur 4.1).



Figur 4.1: Gjennomsnitt antall mikroplastpartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen (n=4 for rensebasseng og n=9 for resterende lokaliteter) 2017-2018



Figur 4.2: Gjennomsnitt antall mikroplastpartikler/ 100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonene (n=4 for rensebasseng og n=9 for resterende lokaliteter) fordelt på fragment, fiber og film, 2017-2018

Det antas at syntetiske mikrofibres opphav enn veistøv. Syntetiske mikrofibres er ofte den vanligste påviste partikkeltypen både i ferskvann, marine og terrestriske miljøer der vannrensaneanlegg utgjør vanlig kilde til spredning av syntetiske mikrofibres (Horton mfl., 2017). Nærmeste rensaneanlegg på 2000PE oppstrøms prøvelokaliteten i Norsjø har beliggenhet i Ulefoss (Vann-nett, 2019). Det tenkes at mikrofibres flytende i vannmassene kan spres over større avstander før de sedimenterer der forholdene tillater det. Norsjø har stor gjennomstrømning og vannet har dermed kort oppholdstid. Det kan føre til at partikler i tilløpselvene ikke rekker å sedimentere men transporteres langt med vannstrømmene før de akkumuleres lengre ned i vassdraget (Lyche Solheim mfl., 2016).

Avrenning fra dyrket mark er en påvirkning som sannsynligvis kan medføre spredning av mikrofibres med slam som blir benyttet på jordene. I tillegg nevnes diffus avrenning fra hytter og spredt bebyggelse, utslipp og avrenning fra infrastruktur (RV 36), forurensning fra fritidsbåter og rutebåttrafikk sommerstid samt menneskelig påvirkning ved fritidsaktivitet (Vann-nett, 2019). Summen av alt dette tenkes å være en viktig faktor som kan forklare de høye konsentrasjonene (441 partikler per 100g sediment tørr vekt) av mikrofiberpartikler i Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø (tabell 4.1).

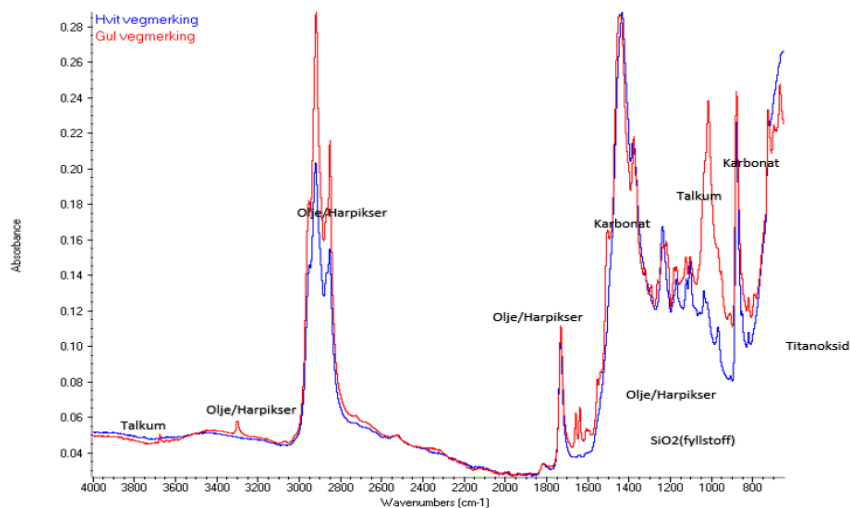
I Seljordsvatnet ble det observert så mange fragmentpartikler under Vallaråi bru at det nærmest kan karakteriseres som et punktutslipp. I nedbørperioder fører sannsynligvis sprut fra brua med seg veistøvparkler direkte ut i vannforekomsten. Det var derfor forventet å finne mange fragmentpartikler i sedimentene under denne brua.

Det er uvisst hva som er kilden til de observerte fiberpartiklene i bunnsedimentene i Elgsjø. Rundt 50% av fragmentpartiklene hadde opphav i veimerking. E-134 går langsmed og i umiddelbar nærhet til Elgsjø i nordenden av innsjøen. Utover noe spredt bebyggelse og en kafe er Elgsjø omkranset av skog (Nibio, 2019).

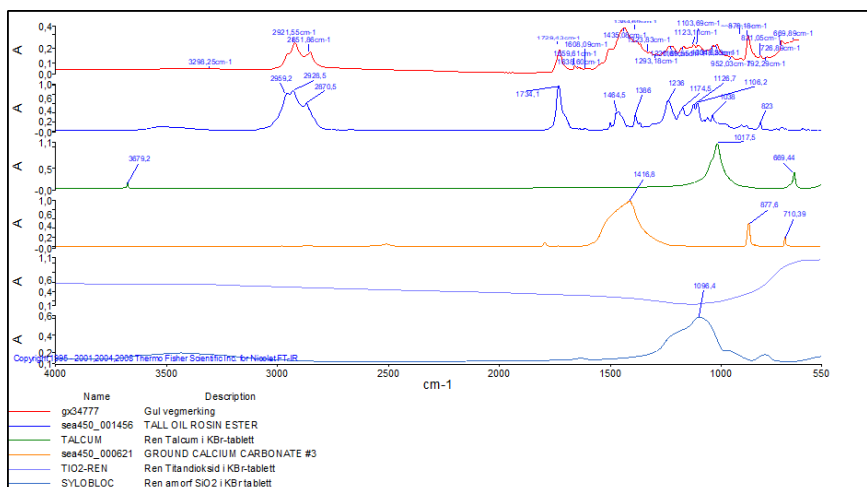
Mikroplast med opphav i veimerking

FTIR-analyse av hvitt og gult veimerkingsmateriale ble sammenliknet med ulike referansespekter fra stoffbiblioteket hos Norner (figur 4.3 og 4.4). Alle toppene/utslagene til referansespektra er å finne igjen i plottet for gult og hvitt veimerkingsmateriale.

Tallskalaen på x-aksen indikerer antall bølger per. cm (bølgefrequens). Alle spekter er vist i absorptansmodus som igjen henger sammen med konsentrasjonen. I figur 4.4 er spektra for de ulike forbindelsene skalert fra minimum til maksimum for å kunne se plottene mot hverandre og av den grunn er tallene på Y-aksen ulikt skalert (Iveland, pers. medd. 2019).



Figur 4.3: FTIR analyser av referansmateriale for gul og hvit veimerking med identifikasjon av de forskjellige absorptansutslagene

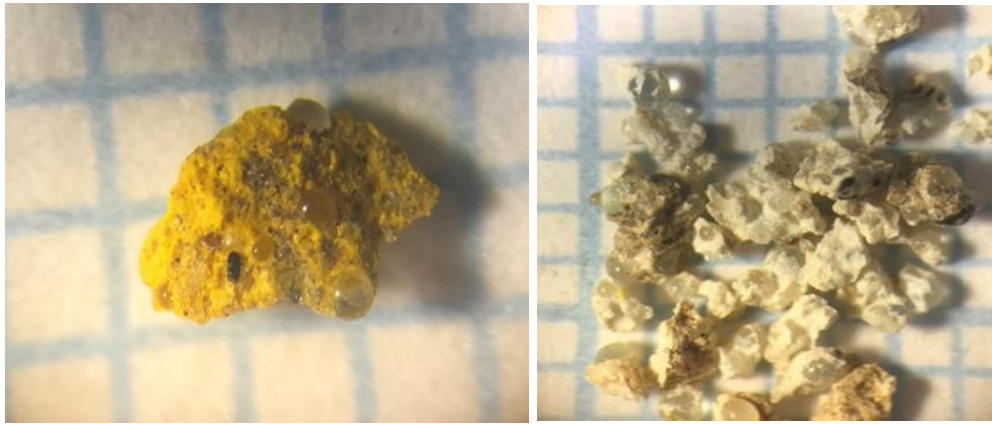


Figur 4.4: FTIR analyse av gul veimerking mot ulike referansespekter fra Norners stoffbibliotek

Figur 4.3 viser plot med lange spisse topper mellom 2750-3000 cm^{-1} . Organiske forbindelser som finnes i harpikser, oljer og ulike polymer gir utslag ved disse frekvensene. I tillegg gir organiske forbindelser mindre toppe rundt 3500 og 1700 cm^{-1} samt noe utslag i frekvensområdet mellom 800-1500 cm^{-1} . Ut ifra resepten til veimalingen skal bindemiddelandelen (harpikser, mykgjørere i form av olje og polymer) være omtrent 20% (tabell 3.2).

Videre illustrerer figur 4.3 en høy bred topp mellom 1200 og 1600 cm^{-1} samt en spiss topp ved 850 cm^{-1} . Kalsiumkarbonat gir utslag i dette området og resepten angir en fyllstoffandel på 20-25% dolomitt (tabell 3.2). Det observeres en tydelig topp ved 1000 cm^{-1} . Talkum gir størst utslag ved denne frekvensen men kan også gi svake toppe rundt 3500 cm^{-1} og 700 cm^{-1} (figur 4.4). Talkum er ikke en komponent i veimerkingsmateriale. En årsak til at FTIR plottet av veimerkingsmaterialet gir utslag for talkum kan skyldes at prøven var forurenset med leire på utsiden. Talkum kan imidlertid finnes i det meste, også i dolomitt og sand (Iveland, pers. medd. 2019).

Figur 4.3 viser flere mindre toppe mellom 700-1400 cm^{-1} . Silisiumoksid opptrer i dette spekterområdet (figur 4.4). I følge resepten for veimalingen skal andelen glassperler være omlag 40%. Ved analyser av veimerkingspartikler sitter det ofte på rester av glassperler som kan gi utslag som SiO_2 (figur 4.5) (Iveland, pers. medd. 2019). Titanoksyd er et fargepigment. Ut ifra resepten skal veimerkingsmateriale inneholde rundt 5% fargepigment. Titan fremkommer som brede toppe (baselinjeutheving) i området 550 cm^{-1} og 850 cm^{-1} (figur 4.4). I hvit veimaling benyttes hvitt titanoksyd mens det i gult veimerkingsmateriale tilsettes organisk gulpigment i tillegg. Det er ikke alltid gulpigmentet gir synlig utslag i FTIR plottet, men om så er tilfelle vil toppene opptre i samme spekterområde som de organiske forbindelsene (Iveland, pers. medd. 2019).



Figur 4.5: Gule og hvite veimerkingspartikler avdekket i sedimentene i Audnabekken og i Elgsjø (fotograf: Lene Roughvedt)

47 prøver av antatt veimerkingsrester som ble isolert fra sedimentene i de undersøkte lokalitetene ble sendt til Norner for FTIR analyse. 45 prøver ble bekreftet å ha opphav i veimerkingsmateriale (tabell 4.2).

Tabell: 4.2 Innsendte prøver av antatt veimerkingsrester i 1-4mm fraksjon av sediment i de undersøkte lokalitetene analysert hos Norner

Lokalitet	Antall veimerkingsprøver til analyse		Antall bekreftet veimerking
	Hvite	Gule	
Audnabekken/Hanesbukta	11	11	22
Seljordsvatnet deltaområde	3	7	10
Elgsjø	9	1	10
Rensebasseng E-18 Langangen	1	4	3

I rensebassenget ved E-18 Langangen og i Elgsjø ble det i gjennomsnitt funnet henholdsvis 353 og 10 veimerkingspartikler per 100g sediment tørr vekt. Det tilsvarer en andel på 12,6% og 9,4% av gjennomsnitt antall funn av mikroplastpartikler i de respektive lokalitetene (figur 4.6). I Audnabekken/Hanesbukta og Seljordsvatnet ble det i gjennomsnitt observert henholdsvis 4 og 56 veimerkingspartikler per 100g sediment tørr vekt. For Audnabekken/Hanesbukta utgjør det kun 0,7% av påviste mikroplastpartikler i forekomsten. For Seljordsvatnet var andelen veimerkingspartikler på hele 73,7%. (figur 4.6).

I Audnabekken/Hanesbukta var det forventet å finne mer veimerkingsrester enn det som var tilfellet. Rv 36 passerer svært nær prøvelokaliteten hvor overvannet ved Hanesbakken ledes ut i en asfaltrenne og derfra videre ut i Audnabekken.

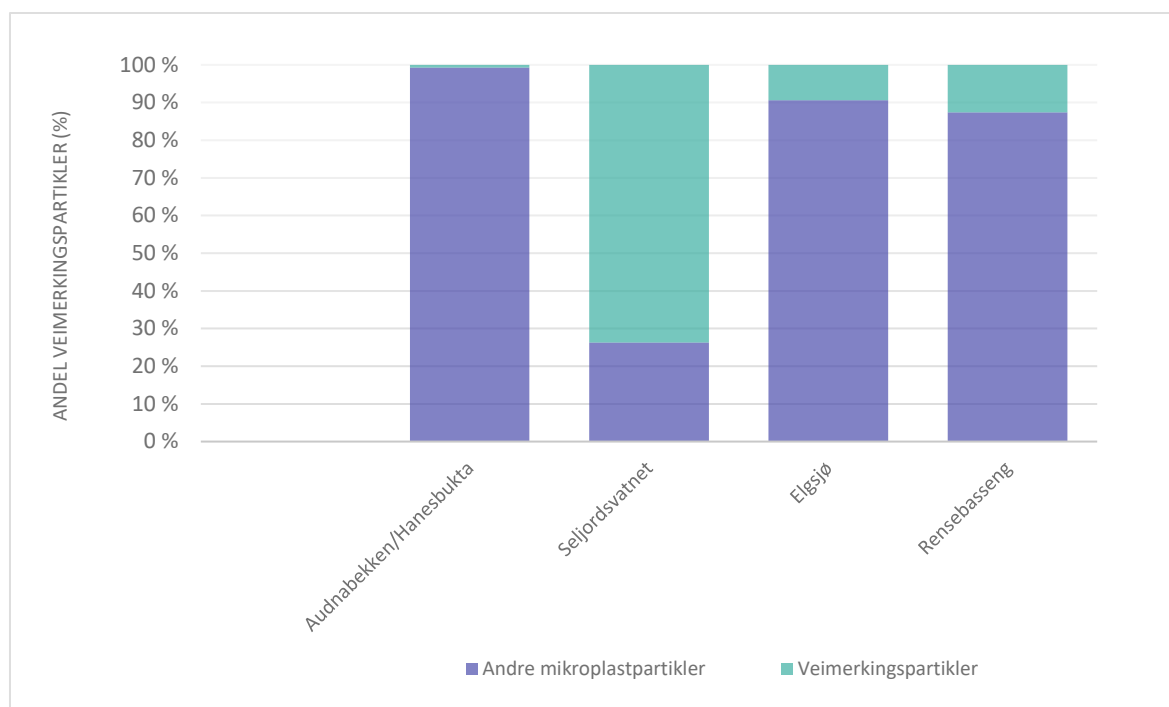
Funn av fiberpartikler i Audnabekken/Hanesbukta var så fremtredende at de observerte veimerkingspartiklene gjorde lite utslag på det totale bildet.

Seljordsvatnet var den lokaliteten med høyest andel veimerkingspartikler i sedimentene (73,7%) i forhold til gjennomsnitt av alle påviste mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt i forekomsten (figur 4.6). Det kan forklares ved akkumulering under Vallaråi bru hvor de fleste fragmentpartiklene i form av veimerkingspartikler ble funnet.

Andelen veimerkingspartikler av gjennomsnitt antall mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt i Elgsjø utgjorde 9,4%. Det var forventet å observere mer av denne typen mikroplastpartikler i bunnsedimentene så nært inntil veien. Veiskulderen langs E-134 i nordenden av Elgsjø har meget bratt helning med kort avstand ned til innsjøkanten og det ble sett mange veimerkingspartikler der under prøvetaking. I likhet med Audnabekken/Hanesbukta var majoriteten av påviste mikroplastpartikler i Elgsjø av typen fiber tilsvarende en andel på 77,4%. Siden det kun er bebyggelse i nordenden av Elgsjø tenkes det at utslipp av mikroplast først og fremst er konsentrert rundt denne delen av innsjøen. Det kan se ut til at rester av syntetiske mikrofibre i stor grad kan spres til nærliggende vannmiljøer selv med et beskjedent antall beboere omkring resipienten.

