

Utprøving og videreutvikling av undervisningsopplegg for identifisering av mikroplast i jord

Jostein Lindstad



Masteroppgave
Kjemididaktikk
60 studiepoeng

Universitetet i Oslo
Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

15.05.2023

© Jostein Lindstad

2023

Utprøving og videreutvikling av undervisningsopplegg for identifisering av mikroplast i jord

Jostein Lindstad

<http://www.duo.uio.no/>

Trykk: Reprosentralen, Universitetet i Oslo

Sammendrag

Mikroplast utgjør et dagsaktuelt miljøproblem som ofte nevnes i media. I kjemi programfag er det å gi eksempler på produksjon, gjenvinning og nedbrytning av plast et nytt kompetansemål i læreplanen. Til nå finnes det få eller ingen laboratorieforsøk tilpasset norske videregående skoler hvor elevene får arbeidet med mikroplast. Derfor var målet med dette prosjektet å videreutvikle et forsøk for identifisering av mikroplast i jordprøver og tilpasse det slik at det kunne utføres i kjemi programfag. Et laboratorieforsøk utviklet for universitetsnivå ble videreutviklet og tilpasset forholdene i norsk videregående skole blant annet ved å redusere tidsbruken og ved å redusere mengden farlige kjemikalier og spesialutstyr som ble brukt. Det videreutviklede forsøket ble testet med jordprøver fra skogbunn, bekk, tursti, veikant, og ved fotballbaner. Vel bevandrede turstier og fotballbaner ble identifisert som godt egnede steder for å hente inn jordprøver som inneholdt mikroplast. Det videreutviklede forsøket ble prøvd ut i en pilotering med masterstudenter og av en klasse med kjemielever. Studien viste at elevene syns det å arbeide med blant annet vakuumfiltrering og å undersøke mikroplast med stereoluper var morsomt og spennende. Studien viste også at de fleste syns det var enkelt å forstå hva de skulle gjøre og hvordan i de ulike trinnene i laboratorieforsøket, og at trinnene var enkle å utføre i praksis. Det var noe større sprik i elevenes svar når det kom til å forstå hvorfor de ulike trinnene skulle utføres. Videre arbeid bør søke å undersøke måter å videre redusere tidsrammen rundt forsøket og å finne billigere alternativer til utstyr.

Forord

Jeg vil takke min hovedveileder, Svein Tveit, som gav nyttige tilbakemeldinger under gjennomføringen av prosjektet og under selve skrivingen. Jeg vil takke medveileder Karoline for å ha hjulpet med å gi kommentarer til skrivingen og som kom med faglige innspill. Jeg vil også takke de to andre masterstudentene Hoda Hassan og Eirik Teigland, som jeg delte kontor med i Kjemisk Institutt, og som kom med nyttige innspill til undervisningsopplegget rundt forsøket. Jeg setter stor pris på den tiden dere har brukt til å hjelpe meg. Jeg takker læreren som tok med sin klasse med kjemielever til å utprøve det videreutviklede forsøket og som viste stor begeistring for både temaet og metodene i forsøket.

Jeg vil takke min søster Linda, som har stikket innom rommet mitt og minnet meg på hvor viktig det er å fullføre prosjektet, og som delte viktige tips til skrivingen. Jeg vil takke min mor og far som alltid har støttet meg gjennom livet, og som lot meg bo hos dem både under korona-pandemien og mot slutten av masterprosjektet. Takket være dem har jeg holdt meg gjennom det stressende arbeidet.

Oslo - mai 2023

Jostein Lindstad

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	1
1.1	Innledning.....	1
1.1.1	Mål	2
1.2	Teoretisk bakgrunn	3
1.2.1	Plast, mikroplast og mikrofiber	3
1.2.2	Utslipp av mikroplast	5
1.2.3	Innsamling av jordprøver	5
1.2.4	Metoder for å identifisere mikroplast.....	7
1.2.5	Deteksjon av mikroplast.....	11
1.2.6	Analyse.....	13
2	Metode.....	15
2.1	Kjemikalier og utstyr	15
2.2	Hvordan originalforsøket gjennomføres.....	16
2.3	Innsamling av jordprøver.....	17
2.3.1	Jordprøve fra skogbunn og bekk	18
2.3.2	Jordprøver fra vei og tursti	20
2.3.3	Jordprøver fra fotballbaner.....	23
2.4	Videreutvikling av forsøket	24
2.4.1	Endre løsning til tetthetsseparasjon	24
2.4.2	Observasjon i stereolupe	25
2.4.3	Endring av filterpapir	25
2.4.4	Tiltak for å redusere tiden brukt på forsøket	26
2.5	Utvikling av undervisningsopplegg.....	26
2.5.1	Utvikling av prelab.....	27
2.5.2	Utvikling av rapportmal	28
2.5.3	Utvikling av lærerveiledning.....	29
2.6	Utprøving av undervisningsopplegg.....	29
2.6.1	Pilotering med masterstudenter	29
2.6.2	Utprøving av forsøket med elever i kjemi 2.....	30
2.7	Utvikling og analyse av spørreskjema.....	31
2.7.1	Utvikling av spørreskjema til pilotering med masterstudenter	31

2.7.2	Utvikling av spørreskjema til utprøving med kjemi 2 elever.....	32
2.7.3	Analyse av spørreskjema.....	33
3	Resultater.....	35
3.1	Funn av mikroplast i jordprøvene.....	35
3.2	Videreutvikling av forsøket.....	38
3.2.1	Endre løsning til tetthetsseparasjon.....	38
3.2.2	Endring av filtrerpapir.....	39
3.2.3	Andre endringer i forsøket.....	40
3.3	Utprøving og utvikling av undervisningsopplegget.....	41
3.3.1	Pilotering med masterstudenter.....	41
3.3.2	Utprøving av forsøket med elever i kjemi 2.....	42
3.3.3	Videreutvikling av undervisningsopplegget.....	48
4	Diskusjon.....	50
4.1	Funn av mikroplast.....	50
4.2	Videreutvikling av forsøket.....	51
4.2.1	Endring av løsning til tetthetsseparasjon.....	51
4.2.2	Endring av filtrerpapir.....	52
4.2.3	Tiltak for å redusere tiden brukt på forsøket.....	53
4.2.4	Mulighet for endring av sikt.....	53
4.2.5	Endring av tørking.....	54
4.3	Utprøving og utvikling av undervisningsopplegget.....	54
4.3.1	Utvikling av prelab, rapportmal og lærerveiledning.....	54
4.3.2	Utprøving med masterstudenter og elever.....	54
4.4	Oppsummering.....	55
5	Konklusjon og videre arbeid.....	57
5.1	Videre arbeid.....	57
	Litteraturliste.....	58
	Appendiks.....	61

Ordforklaringer og forkortelser:

J-Innsamling	Judgmental Sampling
SR-Innsamling	Simple Random Sampling
SG-Innsamling	Systematic Grid Sampling
T-Innsamling	Transect Sampling
UG-Innsamling	Unaligned Grid Sampling
S-Innsamling	Stratified Sampling
H-NMR	Proton kjernemagnetisk resonans
qNMR	Kvantitativ proton kjernemagnetisk resonans

1 Introduksjon

1.1 Innledning

Mikroplast er et tema som omtales jevnlig i mediene som et økende miljøproblem (Skjelvik & Olaisen, 2022). Det er blitt publisert masse om utslipp av mikroplast i naturen, og det er blitt et dagsaktuelt tema. Det er gjort funn av mikroplast omtrent alle steder på kloden, som for eksempel i Norge, Portugal og Brasil (Borgan, 2021; Costa et al., 2010; Frias et al., 2010). Mikroplast har blitt funnet på både land og i vann, og det blir funnet stadig mer mikroplast. På nåværende tidspunkt er konsekvensene av økningen av mikroplast fortsatt uklare (Bakir et al., 2014), men det kan ikke utelates at økningen blir større år etter år (Miljødirektoratet, 2022).

I den nye læreplanen er bærekraftig utvikling presentert som et av tre tverrfaglige temaer som det skal jobbes med i alle fag. Ifølge Utdanningsdirektoratet (2021) handler bærekraftig utvikling i kjemi programfag «om å forstå kjemiske prosesser som har betydning for miljøet og klimaet, og kompetanse til å gjøre bærekraftige valg». I tillegg handler det om å finne praktiske løsninger til å gjenbruke naturressurser på en bærekraftig måte. Det er i tillegg presentert fire kjerneelementer i kjemi programfag. Det første kjerneelementet er praksiser og tenkemåter i kjemi. Dette handler om hvordan hypoteser, teorier, metoder og modeller utvikles og brukes, og om praktisk laboratoriearbeid og utforskende aktiviteter. Det andre kjerneelementet er kjemiske bindinger og strukturer. Dette handler om krefter mellom partikler og betydningen kreftene har for stoffers sammensetning og egenskaper. I tillegg handler det om hvordan periodesystemet brukes og om kriterier for klassifisering av stoffer. Det tredje kjerneelementet er kjemiske reaksjoner. Dette handler om termodynamikk og kinetikk, om hvordan stoffer reagerer, og hvilke reaksjonstyper som fins. Det siste kjerneelementet er anvendt kjemi. Dette handler om å bruke kjemi til å forstå virkningen av kjemiske prosesser på samfunnet. Det handler også om materialer, prosesser, helse, miljø, sikkerhet, kjemiske analyser, nytteverdi og ressursbruk av ulike stoffer, og kjemisk teknologi. I tillegg handler anvendt kjemi om å bruke prinsipper og teorier for å kritisk vurdere betydningen kjemi har for individers velferd.

I kjemi programfag er ett av kompetansemålene for kjemi 2 å «gi eksempler på produksjon, gjenvinning, deponering og nedbryting av noen metaller og noen typer plast og drøfte tiltak som er i samsvar med prinsipper for grønn kjemi» (Utdanningsdirektoratet, 2021). Dette

kompetansemålet er nytt i læreplanen, og det er viktig at nye forsøk som utvikles bruker kompetansemål fra den nye læreplanen. Derfor er kompetansemålet i bruk i undervisningsopplegget som videreutvikles i dette prosjektet. Det finnes ikke noe slikt forsøk i noen av lærebøkene for kjemi programfag (Haraldsrud et al., 2022; Knutsen et al., 2022; Steen et al., 2022).

1.1.1 Mål

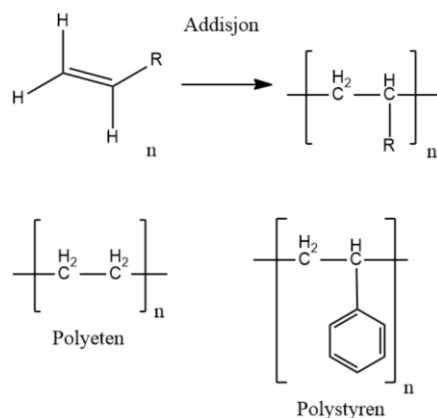
Målet med dette masterprosjektet er å videreutvikle og teste ut et laboratorieforsøk for identifisering av mikroplast i jord slik at det kan brukes i kjemi programfag i norsk videregående skole. For å nå dette målet har det blitt delt opp i tre delmål. Det første delmålet er å identifisere egnede steder å hente inn jordprøver der det med stor sannsynlighet finnes mikroplast. Dette er viktig fordi det vil lette arbeidet for lærere som ønsker å gjennomføre forsøket med elevene sine. Det andre delmålet er å videreutvikle og tilpasse forsøket slik at det er bedre tilpasset forholdene i norsk skole. Det originale forsøket er laget for å gjennomføre på universitetsnivå over tre dager og er ikke egnet til undervisning i videregående skole. Det tredje delmålet er å utvikle et undervisningsopplegg rundt forsøket i forhold til elevers læring og at de skal lett kunne følge prosedyren. Dette er viktig for at elevene skal få læringsutbytte fra utføringen av forsøket og at lærere vil bruke forsøket i undervisningen. For å jobbe med delmål 1 ble det innsamlet jordprøver fra forskjellige steder og sammenliknet funn av mikroplast i hvert av stedene. Det andre delmålet ble jobbet med ved å optimalisere forsøket slik at det tok mindre tid å utføre i tillegg til at alternativer som for eksempel billigere utstyr og kjemikalier med mindre risiko ble undersøkt. Det tredje delmålet ble jobbet med ved å utføre en pilotering og utprøving av forsøket i laboratoriet, og å utvikle anonyme spørreskjema som stilte spørsmål om opplevelsen av forsøket.

I resten av Kapittel 1 blir den teoretisk bakgrunn for prosjektet forklart, der plast, mikroplast og mikrofiber blir beskrevet i detalj, hvor det foregår utslipp av mikroplast, etterfulgt av vanlige metoder for å innsamle jordprøver. Etter det blir forskjellige metoder for identifisering av mikroplast beskrevet. Til slutt forklares noen begreper som ble brukt i analysen av jordprøvene.

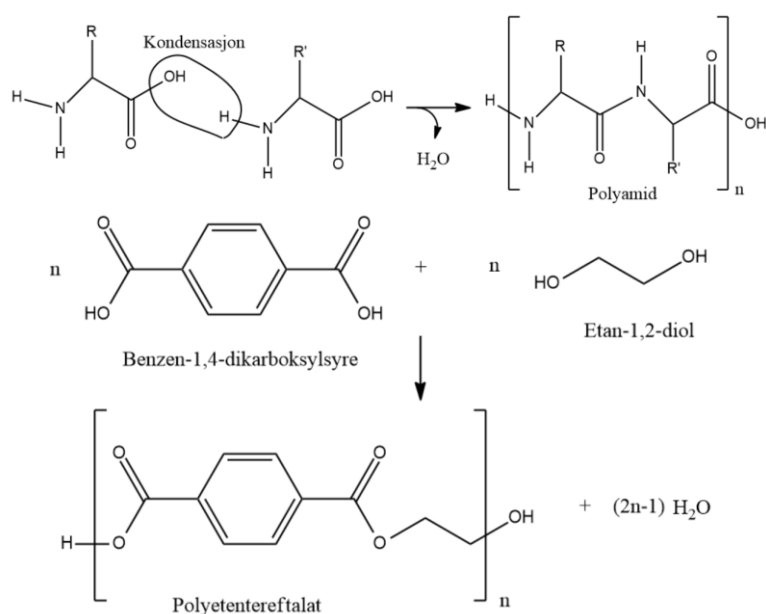
1.2 Teoretisk bakgrunn

1.2.1 Plast, mikroplast og mikrofiber

Plast er et materiale av kunstige polymerer som har egenskapen av at det kan endre form ved høy temperatur (Ciardelli et al., 2019). Disse kunstige polymerene er organiske molekyler dannet av monomerer, som er små organiske forbindelser. Plast kan også inneholde tilsetningsstoffer som påvirker egenskapene til materialet. Noen eksempler på vanlige typer plast er polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid. Ciardelli et al. (2019) skriver videre at polymerer kan dannes på flere måter, blant annet via addisjon og kondensasjon. Figur 1.1 og Figur 1.2 viser eksempler på henholdsvis addisjonspolymerisasjon og kondensasjonspolymerisasjon.



Figur 1.1 Addisjonspolymerisasjon (Øverst) og strukturene til polyeten og polystyren.



Figur 1.2 Kondensasjonspolymerisasjon (Øverst). Nedenfor viser dannelsen av polytereftalat.

Plast kan fragmenteres til mikroplast på flere ulike måter. Mikroplast er plastpartikler med størrelse mellom 0,1 mm og 5 mm i diameter. Plast kan fragmenteres kjemisk ved hjelp av UV-stråler eller mekanisk gjennom vind, vær og med andre partikler (Miljødirektoratet, 2022). Mikroplast er plastpartikler på under 5 millimeter i diameter (Helseth, 2022).

Mikroplast kan komme fra blant annet mikrofiber fra syntetiske klær, avløpsvann fra vaskemaskiner, bildekk (Furuseth et al., 2022), plastfilm i landbruk (Bläsing & Amelung, 2018), gummigranulat i kunstgress, og plastforsøpling (Bastesen et al., 2021). EU har i 2023 bestemt å forby gummigranulat fra kunstgressbaner (Schjesvold, 2023).

Ifølge Miljødirektoratet (2022) utgjør mikroplast et miljøproblem ved at det kan tas opp i matkjeden til fisk og dyr. Dette utgjør et problem ved at mikroplasten hoper seg opp i næringskjeden fordi det bruker svært lang tid på å brytes ned.

Bakir et al. (2014) skriver at mange forskjellige persistente organiske miljøgifter kan adsorberes på overflaten av mikroplast. Det vil si miljøgiftene i væsketilstand fester seg på overflaten av mikroplast i fast tilstand. Dette er et problem fordi miljøgiftene kan desorberes i levende organismer, altså løsriveres fra mikroplast og slippes ut i vev. Noen eksempler på dette er miljøgiftene DDT, fenantren, perfluorert oktansyre og di-(2-etylheksyl)ftalat som adsorberes av plasttypene polyvinylklorid og polyeten. I dyr og andre varmblodige organismer er omgivelsene tilrettelagt for at miljøgiftene desorberes fra plasten. Dette fører til at plast kan transportere persistente organiske miljøgifter til levende organismer. Ifølge Miljødirektoratet (2022) kan mikroplast i tillegg gi indre skader og falsk metthetsfølelse i fisk og dyr. Et studie viser at mikroplast av polystyren kan ha en negativ påvirkning på helsen til meitemark ved at polystyren hemmet vekst og forårsaket høyere dødsrate blant markene (Cao et al., 2017).

Mikrofiber er en type mikroplast som befinner seg i syntetiske klær og tekstiler. For å identifiseres som mikrofiber kan lengden av fibret være over 5 mm så lenge det ikke er større enn 5 mm i to dimensjoner. Når polyesterbasert og cellulosebasert klesstoff vaskes i vaskemaskiner kan mikrofiber falle av og ende opp i avløpet (Miljødirektoratet, 2022; Zambrano et al., 2020). Zambrano et al. (2020) skriver at klær degraderes og at mikrofiber frigjøres under vask. Mikrofiber kan i tillegg falle av tøy ved vanlig bruk (De Falco et al., 2020; Gasperi et al., 2018). Ifølge Gasperi et al. og De Falco et al. kan mikrofiber fra klær fraktes med vind opp i atmosfæren hvor det kan senere falle ned i land eller hav. Gasperi et al. skriver at tekstilfibere i atmosfæren kan deles inn i naturlige fibere og menneskelagde fibere,

og at av menneskelagde fibere finnes det naturlige fibere og syntetiske fibere. Av de syntetiske fiberne nevner Gasperi et al. (2018) blant annet polypropen, polyamid, polyester og polyeten.

1.2.2 Utslipp av mikroplast

Mikroplast kan havne i naturen på mange forskjellige måter.

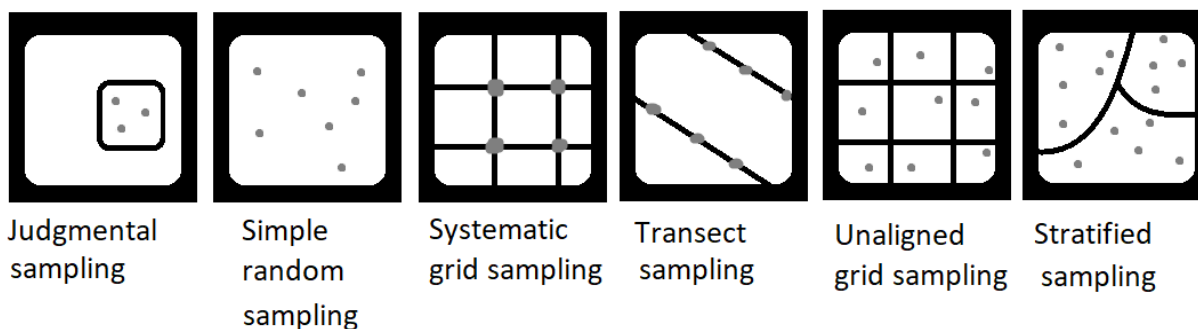
Bläsing (2018) skriver blant annet at plast kan brytes ned til mikroplast via UV-stråler eller via slitasje med vær, vind og andre partikler. Landbruksfilm er plastfilm som er brukt i landbruk, og kan brytes ned til mikroplast som videre kan transporteres med vind eller regnvann til elver og bekker. Mikroplast som fraktes via elver kan ende opp i jorden eller i havet. Bildekkslitasje ved høyt trafikkerte veier fører til at mikroplast faller av bildekkene og ender opp i veikanten som veistøv. Når veistøvet skylles bort med regnvannet vil mikroplasten ende opp i naturen. I byer kan veistøvet ende opp i kloakken hvor det blir fraktet til vannrenseanlegg. Mesteparten av mikroplast som blir tatt opp av vannrenseanlegg ender ofte i kloakkslam hvor det hopper opp. Kloakkslam kan videre bli brukt til å gjødsle jordbruk og bidra til økt konsentrasjon av mikroplast i jord (van den Berg et al., 2020).

1.2.3 Innsamling av jordprøver

Før mikroplast i jord kan identifiseres må jordprøver samles på en hensiktsmessig og måte slik at jordprøvene er representative for området de er tatt fra. I denne delen forklares ulike metoder for innsamling av jordprøver.

Metoder for innsamling av jordprøver

Innsamling av jordprøver baserer seg på seks metoder (Möller et al., 2020). Metodene heter J-Innsamling (Judgmental Sampling), SR-Innsamling (Simple Random Sampling), SG-Innsamling (Systematic Grid Sampling), T-Innsamling (Transect Sampling), UG-Innsamling (Unaligned Grid Sampling), og S-Innsamling (Stratified Sampling). Figur 1.3 viser et eksempel av hver av prøveinnsamlingsmetodene. De grå sirklene representerer punktene der prøvene blir tatt.



Figur 1.3 Prøveinnsamlingsmetoder for et valgfritt område. De grå dottene er hvor prøvene blir tatt.

J-Innsamling er å ta jord fra spesifikke områder der det er antatt det kan samle seg mikroplast over tid. Eksempler er groper i bakken, veiskuldre, svinger i bekker og elver, og områder med lite vind. Denne metoden er enklest og raskest å utføre. J-Innsamling er mest egnet til å bekrefte mikroplast utslipp i et område, men er mindre passende til å bestemme mengde mikroplast over større områder med hensyn til at mikroplast sjeldent er fordelt homogent i naturen.

SR-Innsamling er en prøveinnsamlingsmetode som brukes til å identifisere mikroplast over et område der det er antatt at mikroplasten er fordelt homogent. Metoden går ut på å ta prøver fra punkter med tilfeldig plassering over et område basert på at alle punkter har like stor sannsynlighet for å bli valgt. Hvert punkt er valgt uavhengig av plasseringen av de andre punktene. Dette tillater en prøveinnsamling uten partiskhet. Metoden er ofte ikke egnet ettersom mikroplast sjeldent er fordelt homogent i naturen.

SG-Innsamling er å ta jord fra jevnt fordelte punkter langs et mønster av subenheter. Et kvadrat er et eksempel på en subenhet. Hvert punkt befinner seg i hjørnene av subenhetene. Målet med SG-Innsamling er å finne konsentrasjonsgradienter av mikroplast i et område. Et startpunkt blir valgt tilfeldig, og det er her koordinataksene blir definert. Resten av punktene følger mønsteret i jevne intervall fra startpunktet. Fordelen med metoden er at den er enkel å bruke og dekker området jevnt.

T-Innsamling er å ta jord ved bestemte intervaller langs lineære geografiske områder der det kan samle seg mikroplast. Denne metoden er for eksempel egnet når det skal tas prøver langs veier eller fotballbaner. Et eksempel på bruk av T-Innsamling langs en vei kan være å ta jord med 50 m mellomrom langs veien, 1 m unna veikanten, og gjenta dette for 3 m unna

veikanten, og 5 m unna veikanten. Ved å bruke T-Innsamling ved ulike avstander fra kilden til dannelsen av mikroplast kan man bestemme konsentrasjonsgradienter av mikroplast, det vil si hvor mye konsentrasjonen endres når man forflytter seg lengre vekk fra kilden.

UG-Innsamling kombinerer SR-Innsamling og SG-Innsamling. Mønsteret er definert som i SG-Innsamling, men punktene plasseres tilfeldig innen hver subenhet. Denne metoden kan være vanskeligere å utføre, men har fordelen av at den blander tilfeldigheten fra SR-Innsamling og dekker mye av området slik som i SG-Innsamling.

S-Innsamling er å dele inn området for prøveinnsamling inn i flere mindre områder etter geografiske egenskaper. Denne metoden brukes dersom det er antatt at hvert område har betydelig forskjellig mengde mikroplast, og at innen hvert område er mikroplasten fordelt mer homogent enn over hele prøveinnsamlingsområdet.

Punktprøver og snittprøver

Jordprøver kan tas som punktprøver eller snittprøver. Punktprøver består av jord tatt fra ett punkt som beskrevet over. En snittprøve er en blanding av alle punktprøver i et definert plott (Zhang & Liu, 2018). Zhang & Liu (2018) utførte prøveinnsamling ved å ta fem snittprøver fra hvert område hvor hver snittprøve var bestående av seks punktprøver hver. Snittprøver har fordelen av at de er mer representative for mengden mikroplast i et område ettersom mikroplastpartikler sjeldent er fordelt jevnt, og at det er enklere å oppbevare og transportere noen snittprøver i forhold til mange flere punktprøver.

1.2.4 Metoder for å identifisere mikroplast

I denne delen forklares forskjellige metoder å separere mikroplast fra resten av prøven. Sikting beskrevet nedenfor separerer partikler større enn 5 mm i diameter fra mindre partikler i jorden. Tetthetsseparasjon og skumflotasjon som beskrevet nedenfor separerer organiske forbindelser fra de andre forbindelsene i prøven. Vakuumfiltrering filtrerer bort væsken fra mikroplasten og andre faste organiske forbindelser. Til slutt beskrives Fentonreaksjon som gjør identifisering av mikroplast lettere ved at den oksiderer bort naturlige organiske forbindelser.

