

BACHELOROPPGAVE

Kartlegging av miljøgifter i sedimenter i Hæraelva

Ronja Rán Eivarr, 703

Nora Hamzaoui, 702

Anna Emilie Løe, 701

Fredrikstad, 25.05.23

På vegne av Vannområde Glomma Sør

Bachelorstudium i bioingeniørfag

Fakultet for helse, velferd og organisasjon



Forord

Dette bachelorprosjektet markerer slutten på vår studietid ved bioingeniørutdanningen ved Høgskolen i Østfold. Studietiden har vært preget av digital undervisning som følge av pandemi. Vi er første kull som gjennomfører utdanningen med ny studieplan. Det har vært krevende og lærerikt, og vi er stolte over å ha fullført utdanningen.

Vi fikk tildelt en bacheloroppgave som skilte seg ut fra det vi tidligere har lært gjennom studiet. Den har gitt oss mulighet til å overføre den kunnskapen vi har tilegnet oss til et annet fagområdet. Vi har fått innblikk i andre fagfelt bioingeniøren kan benytte kunnskapen sin innenfor, og fordypet oss i miljøgifter og kjemisk tilstand i vannforekomster. Det har vært en spennende oppgave som har krevd et godt samarbeid mellom gruppemedlemmene.

Gjennom prosjektperioden har vi fått god hjelp og veiledning fra veiledere, familie og venner. Vi ønsker å takke Rudi Yi Xu, Maria Ystrøm Bislingen, Roar Anton Løe, Hrund Eivarr og Wenche Krosby for støtte og hjelp under bachelorprosjektet vårt. En ekstra takk til Hans Andreas Blom for spesielt god faglig innsikt og veiledning gjennom hele perioden.

God lesing!

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	1
1.1 Relevant litteratur	2
1.1.1 Undersøkelse av miljøgifter i sedimenter og fisk, av Eirik Fjeld	2
1.1.2 Tidligere bacheloroppgave om miljøgifter i sedimenter	3
1.2 Vannforskriften og regional plan for vannforvaltning	3
2 Teori	5
2.1 Hæraelva	5
2.1.1 Nedbørfelt	6
2.1.2 Historien langs elven	7
2.2 Sedimenter	8
2.2.1 Erosjon	9
2.3 Miljøgifter	9
2.4 Den norske prioriteringslista	11
2.5 Analyseparametere	12
2.5.1 Tungmetaller	13
2.5.1.1 Arsen	13
2.5.1.2 Bly	13
2.5.1.3 Kadmium	14
2.5.1.4 Kobber	14
2.5.1.5 Krom	15
2.5.1.6 Kvikksølv	15
2.5.1.7 Nikkel	16
2.5.1.8 Sink	16
2.5.2 PAH-forbindelser	16
2.5.3 PCB-forbindelser	17
2.5.4 Tinnforbindelser	17
2.5.5 Total organisk karbon	18
2.5.6 Kornfordeling	18
2.5.7 Tørrstoff	19
2.6 Klassifiseringsveilederen og grenseverdier	19
2.6.1 Korrigering av TOC	22
2.6.2 Grenseverdier	23
3 Materiale og metode	24
3.1 Innsamling av materiale	24
3.1.1 Prøvetakingstidspunkt	24
3.1.2 Prøvetakingspunkt og delprøver	26
3.1.3 Ideell matriks	27
3.1.4 Representativitet	28
3.1.5 Sedimentdybde	29
3.1.6 Prøvetakingsutstyr	29
3.2 Helse, miljø og sikkerhet	30
3.3 Oppbevaring og holdbarhet	32
3.4 Prøvestasjoner	33
3.4.1 Prøvestasjon 1, Hæra utløp	33
3.4.2 Prøvestasjon 2, Garsegg	34
3.4.3 Prøvestasjon 3, Narvestad	34

3.4.4 Prøvestasjon 4a, nedstrøms Mysen renseanlegg	35
3.4.5 Prøvestasjon 4b, oppstrøms Mysen renseanlegg	35
3.4.6 Prøvestasjon 5, Birkelunden	36
3.4.7 Prøvestasjon 6, nedstrøms Rustadfoss	36
3.5 Praktisk gjennomføring.....	37
3.6 Analyser	38
3.6.1 Eurofins miljøpakke.....	38
3.7 Korrelasjon og prinsipalkomponentanalyse.....	39
4 Resultater	43
4.1 Tungmetaller.....	43
4.2 PAH-forbindelser.....	46
4.3 PCB-forbindelser	47
4.4 Tinnforbindelser.....	47
4.5 Total organisk karbon	48
4.6 Kornfordeling	48
4.7 Tørrstoff.....	48
4.8 Prinsipalkomponentanalyse.....	49
4.8.1 Scatterplot og korrelasjonstabell	49
4.8.2 Varianstabell og prinsipalkoeffisientene.....	51
4.8.3 PCA biplot.....	52
4.9 Resultatsammenligning	53
5 Diskusjon	56
5.1 Tolkning av resultatene	56
5.1.1 Tungmetaller.....	56
5.1.2 PAH-forbindelser.....	56
5.1.3 PCB-forbindelser	57
5.1.4 Tinnforbindelser.....	57
5.1.5 Total organisk karbon	58
5.1.6 Kornfordeling	58
5.1.7 Tørrstoff	59
5.1.8 Tolkning av prinsipalkomponentanalyse.....	60
5.1.8.1 Tolkning av scatterplot og korrelasjonstabell	60
5.1.8.2 Tolkning av varianstabell og koeffisienttabell	61
5.1.8.3 PCA biplot.....	61
5.2 Feilkilder.....	63
5.2.1 Sedimentdybde	63
5.2.2. Prøvetakingstidspunkt	63
5.2.3 Antall prøvepunkter og mengde prøvemateriale	63
5.2.4 Ikke vatret vekt	64
5.2.5 Forstyrret overflatesjikte	64
5.2.6 Ikke bruk av kjølelementer	64
5.2.7 Feilkildenes påvirkningsgrad.....	64
5.3 Metodekritikk.....	65
5.3.1 Valg av utstyrmateriale	65
5.3.2 Sedimentdybde.....	66
5.3.3 Bruk av terskelverdier	67
5.4 I en større sammenheng.....	68

5.4.1 Studie i Norge av Eirik Fjeld	68
5.4.2 Kartlegging av miljøgifter i tre bekker i Fredrikstad.....	68
5.4.3 Studie av tungmetaller i 47 elver i Polen	69
5.4.4 Studie av tungmetaller i elven Korotoya, Bangladesh	69
6 Konklusjon og refleksjon	71
6.1 Konklusjon.....	71
6.2 Refleksjon og videre arbeid.....	71
Referanseliste	73

Sammendrag

I denne bacheloroppgaven er det kartlagt miljøgifter i sedimenter i Hæraelva på oppdrag fra Vannområde Glomma Sør. Basert på analyseresultatene i oppgaven er den kjemiske tilstanden til elven klassifisert. Det har tidligere blitt tatt vannprøver i Hæraelva, og i vassdraget overvåkes biologiske parametere som begroingsalger og bunndyr. Elven har per i dag moderat økologisk tilstand. Den kjemiske tilstanden har ikke vært kartlagt tidligere, og er derfor ønskelig å kartlegge nå.

Analyseparameterne som ble benyttet for å kartlegge den kjemiske tilstanden til elven, var et utvalg av tungmetaller, samt polysykliske aromatiske hydrokarboner, polyklorerte bifenyl, og tinnforbindelser. Det ble også analysert total organisk karbon, tørrstoff og kornfordeling som støtteparametere. Sedimentprøvene i Hæraelva ble tatt 10. april 2023 og ble oppbevart mørkt og kjøling før de ble avlevert til Eurofins laboratorium i Moss neste dag.

Analyseresultatene ble vurdert ut fra Klassifiseringsveileder 02:2018. Resultatene viste lave konsentrasjoner av alle tungmetallene ved de syv prøvestasjonene. Det ble gjort funn av polysykliske aromatiske hydrokarboner på tre av de syv punktene. De resterende var under nedre kvantifiseringsgrense, som betyr at nivåene var så lave at laboratoriet ikke kunne påvise dem. Det ble ikke påvist polyklorerte bifenyl ved noen av prøvestasjonene. Av tinnforbindelsene ble det påvist én konsentrasjon over nedre kvantifiseringsgrense, for dibutyltinn, ved prøvestasjon 5. Ingen av konsentrasjonene oversteg miljøkvalitetsstandarden.

Ut fra resultatene som kommer frem i denne oppgaven konkluderes det at Hæraelva har god kjemisk tilstand.

1 Innledning

Denne oppgaven har som formål å kartlegge utvalgte miljøgifter i sedimenter i Hæraelva. Overvåking av miljøgifter er grunnlaget for å fastsette den kjemiske tilstanden i vannforekomster (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 186). Vannområde Glomma Sør har derfor laget en liste over vassdrag det er ønskelig å gjøre kjemisk overvåking i. Hæraelva er en av disse, da den er en av de viktigste tilførselselvene til Glomma i vannområdet (M. Y. Bislingen, personlig kommunikasjon, 2. mars 2023).

Siden 1997 har det blitt tatt regelmessige vannprøver ved utløpet til Hæraelva. Resultatene har vist forhøyede konsentrasjoner av både totalfosfor og nitrogen, samt høye konsentrasjoner av koliforme bakterier (Vannområde Glomma Sør, 2022). I 2020 ble det tatt vannprøver langs flere prøvestasjoner oppover i elven for å finne mulige kilder til utslipp. Sedimentanalyser for kartlegging av miljøgifter i Hæraelva har derimot aldri blitt gjennomført. Derfor er det interessant å bruke de samme prøvestasjonene langs elven til å kartlegge miljøgifter i sedimenter. Sammen med tidligere analyser vil dette gi verdifull informasjon om Hæraelva.

Problemstillingen i denne oppgaven er formulert på følgende måte:

«Hva er konsentrasjonen av de utvalgte miljøgiftene i Hæraelva, og indikerer de god eller ikke god kjemisk tilstand i elven? Hva kan være kilder eller årsaker dersom tilstanden ikke er god?»

De utvalgte analyseparametrene i undersøkelsen var kobber, krom, kadmium, kvikksølv, bly, nikkel, arsen, polyklorerte bifenyler (PCB), polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), og tinnforbindelser. I tillegg ble støtteparametrene total organisk karbon (TOC), tørrstoff og kornfordeling analysert. Prøvetakingen av sedimentene fant sted langs Hæraelva, og ble gjennomført mandag 10. april 2023 av Nora Hamzaoui, Ronja Rán Eivarr og Anna Emilie Løe. Veileder, Hans Andreas Blom, var også til stede under prøvetakingen.

Sedimentprøvene ble analysert av Eurofins Environment Testing Norway i Moss, som tilhører den internasjonale laboratoriegruppen Eurofins Scientific.

1.1 Relevant litteratur

1.1.1 Undersøkelse av miljøgifter i sedimenter og fisk, av Eirik Fjeld

I september 2021 ble det gjort en undersøkelse av 46 vannforekomster i Vannområdet Indre Oslofjord Vest av Eirik Fjeld. Han samlet inn sedimentprøver fra de 46 vannforekomstene, samt fisk fra fem av dem. Formålet med undersøkelsen var å kartlegge den kjemiske tilstanden i henhold til vannforskriften ved de ulike vannforekomstene (Fjeld, 2022).

Analyseparameterne som ble benyttet av Fjeld var tungmetallene kobber, arsen, bly, sink, kadmium, krom, nikkel og kvikksølv, samt PAH-, og PCB-forbindelser. I likhet med Fjeld, er de samme parameterne benyttet til undersøkelsene i denne oppgaven. I tillegg har Fjeld også analysert bromerte flammehemmere, perfluorerte forbindelser og klorerte parafiner (Fjeld, 2022). Disse analyseparameterne er ikke inkludert i denne oppgaven.

Fjeld benyttet tørrstoff som støtteparameter, men skriver at det i senere undersøkelser også bør analyseres for organisk karbon. Dette er fordi både tungmetaller og organiske miljøgifter er bundet til denne fraksjonen (Fjeld, 2022). I denne oppgaven er begge parameterne inkludert som støtteparametere, i tillegg til kornfordeling.

Resultatene til Fjeld viste at 31 av 46 vannforekomster overskred forskriftens krav til god kjemisk tilstand. Overordnet var det PAH-forbindelsene som forårsaket flest overskridelser i sedimentprøvene. Av tungmetallene bidro sink til flest overskridelser, med verdier over kravet på 16 av 46 vannforekomster. Ingen av fiskeprøvene tilfredsstilte kravene, som tyder på at grenseverdiene er satt lavt (Fjeld, 2022).

Ifølge de statistiske undersøkelserne Fjeld utførte på resultatene er det betydelig samvariasjon mellom nivåene av de undersøkte miljøgiftene, som kan skyldes diffus påvirkning fra veitrafikk, urban avrenning og lekkasjer fra avløpssystemer (Fjeld, 2022).

1.1.2 Tidligere bacheloroppgave om miljøgifter i sedimenter

Våren 2022 ble det utført en undersøkelse av tre bekker i Fredrikstad kommune, Bossumbekken, Oldenborgbekken og Gretnesbekken. Målet med oppgaven var å kartlegge den kjemiske tilstanden til bekkene ved å analysere tungmetallene kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel, sink, bly og arsen, samt PAH-, PCB-, og tinnforbindelser. I tillegg ble støtteparameterne TOC, tørrstoff og kornfordeling analysert (Sæther et al., 2022). I denne oppgaven er de samme analyseparameterne benyttet for å kartlegge den kjemiske tilstanden til Hæraelva.

Resultatene viste at to av de tre bekkene hadde god kjemisk tilstand. Den kjemiske tilstanden i Oldenborgbekken ble klassifisert som ikke god, fordi det ble detektert sinknivåer i klasse III. Klasse III overskrider Environmental Quality Standard (EQS). Utenom forhøyd sinkverdi i en av bekkene var det ingen av analyseparameterne som overskred klasse II (Sæther et al., 2022).

Denne undersøkelsen er relevant for denne oppgaven, da den tar for seg samme problemstilling og benytter de samme analyseparameterne for å kartlegge den kjemiske tilstanden.

For å få tilgang til oppgaven, ta kontakt med Hans Andreas Blom på mobilnummer 907 97 200.

1.2 Vannforskriften og regional plan for vannforvaltning

Forskriften som setter rammer for vannforvaltningen har til formål å verne om og sikre bærekraftig bruk av vannforekomstene i Norge (Vannforskriften, 2007, §1). I kapittel 2, §4, står det at vannforekomstene skal ha minimum god økologisk og kjemisk tilstand

(Vannforskriften, 2007). Vannforskriften er den norske gjennomføringen av EUs vanddirektiv (Tvinnereim, 2021, s. 14). Vannregionmyndigheten skal gi veiledning for organisering av arbeidet i vannområdene, og i samarbeid med vannregionutvalget koordinere arbeidet som følger av vannforskriften (Vannforskriften, 2007, §21 og 23).

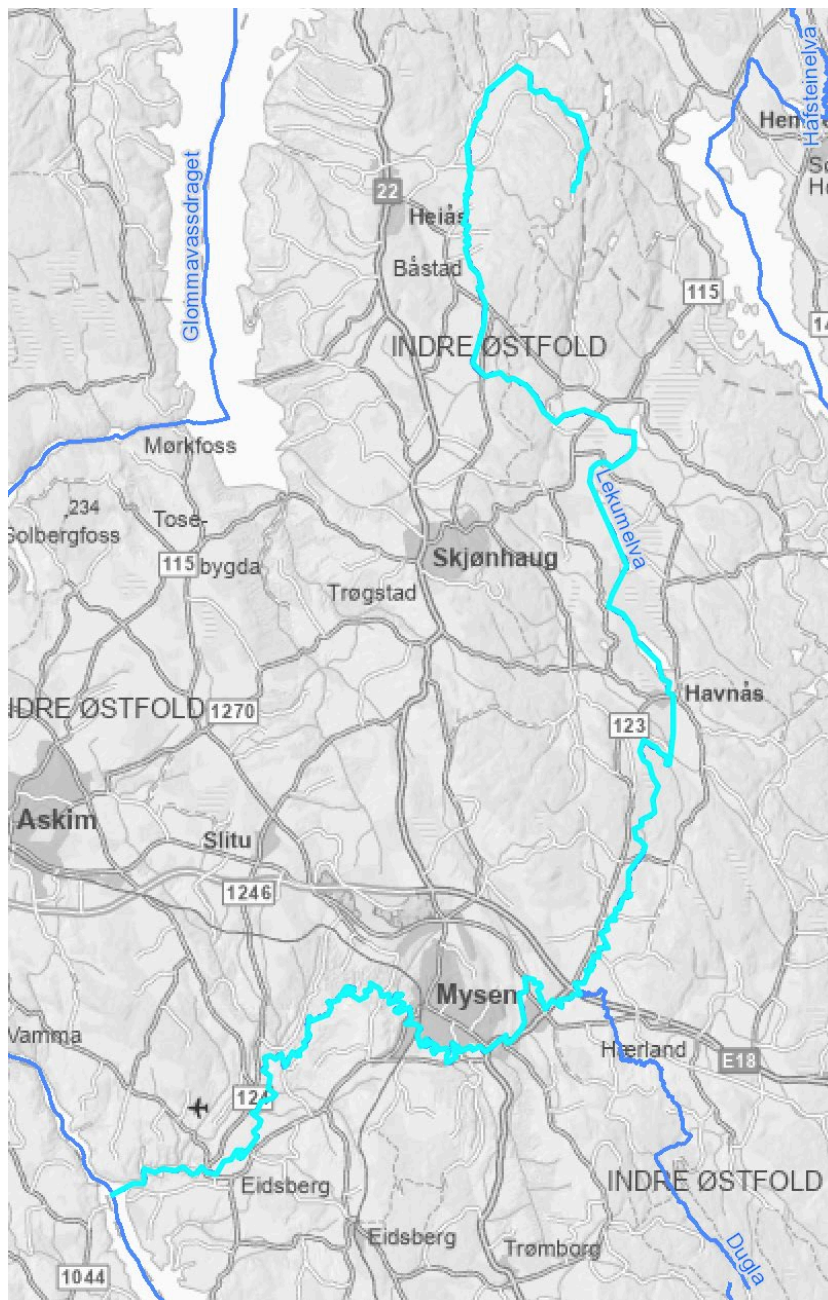
Innlandet og Viken vannregion har utarbeidet en vannforvaltningsplan. Planen er et verktøy for å oppfylle vannforskriftens mål (Tvinnereim, 2021, s. 5). Alle vannforekomstene med overflatevann i regionen har mål om å oppnå god kjemisk tilstand (Tvinnereim, 2021, s. 6). Med tiltakene som er foreslått antas det at mange av vannforekomstene i regionen vil nå miljømålene innen 2027. Flere av vannforekomstene har utsatt frist, eller tilpassede miljømål. For noen av vannforekomstene forventes det at miljømålene ikke nås innen 2027. Dette skyldes at det tar lang tid å se effekten av tiltakene, at det ikke er satt i gang nok tiltak og/eller tiltakene er kostnadskrevende (Tvinnereim, 2021, s. 8).