Tabell 4.3: Gjennomsnitt antall veimerkingspartikler/ 100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen fordelt på hvite og gule partikler og andel veimerkingspartikler av gjennomsnitt antall mikroplastpartikler i de undersøkte lokalitetene i perioden 2017-2018

Lokalitet	Antall delprøver	Antall veimerkingspartikler totalt per lokalitet	Gjennomsnitt antall veimerkingspartikler/ 100g	Gjennomsnitt antall hvite veimerkingspartikler/ 100g	Gjennomsnitt antall gule veimerkingspartikler/ 100g	Andel veimerkingspartikler (%)
Audnabekken/Hanesbukta	9	144	4 ± 4	2 ± 2	2 ± 2	0,7
Seljordsvatnet	9	684	56 ± 114	6 ± 11	50 ± 103	73,7
Elgsjø	9	136	10 ± 19	8 ± 16	2 ± 3	9,4
E-18 Langangen, rensedam	4	71	353 ± 212	142 ± 104	211 ± 149	12,6



Figur 4.6: Andel (%) veimerkingspartikler av gjennomsnitt påviste mikroplastpartikler per lokalitet /100g tørr vekt sediment i 1-4mm fraksjon, 2017-2018

For alle lokaliteter ble det observert flest gule veimerkingspartikler bortsett fra i Elgsjø, der var det fire ganger så mange hvite som gule partikler i prøvene (tabell 4.3). Ved observasjon langs vei er det ofte de gule partiklene som legges merke til. En skulle tro at den skarpe fargen er en forklaring men resultatene bekrefter lavere forekomst av hvite veimerkingspartikler ved tre av prøvelokasjonene, inkludert i rensebassenget langs E-18 (tabell 4.3). Det er bemerkelsesverdig med visshet om at det er to hvite kantstriper og en gul midtstripe i veibanen. E 18, RV 36 og E-134 langs de utvalgte lokalitetene er alle saltede strekninger. En forklaring kan være at brøyteskjæret sliter mer på gulstripa på grunn av takfallet på vegen (Honerød, pers.medd. 2019).

Audnabekken/Hanesbukta i Norsjø

Totalt var det høyest andel fiberpartikler (84,7%), færre filmpartikler (9,2%) og minst fragmentpartikler (6,1%) i delprøvene fra Audnabekken/Hanesbukta. Majoriteten av alle mikroplastpartiklene ble observert i delprøvene fra Hanesbukta (delprøve 1-3). Det ble avdekket flest partikler i 1-2mm fraksjonen ved denne lokaliteten (tabell 4.4).

Tabell: 4.4 Antall mikroplastpartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Audnabekken/Hanesbukta 02.08.2017 fordelt på partikkelstørrelse (1-2mm & 2-4mm) og tre ulike partikkeltyper (fragment, fiber og film)

Delprøve	Vanndybde (m)	Sedimentkarakter	Tørr vekt sediment (g/L)	Antall partikler/100g	Størrelsesfordeling (antall partikler/100g)		Antall partikkeltype/100g		
					1-2mm	2-4mm	Fragment	Fiber	Film
1	11	Organisk	1,9	3016	2222	794	53	2698	265
2	6	Organisk	10,7	672	588	84	9	560	103
3	0,3	Organisk	3,3	951	644	307	184	706	61
4	0,8	Sand	486,9	3	2	1	2	1	0
5	0,2	Sand	576,2	10	8	2	9	1	0
6	0,2	Sand	367,8	12	9	3	9	3	0
7	0,1	Sand	621,4	3	2	1	3	0	0
8	0,1	Sand	318,2	11	7	4	10	1	0
9	0,2	Sand	358,7	8	5	3	8	0	0

Delprøve 1 fra 11 meters dyp hadde høyest konsentrasjon av fiber og filmpartikler med henholdsvis 2698 fiberpartikler og 265 filmpartikler per 100g sediment tørr vekt. I delprøve 2 og 3 ble det funnet 560 og 706 fiberpartikler per 100g sediment tørr vekt, mens det ble avdekket 103 og 61 filmpartikler i de samme delprøvene. Det ble påvist flest fragmentpartikler i delprøve 3 fra den grunne delen av bukta (184 partikler per 100g sediment tørr vekt). Delprøve 1, 2 og 3 besto av organisk humusmateriale med liten egenvekt mens de resterende delprøvene fra bekken besto av sandig materiale med høy egenvekt. Kun 1% av gjennomsnitt påviste mikroplastpartikler ble funnet i tilløpsbekken til Hanesbukta. I sedimentene i Audnabekken ble det observert flest fragmentpartikler, de fleste med opphav i veimerking (tabell 4.4 og 4.5).

I felt på prøvetakingsdagen ble det sett rester av plastposer og plast emballasje liggende langs innsjøkanten som sannsynligvis kan være en kilde til mikrofилmpartiklene i bukta (tabell 4.4). Ved utløpet til Hanesbukta var det roligere vannmasser enn i tilløpsbekken og det antas at lette mikroplastpartikler kan sedimentere og akkumuleres her.

Resultatene som bekrefter funn av fragmentpartikler i Audnabekken underbygger tanken om at partikler med opphav i veimerking er tunge nok til å synke relativt raskt og akkumuleres i bunnsedimentene.

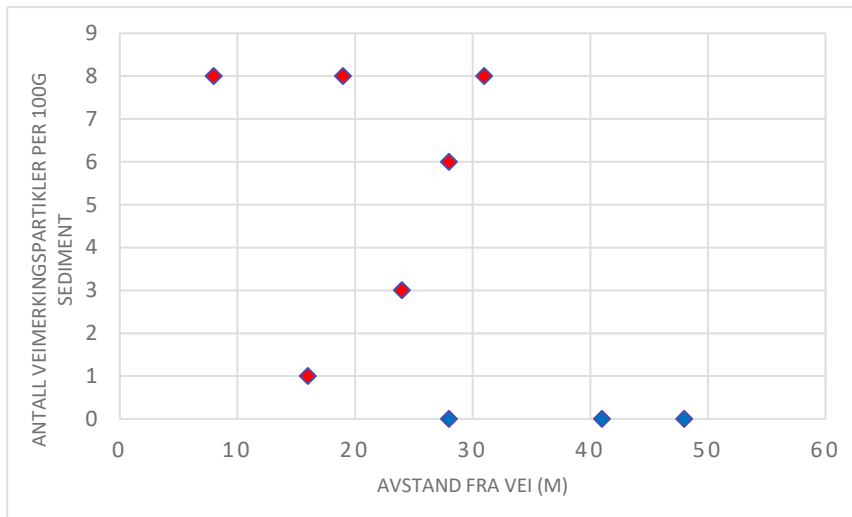
Tabell: 4.5 Antall veimerkingspartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Audnabekken/Hanesbukta 02.08.2017 fordelt på gule og hvite partikler

Delprøve	Tørr vekt sediment (g/L)	Avstand fra vei (m)	Antall veimerkingspartikler/100g	Fordeling gule og hvite veimerkingspartikler/100g	
				Gule	Hvite
1	1,9	28	0	0	0
2	10,7	48	0	0	0
3	3,3	41	0	0	0
4	486,9	16	1	0	1
5	576,2	19	9	5	4
6	367,8	8	7	5	2
7	621,4	24	3	2	1
8	318,2	31	8	4	4
9	358,7	28	6	4	2

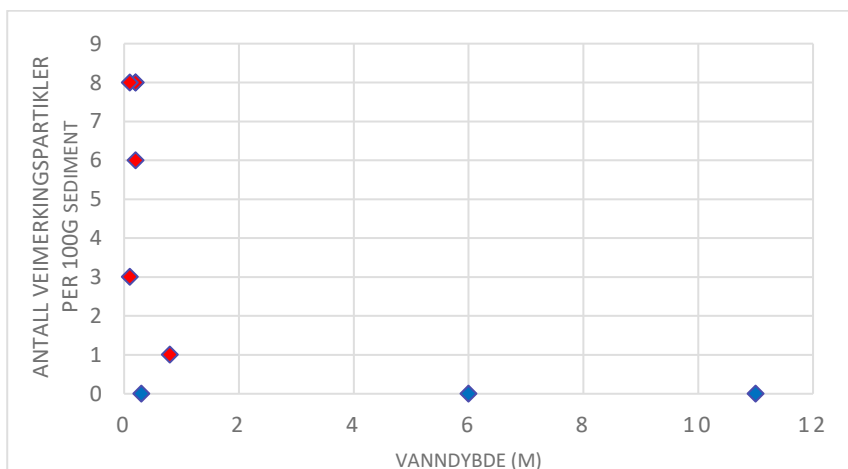
Det ble ikke påvist veimerkingspartikler i delprøvene fra Hanesbukta (delprøve 1-3). I Audnabekken ble det derimot funnet veimerkingspartikler i alle delprøvene hvor det var flest i prøve 5 og 8 (9 og 8 partikler per 100g sediment tørr vekt). Delprøvene i bukta ble tatt i minimum 28 meter fra veien, mens delprøvene i Audnabekken ble tatt i varierende avstand mellom 8 og 31 meter i fra veien (tabell 4.5). Resultatene viser ingen klar sammenheng mellom konsentrasjonen av veimerkingspartikler og avstanden fra veien ved denne lokaliteten (figur 4.7). Delprøvene ble tatt i to ulike miljøer, tilløpsbekken med grovt bunnsstrat og bukta med finsstrat av organisk opphav. Det er små forskjeller innenfor hver dellokasjon, men ulike resultater mellom de to dellokasjonene. Det var veimerkingsrester i alle prøvene i Audnabekken, derimot ble det ikke funnet noen veimerkingsrester i Hanesbukta. Det tenkes derfor at miljøet veimerkingspartiklene opptrer i er en viktigere faktor enn avstanden fra veien direkte. Det ser ut til at disse partiklene sedimenterer ganske raskt på grunn høy tetthet og blir værende igjen i tilløpsbekken.

Vanddybden i Audnabekken hvor det ble påvist veimerkingspartikler var omkring 0,2 meter. Ved utløpet til Hanesbukta var det tilsvarende vanddyb men det ble ikke observert veimerkingspartikler i sedimentene her eller noe annet sted i bukta (figur 4.8). Igjen

indikerer resultatene at type miljø spiller en større rolle enn vandybden direkte. Veimerkingspartiklene synker så raskt etter utslipp i vassdraget at de ikke spres videre til dypere områder i motsetning til lette fiberpartikler som sannsynligvis kan følge vannstrømmene over lengre avstander og sedimentere på dypere områder. Resultatene underbygger teorien om at Audnabekken er en viktig spredningsvei for veimerkingsrester der disse følger med overvannet direkte ut i resipienten. Partikler som ledes direkte ut i vassdraget med overvannet i nedbørsperioder tenkes å ha mye kortere oppholdstid i det terrestriske miljøet enn tilsvarende partikler som blir avsatt inniblant vegetasjonen i veikantene.



Figur 4.7: Antall veimerkingspartikler i hver delprøve/100g tørr vekt sediment i Audnabekken/Hanesbukta mot avstand fra vei. Røde punkt representerer delprøver med funn av veimerkingspartikler, blå punkt representerer delprøver uten funn av veimerkingspartikler, 2017



Figur 4.8: Antall veimerkingspartikler i hver delprøve/100g tørr vekt sediment i Audnabekken/Hanesbukta mot vandybde. Røde punkt representerer delprøver med funn av veimerkingspartikler, blå punkt representerer delprøver uten funn av veimerkingspartikler, 2017

Seljordsvatnet

Det ble påvist flest fragmentpartikler innenfor prøvelokaliteten i deltaområdet i Seljordsvatnet (tabell 4.6). I fem av delprøvene ble det funnet fiberpartikler, mens det kun ble påvist filmpartikler i delprøve 6 (45 partikler per 100g sediment tørr vekt). I delprøve 2 ble det ikke observert mikroplast. I syv av ni delprøver ble det funnet fragmentpartikler hvor konsentrasjonen var høyest i delprøve 3 (355 partikler per 100g sediment tørr vekt). Det ble også i denne forekomsten avdekket flest mikroplastpartikler i 1-2mm fraksjonen (tabell 4.6).

Tabell 4.6: Antall mikroplastpartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Seljordsvatnet deltaområde 18.10.2017 fordelt på partikkelstørrelse (1-2mm & 2-4mm) og tre ulike partikkeltyper (fragment, fiber og film)

Delprøve	Vanndybde (m)	Sedimentkarakter	Tørr vekt sediment (g/L)	Antall partikler/100g	Størrelsesfordeling (antall partikler/100g)		Antall partikkeltype/100g		
					1-2mm	2-4mm	Fragment	Fiber	Film
1	1	Sand/noe organisk	93,4	14	9	5	12	2	0
2	0,5	Organisk	8,6	0	0	0	0	0	0
3	0,5	Sand	118,2	355	271	84	355	0	0
4	0,7	Organisk/noe sand	17,3	70	70	0	70	0	0
5	1	Sand/organisk	52,1	17	17	0	11	6	0
6	0,8	Organisk	13,5	74	59	15	7	22	45
7	0,7	Sand	262,9	23	20	3	0	23	0
8	0,8	Organisk	14,7	123	123	0	62	61	0
9	0,9	Organisk/noe sand	23,1	9	9	0	9	0	0

Størst forekomst av fiberpartikler var det i delprøve 6, 7 og 8, med konsentrasjoner på henholdsvis 22, 23 og 61 partikler per 100g sediment tørr vekt (tabell 4.6). Disse er fra østsiden av deltaet, der delprøve 6 og 7 ble tatt nær innsjøkanten mens delprøve 8 er fra mer sentralt i deltaet.

Seljord sentrum ligger like oppstrøms deltaområdet og det er noe fritidsaktivitet i nærområdet samt et renseanlegg 2000PE oppstrøms lokaliteten ved siden av Bygdaråi. Det antas at summen av disse påvirkningsfaktorene forklarer funnet av syntetiske mikrofibre i prøvene. Deltaet er et lite område og det tenkes at små vannstrømningsforskjeller kan være avgjørende for hvor de lette fiberpartiklene sedimenterer.

Det er uvisst hvorfor det ble kun ble observert filmpartikler i en av delprøvene. En teori er at partiklene kan stamme fra et større plastobjekt etterlatt i innsjøen der nedbrytningen har foregått over et svært begrenset areal.

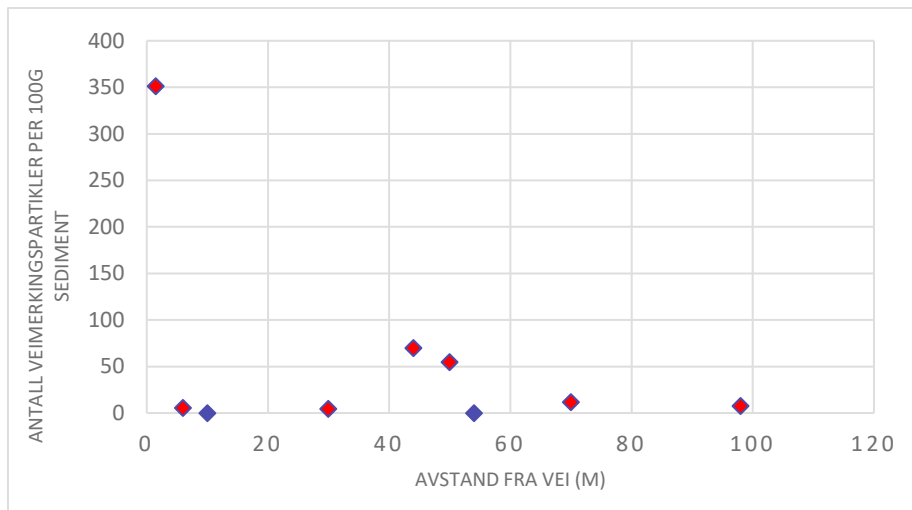
Sedimentene i deltaområdet var av varierende karakter. Delprøve 1, 3 og 7 besto i mer eller mindre grad av sandig materiale mens de resterende delprøvene hadde mer organisk opphav med humusrester. Majoriteten av fiber og filmpartikler ble funnet i prøvene med mye humus/organisk materiale. Fragmentpartikler ble avdekket i varierende konsentrasjoner mer uavhengig av sedimentkarakter.

Tabell 4.7: Antall veimerkingspartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Seljordsvatnet deltaområde 18.10.2017 fordelt på gule og hvite partikler

Delprøve	Tørr vekt sediment (g/L)	Avstand fra vei (m)	Antall veimerkingspartikler/100g	Fordeling gule og hvite veimerkingspartikler/100g	
				Gule	Hvite
1	93,4	6	5	5	0
2	8,6	10	0	0	0
3	118,2	1,5	351	316	35
4	17,3	44	70	64	6
5	52,1	70	12	10	2
6	13,5	98	7	0	7
7	262,9	54	0	0	0
8	14,7	50	55	48	7
9	23,1	30	4	4	0

Majoriteten av fragmentpartiklene som ble påvist i sedimentene i deltaområdet hadde opphav i veimerking (tabell 4.7). Delprøve 3 fra sedimentene i umiddelbar nærhet til Vallaråi bru hadde en konsentrasjon på hele 351 veimerkingspartikler per 100g sediment tørr vekt. Stadig tilførsel til vannforekomsten via veisprut i nedbørsperioder forklarer akkumulasjonen av denne typen partikler i bunnsedimentene på stedet. Det ble også avdekket en betydelige mengder med veimerkingspartikler i prøve 4 og 8 (70 og 55 partikler per 100g sediment tørr vekt), i tillegg til mindre forekomst i prøve 1, 5, 6 og 9. Dette viser at rester av veimerking er godt spredd i sedimentene innenfor prøvelokaliteten.