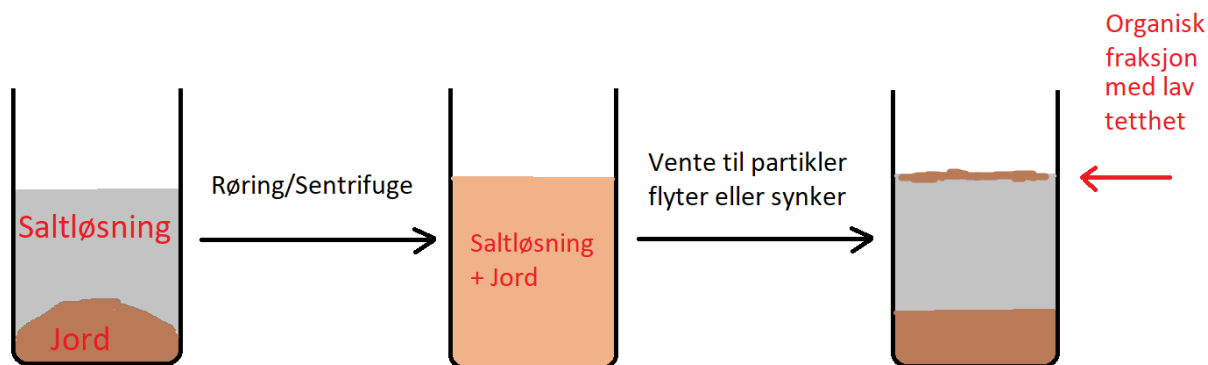
Sikting

Sikting er en metode hvor jordprøven blir ristet over en sikt for å separere partikler som passerer gjennom hullene fra større partikler. Zhou et al. (2020) skriver at jord kan siktes gjennom et 5 mm stål netting etter luft tørking ved 25 °C (Zhou et al., 2020).

Tetthetsseparasjon

I tetthetsseparasjon brukes saltløsning med kjent tetthet til å få forbindelser med lavere tetthet enn løsningen til å flyte mens tyngre forbindelser synker til bunn (He et al., 2018). De fleste organiske forbindelser i tillegg til mikroplast og mikrofiber kan skilles fra jord ved at de har forholdsvis lav tetthet sammenliknet med mange av de andre forbindelser i jorden. Polyeten ($<0,97 \text{ g/cm}^3$), polypropen ($<0,92 \text{ g/cm}^3$), polystyren ($1,05 \text{ g/cm}^3$) og polyvinylklorid ($1,28 \text{ g/cm}^3 - 1,34 \text{ g/cm}^3$) er eksempler på vanlige typer plast (Ciardelli et al., 2019).

I vann vil polyeten og polypropen flyte, mens polystyren og polyvinylklorid vil synke. Brukes en saltløsning med større tetthet en vann kan flere typer plast flyte. He et al. (2018) skriver at dersom jord tilsettes i en saltløsning vil en organisk fraksjon, bestående av forbindelser med lavere tetthet enn saltløsningen, flyte til toppen. Når en slik organisk fraksjon skal separeres fra en jordprøve ved hjelp av tetthetsseparasjon kan blandingen av saltløsning og jord ristes ved å enten røre eller sentrifugere blandingen. Etter at blandingen er ristet skal den stå i ro for at partiklene skal synke mot bunn eller flyte mot overflaten. Partikler som har større tetthet enn saltløsningen vil synke mot bunn, mens partikler som har lavere tetthet enn saltløsningen vil flyte mot overflaten til de har oppnådd likevekt. Figur 1.4 illustrerer hver av trinnene i tetthetsseparasjon.

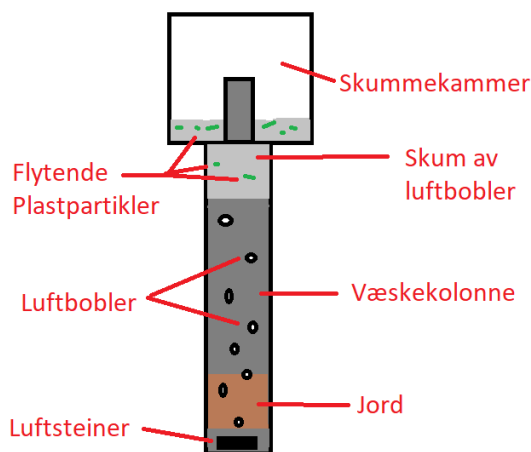


Figur 1.4 Prinsippskisse om tetthetsseparasjon

Etter likevekt har blitt oppnådd vil det være en organisk fraksjon liggende på toppen av saltløsningen. Den organiske fraksjonen kan skilles fra resten av jorden ved å dekantere væsken. Ved dekantering blir væsken og den organiske fraksjonen forsiktig overført til en ny beholder mens den faste jorden på bunn blir igjen.

Skumflotasjon

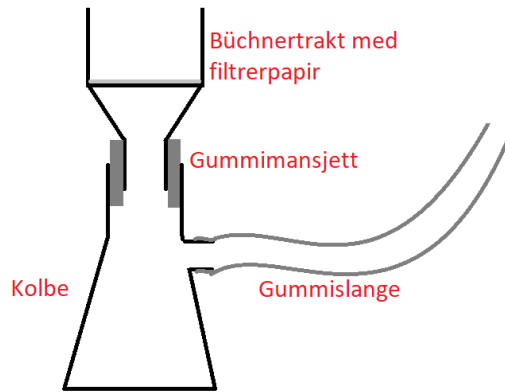
Skumflotasjon er en metode for å separere små partikler med forholdsvis lav tetthet sammenliknet med mange av de andre forbindelsene i jorden (Imhof et al., 2012). I denne metoden sendes luftbobler inn i en kolonne som inneholder væske. Luftbobler blir sendt inn i kolonnen med små filtre kalt luftsteiner. Mikroplast og andre små partikler vil feste seg på overflaten av luftboblene som flyter mot toppen av kolonnen og inn i et skummekammer. I skummekammeret samles det flytende mikroplastpartikler og skum av luftbobler. Skummekammeret kan demonteres av apparatet for å separere mikroplasten og andre små forbindelser fra kolonnen. Skumflotasjon kan også utføres uten skummekammer. I så fall kan skummet separeres fra kolonnen ved hjelp av dekantering som beskrevet i tetthetsseparasjonen. Figur 1.5 viser en skisse for et skumflotasjon apparat.



Figur 1.5 Apparat til skumflotasjon.

Vakuumfiltrering

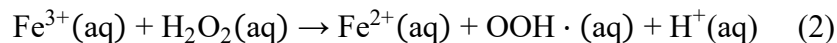
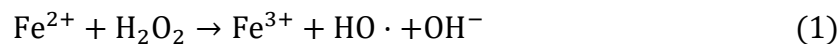
Vakuumfiltrering er en filtreringsteknikk hvor filtreringen blir assistert av vakuum. Figur 1.6 viser en prinsippskisse av et oppsett med vakuumfiltrering.



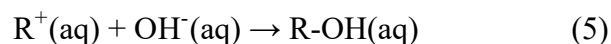
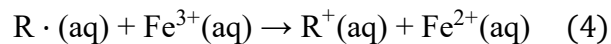
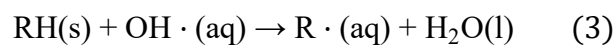
Figur 1.6 Prinsippskisse for vakuumfiltrering oppsett.

Fentonreaksjon

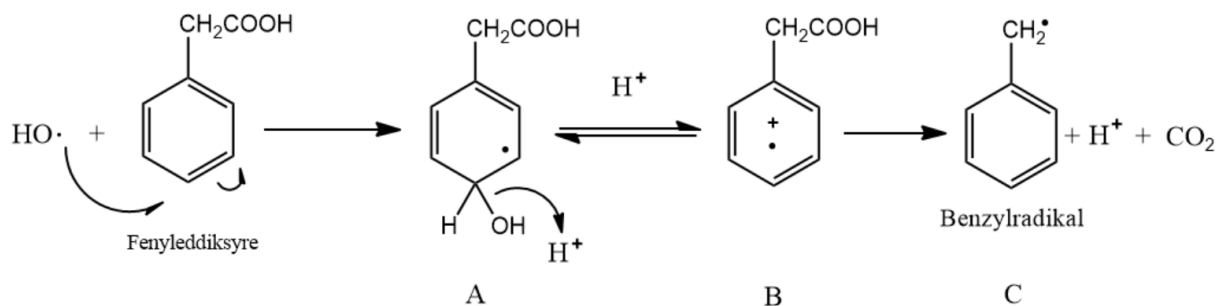
Fenton reagenset er en blanding av hydrogenperoksid, jern(II)klorid og saltsyre. Jernionene er katalysatorer for oksidasjonen av organiske forbindelser hvor de frie radikalene HO· og HOO· er kraftige oksidasjonsmidler. Reaksjonen skjer ved høy temperatur (>60 °C) og lav pH, er en eksoterm prosess, og produktene er blant annet karbondioksid og vann (Walling, 1975). Reaksjonslikningene (1) og (2) viser henholdsvis dannelse av hydroksylradikalet og gjenvinning av katalysatoren Fe²⁺.



Hydroksylradikalet OH· kan oksidere organiske forbindelser og danne vann og alkohol. Reaksjonslikningene (3), (4) og (5) viser en slik oksidasjon.

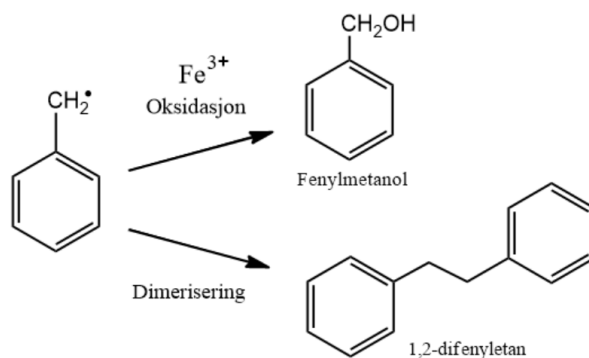


Hydroksylradikalet kan reagere med aromatiske forbindelser. Flere reaksjonsmekanismer er blitt foreslått i litteraturen. Et eksempel på en rekke med reaksjoner er at HO· binder seg til fenylgruppen som vist i Figur 1.7.



Figur 1.7 Reaksjonsmekanisme for dannelse av benzyradikal.

Walling (1975) skriver videre at $\text{HO}\cdot$ reagerer med Fenyleddiksyre og danner et radikal (A). Dannelse av det radikale kationet (B) er katalysert av H^+ i surt miljø, hvor det videre blir omdannet til benzyradikalet (C) hvor CO_2 og H^+ blir frigjort. Ved høy konsentrasjon av Fe^{3+} kan C omdannes til fenylmetanol. Ellers vil benzyradikalet omdannes til 1,2-difenyletan. Figur 1.8 viser dannelse av fenylmetanol og 1,2-difenyletan.



Figur 1.8 Dannelse av fenylmetanol og 1,2-difenyletan.

1.2.5 Deteksjon av mikroplast

I denne delen forklares forskjellige metoder for å detektere mikroplast. Her blir H-NMR spektroskopi og visuell identifisering med stereolupe beskrevet i detalj.

H-NMR spektroskopi

Proton kjernemagnetisk resonans spektroskopi (H-NMR) går ut på at en prøve blir utsatt for et magnetfelt hvor protonene retter sitt spinn mot retningen av magnetfeltet. Når magneten skrues av vil protonene avgi et signal med som måles i en detektor. Signalet har en frekvens som avhenger av elektrontettheten rundt protonet. Dersom det er et elektronegativt atom i

nærheten av protonet som tiltrekker elektroner mot seg, noe som fører til at det blir færre elektroner som skjermer for signalet fra protonet, vil signalet ha et høyere kjemisk skift. Det vil si signalet har en annen frekvens enn en referansefrekvens. Kvantitativ proton kjernemagnetisk resonans spektroskopi (qNMR) er en analysemetode som bestemmer mengde eller renhet av et stoff. qNMR er ofte brukt i blant annet legemiddelindustrien og i forskning på miljøgifter (Bharti & Roy, 2012). Bharti & Roy skriver videre at qNMR kan deles inn i to metoder. Den ene metoden er relativ kvantifisering, og den andre metoden er absolutt kvantifisering. I relativ kvantifisering blir signalet fra en forbindelse sammenliknet med andre signaler prøven for å bestemme relativ forekomst. I absolutt kvantifisering blir signalet fra prøven sammenliknet med signalet fra en standard for å bestemme stoffmengden av analytten(e).

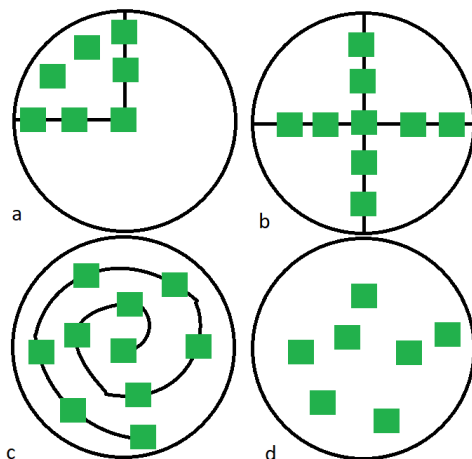
qNMR kan også brukes til identifisering av mikroplast raskt og med stor nøyaktighet (>98%) (Peez et al., 2018).

Visuell identifisering med stereolupe

Mikroplast kan identifiseres visuelt ved hjelp av en stereolupe. Mikroplast skilles fra andre forbindelser ved de følgende kriteriene: 1) Ingen synlig organisk eller cellestruktur, 2) Fibre har samme tykkelse over hele lengden, 3) Fargede partikler er farget homogent, 4) Fibre fremstår som avbøyde, men flate tråder, 5) Partiklene skinner ikke (Horton et al., 2017; Mohamed Nor & Obbard, 2014). Fordelen med denne metoden er at den er enkel, ikke destruktiv og ikke kostbar å utføre. En ulempen med denne metoden er at den er mindre nøyaktig enn spektroskopiske metoder. En annen ulempe med denne metoden er at vekten av mikroplasten ikke kan bestemmes, men kun størrelse og form på partiklene. Denne metoden alene til identifisering av mikroplast er som oftest ikke brukt, men kan brukes i kombinasjon med spektroskopiske metoder (Hidalgo-Ruz et al., 2012).

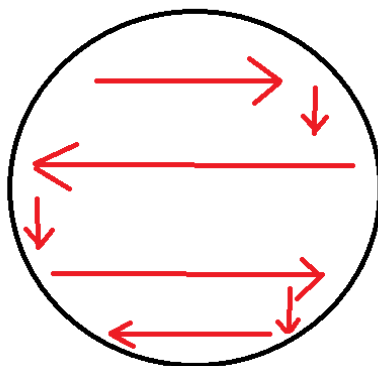
Filtrerpapirene kan undersøkes med forskjellige metoder. En av metodene er å velge 2 x 2 mm områder på filtrerpapiret og anta at disse er representative for hele filtrerpapiret (Huppertsberg & Knepper, 2018). Dette gjør at det tar mindre tid å utføre visuell identifisering av mikroplast, men dette forutsetter at mikroplasten er fordelt jevnt på filtrerpapiret. En annen metode er å undersøke hele filtrerpapiret systematisk ved å følge linjer. Figur 1.9 viser forskjellige måter å velge områder å undersøke på filtrerpapiret ifølge Huppertsberg & Knepper (2018). Hver grønne kvadrat er et 2 x 2 mm område av

filtrerpapiret. Kvadratene kan fordeles over en fjerdedel av sirkelen (a), fordeles over et kryss (b), fordeles i helisk konfigurasjon (c), og fordeles tilfeldig (d). Figur 1.10 viser hvordan hele filtrerpapiret kan systematisk undersøkes.



Figur 1.9 Forskjellige måter å velge områder å undersøke. Figuren viser fordeling over en fjerdedel av sirkelen (a), fordeling over et kryss (b), helisk fordeling (c) og tilfeldig fordeling (d).

Filtrerpapiret undersøkes ved å følge rette linjer og flyttes til neste linje når en helt linje er blitt undersøkt.

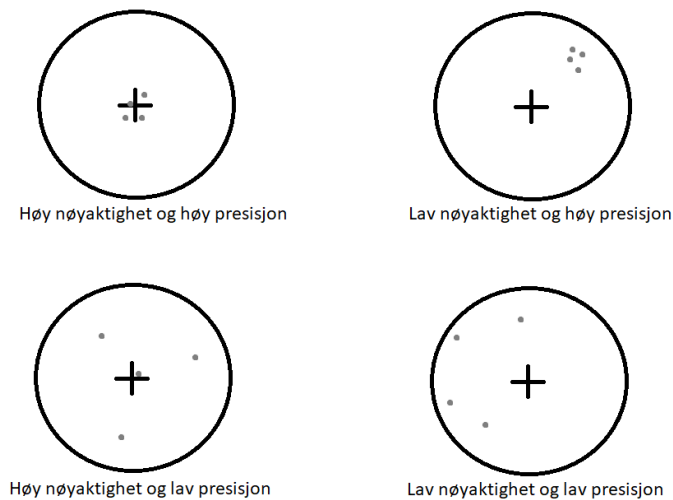


Figur 1.10 Systematisk undersøkelse av filtrerpapir

1.2.6 Analyse

En kjemisk analyse brukes for å få informasjon om en prøve. Ønsket forbindelse, eller forbindelsen som letes etter, kalles analytt. Alle andre forbindelser i resten av prøven utgjør matrisen. En analyse kan være kvalitativ eller kvantitativ avhengig av hvordan analytten i prøven bestemmes. En kvalitativ analyse bestemmer hvilke forbindelser som er i prøven og brukes for å finne ut om analytten er til stede i prøven. En kvantitativ analyse bestemmer konsentrasjon eller mengde av analytt i prøven.

I en analyse kan én eller flere prøvereplikater benyttes. Prøvereplikater er et begrep for prøver som analyseres likt og parallelt under et forsøk. Grunnen til at flere prøvereplikater er brukt er at analyser vil alltid ha en viss unøyaktighet. I en kjemisk analyse snakkes det om nøyaktighet og presisjon. Med presisjon menes hvor nærme hver måling er de andre målingene, der stor presisjon gir målinger som er nærme hverandre. Med nøyaktighet menes hvor nærme det gjennomsnittlige målte er den sanne verdien, der stor nøyaktighet gir et gjennomsnitt som er nær den sanne verdien. Jo flere prøvereplikater som benyttes i analysen, desto nærmere blir den gjennomsnittlige målingen den sanne verdien. Figur 1.11 illustrerer eksempler av henholdsvis høy nøyaktighet og høy presisjon, lav nøyaktighet og høy presisjon, høy nøyaktighet og lav presisjon, og lav nøyaktighet og lav presisjon.



Figur 1.11 Illustrasjon av fire eksempler på forskjellig nøyaktighet og presisjon.

2 Metode

Dette kapitlet omhandler det eksperimentelle arbeidet og metoden som er brukt i prosjektet. Først blir det en gjennomgang av kjemikalier og utstyr. Deretter beskrives hvordan originalforsøket gjennomføres. Etter det blir innsamling av jordprøver og utprøving av originalforsøket forklart. Deretter beskrives utviklingen av undervisningsopplegget rundt forsøket. Til sist forklares utprøving av undervisningsopplegget, og utvikling og analyse av spørreskjemaene.

2.1 Kjemikalier og utstyr

Urglass med diameter større enn 47 mm ble brukt til å tildekke filtrerpapirene.

Aluminiumsfolie ble skaffet fra hverdagsbutikk. To store vekter (Ohaus Brainweigh B5000) og (Ohaus Brainweigh B300 D) ble brukt til innveining av jord.

Analysevekt (HCB123) fra AE Adam ble brukt til å veie inn salter. Plastbiter av polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid ble brukt til testing av tetthet til saltløsning.

Filtrerpapir med 11 μ m porestørrelse (WHA1001055) og nylon membran filtrerpapir med 0,45 μ m porestørrelse (WHA7404004) fra Whatman ble brukt til vakuumfiltrering.

Stereoluper med opptil 45x forstørrelse ble brukt til identifisering av mikrofiber og gummigranulat. Et kamera (Moticam X5 Plus) ble montert på en stereolupe og brukt til å ta bilder av filtrerpapir med prøvene.

Fem stereoluper ble brukt under utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2. Tre av lupene hadde lyspærer.

Standard büchnertrakter ble benyttet til vakuumfiltreringen. Nylon membran filtrerpapiret passet ikke büchnertraktene og var enten for små eller for store. Dette ble løst ved å klippe av en bit på enden av filtrerpapirene for å passe inn i de mindre büchnertraktene.

Kjemikaliene som var brukt var hydrogenperoksid (33% ustabilisert, teknisk) fra VWR, sinkklorid (produktnr. 208086) fra Sigma-Aldrich (USA), jern(II)klorid (97%, anhydret) fra Thermo Scientific Chemicals, konsentrert saltsyre (37%) fra Merck, og natriumklorid (vanlig bordsalt) fra nærbutikk.

En stålsikt med 5 mm diameter hull ble brukt til sikting av prøvene.

2.2 Hvordan originalforsøket gjennomføres

Forsøket *Detecting Microplastics in Soil and Sediment in an Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory Experiment That Promotes Skill Building and Encourages Environmental Awareness* (Rowe et al., 2019), som ligger tilgjengelig i *Journal of Chemical Education*, ble oversatt til norsk og videreutviklet for at det skal kunne utføres av kjemi 2 elever i norske skoler. Originalforsøket er delt inn i tre forskjellige deler: 1. Sikting og tetthetsseparasjon, 2. Vakuumfiltrering og Fentonreaksjon, og 3. Undersøkelse under stereolupe.

Originalforsøket begynner med at det hentes en jordprøve med egnet jordtype, der det er antatt å være mye mikroplast. Jordprøven må deretter varmes opp for å fjerne vannet i prøven for å kunne nøyaktig bestemme mengde mikroplast per vekt i tørrjord. Dette gjøres ved 100°C i en ovn eller i et varmeskap. Deretter måles massen av den tørkede jorden. Forsøket kan også utføres uten tørking, men da kan ikke vekten av tørrjord bestemmes.

Jordprøven skal deretter siktes for å fjerne partikler som er større enn 5 mm i diameter. Dette gjøres fordi mikroplastpartikler regnes som plastpartikler med diameter under 5 mm. Til siktingen kan en stålsikt med 0,5 – 5 mm diameter hull brukes.

Det utføres så en tetthetsseparasjon ved å ha jordprøven i en saltløsning med relativt høy tetthet. Dette gjøres for å separere mikroplast fra tyngre partikler i jorden. Målet er å få mikroplasten til å flyte og resten av partiklene i jorden til å synke. I jord er det også mange organiske forbindelser med lavere tetthet enn saltløsningen, og de organiske forbindelsene vil også flyte under tetthetsseparasjonen. ZnCl-løsning og NaCl-løsning er egnet til tetthetsseparasjon. Hverken ZnCl eller NaCl reagerer med mikroplast.

Prøven skal deretter vakuumfiltreres for å fjerne væsken ettersom det er mikroplast som skal undersøkes under en stereolupe. Væsken må dekanteres for å overføre mikroplasten og de organiske forbindelsene og unngå å overføre fast jord som ikke inneholder mikroplast.

Deretter brukes Fenton reagens, som er en blanding av jernklorid, saltsyre, og hydrogenperoksid, for å oksidere de organiske forbindelsene i prøven. Etter en ny vakuumfiltrering skal mikroplasten identifiseres under en stereolupe.

2.3 Innsamling av jordprøver

Originalforsøket beskrevet av Rowe et al. (2019) ble først testet for å undersøke om det kunne brukes til å finne mikroplast i jord. Prøver ble ikke tatt under vinteren ettersom snø og frossen jord ikke er egnet til lab forsøket. Tabell 2.1 viser en oversikt over jordprøver som ble tatt under prosjektet i stikkordsform. Punktprøver fra skogbunn og bekk var 10 x 10 cm utsnitt av jorden der opp mot 15 cm dybde av jorden ble tatt. Resten av punktprøvene var 10 x 10 cm utsnitt av jorden der opp mot 10 cm dybde av jorden ble tatt. I resten av delkapitlet forklares hver av prøvene i detalj.

Tabell 2.1 Oversikt over jordprøver

Dato	Beskrivelse av jordprøver
Høst 2021	
17.11.2021	Punktprøve tatt ved skogbunn ved Isesjøen, Sarpsborg.
Vår 2022	
12.04.2022	Punktprøve tatt ved bekk ved Isesjøen, Sarpsborg.
Høst 2022	
06.08.2022	Punktprøve tatt ved vei i Tønsberg, kryss ved Melsomvikveien.
09.08.2022	Punktprøve tatt ved vei i Skjeberg, kryss mellom Ullerøyveien og Oldtidsveien.
10.08.2022	Punktprøve tatt av veileder ved heggdalsveien 347, Asker.
07.09.2022	Punktprøve tatt ved tursti ved Rikshospitalet, Oslo.
12.09.2022	Snittprøve av fem punktprøver tatt ved fotballbane i Skjærviken, Sarpsborg, 1m unna kunstgresset med T-Innsamling.
27.09.2022	Snittprøve av fem punktprøver tatt ved tursti ved Rikshospitalet, Oslo med UG-Innsamling.

Tabell 2.1 fortsetter

Dato	Beskrivelse av jordprøver
02.10.2022	Snittprøve av fem punktprøver tatt ved tursti ved Rikshospitalet, Oslo med T-Innsamling.
29.10.2022	To snittprøver av fem punktprøver hver tatt ved fotballbane i Oslofjord Arena, Melsomvik. De to snittprøvene ble tatt med T-Innsamling og henholdsvis 2 m og 5 m unna kunstgresset.
03.11.2022	Snittprøve av fem punktprøver tatt ved tursti ved Rikshospitalet, Oslo med T-Innsamling.
Vår 2023	
02.04.2023	To snittprøve av fem punktprøver hver tatt ved fotballbane i Skjærviken, Sarpsborg. De to snittprøvene ble tatt med T-Innsamling og henholdsvis 2 m og 5 m unna kunstgresset.
07.04.2023	Snittprøve av fem punktprøver tatt ved fotballbane i Oslofjord Arena, Melsomvik, 1 m unna kunstgresset med T-Innsamling. Fem ekstra snittprøver av seks punktprøver hver tatt ved samme fotballbane og samme avstand (1 m unna).