Miljømålene satt for Hæraelva er kjemisk god og økologisk god tilstand i henhold til Klassifiseringsveileder 02:2018 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018; Vann-nett, u.å.). Tidligere målinger tilsier at elven har moderat økologisk tilstand. De største negative påvirkningene kommer fra diffus avrenning fra fulldyrket mark og menneskers påvirkning av annen årsak, som for eksempel avløp. Kjemisk tilstand har ikke blitt definert tidligere (Vann-nett, u.å.).

2 Teori

2.1 Hæraelva

Hæraelva har sitt utspring fra Stiklatjern i Båstad, og munner ut i Glomma ved Lekum i Eidsberg. Den bynære delen av elven, fra Ramstad til Narvestad, blir omtalt som Mysenelva. Nedstrøms Narvestad til Lekumevja blir elven omtalt som Lekumelva. Figur 1 viser kart over Hæraelva (NVE, u.å.-c).



Figur 1: Kart over Hæraelva som renner fra Stiklatjern til Lekum. Hæraelva er markert i turkis farge.

2.1.1 Nedbørfelt

Et nedbørfelt omfatter landområdet som bidrar med vann til en vannkilde. Dermed vil nedbøren som faller i dette landområdet ende opp i vannkilden (Glitre-vannverket, u.å.). Figur 2 viser nedbørfeltet til Hæraelva, beregnet ut fra prøvestasjon 1 (NVE, u.å.-b).



Figur 2: Nedbørfeltet til Hæraelva beregnet ut fra prøvestasjon 1. Den røde prikken markerer prøvestasjon 1.

2.1.2 Historien langs elven

Gamle bygdehistorier forteller om aktivitet i Hæraelva siden vikingtiden. På denne tiden ble det fraktet vikingskip fra Lekumevja og opp til Øyeren. På starten av 1600-tallet var det 20 vanndrevne sagbruk i drift langs Hæraelva (Koht-Norbye, 1993, s. 6). I tillegg til sagbruk har vannkraften vært utnyttet til møllebruk og elektrisitetsproduksjon. Det ble produsert strøm ved Narvestad og Spinnerifossen. Ved Spinnerifossen lå den første kommunale kraftstasjonen. Rundt denne vokste fabrikkene frem (Bjøringsøy, 2010, s. 18). Kraftverket på Lekum produserer i dag strøm til tilsvarende 235 husstander (Småkraft, u.å.)

På 1960-tallet fikk flere av husstandene langs elven innlagt vann, som medførte at kloakkvannet ble sluppet rett ut i elven. I 1977 ble derfor Mysen renseanlegg satt opp på Sponeset, Sponesveien 10, 1850 Mysen (Bjøringsøy, 2010, s. 6). Renseanlegget er fremdeles i drift i dag. Indre Østfold kommune har store utfordringer med vann- og avløpsanleggene sine. Hovedårsaken til dette er at det kommer mye regnvann i ledningsnettets til renseanleggene. Det er ikke kapasitet til dette, og store mengder avløpsvann renner rett ut i bekker og vassdrag (Indre Østfold kommune, 2021).

Ved Lekumevja ligger Lekum naturreservat. Reservatet har en størrelse på 15 daa. Hensikten med reservatet er å verne om en gråor-heggskog, gråor-askeskog og almlindeskog av pedagogisk og landskapestetisk verdi (Forskrift om naturreservat, Eidsberg, 1981).

Det har vært industri på Ramstad siden 1971. Siden den gang har det vokst til at Ramstad Næringspark i 2018 bestod av 38 bedrifter med rundt 300 ansatte. Næringsparken består av flere ulike bransjer, blant annet innenfor bildekk, anleggsmaskiner, lakking og transport (Mysen, 2018). Oppstrøms for Ramstad går europavei 18, hvor det kan forekomme forurensing av miljøgifter fra transporten (Hagen, 2018, s. 4).

Langs den bynære delen av Hæraelva går helsestien. Den går fra Kloppa til Susebakkepølen, en strekning på om lag tre kilometer. Stien er et resultat av mange dugnadstimer, organisert av Mysenelvas Venner. Organisasjonen er frivillig og ble stiftet 30. juni 2011. Det blir fisket i elven og de mest kjente fiskeartene er abbor, bramse, laue, gjedde, hork og mort. Litt mindre kjente fiskearter er flire, sørv, gullbust, ørret og kreps (Mysenelvas Venner, u.å.).

Til denne oppgaven skal det tas sedimentprøver fra 0–2 cm dybde, som betyr at utslipp og forurensing de siste 20 årene kan bli avdekket (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 192). Aktiviteten langs elven har de siste 20 årene vært preget av jordbruk, industri ved Ramstad og aktiviteter ved Helsestien. Det kan tenkes at det er jordbruket som påvirker mest, med tanke på gjødsling og andre kjemikalier som brukes til å bearbeide jordene. Miljøgiftene arsen, bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv, nikkel og sink forekommer som ingredienser eller forurensninger i mange typer gjødsel, jordforbedringsmidler, jordblandinger og dyrkingsmedier (Mattilsynet, 2022).

2.2 Sedimenter

Sediment defineres som løsmasser som avsettes på jordoverflaten eller under vann, og består av biogent materiale, bruddstykker fra berggrunn og/eller kjemisk utfelte materialer. Sediment kan ha klastiske og ikke-klastiske bestanddeler, hvorav sedimenter med klastiske bestanddeler er mest relevant for denne oppgaven. Bestanddelene i denne typen sediment er enten mineralkorn eller bergartsfragmenter (Rüther & Henriksen, 2023).

Sedimenter kan bli transportert ved hjelp av bunntransport, suspensjonstransport eller i form av oppløst materiale. Bunntransport omhandler stein, sand eller grus som ruller i kontakt med bunnen til elven. Suspensjonstransport omfatter finsand, silt og leire som holdes svevende av turbulente strømminger som følger av bevegelse i vannet. Dette påvirker vannkvaliteten og har betydning for de biologiske forholdene i vassdragene. Oppløst materiale fraktes med vannmasser (NVE, 2022c). Sedimentene blir avsatt når

de ikke blir påvirket av ytre krefter, slik at de ikke fraktes lengre. Kilder til sedimenter er erosjon, avrenning fra jordbruksområder, raviner og skred (NVE, 2022b).

2.2.1 Erosjon

Erosjon beskrives som prosessen hvor mineraler, bergarter, jord og løsmasser slites løs og fraktes til et annet sted av vind, vann eller is. I samarbeid med forvitring vil erosjon forme landskapet. Forvitringen vil smuldre opp bergartene på stedet, mens eroderende krefter flytter det løse materialet vekk fra stedet (Bryhni & Røthe, 2022).

Tilfeller hvor sedimentpartikler løsrives og forflyttes fra et sted til et annet grunnet vannets påvirkning, kalles fluvial erosjon. En av hovedtransportørene av erodert materiale er elver. Elver har størst strømhastighet og erosjonspåvirkning i yttersvingene, samt en tendens til sedimentavsetning i innersvingene. Over tid vil dette føre til sideveis forflytning av elven. Fluvial erosjon omfatter også bunnsenking. Elvens lengdeprofil og bunnmaterialets skjærstyrke, samt motstandsdyktighet mot erosjon er av stor betydning for utvikling av vertikal erosjon. I tillegg vil undergraving av sideskråninger føre til utløsning av småskred, slik at store mengder materiale styrter ned i elveløpet og transporteres (NVE, 2022a).

Hæraelva renner ut i Glomma, og går i en dal med varierende bredde. Området er flomutsatt, med utbredt erosjon og utrasing av vegetasjon fra kantsonene. Stort sett er dalsidene bratte og sidevis innskåret i raviner. I ravinedalene og langs elvebreddene har det alltid vært erosjon, som har resultert i at elven er jevnt brun av leirpartikler og silt (Colman et al., 2016, s. 5).

2.3 Miljøgifter

Miljøgifter er lite nedbrytbare stoffer, som kan samles i levende organismer og ha alvorlige langtidsvirkninger for helse. Miljøgifter kan være svært giftige for miljøet. Fordi miljøgiftene er lite nedbrytbare kan større utslipp være irreversible, eventuelt kan det ta lang tid før konsentrasjonen av stoffene synker (Miljødirektoratet, 2023a). Miljøgifter

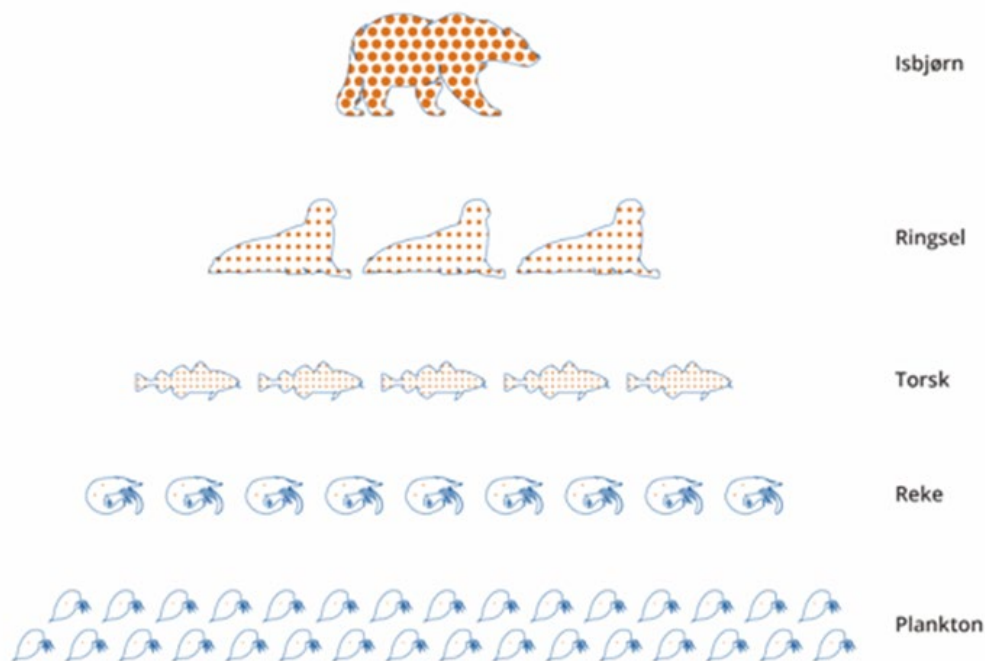
kan være kreftfremkallende, påvirke hormonbalansen, immunsystemet, reproduserbarheten, fosterutviklingen, nervesystemet, hjernen og skade lever og nyrer (Husøy et al., 2018).

Miljøgiftene deles i persisterende, og ikke-persisterende. De persisterende miljøgiftene er lite nedbrytbare og oppkonsentreres i levende organismer over tid. Eksempler på dette er bly, kadmium, kvikksølv, dioksiner, PCB og poly- og perfluoralkylstoffer (PFAS). De ikke-persisterende miljøgiftene er stoffer som brytes ned raskere og skilles raskere ut av kroppen. Bisfenoler, parabener, muggsoppgifter og akrylamid er eksempler på ikke-persisterende miljøgifter (Husøy et al., 2018).

Miljøgifter er fettløselige eller vannløselige. I mennesker og dyr vil vannløselige miljøgiftene skilles ut gjennom ekskresjonssystemet, mens fettløselige miljøgifter samles i fettvev og akkumulerer. Dette fenomenet heter bioakkumulering (Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, 2022).

Bioakkumulering er et resultat av at kroppen bruker lang tid på å bryte ned miljøgiftene. Det kommer av at avgiftningsenzymene i kroppen ikke klarer å spalte de fettløselige miljøgiftene. Derfor forsøker kroppen i stedet å gjøre de fettløselige miljøgiftene om til mer vannløselige, ved å feste på polare grupper, som for eksempel hydroksylgrupper. Da kan disse skilles ut via ekskresjonssystemet. Problemet med dette er at alle individer har ulik evne til å produsere avgiftningsenzymer, fordi det bestemmes av den genetiske koden til hvert individ (Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, 2022). Derfor vil individer ha ulik toleranse for miljøgifter.

Miljøgifter akkumuleres i organismer ved for eksempel matinntak. I en næringskjede vil det bli høyere konsentrasjon av miljøgifter jo høyere opp i næringskjeden organismen er. Figur 3 illustrerer oppkonsentreringen som kalles biomagnifisering (Miljødirektoratet, 2023a).



Figur 3: Figuren illustrerer biomagnifisering i en næringskjede. Det er høyere konsentrasjon av miljøgifter høyere opp i næringskjeden. Prikkene i figuren illustrerer konsentrasjonen av miljøgifter.

2.4 Den norske prioriteringslista

Den norske prioriteringslista er en liste over stoffer og stoffgrupper som anses å gjøre en stor trussel mot helse og miljøet (Miljødirektoratet, 2023a). Den ble for første gang presentert i 1997 (Miljødirektoratet, 2023b). I dag omfatter den 75 stoffer og stoffgrupper. Hensikten med lista er å stanse bruken og utslippene av disse stoffene (Miljødirektoratet, 2023a). For at et stoff eller en stoffgruppe skal settes på prioriteringslista, må det oppfylle en eller flere av de fire kriteriene som er satt av Miljødirektoratet. Tabell 1 viser en oversikt over kriteriene for den norske prioriteringslista (Miljødirektoratet, 2023b). Kriteriene omfatter stoffer som er persisterende, bioakkumulerende og toksiske (PBT-stoffer), og stoffer som er veldig persisterende og veldig bioakkumulerende (vPvB-stoffer) (Miljødirektoratet, 2022g). Tabell 2 viser et utvalg fra den norske prioriteringslista som er relevant for denne oppgaven (Miljødirektoratet, u.å.).

Tabell 1: Oversikt over de fire kriteriene for den norske prioriteringslista. Kriteriene er; lite nedbrytbare/persisterende (P), bioakkumulerende (B), alvorlige langtidsvirkninger på helse (Th), svært giftige i miljøet (Tm), svært lite nedbrytbare (vP) og veldig bioakkumulerende (vB).

1	2	3	4
P + B + Th og /eller Tm	vP + vB	Oppfangingskriterier	
Lite nedbrytbare stoffer som akkumulerer i levende organismer, og har alvorlige langtidsvirkninger for helse, eller er svært giftige for miljøet.	Svært lite nedbrytbare stoffer som akkumulerer veldig lett i levende organismer (uten krav til kjente giftvirkninger).	Stoffer som gjenfinnes i næringskjeden i nivåer som gir tilsvarende grunn til bekymring.	Andre stoffer, slik som hormonforstyrrende stoffer og tungmetaller, som gir tilsvarende grunn til bekymring.

Tabell 2: Oversikt over stoffgruppe og CAS-nummer til de stoffene som er relevant for denne oppgaven og som finnes på den norske prioriteringslista.

Den norske prioriteringslista		
Navn	Stoffgruppe	CAS-nummer
Arsen	Arsenforbindelse	7440-38-2
Benzo(a)pyren	Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	50-32-8
Bly	Blyforbindelse	7439-92-1
Kadmium	Kadmiumforbindelse	7440-43-9
Krom	Kromforbindelse	7440-47-3
Kvikksølv	Kvikksølvforbindelse	7439-97-6
PCB-118	Polyklorete bifenyler (PCB)	31508-00-6
PAH-16	Polysykliske aromatiske hydrokarboner	-
Tributyltinn	Organiske tinnforbindelser (TBT og TFT)	688-73-3

2.5 Analyseparametere

I denne oppgaven tas det utgangspunkt i analyseparametere som inngår i miljøpakken fra Eurofins. Dette innebærer arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel og sink, samt PCB-, PAH- og tinnforbindelser. I tillegg analyseres støtteparametere TOC, tørrstoff og fordelingen av kornstørrelse (Eurofins Environment, u.å.).

2.5.1 Tungmetaller

Tungmetaller er naturlig forekommende stoffer som har en tetthet på mer enn 5 g/cm³ og har en høy atommasse (Tchounwou et al., 2012). Noen tungmetaller inngår i livsnødvendige reaksjoner og tas derfor lett opp av organismer, men kan være giftige i høye konsentrasjoner. I høye konsentrasjoner kan derfor tungmetaller virke forurensende (Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, 2015).

2.5.1.1 Arsen

Arsen (As) er et stoff som finnes både naturlig og som forurensing i naturen (Mattilsynet, 2011). Tidligere ble arsen brukt til pigmentering, i pesticider og i sprøytemidler. I dag blir det blant annet brukt i solceller (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-a). Det er et svært giftig tungmetall og et kjent karsinogen som blant annet finnes i ris (Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo, 2015; Mattilsynet, 2011).

Arsen finnes i atmosfæren, men kun i spormengder. Det slippes ut naturlig ved blant annet vulkanutbrudd og fra mikroorganismer. Den største årsaken til utslipp av arsen er forårsaket av mennesker, spesielt ved bruk av fossilt brennstoff. I Asia har det vært et stort problem med drikkevann forurensset av arsen (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-a).