Det ble funnet flest gule veimerkingspartikler i deltaområdet i Seljordsvatnet. Det indikerer størst slitasje av de gule midtstripene fremfor de hvite kantstripene. Det ble observert hvite veimerkingspartikler i fem av ni delprøver. Flest ble funnet i delprøve 3 med 35 mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt (tabell 4.7).



Figur 4.9: Antall veimerkingspartikler i hver delprøve/100g tørr vekt sediment i Seljordsvatnet deltaområde mot avstand fra vei. Rødt punkt representerer delprøver med funn av veimerkingspartikler. Blå punkt representerer delprøver uten funn av veimerkingspartikler, 2017

Det kan ikke vises en klar sammenheng mellom avstand fra veien (brua) og konsentrasjon av veimerkingsrester ved denne lokaliteten (tabell 4.7 og figur 4.9). Spredning av veimerkingspartikler i økende avstand til brua virker mer tilfeldig. Antakeligvis spiller flere faktorer inn for hvilken retning og hvor langt partiklene spres, eksempelvis nedbørsmengde, vindstyrke/retning samt størrelsen på kjøretøyene som passerer brua. I vinterperioder hvor innsjøen er islagt vil antakelig veimerkingspartiklene spres utover isen og forflytte seg med vinden før isdekket tiner og partiklene kan sedimentere.

Da alle prøvene ble tatt ut i et gruntvannsområde med maksimum 1 meter vanddybde var det ikke grunnlag for å se om det var sammenheng mellom konsentrasjonen av veimerkingspartikler og vanddybde ved denne lokaliteten.

Elgsjø

Det ble observert størst andel fiberpartikler i sedimentene i Elgsjø, tilsvarende 76,9% av gjennomsnitt funn av mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt (tabell 4.8). Det ble også påvist en betydelig andel fragmentpartikler (23,1 %) mens det ikke ble avdekket noen filmpartikler i sedimentene ved denne lokaliteten. Alle delprøvene inneholdt fiberpartikler i mer eller mindre grad og det ble observert flest fiberpartikler i prøve 6 (157 partikler per 100g sediment tørr vekt) og 7 (256 partikler per 100g sediment tørr vekt). I seks delprøver ble det påvist fragmentpartikler hvor det var høyest konsentrasjon i prøve 3 og 8 med henholdsvis 56 og 63 partikler per 100g sediment tørr vekt (tabell 4.8).

Tabell 4.8: Antall mikroplastpartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Elgsjø 17.08.2018 fordelt på partikkelstørrelse (1-2mm & 2-4mm) og tre ulike partikkeltyper (fragment, fiber og film)

Delprøve	Vanndybde (m)	Sedimentkarakter	Tørr vekt sediment (g/L)	Antall partikler/100g	Størrelsesfordeling (antall partikler/100g)		Antall partikkeltype/100g		
					1-2mm	2-4mm	Fragment	Fiber	Film
1	0,2	Sand	206,0	4	4	0	0	4	0
2	0,2	Sand	275,2	30	28	2	23	7	0
3	0,2	Sand/organisk	101,0	57	50	7	56	1	0
4	2	Sand/organisk	143,8	22	16	6	13	9	0
5	1	Organisk	9,7	155	93	62	21	134	0
6	2	Organisk	4,5	202	67	135	45	157	0
7	6	Organisk	1,2	256	256	0	0	256	0
8	12,5	Organisk	1,6	125	125	0	63	62	0
9	5	Organisk	2,9	104	104	0	0	104	0

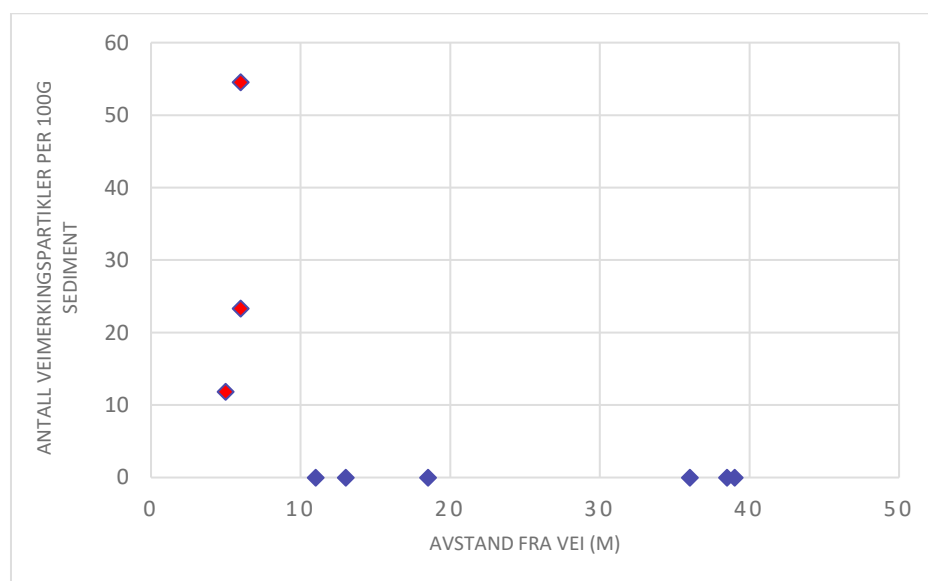
I delprøve 2, 3 og 4 var det observert flere fragment enn fiberpartikler mens i delprøve 8 var det omtrent like stor andel fragment som fiberpartikler (tabell 4.8). Konsentrasjonen av fiberpartikler per 100g sediment tørr vekt var størst i de organiske sedimentene i Elgsjø. Konsentrasjonen av fragmentpartiklene var mer uavhengig av sedimentkarakter i de ulike prøvene. Det ble avdekket flest mikroplastpartikler i 1-2mm fraksjonen i denne forekomsten på lik linje med de andre lokalitetene.

Det ble funnet rester av veimerking i delprøve 2,3 og 4 med henholdsvis 23, 56 og 12 partikler per 100g sediment tørr vekt (tabell 4.9). I motsetning til observasjoner fra de andre lokalitetene så ble det påvist flest hvite veimerkingspartikler i Elgsjø.

Tabell 4.9: Antall veimerkingspartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i Elgsjø 17.08.2018 fordelt på gule og hvite partikler

Delprøve	Tørr vekt sediment (g/L)	Avstand fra vei (m)	Antall veimerkingspartikler/100g	Fordeling gule og hvite veimerkingspartikler/100g	
				Gule	Hvite
1	206,0	11	0	0	0
2	275,2	6	23	5	18
3	101,0	6	55	8	47
4	143,8	5	12	4	8
5	9,7	19	0	0	0
6	4,5	13	0	0	0
7	1,2	39	0	0	0
8	1,6	36	0	0	0
9	2,9	39	0	0	0

Det er tilsynelatende en sammenheng mellom konsentrasjonen av veimerkingspartikler og avstanden fra veien ved Elgsjø. Det ble ikke funnet veimerkingspartikler i delprøvene hvor avstanden fra veien var lengre enn seks meter (Figur 4.10).

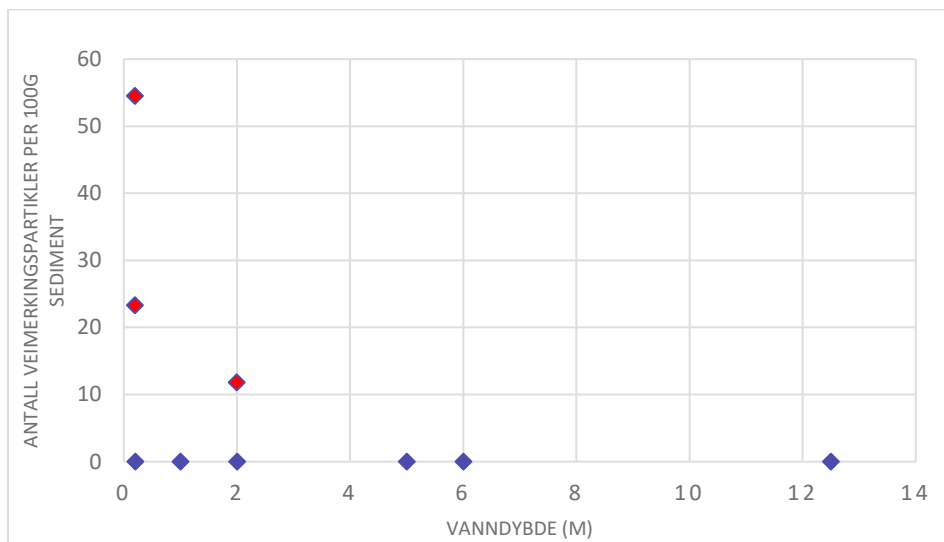


Figur 4.10 Antall veimerkingspartikler i hver delprøve/100g tørr vekt sediment i Elgsjø mot avstand fra vei. Røde punkt representerer delprøver med funn av veimerkingspartikler, blå punkt representerer delprøver uten funn av veimerkingspartikler, 2018

Det vises ingen sammenheng mellom konsentrasjonen av veimerkingspartikler og vanddybde ved denne lokaliteten. Det ble imidlertid kun påvist veimerkingsrester i de sandige prøvene hvor det maksimalt var to meter dypt (figur 4.11). Observasjoner tilsier at veimerkingspartiklene synker raskt til bunnen straks de kommer ut i vannmassene, spesielt i en innsjø med lite strømminger i vannet. Det vurderes dit hen at rekkevidden til veisprut fra E-134 er en avgjørende faktor for hvor disse partiklene ender opp i sedimentene i denne

vannforekomsten snarere enn vanddybden i seg selv og at konsentrasjonen av veimerkingspartikler i hvert punkt blir mer tilfeldig.

I Elgsjø ble det avdekket flest veimerkingspartikler i bunnsedimentene i innsjøkanten kontra under brua slik som var tilfellet i deltaområde i Seljordsvatnet. Den korte avstanden mellom veien og innsjøkanten ser ut til å være en avgjørende faktor for spredning av veimerkingsrester til denne vannforekomsten.



Figur 4.11: Antall veimerkingspartikler i hver delprøve/100g tørr vekt sediment i Elgsjø mot vanddybde. Røde punkt representerer prøver med funn av veimerkingspartikler, blå punkt representerer delprøver uten funn av veimerkingspartikler, 2018

Rensebasseng, E 18 Langangen

73,7 % av gjennomsnitt påviste mikroplastpartikler per 100g sediment tørr vekt i rensebassenget var av typen fragment, mens andelen fiber og filmpartikler var på henholdsvis 15,1 og 11,2% (tabell 4.10). I prøve 4 ble det observert flest fragmentpartikler, tilsvarende 3146 partikler per 100g sediment tørr vekt. Andel fragmentpartikler var ca. fire ganger så stor som høyeste konsentrasjon av fiberpartikler og tre ganger så stor som høyeste konsentrasjon av filmpartikler, dog ikke i samme prøve (tabell 4.10).

Tabell 4.10: Antall mikroplastpartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i rensebassenget langs E-18, Langangen 11.10.2017 fordelt på partikkelstørrelse (1-2mm & 2-4mm) og tre ulike partikkeltyper (fragment, fiber og film)

Delprøve	Vanndybde (m)	Sedimentkarakter	Tørr vekt sediment (g/L)	Antall partikler /100g	Størrelsesfordeling (antall partikler/100g)		Antall partikkeltype/100g		
					1-2mm	2-4mm	Fragment	Fiber	Film
1	0,7	Organisk	7,0	1437	1164	273	1178	172	87
2	0,7	Organisk	9,0	2036	1726	310	1670	277	89
3	0,7	Organisk	0,8	4051	3038	1013	2279	759	1013
4	0,7	Organisk	2,7	3708	3408	300	3146	487	75

Til tross for at sedimentprøvene ble tatt fra et mindre areal var andelen av mikroplast forholdsvis varierende i de ulike delprøvene. En mulig forklaring kan være episodiske tilførsler av overvann med vekslende konsentrasjoner og typer mikroplastpartikler. Det var kun ved innløpet at det ble observert finstoff på bunnen av bassenget som ellers var dekket med grov pukk. Dette indikerer at partiklene i overvannet sedimenterer forholdsvis raskt når de når bassenget.

Tabell 4.11: Antall veimerkingspartikler/100g sediment tørr vekt i 1-4mm fraksjonen i rensebassenget langs E-18, Langangen 11.10.2017 fordelt på gule og hvite partikler

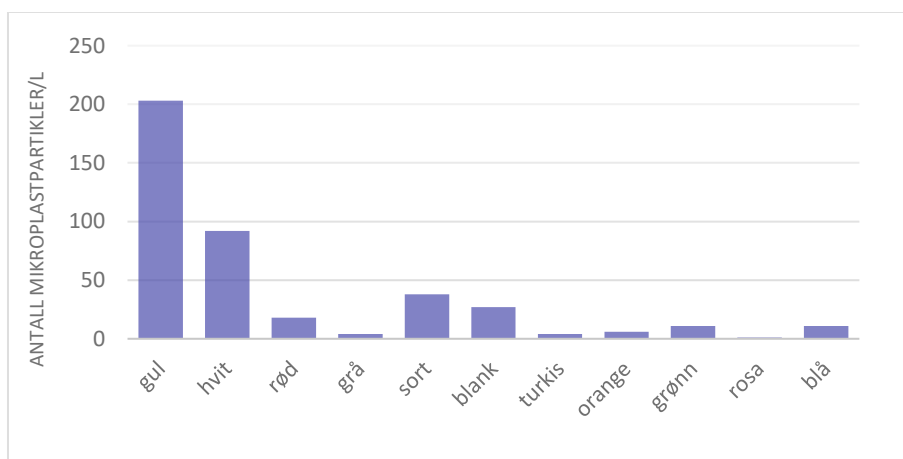
Delprøve	Tørr vekt sediment (g/L)	Antall veimerkingspartikler/100g	Fordeling gule og hvite veimerkingspartikler/100g	
			Gule	Hvite
1	7,0	503	287	216
2	9,0	221	221	0
3	0,8	127	0	127
4	2,7	562	337	225

Det ble avdekket høye konsentrasjoner av veimerkingsrester i alle delprøvene med henholdsvis 503, 221, 127 og 562 partikler per 100g sediment tørr vekt. Det var en noe større andel gule enn hvite veimerkingspartikler. Konsentrasjon av veimerkingsrester i hver delprøve var likevel liten i forhold til alle påviste fragmentpartikler. Eksempelvis ble det i delprøve 4 funnet 3146 fragmentpartikler per 100g sediment tørr vekt hvor 21,8% av dette utgjorde partikler med opphav i veimerking mens de resterende var andre typer fragmentpartikler (tabell 4.10 og 4.11).

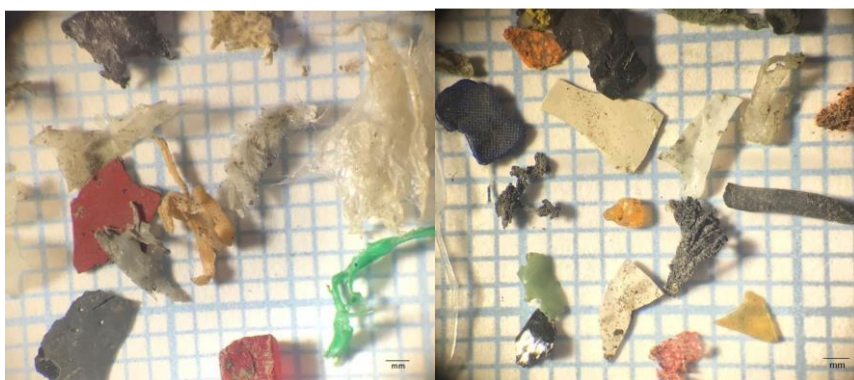
Funn i rensebassenget viser diversiteten til mikroplasttyper som kan relateres til veitrafikk der også de lettere mikroplastpartiklene ser ut til å fanges opp.

Flere av fragmenttypene vitner om tilførsel av veistøvparkler, men det ble også påvist fragmentpartikler hvor opphavet til disse var vanskelig å bestemme. Det antas at en stor del av mikroplasten som ble observert i sedimentene også kan stamme fra plastsøppel liggende i veiskulderen.

Figur 4.12 gir en oversikt over fargefordelingen til mikroplastpartiklene som ble observert i rensbassenget. Det ble funnet flest gule og hvite mikroplastpartikler totalt, hvor mange av disse hadde opphav i veimerking. Et større antall lysegule myke runde partikler ble i sorteringsprosessen notert som veimerkingspartikler. FTIR analyse avkreftet imidlertid dette. Det ble observert mange sorte gummifragmenter hvor kilden sannsynligvis er bildekk. I tillegg ble det avdekket sorte pølseformede partikler som er omtalt tidligere i oppgaven. Figur 4.13 viser noe av diversiteten i form og farge på partiklene fra rensbassenget langs E-18 i Langangen.