2.3.1 Jordprøve fra skogbunn og bekk

Hensikten bak å ta den første jordprøven var å teste om forsøket virket slik det var beskrevet av Rowe et al. (2019) J-Innsamling ble benyttet, og en grop nær et møtepunkt på en sti i Sarpsborg ble valgt til prøvetaking. De øverste 15 cm av jorden ble tatt med plastspade og oppbevart i plastpose fordi det var utstyr som var tilgjengelig. Etter anbefalinger fra veileder ble plastspade byttet med en stålskje og plastpose byttet med glasskrukker med metallokk i videre jordprøver. Det ble funnet ut at humusrik jord fra skogbunn var lite egnet til forsøket siden jorden inneholdt så mye organisk materiale med lav tetthet, at det ikke var mulig å få til trinnet med tetthetsseparasjon som var beskrevet i originalforsøket, da det meste av jorden fløt

på toppen av saltløsningen. Av den grunn ble det prøvd å hente inn prøver av andre jordtyper. Som nevnt tidligere kan mikroplast komme fra slitasje av bildekk, mikrofiber kan falle av tøy ved vanlig bruk, og gummigranulat i naturen kan komme fra kunstgressbaner. Figur 2.1 viser hvor jordprøven fra skogbunn ble tatt (URL: <https://kartkatalog.geonorge.no/kart>. Redigert med Windows Utklippetsverktøy).



Figur 2.1 Geografisk posisjon av jordprøve fra skogbunn. Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet. Det ble derfor forsøkt å ta jordprøver fra bekk, vei, tursti og fotballbaner. Dette problemet med at jord fløt på toppen av saltløsningen ble ikke observert med jordprøver fra bekk, veikant, tursti eller nær fotballbaner. I tilleggsinformasjonen til originalforsøket er det nevnt at det er veldig sannsynlig for at jord nær bekker, nær innsjøer, eller nær havet inneholder mye mikroplast og mikrofiber. Av den grunn ble jordprøve fra bekk også undersøkt.

Jordprøve fra bekk

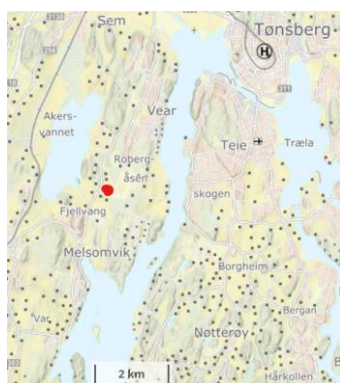
J-Innsamling ved brukt ved å ta en punktprøve ved en bekk nær innsjøen Isesjøen i Sarpsborg. Punktprøven var et ca. 10 x 10 cm utsnitt av jordoverflaten der opp mot 15 cm dybde av jorden ble tatt med stålskje. Punktprøven ble oppbevart i en plastpose. Prøven ble deretter analysert med originalforsøket. Figur 2.2 viser hvor jordprøven fra bekk ble tatt.



Figur 2.2 Geografisk posisjon av J-Innsamling fra bekk. Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet.

2.3.2 Jordprøver fra vei og tursti

Videre ble J-Innsamling brukt ved å ta én punktprøve fra en vei i Skjeberg, én punktprøve fra en vei i Tønsberg, og én punktprøve fra en tursti i Oslo. Jordprøver fra veikant og tursti ble tatt fordi slitasje av bildekk er en kilde til mikroplast og slitasje av tekstiler er en kilde til mikrofiber. I tillegg ble en jordprøve tatt fra veikant ved Asker av veileder. Punktprøvene fra vei og tursti ble analysert under videreutviklingen av forsøket. For hver punktprøve ble opp mot 10 cm dybde av jorden tatt med stålskje og oppbevart i glasskrukker. Da det viste seg at det var mest mikroplast i prøven som ble tatt ved turstien ble det utført systematisk prøvetaking ved samme tursti for å undersøke om dette gjaldt flere steder langs turstien og ikke bare der den første prøven ble tatt. Figur 2.3, Figur 2.4, Figur 2.5, og Figur 2.6 viser J-Innsamling av jordprøvene fra henholdsvis veien i Tønsberg, veien i Sarpsborg, veien i Asker, og turstien i Oslo.



Figur 2.3 Geografisk posisjon av J-Innsamling fra vei i Tønsberg. Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet.



Figur 2.4 Geografisk posisjon av J-Innsamling fra vei i Skjeberg. Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet.

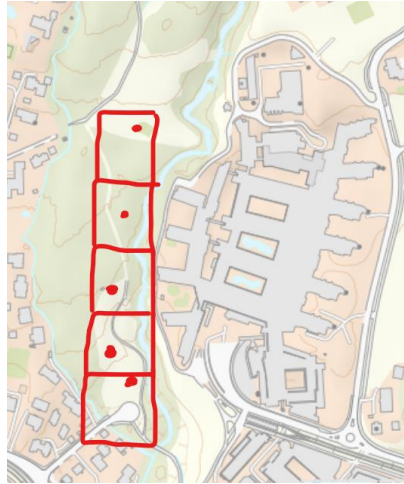


Figur 2.5 Geografisk posisjon av J-Innsamling fra vei i Asker. Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet.



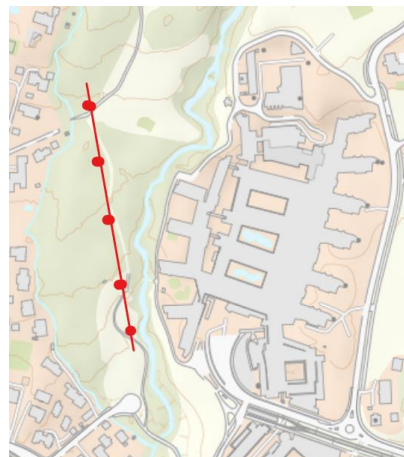
Figur 2.6 Geografisk posisjon av J-innsamling fra tursti ved Rikshospitalet, Oslo (Venstre) og presis posisjon for innsamling av jordprøven (Høyre). Den røde prikken viser hvor jordprøven ble innsamlet.

UG-Innsamling metoden ble utført på den samme turstien ved å definere områder langs stien. Én snittprøve ble tatt for turstien ved å blande sammen fem punktprøver fra forskjellige steder langs stien. Figur 2.7 viser hvor UG-Innsamlingen ble utført.



Figur 2.7 UG-Innsamling av jordprøve fra tursti. Kvadratene viser subenhetene fordelt over stien. De røde prikkene viser hvor punktprøvene ble tatt.

To T-Innsamlinger ble utført på samme tursti. Én i oktober 2022 og én i november 2022. Hver T-Innsamling var én snittprøve av fem punktprøver. Figur 2.8 viser hvor T-Innsamlingen ble utført.



Figur 2.8 T-Innsamling av jordprøver fra tursti. De røde prikkene viser hvor punktprøvene ble tatt.

Etter at forsøket ble utført på jordprøvene fra veikant ble det ikke lenger brukt varmeskap til å tørke jordprøvene. Grunnen var at noen typer mikroplast og mikrofiber kunne deformeres ved så høy temperatur. I videre forsøk ble jordprøvene lufttørket i minst 24 timer før utførelsen av forsøket.

2.3.3 Jordprøver fra fotballbaner

Jordprøver fra fotballbaner ble tatt med T-Innsamling ved å ta én punktprøve fra hver av fem punkter i jord utenfor fotballbanen der hvert punkt var 1m unna fotballbanen. Disse prøvene ble blandet sammen til en snittprøve og lagret i en glasskrukke med metallokk. Dette ble gjentatt for punkter 2 m unna og 5 m unna fotballbanen. Denne metoden ble brukt på en fotballbane ved Skjærviken i Sarpsborg og på en fotballbane ved Oslofjord Arena ved Melsomvik. Hver punktprøve tatt ved fotballbaner var et ca. 10 x 10 cm utsnitt av jordoverflaten, med opp mot 10 cm dybde i jorden.

I tillegg ble det forsøkt å bruke en ny metode for å sammenlikne metoden som ble brukt i dette forsøket og metoden som beskrevet av Zhang og Liu (2018) av fem snittprøver bestående av seks punktprøver hver. Fem områder ble definert med 1 m avstand unna fotballbanen i Oslofjord Arena. Fra hvert område ble det tatt én snittprøve bestående av seks punktprøver hver. Figur 2.9 og Figur 2.10 viser hvor T-Innsamling av jordprøver ble tatt fra henholdsvis fotballbanen i Skjærviken, Sarpsborg og fotballbanen i Oslofjord Arena, Melsomvik.



Figur 2.9 T-Innsamling av jordprøver fra fotballbane i Skjærviken. De røde prikkene illustrerer hvordan prøvene tatt.



Figur 2.10 T-Innsamling av jordprøver fra fotballbane i Oslofjord Arena. De røde prikkene illustrerer hvordan prøvene ble tatt.

2.4 Videreutvikling av forsøket

Delmål 2 som beskrevet i Introduksjonen i dette prosjektet er å videreutvikle og tilpasse forsøket slik at det er bedre tilpasset forholdene i norsk skole. Nedenfor beskrives forskjellige tiltak som ble gjort for å tilpasse forsøket.

2.4.1 Endre løsning til tetthetsseparasjon

I det opprinnelige forsøket ble 3,6 M ZnCl_2 -løsning brukt til tetthetsseparasjonen. I tillegg ble 6 M NaCl-løsning foreslått som et alternativ i det opprinnelige forsøket. 3,6 M ZnCl_2 har en massetetthet på 1,3 g/mL mens 6 M NaCl har en massetetthet på 1,2 g/mL. 6 M NaCl har større massetetthet enn for eksempel polyeten ($<0,97 \text{ g/cm}^3$), polypropen ($<0,92 \text{ g/cm}^3$) og polystyren ($1,05 \text{ g/cm}^3$). Polyvinylklorid derimot har større massetetthet ($1,28 \text{ g/cm}^3 - 1,34 \text{ g/cm}^3$) og vil synke i saltløsningene. Ettersom de vanligste typene mikroplast består av polyeten og polypropen (Ciardelli et al., 2019) har både 3,6 M ZnCl_2 og 6 M NaCl en tetthet som egner seg til tetthetsseparasjonen. Siden ZnCl_2 er meget giftig, med langtidsvirkning, for liv i vann, og NaCl er ikke klassifisert som et farlig stoff, ble det forsøkt å bruke NaCl i videreutviklingen av forsøket.

Til å begynne med ble 6 M NaCl brukt til tetthetsseparasjon, men under tillaging av saltløsningen tok det uforholdsmessig mye tid å løse alt saltet. Det ble derfor forsøkt å erstatte 6 M NaCl-løsningen med 4 M NaCl-løsning, en løsning som det tar mye mindre tid å tillage. Tettheten til denne løsningen $1,14 \text{ g/cm}^3$ og løsningen burde derfor være egnet til å tetthetsseparere polyeten, polypropen og polystyren.

Egnetheten av 4 M NaCl sammenliknet med 3,6 M ZnCl_2 ble undersøkt ved å tilsette vann, 4 M NaCl, og 3,6 M ZnCl_2 til hvert sitt begerglass og deretter ha 2 cm biter av polyeten, polypropen, polystyren, og polyvinylklorid i hvert av begerglassene. Det ble observert hvilke plasttyper som fløt og hvilke som sank i de ulike løsningene. Plastbiter som fløt på toppen av løsningen ble dyttet under væskeoverflaten for å dekke hele overflaten av plastbitene med løsning og sørge for at det ikke var noen luftbobler på plastbitene, da dette kan gjøre at de flyter selv om de har en tetthet som er høyere enn tettheten til løsningen. Denne metoden blir heretter kalt en **flytetest**.

Demonstrering av flytetest i forsøket

Flytetesten ble utført to ganger i tillegg til at den ble demonstrert under en pilot med to masterstudenter og under utprøving av forsøket med elever i kjemi 2. Fordelene med å demonstrere flytetesten i plenum er blant annet at utgifter på kjemikalier reduseres, men det er viktig at demonstrasjonen ikke tar for lang tid for at elevene ikke skal miste interessen. I tillegg må orden holdes på kjemikalier og utstyr under demonstrasjonen ettersom elever legger merke til mange ting som læreren gjør, som f.eks. om læreren bruker kjemikalier og glassutstyr på riktig måte (Ringnes & Hannisdal, 2014).

2.4.2 Observasjon i stereolupe

For å lettere telle antall mikroplast i den første jordprøven tatt fra turstien i Oslo ble et gjennomsiktig plastark, med kvadratisk gitter tegnet over, klipt til et rundt stykke med saks og limt fast på filterpapirene. Dette ble gjort for å lettere undersøke filterpapiret uten å se på samme området med uhell.

Det ble sluttet med å bruke plastark med kvadratisk mønster etter at det ble oppdaget mikrofiber på plastarket som ikke kom fra jordprøven. Plastarket ble undersøkt under stereolupen og det ble observert mikrofiber der det hadde blitt klippet med saks. Undersøkelse med stereolupe i videre forsøk hadde ikke gitter over filterpapiret, og filterpapiret ble observert systematisk ved å følge linjer som beskrevet i teoridelen ovenfor, og antall mikroplast og mikrofiber som ble oppdaget underveis ble telt og notert ned.

2.4.3 Endring av filterpapir

Nylon membranfilteret som brukes i det opprinnelige forsøket er relativt kostbart sammenliknet med et vanlig filterpapir. Vanlig filterpapir er også noe man kan forvente å finne på de fleste skoler. Det ble derfor undersøkt om det var mulig å erstatte nylon membranfilteret med et vanlig filterpapir.

En innsamlet jordprøve fra fotballbane der det var funnet en del mikrofiber i tidligere tester, ble brukt til undersøkelsen. Det ble gjennomført tre prøvereplikater med vanlig kvalitativt filterpapir og tre prøvereplikater med nylon membran filterpapir. Ettersom de vanlige

filtrerpapirene var engangsbruk, ble nye vanlige filtrerpapir brukt til vakuumfiltreringen etter Fentonreaksjon.

2.4.4 Tiltak for å redusere tiden brukt på forsøket

Det ble gjort flere tiltak for å redusere tiden som ble brukt i utførelsen av forsøket. Den første endringen var å fjerne undersøkelse med stereolupe før Fentonreaksjonen, slik at undersøkelsen kun foregår i slutten av forsøket. En annen endring var å endre røringen av prøven i saltløsningen fra 10 minutter med magnetrører til 1 minutt manuell risting. En annet viktig tiltak for å redusere tidsrammen var å endre tetthetsseparasjon med saltløsning fra 60 minutter til 30 minutter.

2.5 Utvikling av undervisningsopplegg

I denne delen forklares utviklingen av prelab, rapportmal, og lærerveiledning til det videreutviklede forsøket.

Tabell 2.2 viser tidslinje for utvikling og utprøving av undervisningsopplegget.

Tabell 2.2 Tidslinje for utvikling og utprøving av undervisningsopplegget.

Versjon / Dato	Endringer i versjonen i stikkordsform	Utprøving
1 / 11.2022	Originalforsøk fritt oversatt til norsk. Tidsramme: 3 timer.	Pilotering med masterstudenter
Bakgrunn for endring mellom 1 og 2: Masterstudentene ønsket en 'prelab' eller liknende bakgrunnsinformasjon.		

Tabell 2.2 fortsetter

Versjon / Dato	Endringer i versjonen i stikkordsform	Utprøving
2 / 02.2023	Prelab og rapportmal utviklet. Elever jobber i grupper på tre og tre elever. Tidsramme: 3 timer og 15 minutters pause.	Utprøving med elever i kjemi 2
<p>Bakgrunn for endring mellom 2 og 3: Tidsrammen var ikke tilstrekkelig. Kontrollprøver ble forkastet under utprøvingen. Noen elever forsto ikke hvordan man tilbereder saltløsning. Flesteparten av elevene trengte gjennomgang av vakuumfiltrering.</p>		
3 / 05.2023	Kontrollprøver fjernet fra prosedyren. Tillaging av saltløsning omformulert i prelab. Spørsmål om vakuumfiltrering lagt til i prelab. Tidsramme: 3 timer inkludert 15 minutters pause.	

2.5.1 Utvikling av prelab

En prelab (Vedlegg 6) ble utviklet til versjon 2 av undervisningsopplegget med tanke på at elevene skulle komme forberedt til undervisningsøkten. Det ble utviklet to spørsmål til prelaben. Det første spørsmålet er «*Du skal lage 100 mL av en 4 M NaCl-løsning. Hvor mye salt trenger du? Oppgi svaret i gram*» og ble utviklet etter at masterstudentene gav kommentarer om at man sparer tid om elevene gjør denne beregningen på forhånd. I tillegg er spørsmålet rettet mot kjerneelementet om praksiser og tenkemåter i kjemi, som handler om praktisk laboratoriearbeid. Det andre spørsmålet er «*Hvilke farlige kjemikalier benyttes i denne øvelsen? Hva er farene med kjemikaliene?*» og er rettet mot kjerneelementet om anvendt kjemi, der risiko av kjemikalier inngår. Elevene skal kunne forstå risikoen ved bruk av noen kjemikalier.

Etter utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2 som står beskrevet i neste delkapittel 2.6 ble det utviklet et ekstra spørsmål i prelaben. Spørsmålet er «*Du skal forberede et vakuumfiltrering oppsett. Hva er viktig å huske på å gjøre for å forsikre om at det blir vakuum i kolben?*» og har samme hensikt som det første spørsmålet om hvor mye salt man trenger til

tillaging av saltløsning. Elevene bør komme forberedt til forsøket, og ved bruk av dette nye spørsmålet får elevene i tillegg brukt praksiser og tenkemåter i kjemi. Endringene i prelaben er beskrevet i stikkordsform i Tabell 2.2. Endringene i bakgrunn av spørreskjema og utprøving av forsøket er beskrevet i Tabell 3.6 i delkapittel 3.3.3 *Videreutvikling av undervisningsopplegget*.

2.5.2 Utvikling av rapportmal

En rapportmal ble utviklet til versjon 2 av undervisningsopplegget etter piloteringen med masterstudentene og etter anbefaling av veileder. Rapportmalen er vedlagt til i slutten av andre versjon av forsøksbeskrivelsen (Vedlegg 4). Følgende spørsmål ble utviklet for å få elevene til å bruke observasjoner og teori til å forklare prinsippene som brukes i forsøket.

Det første spørsmålet er *‘Hvilke typer plast fløt eller sank under flytetesten? Bruk tabellen under til å notere om plasten fløt bra, fløt dårlig, eller sank til bunn.’* og har en tilsvarende tabell hvor elevene kan svare. Hensikten bak dette spørsmålet er å introdusere elevene til vanlige typer plast og plasttypenes flyteevne før elevene senere i rapportmalen skal prøve å vurdere hvilke typer plast de sannsynligvis har i filterpapiret.

Det andre spørsmålet er *‘Hvorfor er det forskjell på hvilke plasttyper som flyter og synker i vann og i saltløsningen? Hvilken egenskap er det som påvirker flyteevnen?’* og tester elevenes kjemi kunnskaper.

Det tredje spørsmålet er *‘Hvorfor ble tetthetsseparasjon av jordprøven utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke gjør tetthetsseparasjon?’*

Det fjerde spørsmålet er *‘Hvorfor ble oksidasjon med Fenton reagens utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke utfører oksidasjonen?’*

Det femte spørsmålet er *‘Fant du noe mikroplast i jordprøven? Hvis ja, hvor mye?’*

Det sjette spørsmålet er *‘Hvilke typer mikroplast tror du prøven din inneholder? Bruk Tabell 1 til å begrunne svaret ditt’*, og hensikten bak spørsmålet er å la elevene forsøke å trekke en konklusjon fra observasjoner. Elevene får se en reell sammenheng mellom observasjoner i forsøket med mikroplastutslipp i jord.

Det syvende spørsmålet er *‘Selv når avløp går gjennom vannrenseanlegg vil det fortsatt være noe mikroplast som slippes ut. Hva kan skje om det havner mer mikroplast i havet?’*. Målet med dette spørsmålet er at elevene skal tenke seg konsekvenser for mikroplast i naturen.

Det åttende spørsmålet er *‘Hva er noen tiltak man kan ta for å forminske mikroplast utslipp?’*.

Det ble ikke gjort noen endringer i rapportmalen etter utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2. Grunnen til dette er at elevene ikke hadde tid til å utfylle rapportmalen, så rapportmalen ble uheldigvis ikke tatt i bruk, noe som gjør det vanskelig å bestemme hvilke av spørsmålene oppfyller sin hensikt.

2.5.3 Utvikling av lærerveiledning

For å gjøre det lettere for lærere å utføre forsøket ble en lærerveiledning utviklet (Vedlegg 9). Lærerveiledningen inneholder en kort beskrivelse av forsøket, av at det tar 3 timer å utføre og hvordan det er tilknyttet læringsplanen, hvordan jordprøver bør tas på forhånd av forsøket og at det er foreslått å innsamle 100 g våtjord per gruppe med elever. Lærerveiledningen beskriver også hvordan utstyret kan fordeles blant gruppene, hvordan forsøket kan tilpasses for å utføres over to dager med vanlige to-timers økter med kjemi. I tillegg står det litt om mulighet for å droppe bruk av stålsikt. I slutten av lærerveiledningen er det vist noen eksempelbilder av mikrofiber og gummigranulat.

2.6 Utprøving av undervisningsopplegg

Det videreutviklede forsøket ble først testet ut i en pilot av to masterstudenter ved Universitetet i Oslo. Etter piloten ble det gjort noen endringer i forsøksbeskrivelsen, og deretter ble det videreutviklede forsøket testet av 13 elever i kjemi 2. Etter utprøvingen svarte elevene på et anonymt spørreskjema der svarene ble brukt til å tilpasse det videreutviklede forsøket og tilpasse

2.6.1 Pilotering med masterstudenter

To masterstudenter meldte seg frivillig til å prøve ut den oversatte og første versjon av den videreutviklede forsøksbeskrivelsen (se Vedlegg 2). Etter utprøvingen svarte de også på spørreskjemaet som var blitt laget med tanke på utprøvingen i kjemi 2 klassen (Vedlegg 3).

Hensikten bak piloteringen var å oppdage oppgaver som var vanskelige å utføre, undersøke hvor lang tid masterstudentene brukte på å gjennomføre forsøket, og bruke tilbakemeldingene fra masterstudentene til å videreutvikle fremgangsmåten og spørreskjemaet.

Til flytetesten, hvor vann, 4 M NaCl og 3,6 M ZnCl₂ ble tilsatt i hvert sitt begerglass for å teste tettheten av plastbitene, ble biter av polypropen, polystyren og polyeten brukt.

Etter første vakuumfiltrering ble masterstudentene minnet på å skylle filtrerpapiret et par ganger med vann fra vannspruteflaske for å skylle ned mikrofiber og mikroplast. Prøven og kontrollen til den ene masterstudenten ble kastet etter det ble oppdaget at kontrollen og prøven ble forvekslet med hverandre, og begge masterstudentene jobbet sammen med å utføre Fentonreaksjon, andre vakuumfiltrering, og undersøkelse med stereolupe på den gjenstående jordprøven og kontrollen.

I undersøkelse med stereolupe ble masterstudentene informert om at filtrerpapirene skulle undersøkes systematisk. Det ble demonstrert hvordan filtrerpapiret ble undersøkt ved å begynne på ett hjørne og flytte filtrerpapiret langs en rett linje. Masterstudentene noterte hvor mange mikrofiber og mikroplast de oppdaget i filtrerpapiret med prøven og filtrerpapiret med kontrollen.

2.6.2 Utprøving av forsøket med elever i kjemi 2

Forsøket ble gjennomført med 13 kjemi 2 elever som kom og hadde en laboratorieøkt på Universitetet i Oslo. Veileder tok kontakt med en kjemi 2 lærer i sitt nettverk, og denne læreren tok med sin klasse med elever til universitetet. Et anonymt spørreskjema ble laget til utprøvingen (se Vedlegg 5). Formålet var å oppdage mulige vanskeligheter i utføringen av forsøket, og bruke tilbakemeldinger på spørreskjemaet til å tilpasse og videreutvikle forsøket. Elevene prøvde ut versjon to av den videreutviklede forsøksbeskrivelsen (se Vedlegg 4).

Jordprøven som ble brukt i utprøvingen var testet tidligere og det var funnet mikrofiber i den. Prøven kom fra jord nær en fotballbane. Dagen før utprøvingen ble prøvereplikaten siktet for å spare tid til utprøvingen av forsøket. Elevene utførte dermed ikke siktingen selv og begynte med tetthetsseparasjon. Utprøvingen varte tre og en halv time, inkludert en pause på 15 minutter, der de første 10 minuttene av utprøvingen ble brukt til en kort introduksjon av forsøket.

Planen var at flytetesten skulle utføres av hver elevgruppe. Etter at det ble oppdaget av elevene brukte mer tid enn forventet i tillaging av saltløsninger ble flytetesten demonstrert i plenum mens elevene ventet under tetthetsseparasjonen. Dette ble gjort for å spare tid. Vakuumfiltreringen ble raskt gjennomgått ved å vise oppsettet av utstyr og å forklare utførelsen til elevene. Elevene fikk hjelp med å lete etter mikroplast med stereolupe etter behov. Elevene fikk se bilder med eksempler av mikroplast og mikrofiber. Elevene ble bedt om å forklare hva de oppdaget, og fikk hjelp til å bekrefte funn av mikrofiber.