2.5.1.2 Bly

Bly (Pb) er et giftig metall som forekommer naturlig, spesielt i jord. Bly har i dag mange bruksområder som har ført til stor grad av miljøforurensing. I dag blir blant annet bly brukt i batterier til biler og til skjerming mot radioaktiv stråling (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-b). I dag er blyutslippene i Norge redusert med mer enn 95 %, sammenlignet med på 1980-tallet. Dette skyldes i stor grad overgangen til blyfri bensin (Miljødirektoratet, 2023c).

Bly har ingen biologisk funksjon i kroppen og er svært giftig. Over tid vil bly akkumuleres i kroppen og hemme enzymer som forårsaker giftvirkninger (Kjemisk

institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-b). Gravide er spesielt sårbare for bly da det kan gi fosterskader (Miljødirektoratet, 2023c).

2.5.1.3 Kadmium

Kadmium (Cd) er et tungmetall som finnes naturlig i små mengder i jordskorpen (Miljødirektoratet, 2022c). Kadmium finnes ofte som kadmiumsulfid sammen med sinkmaterialer. Dette gjør at kadmium spres utover hele verden gjennom sinkproduksjonen og har blitt et miljøproblem. I dag brukes kadmium for det meste i oppladbare batterier, men mye av bruken er faset ut (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-c).

Kadmium har ingen biologisk funksjon i kroppen, men er likt grunnstoffet sink. Dette gjør det giftig for mennesker, da det tas lett opp i cellene. I cellene vil kadmium ta plassen til sink, uten å fungere på samme måte. Mennesker inntar sink gjennom maten og det finnes spesielt i skalldyr, mel, rotfrukter og innmaten til dyr (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-c).

2.5.1.4 Kobber

Kobber (Cu) er et metall som finnes blant annet i jordskorpen, hvor det bindes til uorganiske partikler og organisk materiale i jordsmonnet. Kobber blir ofte benyttet i ren tilstand, har god elektrisk ledningsevne og blir brukt mye i blant annet ledninger (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-d).

Kobber er nødvendig i mange av kroppens funksjoner og livsviktig for mennesker. Kobberforbindelser er derimot svært giftige og kan være potensielt dødelige for mennesker. Det finnes også genetiske lidelser som gjør at kroppen ikke tar opp kobber slik den skal (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-d).

2.5.1.5 Krom

Krom (Cr) er et metall som finnes i en rekke mineraler og finnes i blant annet jordskorpen. I dagens samfunn er den viktigste bruken av krom til industrielle legeringer. I industrien benyttes det til å lage rustfritt stål sammen med jern og andre metaller. Det blir også brukt til rensing av laboratorieutstyr i en blanding med svovelsyre (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-e). Den største årsaken til forurensing med krom er den tidligere bruken av krom til impregnering av treverk. Det er nå forbudt å bruke krom til impregnering, men forhøyede nivåer observeres blant annet ved impregneringsverk (Miljødirektoratet, 2022e).

Krom er et grunnstoff som ikke brytes ned og kan akkumuleres i organismer. Om krom er giftig eller ikke, avhenger av hvilken form det er i. Seksverdig krom kan være svært giftig, mens treverdig krom er mindre giftig (Miljødirektoratet, 2022e). Treverdig krom er et viktig sporelement for omdannelsen av glukose. Forskning har vist en sammenheng mellom krommangel og utvikling av diabetes (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-e).

2.5.1.6 Kvikksølv

Kvikksølv (Hg) er det eneste metallet som er flytende ved romtemperatur. Kvikksølv er i dag et av de metallene som anses å være svært miljøgiftig, og er forbudt å benytte i Norge, med noen unntak. Tidligere har kvikksølv hatt mange bruksområder, fra sminke til legemidler, og utvinning av gull (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-f).

Utslippene av kvikksølv i norsk natur kommer hovedsakelig fra luft og nedbør fra andre land. Dette havner i både vann og på land (Miljødirektoratet, 2022f).

Kvikksølv kan forekomme både i organiske og uorganiske forbindelser. Det er spesielt giftig i form av metylkvikksølv. Metylkvikksølv dannes når kvikksølv frigjøres i miljøet. Det er lite nedbrytbart og akkumulerer i organismer. Dette gjør at kvikksølv er spesielt farlig for dyr i toppen av næringskjeden (Miljødirektoratet, 2022f).

2.5.1.7 Nikkel

Nikkel (Ni) er et metall som forekommer naturlig i jordskorpen. Det blir brukt mye i metallindustrien, men også til kjemikalieproduksjon. Metallindustrien står for det meste av forurensingen av nikkel, men også oljeraffinering da det ofte forbrennes mye nikkelholdig råolje (Norske utslipp, miljødirektoratet, u.å.-a).

For mennesker er nikkel et essensielt grunnstoff som trengs i spormengder. Nikkel er viktig for flere enzymer. For mye nikkel øker blant annet risikoen for kreft og luftveisplager. Det kan også føre til nikkelallergi, som er irreversibelt (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-g).

2.5.1.8 Sink

Sink (Zn) er et metall som finnes blant annet i jordskorpen. I jordskorpen finnes sink i mineraler, men også i organisk materiale. I dag blir sink mye brukt til korrosjonsbeskyttelse av jernprodukter. Det blir også brukt til legeringer, der den mest kjente er messing (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-h). Det meste av sinkutslipp til miljøet kommer fra jern- og stålproduksjon, men også fra dekkslitasje (Norske utslipp, miljødirektoratet, u.å.-b).

For mennesker er sink viktig. Det deltar i mange biologiske prosesser i kroppen, blant annet transport av CO₂ fra cellene til lungene. Sinkmangel kan føre til tap av smak og luktesans, men mer alvorlige symptomer kan forekomme. Sinkforgiftning gir symptomene diaré, kvalme og brekninger (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo, u.å.-h).

2.5.2 PAH-forbindelser

PAH er en samlebetegnelse for flere stoffer som er bygget opp av to eller flere benzenringer. De kalles ofte for tjærestoffer. I dag kommer det meste av forurensingen fra aluminiumsindustrien, men utslippene er blitt redusert etter at Søderberg-teknologien ble tatt ut av bruk (Miljødirektoratet, 2022b). Denne teknologien innebærer bruken av en karbonelektrode ved smelte-elektrolyse (Kolbeinsen, 2022).

Det finnes PAH-forbindelser i luft og vann. I vann finnes PAH i sedimenter, fisk og blåskjell. Det er i de sørlige og vestlige områdene av Norge at de høyeste konsentrasjonene av PAH i sedimenter forekommer. Nedbøren i disse områdene bidrar til størst utvasking av PAH fra atmosfæren. Undersøkelser har vist at fisk i disse områdene har vært utsatt for forhøyede PAH-nivåer (Miljødirektoratet, 2022b).

Det finnes mange forskjellige PAH-forbindelser, hvor benzo[a]pyren er en av de giftigste. Den er giftig for vannlevende organismer fordi den kan påvirke forplantningsevnen. Hos mennesker er benzo[a]pyren kjent for å forårsake kreft, genetiske skader, skade forplantningsevnen og gi fosterskader (Miljødirektoratet, 2022b).

2.5.3 PCB-forbindelser

PCB er en gruppe syntetiske klorforbindelser som er tungt nedbrytbare. Det er i dag forbudt å bruke PCB, men det finnes fortsatt i gamle produkter. Før ble PCB blant annet brukt i isolerglasslim, fugemasse og maling. Rundt 22 % av PCB som avsettes i norsk natur kommer fra norske utslipp. Resten kommer med luft og nedbør fra andre land (Miljødirektoratet, 2022a).

PCB-forbindelser vil med tiden hoppe opp i organismene som er på toppen av næringskjeden. Dette gjør at de har kroniske giftvirkninger på mennesker og sjøpattedyr. PCB-forbindelser kan gi leverkreft, skade nervesystemet, reproduksjonen og forplantningsevnen. Mennesker blir i hovedsak eksponert for PCB-forbindelser gjennom mat (Miljødirektoratet, 2022a).

2.5.4 Tinnforbindelser

Tributyltinn (TBT), dibutyltinn (DBT) og monobutyltinn (MBT) er organiske tinnforbindelser. I naturen vil TBT brytes ned til DBT og MBT. TBT har tidligere vært brukt i bunnstoff på skip og i treimpregnering, men er nå forbudt. Det finnes fortsatt utslipp av TBT ved blant annet kommunale avfallsdeponier og fra sedimenter på sjøbunnen. DBT brukes i polyvinylklorid-plast, maling og lakk. Det er ikke forbudt å

benytte det, men det har vært registrert en nedgang på rundt tre tonn fra 2005 til 2020 (Miljødirektoratet, 2022d).

Flere organiske tinnforbindelser er giftige og kan gi hormonforstyrrelser og skade immunforsvaret (Miljødirektoratet, 2022d). Det er påvist imposex hos purpursnegler som har vært utsatt for TBT (Walday & Tveiten, 2003, s. 12). På grunn av den skadelige effekten noen av tinnforbindelsene har, er det i dag innført retningslinjer og forbud som skal regulere bruken av organiske tinnforbindelser (Miljødirektoratet, 2022d).

2.5.5 Total organisk karbon

Total organisk karbon er en direkte måte å analysere mengden organisk stoff i en prøve. Tidligere ble mengden organisk stoff analysert ved forbrenning. I dag benyttes metoder der både flyktige og ikke flyktige forbindelser kan bestemmes sammen, og gir et resultat i form av TOC. TOC er også uavhengig av tilstanden til de organiske forbindelsene og vil derfor ikke påvirkes av andre organisk bundne elementer (Hovind & Paulsrud, 1983, s. 5–6). Det fins mange ulike kilder som er med på å tilføre organiske forurensningsstoffer til naturen. Det kan være fra atmosfæren, jord- og skogbruk og fra industri (Gjessing, 1980).

Tungmetaller assosieres i stor grad med organisk karbon eller humusstoffer i ferskvannssedimenter. I tillegg er det en sammenheng mellom vanninnholdet i sedimentene og innholdet av organisk karbon. Dette skyldes at matriksen av delvis nedbrutt organisk karbon og humusstoffer holder mer vann sammenlignet med mineralsk materiale (Fjeld, 2022, s. 13).

2.5.6 Kornfordeling

Når sedimentprøver analyseres benyttes ofte kornfordeling som en støtteparameter. Med dette menes andelen partikler av en bestemt størrelse. I dette tilfellet analyseres andelen partikler som er mindre enn 63 μm og andelen mindre enn 2 μm (Eurofins Environment, u.å.). Den andelen som har kornstørrelse mindre enn 2 μm klassifiseres

som leire, mens den andelen som har kornstørrelse mellom 2 og 63 µm klassifiseres som silt (Blott & Pye, 2012).

Det er ønskelig med mest mulig silt og leire i prøvene da miljøgifter bindes primært til små partikler. Grenseverdiene i Klassifiseringsveileder M-608 av Miljødirektoratet er satt ut fra verdier i finkornet materiale (Miljødirektoratet, 2020, s. 4).

2.5.7 Tørrstoff

Tørrstoff (TS) er det som er igjen når alt vann er fjernet fra prøvematerialet (Nesse, 2017). Tørrstoff blir brukt som en støtteparameter og er ikke med i den endelige klassifiseringen av den kjemiske tilstanden.

I sedimentprøver observeres det ofte en negativ korrelasjon mellom prosentandelen tørrstoff og konsentrasjon av tungmetaller. Dette skyldes at tungmetallkonsentrasjonen øker med vanninnholdet i prøven. Ved lavere prosentandel tørrstoff, er det høyere konsentrasjon av tungmetaller i prøven, samt vanninnhold (Fjeld, 2022, s. 14).

2.6 Klassifiseringsveilederen og grenseverdier

For å klassifisere den kjemiske tilstanden til elven brukes Klassifiseringsveileder 02:2018 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018). Den har blitt utarbeidet for å fungere som et felles verktøy for relevant fagpersonell, for å bestemme miljøtilstanden til vannforekomster. Klassifiseringsveilederen er tilpasset norske forhold og tar utgangspunkt i internasjonalt samarbeid i EU, som er brukt for å komme frem til klassifiseringssystemet. Grensene er satt på bakgrunn av laboratorietester, risikovurderinger og kategorisering av akutt og kronisk toksisitet i organismer (Miljødirektoratet, 2020, s. 4).

I vannmiljø benyttes konsentrasjoner av prioriterte stoffer målt i vann, sediment og biota for å bestemme den kjemiske tilstanden (Direktoratsgruppen for

gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 8). Miljøgifter målt i sediment benyttes i denne oppgaven. For å fastsette grenseverdier for kjemisk god eller kjemisk ikke god tilstand benyttes miljøkvalitetsstandarden (EQS) (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 8).

De fleste grenseverdiene er satt for marine sedimenter, men for sedimenter i ferskvann er det satt egne grenseverdier for noen av stoffene (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 190). I denne oppgaven benyttes grenseverdier satt for ferskvannssedimenter der det finnes verdier for dette, ellers benyttes grenseverdier satt for marine sedimenter. Tabell 3 gir en oversikt over klassifiseringssystemet for vann og sedimenter (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 191).

Tabell 3: Oversikt over de fem tilstandsklassene med tilhørende grenser. Fargene representerer tilstandsklassene.

Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved korttids-eksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-EQS	Øvre grense: MAC-EQS	Øvre grense: MAC-EQS AF	

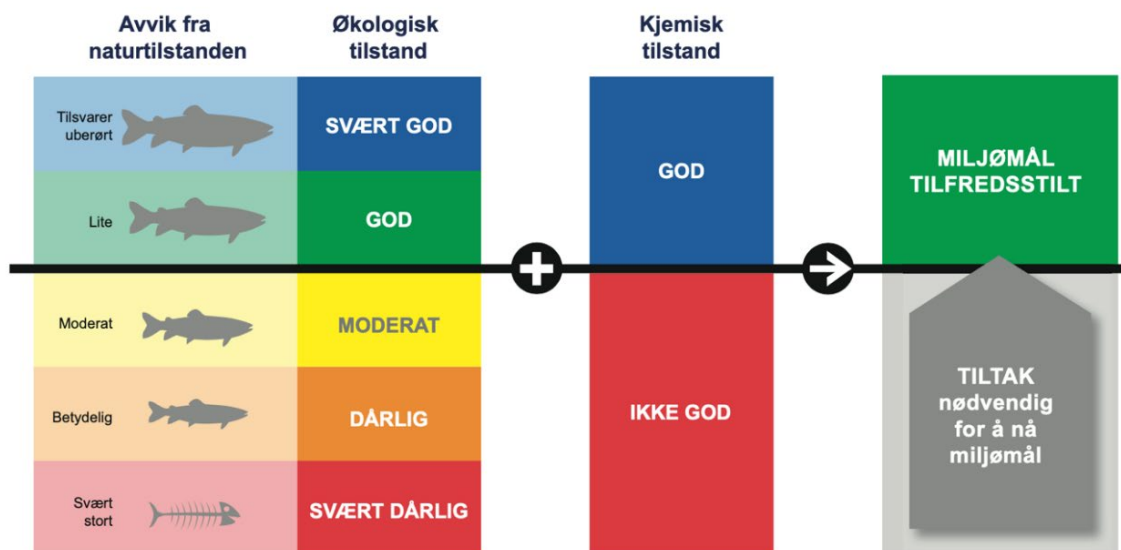
For klasse I er øvre grense satt til bakgrunnsnivået for naturlig forekomst. For miljøgiftene som er menneskeskapte og ikke finnes naturlig i naturen, er klasse I satt til null (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 191). For klasse II er øvre grense satt ved Annual Average-Environmental Quality Standard (AA-EQS), som er satt til å beskytte mot negative effekter som følge av kronisk eksponering (Arp et al., 2014, s. 6). Klasse III er satt ved Maximum Admissible Concentration-Environmental Quality Standard (MAC-EQS), som er satt for å beskytte mot negative effekter av akutte og periodevis eksponeringer (Arp et al., 2014, s. 7). Klasse IV er satt ved MAC-EQS med sikkerhetsfaktor, Assessment Faktor (AF) (Arp et al., 2014, s. 6).

Sikkerhetsfaktoren benyttes som øvre grense hvor det ikke finnes nok datagrunnlag for å sette en egen øvre grense for klassen. Da blir det tatt høyde for at noen organismer kan være mer følsomme for eksponering enn dataene som er fremskaffet ved laboratorietester (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 191). Alt over MAC-EQS AF betegnes som klasse V, hvor eksponering kan gi omfattende toksiske effekter.

Ut fra tabell 3 er det ved økende klasse forventet at noen organismer kan ha økende grad av negative effekter ved eksponering av miljøgifter. Ved funn av konsentrasjoner som klassifiseres som klasse III eller høyere er det forventet toksisk effekt på organismer i miljøet. Dette avhenger av konsentrasjon og eksponeringstid (Husøy et al., 2018).

Som illustrert i figur 4, klassifiseres økologisk tilstand og kjemisk tilstand på ulike måter (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 11). Den økologiske klassifiseringen er delt i fem klasser, hvor klasse I er svært god, og klasse V er svært dårlig. Den kjemiske tilstandsklassifiseringen er delt i god og ikke god. Skillet går mellom klasse II og III, og det holder at én av de målte verdiene er i klasse III for at den kjemiske tilstanden til sedimentet skal klassifiseres som ikke god (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 187). Ved moderat til svært dårlig økologisk tilstand og ikke god kjemisk tilstand, skal det vurderes å sette i gang tiltak for å nå miljømålet (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 11). Det skal iverksettes eventuelle tiltak etter vurdering av sedimentenes risiko for miljøet, mennesker og spredning til omgivelsene (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 191).

Miljøtilstand- og miljømål-klassifisering



Figur 4: Illustrasjon over forskjellen mellom klassifisering av økologisk tilstand og kjemisk tilstand. Den økologiske tilstandsklassifiseringen er delt i fem klasser, mens den kjemiske er delt i to klasser. Fargene representerer tilstandsklassene.

2.6.1 Korrigering av TOC

TOC benyttes som en støtteparameter og angir mengden organisk materiale i prøven.