Figur 4.12: Fargefordeling, alle mikroplastpartikler i 1 liter sedimentprøver (n=4) i rensbassenget langs E-18, Langangen, 2017



Figur 4.13: Et utvalg av mikroplastpartikler avdekket i bunnsedimentene i rensbassenget langs E-18 i Langangen, 2017 (fotograf: Lene Roughvedt)

Feilkilder

Utarbeidelse av metodedelen i denne oppgaven ble gjort med utgangspunkt i den litterære artikkelen *Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification*, forfattet av Horton mfl., publisert i *Marine Pollution Bulletin* 2016.

Studiet beskriver tetthetsseparasjon med sinkklorid som et steg for å skille de lette mikroplastpartiklene fra sedimentene.

I denne oppgaven ble tilsvarende prosedyre testet på ekstraprøver fra de aktuelle lokalitetene. Sortering ved tetthetsflotasjon ble imidlertid vurdert som dårlig egnet i dette studiet:

- Bunnssubstratet i undersøkelsesfraksjonen (1-4mm) var ulikt i de forskjellige prøvepunktene, med både mineralsk og organisk karakter innenfor samme lokalitet og mellom de ulike lokalitetene. Metoden ville derfor kun egnet seg for et utvalg av prøvene og sorteringsprosessen ville ikke blitt ensartet.
- Flotasjon med sinkklorid ($1,8 \text{ kg}^{-1}$) førte til at alt organisk/humusstoff fløt på toppen av væsken sammen med de letteste mikroplastpartiklene. De tyngste partiklene lå i bunnen av glasset sammen med de tyngre mikroplastpartiklene (veimerking). Sorteringsprosessen ble dermed ikke forenklet slik hensikten var (figur 4.14).
- Videre bearbeiding av prøvematerialet i glasset økte faren for å miste prøvemateriale.
- Hovedfokus ved denne oppgaven var å detektere mikroplastpartikler med opphav i veimerking. Disse kunne forholdsvis lett sorteres ut i fra annet materiale ved bruk av stereolupe på grunn av sin sterke farge og karakteristiske utseende.



Figur 4.14: Test av flotasjon med sinkklorid (fotograf: Lene Roughvedt)

Da prøvematerialet innenfor samme lokalitet viste såpass stor variasjon ble ikke gjennomsnittsvekt av tørt sediment benyttet ved omregning til antall partikler per 100g sediment. Forskjellig egenvekt på sedimentet i undersøkelsesfraksjonen (1-4mm) til de ulike prøvene kan ha ført til over og -eller underestimering ved konvertering fra antall mikroplastpartikler per liter til antall mikroplastpartikler per 100g tørr vekt.

Det ble likevel vurdert det til å være mer korrekt å ta utgangspunkt i vekten på sedimentet hvor mikroplastpartiklene ble funnet fremfor å benytte gjennomsnittsvekt på grunn av de store variasjonene mellom delprøvene for hver lokalitet.

5. Konklusjon

Resultatene bekrefter at det akkumuleres mikroplast i sedimentene ved alle prøvelokaliteter i betydelige konsentrasjoner. Et funn på 441 fiberpartikler per 100g tørr vekt sediment i Audnabekken/Hanesbukta i Norsjø indikerer at aktiviteter og folketetthet i nedbørsfeltet spiller en rolle for forurensning av disse partiklene.

Til tross for få beboere rundt Elgsjø ble det observert fiberpartikler i overraskende høye konsentrasjoner i den lille innsjøen. Uten å kunne fastslå kilden til de syntetiske mikrofiberne er det vanskelig å finne en fornuftig forklaring. Utslipp av et større objekt som fragmenterer til mikropartikler i små innsjøer med lavt fortynningspotensiale og liten spredningsradius kan mulig være en forklaring på funnene i Elgsjø.

Spredning av fragmentpartikler til de utvalgte lokalitetene ser ut til å kunne assosieres til veitrafikk. En betydelig andel av fragmentpartiklene kunne spores til veistøvpartikler som gummirester fra bildekk eller veimerkingsrester. Utslipp av denne typen fragmentpartikler, spesielt veimerkingsrester, ser ut til å utøve mer lokal belastning på resipienten da det viser seg at disse partiklene sedimenterer relativt hurtig. Spesielt høy konsentrasjon av veimerkingsrester under Vallaråi bru bekrefter dette. Ved Elgsjø ble partiklene avdekket innerst i littoralen nær veien, mens i Audnabekken/Hanesbukta kom ikke partiklene så langt som til bukta, de ble værende igjen i bunnsedimentene i tilløpsbekken.

Målet i denne oppgaven var å detektere mikroplast i 1-4mm fraksjonen. Det kan derfor ikke sies noe om spredningen og belastningen av veirelaterte partikler i andre størrelsesfraksjoner. Det ble observert betydelige mengder veimerkingsrester mindre enn 1 mm størrelse i prøvene. Kvantifisering av mikroplast mindre enn 1 mm er vanskelig med utsortering ved hjelp av pinsett og stereolupe. Tetthetsseparasjon kan mulig være egnet for påvisning av veimerkingsrester i mindre størrelsesorden. Uhomogent bunnsstrat ved prøvelokalitetene kan ha hatt innvirkning på de kvantitative resultatene i dette studiet. Erfaring tilsier nå at det kan være hensiktsmessig å benytte ulike metoder for forskjellige typer bunnsstrat og ut ifra kategori og størrelse på mikroplastpartiklene man ser etter.

6. Referanser/biografi

- Anderson, J. C., Park, B. J., & Palace, V. P. (2016). *Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystem*. *Environmental Pollution (volume)* 218, 269-271.
- Eerkes-Merdrano, D., Thompson, R. C., & Aldridge, D. C. (2015). *Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs*. *Water Research (volume)* 75, 65.
- Frias, J., Pagter, E., Róisín, N., O'Connor I., Carretero, O., Filgueiras, L.,...Gerds, G. (2018). *Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments*. JPI-Oceans BASEMAN project, 2. Tilgjengelig fra:
https://www.researchgate.net/publication/326552185_Standardised_protocol_for_monitoring_microplastics_in_sediments/download
- Galgani, F., Pham, C. K., & Reisser, J. (2017). *Plastic Pollution*. *Frontiers in Marine science, (volume)* 3, 5.
- Hohenblum, P., Liebmann, B., & Liebmann, M. (2015). *Plastic and microplastic in the environment*. Environment agency Austria, umweltbundesamt, 1. Tilgjengelig fra:
https://www.researchgate.net/publication/282570710_Plastic_and_microplastic_in_the_environment
- Horton, A. A., Svendsen, C., Williams, R. J., Williams, D. J., & Spurgeon, E. L. (2016). *Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK - Abundance, sources and methods for effective quantification*. *Marine Pollution Bulletin (volume)* 114, 219-223.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). *Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to*

identify the knowledge gaps and future research priorities. Science of the Total Environment (volume) 586, 129-137.

Klein, S., Dimzon, I. K., Eubeler, J., & Knepper, T. P. (2018). Analysis, Occurrence, and Degradation of Microplastics in the Aqueous Environment. *Freshwater Microplastics, Emerging Environmental Contaminants ? The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer Open. (volume) 58, 60.

Kooi, M., Besseling, E., Kroeze, C., van Wezel, A. P., & Koelmans, A. A. (2018). Modeling the fate and transport of plastic debris in freshwaters: review and guidance. *Freshwater microplastics - Emerging environmental contaminants ? The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer Open. (volume) 58, 126.

Kraabøl, M. (2016). *Kunnskapsstatus og forslag til ferskvannøkologisk undersøkelsesprogram i Valleråi i Telemark*. (Rapport nr. 1233). Norsk institutt for naturforskning (NINA), 14-16. Tilgjengelig fra:
<http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201306917/1961540>

Kristiansen, K. H. (2010). *Konsekvenser av veisalting i en veinær innsjø, Kjemisk tilstand i Elgsjø ved E 134 i Telemark 2007-2008*. (Masteroppgave). Høgskolen i Telemark, Bø, 13.

Lambert, S., & Wagner, M. (2018). Microplastics Are Contaminants of Emerging Concern in Freshwater Environments: An Overview. *Freshwater Microplastics-Emerging Environmental Contaminants? The Handbook of Environmental Chemistry*. Springer Open. (volume) 58, 5-7.

Lassen, C., Foss Hansen, S., Magnusson, K., Noren, F., Bloch Hartmann, N. I., Rehne Jensen, P., Brinch, A. (2015). *Microplastics - Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark*. The Danish Environmental Protection Agency, 10

- Lechner, A., Keckeis, H., Lumesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M., Schludermann, E. (2014). *The Danube so colourful: A potpourri of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river*. Environmental pollution. (volume) 188, 177.
- Lusher, A., Nerland Bråte, I., Hurley, R., Iversen, K., & Olsen, M. (2017). *Testing of methodology for measuring microplastics in blue mussels (Mytilus spp) and sediments, and recommendations for future monitoring of microplastics (R&D-project)* (Rapport nr. 7209-2017). Norwegian Institute for Water Research, 13.
- Lyche Solheim, A., Schartau, A., Bongard, T., Bækkeli, K., Edvardsen, H., Jensen, T., Skjelbred, B. (2016). *ØKOSTOR: basisovervåkning av store innsjøer 2015, utprøving av metodikk for overvåkning og klassifisering av økologisk tilstand i henhold til vannforskriften* (Rapport nr. M-587). Miljødirektoratet, 98.
- SAPEA, Science Advice for Policy by European Academies. (2019). *A scientific perspective on microplastics in nature and society*. SAPEA, 16-17. Tilgjengelig fra: <https://www.sapea.info/wp-content/uploads/report.pdf>
- Standal, E., Mathisen, R., Hildonen, H., & Arvnes Pettersvik, M. (2014). *Kunnskap om marin forøpling i Norge 2014* (Rapport nr. M265 | 2014). Miljødirektoratet, 9-13.
- Statens vegvesen Region Sør. (2013). *Funksjonsbeskrivelse sedimenteringsbassenger E-18 Sky - Langangen*. Statens vegvesen Region Sør.
- Sundt, P., Schulze, P.-E., & Syversen, F. (2014). *Sources of microplastics-pollution to the environment* (Report no. M-321-2015). Norwegian Environment Agency, 40.
- Sundt, P., Syvertsen, F., Skogesal, O., & Schulze, P.-E. (2016). *Primary microplastic-pollution: Measures and reduction potentials in Norway* (Report No. M-545-2016). Norwegian Environment Agency, 35-38.

Vogelsang, C., Lusher, A. L., Dadhkah, M. E., Sundvor, I., Unar, M., Ranneklev, S. B., Meland, S. (2018). *Microplastics in road dust - characteristics, pathways and measures* (Report no: M-959-2018). Norwegian Environment Agency, 10-43.

Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Munoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Reifferscheid, G. (2014). *Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know*. Environmental Science Europe, (volume) 26, 2.

Nettsider

Geodata AS (2019) *Nedlasting av kartdata og programvare*. Tilgjengelig fra:

<https://www.geodata.no/artikkel/nedlasting-av-kartdata-produkter?originId=424>

Geonorge (2019a) *N250 Kartdata*. Tilgjengelig fra:

<https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktark/kartverket/n250-kartdata>

Geonorge (2019b) *Toporaster 3*. Tilgjengelig fra:

<https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/kartverket/toporaster-3/13e15833-8d94-4b89-a53d-eb8da289677b>

Miljødirektoratet (2018) *Hva kan min virksomhet gjøre for å begrense marin forsøpling og mikroplast ?* MA-992 | 2018. Tilgjengelig fra:

<https://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M992/M992.pdf>

Nibio (2019a) *Kilden Arealinformasjon*. Tilgjengelig fra:

https://kilden.nibio.no/?X=6589494.91&Y=202010.87&zoom=5&lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=graatone_cache&catalogNodes=13,2,16,83,226,237,618&layers=dmk dyrkar jord,hist kartid dato,ar50 jordbruksareal,ar5 jordbruksareal&layers opacity=0.75,0.75,0.7

Nibio (2019b) *Kilden Arealinformasjon*. Tilgjengelig fra:

https://kilden.nibio.no/?X=6619617.06&Y=181747.91&zoom=11&lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=norgebilder_cache2&catalogNodes=13,2,16,226,237,618,848&layers=dmk dyrkbar jord,ar50 jordbruksareal,veg dekning,veg vegetasjonstypar,veg kartsignatur,veg bei

Nibio (2019c) *Kilden Arealinformasjon*. Tilgjengelig fra:

https://kilden.nibio.no/?X=6612944.20&Y=143527.53&zoom=6&lang=nb&topic=arealinformasjon&bgLayer=graatone_cache&catalogNodes=13,2,16&layers=dmk dyrkbar jord,ar5 jordbruksareal,ar50 jordbruksareal&layers_opacity=0.75,0.75,1,0.75

Norges vassdrags- og energidirektorat (1984) *Dybdekart over norske innsjøer*.

Tilgjengelig fra: https://gis3.nve.no/dybdekart/p84/dybdekart_1984.pdf

PlasticsEurope (2018) *Plastics -the Facts 2018*,

An analysis of European plastics production, demand and waste data. Tilgjengelig fra:

https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf

Vannmiljø (2019). Tilgjengelig fra: <https://vannmiljo.miljodirektoratet.no/>

Vann-nett (2019a) *Elgsjøen*. Tilgjengelig fra:

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/016-6264-L>

Vann-nett (2019b) *Lag en rapport basert på: Vannforekomster med påvirkninger, påvirkningsgrad, driver, effekt*. Tilgjengelig fra:

[https://vann-nett.no/portal/#/reportgenerator/96/Vannforekomster med påvirkninger, påvirkningsgrad, driver, effekt](https://vann-nett.no/portal/#/reportgenerator/96/Vannforekomster_med_pavirkninger_pavirkningsgrad_driver_effekt)

Vann-nett (2019c) *Midtre Telemark*. Tilgjengelig fra:

<https://vann-nett.no/portal/#/area/5102-12/SubUnitID>

Vann-nett (2019d) *Norsjø*. Tilgjengelig fra:

<https://www.vann-nett.no/portal/#/waterbody/016-6-L>

Vann-nett (2019e) *Seljordsvatn deltaområde*. Tilgjengelig fra:

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/016-11-1-L>

Vann-nett (2019f) *Seljordsvatn*. Tilgjengelig fra:

<https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/016-11-2-L>

Vannportalen (2019a) *Om Midtre Telemark vannområde*. Tilgjengelig fra:

<http://www.vannportalen.no/vannregioner/vestviken/vannomraader/midtre-telemark/organisering/om-midtre-telemark-vannomrade/>

Vannportalen (2019b) Vannregion Vest-Viken, Midtre Telemark vannområde. *Utkast til lokal tiltaksanalyse Versjons nr 3/ 01.05.2014*. Tilgjengelig fra:

<http://www.vannportalen.no/globalassets/vannregioner/vest-viken/vest-viken---dokumenter/vannomrader-i-vest-viken/midtre-telemark/dokumenter/ltt-midtre-telemark-justert-mai-2014.pdf>

Visit Seljord (2019) *Seljord ferieland*. Tilgjengelig fra:

<https://channels.visittelemark.no/seljord/overnatting/seljord-ferieland-p3377203>

Personlige meddelelser

Honerød, P (2019) Pers. medd. 15.03.2019 Skype samtale

Honerød, P (2019) Pers. medd. 24.04.2019 E-post

Iveland, A (2017) Pers. medd. 17.08.2017 E-post

Iveland, A (2018) Pers. medd. 30.10.2018 Norner AS, Bamble

Iveland, A (2019) Pers. medd. 04.01.2019 Norner AS, Bamble

Iveland, A (2019) Pers. medd. 14.04.2019 E-post

Kirkevold, A., C (2018) Pers. medd. 18.06.2018 E-post

Nossen, B (2019) Pers. medd. 18.03.2019 E-post

7. Vedlegg- oversikt

Vedlegg 1. Rådatatabell fra Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø

Vedlegg 2. Rådatatabell fra Seljordsvatnet deltaområde

Vedlegg 3. Rådatatabell fra Elgsjø

Vedlegg 4. Rådatatabell fra rensebasseng E-18 Langangen

Vedlegg 5. Fargefordeling av partikler i rensebasseng E-18 Langangen

Vedlegg 6. FTIR analyser Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø

Vedlegg 7. FTIR analyser Seljordsvatnet-deltaområde

Vedlegg 8. FTIR analyser Elgsjø

Vedlegg 9. FTIR analyser rensebasseng E-18 Langangen

Vedlegg 10. Dybdekart Norsjø

Vedlegg 11. Dybdekart Seljordsvatnet

Vedlegg 12. Dybdekart Elgsjø

Vedlegg 1. Rådatatabell fra Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø

Tabell 1: Mikroplast i sediment i Audnabekken/Hanesbukta 2017

Delprøve		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vanndybde		11	6	0,3	0,8	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2
Posisjon	Øst	528143	528121	528146	528118	528048	527965	527872	527817	527755
	Nord	6560934	6560936	6560922	6560899	6560880	6560860	6560903	6560929	6560944
Avstand til vei (m)		28	48	41	16	19	8	24	31	28
Visuell vurdering, hele prøven (1L)		Finmateriale, planterester	Finmateriale, planterester	Finmateriale, noe planterester	Siltig sandig. Lite organisk	Siltig sandig. Lite organisk	Siltig sandig grusig. Lite organisk	Sandig grusig.	Sandig grusig.	Sandig grusig.
Tørr vekt hele prøven 1 L (g)		976,2	503,2	890,8	1648,2	1302,1	1512,6	1454,7	1229,9	1495,0
Tørr vekt prøve (g/L) (1-4mm)		1,9	10,7	3,3	486,9	576,2	367,8	621,4	318,2	358,7
Antall partikler/L sediment (1-4mm)		57	72	31	14	59	45	20	36	29
Antall veimerkingspartikler/L sediment (1-4mm)		0	0	0	5	47	29	17	26	20
Antall partikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	42	63	21	8	44	35	14	24	18
	2-4mm	15	9	10	6	15	10	6	12	11
Antall filmpartikler per/L sediment per fraksjon	1-2mm	5	8	2	0	0	0	0	0	1
	2-4mm	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Antall fragmentpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	1	2	7	40	27	13	21	17
	2-4mm	1	0	4	0	15	5	6	12	10
Antall fiberpartikler per/L sediment per fraksjon	1-2mm	37	54	17	1	4	8	1	3	0
	2-4mm	14	6	6	6	0	5	0	0	1
Antall gule veimerkingspartikler per/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	0	0	2	22	17	7	11	10
	2-4mm	0	0	0	0	4	3	4	3	3
Antall hvite veimerkingspartikler per/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	0	0	3	12	8	4	7	6
	2-4mm	0	0	0	0	9	1	2	5	1

Vedlegg 2. Rådatatabell for Seljordsvatnet deltaområde

Tabell 2: Mikroplast i sediment i Seljordsvatnet deltaområde 2017

		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vanddybde		1	0,5	0,5	0,7	1	0,8	0,7	0,8	0,9
Posisjon	Øst	479736	479722	479700	479714	479763	479783	479784	479757	479712
	Nord	6594053	6594023	6594006	6593951	6593977	6594042	6594043	6594003	6593973
Avstand til vei (m)		6	10	1,5	44	70	98	54	50	30
Visuell vurdering, hele prøven (1L)		Sandig	Organisk. Noe sand	Sandig. Noe organisk	Sandig. Noe organisk	Sandig	Sandig	Sandig	Sandig. Noe organisk	Sandig
Tørr vekt hele prøven 1 L (g)		1173,0	428,5	900,9	1028,9	1255,6	1168,8	1127,9	813,7	1265,1
Tørr vekt prøve (g/L) (1-4mm)		93,4	8,6	118,2	17,2	52,1	13,5	262,9	14,7	23,1
Antall partikler/L sediment (1-4mm)		13	0	420	12	9	10	60	18	2
Antall veimerkingspartikler /L sediment (1-4mm)		5	0	415	12	6	1	0	8	1
Antall partikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	8	0	320	12	9	8	53	18	2
	2-4mm	5	0	100	0	0	2	7	0	0
Antall filmpartikler /L sediment per fraksjon	1-2mm	0	0	0	0	0	4	0	0	0
	2-4mm	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Antall fragmentpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	6	0	320	12	6	1	0	9	2
	2-4mm	5	0	100	0	0	0	0	0	0
Antall fiberpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	2	0	0	0	3	3	53	9	0
	2-4mm	0	0	0	0	0	0	7	0	0
Antall gule veimerkingspartikler /L sediment per fraksjon	1-2mm	3	0	305	11	5	0	0	7	1
	2-4mm	2	0	69	0	0	0	0	0	0
Antall hvite veimerkingspartikler /L sediment per fraksjon	1-2mm	0	0	11	1	1	1	0	1	0
	2-4mm	0	0	30	0	0	0	0	0	0

Vedlegg 3. Rådatatabell fra Elgsjø

Tabell 3: Mikroplast i sediment i Elgsjø 2018

Delprøve		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vanndybde		0,2	0,2	0,2	2	1	2	6	12,5	5
Posisjon	Øst	520109	520218	520280	520063	520143	520237	520283	520200	520116
	Nord	6606028	6606033	6606031	6606019	6606020	6606025	6605998	6606002	6606000
Avstand til vei (m)		11	6	6	5	18,5	13	39	36	38,5
Visuell vurdering, hele prøven (1L)		Sandig grusig	Sandig grusig	Sandig grusig	Sandig. Noe organisk	Finmateriale, organisk	Finmateriale, organisk	Finmateriale, organisk	Finmateriale, organisk	Finmateriale, organisk
Tørr vekt hele prøven 1 L (g)		1559,9	1282,9	1066,2	691,8	73,4	87,7	163,8	142,5	123,3
Tørr vekt prøve (g/L) (1-4mm)		206,0	275,2	101,0	143,8	9,7	4,5	1,2	1,6	2,9
Antall partikler/L sediment (1-4mm)		9	82	58	32	15	9	3	2	3
Antall veimerkingspartikler/L sediment (1-4mm)		0	64	55	17	0	0	0	0	0
Antall partikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	9	76	51	24	9	3	3	2	3
	2-4mm	0	6	7	8	6	6	0	0	0
Antall filmpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2-4mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antall fragmentpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	59	50	13	0	0	0	1	0
	2-4mm	0	5	7	6	2	2	0	0	0
Antall fiberpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	9	17	1	11	9	3	3	1	3
	2-4mm	0	1	0	2	4	4	0	0	0
Antall gule veimerkingspartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	13	8	4	0	0	0	0	0
	2-4mm	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Antall hvite veimerkingspartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	0	45	41	7	0	0	0	0	0
	2-4mm	0	5	5	0	0	0	0	0	0

Vedlegg 4. Rådatatabell fra rensbasseng E-18 Langangen

Tabell 4: Mikroplast i sediment i rensbasseng ved E-18 Langangen 2017

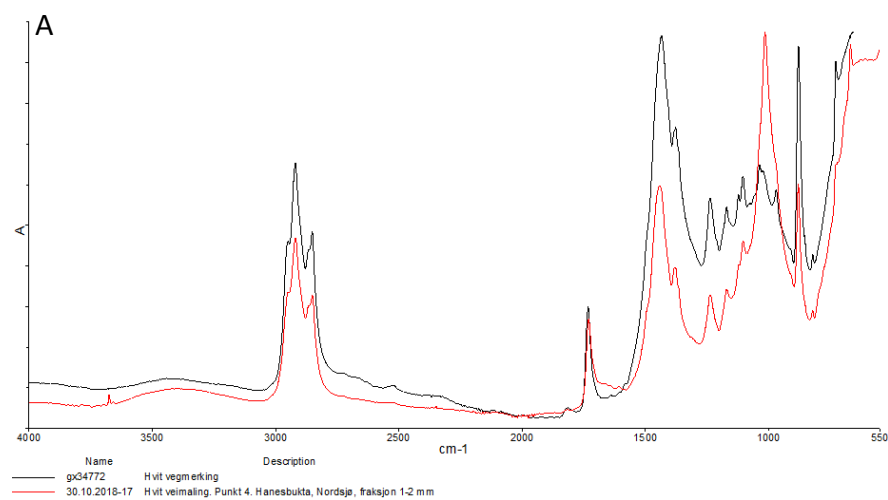
Delprøve		1	2	3	4
Vanndybde		0,7	0,7	0,7	0,7
Posisjon	Øst	546414	546411	546414	546413
	Nord	6550299	6550298	6550293	6550296
Visuell vurdering, hele prøven (1L)		Sandig/siltig. Noe organisk	Sandig/siltig. Noe organisk	Sandig/siltig. Noe organisk	Sandig/siltig. Noe organisk
Tørr vekt hele prøven 1 L (g)		1017,5	1126,0	1011,2	1105,0
Tørr vekt prøve (g/L) (1-4mm)		7,0	9,0	0,8	2,7
Antall partikler/L sediment (1-4mm)		100,0	184,0	32,0	99,0
Antall veimerkings partikler/L sediment (1-4mm)		35	20	1	15
Antall partikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	81	156	24	91
	2-4mm	19	28	8	8
Antall filmpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	5	4	6	2
	2-4mm	1	4	2	0
Antall fragmentpartikler /L sediment per fraksjon	1-2mm	72	133	17	78
	2-4mm	10	18	1	6
Antall fiberpartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	4	19	1	11
	2-4mm	8	6	5	2
Antall gule veimerkingspartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	19	15	0	9
	2-4mm	1	5	0	0
Antall hvite veimerkingspartikler/L sediment per fraksjon	1-2mm	14	0	1	6
	2-4mm	1	0	0	0

Vedlegg 5. Fargefordeling av partikler i rensebasseng E-18 Langanen

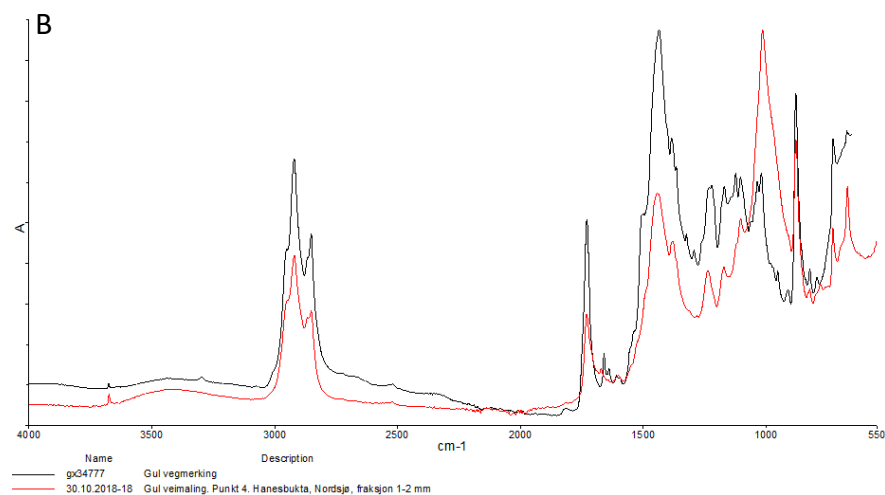
Tabell 5: Fargefordeling av totalt antall påviste mikroplastpartikler i alle sedimentprøver (4 liter) rensebassenget langs E-18, Langanen 2017

Farge	Antall mikroplastpartikler totalt i alle sedimentprøver (4 L)
Gul	203
Hvit	92
Rød	18
Grå	4
Sort	38
Blank	27
Turkis	4
Orange	6
Grønn	11
Rosa	1
Blå	11

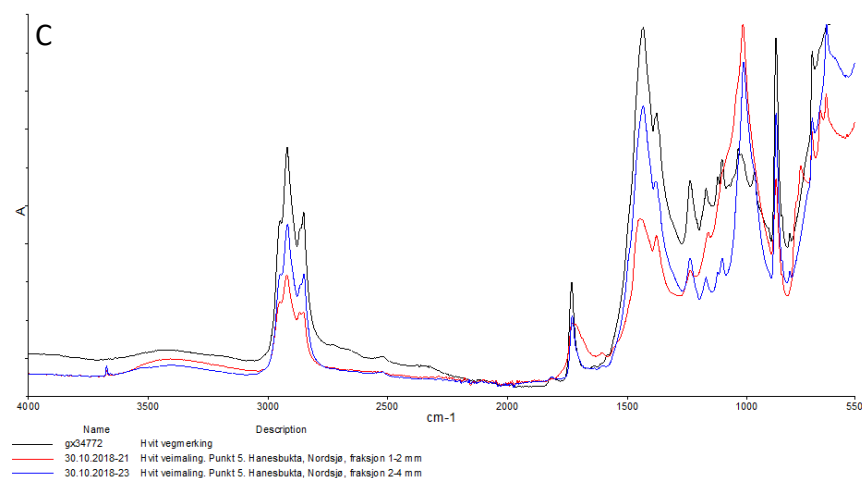
Vedlegg 6. FTIR analyser Audnabekken og Hanesbukta i Norsjø



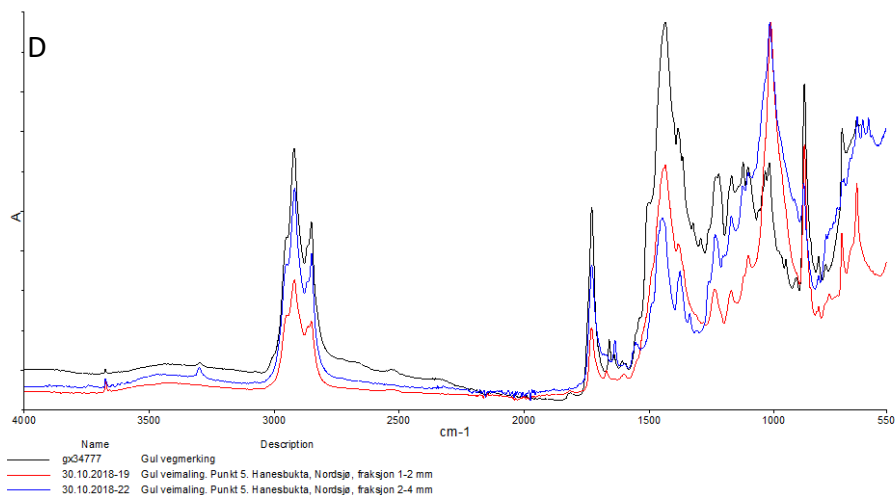
Figur A: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm). Liten topp til venstre betyr antakelig talkum/leire. Mindre karbonat enn i referanseplott, kan være utvasket. Topper til høyre bekrefter harpiks. Fastslår veimerking



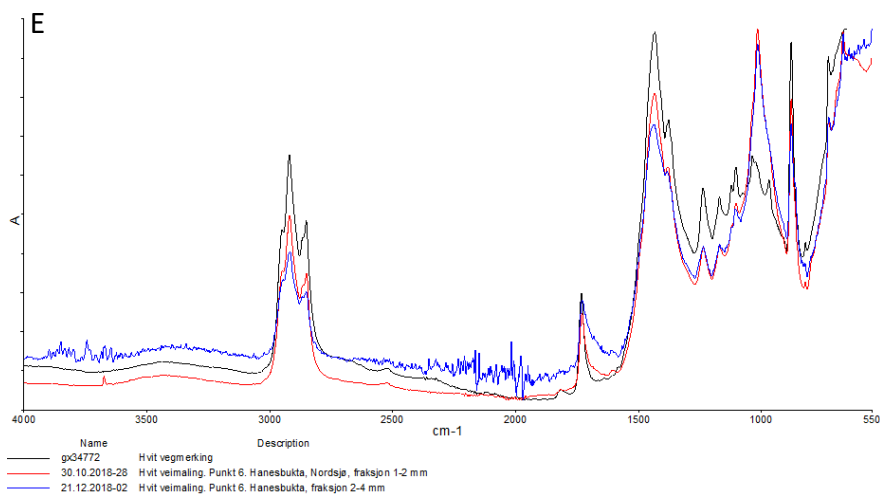
Figur B: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm). Lik prøven over, fastslår veimerking



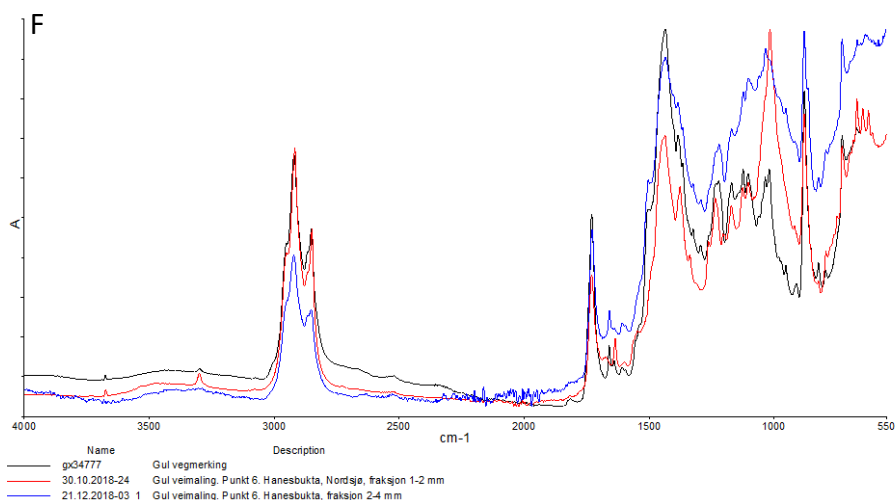
Figur C: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 5 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Lik prøven over, fastslår veimerking