Kjemi 2 elevene tok pause etter første vakuumfiltrering før de begynte med Fentonreaksjon. I de siste ti minuttene ble forsøket oppsummert, og elevene ble bedt om å fortelle hvordan øvelsen gikk og hva de hadde lært.

2.7 Utvikling og analyse av spørreskjema

2.7.1 Utvikling av spørreskjema til pilotering med masterstudenter

Et spørreskjema ble utviklet til piloteringen med masterstudentene. De første fem spørsmålene var «*Hva gikk bra og hva gikk dårlig med [dette trinnet]*» for de fem trinnene: sikting, tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering, Fentonreaksjon og undersøkelse med stereolupe. Hensikten bak disse fem spørsmålene var å oppdage feil som oppstår under prosedyren, hva man bør se etter for at trinnene skal gå bra, og hva som kan være vanskelig å utføre for elevene i selve utprøvingen.

Etter de fem første spørsmålene i spørreskjemaet ble det lagt til en tabell om tre forskjellige påstander hvor studentene skulle krysse av på en Liker-skala. Valgmulighetene var 'Helt enig', 'Enig', 'Hverken enig eller uenig', 'Uenig', og 'Helt uenig'. Den første påstanden var «*Forsøket var tydelig rettet mot plastforurensning i naturen*». Den andre påstanden var «*Forsøket lærte meg om kjemiske reaksjoner*». Den tredje påstanden var «*Forsøket lærte meg hvordan kjemi kan anvendes til å løse en praktisk problemstilling*». Hensikten bak påstandene var å få se hvor relevant første versjon av forsøket var med hensyn på kjerneelementer i læreplanen for kjemi programfag og hvor tydelig det handlet om mikroplast som miljøproblem.

Etter påstandene var det fire ekstra spørsmål, som henholdsvis handlet om 1) hvor mye mikroplast studentene fant, 2) hva studentene vet om mikroplast fra før, 3) hva studentene tror

grunnen til at NaCl ble brukt istedenfor ZnCl₂, og 4) hva man kan gjøre for å forminske mikroplast utslipp. Det første spørsmål var planlagt å inkluderes i en eventuell rapportmal som ble utviklet i versjon 2 av undervisningsopplegget. Det andre spørsmålet setter forsøket i kontekst: for å vite hva studentene kunne lære av forsøket var det hensiktsmessig å vite hva de kunne fra før. Det tredje spørsmålet hadde som hensikt å få studentene til å tenke på hva hensikten med å bruke en NaCl-løsning til tetthetsseparasjonen. Det fjerde spørsmålet hadde som hensikt å få studentene til å tenke på hvordan man kan løse et miljøproblem. Det er et åpent spørsmål, og å ha dette spørsmålet til slutt gav studentene tid til å tenke på spørsmålet i ettertid.

Som forklart i neste delkapittel *Utvikling av spørreskjema til utprøving med kjemi 2 elever* ble det gjort mange endringer i spørreskjemaet mellom piloteringen med masterstudenter og utprøvingen med elever i kjemi 2.

2.7.2 Utvikling av spørreskjema til utprøving med kjemi 2 elever

Forsøket er delt inn i fire deler: tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering, Fentonreaksjon, og undersøkelse med stereolupe. Derfor ble også spørreskjemaet til utprøvingen organisert på denne måten. Spørreskjemaet som ble brukt med elever i kjemi 2 er vedlagt (Vedlegg 5). En annen grunn til å inndele spørreskjemaet i fire deler er at det inngår forskjellige prinsipper og metoder i hver av disse delene, og hver del krever en spesifikk forståelse og kompetanse av elevene. Hver av delene i spørreskjemaet er ordnet kronologisk etter utførelsen av prosedyren. For hver del ble det laget tre tilsvarende påstander hvor elevene skal krysse av på en Likert-skala. Valgmulighetene er 'Helt enig', 'Enig', 'Hverken enig eller uenig', 'Uenig', og 'Helt uenig'.

Den første påstanden for hver av delene i spørreskjemaet er «Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan». Dette spørsmålet ble laget for å få oversikt over hvor lett det var for elevene å lese og tolke materialet som er delt ut. Svar som blir gitt her vil gi indikasjon på om elevene forstår prosedyren som er utviklet.

Den andre påstanden for hver av delene i spørreskjemaet er «Det var enkelt å utføre [dette trinnet]» og handler om elevenes evne til å utføre forsøk praktisk. Svar som blir gitt her vil gi indikasjon på elevenes evne til å følge prosedyrer.

Den tredje påstanden for hver av delene i spørreskjemaet er «Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre [dette trinnet]» og handler om elevenes evne til å knytte teori mot observasjoner. Svar som blir gitt her vil gi indikasjon på om elevene kan se sammenheng mellom teorien, prosedyren, og observasjoner.

I kommentarfeltene under påstandene for hver av delene står det «Kommenter gjerne her hvis du synes noe var vanskelig». Elevene kan fritt legge til ekstra kommentarer dersom avkrysning av rutene ikke gir tilstrekkelig svar.

Spørsmålet «*Hva vet du om mikroplast fra før*» ble beholdt i spørreskjemaet. Etter piloteringen med masterstudentene ble det gjort følgende endringer i spørsmålene som kan besvares med tekst. Spørsmålet «*Fant du mikroplast i prøven? Hvis ja, hvor mye?*» ble flyttet til rapportmalen ettersom dette er mer rettet mot arbeidet med forsøket enn til videreutvikling av undervisningsopplegget. Spørsmålet «*I dette forsøket ble 4 M NaCl-løsning brukt til tetthetsseparasjon [...] Hva tror du er grunnen til at NaCl ble brukt i dette forsøket?*» ble endret og flyttet til rapportmalen i form av spørsmålene «*Hvorfor er det forskjeller på hvilke plasttyper som flyter og synker i vann og i saltløsningen? Hvilken egenskap er det som påvirker flyteevnen?*» og «*Hvorfor ble tetthetsseparasjon av jordprøven utført? Hvordan ville prøven se ut om man ikke utfører oksidasjonen.*» fordi disse passet mer som en besvarelse i en rapport enn som spørsmål som kunne brukes til å videreutvikle undervisningsopplegget, og spørsmålet «*Hva kan man gjøre for å forminske mikroplast utslipp?*» ble flyttet til rapportmalen av samme grunn.

Spørsmålene «*Hva synes du var det mest interessante med forsøket?*», «*Opplever du forsøket som relevant for samfunnet? Hvorfor/Hvorfor ikke?*», og «*Hva synes du om at forsøket handlet om mikroplast?*» ble utviklet til spørreskjemaet som ble brukt under utprøvingen med elever for å få nyttige tilbakemeldinger fra elevene til videreutviklingen av undervisningsopplegget.

2.7.3 Analyse av spørreskjema

For spørreskjemaet til piloteringen med masterstudentene ble det satt fokus på å få nyttige tilbakemeldinger fra masterstudentene slik at undervisningsopplegget kunne bli forbedret til utprøvingen med kjemi-elevne.

Spørreskjemaet til utprøvingen med kjemi-elevene var mer systematisk i fremstillingen av spørsmålene enn spørreskjemaet til piloteringen med masterstudentene. I dette spørreskjemaet er påstandene ordnet etter delene i prosedyren, hvor hver del har tre påstander. For å sortere svarene med hensyn på å se og tolke sammenhenger ble kryssene på Likert-skalaen for hver av påstandene telt opp. Svarene ble deretter sortert etter første påstand, etterfulgt av andre og tredje påstand. For hver påstand ble svarene inndelt etter hvilken del i prosedyren de omhandlet. Dette gjorde at delene av prosedyrene kunne lett skilles fra hverandre med hensyn til hvor enige elevene var i påstandene. Delene ble sammenliknet ved å se på hvor mange som svarte 'Helt enig', 'Enig', 'Hverken enig eller uenig', 'Uenig' og 'Helt uenig' for hver av delene i prosedyren.

De åpne spørsmålene ble først analysert ved å se på hvor mange elever som svarte på spørsmålene. Deretter ble svarene på hver av spørsmålene undersøkt ved å lete etter positivt ladde ord som 'bra', 'relevant', 'spennende', og 'morsomt', og negativt ladde ord som 'dårlig', 'irrelevant', og 'vanskelig'.

Det første åpne spørsmålet «*Hva synes du var det mest interessante med forsøket?*» ble analysert ved å kategorisere alle svarene etter hvilket trinn de passer inn i forsøket. Etter at alle svarene ble lest ble de inndelt i 'Lete etter mikroplast med stereolupe' for alle som svarte undersøkelse med stereolupe, 'Vakuumfiltrering' for alle som svarte vakuumfiltrering, 'Vakuumfiltrering og stereolupe' for alle som svarte både vakuumfiltrering og undersøkelse med stereolupe til dette spørsmålet, og 'Ingen kommentar' for alle som ikke svarte på spørsmålet. I tillegg ble det lete etter svar som passet inn i de andre trinnene i prosedyren, inndelt som 'Annet', men det viste seg at ingen elever gav svar som passet i denne inndelingen. Det andre åpne spørsmålet «*Opplever du forsøket som relevant for samfunnet? Hvorfor/Hvorfor ikke?*» ble analysert ved å lete etter alle svar som inneholdt blant annet 'Ja' eller 'Veldig', og ellers svar som var positive. Det tredje åpne spørsmålet «*Hva synes du om at forsøket handlet om mikroplast?*» ble analysert ved å lete etter positivt ladde ord, negativt ladde ord, og hvilke deler av forsøket som ordene gjaldt. Det siste åpne spørsmålet «*Hva vet du om mikroplast fra før?*» ble analysert ved å fokusere på hvordan elevenes forhold var til mikroplast, enten det var personlige erfaringer, ting de har lest, eller ting de har lært på skolen.

Svarene på spørreskjemaene bidro til endringer i undervisningsopplegget som vist i Tabell 2.2 i delkapittel 2.5 *Utvikling av undervisningsopplegg*.

3 Resultater

I dette kapitlet blir resultatene presentert. Først blir funn av mikroplast i jordprøvene presentert. Deretter blir resultatene til videreutviklingen av forsøket presentert. Etter det blir resultatene til piloteringen med masterstudenter og utprøvingen av forsøket presentert. Til slutt blir resultatene til videreutviklingen av undervisningsopplegget beskrevet.

3.1 Funn av mikroplast i jordprøvene

Delmål 1 i dette prosjektet var å identifisere egnede steder å innhente jordprøver. I jordprøvene fra bekk, veikant og tursti ble det kun identifisert mikrofiber, mens i jordprøvene fra fotballbaner ble både mikrofiber og gummigranulat identifisert. Det ble ikke identifisert mikroplast-fragmenter i noen av jordprøvene. Mikrofiber oppført i tabellene har størrelse mellom 0,1 mm og 5 mm i to dimensjoner. Gummigranulatene oppført i tabellene har størrelse mellom 0,1 mm og 10 mm i diameter. Med unntak av jordprøven tatt fra bekk er alle jordprøver tatt ved 0-10 cm dybde. For jordprøven fra bekk ble opp mot 15 cm dybde av jorden tatt.

Tabell 3.1 viser funn av mikrofiber i ~20-40 g innveid tørrjord fra prøvene som ble tatt i starten av prosjektet med J-Innsamling metoden for å lete etter gode steder å finne mikroplast. I tabellen er jordprøven fra skogbunn ikke tatt med. Grunnen til dette er at all jorden fløt på toppen av saltløsningen under tetthetsseparasjonen, noe som førte til at væsken ikke kunne dekanteres og undersøkes med stereolupe. Hver prøve oppført i Tabell 3.1 er én punktprøve. For punktprøven fra bekk ble det utført ett prøverepliket av jordprøven under utprøvingen av originalforsøket. For punktprøvene fra veikant ble det utført ett prøverepliket hver i forsøket for Veikant 1 (Tønsberg) og for Veikant 2 (Skjeberg), og to prøverepliket for jordprøven fra Veikant 3 (Asker) som veileder hadde tatt. For punktprøven fra tursti ble det utført fire prøverepliket i forsøket. Tabellen viser at det opprinnelig ble funnet mange mikrofiber ved tursti og veldig få mikrofiber ved veikant og bekk. Som nevnt i Kapittel 2 førte dette til at det ble utført en grundigere undersøkelse av jordprøver ved tursti.

Tabell 3.1 Funn av mikrofiber i ulike typer jord med J-Innsamling. Gjennomsnittene viser \pm ett standardavvik.

Dybde	Type jord	Gjennomsnittlig antall mikrofiber	Antall prøvereplikat av punktprøven
5-15 cm dybde	Bekk	1	1
0-10 cm dybde	Veikant 1	2	1
	Veikant 2	1	1
	Veikant 3	2 ± 1	2
	Tursti	10 ± 13	4

Tabell 3.2 viser funn av mikrofiber fra prøvene tatt med T-Innsamling metoden som del av en grundigere undersøkelse av mengde mikrofiber i jord. Prøvene er tatt ved fotballbanene i Skjærviken (Fotballbane 1) og Oslofjord Arena ved Melsomvik (Fotballbane 2), og det ble tatt nye prøver ved turstien (Oslo). Hver prøve som er oppført i tabellen er én snittprøve av fem punktprøver. Tabellen viser også gradienten for 1 m avstand, 2 m avstand, og 5 m avstand fra fotballbanene. Gradienten viser at jo lenger unna man befinner seg fra fotballbanene, desto færre mikrofiber og gummigranulat blir funnet i jorden.

Tabell 3.2 Funn av mikrofiber langs fotballbaner og tursti med T-Innsamling. Gjennomsnittene viser \pm ett standardavvik

Type jord	Avstand	Gjennomsnittlig antall mikrofiber	Gjennomsnittlig antall gummigranulat	Antall prøvereplikat av snittprøven
Fotballbane 1	1 m	3 ± 3	10 ± 3	3
	2 m	3 ± 2	2 ± 1	3
	5 m	2 ± 1	1 ± 1	3
Fotballbane 2	1 m	4 ± 1	5 ± 1	3
	2 m	3 ± 3	0	10
	5 m	2 ± 2	0	3
Tursti Dag 1	0 m,	4 ± 2	-	6
Tursti Dag 2	Kanten av stien	1 ± 1	-	5

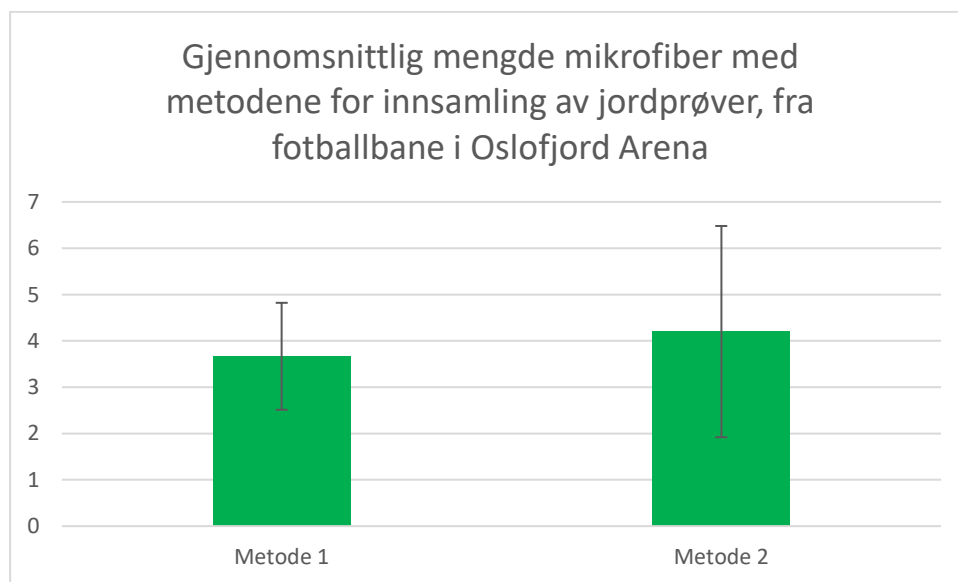
Tabell 3.3 viser funn av mikrofiber fra ~30g prøver der jordprøven ble tatt med T-Innsamling ved fotballbanen i Oslofjord Arena. Hver av de fem snittprøvene består av seks punktprøver. Punktprøvene ble tatt ved 1m avstand fra fotballbanen, og er oppført i tabellen etter beliggenheten i forhold til inngangen av fotballbanen. Snittprøvene er listet opp etter økende avstand fra inngangen av fotballbanen, hvor snittprøven av jord nærmest inngangen er oppført

øverst i tabellen, og snittprøven av jord lengst unna inngangen er oppført nederst i tabellen. Av hver snittprøve er det ett prøverepliket.

Tabell 3.3 Mikrofiber funn langs fotballbane. 5 snittprøver, 6 punktprøver hver.

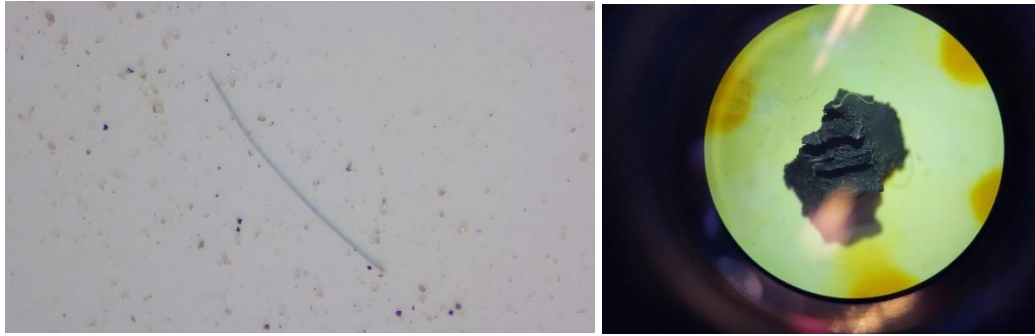
Snittprøve nr.	Antall mikrofiber
5	4
4	4
3	8
2	2
1	3

Metoden av å blande fem punktprøver til én snittprøve (kalt Metode 1) på Fotballbane 2 ble sammenliknet med en metode av å ta fem snittprøver av seks punktprøver hver (kalt Metode 2) ved samme avstand på samme fotballbane. Figur 3.1 viser gjennomsnittlig mengde mikrofiber tatt med T-Innsamling med de to metodene. Toppen av søylene er gjennomsnittlig mengde mikrofiber identifisert på filterpapirene. De vertikale linjene viser \pm ett standardavvik. Figuren viser at det ut ifra et undervisningsperspektiv ikke er en betydelig forskjell i funn av mikrofiber mellom metodene.



Figur 3.1 Gjennomsnittlig mengde mikrofiber fra fotballbane tatt med T-Innsamling og to forskjellige metoder.

Det ble identifisert mikrofiber i 30 av 30 jordprøver fra fotballbaner, og 16 av 30 prøver inneholdt også gummigranulat. Av de 11 snittprøvene ble det funnet gummigranulat i 9 av dem. Figur 3.2 viser eksempelbilde av mikrofiber og gummigranulat.



Figur 3.2 Bilder av et mikrofiber (til venstre) og et gummigranulat (til høyre)

3.2 Videreutvikling av forsøket

3.2.1 Endre løsning til tetthetsseparasjon

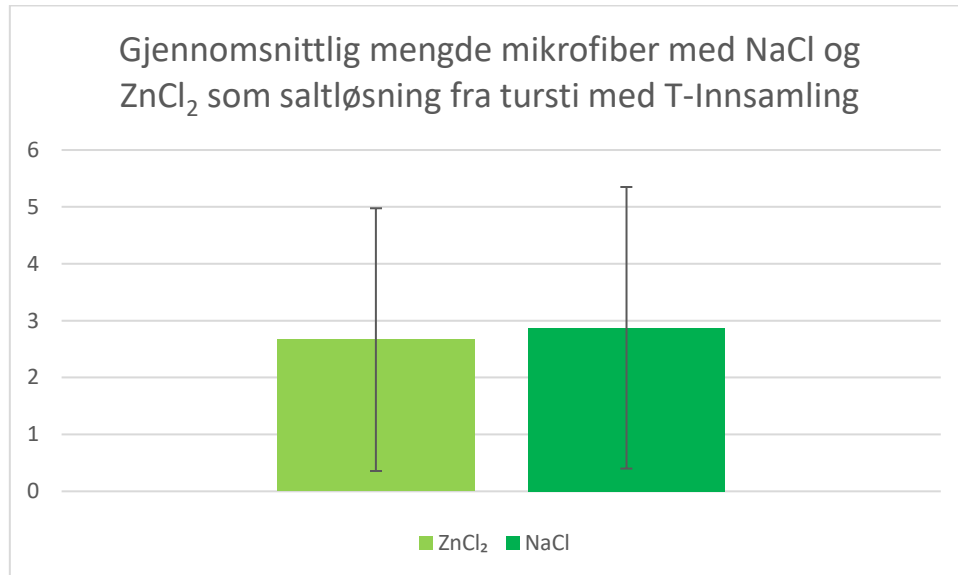
Under videreutviklingen av forsøket ble det utført flytetester for å sjekke om ulike typer plast (polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid) flyter eller synker i ulike løsninger. Tabell 3.4 viser hvilke typer plast som fløt eller sank i væskene. I flytetestene utført på de fire plasttypene polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid var det polyeten, polypropen og polystyren som fløt i 4 M NaCl-løsning og i 3,6 M ZnCl₂-løsning. Av de samme plasttypene var det kun polyeten og polypropen som fløt i vann.

Tabell 3.4 Resultat av flytetest med polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid i vann,

Type plast	Vann	4 M NaCl	3,6 M ZnCl ₂
Polyeten	Flyter	Flyter	Flyter
Polypropen	Flyter	Flyter	Flyter
Polystyren	Synker	Flyter	Flyter
Polyvinylklorid	Synker	Synker	Synker

Det ble funnet mikrofiber og gummigranulat laget av plast i forsøkene der 4 M NaCl ble brukt til tetthetsseparasjon. Dette stemmer overens med tettheten til 4 M NaCl-løsning som er 1,14 g/cm³ og er høyere enn tetthetene til polyeten (<0,97 g/cm³), polypropen (<0,92 g/cm³) og polystyren (1,05 g/cm³).

3,6 M $ZnCl_2$ ble brukt til tetthetsseparasjon for 3 replikater av en jordprøve tatt med T-Innsamling fra turstien. Figur 3.3 viser funn av mikrofiber med $ZnCl_2$ som saltløsning sammenliknet med NaCl som saltløsning.

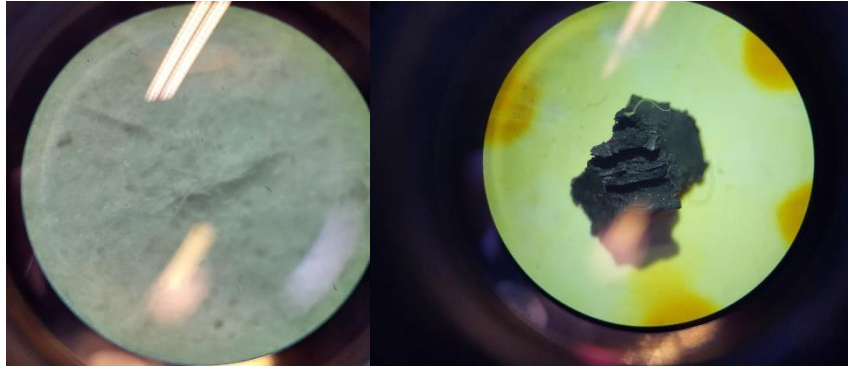


Figur 3.3 Gjennomsnittlig mengde mikrofiber i jordprøver fra tursti

Toppen av søylene er gjennomsnittlig mengde mikrofiber identifisert på filterpapirene. De vertikale linjene viser \pm ett standardavvik. Dataene er samlet fra 3 replikat for $ZnCl_2$ og 8 replikat for NaCl. Figuren viser at det for undervisningssammenheng ikke er noen forskjell av betydning i funn av mikrofiber i jordprøven når saltløsning endres fra 3,6 M $ZnCl_2$ til 4 M NaCl.

3.2.2 Endring av filterpapir

I forsøket med forskjellige typer filterpapir hadde vanlig filterpapir større porer enn nylon membran filterpapir. Dette kan føre til at noen mikroplast eller mikrofiber kan passere gjennom porene i vanlige filterpapir. Da filterpapirene ble undersøkt under stereolupe ble det oppdaget mange hvite fiber på det vanlige filterpapiret. Det vanlige filterpapiret hadde oppløst seg slik at identifisering av mikrofiber på papiret ble mye mer vanskeligere. Figur 3.4 viser bilder av henholdsvis vanlig filterpapir og nylon membran filterpapir etter Fentonreaksjon og vakuumfiltrering.



Figur 3.4 To bilder av et vanlig filtrerpapir (Venstre) og nylon membran filtrerpapir (Høyre) sett med stereolupe.

Bildene ble tatt med mobilkamera ettersom bildet til det påmonterte kameraet ikke hadde god nok oppløsning til å se fiberne fra det vanlige filtrerpapiret. Bildene viser at nylon membran filtrerpapiret hadde mye mer jevn overflate enn vanlig filtrerpapir, noe som gjorde det lettere å identifisere mikrofiber på nylon membran filteret.

3.2.3 Andre endringer i forsøket

Til tross for at nylon membran filtrerpapirene var mer holdbare enn vanlige filtrerpapir var det noen tilfeller etter Fentonreaksjonen hvor nylon membran filtrerpapirene ble revet opp under magnetrøring ved Fentonreaksjonen, eller når de ble plukket opp fra begerglassene med pinsett. Derfor ble den følgende endringen av forsøksbeskrivelsen gjort: Istedenfor å ha nylon membran filtrerpapiret med jordprøve i fenton reagenset, skal jorden bli skylt ned i fenton reagenset mens nylon membran filtrerpapiret skal oppbevares i et tildekket urglass. På denne måten forhindres det at filtrerpapiret blir revet opp av magneten.