Formel 1 benyttes for å korrigere TOC for sedimentets innhold av finstoff

(Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 169). TOC_{63} er den korrigerte TOC-konsentrasjonen. Den målte konsentrasjonen av TOC oppgis som $TOC_{mg/g}$, og p representerer andel finstoff $< 63 \mu m$. Formelen bruker også en empirisk faktor på 18 for å justere for mengden karbon som går tapt under oppvarming (Heiri et al., 2001, s. 3). TOC_{63} er det forventede innholdet av TOC i prøven, dersom hele prøven består av sediment $< 63 \mu m$. Prøvene vil ha ulikt innhold av finstoff og må korrigeres for dette for å kunne objektivt sammenligne TOC (Rygg, 1995, s. 5).

Formel 1: Formel for utregning av TOC_{63} .

$$TOC_{63} = TOC_{mg/g} + 18(1 - p)$$

p = andel finstoff $< 63 \mu m$

2.6.2 Grenseverdier

Klassifiseringssystemet for sedimenter gjelder for finkornet sediment som består av leire og/eller silt (Miljødirektoratet, 2020, s. 4). Tabell 4 er basert på konsentrasjoner hentet fra Klassifiseringsveileder 02:2018. I 2020 ble denne veilederen revidert og flere av grenseverdiene ble oppdatert. Alle verdier, med unntak av TOC₆₃, er hentet fra revidert veileder M-608 av Miljødirektoratet (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 170; Miljødirektoratet, 2020, s. 9–10)

Tabell 4: Oversikt over stoffene som skal analyseres i denne oppgaven og tilhørende grenseverdier for tilstandsklassifisering. Fargene representerer tilstandsklassene.

	Navn på stoff	Enhet	Tilstandsklasser				
			I	II	III	IV	V
			God kjemisk tilstand		Ikke god kjemisk tilstand		
Metaller	Arsen	mg/kg TS	0–15	15–18	18–71	71–580	> 580
	Bly*	mg/kg TS	0–25	25–66	66–1480	1480–2000	2000–2500
	Kadmium*	mg/kg TS	0–0,2	0,2–1,5	1,5–16	16–157	> 157
	Kobber*	mg/kg TS	0–20	20–210		210–400	> 400
	Krom*	mg/kg TS	0–60	60–112			> 112
	Kvikksølv	mg/kg TS	0–0,05	0,05–0,52	0,52–0,75	0,75–1,45	> 1,45
	Nikkel	mg/kg TS	0–30	30–42	42–271	271–533	> 533
	Sink	mg/kg TS	0–90	90–139	139–750	750–6690	> 6690
PAH	Naftalen	µg/kg TS	0–2	2–27	27–1754	1754–8769	> 8769
	Acenaftylen	µg/kg TS	0–1,6	1,6–33	33–85	85–85 000	> 85 000
	Acenaften	µg/kg TS	0–2,4	2,4–96	96–195	195–19 500	> 19 500
	Fluoren	µg/kg TS	0–6,8	6,8–150	150–694	694–34 700	> 34 700
	Fenantren	µg/kg TS	0–6,8	6,8–780	780–2500	2500–25 000	> 25 000
	Antracen	µg/kg TS	0–1,2	1,2–4,8	4,8–30	30–295	> 295
	Fluoranten	µg/kg TS	0–8	8–400		400–2000	> 2000
	Pyren	µg/kg TS	0–5,2	5,2–84	84–840	840–8400	> 8400
	Benzo[a]antracen	µg/kg TS	0–3,6	3,6–60	60–501	501–50 100	> 50 100
	Krysen	µg/kg TS	0–4,4	4,4–280		280–2800	> 2800
	Benzo[b]fluoranten	µg/kg TS	0–90	90–140		140–10 600	> 10 600
	Benzo[k]fluoranten	µg/kg TS	0–90	90–135		135–7400	> 7400
	Benzo[a]pyren*	µg/kg TS	0–6	6–183	183–2300	2300–13 100	> 13 100
	Indeno[1,2,3-cd]pyren	µg/kg TS	0–20	20–63		63–2300	> 2300
	Dibenzo[ah]antracen	µg/kg TS	0–12	12–27	27–273	273–2730	> 2730
	Benzo[g,h,i]perylene	µg/kg TS	0–18	18–84		84–1400	> 1400
	PAH ₁₆	µg/kg TS	0–300	300–2000	2000–6000	6000–20 000	> 20 000
Annet	TBT	µg/kg TS	0–1	1–5	5–20	20–100	> 100
	PCB ₇	µg/kg TS		0–4,1	4,1–43	43–430	> 430
	TOC ₆₃	mg/g	0–20	20–27	27–4	34–41	41–200

*Verdier for ferskvannssediment

3 Materiale og metode

3.1 Innsamling av materiale

Det er flere faktorer som må vurderes ved prøvetaking til sedimentanalyse. Dette inkluderer lokasjon av prøvestasjon, antall prøvepunkter, nedbørfelt, vannføring, prøvetakingstidspunkt, sedimentdybde, antall delprøver og hvilket prøvetakingsutstyr som benyttes. Faktorene vurderes ut fra problemstillingen, det overordnede miljømålet og formålet med oppgaven (Miljødirektoratet, 2015a). Figur 5 viser skylling av prøvetakingsutstyr under innsamling av sedimentprøver.

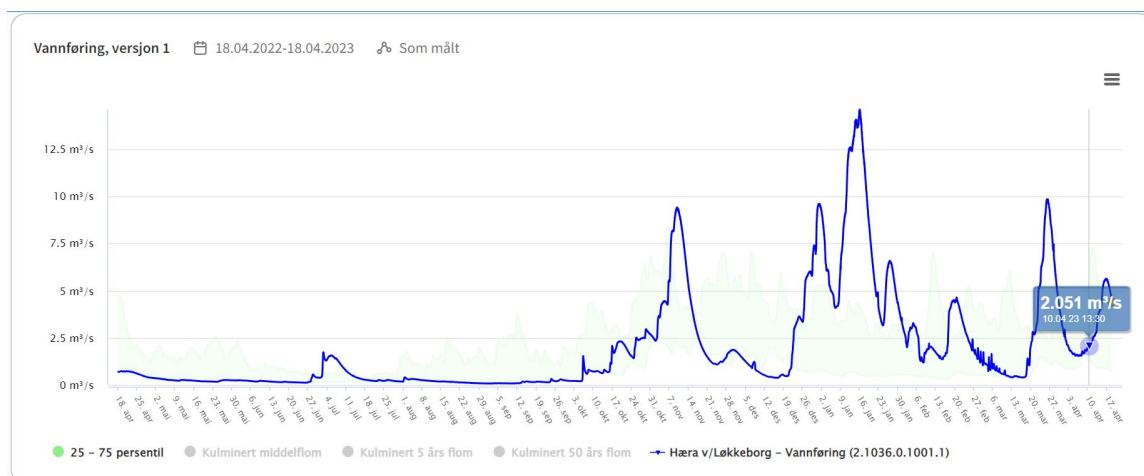


Figur 5: Innsamling av sedimentprøver, mandag 10. april 2023. På bildet skylles prøvetakingsutstyret før bruk.

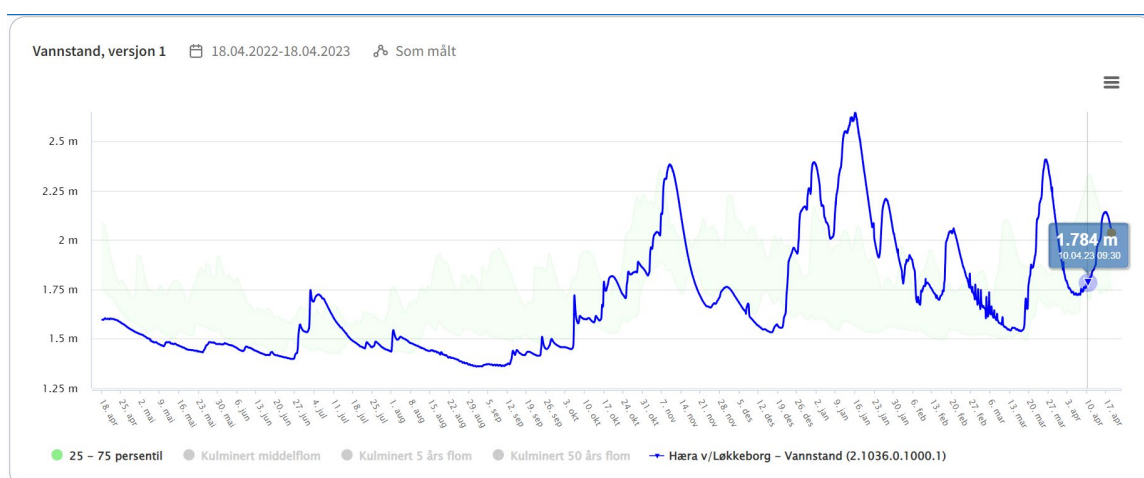
3.1.1 Prøvetakingstidspunkt

For å bestemme hvilket prøvetakingstidspunkt som er best egnet til innsamling av sedimenter, må historiske data om vannføring og vannstand i prøvetakingsområdet overvåkes. Det er viktig at vannføringen i elven er lav når prøvene skal tas, slik at finstoffet i sedimentene bevarer (Klima- og forurensningsdirektoratet, 2010, s. 3). En lav vannføring avhenger av at det har vært lite nedbør, snø-, og issmelting, samt høyere lufttemperatur i perioden før prøvetakingen. I tillegg er det ønskelig med lav vannstand, ettersom sedimenter ofte tørrelegges ved lavvann (Kroglund et al., 2014; Sandefjord kommune, Teknisk Etat, 2015, s. 5).

Ved prøvetakingsdato 10. april 2023 var det registrert total nedbør på 0,8 mm i nedbørfeltet rundt Hæraelva (Meterologisk institutt & NRK, u.å.). Det var også målt en vannføring på 2,051 m³/s, og en vannstand på 1,784 m i Hæraelva ved Løkkeborg, som ligger 4,4 km i luftlinje oppstrøms for prøvestasjon 6. Figur 6 viser den målte vannføringen det siste året, med markert punkt på prøvetakingsdatoen (NVE, u.å.-a). Figur 7 viser målt vannstand det siste året, med markert punkt på prøvetakingsdatoen (NVE, u.å.-a). Perioden etter bestemt prøvetakingsdato var preget av mye nedbør og snøsmelting, noe som ikke var gunstig for prøvetakingen. Dette ble tatt i betraktning ved bestemmelse av prøvetakingsdato.



Figur 6: Oversikt over vannføring i Hæraelva det siste året. Markert punkt på grafen viser målt vannføring på prøvetakingsdagen, 10. april 2023.



Figur 7: Oversikt over vannstand i Hæraelva det siste året. Markert punkt på grafen viser målt vannstand på prøvetakingsdagen, 10. april 2023.

3.1.2 Prøvetakingspunkt og delprøver

Ved valg av prøvetakingspunkt bør det velges områder langs elven der sedimenter akkumuleres på bunnen mer eller mindre uforstyrret (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 192). Under prøvetakingen er det ønskelig å samle prøver av finkornet overflatesediment fra soner med naturlig avsetning under lave strømforhold. Der innsamlet materiale inneholder høye nivåer av leire og silt, vil antall prøvetakingspunkt mellom fem og ti være ideelt. Prøvetakingspunktene bør være tilfeldige og varierte, så lenge det oppnås god kvalitet på sedimentprøvene (Shelton & Capel, 1994, s. 5).

I forbindelse med undersøkelsene i denne oppgaven ble det valgt syv prøvestasjoner langs Hæraelva. Hvert punkt skulle ha 10 delprøver dersom sedimentavsetningen på prøvestasjonen muliggjorde det. Dette ble ansett som mest ideelt for at delprøvene skulle være representative for hele prøvestasjonen. For å danne et representativt bilde av mengden innsamlet materiale, ble det samlet blandprøver på hver prøvestasjon. En blandprøve er en kombinasjon av alle delprøver som tas per stasjon (Mattilsynet, 2022, s. 5). Delprøvene ble tatt der sedimentavsetningen ble ansett som mest representativ, og hvor det var praktisk mulig med innsamling av prøvemateriale. Figur 8 illustrerer forskjellen mellom et godt egnet prøvetakingspunkt og et dårlig egnet prøvetakingspunkt.



Figur 8: Bildet til venstre viser et eksempel på et ideelt prøvetakingspunkt med tydelig sedimentavsetning. Bildet til høyre viser et eksempel på et dårlig prøvetakingspunkt grunnet mye strå og høyvann.

3.1.3 Ideell matriks

Ved analysing av miljøgifter må det tas hensyn til matriks. I denne oppgaven er det kun brukt sediment som matriks, men det kan også benyttes vann og biota til analyse av miljøgifter. Ideell matriks for de ulike miljøgiftene er opplyst i Klassifiseringsveileder 02:2018 og vist i tabell 5 (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 188–190). I tabellen fremkommer det at sediment og biota er ideell matriks for de aktuelle parameterne.

Tabell 5: Oversikt over foretrukket matriks for de aktuelle analyseparametere. P: foretrukket matriks, O: valgfri matriks, N: ikke anbefalt matriks, n.a.: ikke oppgitt.

Stoff	Vann	Sediment	Biota
Arsen	n.a.	n.a.	n.a.
Bly og blyforbindelser	n.a.	n.a.	n.a.
Kadmium og kadmiumforbindelser	n.a.	n.a.	n.a.
Kobber	n.a.	n.a.	n.a.
Krom	n.a.	n.a.	n.a.
Kvikksølv og kvikksølvforbindelser	N	O	P
Nikkel og nikkelforbindelser	n.a.	n.a.	n.a.
PCB ₇	N	P	P
PAH	N	P	P
Sink	n.a.	n.a.	n.a.
TBT	O	O	P
Naftalen	O	O	O
Fluoranten	N	P	P
Antracen	O	O	O

3.1.4 Representativitet

Ved sedimentanalyse er det viktig at innsamlet materiale er representativt for området prøvene tas fra. For å kunne bedømme prøvenes representativitet trengs det data for flere støtteparametere som kornfordeling og innhold av TOC, i tillegg til sedimentobservasjoner. For at representativiteten til sedimentprøver skal økes er hovedregelen at antall parallelle sedimentprøver bør være minst tre. Dersom analysene gjøres på en blandprøve kreves det at prøven består av minimum fire delprøver (Statens forurensningstilsyn, 2008, s. 5). I forbindelse med undersøkelsene knyttet til denne oppgaven ble det valgt å benytte blandprøver, ettersom det vil øke representativiteten til sedimentprøvene, uten at utgiftene for analysen øker. Blandprøver vil gi et gjennomsnittstall, uten å oppgi variasjonen rundt gjennomsnittet (Miljødirektoratet, 2015b, s. 83).

Tidligere observasjoner og analyser viser at konsentrasjonsvariasjonen i parallelle sedimentprøver er størst i utslippsnære og grunnere områder hvor konsentrasjonen er

høyest. Det er derfor nødvendig med flere paralleller eller tettere stasjonsnett for at tilstanden i grunne, utslippsnære områder skal karakteriseres (Statens forurensningstilsyn, 2008, s. 5).

Mattilsynet har utarbeidet en veileder for prøvetaking av slam, kompost og andre avfallsbaserte gjødselvarer, som anses å være relevant for sedimentprøver. Veilederen beskriver at dersom den endelige blandprøven skal være representativ for hele volumet, bør alle delprøvene ha lik mengde. Det gjør at ingen deler av massen vektlegges mer enn andre (Bøen & Paulsrud, 2012).

3.1.5 Sedimentdybde

Ved prøvetaking av sediment må dybden prøven tas fra velges ut fra ønsket tidsrom som er relevant. Hvor fort det sedimenterer vil variere fra område til område, men oftest er det 1–2 mm per år. Dette gjør at dersom det tas prøver fra den øverste centimeteren av sedimentet, vil det være representativt for de siste 10 årene. Det blir derimot ofte brukt 0–2 cm for prøvetaking, da det i praksis er mer gjennomførbart. Prøvene vil da representere de siste 20 årene (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 192).

I denne oppgaven har det vært ønskelig å kartlegge dagens forurensningssituasjon i elven. Derfor ble det tatt sedimentprøver ved 0–2 cm dybde. Dersom det blir tatt prøver lenger ned i sedimentene vil det gjenspeile et mer historisk bilde.

3.1.6 Prøvetakingsutstyr

Under prøvetakingen ble det benyttet skje, sil, veieskip, vekt, prøvetakingsglass, bobleplast, hansker, og kjøleboks. Figur 9 viser et bilde av prøvetakingsutstyret som ble benyttet.



Figur 9: Prøvetakingsutstyr som ble benyttet under prøvetakingen, mandag 10. april 2023.

Det er viktig at prøvetakingsutstyret ikke skal forstyrre og forurenske verken prøvene eller miljøet i elven. Både skjeen, silen og veieskipet som ble benyttet, var av materialet 304 rustfritt stål. 304 rustfritt stål er ikke-magnetisk og har høy styrke, i tillegg har det høy motstand mot korrosjon og oksidasjon mot blant annet atmosfæriske og kjemiske kilder (Mitchell, 2017). Kontaminering av metallene i stålet hindres ved hjelp av en stabil film som fungerer som en barriere som begrenser oksygen-, og vanntilgang til metalloverflaten (Scientific American, 2001). Den polerte overflaten gjør også utstyret glatt og enkelt å rengjøre (Mitchell, 2017).

3.2 Helse, miljø og sikkerhet

Før feltarbeidet ble gjennomført, ble det utarbeidet en sikker jobb-analyse (SJA) for å ivareta helse, miljø og sikkerhet (HMS), se vedlegg II. Denne HMS-planen inneholder oversikt over punkter og elementer i arbeidet som gruppemedlemmene er bekymret for, og hvilke tiltak som kan iverksettes for å unngå uønskede situasjoner knyttet til arbeidet. HMS-planen har som formål å sikre studentenes sikkerhet i felt. SJA gjennomføres for at Høgskolen i Østfold skal kunne tilrettelegge for best mulig sikkerhet for studentene. I hovedsak er det oppdragsgiver, Vannområde Glomma Sør,

som har ansvaret for studentenes helse-, miljø-, og sikkerhetsarbeid (Arbeidsmiljøloven §2-2, 2023). HMS-planen godkjennes av HMS-ansvarlig ved Høgskolen i Østfold før bruk.