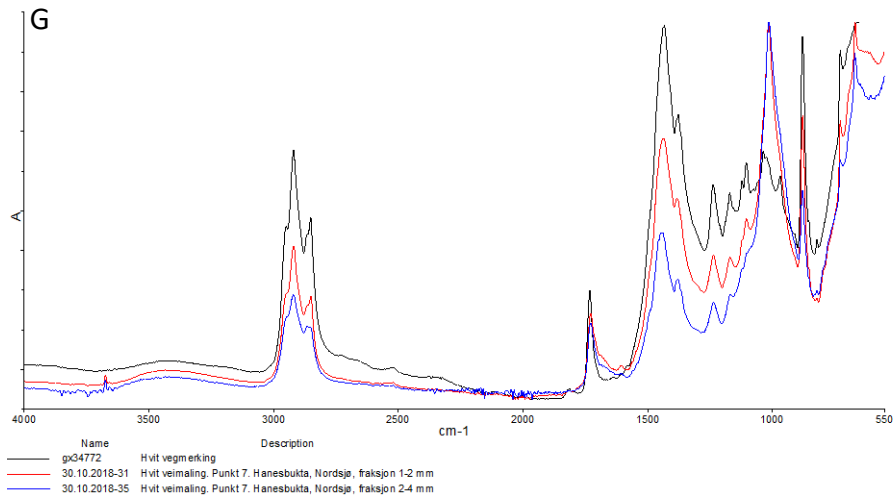
Figur D: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 5 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Lik prøven over, fastslår veimerking



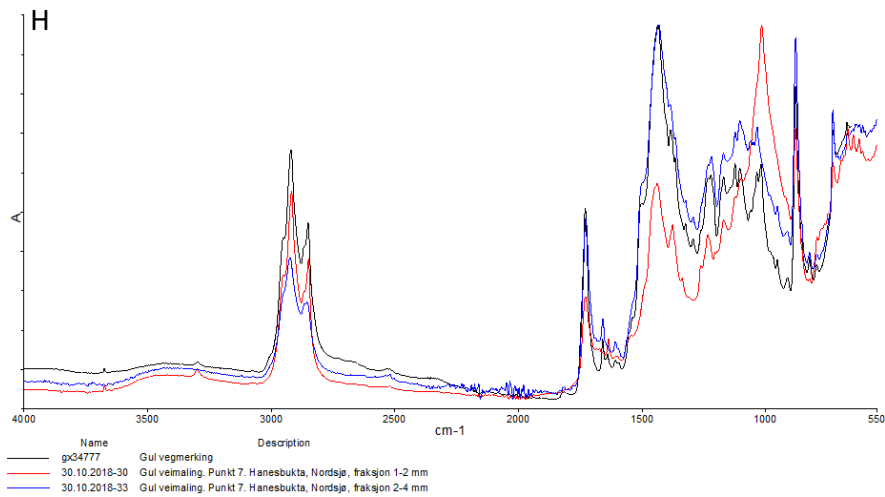
Figur E: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 6 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Dårlig prøve/spekterkvalitet i fraksjon 2-4mm, kan tyde på innslag av uorganisk materiale. Prøven i fraksjon 1-2 mm stemmer bra med referanseprøven, fastslår veimerking



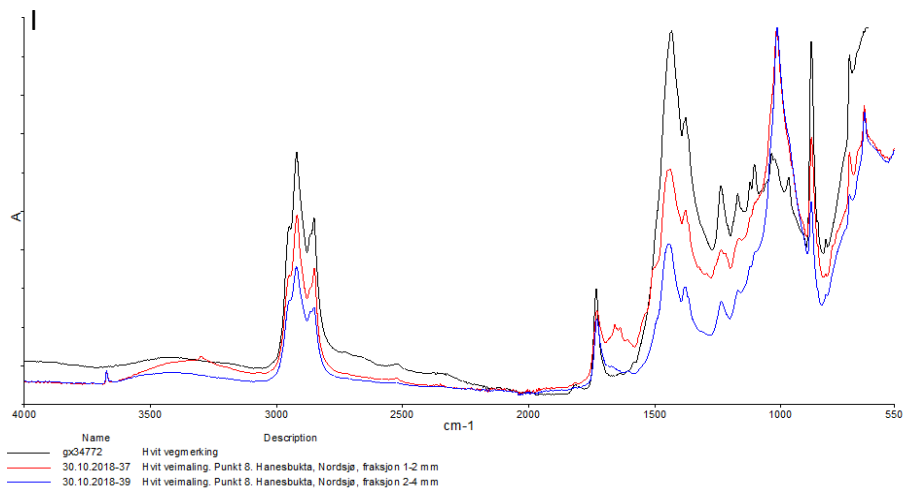
Figur F: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 6 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Prøven i fraksjon 2-4mm har høyere karbonatinnhold enn de ovenfor, ellers lik. Prøven i fraksjon 1-2 mm stemmer bra med referanseprøven. Fastslår veimerking



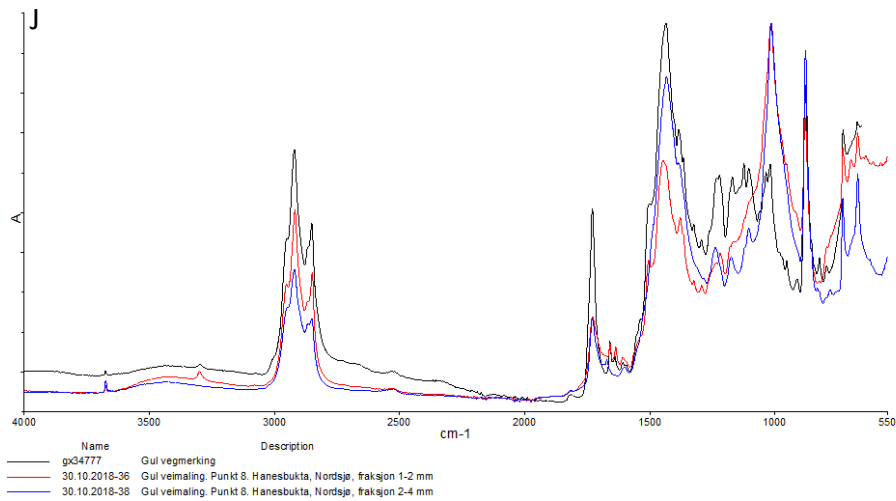
Figur G: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 7 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Viser mye av det samme som plottene ovenfor. Noe mindre utslag på talkum, mulig utvasket. Fastslår veimerking



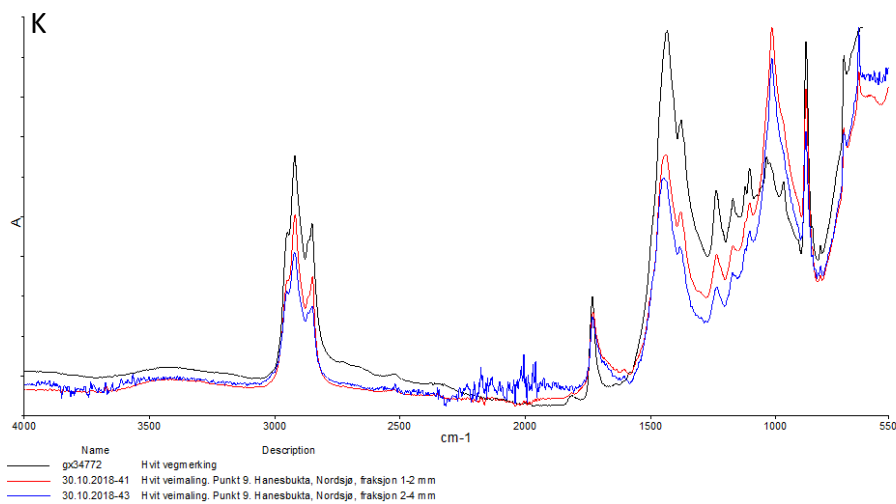
Figur H: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 7 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Ganske lik prøven over. Mindre talkum i prøven i fraksjon 1-2mm. Fastslår veimerking



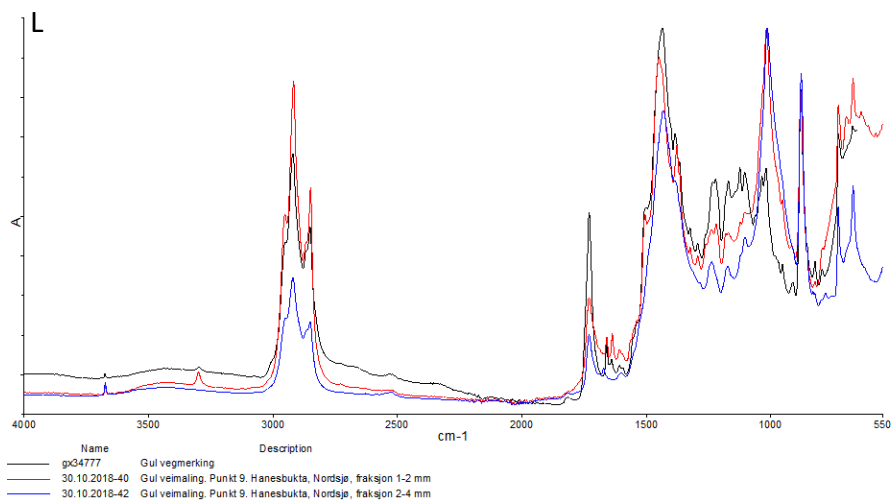
Figur I: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 8 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Kan se ut til at begge prøvene inneholder litt leire/talkum, dette vises som en liten topp til venstre og større utslag til høyre i plottet. Kan komme av forurensning som leire på utsiden av prøven. Utslag for karbonat. Fastslår veimerking



Figur J: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 8 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Viser mye av det samme som plottet ovenfor. Fastslår veimerking

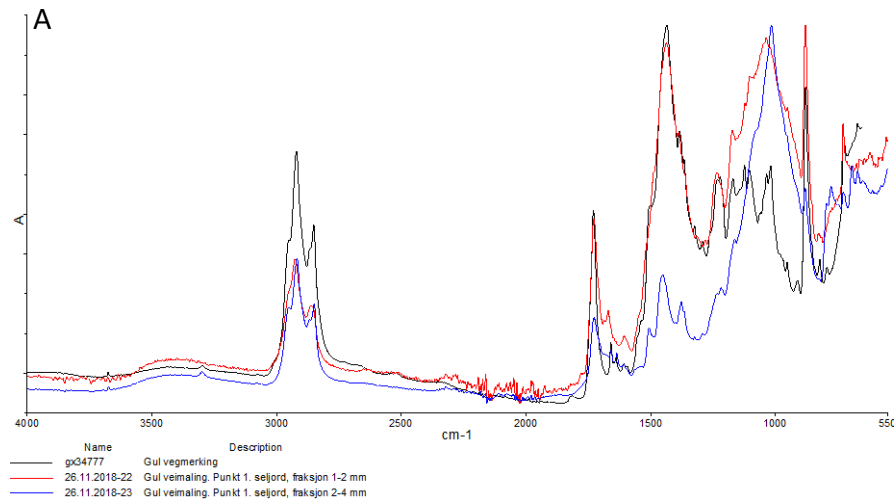


Figur K: Hvite veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 9 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Dårlig spekterkvalitet på prøven i fraksjon 2-4 mm. Fastslår veimerking

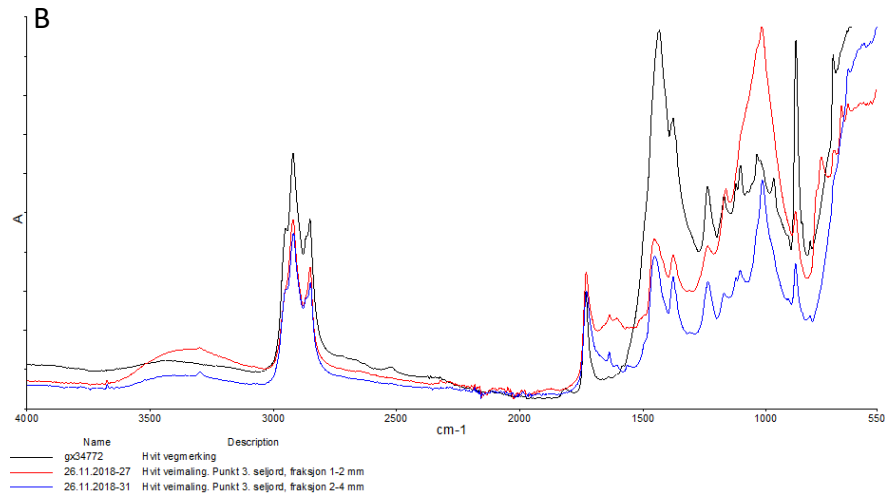


Figur L: Gule veimerkingspartikler fra Audnabekken/Hanesbukta i delprøve 9 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Lik referanseprøven. Fastslår veimerking

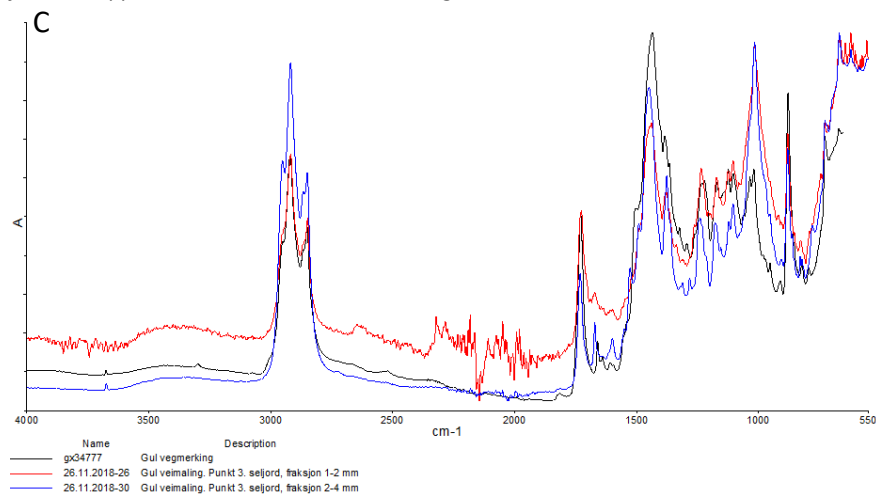
Vedlegg 7. FTIR analyser Seljordsvatnet - deltaområde



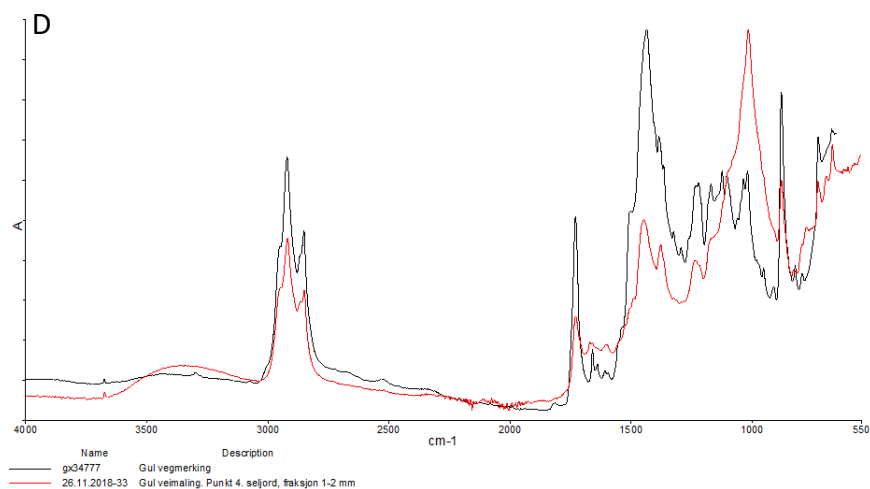
Figur A: Gule veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 1 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Prøven i fraksjon 2-4 mm har lavt karbonatinnhold. Mulig prøven er gammel og karbonat er vasket ut. Begge prøvene har store topper til høyre i plottet som indikerer noe uorganisk (ikke leire eller talkum). Mulig det kan være silika. Fastslår veimerking