Andre endringer som ble gjort for å optimalisere forsøket med hensyn til å spare tid var følgende. Undersøkelse med stereolupe før Fentonreaksjon var i originalforsøket, men ble fjernet i det videreutviklede forsøket slik at undersøkelsen foregår kun i slutten av forsøket. Røringen av prøven i saltløsningen ble endret fra 10 minutter med magnetrører til 1 minutt manuell risting. Venting under tetthetsseparasjon med saltløsning ble endret fra 60 minutter til 30 minutter. Til slutt ble kontrollprøven fjernet fra prosedyren etter ettersom den kun demonstrerte at mikrofiber kan komme fra klær og omgivelser, og at den ikke hadde noe påvirkning på funn av mikroplast. Dette førte til at tidsrammen til forsøket ble senket til 3 timer inkludert 15 minutters pause.

3.3 Utprøving og utvikling av undervisningsopplegget

3.3.1 Pilotering med masterstudenter

Det ble utført en pilotering med to masterstudenter. En oppsummering av utførelse og kommentarer fra masterstudentene, og endringer som ble gjort på bakgrunn av piloteringen er gitt i Tabell 3.5.

Tabell 3.5 Endringer av undervisningsopplegg etter pilotering med masterstudenter.

Moment som førte til endring	Endring som ble gjort
Masterstudentene hadde et ønske om å ha prelab eller liknende bakgrunnsstoff til forsøket. Det var uklart for masterstudentene hvorfor det dannes en organisk fraksjon på toppen av løsningen.	Forsøksbeskrivelse med kort informasjon om mikroplast, sikting, tetthetsseparasjon, og fentonreaksjon ble utviklet. Prelab ble utviklet.
Masterstudentene ønsket å beregne NaCl på forhånd av forsøket istedenfor midt i forsøket.	Spørsmål om mengde NaCl som trengs ble lagt til i prelab.
En masterstudent forvekslet kontrollen med prøven. Det ble oppdaget misvisende forklaring i prosedyren.	Endret tekst i prosedyren for å gjøre fremgangsmåten mer tydelig.

Det ble vurdert at elever som skal utføre forsøket kan ha godt av å beregne mengde NaCl som trengs på forhånd av forsøket, istedenfor å gjøre beregningen under forsøket.

Masterstudentene mente også at forsøket trengte tilleggsinformasjon til lærere som skal utføre forsøket. Som følge av dette ble det utviklet en prelab og en forsøksbeskrivelse med informasjon om mikroplast, sikting, tetthetsseparasjon, og fentonreaksjon. I tillegg ble det utviklet en lærerveiledning som ble videreutviklet etter utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2.

I flytetesten fløt PP, PS og PE i 4 M NaCl. I vann fløt PE så vidt, mens PS derimot sank mot bunn. I filtrerpapiret med kontrollen ble det ikke oppdaget noe mikroplast eller mikrofiber, men studentene klarte å identifisere to mikrofiber i filtrerpapiret til prøven. Forsøket ble fullført i tidsrammen på 3 timer med 10 minutter til overs til å svare på spørreskjemaet. Masterstudentene opplevde undersøkelse med stereolupe som en spennende aktivitet og mente dette ville vekke interesse blant kjemielever. Masterstudentene hadde ikke erfaring med å bruke stereoluper på denne måten før.

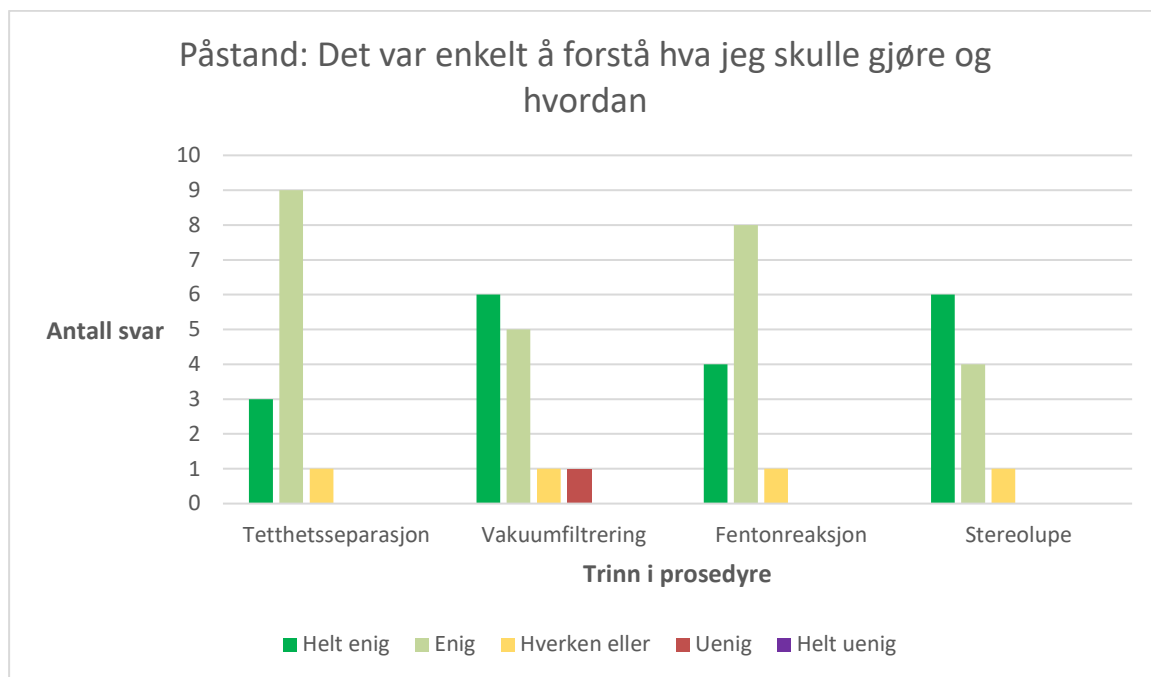
3.3.2 Utprøving av forsøket med elever i kjemi 2

Delmål 3 av prosjektet er å utvikle et undervisningsopplegg (bestående av prelab, rapportmal og lærerveiledning) i forhold til elevers læring og at de skal lett kunne følge prosedyren. Dette delmålet går ut på at prosedyren skal være enkel å forstå, at trinnene skal være lett å utføre, og at elevene skal forstå hvorfor hver av delene utføres. For å jobbe med delmålet ble det videreutviklede forsøket utprøvd av en klasse med kjemi 2 elever som fikk tilsendt et anonymt spørreskjema, der svarene ble brukt til videreutviklingen av forsøket. I denne delen vises resultatene for utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2.

Alle elevgruppene var i stand til å identifisere mikrofiber i prøvene.

Kjemi 2 elevenes svar på påstander om forsøket

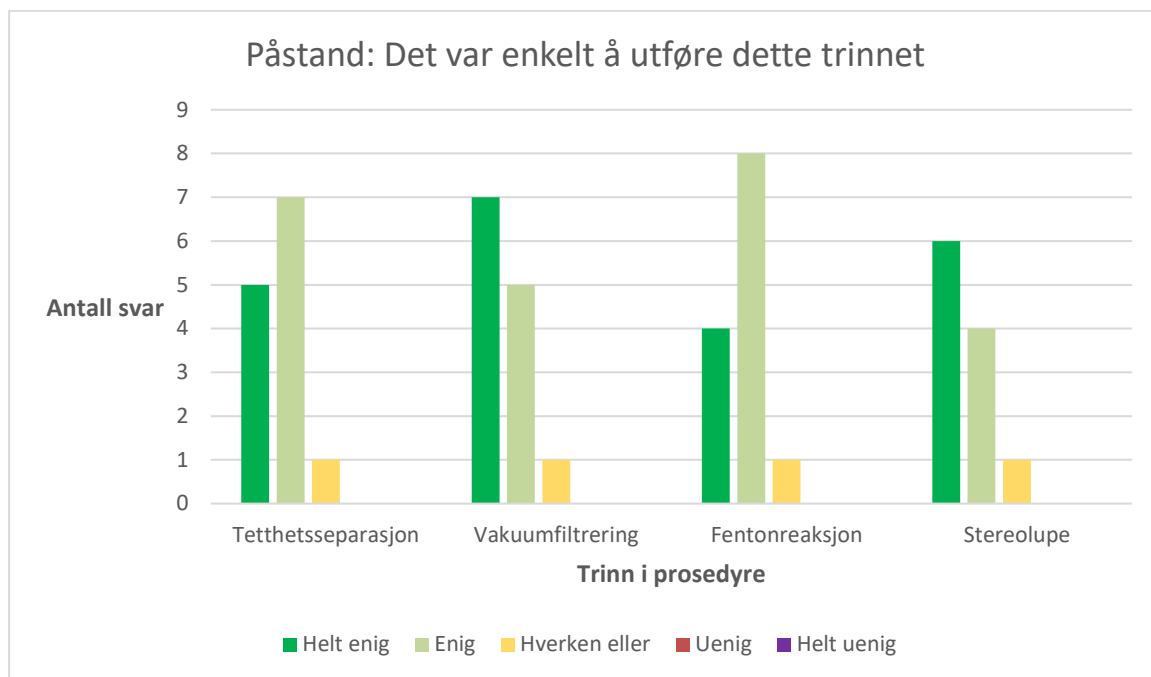
I utprøvingen av forsøket svarte alle 13 av kjemi 2 elevene på et anonymt spørreskjema (Vedlegg 5) utviklet til utprøvingen. Spørreskjemaets innhold er beskrevet i Kapittel 2. To av elevene svarte ikke på påstandene om undersøkelse med stereolupe. Ut over dette svarte 12 av 13 elever på alle spørsmålene. Figur 3.5 viser en oversikt over elevenes svar på påstanden «Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan».



Figur 3.5 Antall svar på påstanden «Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan» på hvert av trinnene. N = 13 for tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering og Fentonreaksjon. N = 11 for undersøkelse med stereolupe.

11 av 13 svar på påstanden om at *det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan* for vakumfiltrering var *helt enig* eller *enig*. 12 av 13 svar på påstanden *det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan* for tetthetsseparasjon, Fentonreaksjon og undersøkelse med stereolupe var *helt enig* eller *enig*. Det var ikke én elev som svarte 'hverken eller' for alle fire trinnene, men forskjellige elever. Dette antyder at det ikke var én elev som hadde problemer med å forstå hele forsøket. Svarene tyder på at nesten alle elevene forstod hva de skulle gjøre.

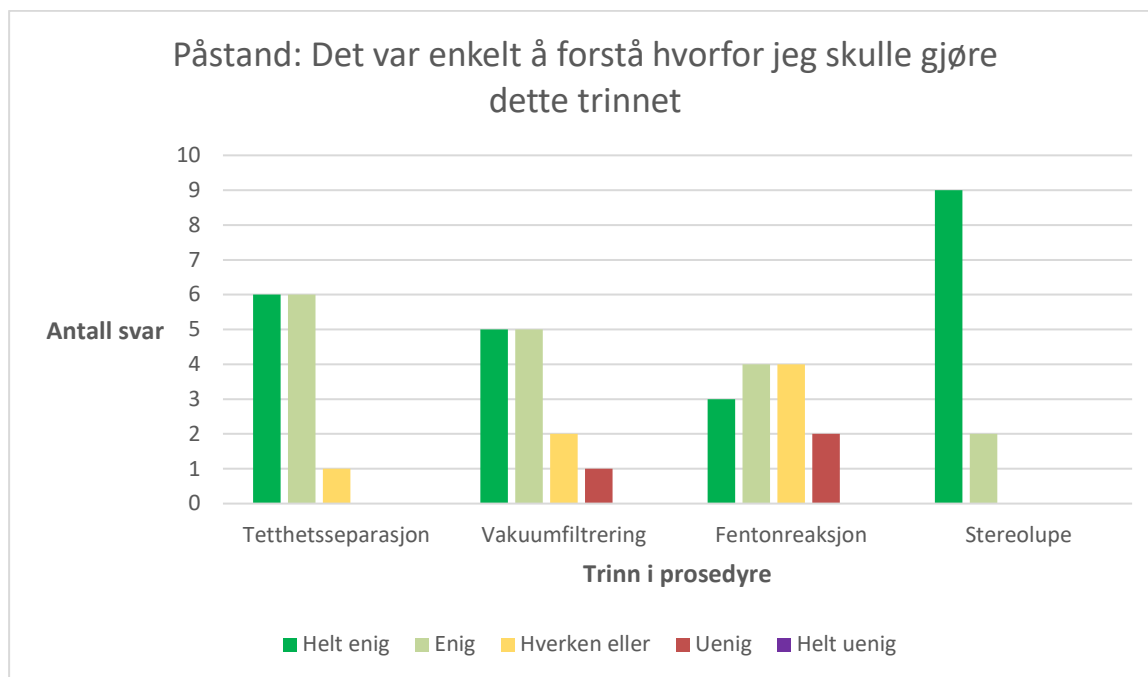
Figur 3.6 viser en oversikt over elevenes svar på påstanden «Det var enkelt å utføre [dette trinnet]».



Figur 3.6 Antall svar på påstanden «Det var enkelt å utføre [dette trinnet]» på hvert av trinnene. N = 13 for tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering og Fentonreaksjon. N = 11 for undersøkelse med stereolupe.

12 av 13 svar på påstanden om at det var lett å utføre tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering, og Fentonreaksjon var *helt enig* eller *enig*. 10 av 11 svar på påstanden om at det var lett å utføre undersøkelse med stereolupe var *helt enig* eller *enig*. Dette tyder på at ingen elever syns det var for vanskelig å utføre prosedyren. Det var ingen elev som svarte ‘hverken eller’ for alle fire trinnene, men forskjellige elever som svarte ‘hverken eller’ her og der. Dette antyder at det ikke var én elev som slet med med å utføre hele forsøket.

Figur 3.7 viser en oversikt over elevenes svar på påstanden «Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre [dette trinnet]».



Figur 3.7 Antall svar på påstanden «Det var enkelt å utføre [dette trinnet]» på hvert av trinnene. N = 13 for tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering og Fentonreaksjon. N = 11 for undersøkelse med stereolupe.

11 av 11 elever svarte *helt enig* eller *enig* i undersøkelse med stereolupe for denne påstanden. Dette tyder på at det var ingen som lurte på hensikten bak undersøkelse med stereolupe ettersom det var åpenbart at elevene skulle lete etter mikroplast. 12 av 13 av elevene var *helt enig* eller *enig* i påstanden når det gjaldt tetthetsseparasjon, og 10 av 13 var *helt enig* eller *enig* når det gjaldt vakuumfiltrering. 6 av 13 svarte *hverken enig eller uenig* når det gjaldt Fentonreaksjon. Dette tyder på at det var vanskelig for elevene å forstå hensikten med Fentonreaksjonen.

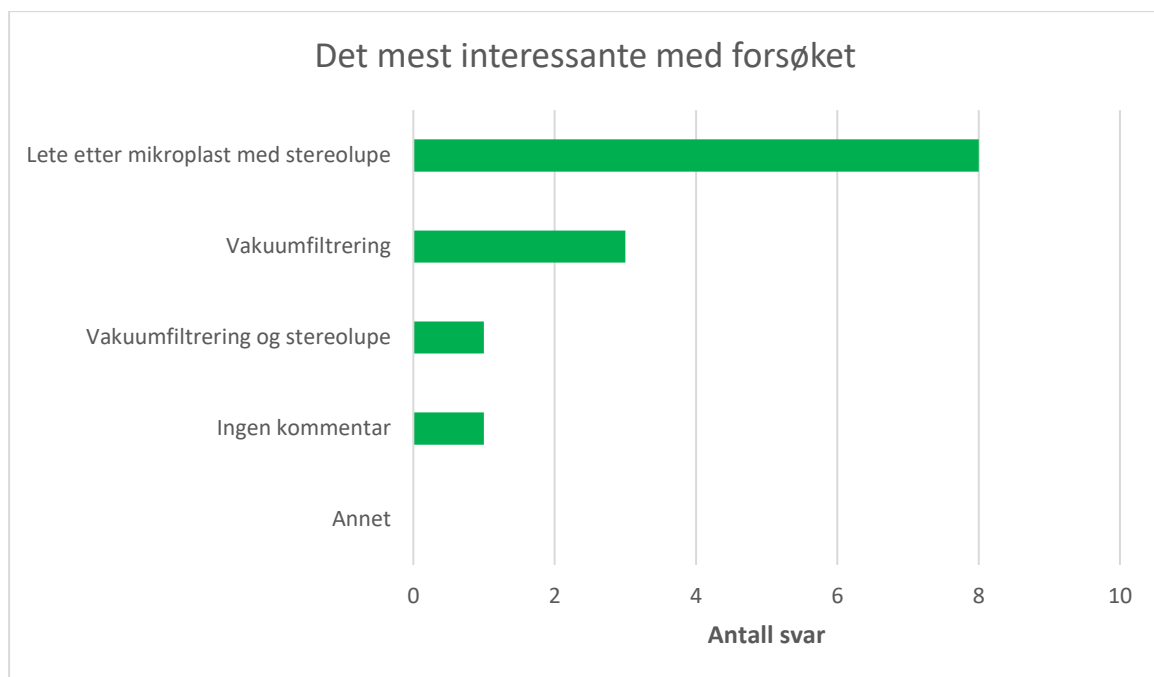
Elevenes svar på kommentarfeltene i spørreskjemaet

I det anonyme spørreskjemaet var hvert trinn med påstander etterfulgt av et kommentarfelt hvor elevene kunne forklare dersom det var noe som ble opplevd som vanskelig.

Mange av elevene synes det var fint at vakuumfiltrering ble demonstrert før den ble utført. Elevene opplevde dette som positivt. To elever mente oppgaven var litt for kompleks, og at prosedyren for vakuumfiltrering var enten vanskelig å forstå eller kunne formuleres bedre. En elev kommenterte at det hadde vært lettere å utføre undersøkelse med stereolupe dersom det var lyslampe i lupen. Samme elev kommenterte at det var vanskelig å forstå hva som var plast i prøven de undersøkte.

Det elevene fant mest interessant med forsøket

I spørreskjemaet var det også et spørsmål om hva elevene fant mest interessant med forsøket. Figur 3.8 viser elevenes svar på hvilke trinn i prosedyren som var mest interessant, fordelt etter trinn i prosedyren.



Figur 3.8 Antall svar på spørsmålet «Hva synes du var det mest interessante med forsøket?»

12 av 13 elever svarte på spørsmålet, hvor den siste ikke gav noen kommentar. Åtte av elevene mente undersøkelse med stereolupe og det å lete etter mikroplast var mest interessant. Tre av elevene svarte vakuumfiltrering, og én annen elev mente både vakuumfiltrering og undersøkelse med stereolupe var mest interessant.

Andre kommentarer på spørreskjemaet

12 av 13 elever svarte på de resterende spørsmålene etter påstandene. På spørsmålene svarte 10 av 13 elever blant annet at forsøket var interessant, spennende, og satt et perspektiv på hvor mye plast det er i naturen. Det var én elev som svarte at forsøket ikke er så relevant dersom det finnes mer effektive måter å undersøke mikroplast, og mente at forsøkets relevans avhenger av hvordan man bruker resultatet av forsøket.

Problemer i utførelsen av forsøket

Det var en del problem knyttet til tillagingen av NaCl-løsning til tetthetsseparasjon som ikke skyldtes designet av forsøket ettersom at det var forventet at elevene kunne lage løsninger. Et problem var at noen elever gjorde feil ved å hente 100 mL vann til tillaging av saltløsning istedenfor å fortynne til 100 mL-merket. Et annet problem var at noen elever misforstod prosedyren og tok ferdiglagd NaCl-løsning istedenfor å lage saltløsningen selv. Noen elever trengte hjelp til å tolke menisken av væskeoverflaten når de skulle fortynne saltløsningen. Mange elever brukte mer tid enn forventet på tillaging av saltløsning mens andre var klare for å begynne på tetthetsseparasjon. For å forsikre om at alle elevene skulle rekke å se flytetesten før de skulle utføre Fentonreaksjon ble flytetesten demonstrert i plenum istedenfor at hver av gruppene utførte den selv. Det var også noen problemer knyttet til vakuumfiltreringen der elevene gjorde feil. Kjemi 2 klassen hadde ikke utført vakuumfiltrering før og trengte hjelp med å utføre vakuumfiltreringen. Oppsett for vakuumfiltrering ble demonstrert for å forsikre om at alle elevene forsto prosedyren. Likevel var det en gruppe glemte å feste büchnertrakten fast til kolben som førte til at vakuumfiltreringen tok lenger tid. Det var i tillegg noen elever som ikke var sikre på om gummislangen skulle kobles av før vannet skrues av.

Problemer som skyldes designet av forsøket

Da forsøket ble utprøvd viste det seg at den planlagte tidsrammen rundt forsøket var for kort. Det var tidspress da elevene skulle utføre Fentonreaksjon, andre vakuumfiltrering, og undersøkelse med stereolupe. Elevene ble derfor bedt om å kaste kontrollprøvene etter pausen, før de begynte på Fentonreaksjon. Dette førte til at elevene rakk å utføre resten av trinnene i forsøket i tillegg til å svare på spørreskjemaet. De fleste elevene hadde ikke jobbet med rapporten eller spørreskjemaet under øvelsen. Elevene ble oppfordret til å svare på spørreskjemaet framfor å svare på spørsmålene i rapportmalen slik at de skulle rekke å fullføre forsøket innen tidsrammen. Elevene svarte derfor på spørreskjemaet mot slutten av øvelsen med tidspress, og rakk ikke å svare på rapportmalen.

Oppsummering av utprøvingen

I slutten av økten ble forsøket oppsummert i plenum. Elevene ble bedt om å gi en generell tilbakemelding om hvordan opplevelsen av forsøket var. Elevene brukte blant annet ordene 'greit', 'morsomt', 'spennende', 'interessant', og 'relevant' til å beskrive opplevelsen av

forsøket. Det kom frem at det var spennende at forsøket var knyttet til et virkelig miljøproblem og et alvorlig tema som påvirket deres virkelighet. Noen elever kommenterte at det ble lært mye nytt om tetthetsseparasjon og vakuumfiltrering. I slutten av utprøvingen var det en elev som hadde spørsmål om hva hensikten bak Fentonreaksjonen var. Etter at det ble forklart at Fenton reagens kan bli brukt til å oksidere organiske forbindelser slik at de blir brutt ned til CO₂ og vann, og at dette gjorde identifisering med stereolupe lettere, kommenterte eleven at det var mer forståelig.

3.3.3 Videreutvikling av undervisningsopplegget

Grunnet tidsmangel mot slutten av utprøvingen med elevene i kjemi 2 ble det gjort noen endringer med forsøket og undervisningsopplegget som omfatter det. Den viktigste endringen med hensyn på å forkorte tidsrammen var å fjerne kontrollprøven. Dette vil betydelig senke tidsbruken i en klasseromssammenheng hvor det ikke er nok utstyr til alle elevene. Under utprøvingen med elevene var det nødvendig å droppe kontrollprøvene etter første vakuumfiltrering da det ble funnet ut at det ikke var nok tid til å utføre resten av trinnene med både prøve og kontroll, med hensyn til en tidsramme på kun 3 timer. Alle endringer som følge av utprøvingen av forsøket med elevene i kjemi 2 er gitt i Tabell 3.6.

Tabell 3.6 Endringer av undervisningsopplegg etter utprøving med kjemielever.

Moment som førte til endring	Endring som ble gjort
Tidsramme på 3 timer var ikke tilstrekkelig	Kontrollprøve fjernet fra prosedyre.
Vakuumfiltrering var et vanskelig tema for elevene. Klassen hadde ikke utført vakuumfiltrering før.	Et spørsmål om vakuumfiltrering ble lagt til i prelaben, og i lærerveiledningen ble det lagt til at det er gunstig at det øves med vakuumfiltrering på forkant av forsøket.
Fentonreaksjon var ifølge spørreskjemaet et vanskelig tema for elevene. Til spørreskjemaet var det mange som svarte 'hverken eller' og 'uenig' til påstanden 'Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre dette trinnet' for Fentonreaksjonen.	Et spørsmål om Fentonreaksjon ble lagt til i prelaben. I lærerveiledningen ble det lagt til at det er gunstig at det øves med oksidasjon på forkant av forsøket.

I slutten av utprøvingen ble det forklart at Fenton reagens kan bli brukt til å oksidere organiske forbindelser slik at de blir brutt ned til CO₂ og vann for å gjøre identifisering med stereolupe lettere, og eleven kommenterte at forklaringen gjorde at de lettere forsto hvorfor Fentonreaksjon ble utført. Elevenes svar på påstandene om Fentonreaksjon bidro til at et spørsmål om Fentonreaksjon ble lagt til i prelaben. Den ferdigutviklede prelaben er gitt i Vedlegg 8.

4 Diskusjon

I dette kapitlet diskuteres metoden og resultat i lys av teori og introduksjonen. Først skal funn av mikroplast diskuteres. Deretter diskuteres videreutvikling av forsøket, hvilke tiltak som ble utført for å redusere tid, og muligheter for å droppe å bruke sikt i forsøket. Etter det diskuteres utprøvingen og utviklingen av undervisningsopplegget. Til sist oppsummeres funnene, videreutviklingen av forsøket, og utviklingen av undervisningsopplegget.