Under prøvetakingen ble det benyttet HMS-utstyr for at arbeidet skulle være trygt og forsvarlig. Dette inkluderte redningsvest, tau, engangshansker, antibac hånddesinfeksjon og Virkon 1 % desinfeksjonsmiddel. Tau ble benyttet i bratte områder rundt prøvetakeren der det var vanskelig å komme til sedimentavsetningen. Engangshansker ble benyttet ved innsamling av prøvene for å beskytte mot mikroorganismer, samt hindre kontaminering av prøvene. Hendene ble desinfisert etter prøvetaking på hver stasjon. Støvler ble desinfisert med Virkon 1 % for å hindre kontaminering og spredning av krepsepest. Figur 10 viser et bilde av prøvetakingsutstyr og HMS-utstyr som ble benyttet under prøvetakingen. Figur 11 viser prøvetaker sikret med tau og redningsvest under prøvetaking i bratt område.



Figur 10: Bildet viser prøvetakingsutstyr og HMS-utstyr brukt mandag 10. april 2023.



Figur 11: Bildet viser prøvetaker sikret med tau og redningsvest under prøvetaking i bratt område.

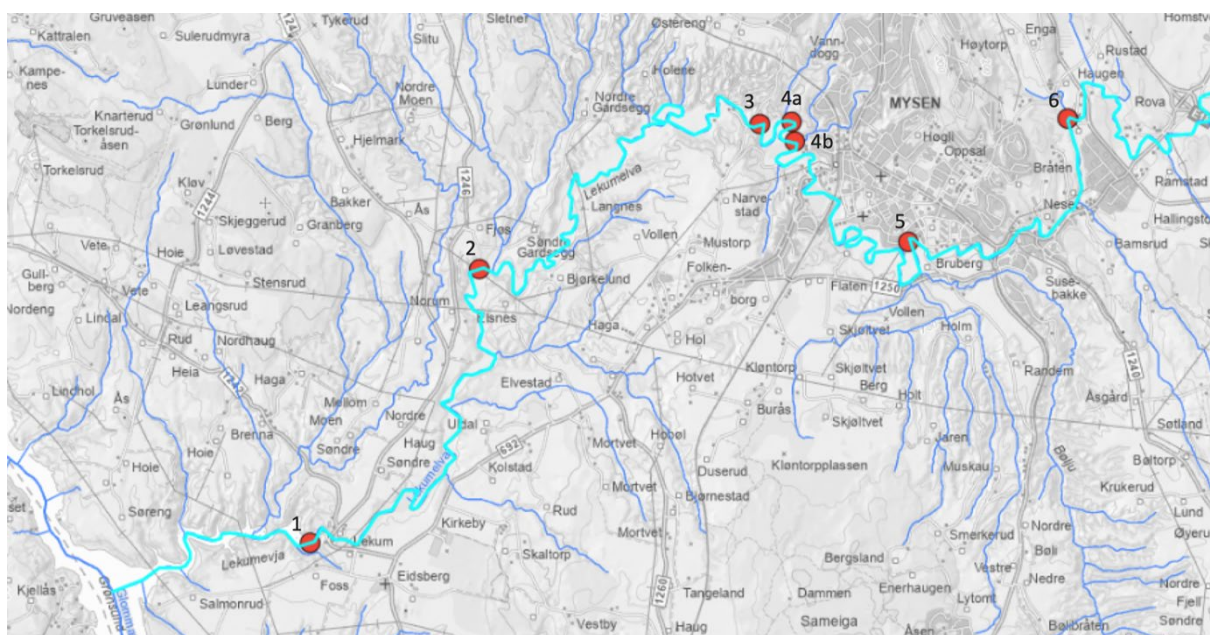
3.3 Oppbevaring og holdbarhet

Sedimentprøvene ble oppbevart i sterile glassbeholdere. Under selve prøvetakingen ble prøvene oppbevart i en kjøleboks med bobleplast rundt glassene, for å hindre knusing. Frem til prøvene ble levert til Eurofins dagen etter, ble de oppbevart mørkt og kjølig. Dette ble gjort for å hindre bakteriell vekst og redusere tap av flyktige stoffer, som for eksempel PAH-, PCB-forbindelser og TOC (Batley & Simpson, 2016, s. 21).

Eurofins Environment Testing Norway i Moss (personlig kommunikasjon, 20. mars 2023) påpeker i e-post at prøvene er holdbare i noen dager dersom de oppbevares kjølig, og fryses for langtidsoppbevaring. Dette gjør det mulig å analysere prøvene etter flere år. Under prøvetakingen ble det tatt to paralleller med sedimentprøver per stasjon, slik at en av parallellene kan oppbevares dersom det skulle være behov for eventuelle senere analyser.

3.4 Prøvestasjoner

Det ble valgt ut syv prøvestasjoner for analysering av miljøgiftene. Vannområde Glomma Sør utarbeidet forslag for stasjonene ut fra punkter de tidligere har benyttet til vannprøver. Alle stasjonene er i nærheten av en kilde som kan ha en mulig påvirkning på den kjemiske tilstanden. Når prøvestasjonene omtales i denne oppgaven beskrives høyre og venstre side av elven, sett i elvens strømningsretning. Figur 12 viser et kart over Hæraelva og de syv prøvestasjonene som er benyttet (NVE, u.å.-c).



Figur 12: Kart over Hæraelva og de syv prøvestasjonene som er benyttet. Hæraelva er farget turkis, og prøvestasjonene er markert i rødt. Prøvestasjon 1 ligger lengst nedstrøms i elven og er siste punkt før elven munner ut i Glomma. Prøvestasjon 6 er lengst oppstrøms og blir benyttet som et referansepunkt.

3.4.1 Prøvestasjon 1, Hæra utløp

Prøvestasjon 1 ligger nedstrøms Lekumfossen ved Lekumvja. Dette er siste punktet før elven munner ut i Glomma. På Lekum er det et lite kraftverk som er det eneste i drift ved elven i dag. Prøvene ble tatt på venstre side av elven i yttersving. Det var lav vannføring og vannstand i Lekumvja og tydelig sedimentavsetning. Det var mye murstein i området rundt elven. Elven hadde en brun farge, og sedimentet hadde en svak lukt av fisk. Tabell 6 gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 6: Oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjon 1.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5222005°	11.2460608°	1	2	Sediment
2	59.5222875°	11.2462325°	1	2	Sediment
3	59.5222549°	11.2458141°	1	2	Sediment
4	59.5224072°	11.2459106°	1	2	Sediment
5	59.5223746°	11.2459321°	1	2	Sediment
6	59.5224399°	11.2459750°	1	2	Sediment
7	59.5225378°	11.2460287°	1	2	Sediment
8	59.5229358°	11.2455406°	1	2	Sediment
9	59.5227300°	11.2454278°	1	2	Sediment
10	59.5227678°	11.2453879°	1	2	Sediment

3.4.2 Prøvestasjon 2, Garsegg

Prøvestasjon 2 ligger nedstrøms en bekk fra Slitu som munner ut i Hæraelva. Det er aktuelt å ta prøver her for å se i hvilken grad bekken fra Slitu tilfører miljøgifter til Hæraelva. Prøvene ble tatt på høyre side av elven. Her var det vanskelig å finne egnet sted for å komme ned til sedimentavsetningen. Det ble derfor ikke tatt et ideelt antall delprøver. Elven var brun i fargen, og sedimentet hadde ingen spesiell lukt. Det var noe sedimentavsetning i kantene. Tabell 7 gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 7: Oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjon 2.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5444638°	11.2680432°	3	2	Sediment
2	59.5443206°	11.2688348°	3	2	Sediment
3	59.5444640°	11.2687158°	3	2	Sediment

3.4.3 Prøvestasjon 3, Narvestad

Prøvestasjon 3 ligger i Narvestaddalen, hvor det tidligere har vært et kraftverk. Prøvene ble tatt på venstre side av elven. Relativt høy vannføring og vannstand gjorde det utfordrende å finne egnet sted for prøvetakingen. Det var også litt snø i området som

tyder på lavere lufttemperatur. Det ble funnet noe tydelig sedimentavsetning i kantene. Vannet var brunaktig, og sedimentet luktet jord. [Tabell 8](#) gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 8: Oversikt over koordinater, antall delprøver, og matriks ved prøvestasjon 3.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5569332°	11.3102676°	2	2	Sediment
2	59.5573735°	11.3116972°	2	2	Sediment
3	59.5573898°	11.3163615°	2	2	Sediment

3.4.4 Prøvestasjon 4a, nedstrøms Mysen renseanlegg

Prøvestasjon 4a ligger nedstrøms for Mysen renseanlegg. På denne prøvestasjonen var det interessant å sammenligne med prøven tatt på prøvestasjon 4b, oppstrøms for renseanlegget, for å observere den eventuelle forskjellen renseanlegget utgjør. Prøvene ble tatt på høyre side av elven i yttersving. Det var lav vannføring i området, men det lå mye nedfelte trær og grener i vannkanten som gjorde det vanskeligere å komme til. Vannet hadde en brun farge, og sedimentet luktet jord. [Tabell 9](#) gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 9: Oversikt over koordinater, antall delprøver, og matriks ved prøvestasjon 4a.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5573898°	11.3163615°	3	2	Sediment
2	59.5574420°	11.3164259°	2	2	Sediment
3	59.5574168°	11.3168762°	3	2	Sediment

3.4.5 Prøvestasjon 4b, oppstrøms Mysen renseanlegg

Prøvestasjon 4b ligger oppstrøms renseanlegget. Her er det interessant å se forskjellen fra prøvene som er tatt nedstrøms av renseanlegget. Prøven ble tatt på høyre side av elven. Ved prøvestasjonen var det et rør som det rant vann ut av, antagelig fra drenering. På denne prøvestasjonen var det bratt og vanskelig å komme ned til elvebredden. Det ble kun funnet ett punkt som var egnet for prøvetaking, og det ble

dermed ingen blandprøve eller parallell på denne stasjonen. Vannet var brunt og det luktet kloakk. Tabell 10 gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 10: Oversikt over koordinater, antall delprøver, og matriks ved prøvestasjon 4b.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5561363°	11.3171276°	10	1	Sediment

3.4.6 Prøvestasjon 5, Birkelunden

Prøvestasjon 5 er ved gangbroen ved Birkelunden. Dette er et nøkkelpunkt på Helsestien, hvor det er mye trafikk i form av turgåere. Prøvene ble tatt på venstre side av elven. Det var lav vannstand i området og noe høy vannføring. Det var tydelig sedimentering i området og lett å komme ned til vannkanten. Vannet hadde en brun farge og en svak lukt av jord. Tabell 11 gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 11: Oversikt over koordinater, antall delprøver, og matriks ved prøvestasjon 5.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5485549°	11.3358434°	2	2	Sediment
2	59.5486390°	11.3355507°	3	2	Sediment
3	59.5489769°	11.3348944°	2	2	Sediment
4	59.5486831°	11.3363284°	1	2	Sediment
5	59.5493075°	11.3345595°	1	2	Sediment

3.4.7 Prøvestasjon 6, nedstrøms Rustadfoss

Prøvestasjon 6 er ved evja nedstrøms for Rustadfoss. Dette er prøvestasjonen lengst oppstrøms i elven som det er tatt prøver fra, og blir derfor brukt som referansestasjon. En referansestasjon skal i størst mulig grad representere upåvirket tilstand (Miljødirektoratet, 2015a, s. 83).

Til evja munner det ut en sidebekk. Prøvene ble tatt på høyre side av elven. Høy vannstand og vannføring i området gjorde det utfordrende å ta prøvene. Det var mye strå i vannkanten som gjorde det vanskelig å ta en ren prøve. Vannet hadde en brun farge og det var skum i vannkanten. Tabell 12 gir en oversikt over koordinater, antall delprøver og matriks ved prøvestasjonen.

Tabell 12: Oversikt over koordinater, antall delprøver, og matriks ved prøvestasjon 6.

Prøvepunkt	Breddegrader	Lengdegrader	Antall delprøver	Paralleller	Matriks
1	59.5590897°	11.3590440°	2	2	Sediment
2	59.5590450°	11.3589041°	1	2	Sediment
3	59.5589655°	11.3586647°	1	2	Sediment
4	59.5588733°	11.3586606°	1	2	Sediment
5	59.5588730°	11.3586352°	1	2	Sediment
6	59.5590433°	11.3585212°	1	2	Sediment
7	59.5589847°	11.3585473°	2	2	Sediment

3.5 Praktisk gjennomføring

Prøvetakingen ble utført 10. april 2023. Prøvene ble tatt fra prøvestasjon 1 og i kronologisk rekkefølge oppover elven til prøvestasjon 6. Prøvene ble tatt lengst nedstrøms i elven først, for å ikke forurense sedimentene. Delprøvene på hver prøvestasjon ble først tatt nedstrøms, og deretter oppover elven for å ikke forstyrre overflatesjiktet.

Glassbeholderne ble merket ved bilen, og utstyr til prøvetakingen ble fraktet fra bilen til prøvestasjonen. Ved prøvestasjonene ble det valgt prøvepunkter ut fra synlig sedimentavsetning og praktisk mulighet for å ta prøvene. Hansker og redningsvest ble tatt på, og tauet ble festet rundt prøvetakeren ved prøvepunkter der det var aktuelt. Utstyret ble skyllet i vannet nedstrøms for prøvetakingspunktet. Det ble brukt skje til å samle prøvene og sil til å sile av vannet.

Ved prøvestasjon 1 ble prøvemateriale overført fra silen til veieskipet for å veie prøven på vekten. Vekten ble plassert på kjøleboksen, og det ble påsett at vekten omtrent stod i vater. Sedimentene ble overført fra veieskipet til glassbeholderne ved hjelp av skjeen. Skjeen, silen og veieskipet ble skyllet i vannet etter bruk på prøvetakingspunktet.

Fra prøvestasjon 2 til prøvestasjon 6 ble det ikke benyttet veieskip til å veie prøvene, fordi det var tidkrevende og ikke praktisk mulig å gjennomføre. Prøvene ble overført direkte fra silen til glassbeholderne, og veiet underveis for å kontrollere prøvemengden. Det ble samlet inn i overkant av 600 g prøvemateriale til hver parallell ved hver prøvestasjon, med unntak av prøvestasjon 4b. Der var det kun ett prøvepunkt det var mulig å ta prøver fra. Der ble det samlet litt over 600 g sediment til én parallell.

Etter prøvetaking ved hver prøvestasjon ble glassbeholderne pakket i plast og satt i en mørk kjøleboks, og utstyret ble fraktet til bilen. Ved bilen ble søppel kastet i søppelposen, hendene spritet med antibac og gummistøvlene som hadde hatt kontakt med vannet ble desinfisert med Virkon 1 %. For å sikre mest mulig like betingelser for prøvetakingen hadde studentene og veileder samme arbeidsoppgaver tilknyttet prøvetakingen hele dagen.

Prøvene ble oppbevart på et kjølerom over natten, og kjørt til Eurofins Environment Testing Norway i Moss for analysering formiddagen etter. Parallellprøvene som oppbevares av Vannområde Glomma Sør stod på kjølerommet fra prøvetakingsdagen, til de ble plassert i fryser fire dager senere.

3.6 Analyser

3.6.1 Eurofins miljøpakke

Eurofins Environment Testing Norway tilbyr et stort utvalg av analyser for mange ulike prøvematerialer. De tilbyr blant annet ferdige miljøpakker for analysering av sediment. Pakken som er benyttet har kode PMM57, og inneholder et utvalg av tungmetaller, organiske forbindelser, samt støtteparametere. Tabell 13 viser en oversikt over

analyseparameterne, analysemetoden som benyttes av Eurofins Environment Testing Norway og måleusikkerheten til analysene (Eurofins Environment, u.å.).

Måleusikkerheten er beregnet med en dekningsfaktor $k = 2$. Dette gir et konfidensintervall på 95 %, som betyr at det er 95 % sannsynlighet for at den sanne verdien ligger innenfor konfidensintervallet (Eurofins, u.å.). Utrekning for måleusikkerheten er vist i .

Tabell 13: Oversikt over analysepakken fra Eurofins Environment Testing Norway, samt hvilke analysemetoder som er benyttet. Det er oppgitt måleusikkerhet for parameterne der denne informasjonen foreligger.

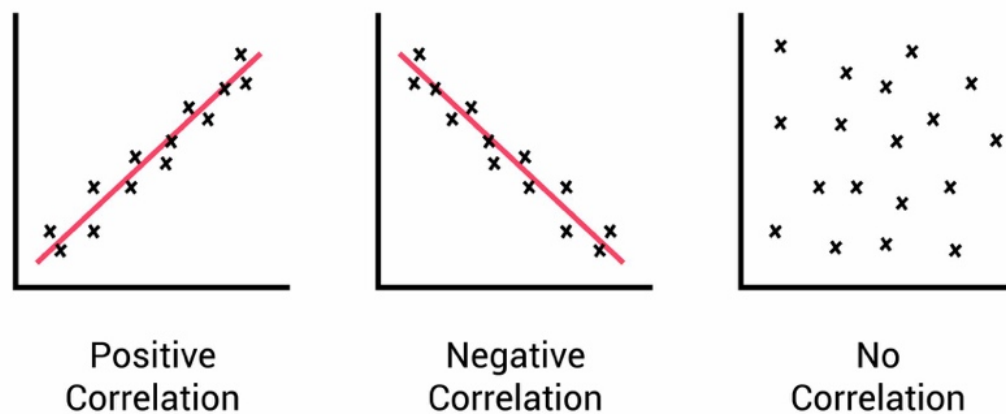
Analyseparameter	Analysemetode	Måleusikkerhet
Tørrstoff	Gravimetri	10 %
Tungmetaller	ICP-MS	20–35 %
PCB ₇	GC-MS	25 %
PAH ₁₆	GC-MS	25–50 %
Tinnforbindelser	GC-MS/MS	-
Kornfordeling	Spektroskopi (laserdiffraksjon)	-
Totalt organisk karbon	Combustion	-

3.7 Korrelasjon og prinsipalkomponentanalyse

Ved bruk av korrelasjonsanalyse kan assosiasjonen mellom to eller flere variabler utforskes, samtidig som det vil si noe om styrken til forholdet mellom variablene. Når flere variabler skal analyseres, kan både spredningsdiagram og korrelasjonskoeffisienter brukes for å lage et mønster av forholdet mellom variablene i analysen (Analyse-it, 2022b).