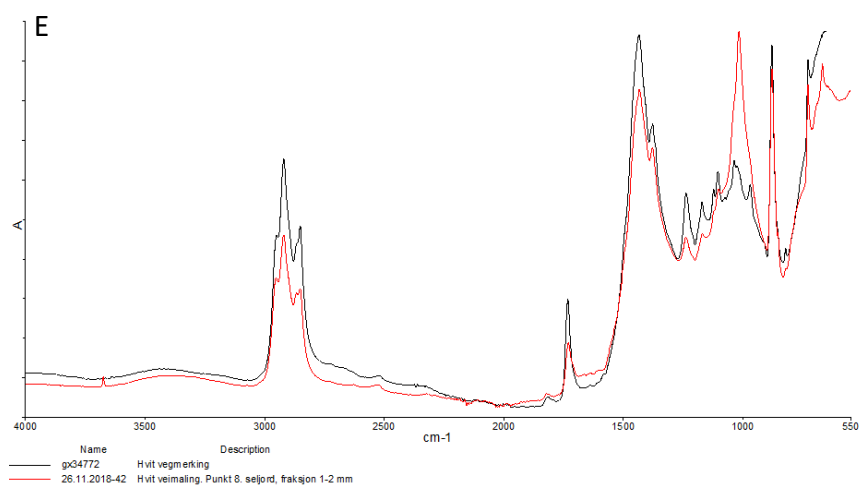
Figur B: Hvite veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 3 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Likner prøven over. Noe dårlig spekterkvalitet men utslagene passer med referansespekteret. Begge prøvene har lavt karbonatinnhold men har fortsatt topper i området. Fastslår veimerking



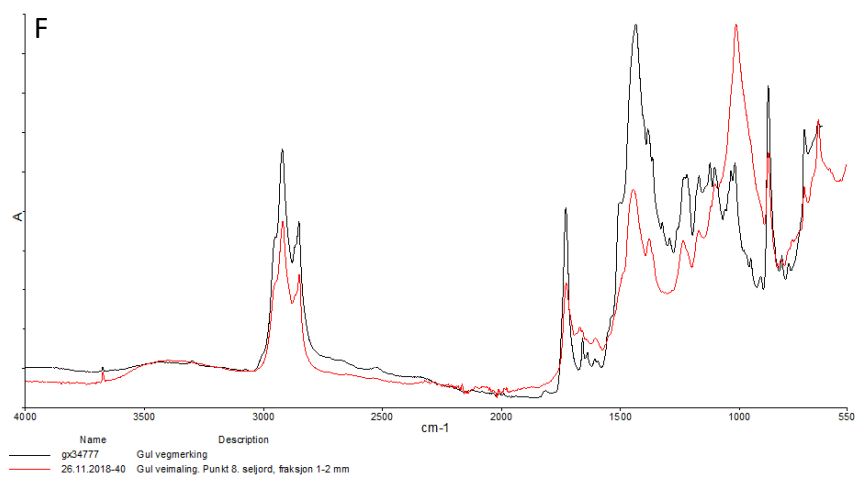
Figur C: Gule veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 3 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Dårlig spekterkvalitet på prøven i fraksjon 1-2 mm. Toppene stemmer overens med referanseprøven. Fastslår veimerking



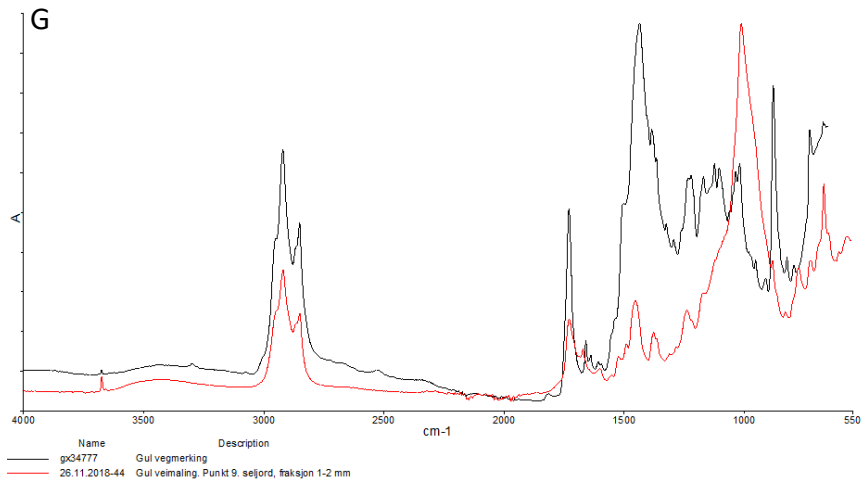
Figur D: Gule veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm). Lik nok referanseprøven til å fastslå veimerking



Figur E: Hvite veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 8 (fraksjon 1-2mm). Mye karbonat igjen i prøven. Fastslår veimerking

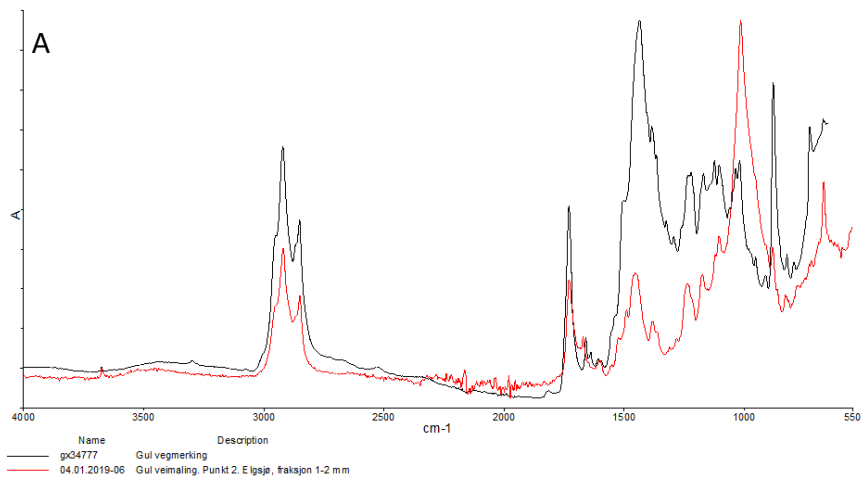


Figur F: Gule veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 8 (fraksjon 1-2mm). Relativt lik prøven over. Fastslår veimerking

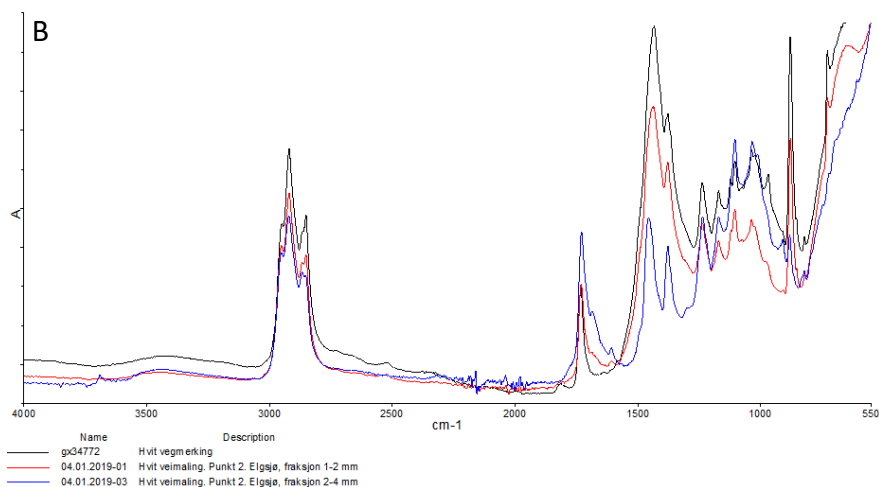


Figur G: Gule veimerkingspartikler fra Seljordsvatnet i delprøve 9 (fraksjon 1-2mm). Lite karbonat i forhold til referanseprøven. Stor topp til høyre i plottet indikerer mye forurensning (leire/talkum). Samsvarer nok med referanseprøven til å fastslå veimerking

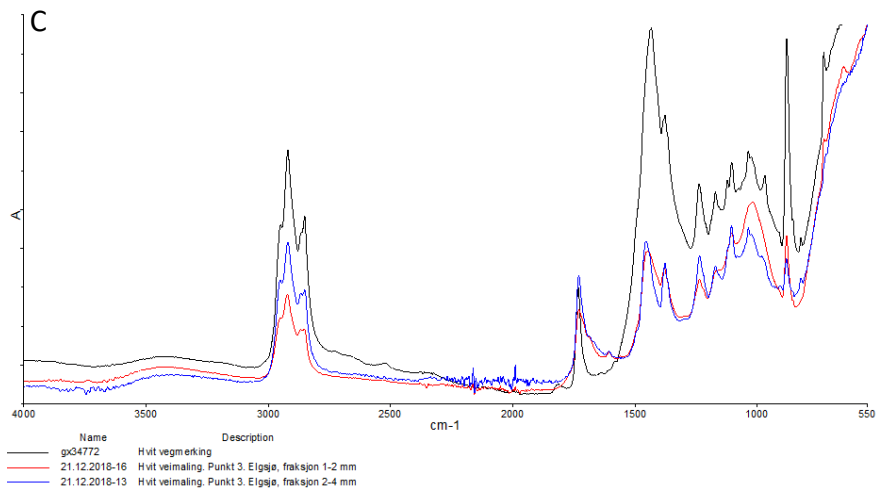
Vedlegg 8. FTIR analyser Elgsjø



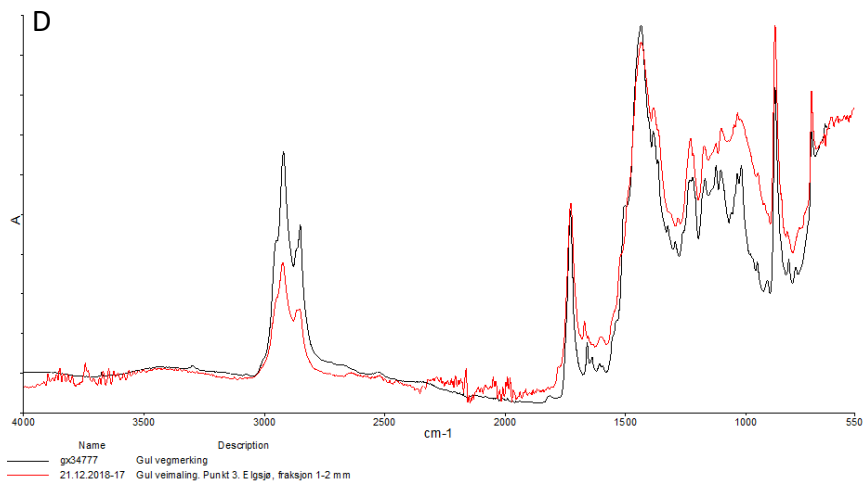
Figur A: Gule veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 2 (fraksjon 1-2mm). Prøven er ganske forurenset og har lavt karbonatinnhold. Samsvarer nok med referanseprøven til å fastslå veimerking



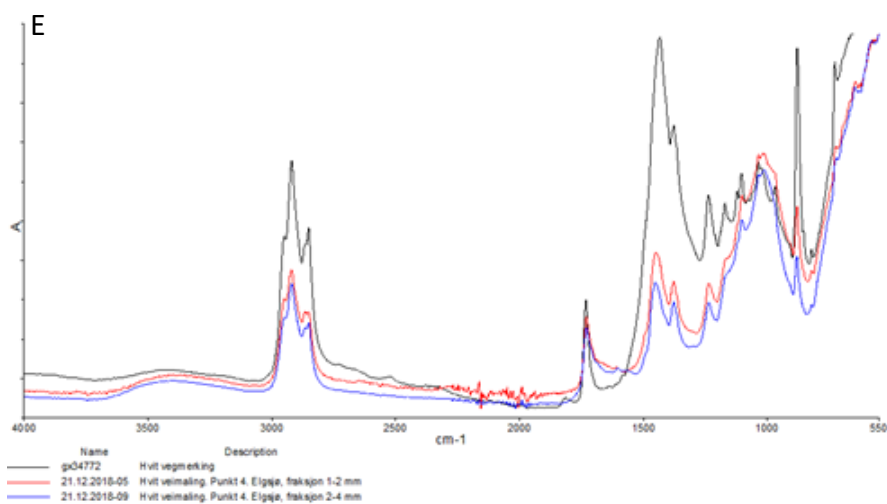
Figur B: Hvite veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 2 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Samsvarer bra med referanseprøven. Fastslår veimerking



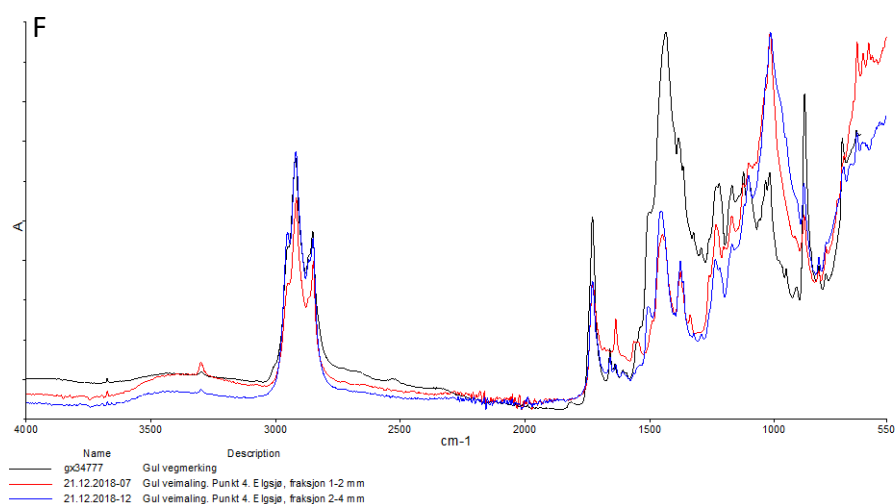
Figur C: Hvite veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 3 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). Noe mindre karbonat, mulig utvasket eller gammel prøve. Samsvarer nok med referanseprøve til å fastslå veimerking



Figur D: Gule veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 3 (fraksjon 1-2mm). Samsvarer bra med referanseprøven. Noen forskjeller i det organiske. Fastslår veimerking

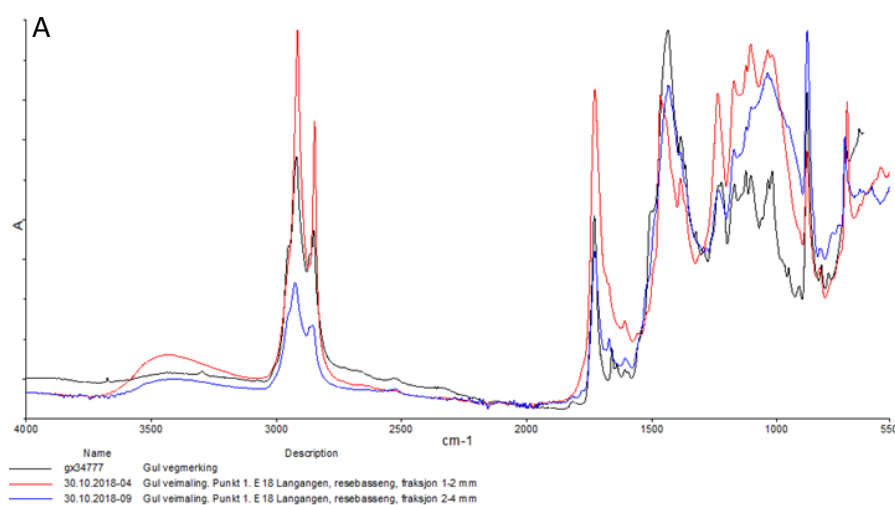


Figur E: Hvite veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm & 2-4m). Noe mindre karbonat enn i prøven over. Samsvarer ellers bra. Fastslår veimerking

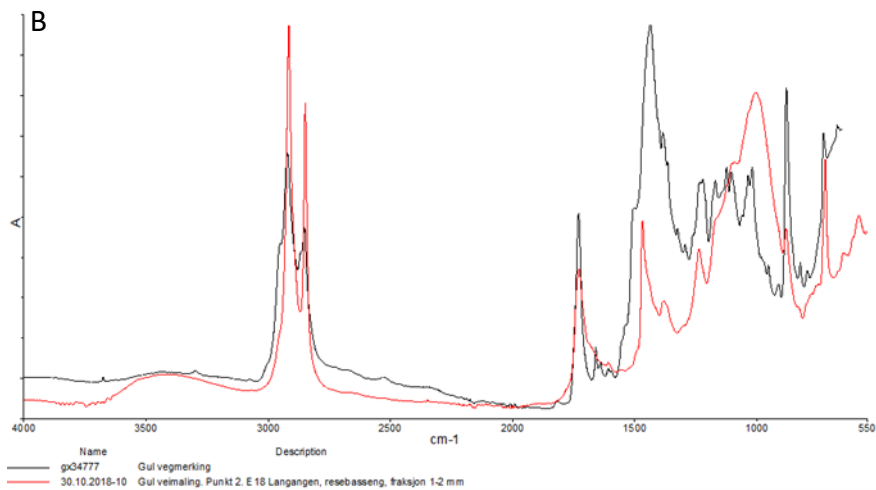


Figur F: Gule veimerkingspartikler fra Elgsjø i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm & 2-4m). Samsvarer bra med referanseprøven. Noe lavt innhold av karbonat. Fastslår veimerking