4.1 Funn av mikroplast

Det første delmålet i dette prosjektet var å identifisere egnede steder å innhente jordprøver. Jordprøvene ble tatt fra skogbunn, bekk, vei, tursti og fotballbaner. Det ble forsøkt tre forskjellige metoder for prøveinnsamling basert på J-Innsamling, T-Innsamling og UG-Innsamling, og for en av fotballbanene ble det forsøkt å ta fem snittprøver istedenfor én. Det ble utført 7 kontrollprøver gjennom videreutviklingen og utprøvingen av forsøket, Det ble observert mellom 0 og 2 mikrofiber i kontrollprøvene. Mikrofiber i kontrollene må ha kommet fra klær og omgivelsene. For at et sted skal være egnet til å finne mye mikrofiber må derfor prøver derfra ha betydelig mer mikrofiber enn kontrollprøvene. Kun jordprøver fra tursti og fotballbaner hadde gjennomsnittlig mer enn 2 mikrofiber, noe som tyder på at det med stor sannsynlighet kan finnes mye mikrofiber i jordprøver som stammer fra turstier og ved fotballbaner. For J-Innsamling ved bekk og veikant ble det knapt funnet mer mikrofiber enn det som ble funnet i kontrollene. For J-Innsamlingen ved tursti ble det funnet veldig mye mikrofiber, men da det ble gjort flere T-Innsamlinger ved samme tursti ble det funnet betydelig færre mikrofiber. Punktprøven tatt med J-Innsamling ved tursti var ikke representativ for hele området ettersom en nøyere undersøkelse med T-Innsamlinger ved samme tursti gav færre funn av mikrofiber.

T-Innsamlinger 1 m unna fotballbanene gav høyest gjennomsnittlig funn av mikrofiber, i tillegg til at gummigranulat ble funnet. Gradientene av mikrofiber og gummigranulat funnet ved begge fotballbanene tyder på at konsentrasjonen av mikroplast er størst ved kunstgresset og synker jo lenger unna man befinner seg fra kunstgresset. Som nevnt tidligere ble det funnet gummigranulat i 5 av 7 snittprøver fra fotballbaner og mikrofiber fra alle prøvene fra fotballbaner, så dersom man tar to eller tre snittprøver fra fotballbaner er det veldig sannsynlig man finner mikrofiber og gummigranulat med forsøket.

Av alle jordprøvene som ble undersøkt i arbeidet med dette masterprosjektet ble det ikke funnet mikroplast-fragmenter i noen av dem. Ingen partikler på filterpapirene lignet de karakteristiske ensfargede mikroplastbitene fra litteraturen. Kun mikrofiber og gummigranulat var typer plast som ble identifisert i jordprøvene. Én måte å tolke dette på er at metoden ikke er egnet til å identifisere fragmenter av mikroplast, men i originalforsøket ble biter av mikroplast i tillegg til mikrofiber identifisert. Det kan også være andre grunner, som at det ikke var noe særlig med mikroplastfragmenter i prøvene eller at de fragmentene som var, var så små at de var vanskelig å identifisere med lupe. I alle refererte studier der det var gjort funn av mikroplast ble det funnet plastfragmenter, så det at plastfragmenter ikke ble funnet under prosjektet var ikke forventet. Med tanke på at noen typer mikroplast partikler kan visuelt likne på kvartskrystaller eller saltkrystaller kan det ikke utelates at mikroplast har blitt feilaktig forvekslet med andre partikler. Det kan tenkes at om H-NMR spektroskopi som forklart i teorikapitlet ble brukt til å identifisere mikroplast ville man kunne nøyaktig bestemme mengde mikroplast i prøven, men dette går ut på kostnader på kjøp og drift av utstyret, noe som gjør det uegnet til norske skoler.

Å lage et forsøk med kvalitativ analyse av jordprøver hvor all mikroplast ble funnet av elevene var ikke et mål og faller utenfor prosjektets ramme. Med tanke på målet var å videreutvikle et laboratorieforsøk for kjemi programfag i norsk videregående skole, og et delmål var å optimalisere forsøket for å gjøre det lettere å utføres av elever, var det ikke nødvendig at all mikroplasten i jordprøvene ble identifisert av elevene. Selv om ingen mikroplast fragmenter ble identifisert med stereolupen var elevene i stand til å finne mikrofiber i jordprøvene.

4.2 Videreutvikling av forsøket

4.2.1 Endring av løsning til tetthetsseparasjon

Til å begynne med ble $ZnCl_2$ byttet ut med $NaCl$ til tetthetsseparasjon. Dette ble gjort i lys av at $ZnCl_2$ er klassifisert som meget giftig for liv i vann, og det ble derfor forsøkt å substituere $ZnCl_2$ med $NaCl$ som ikke er klassifisert som et farlig stoff, og på denne måten ble forsøket gjort grønnere, i tillegg til at det ble billigere å utføre.

Da NaCl ble opprinnelig brukt til tetthetsseparasjon i forsøket var konsentrasjonen ble 6 M løsning laget. Det viste seg at det tok uforholdsmessig mye tid å løse alt saltet under tillaging av saltløsningen og det ble forsøkt å bruke en lavere konsentrasjon for å spare tid. Det lyktes i å bytte konsentrasjonen til 4 M ettersom tettheten til denne løsningen er $1,14 \text{ g/cm}^3$ som er høyere enn tetthetene til polyeten, polypropen og polystyren, og at det i tillegg ble funnet mikrofiber og gummigranulat på filterpapirene under forsøkene der 4 M NaCl ble brukt.

Ved testing av 4 M NaCl-løsning sammenliknet med 3,6 M ZnCl_2 -løsning ble det funnet ut at de samme typene plast, som utgjorde vanlige typer plast, fløt i begge løsningene. NaCl er i tillegg mindre skadelig for miljøet enn ZnCl_2 som er meget giftig for liv i vann. Ved å substituere ZnCl_2 med NaCl har forsøket blitt «grønnere», som er positivt med hensyn til kjemi læreplan, om å jobbe med forsøk om grønn kjemi. Dette er hensiktsmessig med tanke på delmålet om å videreutvikle forsøket slik at det blir lettere for lærere i kjemi programfag å utføre det med klassen sin.

4.2.2 Endring av filterpapir

Da vanlig filterpapir ble undersøkt med stereolupe ble det funnet hvite fiber jevnt spredt på en ujevn overflate i filterpapiret. Dette kan gjøre det svært vanskelig for elever å skille mellom fiber fra filterpapiret og mikrofiber fra jordprøven. Dette problemet ble ikke observert på nylon membran filterpapiret. Så på tross for den ekstra kostnaden knyttet til bruken av nylon membran filterpapir er ulempene ved bruk av vanlig filterpapir så store at nylon membran filterpapir ikke bør byttes ut med vanlig filterpapir. I tillegg har nylon membran filterpapiret mindre porestørrelse ($0,45\mu\text{m}$) enn det vanlige filterpapiret ($11\mu\text{m}$), som fører til at mikroplastpartikler under $11\mu\text{m}$ kan passere gjennom det vanlige filterpapiret, mens nylon membran filterpapiret kan stanse mikroplastpartikler med størrelse ned til $0,45\mu\text{m}$ og dermed fange flere mikroplastpartikler. Selv om kun mikrofiber med dimensjoner mellom $100 \times 100\mu\text{m}$ og $5000 \times 5000\mu\text{m}$ ble telt, vil tverrsnittet av fiberne være mye mindre enn lengden, og mikrofiber har en diameter på under $1\mu\text{m}$.

Nylon membran filterpapiret hadde betydelig større kostnad enn vanlig filterpapir. Den høye kostnaden av gjør nylon membran filterpapir mindre egnet i bruk på skoler. I tillegg er det vanlige filterpapir vanlig lab utstyr i norske videregående skoler mens nylon membran filterpapir er spesialutstyr. Dette gjør det vanskeligere for skoler å utføre forsøket. For at forsøket skal brukes i skoler er viktig at det er enklest mulig og billigst mulig å gjennomføre

forsøket i skolen. I lys av styrkene og svakhetene av nylon membran filtrerpapir må lærere forvente at dersom nylon membran filtrerpapir erstattes med vanlig filtrerpapir, blir det vanskeligere for elevene å identifisere mikroplast på jordprøven. Om det finnes et billigere alternativ for filtrerpapir som ikke oppløses til fibre bør det tas i bruk for at forsøket ikke skal være for dyrt for å benyttes i skoler.

4.2.3 Tiltak for å redusere tiden brukt på forsøket

Noen tiltak som ble gjort for å redusere tiden brukt på å utføre forsøket var å fjerne undersøkelse med stereolupe før Fentonreaksjon. Et annet tiltak var å endre røring av jordprøve i saltløsning fra 10 minutter med magnetbar til 1 minutt manuell risting. I tillegg ble tetthetsseparasjon endret fra 60 minutter med venting til 30 minutter. Etter utprøvingen med elever i kjemi 2 ble det bestemt å fjerne kontrollprøven fra prosedyren. Dette førte til at tidsrammen ble kortere og at det ble mulig å gjennomføre forsøket på tre timer. Uten kontrollprøve blir det ikke vist at mikrofiber kan komme fra klær og omgivelsene, men dette har ingen påvirkning på bestemmelsen av mengde mikroplast i prøvene. Tidsrammen rundt undervisningsopplegget er fortsatt litt ugunstig ettersom det tar cirka tre timer å utføre. Det må for eksempel brukes en halv fagdag hvis en klasse med kjemielever skal gjennomføre forsøket.

Det kan tenkes at om skumflotasjon som beskrevet i teoridelen ble brukt til å separere den organiske fraksjonen fra jorden ville forsøket brukt mindre tid, men utstyret virker for kompleks eller dyrt med hensyn til undervisningssammenheng i norske skoler.

4.2.4 Mulighet for endring av sikt

Stålsikten som ble benyttet under prosjektet er ikke vanlig lab utstyr, men spesialutstyr som ble bestilt spesifikt til utførelsen av forsøket. Sikten har en betydelig kostnad som gjør at det blir vanskelig å bruke den i videregående skoler. Stålsikten blir brukt for å fjerne plastpartikler som er større enn 5 mm i diameter. En ulempe med å droppe stålsikten blir er at partikler med diameter større enn 5 mm kommer med i prøven, som ikke regnes som mikroplast i dette prosjektet. Fordelen av å droppe stålsikten er at forsøket blir mer tilgjengelig for norsk videregående skoler.

4.2.5 Endring av tørking

Tørking av jordprøvene i varmeskap på 100 °C ble endret til luft tørking. Dette gjør at prøveopparbeidelsen er enklere og mindre kostbar å utføre. Ulempen med å droppe tørking i varmeskap er at mengde mikroplast per vekt i tørrjord ikke kan bestemmes. I et didaktisk perspektiv har dette fordelen av at man ikke trenger å ha et varmeskap på 100 °C i 24 timer, noe som sparer penger og gjør det mer tilgjengelig for norske skoler. I tillegg har bestemmelsen av mikroplast per vekt i tørrjord ingen påvirkning på undervisning i skolen.

4.3 Utprøving og utvikling av undervisningsopplegget

4.3.1 Utvikling av prelab, rapportmal og lærerveiledning

Av utviklingen av prelab, rapportmal og lærerveiledning kom det fram følgende. Prelaben vil forberede elevene til utførelsen av forsøket ved å få dem til å praksiser å tenkemåter i kjemi. Lærerveiledningen vil gjøre det lettere for lærere å utføre forsøket med sin klasse og tilbyr alternativer til tørking av jordprøver og mulighet av å ikke bruke stålsikt som er et spesialutstyr. Som nevnt tidligere i resultatene kom det fram i utprøvingen at elevene ikke rakk å utfylle rapportmalen, så lærere er nødt til å vurdere i hvilken grad spørsmålene passer til undervisning i kjemi programfag.

4.3.2 Utprøving med masterstudenter og elever

Piloteringen med masterstudenter hadde en tidsramme på tre timer der masterstudentene var i stand til å utføre alle trinnene i prosedyren og i tillegg besvare spørreskjemaet. En årsak til at det ikke var tidspress er at masterstudentene ikke trengte å dele på utstyr ettersom det var nok utstyr til begge.

Utprøvingen av forsøket med elever i kjemi 2 hadde en tidsramme på tre timer hvor hver av elevgruppene rakk å utføre alle trinnene i forsøket og svare på det anonyme spørreskjemaet. Tidsrammen på tre timer ble kun oppnådd etter at kontrollprøvene ble droppet etter første vakumfiltrering da det ble oppdaget at elevene ikke ville rekke å utføre resten av trinnene med kontroll. Begrensning på utstyr fører til at elever må dele på utstyret de bruker, og om utstyret ikke fordeles effektivt kan det gå utover tiden brukt på forsøket. For å oppnå delmålet om å

videreutvikle forsøket for å gjøre det lettere å utføre i norske skoler ble det bestemt å fjerne kontrollen fra prosedyren for å senke tidsrammen til tre timer i sammenheng med utførelse av forsøket i laboratorium. Dette gjør at forsøket kan for eksempel utføres i en halv fagdag, men det er fortsatt ikke egnet til å utføres i en vanlig laboratorieøkt på tre timer.

Ventetiden under tetthetsseparasjonen ble fylt med en flytetest der elevene kan teste tettheten av forskjellige typer plast i saltløsningen istedenfor å vente før de kan utføre neste trinn i prosedyren. Dette holder elevene engasjert med forsøket og tillater dem å lære noe nytt istedenfor å ikke ha noe å gjøre.

Elevene hadde ikke utført vakuumfiltrering og Fentonreaksjon før, og det kom som en overraskelse at elevene ikke kunne noe om praktisk utførelse av vakuumfiltrering. En mulig årsak bak at de ikke hadde erfaring med vakuumfiltrering kan ha vært pandemien av kovid-19 viruset som førte til at skoler ble påbudt om å sende elever hjem til å studere hjemmefra. Kun 7 av 13 elever svarte *helt enig* eller *enig* i påstanden om at det var lett å forstå hvorfor de skulle utføre Fentonreaksjon, mens 10 av 13 svarte *helt enig* eller *enig* i samme påstand om vakuumfiltrering. Et positivt aspekt med forsøket er at nesten alle elevene under utprøvingen synes prosedyren var for det meste lett å forstå og utføre, men for Fentonreaksjon var det vanskeligere for elevene å forstå hensikten. Lærere bør derfor forberede elevene ved at de lærer om oksidasjon på forkant av forsøket, og å utføre et forsøk med vakuumfiltrering for at elevene skal effektivt utføre vakuumfiltreringen under det videreutviklede forsøket.

4.4 Oppsummering

Målet med dette prosjektet var å videreutvikle et laboratorieforsøk om mikroplast slik at det kan brukes i kjemi programfag i norsk videregående skole. For å jobbe med å nå målet, ble det delt inn i tre delmål:

1. Identifisering av egnede steder å hente inn jordprøver som inneholder mikroplast

Funn av mikroplast i jordprøvene tyder på at det er stor sannsynlighet å finne mikrofiber langs godt bevandrede turstier, og at både mikrofiber og gummigranulat kan med større sannsynlighet bli funnet i jord utenfor fotballbaner jo nærmere fotballbanen man er, mens i jordprøver tatt fra bekk og veikant med J-Innsamling ble det knapt identifisert mer mikrofiber enn i kontrollene. For å ha en representativ jordprøve fra et område må innsamlingsmetode

velges med omhu. Prøvene kan innsamles ved å ta én snittprøve av fem punktprøver eller å ta flere snittprøver avhengig av målet med prøveinnsamlingen og hvor nøye det ønskes å måle mengde mikrofiber i et område. Det ble ikke identifisert et eneste mikroplast-fragment i prøvene som kan tyde på at det ikke var mikroplast-fragmenter i prøvene som ble innsamlet, eller at mikroplast-fragmenter som var i prøvene var for små til at de kunne identifiseres visuelt med stereolupe.

2. Videreutvikling av forsøket og optimalisering av tidsbruk

Endring av saltløsning i tetthetsseparasjon fra 3,6 M $ZnCl_2$ til 4 M NaCl gjorde at et kjemikalie med lavere risiko ble benyttet og at tiden brukt til å lage en saltløsning som ikke var mettet tok mindre tid enn om 6 M NaCl blir tilberedt. Ifølge resultatene var det ingen betydelig forskjell i mengde mikrofiber funnet med de to forskjellige saltløsningene. At $ZnCl_2$ ble substituert med NaCl gjør forsøket grønnere og billigere, i tillegg til at å bruke NaCl ikke påvirker læringsutbyttet for elever i kjemi programfag. Forkortelse av tidsrammen i forsøket ved å blant annet endre tid brukt på tetthetsseparasjon og å fjerne kontrollprøve fører til at forsøket blir mer tilgjengelig for norske videregående skoler ved at det kan utføres f.eks. over en halv fagdag.

3. Utvikling av undervisningsopplegg

De fleste elevene sa seg helt enig eller delvis enig i de fleste påstandene i spørreskjemaet. De fleste elevene hadde problemer med å forstå hensikten bak Fentonreaksjonen. Hensikten ble forklart i slutten av utprøvingen da hver av trinnene ble oppramset. Elevenes problemer med å forstå Fentonreaksjonen er begrunnelsen bak at et spørsmål om Fentonreaksjon ble lagt til i prelaben. Lærerveiledningen som ble utviklet til undervisningsopplegget vil gjøre det mulig for lærere i norsk videregående skole å utføre forsøket.

5 Konklusjon og videre arbeid

Ved identifisering av egnede steder å hente inn jordprøver som inneholder mikroplast ble det funnet mikrofiber ved tursti, og mikrofiber og gummigranulat av plast nær fotballbaner, men ettersom ingen mikroplast-fragmenter ble identifisert under prosjektet ble delmålet bare delvis oppnådd. Videreutviklingen av forsøket ble jobbet ved substituering av saltløsning og endring tørking i varmeovn til luft tørking som fører til at forsøket blir grønnere. Endring av filterpapir til vanlig filterpapir fungerte ikke som fører til at forsøket fortsatt er dyrt å utføre og gjør at forsøket ikke er like tilgjengelig som det var ønsket. Dropping av stålsikt gjør forsøket mer tilgjengelig for norske skoler, men det bør være en plan for hva som gjøres med plastpartikler som ikke regnes som mikroplast. Utprøvingen av undervisningsopplegget tyder på at elever vil oppleve forsøket som morsomt og spennende, men Fentonreaksjonen utgjør et trinn som er vanskelig for elevene å forstå.

5.1 Videre arbeid

For å gjøre forsøket mer egnet til bruk i skoler må det finnes et billigere alternativ til en stålsikt og nylon membran filterpapir, noe som ikke er lett tilgjengelig med hensyn til kostnader. Dersom stålsikt ikke blir benyttet i forsøket må man regne med å finne plastpartikler som er større enn 5 mm i diameter, som ikke regnes som mikroplast, og må bestemme om elevene skal enten la være å telle de større plastpartiklene eller å telle dem som makroplast. I tillegg må forsøket optimaliseres for å ha en tidsramme på 1 time og 45 minutter slik at det kan utføres i de fleste kjemi laboratorieøkter. Det kan tenkes at dette oppnås ved at læreren sikter jordprøvene på forhånd eller dropper siktingen. I tillegg kan man undersøke om tetthetsseparasjonen kan utføres over en kortere tid enn 30 minutter og likevel ha nok mikroplast som flyter til toppen av saltløsningen. Dersom vakuumfiltreringen før Fentonreaksjon fjernes og den organiske fraksjonen blir dekantert direkte over til et nytt begerglass til Fentonreaksjon kan det undersøkes om i hvilken grad saltløsningen har noen påvirkning på Fentonreaksjonen. Videre hadde det vært interessant å utforske jordprøver ved veier grundigere ettersom slitasje av bildekk utgjør en stor kilde til mikroplast i naturen, noe som krever riktig prøveinnsamlingsmetode og klart definert forskningsmål. Nå kan lærere forvente å finne mikroplast i jordprøver ved fotballbaner, men etter fotballbaner i Norge slutter å bruke gummigranulat etter forbud fra EU bør alternativer undersøkes.

Litteraturliste

- Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2014). Enhanced desorption of persistent organic pollutants from microplastics under simulated physiological conditions. *Environmental Pollution*, 185, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.007>
- Bastesen, E., Haave, M., Andersen, G. L., Velle, G., Bødtker, G., & Krafft, C. G. (2021). Rapid Landscape Changes in Plastic Bays Along the Norwegian Coastline [Original Research]. *Frontiers in Marine Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.579913>
- Bharti, S. K., & Roy, R. (2012). Quantitative ¹H NMR spectroscopy. *TrAC, Trends in analytical chemistry (Regular ed.)*, 35, 5-26. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2012.02.007>
- Bläsing, M., & Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of The Total Environment*, 612, 422-435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>
- Borgan, E. (2021). Her ligger det 50 år med plastsjøppel rett under overflaten. <https://forskning.no/forurensning-havet-plast/her-ligger-det-50-ar-med-plastsjøppel-rett-under-overflaten/1925245>
- Cao, D., Wang, X., Luo, X., Liu, G., & Zheng, H. (2017). Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 61(1), 12148. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/1/012148>
- Ciardelli, F., Bertoldo, M., Bronco, S., & Passaglia, E. (2019). *Polymers from Fossil and Renewable Resources : Scientific and Technological Comparison of Plastic Properties* (1st 2019. ed.). Springer International Publishing.
- Costa, M. F., Ivar do Sul, J. A., Silva-Cavalcanti, J. S., Araújo, M. C. B., Spengler, Â., & Tourinho, P. S. (2010). On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Springer, Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1-4), 299-304. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1113-4>
- De Falco, F., Cocca, M., Avella, M., & Thompson, R. C. (2020). Microfiber Release to Water, Via Laundering, and to Air, via Everyday Use: A Comparison between Polyester Clothing with Differing Textile Parameters. *Environmental Science & Technology*, 54(6), 3288-3296. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b06892>
- Frias, J. P. G. L., Sobral, P., & Ferreira, A. M. (2010). Organic pollutants in microplastics from two beaches of the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 60(11), 1988-1992. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.030>
- Furuseth, I. S., Rødland, E., & Meland, S. (2022, 14.01.2022). *Nesten to kilo mikroplast slites av fra bildekkene våre hvert år*. Retrieved 08.04.2022 from <https://forskersonen.no/bil-og-trafikk-kronikk-meninger/nesten-to-kilo-mikroplast-slites-av-fra-bildekkene-vare-hvert-ar/1965243>
- Gasperi, J., Wright, S. L., Dris, R., Collard, F., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V., Kelly, F. J., & Tassin, B. (2018). Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current opinion in environmental science & health*, 1, 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.10.002>
- Haraldsrud, A. D., Hushovd, O. T., Sandtorv, A. H., & Haraldsrud, A. D. (2022). *Kjemi 2* (Bokmål 2nd ed.). Aschehoug.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. (2018). Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC, Trends in analytical chemistry (Regular ed.)*, 109, 163-172. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.006>
- Helseth, L. E. (2022). Mikroplast. In *Store Norske Leksikon*. Retrieved 30.01.2023, from <https://snl.no/mikroplast>

- Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics in the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental Science & Technology*, 46(6), 3060-3075. <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- Horton, A. A., Svendsen, C., Williams, R. J., Spurgeon, D. J., & Lahive, E. (2017). Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK – Abundance, sources and methods for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin*, 114(1), 218-226. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.004>
- Huppertsberg, S., & Knepper, T. P. (2018). Instrumental analysis of microplastics—benefits and challenges. *Springer, Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410(25), 6343-6352. <https://doi.org/10.1007/s00216-018-1210-8>
- Imhof, H. K., Schmid, J., Niessner, R., Ivleva, N. P., & Laforsch, C. (2012). A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments. *Limnology and Oceanography Methods*, 10(7), 524-537. <https://doi.org/10.4319/lom.2012.10.524>
- Knutsen, H., Tveit, S., Vestli, K., Grønneberg, T., Hannisdal, M., Pedersen, B., & Ringnes, V. (2022). *Kjemien stemmer 2 : kjemi 2 : Grunnbok* (Bokmål 2nd ed.). Cappelen Damm. Miljødirektoratet. (2022). *Mikroplast*. Retrieved 22.04.2023 from <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/mikroplast>
- Mohamed Nor, N. H., & Obbard, J. P. (2014). Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1-2), 278-283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.025>
- Möller, J. N., Löder, M. G. J., & Laforsch, C. (2020). Finding Microplastics in Soils: A Review of Analytical Methods. *Environmental Science & Technology*, 54(4), 2078-2090. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04618>
- Peez, N., Janiska, M.-C., & Imhof, W. (2018). The first application of quantitative ¹H NMR spectroscopy as a simple and fast method of identification and quantification of microplastic particles (PE, PET, and PS). *Springer, Analytical and Bioanalytical Chemistry*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00216-018-1510-z>
- Ringnes, V., & Hannisdal, M. (2014). *Kjemi fagdidaktikk : kjemi i skolen* (3rd ed.). Cappelen Damm akademisk.
- Rowe, L., Kubalewski, M., Clark, R., Statza, E., Goyne, T., Leach, K., & Peller, J. (2019). Detecting Microplastics in Soil and Sediment in an Undergraduate Environmental Chemistry Laboratory Experiment That Promotes Skill Building and Encourages Environmental Awareness. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 323-328. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00392>
- Schjesvold, F. (2023). *EU-kommisjonen har stemt: Forbyr gummigranulat på kunstgressbaner*. VG. Retrieved 28.04.2023 from <https://www.vg.no/sport/football/i/4oXIGa/eu-kommisjonen-har-stemt-forbyr-gummigranulat-paa-kunstgressbaner>
- Skjelvik, S., & Olaisen, S. R. (2022, 13.02.2023). Trafikk gir enorme mengder mikroplast – lavere hastighet kan være løsningen. *NRK*. <https://www.nrk.no/nordland/trafikk-gir-enorme-mengder-mikroplast--lavere-hastighet-kan-vaere-losningen-1.16092403>
- Steen, B.-G., Steen, B.-G., Fimland, N., Juel, L. A., Gausemel, T., & Nyhammer, J. A. E. (2022). *Aqua 2 : kjemi 2 : Studiebok* (Nynorsk 3rd ed.). Gyldendal.
- Utdanningsdirektoratet. (2021). *Læreplan i kjemi (KJE01-02)*. <https://www.udir.no/lk20/kje01-02>
- van den Berg, P., Huerta-Lwanga, E., Corradini, F., & Geissen, V. (2020). Sewage sludge application as a vehicle for microplastics in eastern Spanish agricultural soils.