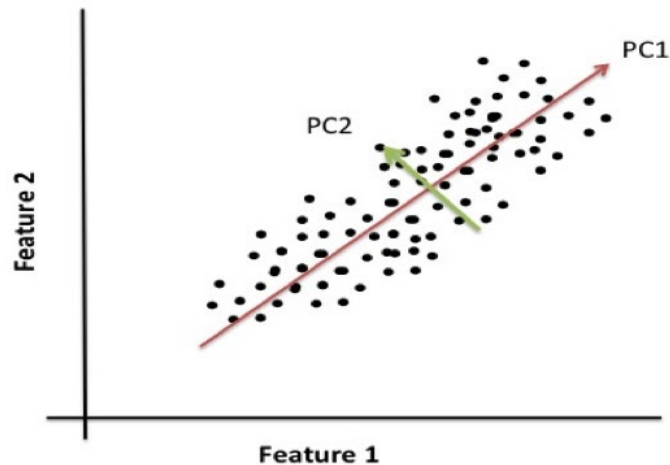
Det finnes flere typer variasjonskoeffisienter. Den mest brukte er Pearsons korrelasjonskoeffisient (Pripp, 2018). Den sier noe om den lineære samvariasjonen mellom to variabler, men forklarer ikke hvorfor de to variablene samvarierer eller ikke. I tillegg vil korrelasjonskoeffisienten si noe om hvor mye punktene i et korrelasjonsdiagram avviker fra hverandre. Korrelasjonskoeffisienten ligger mellom -1 og 1. En korrelasjonskoeffisient på 1 gir en perfekt positiv lineær sammenheng, mens en

korrelasjonskoeffisient på -1 gir en perfekt negativ lineær sammenheng. En korrelasjonskoeffisient på 0 tilsvarer ingen lineær sammenheng mellom variablene (Lausund & Kjøbli, 2018). Dette er illustrert i [figur 13](#) (Mcleod, 2023). Ved positiv korrelasjon vil økningen av den ene variabelen tilsvare økningen til den andre. En negativ korrelasjon vil gi en økning i den ene variabelen som tilsvarer reduksjonen av den andre (Lausund & Kjøbli, 2018).



Figur 13: Eksempel på tre spredningsdiagram som viser positiv korrelasjon, negativ korrelasjon og ingen korrelasjon.

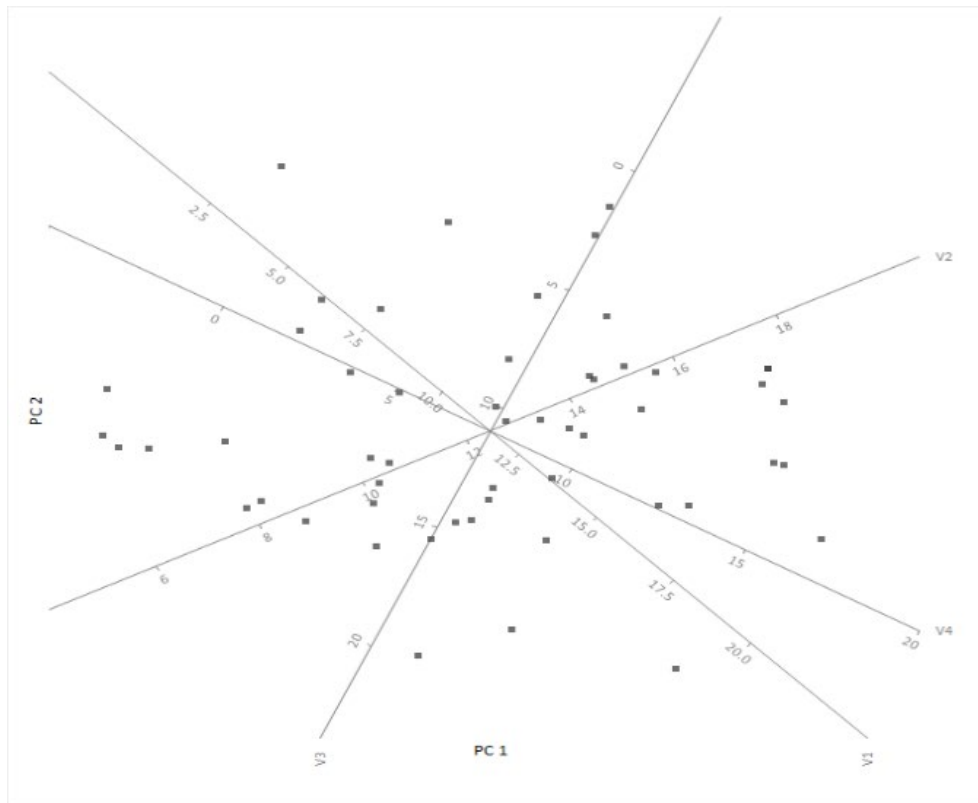
Prinsipalkomponentanalyse (PCA) reduserer dimensjonaliteten til et datasett for å finne et sett med variabler som best forklarer variasjonen i det opprinnelige settet. Disse variablene kalles prinsipalkomponenter (PC). Den første prinsipalkomponenten er en lineær kombinasjon av de opprinnelige variablene i datasettet, og forklarer variansen i datasettet så mye som mulig. Alle påfølgende komponenter forklarer så mye av den tilbakeværende variansen som mulig, forutsatt at den ikke er korrelert med de forrige komponentene (Analyse-it, 2022b). [Figur 14](#) viser en illustrasjon av et PCA-plot (Chapman, 2017).



Figur 14: PCA-plot. PC1 indikerer den første prinsipalkomponenten som danner den lineære kombinasjonen av variablene, og viser retningen med mest variasjon i datasettet. PC2 viser retningen med nest mest variasjon mellom variablene.

PCA er nyttig å bruke når store mengder data skal håndteres. Det at PCA reduserer dimensjonaliteten til et datasett gjør at det blir færre variabler å ta stilling til, samtidig som mesteparten av variasjonen i det opprinnelige datasettet ivaretas.

For å få informasjon om både observasjonene og variablene i et flerdimensjonalt datasett, kan det lages et biplot. Denne typen plot kan representere flere egenskaper, som avstander mellom observasjoner, sammenhenger mellom variabler og sammenhenger mellom variabler og observasjoner. Først reduseres dimensjonaliteten til datasettet ved hjelp av PCA. Deretter lages et biplot for å representere observasjoner og variabler i det reduserte datasettet. [Figur 15](#) viser en illustrasjon av et PCA biplot (Analyse-it, 2022a). PCA biplot er en nyere innovasjon som representerer observasjonene som punkter, og variablene som akser. Dette gir variablene en tilnærming til det opprinnelige datasettet (Analyse-it, 2022a).



Figur 15: PCA biplot. Variablene vises som kalibrerte akser, mens observasjonene representeres som punkter.

På et PCA-bipot avleses PC1 langs x-aksen og PC2 langs y-aksen. Når to variabler ligger nær hverandre og danner en spiss vinkel, vil disse variablene være positivt korrelerte. Dersom variablene møter hverandre i en 90° vinkel, er det sannsynligvis ingen korrelasjon mellom variablene. Hvis variablene former en stump vinkel, nærmere 180° , vil de være negativt korrelerte (Ngo, 2018).

Analyseprogrammet *Analyse-it*, versjon 5.20 ble brukt for å visualisere sammenhengene mellom variablene i denne oppgaven. For fremgangsmåte, se vedlegg XI.

4 Resultater

Resultatene fra Eurofins miljøpakke er fremstilt i tabell 14 til og med tabell 25, samt figur 16, 17 og 18. Rådataene til resultatene er hentet fra vedlegg IV til vedlegg X. I tabellene er det benyttet fargekoder for å illustrere tilstandsklassene beskrevet i kapittel . Der det ikke foreligger grenseverdier, er resultatene farget hvit.

4.1 Tungmetaller

Tabell 14 gir en oversikt over resultatene for tungmetaller i sedimentprøvene fra alle prøvestasjonene. Konsentrasjonene for alle tungmetaller fra alle prøvestasjonene er innenfor tilstandsklasse I, med unntak av konsentrasjonen for kadmium på prøvestasjon 5 som faller under tilstandsklasse II. Begge tilstandsklasser er under EQS.

Tabell 14: Resultater for tungmetaller i sedimentprøver. Tabellen viser også prosent måleusikkerhet (MU). Fargene referer til tilstandsklassene.

Metall	Enhet	MU	Prøvestasjon						
			1	2	3	4a	4b	5	6
Arsen	mg/kg TS	25 %	1,9	1,5	1,6	1,7	1,6	2,9	2,1
Bly	mg/kg TS	25 %	7	5,2	6,2	7	6	11	8,2
Kadmium	mg/kg TS	30 %	0,14	0,098	0,12	0,12	0,094	0,24	0,14
Kobber	mg/kg TS	25 %	9,5	6,8	8	8,4	7	11	9,7
Krom	mg/kg TS	35 %	15	12	12	12	11	17	14
Kvikksølv	mg/kg TS	20 %	0,097	0,013	0,013	0,016	0,014	0,024	0,019
Nikkel	mg/kg TS	25 %	14	11	12	11	10	17	14
Sink	mg/kg TS	25 %	43	33	34	35	36	62	40

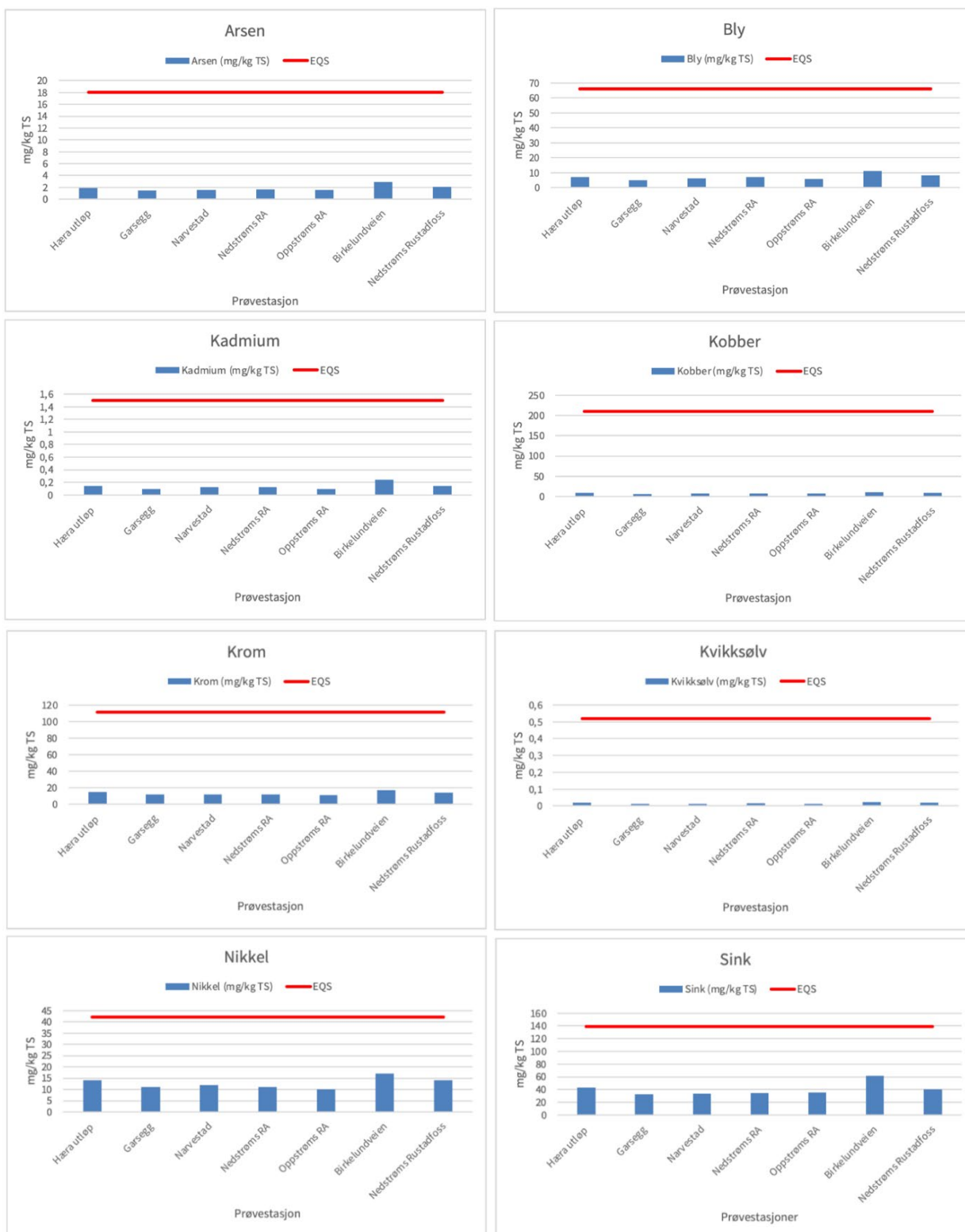
Tabell 15 viser 95 % konfidensintervall for de syv prøvestasjonene langs Hæraelva på et 5 % signifikansnivå ut fra den oppgitte måleusikkerheten fra Eurofins Environment Testing Norway. Dette betyr at det er 95 % sannsynlighet for at den sanne verdien ligger innenfor dette intervallet.

Tabell 15: Oversikt over 95 % konfidensintervall til tungmetallene, på et 5 % signifikansnivå, regnet ut fra den oppgitte måleusikkerheten fra Eurofins Environment Testing Norway.

Metall	Enhet	MU	Prøvestasjon						
			1	2	3	4a	4b	5	6
Arsen	mg/kg TS	25 %	[1,4, 2,4]	[1,1, 1,9]	[1,2, 2,0]	[1,3, 2,1]	[1,2, 2,0]	[2,2, 3,6]	[1,6, 2,6]
Bly	mg/kg TS	25 %	[5,3, 8,8]	[3,9, 6,5]	[4,7, 7,8]	[5,3, 8,8]	[4,5, 7,5]	[8,3, 13]	[6,2, 10,3]
Kadmium	mg/kg TS	30 %	[0,10, 0,18]	[0,07, 0,13]	[0,08, 0,16]	[0,08, 0,16]	[0,07, 0,12]	[0,17, 0,31]	[0,10, 0,18]
Kobber	mg/kg TS	25 %	[7,1, 12]	[5,1, 8,5]	[6,0, 10]	[6,3, 11]	[5,3, 8,8]	[8,3, 13]	[7,3, 12]
Krom	mg/kg TS	35 %	[9,8, 20]	[7,8, 16]	[7,8, 16]	[7,8, 16]	[7,2, 15]	[11, 23]	[9,1, 19]
Kvikksølv	mg/kg TS	20 %	[0,015, 0,023]	[0,010, 0,016]	[0,010, 0,016]	[0,013, 0,019]	[0,011, 0,017]	[0,019, 0,029]	[0,015, 0,023]
Nikkel	mg/kg TS	25 %	[11, 18]	[8,3, 14]	[9,0, 15]	[8,3, 14]	[7,5, 13]	[13, 21]	[11, 18]
Sink	mg/kg TS	25 %	[32, 54]	[25, 41]	[26, 43]	[26, 44]	[27, 45]	[47, 78]	[30, 50]

Figur 16 viser forholdet mellom resultatene og terskelverdiene for god kjemisk tilstand.

Terskelverdiene er satt mellom klasse II og III ut fra Klassifiseringsveileder 02:2018, se tabell 4. Verdier under terskelverdiene indikerer god kjemisk tilstand, og verdier over terskelverdiene indikerer ikke god kjemisk tilstand.



Figur 16: Konsentrasjoner av tungmetaller i forhold til EQS. Nivåer under terskelverdien indikerer god kjemisk tilstand, og nivåer over terskelverdien indikerer ikke god kjemisk tilstand. RA: renseanlegg.

4.2 PAH-forbindelser

Tabell 16 viser resultatene for PAH-forbindelsene i sedimentprøvene fra alle prøvestasjonene. Det ble observert PAH-forbindelser på tre av prøvestasjonene. På prøvestasjon 1 ble det påvist 0,01 mg/kg TS fluoranten. På prøvestasjon 4a ble det påvist 0,010 mg/kg TS fluoranten og 0,011 mg/kg TS pyren. Ved prøvestasjon 5 ble det påvist 0,014 mg/kg TS Benzo[b]fluoranten. Det ble ikke gjort andre funn over kvantifiseringsgrensen.

Tabell 16: Resultater for PAH-forbindelser i sedimentprøvene. «n.d»: ikke detektert. Fargene referer til tilstandsklassene.

Stoff	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
Naftalen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaftylen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Acenaften	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fluoren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Fenantren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Antracen	mg/kg TS	< 0,0046	< 0,0046	< 0,0046	< 0,0046	< 0,0046	< 0,0046	< 0,0046
Fluoranten	mg/kg TS	0,010	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Pyren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]antracen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Krysen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[b]fluoranten	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,014	< 0,010
Benzo[k]fluoranten	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[a]pyren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Indeno[1,2,3-cd]pyren	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Dibenzo[ah]antracen	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
Benzo[g,h,i]perylene	mg/kg TS	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010
PAH ₁₆	mg/kg TS	0,01	n.d	n.d	0,021	n.d	0,014	n.d

Tabell 17 viser en oversikt over 95 % konfidensintervall til PAH-forbindelsene, der det foreligger resultater. Konfidensintervallet er beregnet ut fra oppgitt måleusikkerhet fra Eurofins Environment Testing Norway, på et 5 % signifikansnivå.

Tabell 17: Oversikt over 95 % konfidensintervall for PAH-forbindelsene, der det er detektert. Konfidensintervallet er regnet ut fra måleusikkerheten oppgitt av Eurofins Environment Testing Norway, på et 5 % signifikansnivå. «n.d.»: ikke detektert.