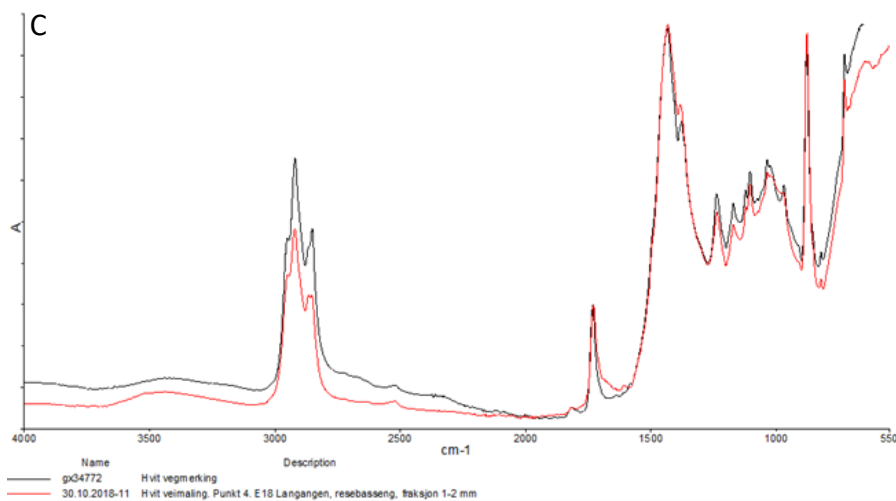
Vedlegg 9. FTIR analyser Rensebasseng, E-18 Langangen



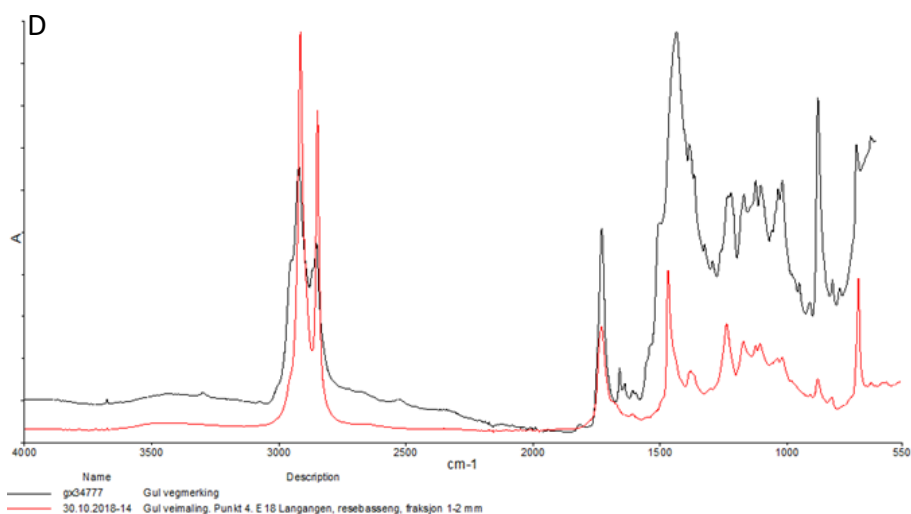
Figur A: Gule veimerkingspartikler fra rensebasseng i delprøve 1 (fraksjon 1-2mm & 2-4mm). God sammenheng mellom prøve og referanseplot. Prøve i fraksjon 1-2mm har lite utslag på karbonat, kan være løst opp i surt vann eller være gammel veimerking. Prøven i fraksjon 2-4 mm har en stor bred topp til høyre. Indikerer forurensning. Fastslår veimerking



Figur B: Gule veimerkingsliknende partikler fra resebasseng i delprøve 2 (fraksjon 1-2mm). Prøven er mulig forurenset med noe uorganisk materiale. Ikke identisk gul veimerking. Likner mer på referansespekteret til polyetylen vinylacetat co-polymer. Antakelig ikke veimerking

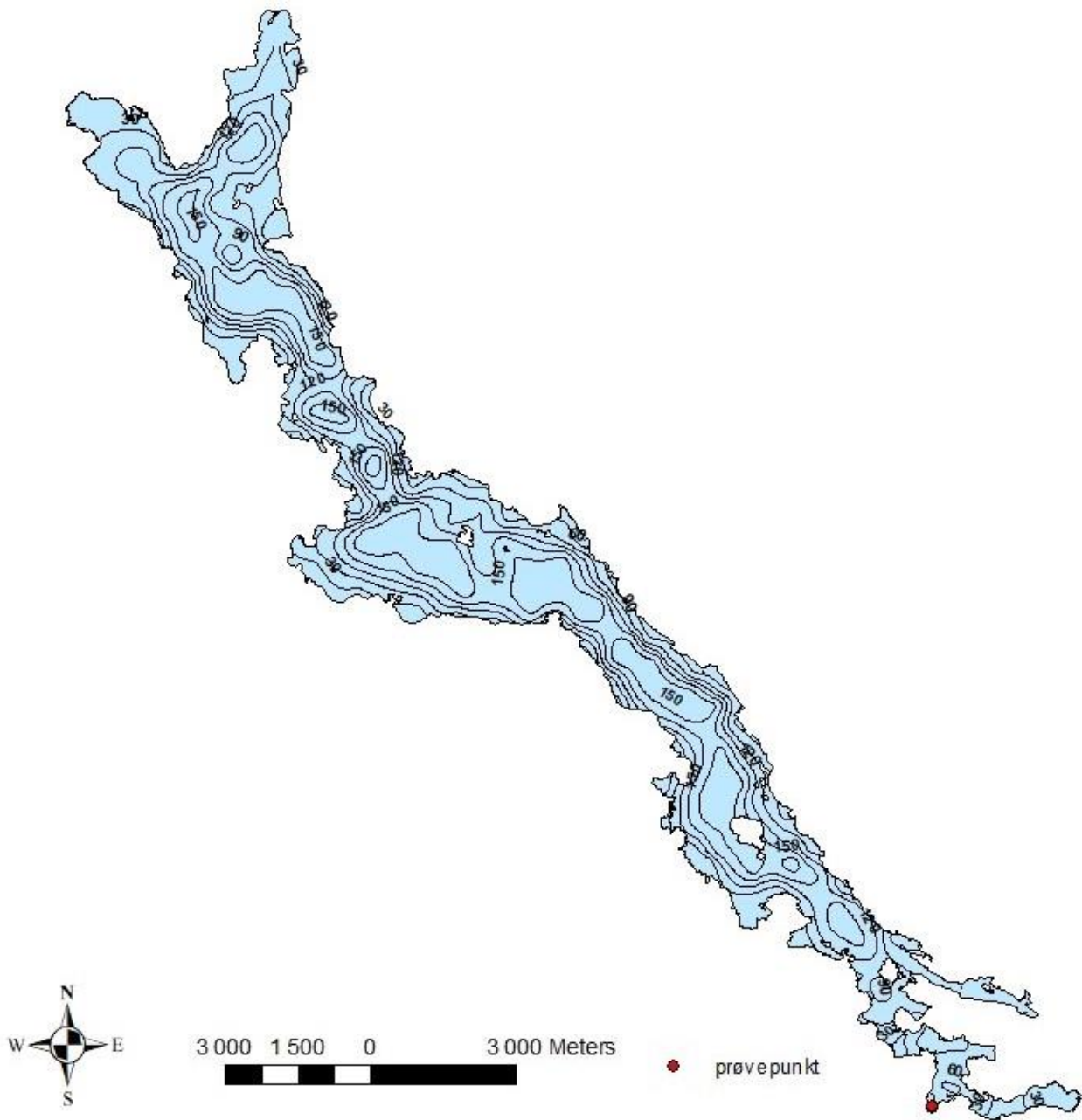


Figur C: Hvite veimerkingspartikler fra resebasseng i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm). Svært identisk plot, fastslår veimerking



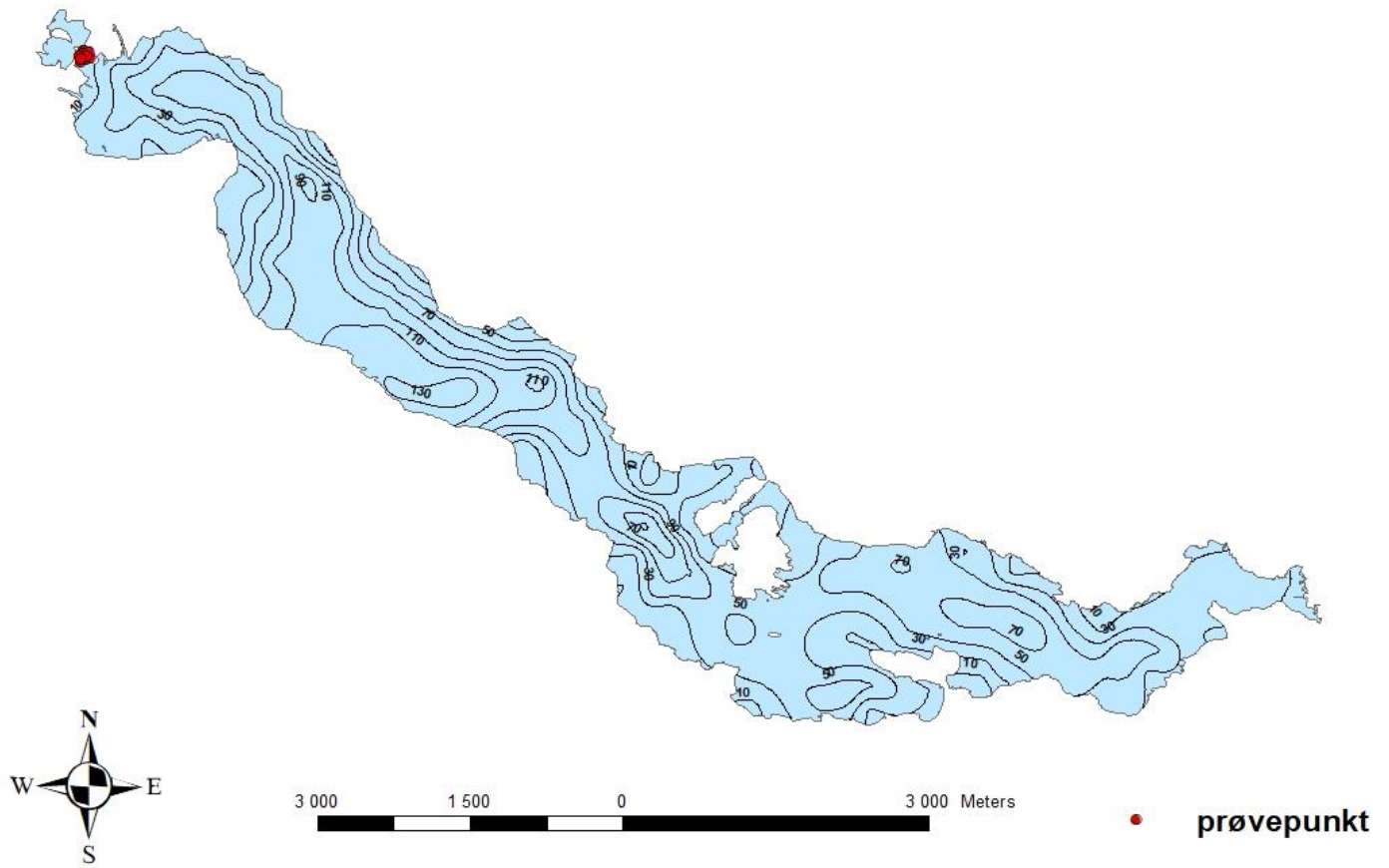
Figur D: Gule veimerkingsliknende partikler fra resebasseng i delprøve 4 (fraksjon 1-2mm). Ikke identisk med gul veimerking, mangler karbonat. Likner mer på referansespekteret til polyetylen vinylacetat co-polymer. Antakelig ikke veimerking

Vedlegg 10. Dybdekart Norsjø



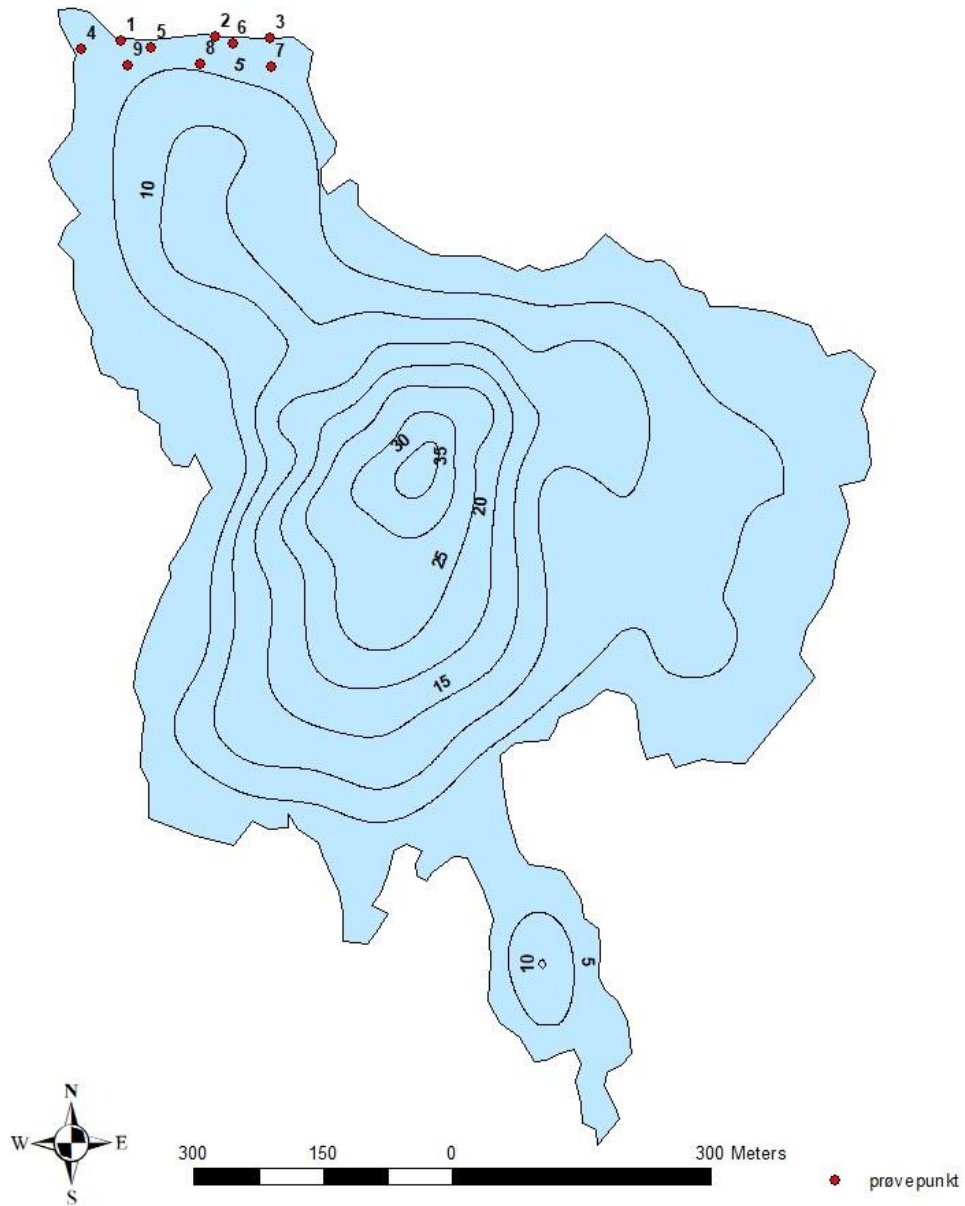
Figur 1: Dybdekart over Norsjø, ekvidistanse = 30 meter (kilde: Kartgrunnlag: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 1984, dybdekart over norske innsjøer, kartarbeid: Lene Roughvedt, 2018)

Vedlegg 11. Dybdekart Seljordsvatnet



Figur 2: Dybdekart over Seljordsvatnet, ekvidistanse = 20 meter (kilde: Kartgrunnlag: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 1984, dybdekart over norske innsjøer, kartarbeid: Lene Roughvedt, 2018)

Vedlegg 12. Dybdekart Elgsjø



Figur 3: Dybdekart over Elgsjø, ekvidistanse = 5 meter (Kilde: Kartgrunnlag: Kristiansen 2010, Kartarbeid i ArcMap: Lene Roughtvedt, 2018)