- Environmental Pollution*, 261, 114198-114198.
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114198>
- Walling, C. (1975). Fenton's reagent revisited. *Accounts of Chemical Research*, 8(4), 125-131.
<https://doi.org/10.1021/ar50088a003>
- Zambrano, M. C., Pawlak, J. J., Daystar, J., Ankeny, M., Goller, C. C., & Venditti, R. A. (2020). Aerobic biodegradation in freshwater and marine environments of textile microfibers generated in clothes laundering: Effects of cellulose and polyester-based microfibers on the microbiome. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110826-110826.
<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110826>
- Zhang, G. S., & Liu, Y. F. (2018). The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. *Science of The Total Environment*, 642, 12-20.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.004>
- Zhou, B., Wang, J., Zhang, H., Shi, H., Fei, Y., Huang, S., Tong, Y., Wen, D., Luo, Y., & Barceló, D. (2020). Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. *Journal of Hazardous Materials*, 388, 121814-121814.
<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121814>

Appendiks

Vedlegg 1: Rådata av jordprøver

Jordprøver med antall identifisert mikroplast er vist i Tabell A.1, Tabell A.2 og i Tabell A.3.

Tabell A.1 Tabellen viser prøver og prøvereplikat, beskrivelser av jordprøvene, og hvor mye mikroplast og mikrofiber som er funnet i replikatene.

Prøve	Beskrivelse	Antall mikroplast og mikrofiber
JL20211017 Jord tatt fra skogbunn nær innsjøen Isesjøen i Sarpsborg. Øverste 5-15 cm av jord tatt.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20211017-1: 21,8 g JL20211017-2: 20,7 g Prøvene ble kastet etter jorden fløt på toppen av saltløsningen.	
JL20220412 Jord tatt ved bekk nær innsjøen Isesjøen i Sarpsborg. Øverste 5-15 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220412-1: 20,5 g	JL20220412-1: 1 mikrofiber
JL20220806 Jord tatt 1m unna vei i Tønsberg, kryss ved Melsomvikveien. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220806: 38,3 g	JL20220806-1: 2 mikrofiber
JL20220809 Jord tatt 1m unna vei i Skjeberg, kryss mellom Ullerøyveien og Oldtidsveien. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220809: 23,1 g	JL20220809-1: 1 mikrofiber
ST20220810 Jord tatt av veileder ved heggdalsveien 347, Asker.	Innveid masse, jordprøve replikat: ST20220810-1: 23,9 g ST20220810-2: 22,2 g	ST20220810-1: 3 mikrofiber ST20220810-2: 1 mikrofiber
JL20220907 Jord tatt med J-Innsamling fra tursti ved Rikshospitalet, Oslo. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220907-1: 20,5 g JL20220907-2: 20,8 g JL20220907-3: 22,2 g JL20220907-4: 20,3 g Gjennomsiktig plastark med kvadratisk gitter tegnet over ble limt fast på filterpapirene med prøve.	JL20220907-1: 30 mikrofiber JL20220907-2: 7 mikrofiber JL20220907-3: 3 mikrofiber JL20220907-4: 1 mikrofiber Kontroll: 2 mikrofiber

Tabell A.2 Tabellen viser prøver og prøvereplikater, beskrivelser av jordprøvene, og hvor mye mikroplast og mikrofiber som er funnet i replikatene.

Prøve	Beskrivelse	Antall mikroplast og mikrofiber
JL20220912 Jord tatt 1m unna kunstgresset i fotballbane ved Skjærviken, Sarpsborg. Øverste 10 cm.	JL20220912 er en blanding av én punktprøve fra hver av de fem områdene 1m unna kunstgresset. Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220912-1: 20,4 g JL20220912-2: 20,8 g JL20220912-3: 21,2 g	JL20220912-1: 1 mikrofiber, 7 gummigranulat JL20220912-2: 4 mikrofiber, 12 gummigranulat JL20220912-3: 1 mikrofiber, 11 gummigranulat
JL20220927 Jord tatt fra tursti med UG-Innsamling ved Rikshospitalet, Oslo. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20220927-1: 20,3 g JL20220927-2: 21,0 g JL20220927-3: 20,3 g Til tetthetsseparasjon ble 3,6 M ZnCl ₂ brukt til replikat 1 4,0 M NaCl ble brukt til replikat 2 vann ble brukt til replikat 3	JL20220927-1: 3 mikrofiber JL20220927-2: 3 mikrofiber JL20220927-3: 2 mikrofiber Kontroll: Ingen mikroplast eller mikrofiber
JL20221002 Jord tatt med T-Innsamling fra tursti ved Rikshospitalet, Oslo. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20221003-1: 28,2 g JL20221003-2: 26,4 g JL20221003-3: 25,3 g JL20221003-4: 26,7g JL20221003-5: 25,8 g JL20221003-6: 26,1 g Til tetthetsseparasjon ble 3,6 M ZnCl ₂ brukt til replikat 1, 2 og 3 4,0 M NaCl ble brukt til replikat 4, 5 og 6	JL20221002-1: 0 mikrofiber JL20221002-2: 4 mikrofiber JL20221002-3: 4 mikrofiber JL20221002-4: 3 mikrofiber JL20221002-5: 6 mikrofiber JL20221002-6: 7 mikrofiber
JL20221029A JL20221029B Jord tatt ved fotballbane i Oslofjord Arena, Melsomvik. JL20221029A ble tatt 2m unna kunstgresset. JL20221029B ble tatt 5m unna kunstgresset. Øverste 10 cm.	Prøvereplikater A4 er fra piloteringen med masterstudenter. Prøvereplikater A5, A6 og A7 er fra testing av vanlig kvalitativt filterpapir. Prøvereplikater A8, A9 og A10 er fra testing av Nylon membran filterpapir. Innveid masse, jordprøve replikat: JL20221029A1: 32,5 g JL20221029A2: 31,9 g JL20221029A3: 32,3 g JL20221029A4: Mangler data JL20221029A5: 36,8 g JL20221029A6: 33,6 g JL20221029A7: 31,5 g JL20221029A8: 31,6 g JL20221029A9: 33,0 g JL20221029A10: 33,1 g JL20221029B1: 31,3 g JL20221029B2: 37,6 g JL20221029B3: 31,1 g	A1: 10 mikrofiber A2: 5 mikrofiber A3: 6 mikrofiber B1: 1 mikrofiber B2: 5 mikrofiber B3: 1 mikrofiber Kontroll: Ingen mikroplast eller mikrofiber. A4: 2 mikrofiber Kontroll: Ingen mikroplast eller mikrofiber. A5: 3 mikrofiber A6: 2 mikrofiber A7: 1 mikrofiber A8: 1 mikrofiber A9: 2 mikrofiber A10: 1 mikrofiber Kontroll: 1 mikrofiber

Tabell A.3 Tabellen viser prøver og prøvereplikater, beskrivelser av jordprøvene, og hvor mye mikroplast og mikrofiber som er funnet i replikatene.

Prøve	Beskrivelse	Antall mikroplast og mikrofiber
JL20221103 Jord tatt med T-Innsamling fra tursti ved Rikshospitalet, Oslo. Øverste 10 cm.	Innveid masse, jordprøve replikat: JL20221103-1: 36,3 g JL20221103-2: 33,0 g JL20221103-3: 31,1 g JL20221103-4: 31,6 g JL20221103-5: 30,9 g	JL20221103-1: 1 mikrofiber JL20221103-2: 3 mikrofiber JL20221103-3: 0 mikrofiber JL20221103-4: 1 mikrofiber JL20221103-5: 2 mikrofiber Kontroll: 2 mikrofiber
JL20230402A JL20230402B Jord tatt ved fotballbane ved Skjærviken, Sarpsborg. JL20230402A ble tatt 2m unna kunstgresset. JL20230402B ble tatt 5m unna kunstgresset. Øverste 10 cm.	JL20230402A er en blanding av én punktprøve fra hver av de fem områdene 2m unna kunstgresset. JL20230402B er en blanding av én punktprøve fra hver av de fem områdene 5m unna kunstgresset. Hver punktprøve var et cirka 10x10 cm utsnitt av overflaten. Innveid masse, jordprøve replikat: JL20230402A1: 31,6 g JL20230402A2: 32,8 g JL20230402A3: 30,3 g JL20230402B1: 32,0 g JL20230402B2: 28,8 g JL20230402B3: 33,1 g	A1: 1 mikrofiber, 2 gummigranulat A2: 3 mikrofiber, 2 gummigranulat A3: 5 mikrofiber, 3 gummigranulat B1: 1 mikrofiber, 0 gummigranulat B2: 1 mikrofiber, 1 gummigranulat B3: 3 mikrofiber, 1 gummigranulat
JL20230407 Jord tatt ved fotballbane i Oslofjord Arena, Melsomvik. 1m unna kunstgress. Øverste 10 cm.	Prøvereplikater A1, A2, A3, A4 og A5 er snittprøver fra seks punktprøve fra hver av de fem områdene 1m unna kunstgresset. JL20230407B er en blanding av én punktprøve fra hver av de fem områdene 1m unna kunstgresset. Hver punktprøve var et cirka 10x10 cm utsnitt av overflaten. Innveid masse, jordprøve replikat: JL20230407A1: 30,4 g JL20230407A2: 31,8 g JL20230407A3: 30,9 g JL20230407A4: 33,2 g JL20230407A5: 33,4 g JL20230407B1: 33,9 g JL20230407B2: 32,3 g JL20230407B3: 30,4 g	A1: 3 mikrofiber, 8 gummigranulat A2: 2 mikrofiber, 12 gummigranulat A3: 8 mikrofiber, 2 gummigranulat A4: 4 mikrofiber, 6 gummigranulat A5: 4 mikrofiber, 1 gummigranulat B1: 3 mikrofiber, 4 gummigranulat B2: 5 mikrofiber, 6 gummigranulat B3: 3 mikrofiber, 5 gummigranulat Kontroll: Ingen mikroplast eller mikrofiber

Vedlegg 2 – Undervisningsopplegg Versjon 1, Lab forsøket utført av masterstudenter

Identifisering av mikroplast i jord

Forsøket består av 3 deler:

Del 1: Tetthetsseparasjon (varighet ca. 45 minutter)

Utstyrsliste:

- Utdelt jordprøve
- Urglass
- Aluminiumsfolie
- Begerglass, 150-250 mL
- Stålsikt, 5 mm diameter
- Morter
- Målesylinder, 10 mL
- NaCl(s)
- Plastbiter

OBS: Når jordprøven ikke overføres mellom glass og utstyr skal den være dekket til med aluminiumsfolie for å unngå kontaminering fra klær eller andre kilder.

Sikt og morter:

- 1) Mål massen av et rent begerglass. Overfør 30-40 g jordprøve til glasset og noter massen.
- 2) Sikt jorden over i et 250 mL begerglass. Bruk en ren glasstav for å dytte partikler gjennom sikten. Store jordpartikler som ikke går gjennom sikten knuses i en morter før de siktes igjen.
- 3) Legg et rent 150 mL begerglass på en vekt og tarér. Overfør 20-30 g siktet jord til begerglasset og noter massen av jorden. Dekk til med aluminiumsfolie.
- 4) Lag en kontrollprøve ved å dekke til et rent 150 mL begerglass med aluminiumsfolie.

Tetthetsseparasjon:


- 5) Tilbered 100 mL av en 4 M NaCl-løsning.
- 6) Noter massen av en 10 mL målesylinder. Tilsett 10 mL av saltløsningen i målesylinderen og noter massen og volum. Dette skal brukes når tettheten av saltløsningen beregnes.
- 7) Tilsett 75 mL saltløsning i begerglasset med jordprøven og rist på løsningen i ca. ett minutt. Tilsett resten av saltløsningen i kontrollprøven og rist litt på løsningen.
- 8) La prøveløsningene stå i 30 minutter for at de faste organiske forbindelser skal flyte til toppen.

Mens vi venter:

Test tettheten av saltløsningen: hell saltløsningen fra målesylinderen over i et begerglass og fyll et annet begerglass med vann. Legg ulike plastbiter i saltløsningen og noter hvilke biter som synker og hvilke som flyter. Test med de samme bitene i begerglasset med vann og noter hvilke som synker og hvilke som flyter.

Avfallshåndtering: All jordprøve som ikke er benyttet kan kastes i restavfall.

Del 2: Vakumfiltrering og fenton reaksjon (varighet ca. 105 minutter)

Utstysliste: <ul style="list-style-type: none">- Büchnertrakt, kolbe og gummislange- Nylon membran filtrerpapir- H₂O₂-løsning, 30-33% (v/v)- FeCl₂(s)- HCl(aq), 0.1 M	Sikkerhet Hydrogenperoksid:  <i>Fare. Farlig ved svelging. Gir alvorlig øyeskade.</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Vakumfiltrering:

- 1) Vei inn 0,048 g fast FeCl₂ i en 50 mL målekolbe og fortynn til merket. Overfør 20 mL av jern(II)kloridløsningen og 2 mL 0,1 M HCl i et rent 250 mL begerglass.
- 2) Overfør 10 mL av jern(II)kloridløsningen og 1 mL 0,1 M HCl i et nytt begerglass. Dekk til begge begerglassene med aluminiumsfolie.
- 3) Forbered vakumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 4) Ta begerglasset med jordprøve og saltløsning (forsiktig, uten å riste), dekanter væsken over i trakten. **Unngå å overføre faste jordpartikler fra bunnen av glasset.**
- 5) Etter at nesten alt av væsken fra begerglasset har blitt filtrert, bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 6) Slå av vakumet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve.
- 7) For å gjøre identifisering av mikroplast lettere må organiske forbindelser på filtrerpapiret brytes ned. Dette kan gjøres ved å oksidere de til CO₂. Fjern filtrerpapir fra trakten og skyll av alle rester av fast stoff fra filtrerpapiret ned i begerglasset med 20 mL jern(II)kloridløsning.
- 8) Test pH i prøveløsningen med pH papir og sjekk at den er 2-3. Hvis pH er større enn 3, tilsett et par dråper av saltsyreløsningen og sjekk pH igjen.
- 9) Når filtrerpapiret er skylt rent kan det kastes i restavfall.
- 10) Gjenta vakumfiltreringen (trinn 3 til 9) med kontrollprøven. Rester av fast stoff på filtrerpapiret kan skylles ned i begerglasset med 10 mL jern(II)kloridløsning. Sjekk at pH er 2-3. Ta vare på filtrerpapiret på samme måte som i trinn 8.

Fenton reaksjon (Skal gjøres i avtrekkskap):

- 11) Sett begerglasset med jordprøve på varmeplate, sett et termometer i løsningen og varm løsningen til den er 60 – 70 °C. Hvis løsningen blir varmere enn 70 °C, fjern begerglasset fra varmeplaten, skru ned varmen og vent til temperaturen i løsningen har sunket under 70 °C. Ta på vernehansker og tilsett forsiktig 5-6 mL hydrogenperoksid (30-33%) i prøveløsningen under oppvarmingen.
- 12) Dersom blandingen er i ferd med å skumme over kanten, fjern begerglasset fra varmeplaten og tilsett type 2 vann med vannspruteflaske for å roe ned reaksjonen.
- 13) Etter at all hydrogenperoksid er tilsatt, sett løsningen til røring i 15 minutter. Fjern deretter magneten. Dersom det er rester av fast stoff på magneten, skyll av med vann ned i begerglasset.
- 14) Vent til løsningen stopper å boble før begerglasset dekkes til med aluminiumsfolie. **OBS: Ikke fjern begerglasset fra avtrekkskapet før boblingen (gassutvikling) har stanset.**
- 15) Gjenta fenton reaksjon (trinn 11-14) med kontrollprøven, men bruk 3 mL hydrogenperoksid istedenfor 5-6 mL.

Vakumfiltrering (etter Fentonreaksjon):

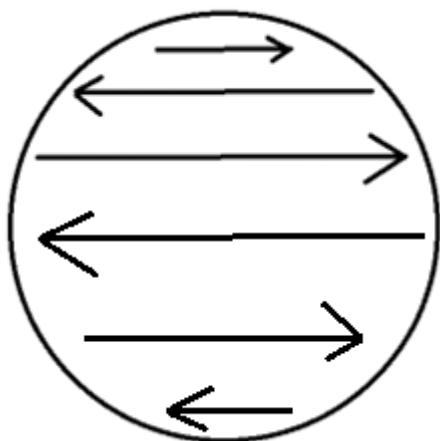
- 16) Forbered vakumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 17) Overfør prøveløsningen til filtrerpapiret. **Bruk vannspruteflaske til å få alle rester av fast stoff fra begerglasset over på filtrerpapiret.**
- 18) Bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 19) Slå av vakumet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve og sammenlikn med forrige bilde av filtrerpapiret. Hvor mye av de organiske forbindelsene ble brutt ned under fenton reaksjonen?
- 20) Fjern filtrerpapir fra trakten og sett det i et urlass. Dekk til urglasset.
- 21) Gjenta vakumfiltreringen (trinn 16 til 20) med kontrollprøven.

Avfallshåndtering: Fast jord kan plukkes opp med papir og kastes i restavfall. Rester av alle løsninger (saltklorid, saltsyre, jern(II)klorid) kan tømmes i vasken.

Del 3: Undersøk mikroplast under mikroskop (varighet ca. 30 minutter)

OBS: Når filtrerpapiret ikke undersøkes under mikroskopet skal det være dekket til for å unngå mikrofiber kontaminering fra støv, klær, og liknende.

- 1) Undersøk filtrerpapirene på urglass hver for seg under en stereolupe. Juster mikroskopets forstørrelse etter behov. Mikroskopet har 10x forstørrelse i tillegg til justerbar forstørrelse som endres ved å vri på hjulet. Bruk 0,8-1x forstørrelse på hjulet for å få et overblikk og forstørr inntil 4.5x for å se detaljer.
- 2) Tell antall mirkofiber (filamenter) og mikroplast fragmenter.
- 3) Noter formen på partikkelen; er den rund, firkantet, eller har den en annen form? Hvilken farge har partikkelen?



Illustrasjon av systematisk måte på å identifisere partikler. Start i øvre venstre hjørne og gå mot høyre og følg pilene på illustrasjonen.

Vedlegg 3 – Spørreskjema til masterstudenter

Spørreskjema Identifisering av mikroplast i jord

Spørsmål

Hva gikk bra og hva gikk dårlig med sikting av jorden? Hva var vanskelig å utføre?

Hva gikk bra og hva gikk dårlig med tetthetsseparasjonen? Hva var vanskelig å utføre?

Hva gikk bra og hva gikk dårlig med vakumfiltreringen? Hva var vanskelig å utføre?

Hva gikk bra og hva gikk dårlig med fenton reaksjonen? Hva var vanskelig å utføre?

Hva gikk bra og hva gikk dårlig med undersøkelsen med mikroskop? Hva var vanskelig å utføre?

Hvor enig er du i følgende påstander. Sett av kryss der du mener du selv er enten enig eller uenig, hvor 1 er svært uenig og 5 er svært enig

Påstand	Svært uenig	Uenig	Verken enig eller uenig	Enig	Svært enig
Forsøket var tydelig rettet mot plastforurensning i naturen					
Forsøket lærte meg om kjemiske reaksjoner					
Forsøket lærte meg hvordan kjemi kan anvendes til å løse en praktisk problemstilling					

Etterarbeid:

Fant du mikroplast i jordprøven? Hvis ja, hvor mye?

Hva vet du om mikroplast fra før?

I dette forsøket ble 4 M NaCl-løsning brukt til tetthetsseparasjon fordi det har større tetthet enn mange typer plast. Man kan også f.eks. bruke $ZnCl_2$ som gir større tetthet per mol. Hva tror du er grunnen til at NaCl ble brukt i dette forsøket?

Hva kan man gjøre for å forminske mikroplast utslipp?

Vedlegg 4 – Undervisningsopplegg Versjon 2, i utprøvingen med kjemi 2 elevene

Identifisering av mikroplast i jord

Plast er kunstige polymerer, og kan produseres fra enten olje eller cellulose. Disse kunstige polymerene er organiske molekyler dannet av monomerer, som er små organiske forbindelser. Monomerer kan binde seg sammen til kjeder til store molekyler kalt polymerer. Når det er tilsetningsstoffer i de kunstige polymerene kalles de også plast eller plastmateriale. I fleste tilfeller består polymerkjeden av én type monomer, men et unntak er polymeren nylon som kan bli dannet av to typer monomerer. Noen eksempler på vanlige typer plast er polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid.

Mikroplast er plastpartikler på under 5 millimeter i diameter. Mikroplast kan komme fra blant annet klær, bildekk, kunstgress, og plastforsøpling. En av utfordringene med å identifisere mikroplast i jord er at ulike typer jord består av mange forskjellige komplekse organiske forbindelser.

Mikrofiber er en type mikroplast. Mikrofiber befinner seg i klær og tekstiler, og når man vasker klesstoff kan mikrofiber falle av og ende opp i avløpet. Dersom mikroplast og mikrofiber ikke fjernes fra avløpet i vannrenseanlegg kan det ende opp langs elver eller i sjøer og videre ende opp i fisk.

I denne øvelsen skal du separere mikroplast og mikrofiber (analyttene) fra jordprøver ved bruk av en sikt, tetthetsseparasjon, oksidasjon, og vakumfiltrering for å så gjøre en kvalitativ bestemmelse av analyttene med stereolupe.

Sikting

En stålsikt med 5 mm hull benyttes i øvelsen for å separere partikler med større plastpartikler fra små fordi plastbiter over 5 mm ikke regnes som mikroplast. I tillegg må større jordpartikler fjernes ettersom de ikke blir nedbrutt fullstendig under oksidasjonstrinnet.

Tetthetsseparasjon

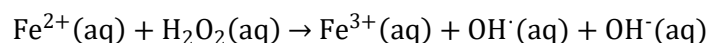
Plast har lavere massetetthet enn mange andre typer partikler i jord. Ved å utnytte en væskeløsning med høyere tetthet enn mange av de vanligste plasttypene kan plast separeres fra de fleste andre partiklene i jorden. I denne øvelsen skal du lage en natriumkloridløsning med større tetthet enn mange typer plast.

Oksidasjon

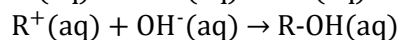
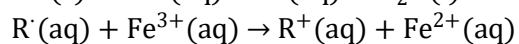
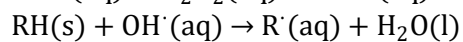
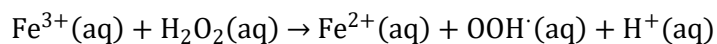
For å gjøre identifisering av mikroplast lettere må organiske forbindelser på filterpapiret brytes ned. Dette kan gjøres ved å oksidere de til CO₂.

Fenton reagens er en blanding av jern(II)-ioner og hydrogenperoksid og benyttes til å oksidere organiske forbindelser ved hjelp av frie radikaler. Mikroplast er svært lite reaktivt og vil ikke oksideres under Fentonreaksjonen.

Hydrogenperoksid oksiderer jern(II) til jern(III) og reduseres selv til OH^\cdot og et radikalt OH^\cdot som har ett upåret elektron.



Radikalene reagerer med organiske forbindelser. De organiske forbindelsene blir oksidert til blant annet CO_2 og H_2O . Legg merke til at jern(II) gjendannes. Jern(II) er en katalysator.



Ved høy pH har hydrogenperoksid lav stabilitet. I tillegg blir reduksjonspotensialet til OH^\cdot lavere ved høy pH. Ved veldig lav pH derimot vil H^+ reagere med OH^\cdot .

I denne øvelsen skal hydrogenperoksid tilsettes i en jern(II)klorid-løsning ved pH 2-3.

Identifisering av mikroplast i jord

Forsøket består av 3 deler:

Del 1: Sikting og tetthetsseparasjon (varighet ca. 45 minutter)

Utstyrlite:

- Utdelt jordprøve
- Urglass
- Aluminiumsfolie
- Begerglass, 150-250 mL
- Stålsikt, 5 mm diameter
- Morter
- Målesylinder, 25 mL
- NaCl(s)
- Plastbiter

OBS:

- Når jordprøven ikke overføres mellom glass og utstyr skal den være dekket til med aluminiumsfolie for å unngå kontaminering fra klær eller andre kilder.
- Utfyll rapportmal og spørreundersøkelse underveis.

Sikt og morter:

- 1) Mål massen av et rent begerglass. Overfør 30-40 g jordprøve til glasset og noter massen.
- 2) Sikt jorden over i et 250 mL begerglass. Bruk en ren glasstav for å dytte partikler gjennom sikten. Store jordpartikler som ikke går gjennom sikten knuses i en morter før de siktes igjen.
- 3) Legg et rent 150 mL begerglass på en vekt og tarér. Overfør 20-30 g siktet jord til begerglasset og noter massen av jorden. Dekk til med aluminiumsfolie.
- 4) Lag en kontrollprøve ved å dekke til et rent 150 mL begerglass med aluminiumsfolie.

Tetthetsseparasjon:


- 5) Lag 100 mL av en 4 M NaCl-løsning.
- 6) Tilsett 25 mL saltløsning i kontrollprøven og rist litt på løsningen. Tilsett resten av saltløsningen i begerglasset med jordprøven og rist i cirka ett minutt.
- 7) La prøven og kontrollen stå i 30 minutter for at de faste organiske forbindelsene skal flyte til toppen.

Mens vi venter:

Test tettheten av saltløsningen ved å utføre en **flytetest**: hent ferdiglagd 4 M saltløsning og hell over i et tomt 250 mL begerglass til det er cirka en tredel fylt. Fyll et annet begerglass en tredel med vann. Legg ulike plastbiter i saltløsningen og noter hvilke biter som synker og hvilke som flyter. Test med de samme bitene i begerglasset med vann og noter i rapportmalen hvilke som synker og hvilke som flyter.

Avfallshåndtering: All jordprøve som ikke er benyttet kan kastes i restavfall.