PAH-forbindelse	Enhet	MU	Prøvestasjon 1	Prøvestasjon 4a	Prøvestasjon 5
Fluoranten	mg/kg TS	30 %	[0,0070, 0,013]	[0,0070, 0,013]	n.d.
Pyren	mg/kg TS	25 %	n.d.	[0,0083, 0,014]	n.d.
Benzo[b]fluoranten	mg/kg TS	40 %	n.d.	n.d.	[0,0084, 0,020]

4.3 PCB-forbindelser

Tabell 18 viser resultatene for PCB-forbindelser i prøvene. Det ble ikke detektert konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense ved noen av prøvestasjonene.

Tabell 18: Oversikt over resultatene for PCB-forbindelser i prøvene. Det ble ikke detektert noen konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense. Fargene referer til tilstandsklassene.

Parameter	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
PCB 28	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 52	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 101	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 118	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 153	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 138	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB 180	mg/kg TS	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050	< 0,00050
PCB ₇	mg/kg TS	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

4.4 Tinnforbindelser

Tabell 19 viser resultatene for tinnforbindelser i prøvene. Det ble detektert én konsentrasjon over nedre kvantifiseringsgrense. Denne konsentrasjonen var 3,3 µg/kg TS for DBT på prøvestasjon 5.

Tabell 19: Oversikt over resultatene for tinnforbindelser i prøvene tatt ved prøvestasjonene. Det ble påvist DBT ved prøvestasjon 5. Resterende prøvestasjoner hadde ingen konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense. Fargene referer til tilstandsklassene.

Tinnforbindelser	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
TBT	µg/kg TS	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
DBT	µg/kg TS	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	3,3	< 2,5
MBT	µg/kg TS	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5

4.5 Total organisk karbon

Tabell 20 viser resultatene for TOC, samt oppgitt måleusikkerhet for konsentrasjonene ved prøvestasjonene langs Hæraelva. Tabellen viser også nivåer for TOC₆₃, som er regnet ut fra formel 1.

Tabell 20: Oversikt over resultatene for TOC, oppgitt måleusikkerhet og TOC₆₃. Fargene referer til tilstandsklassene.

	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
TOC	mg C/kg TS	8350	6270	6700	7680	6230	14500	8910
MU	mg C/kg TS	1676	1280	1361	1548	1272	2867	1783
TOC ₆₃	mg/g	15	17	16	17	16	21	16

4.6 Kornfordeling

Kornfordelingen i prøvene er vist i tabell 21 og er oppgitt i prosentandel tørrstoff.

Tabell 21: Oversikt over resultatene av kornfordeling i prøvene tatt ved prøvestasjonene. Tallene angir prosentandel tørrstoff.

Kornfordeling	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
< 2µm	% TS	3,4	2,2	2,6	2,5	2,4	3,5	2,9
< 63µm	% TS	64,8	38,9	50,2	50	43,9	63,7	58,7

4.7 Tørrstoff

Prosentandelen tørrstoff i prøvene ved de ulike prøvestasjonene er presentert i tabell 22. Tabell 23 viser en oversikt over beregnet 95 % konfidensintervall ut fra oppgitt måleusikkerhet fra Eurofins Environment Testing Norway, på et 5 % signifikansnivå.

Tabell 22: Oversikt over mengden tørrstoff i prøven ved hver prøvestasjon. Mengden er oppgitt i prosent.

	Enhet	Prøvestasjon						
		1	2	3	4a	4b	5	6
Tørrstoff	%	66,5	70	69,7	70,7	74,3	62,3	66,2

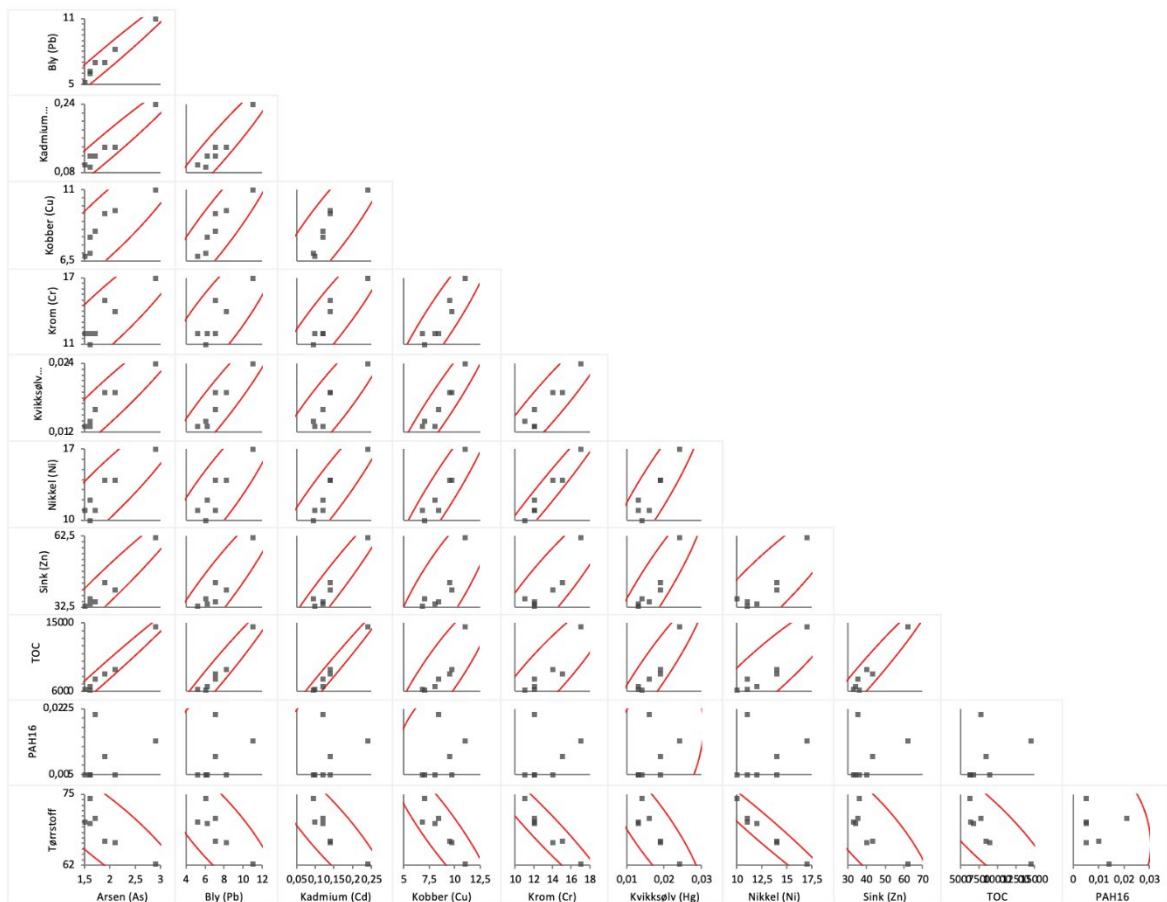
Tabell 23: Oversikt over 95 % konfidensintervall for mengden tørrstoff. Konfidensintervallet er beregnet ut fra oppgitt måleusikkerhet fra Eurofins Environment Testing Norway, på et 5 % signifikansnivå.

	Enhet	MU	Prøvestasjon						
			1	2	3	4a	4b	5	6
Tørrstoff	%	10 %	[60, 73]	[63, 77]	[63, 77]	[64, 78]	[67, 82]	[56, 69]	[60, 73]

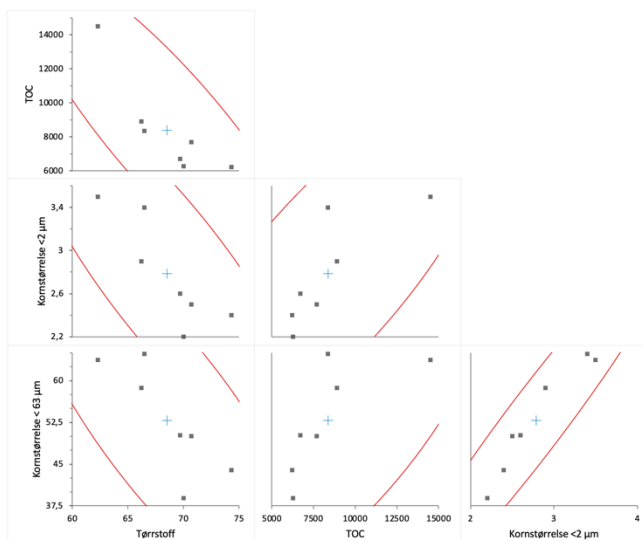
4.8 Prinsipalkomponentanalyse

4.8.1 Scatterplot og korrelasjonstabell

Figur 17 og figur 18 viser to scatterplot. Dette er en grafisk fremstilling av korrelasjonen mellom utvalgte variabler i analysen. Der ellipsen er smalere tilsvarer det sterk korrelasjon.



Figur 17: Scatterplotet viser korrelasjon mellom tungmetallene, TOC, PAH₁₆ og tørstoff. Der ellipsen er smalere, er korrelasjonen mellom parameterne sterkere.



Figur 18: Scatterplotet viser korrelasjon mellom tørstoff, TOC, kornstørrelse < 2 µm og kornstørrelse < 63 µm.

Tabell 24 er en korrelasjonstabell som viser en oversikt over korrelasjonen mellom de analyseparameterne som har størst påvirkning på datasettet. Det omfatter tungmetallene, TOC, PAH₁₆ og tørrstoff. Tabell 25 er en korrelasjonstabell som gir en oversikt over korrelasjonen mellom tørrstoff, TOC, kornstørrelse < 2 µm og kornstørrelse < 63 µm. Sterk blåfarge indikerer sterk positiv korrelasjon. Sterk rødfarge, indikerer sterk negativ korrelasjon. Mindre fargeintensitet indikerer at parameterne er svakt korrelerte.

Tabell 24: Korrelasjonskoeffisienter mellom tungmetallene, TOC, PAH₁₆ og tørrstoff.

Pearsons r	Arsen	Bly	Kadmium	Kobber	Krom	Kvikksølv	Nikkel	Sink	TOC	PAH ₁₆	Tørrstoff
Arsen	-	0,985	0,978	0,907	0,913	0,954	0,931	0,972	0,991	0,319	-0,867
Bly	0,985	-	0,962	0,925	0,870	0,945	0,898	0,934	0,977	0,407	-0,834
Kadmium	0,978	0,962	-	0,900	0,921	0,918	0,938	0,970	0,991	0,380	-0,889
Kobber	0,907	0,925	0,900	-	0,932	0,953	0,946	0,850	0,893	0,386	-0,913
Krom	0,913	0,870	0,921	0,932	-	0,946	0,981	0,915	0,910	0,268	-0,960
Kvikksølv	0,954	0,945	0,918	0,953	0,946	-	0,925	0,928	0,940	0,403	-0,874
Nikkel	0,931	0,898	0,938	0,946	0,981	0,925	-	0,905	0,919	0,193	-0,975
Sink	0,972	0,934	0,970	0,850	0,915	0,928	0,905	-	0,975	0,316	-0,825
TOC	0,991	0,977	0,991	0,893	0,910	0,940	0,919	0,975	-	0,405	-0,868
PAH ₁₆	0,319	0,407	0,380	0,386	0,268	0,403	0,193	0,316	0,405	-	-0,217
Tørrstoff	-0,867	-0,834	-0,889	-0,913	-0,960	-0,874	-0,975	-0,825	-0,868	-0,217	-

Tabell 25: Korrelasjonskoeffisienter mellom tørrstoff, TOC, kornstørrelse < 2 µm og kornstørrelse < 63 µm.

Pearsons r	Tørrstoff	TOC	Kornstørrelse < 2 µm	Kornstørrelse < 63 µm
Tørrstoff	-	-0,868	-0,849	-0,815
TOC	-0,868	-	0,804	0,726
Kornstørrelse < 2 µm	-0,849	0,804	-	0,966
Kornstørrelse < 63 µm	-0,815	0,726	0,966	-

4.8.2 Varianstabell og prinsipalkoeffisientene

I tabell 26 vises variansen for de syv prinsipalkomponentene, samt andelen av det originale datasettet de ulike komponentene representerer.

Tabell 26: Varianstabellen viser variansen til de syv prinsipal komponentene og hvor stor andel komponenten utgjør av den totale variasjonen.

Component	Variance	Proportion	Cumulative proportion
1	9,471	0,861	0,861
2	0,948	0,086	0,947
3	0,326	0,030	0,977
4	0,131	0,012	0,989
5	0,094	0,009	0,997
6	0,029	0,003	1,000
7	0,000	0,000	1,000

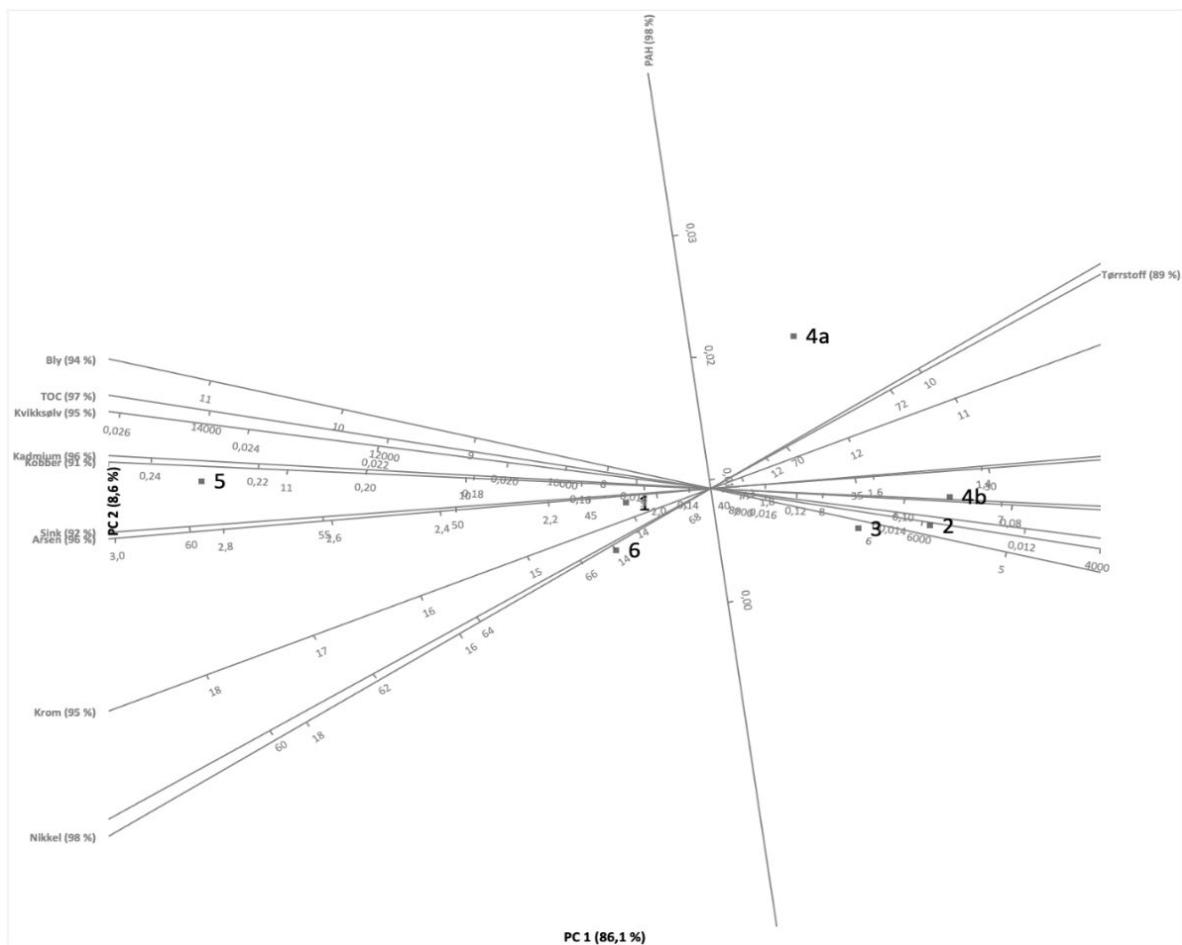
Tabell 27 viser koeffisienttabellen. Den beskriver hvor mye hver av variablene bidrar til komponenten. Fortegnet til variabelen har ingen betydning. Der det er høyere tall og sterkere farge, bidrar variabelen mer til komponenten. Der tallet er nærmere null og har svakere fargeintensitet, bidrar variabelen mindre til komponenten.

Tabell 27: Koeffisienttabellen viser hvor mye hver variabel bidrar til komponenten.

	Component						
	1	2	3	4	5	6	7
Arsen	-0,319	-0,031	-0,306	0,117	-0,082	0,285	-0,235
Bly	-0,315	0,079	-0,272	0,395	-0,355	0,110	0,257
Kadmium	-0,319	0,020	-0,208	-0,307	-0,279	-0,361	0,117
Kobber	-0,310	0,016	0,356	0,535	-0,117	-0,492	-0,407
Krom	-0,313	-0,135	0,293	-0,233	0,450	-0,044	0,184
Kvikksølv	-0,316	0,047	0,054	0,394	0,521	0,375	0,166
Nikkel	-0,314	-0,211	0,231	-0,090	-0,094	-0,247	0,582
Sink	-0,312	-0,026	-0,399	-0,264	0,413	-0,292	-0,399
TOC	-0,319	0,057	-0,282	-0,163	-0,149	0,229	0,064
PAH₁₆	-0,122	0,941	0,208	-0,169	0,008	0,003	0,034
Tørrstoff	0,301	0,192	-0,488	0,328	0,318	-0,439	0,367

4.8.3 PCA biplot

Figur 19 viser PCA biplot. Dette er en grafisk fremvisning av samvariasjonen mellom variablene. PC1 ligger langs x-aksen og PC2 ligger langs y-aksen.



Figur 19: PCA biplot. PC1 ligger langs x-aksen og PC2 ligger langs y-aksen. Observasjonene vises som punkter og variablene vises som akser.