Del 2: Vakumfiltrering og Fentonreaksjon (varighet ca. 105 minutter)

Utstyrliste: <ul style="list-style-type: none">- Büchnertrakt, kolbe og gummislange- Nylon membran filtrerpapir- Målekolbe, 50 mL- H₂O₂-løsning, 30-33% (v/v)- FeCl₂(s)- HCl(aq), 0.1 M- Magnetrører, magnet, varmeplate- Stereolupe	Sikkerhet Hydrogenperoksid:  <i>Fare. Farlig ved svelging. Gir alvorlig øyeskade.</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Vakumfiltrering:

- 1) Vei inn 0,048 g fast FeCl₂ i en 50 mL målekolbe og fortynn til merket. Overfør 20 mL av jern(II)kloridløsningen og 2 mL 0,1 M HCl i et rent 250 mL begerglass og bruk tusj til å skrive 'Prøve' på begerglasset.
- 2) Tilsett 10 mL jern(II)kloridløsning og 1 mL 0,1 M HCl i et nytt begerglass og bruk tusj til å skrive 'Kontroll' på begerglasset. Dekk til begge begerglassene med aluminiumsfolie.
- 3) Forbered vakumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 4) Ta begerglasset med jordprøve og saltløsning (forsiktig, uten å riste), dekanter væsken over i trakten. **Unngå å overføre faste jordpartikler fra bunnen av glasset.**
- 5) Etter at nesten alt av væsken fra begerglasset har blitt filtrert, bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 6) Slå av vakumet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve.
- 7) Fjern filtrerpapir fra trakten og skyl av alle rester av fast stoff fra filtrerpapiret ned i begerglasset merket med 'Prøve'. Etter filtrerpapiret er skylt rent skal det oppbevares i et tildekket urglass. Filtrerpapiret kan brukes igjen i vakumfiltreringstrinnet etter oksidasjonen.
- 8) Test pH i prøveløsningen med pH papir og sjekk at den er 2-3. Hvis pH er større enn 3, tilsett et par dråper av saltsyreløsningen og sjekk pH igjen.
- 9) Gjenta vakumfiltreringen (trinn 3 til 6) med kontrollprøven. Rester av fast stoff på filtrerpapiret kan skylles ned i begerglasset merket med 'Kontroll'. Sjekk at pH er 2-3.

Fentonreaksjon (Skal gjøres i avtrekkskap):

- 10) Sett begerglasset med prøveløsningen på varmeplate, sett et termometer i løsningen og varm løsningen til den er 60 – 70 °C. Hvis løsningen blir varmere enn 70 °C, fjern begerglasset fra varmeplaten, skru ned varmen og vent til temperaturen i løsningen har sunket under 70 °C. Ta på vernehansker og tilsett forsiktig 5-6 mL hydrogenperoksid (30-33%) i prøveløsningen under oppvarmingen.
- 11) Dersom blandingen er i ferd med å skumme over kanten, fjern begerglasset fra varmeplaten og tilsett type 2 vann med vannspruteflaske for å roe ned reaksjonen.
- 12) Etter at all hydrogenperoksid er tilsatt, sett løsningen til røring i 15 minutter. Fjern deretter magneten. Dersom det er rester av fast stoff på magneten, skyl av med vann ned i begerglasset.
- 13) Vent til løsningen stopper å boble før begerglasset dekkes til med aluminiumsfolie. **OBS: Ikke fjern begerglasset fra avtrekkskapet før boblingen (gassutvikling) har stanset.**

- 14) Gjenta Fentonreaksjonen (trinn 10-13) med kontrollprøven, men bruk 3 mL hydrogenperoksid istedenfor 5-6 mL.

Vakumfiltrering (etter Fentonreaksjon):

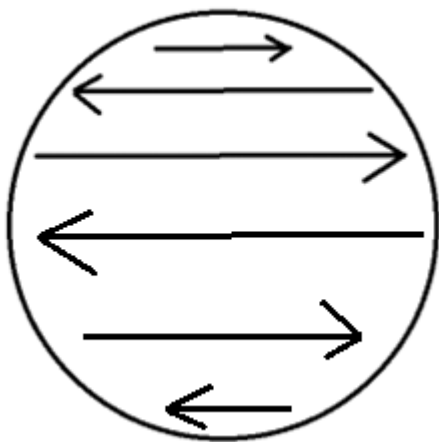
- 15) Forbered vakumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 16) Overfør prøveløsningen til filtrerpapiret. **Bruk vannspruteflaske til å få alle rester av fast stoff fra begerglasset over på filtrerpapiret.**
- 17) Bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 18) Slå av vakumet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve og sammenlikn med forrige bilde av filtrerpapiret. Hvor mye av de organiske forbindelsene ble brutt ned under Fentonreaksjonen?
- 19) Fjern filtrerpapir fra trakten og sett det i et urlass. Dekk til urlasset.
- 20) Gjenta vakumfiltreringen (trinn 16 til 19) med kontrollprøven.

Avfallshåndtering: Fast jord kan plukkes opp med papir og kastes i restavfall. Rester av alle løsninger (natriumklorid, saltsyre, jern(II)klorid) kan tømmes i vasken.

Del 3: Undersøk mikroplast under stereolupe (varighet ca. 30 minutter)

OBS: Når filtrerpapiret ikke undersøkes under mikroskopet skal det være dekket til for å unngå mikrofiber kontaminering fra støv, klær, og liknende.

- 1) Undersøk filtrerpapirene på urlass hver for seg under en stereolupe. Juster stereolupens forstørrelse etter behov. Stereolupen har 10x forstørrelse i tillegg til justerbar forstørrelse som endres ved å vri på hjulet.
- 2) Tell antall mikrofiber (filamenter) og mikroplast fragmenter.
- 3) Noter formen på partikkelen; er den rund, firkantet, eller har den en annen form? Hvilken farge har partikkelen?



Illustrasjon av systematisk måte på å identifisere partikler. Start i øvre venstre hjørne og gå mot høyre og følg pilene på illustrasjonen.

Rapport mal

1. Hvilke typer plast fløt eller sank under flytetesten? Bruk tabellen under til å notere om plasten fløt bra, fløt dårlig, eller sank til bunn.

Tabell 1

	Vann	Saltløsning
Polyeten (Rød)		
Polypropen (Blå)		
Polystyren (Gul)		
Polyvinylklorid (Grønn)		

2. Hvorfor er det forskjell på hvilke plasttyper som flyter og synker i vann og i saltløsningen? Hvilken egenskap er det som påvirker flyteevnen?
3. Hvorfor ble tetthetsseparasjon av jordprøven utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke gjør tetthetsseparasjon?
4. Hvorfor ble oksidasjon med Fenton reagens utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke utfører oksidasjonen?
5. Fant du noe mikroplast i jordprøven? Hvis ja, hvor mye?
6. Hvilke typer mikroplast tror du prøven din inneholder? Bruk Tabell 1 til å begrunne svaret ditt.

Vedlegg 5 - Spørreskjema i utprøvingen med kjemi 2 elevene

Hvor enig er du i følgende påstander om tetthetsseparasjon? Sett kun ett kryss per påstand.

	Helt uenig	Uenig	Hverken enig eller uenig	Enig	Helt enig
Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan					
Det var enkelt å utføre tetthetsseparasjonen					
Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre tetthetsseparasjonen					
Kommenter gjerne her hvis du synes noe var vanskelig					

Hvor enig er du i følgende påstander om vakumfiltrering? Sett kun ett kryss per påstand.

	Helt uenig	Uenig	Hverken enig eller uenig	Enig	Helt enig
Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan					
Det var enkelt å utføre vakumfiltreringen					
Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre vakumfiltreringen					
Kommenter gjerne her hvis du synes noe var vanskelig					

Hvor enig er du i følgende påstander om fentonreaksjon? Sett kun ett kryss per påstand.

	Helt uenig	Uenig	Hverken enig eller uenig	Enig	Helt enig
Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan					
Det var enkelt å utføre fentonreaksjonen					
Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre fentonreaksjonen					
Kommenter gjerne her hvis du synes noe var vanskelig					

Hvor enig er du i følgende påstander om undersøkelse med stereolupe? Sett kun ett kryss per påstand.

	Helt uenig	Uenig	Hverken enig eller uenig	Enig	Helt enig
Det var enkelt å forstå hva jeg skulle gjøre og hvordan					
Det var enkelt å utføre undersøkelse med stereolupe					
Det var enkelt å forstå hvorfor jeg skulle gjøre undersøkelse med stereolupe					
Kommenter gjerne her hvis du synes noe var vanskelig					

Hva synes du var det mest interessante med forsøket?

Opplever du forsøket som relevant for samfunnet? Hvorfor/Hvorfor ikke?

Hva synes du om at forsøket handlet om mikroplast?

Hva vet du om mikroplast fra før?

Vedlegg 6 – Prelab til versjon 2 av undervisningsopplegget

1. Du skal lage 100 mL 4 M NaCl-løsning. Hvor mye salt trenger du? Oppgi svaret i gram.

2. Hvilke farlige kjemikalier benyttes i denne øvelsen? Hva er farene med kjemikaliene?

Vedlegg 7 – Undervisningsopplegg Versjon 3, Ferdigutviklet

Identifisering av mikroplast i jord

Plast er kunstige polymerer, og kan produseres fra enten olje eller cellulose. Disse kunstige polymerene er organiske molekyler dannet av monomerer, som er små organiske forbindelser. Monomerer kan binde seg sammen til kjeder til store molekyler kalt polymerer. Når det er tilsetningsstoffer i de kunstige polymerene kalles de også plast eller plastmateriale. I fleste tilfeller består polymerkjeden av én type monomer, men et unntak er polymeren nylon som kan bli dannet av to typer monomerer. Noen eksempler på vanlige typer plast er polyeten, polypropen, polystyren og polyvinylklorid.

Mikroplast er plastpartikler på under 5 millimeter i diameter. Mikroplast kan komme fra blant annet klær, bildekk, kunstgress, og plastforsøpling. En av utfordringene med å identifisere mikroplast i jord er at ulike typer jord består av mange forskjellige komplekse organiske forbindelser.

Mikrofiber er en type mikroplast. Mikrofiber befinner seg i klær og tekstiler, og når man vasker klesstoff kan mikrofiber falle av og ende opp i avløpet. Dersom mikroplast og mikrofiber ikke fjernes fra avløpet i vannrenseanlegg kan det ende opp langs elver eller i sjøer og videre ende opp i fisk.

I denne øvelsen skal du separere mikroplast og mikrofiber (analyttene) fra jordprøver ved bruk av en sikt, tetthetsseparasjon, oksidasjon, og vakuumfiltrering for å så gjøre en kvalitativ bestemmelse av analyttene med stereolupe.

Sikting

En stålsikt med 5 mm hull benyttes i øvelsen for å separere partikler med større plastpartikler fra små fordi plastbiter over 5 mm ikke regnes som mikroplast. I tillegg må større jordpartikler fjernes ettersom de ikke blir nedbrutt fullstendig under oksidasjonstrinnet.

Tetthetsseparasjon

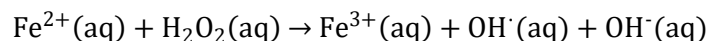
Plast har lavere massetetthet enn mange andre typer partikler i jord. Ved å utnytte en væskeløsning med høyere tetthet enn mange av de vanligste plasttypene kan plast separeres fra de fleste andre partiklene i jorden. I denne øvelsen skal du lage en natriumkloridløsning med større tetthet enn mange typer plast.

Oksidasjon

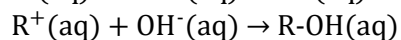
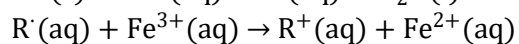
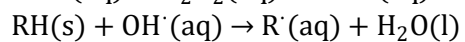
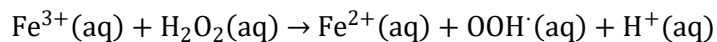
For å gjøre identifisering av mikroplast lettere må organiske forbindelser på filterpapiret brytes ned. Dette kan gjøres ved å oksidere de til CO₂.

Fenton reagens er en blanding av jern(II)-ioner og hydrogenperoksid og benyttes til å oksidere organiske forbindelser ved hjelp av frie radikaler. Mikroplast er svært lite reaktivt og vil ikke oksideres under Fentonreaksjonen.

Hydrogenperoksid oksiderer jern(II) til jern(III) og reduseres selv til OH^\cdot og et radikalt OH^\cdot som har ett upåret elektron.



Radikalene reagerer med organiske forbindelser. De organiske forbindelsene blir oksidert til blant annet CO_2 og H_2O . Legg merke til at jern(II) gjendannes. Jern(II) er en katalysator.



Ved høy pH har hydrogenperoksid lav stabilitet. I tillegg blir reduksjonspotensialet til OH^\cdot lavere ved høy pH. Ved veldig lav pH derimot vil H^+ reagere med OH^\cdot .

I denne øvelsen skal hydrogenperoksid tilsettes i en jern(II)klorid-løsning ved pH 2-3.

Fremgangsmåte

Forsøket består av 3 deler:

Del 1: Sikting og tetthetsseparasjon (varighet ca. 60 minutter)

Utstyrliste:

- Utdelt jordprøve
- Urglass
- Aluminiumsfolie
- Begerglass, 150-250 mL
- Stålsikt eller ståltrådnnett, 5 x 5 mm masker
- Morter
- Målesylinder, 25 mL
- NaCl(s)
- Plastbiter

OBS:

- Når jordprøven ikke overføres mellom glass og utstyr skal den være dekket til med aluminiumsfolie for å unngå kontaminering fra klær eller andre kilder.
- Utfyll rapport mal og spørreundersøkelse underveis.

Sikt og morter:

- 1) Mål massen av et rent begerglass. Overfør 30-40 g jordprøve til glasset og noter massen.
- 2) Sikt jorden over i et 250 mL begerglass. Bruk en ren glasstav for å dytte partikler gjennom sikten. Store jordpartikler som ikke går gjennom sikten knuses i en morter før de siktes igjen.
- 3) Legg et rent 150 mL begerglass på en vekt og tarér. Overfør 20-30 g siktet jord til begerglasset og noter massen av jorden. Dekk til med aluminiumsfolie.

Tetthetsseparasjon:


- 4) Lag 100 mL av en 4 M NaCl-løsning.
- 5) Tilsett 75 mL av saltløsningen i begerglasset med jordprøven og rist i cirka ett minutt.
- 6) La prøven stå i 30 minutter før at de faste organiske forbindelsene skal flyte til toppen. Under tetthetsseparasjonen kan du starte på Del 2 i neste side.

Mens vi venter:

Test tettheten av saltløsningen ved å utføre en **flytetest**: hent ferdiglagd 4 M saltløsning og hell over i et tomt 250 mL begerglass til det er cirka en tredel fylt. Fyll et annet begerglass en tredel med vann. Legg ulike plastbiter i saltløsningen og noter hvilke biter som synker og hvilke som flyter. Test med de samme bitene i begerglasset med vann og noter i rapportmalen hvilke som synker og hvilke som flyter.

Avfallshåndtering: All jordprøve som ikke er benyttet kan kastes i restavfall.

Del 2: Første vakuumfiltrering (varighet ca. 30 minutter)

Utstysliste: <ul style="list-style-type: none">- Büchnertrakt, kolbe og gummislange- Nylon membran filtrerpapir- Målekolbe, 50 mL- H₂O₂-løsning, 30-33% (v/v)- FeCl₂(s)- HCl(aq), 0.1 M- Magnetrører, magnet, varmeplate- Stereolupe	Sikkerhet Hydrogenperoksid:  <i>Fare. Farlig ved svelging. Gir alvorlig øyeskade.</i>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Vakuumfiltrering:

- 1) Vei inn 0,048 g fast FeCl₂ i en 50 mL målekolbe og fortynn til merket. Overfør 20 mL av jern(II)kloridløsningen og 2 mL 0,1 M HCl i et rent 250 mL begerglass og bruk tusj til å skrive 'Fenton' på begerglasset. Dekk til begerglasset med aluminiumsfolie. Dette skal brukes i Del 3 av forsøket.
- 2) Forbered vakuumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 3) Ta begerglasset med jordprøve og saltløsning (forsiktig, uten å riste), dekanter væsken over i trakten. **IKKE overfør faste jordpartikler fra bunnen av glasset!**
- 4) Etter at nesten alt av væsken fra begerglasset har blitt filtrert, bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 5) Slå av vakuomet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve.
- 6) Fjern filtrerpapir fra trakten og skylle av alle rester av fast stoff fra filtrerpapiret ned i begerglasset merket med 'Fenton'. Etter filtrerpapiret er skylt rent skal det oppbevares i et tildekket urglass. Filtrerpapiret kan brukes igjen i vakuumfiltreringstrinnet etter oksidasjonen.
- 7) Test pH i prøveløsningen med pH papir og sjekk at den er 2-3. Hvis pH er større enn 3, tilsett et par dråper av saltsyreløsningen og sjekk pH igjen.

Del 3: Fentonreaksjon og andre vakuumfiltrering (varighet ca. 60 minutter)

Fentonreaksjon (Skal gjøres i avtrekkskap):

- 1) Sett begerglasset merket med 'Fenton' på varmeplate, sett et termometer i løsningen og varm løsningen til den er 60 – 70 °C. Hvis løsningen blir varmere enn 70 °C, fjern begerglasset fra varmeplaten, skru ned varmen og vent til temperaturen i løsningen har sunket under 70 °C. Ta på vernehansker og tilsett forsiktig 5-6 mL hydrogenperoksid (30-33%) i prøveløsningen under oppvarmingen.
- 2) Dersom blandingen er i ferd med å skumme over kanten, fjern begerglasset fra varmeplaten og tilsett type 2 vann med vannspruteflaske for å roe ned reaksjonen.
- 3) Etter at all hydrogenperoksid er tilsatt, sett løsningen til røring i 15 minutter. Fjern deretter magneten. Dersom det er rester av fast stoff på magneten, skylle av med vann ned i begerglasset.
- 4) Vent til løsningen stopper å boble før begerglasset dekkes til med aluminiumsfolie. **OBS: Ikke fjern begerglasset fra avtrekkskapet før boblingen (gassutvikling) har stanset.**

Vakuumfiltrering (etter Fentonreaksjon):

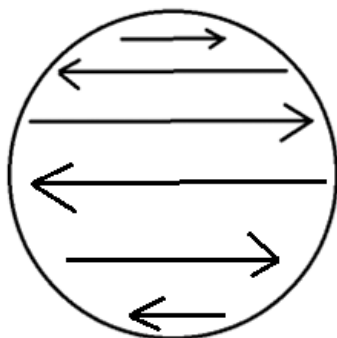
- 5) Forbered vakuumfiltrering oppsettet med büchnertrakt og filtrerpapir. Pass på at trakten og gummislangen sitter godt fast.
- 6) Overfør prøveløsningen til filtrerpapiret. **Bruk vannspruteflaske til å få alle rester av fast stoff fra begerglasset over på filtrerpapiret.**
- 7) Bruk vannspruteflaske til å få faste partikler som har satt seg på veggen av büchnertrakten ned på filtrerpapiret.
- 8) Slå av vakuemet ved å koble fra gummislangen. Ta bilde av filtrerpapiret med jordprøve og sammenlikn med forrige bilde av filtrerpapiret. Hvor mye av de organiske forbindelsene ble brutt ned under Fentonreaksjonen?
- 9) Fjern filtrerpapir fra trakten og sett det i et urglass. Dekk til urglasset.

Avfallshåndtering: Fast jord kan plukkes opp med papir og kastes i restavfall. Rester av alle løsninger (natriumklorid, saltsyre og jern(II)klorid) kan tømmes i vasken.

Del 4: Undersøk mikroplast under stereolupe (varighet ca. 30 minutter)

OBS: Når filtrerpapiret ikke undersøkes under mikroskopet skal det være dekket til for å unngå mikrofiber kontaminering fra støv, klær, og liknende.

- 1) Undersøk filtrerpapiret på urglass under en stereolupe. Juster stereolupens forstørrelse etter behov. Stereolupen har 10x forstørrelse i tillegg til justerbar forstørrelse som endres ved å vri på hjulet.
- 2) Tell antall mikrofiber (filamenter) og mikroplast fragmenter.
- 3) Noter formen på partikkelen; er den rund, firkantet, eller har den en annen form? Hvilken farge har partikkelen?



Illustrasjon av systematisk måte på å identifisere partikler. Start i øvre venstre hjørne og gå mot høyre og følg pilene på illustrasjonen.

Rapport mal

1. Hvilke typer plast fløt eller sank under flytetesten? Bruk tabellen under til å notere om plasten fløt bra, fløt dårlig, eller sank til bunn.

Tabell 1

Type plast	Vann	Saltløsning

2. Hvorfor er det forskjell på hvilke plasttyper som flyter og synker i vann og i saltløsningen? Hvilken egenskap er det som påvirker flyteevnen?

3. Hvorfor ble tetthetsseparasjon av jordprøven utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke gjør tetthetsseparasjon?

4. Hvorfor ble oksidasjon med Fenton reagens utført? Hvordan vil prøven se ut om man ikke utfører oksidasjonen?

5. Fant du noe mikroplast i jordprøven? Hvis ja, hvor mye?

6. Hvilke typer mikroplast tror du prøven din inneholder? Bruk Tabell 1 til å begrunne svaret ditt.

7. Selv når avløp går gjennom vannrenseanlegg vil det fortsatt være noe mikroplast som slippes ut. Hva kan skje om det havner mer mikroplast i havet?

8. Mesteparten av mikroplast utslipp i Norge kommer fra blant annet biltrafikk, kunstgressbaner, klær, og forsøpling. Hva er noen tiltak man kan ta for å forminske mikroplast utslipp?

Vedlegg 8 – Prelab til undervisningsopplegg versjon 3

1. Du skal lage 4 mol/L NaCl-løsning ved å tilsette fast salt i en kolbe og fortynne med vann til 100 mL-merket. Regn ut hvor mye salt du trenger. Oppgi svaret i gram.

2. Du skal forberede et vakuumfiltrering oppsett. Hva er viktig å huske på å gjøre for å forsikre om at det blir vakuum i kolben?

3. Hvilke farlige kjemikalier benyttes i denne øvelsen? Hva er farene med kjemikaliene?

Vedlegg 9 – Lærerveiledning

Laboratorieforsøket *Identifisering av mikroplast i jord* handler om analyse av jordprøve for å identifisere mikroplast, og lærer elevene om kjemiske reaksjoner og anvendt kjemi. Elevene lærer om prinsipper i tetthetsseparasjon, vakuumfiltrering, og oksidasjon i Fentonreaksjon. Arbeidet med forsøket kan knyttes til kompetansemålet etter kjemi 2 som sier at elevene skal kunne gi eksempel på produksjon, bruk og nedbrytning av plast. I tillegg er det tverrfaglige temaet bærekraftig utvikling sentralt i forsøket. Det er gunstig om elevene har lært om og utført vakuumfiltrering og oksidasjon før de begynner med dette forsøket.

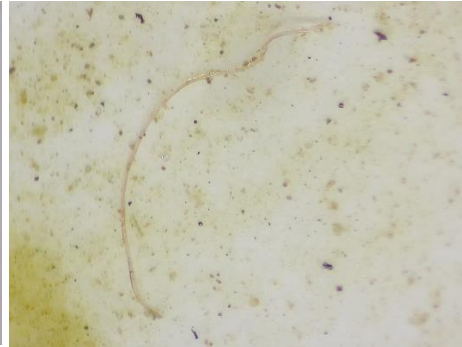
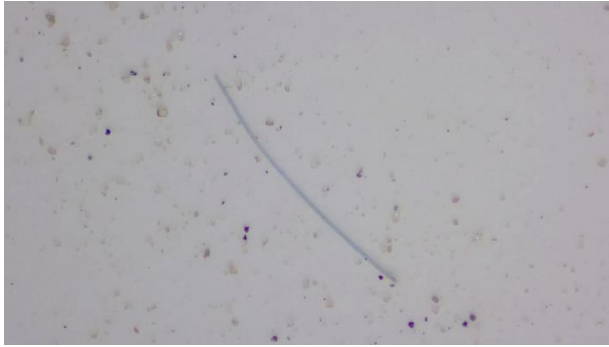
Jordprøver må tas i god tid på forhånd for at de skal varmes i varmeskap eller ovn i 100 °C i minst 24 h før laboratorieforsøket. Dette gjøres dersom man vil oppgi resultatene i antall mikroplast per vekt i tørrjord. Alternativt kan jordprøvene luft tørkes, men da kan ikke vekt i tørrjord bestemmes.

Det er nesten garantert å finne mikrofiber ved fotballbaner, ved veier, og ved turstier, og i jord ved nærheten av fotballbaner kan man også finne gummigranulat dersom granulat av plast brukes i kunstgresset. Ved innsamling av jordprøver bør opp mot 10 cm dybde av jorden bli tatt. For å forsikre om at det blir nok jord til utførelsen av forsøket bør man innsamle cirka 100 g våtjord per gruppe av elever ettersom noe av massen vil forsvinne under tørking.

Forsøket kan utføres over tre timer og kan benyttes for eksempel under en halv fagdag. Dette forutsetter at elevene blir delt inn i grupper slik at alle får brukt utstyret. To grupper kan sette begerglassene sine samtidig på én varmeplate med magnetrører. To grupper kan dele på én lupe dersom hver gruppe ikke bruker mer enn 15 minutter med undersøkelsen med stereolupe. Dersom forsøket gjennomføres over to-timers økter med kjemi, er det anbefalt å stoppe første økt før Fentonreaksjonen.

Vær oppmerksom på at en sikt med mindre hull bruker betydelig mer tid på å sikte jordprøvene. Et økonomisk alternativ kan være å droppe stålsikten. Dersom sikt ikke brukes må man forvente å se plastpartikler som er større enn 5 mm i diameter og som ikke regnes som mikroplast. Da kan man bestemme om elevene enten skal la være å telle dem, eller la dem telle plastpartikler med størrelse over 5 mm i tillegg til mikroplast.

Nedenfor er det eksempler på mikrofiber sett med stereolupe.



Nedenfor er det eksempler på gummigranulat fra kunstgress i fotballbane sett med stereolupe.