4.9 Resultatsammenligning

I rapporten til Fjeld ble det klassifisert 46 vannforekomster i henhold til vannforskriftens krav til kjemisk god tilstand. I [tabell 28](#) blir medianverdi, minimumsverdi og maksimumsverdi av resultatene for tungmetaller i denne oppgaven sammenlignet med median-, minimum-, og maksimumsverdi fra Fjelds rapport. EQS fremstilles også i tabellen.

Tabell 28: Median-, minimum-, og maksimumsverdi av resultatene for tungmetaller i denne oppgaven sammenlignet med median-, minimum-, og maksimumsverdi fra Fjelds rapport. Fargene referer til tilstandsklassene.

Metall	Enhet	Prøvestasjonene i denne rapporten			EQS	Vannforekomster i Fjelds rapport		
		Median	Min	Maks		Median	Min	Maks
Arsen	mg/kg TS	1,7	1,5	2,9	18	4,9	1,4	65
Bly	mg/kg TS	7	5,2	8,2	66	14	4,4	650
Kadmium	mg/kg TS	0,12	0,094	0,24	1,5	0,36	0,075	3,7
Kobber	mg/kg TS	8,4	6,8	11	210	18	5,3	120
Krom	mg/kg TS	12	11	17	112	15	7,3	45
Kvikksølv	mg/kg TS	0,016	0,013	0,024	0,52	0,02	0,005*	0,3
Nikkel	mg/kg TS	12	10	17	42	18	6,9	68
Sink	mg/kg TS	36	33	62	139	110	42	460

*Halv kvantifiseringsgrense

I fjorårets bacheloroppgave ble tre bekker i Fredrikstad kartlagt for miljøgifter og klassifisert i henhold til vannforskriftens krav til kjemisk tilstand, se kapittel 1.1.2. I tabell 29 blir median-, minimum-, og maksimumsverdi av resultatene for tungmetaller i denne oppgaven sammenlignet med analyseresultatene fra de tre bekkene i fjorårets oppgave. EQS er også fremstilt.

Tabell 29: Median-, minimum-, og maksimumsverdi av resultatene for tungmetaller i denne oppgaven sammenlignet med analyseresultatene fra fjorårets bacheloroppgave. Fargene referer til tilstandsklassene.

Metall	Enhet	Prøvestasjonene i denne rapporten			EQS	Bekkene i fjorårets rapport		
		Median	Min	Maks		Oldenborg bekken	Bossum bekken	Gretnes bekken
Arsen	mg/kg TS	1,7	1,5	2,9	18	6,4	7	8,8
Bly	mg/kg TS	7	5,2	8,2	66	24	12	19
Kadmium	mg/kg TS	0,12	0,094	0,24	1,5	0,27	0,15	0,21
Kobber	mg/kg TS	8,4	6,8	11	210	24	9,4	18
Krom	mg/kg TS	12	11	17	112	22	20	29
Kvikksølv	mg/kg TS	0,016	0,013	0,024	0,52	0,054	0,023	0,03
Nikkel	mg/kg TS	12	10	17	42	20	15	27
Sink	mg/kg TS	36	33	62	139	140	58	85

I tabell 30 blir antall overskridelser av EQS sammenlignet mellom denne oppgaven, fjorårets bacheloroppgave og Fjeld sin rapport.

Tabell 30: Sammenligning av antall overskridelser av EQS i denne oppgaven, fjorårets bacheloroppgave og Fjeld sin rapport.

Parametere	Denne oppgaven: 1 elv i Indre Østfold	Fjorårets bacheloroppgave: 3 bekker i Fredrikstad	Fjeld sin rapport: 46 vannforekomster i Indre Oslofjord Vest
Tungmetaller	0	1	27
PAH-forbindelser	0	0	62
PCB-forbindelser	0	0	8
Sum overskridelser	0	1	97

5 Diskusjon

5.1 Tolkning av resultatene

5.1.1 Tungmetaller

Alle konsentrasjoner av tungmetallene var innenfor klasse I ved alle prøvestasjonene, med unntak av prøvestasjon 5, se [tabell 14](#). Alle konfidensintervallene ved disse prøvestasjonene var også innenfor klasse I, se [tabell 15](#). Dette betyr at det er 95 % sannsynlighet for at konsentrasjonene ikke overskrider klasse I i Klassifiseringsveileder 02:2018. Konsentrasjonen for tungmetallene på prøvestasjonene oversteg derfor ikke EQS.

På prøvestasjon 5 var konsentrasjonen av kadmium i klasse II. Konfidensintervallet for kadmium ligger i både klasse I og klasse II. Dette betyr at det er en mulighet for at verdien kan være i klasse I, da den nedre delen av konfidensintervallet ligger i denne klassen. Konsentrasjonen av tungmetaller på prøvestasjon 5 overskrider ikke EQS.

På prøvestasjon 5 er tungmetallkonsentrasjonen høyere enn ved de andre prøvestasjonene. Dette kan komme av at denne prøvestasjonen ligger nedstrøms for jordbruksområder og Helsestien. Konsentrasjonene faller likevel innenfor klasse I. Det er derfor grunn til å tro at funnene kommer fra naturlige forekomster. Tungmetallkonsentrasjonen avhenger også av mengden TOC, tørrstoff og kornfordelingen.

5.1.2 PAH-forbindelser

Resultatene for PAH-forbindelsene er vist i [tabell 16](#), og konfidensintervallene for observasjonene i [tabell 17](#). Fire av de syv prøvestasjonene har konsentrasjoner under nedre kvantifiseringsgrense, innenfor klasse I eller II. Den nedre kvantifiseringsgrensen for de fleste av PAH-forbindelsene ligger i klasse II. Det er derfor ikke mulig å si om nivåene av disse stoffene er i klasse I eller II.

På prøvestasjon 1, ble det funnet én konsentrasjon over nedre kvantifiseringsgrense for fluoranten på 0,010 mg/kg TS. Dette tilsvarer nedre delen av klasse II.

Konfidensintervallet ligger innenfor klasse I og II, som betyr at konsentrasjonen kan være i klasse I. Nivåene overskrider ikke EQS.

På prøvestasjon 4a ble det funnet to konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense for fluoranten og pyren på henholdsvis 0,010 og 0,011 mg/kg TS. Nivåene ligger innenfor nedre del av klasse II. Konfidensintervallet for fluoranten ligger i klasse I og II, som betyr at konsentrasjonen kan være i klasse I. Konfidensintervallet for pyren ligger i klasse II. Nivåene overskrider ikke EQS.

På prøvestasjon 5 ble det funnet én konsentrasjon over nedre kvantifiseringsgrense for benzo[b]fluoranten, med en konsentrasjon på 0,014 mg/kg TS. Konsentrasjonen ligger innenfor klasse I. Konfidensintervallet for verdien ligger også innenfor klasse I. Det konkluderes derfor med at nivået ikke overskrider EQS.

Konsentrasjonene for PAH-forbindelsene som ble detektert ligger i klasse I eller II. Konsentrasjonene som faller innenfor klasse II ligger rett over grensen mellom klasse I og II. Øvre grense for klasse I er satt til bakgrunnsnivå for naturlig forekomst. Dette tyder på at funnene som ble gjort, kommer av naturlige årsaker og ikke fra forurensing.

5.1.3 PCB-forbindelser

Det ble ikke detektert noen konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense for PCB. PCB forekommer ikke naturlig og er kun menneskeskapt. Ettersom det ikke ble funnet noen nivåer over nedre kvantifiseringsgrense, tyder dette på at det ikke er noen kilde som fører til forurensing av PCB i Hæraelva.

5.1.4 Tinnforbindelser

De tre tinnforbindelser som ble analysert, var under nedre kvantifiseringsgrense unntatt på prøvestasjon 5, se tabell 19. Det ble påvist en konsentrasjon på 3,3 mg/kg TS for DBT.

Det finnes bare grenseverdier for TBT, og ikke for nedbrytningsproduktene DBT og MBT. Det er derfor ikke mulig å klassifisere denne konsentrasjonen.

DBT blir brukt i blant annet plast, maling og lakk. Ved prøvestasjon 5 er det mye aktivitet i form av turgåere. Dette kan øke mengden forsøpling av blant annet plast og kan muligens være årsaken til at det er detektert DBT.

Nedre kvantifiseringsgrense for tinnforbindelsene er på 2,5 µg/kg TS. Det vil si at det er mulighet for konsentrasjoner under dette, men som ikke kan detekteres. Klasse I tilsvarer 0–1 µg/kg TS, og klasse II 1–5 µg/kg TS. Det er derfor ikke mulig å si om TBT ligger i klasse I eller II. Alle konsentrasjoner for TBT ligger i klasse I eller II, noe som tilsvarer god kjemisk tilstand.

5.1.5 Total organisk karbon

Innholdet av TOC i sedimentprøvene er fremstilt i tabell 20. Et høyere innhold av TOC ble påvist på prøvestasjon 5 sammenlignet med resten av prøvestasjonene. Formel 1 ble brukt for å korrigere TOC for sedimentets innhold av finstoff på alle prøvestasjonene. TOC₆₃-nivået for prøvestasjon 5 ligger på 21 mg/g som tilsvarer tilstandsklasse II. TOC₆₃-nivåene til de resterende prøvestasjonene tilsvarer tilstandsklasse I. Øvre grense for klasse I er satt til bakgrunnsnivå for naturlig forekomst. Dette tyder på at det ikke er forurensing av TOC på seks av prøvestasjonene.

Mengden organisk karbon i en sedimentprøve er ofte knyttet opp mot sedimentenes vanninnhold. På prøvestasjon 5 ble det observert det laveste nivået av tørrstoff og dermed det høyeste nivået av vann i prøven. Dette kan være årsaken til at det ble observert en høyere TOC verdi på denne prøvestasjonen. TOC er en støtteparameter og vil ikke inngå i den endelige klassifiseringen av elvens kjemiske tilstand.

5.1.6 Kornfordeling

Påvist prosentandel av leire og silt på prøvestasjonene vises i tabell 21. Laveste prosentandel finkornet materiale ble påvist på prøvestasjon 2 med en andel < 63 µm på

38,9 %. Den lave prosentandelen finstoff kan skyldes utfordringer under prøvetakingen. På prøvestasjon 2 var det vanskelig å finne egnet sted for prøvetaking grunnet lite sedimentavsetning langs elvekanten. Dette gjorde at det ikke ble tatt prøver fra optimalt antall prøvepunkter, som kan være årsaken til den lave prosentandelen finstoff i prøven. Det er ønskelig med så høy prosentandel finstoff som mulig fordi miljøgiftene bindes spesielt godt til leire og silt.

Av alle prøvestasjonene ble den høyeste prosentandelen finstoff påvist på prøvestasjon 1 med en andel på 64,8 %. Dette kan skyldes at sedimentavsetningen langs elven ved prøvestasjon 1 var tydelig og lett å komme til. Det ble også tatt flest delprøver ved prøvestasjon 1. Det kan derfor antas at den varierende prosentandelen finstoff på prøvestasjonene avhenger av mengden tilgjengelig akkumulert sediment langs elvekanten.

Kornfordeling brukes som en støtteparameter for å vurdere representativiteten til prøvene. Prøvetaking av sedimenter på dypere nivå ville antagelig resultert i høyere prosentandel finstoff. Fordi det var ønskelig å belyse dagens kjemiske forhold i elven, måtte sedimentprøvene tas fra overflatesjiktet.

5.1.7 Tørrstoff

Den laveste prosentandelen tørrstoff ble funnet i sedimentprøven fra prøvestasjon 5, med en andel på 62,3 %, se tabell 22. Sedimentprøven fra prøvestasjon 5 hadde dermed det høyeste vanninnholdet. Dette stemmer godt med TOC-nivået for prøvestasjon 5 som var det høyeste nivået blant prøvene. De resterende prøvestasjonene hadde en andel tørrstoff på 66,2–74,3 %, hvor den høyeste andelen tørrstoff på 74,3 % ble funnet i sedimentprøven tatt ved prøvestasjon 4b.

Fjeld omtaler i sin rapport at det i hans prøver er en sammenheng mellom prøvens andel tørrstoff og konsentrasjon av tungmetaller, hvor konsentrasjonen øker med vanninnholdet. Dette stemmer med resultatene for tørrstoff i denne oppgaven, ettersom prøvestasjon 5 hadde lavest prosentandel tørrstoff, samt høyest

konsentrasjon av alle tungmetaller. Tabell 23 gir en oversikt over 95 % konfidensintervall for tørrstoff, på et 5 % signifikansnivå. Dette betyr at det er 95 % sannsynlighet for at resultatene ligger innenfor dette intervallet. Det er knyttet 10 % måleusikkerhet til resultatene.

5.1.8 Tolking av prinsipalkomponentanalyse

5.1.8.1 Tolking av scatterplot og korrelasjonstabell

Ut fra scatterplotet kommer det frem at det er sterk positiv korrelasjon mellom tungmetallene, se figur 17. PAH₁₆ og tungmetallene er lite korrelerte. Det samme kommer frem i korrelasjonstabellen, hvor alle tungmetallene har en korrelasjonskoeffisient på 0,850 eller høyere, se tabell 24. Høyeste koeffisient er mellom bly og arsen på 0,985.

Det er svak positiv korrelasjon mellom PAH₁₆ og tungmetallene. Den svakeste korrelasjon er på 0,193 mellom PAH₁₆ og nikkel, og den sterkeste korrelasjonen er på 0,407 mellom PAH₁₆ og bly. Det er sterk negativ korrelasjon mellom tørrstoff og tungmetallene. Det vil si at ved lavere prosentandel tørrstoff, er det høyere tungmetallkonsentrasjon og vanninnhold i prøven, se kapittel 2.5.7.

Ut fra korrelasjonstabellen kommer det frem at det er svak negativ korrelasjon mellom PAH₁₆ og tørrstoff. Det betyr at andelen tørrstoff ikke har betydelig sammenheng med mengden PAH₁₆ i prøven. Det er tre resultater for PAH₁₆ over deteksjonsgrensen, som ikke er et godt grunnlag å trekke konklusjoner fra.

Figur 18 og tabell 25 viser samvariasjon mellom støtteparameterne tørrstoff, TOC og kornfordeling. Kornfordelingen er negativt korrelert med tørrstoff. Det vil si at det ble observert mest finstoff når andelen tørrstoff var lav og andelen vann var høy. Det indikerer at vannet i betydelig grad er knyttet til finstoffet i prøvene. Det er positiv korrelasjon mellom kornfordelingene og TOC. Det indikerer at finstoffet inneholder betydelige mengder TOC.

Kornstørrelse $< 2 \mu\text{m}$ og $< 63 \mu\text{m}$ har sterk positiv korrelasjon på 0,966, se [tabell 25](#). Det vil si at det var en høy grad av samvariasjon mellom nivået av leire og silt i prøvene. Dette kommer blant annet av at kornfordeling $< 63 \mu\text{m}$ inneholder andelen korn $< 2 \mu\text{m}$. Det er noe sterkere positiv korrelasjon mellom TOC og kornstørrelse $< 2 \mu\text{m}$, enn det er mellom TOC og kornstørrelse $< 63 \mu\text{m}$. Det er noe sterkere negativ korrelasjon mellom tørrstoff og kornstørrelse $< 2 \mu\text{m}$, enn det er mellom tørrstoff og kornstørrelse $< 63 \mu\text{m}$. Det indikerer at leire binder mer vann og organiske forbindelser enn det silt gjør.

5.1.8.2 Tolking av varianstabell og koeffisienttabell

Varianstabellen viser variasjonen til variablene i hver prinsipalkomponent, se [tabell 26](#). Det er størst variasjon i komponent 1 og minst i komponent 7. Komponent 1 utgjør 86,1 % av variasjonen i det opprinnelige datasettet. Komponent 2 utgjør 8,6 % av variasjonen i det opprinnelige datasettet, som er betydelig mindre enn for komponent 1, og skal derfor ikke vektlegges i like stor grad. Komponent 1 og 2 utgjør til sammen 92,1 % av variasjonen i det opprinnelige datasettet.

Ut fra koeffisienttabellen fremkommer det at tungmetallene, TOC og tørrstoff bidrar mest til komponent 1, se [tabell 27](#). PAH_{16} bidrar mest til komponent 2.

5.1.8.3 PCA biplot

På PCA biplotet avleses PC1 langs x-aksen og PC2 langs y-aksen, se [figur 19](#). Den første prinsipalkomponenten forklarer 86,1 % av variasjonen i datasettet, og representerer det opprinnelige datasettet mest. Langs denne akse ligger alle tungmetallene og TOC til venstre for origo. Variablene som representerer tungmetallene, ligger nær hverandre og danner en spiss vinkel. Dette viser en positiv korrelasjon mellom tungmetallene, og tungmetallenes sammenheng med TOC. Fordi tørrstoff ligger på motsatt side av origo, vil det være negativt korrelert med både tungmetallene og TOC. Dette viser at høye tungmetallkonsentrasjoner og innhold av organisk karbon forekommer ved lavere prosentandel tørrstoff. Dette indikerer også et høyt vanninnhold i prøvene.

PC2 utgjør 8,6 % av variasjonen mellom variablene som ligger langs y-aksen. PC2 er påfølgende prinsipalkomponent etter PC1, og representerer variablene i det opprinnelige datasettet nest mest. Biplotet viser at PAH₁₆ ligger over origo og utgjør det meste av PC2. TOC og tungmetallene har noe innvirkning på PC2, men fordi PC1 forklarer det meste av variasjonen, vil ikke innvirkningen være av stor betydning. I biplotet fremgår det at PAH₁₆ er svakt korrelert med tørrstoff, sammenlignet med resten av variablene.

Bak navnet til variablene er det oppgitt et tall i prosent, for eksempel «Bly (94 %)». Tallet i parentes angir hvor stor andel av variasjonen i variabelen som er forklart av prinsipalkomponentene i biplotet. I biplotet er variasjonene til variablene representert med 89–98 %.

Punktene som ligger spredt i biplotet er observasjoner, som representerer de syv prøvestasjonene. Prøvestasjonene som ligger i nærheten av hverandre i biplotet, ligner hverandre i kjemisk sammensetning. Tallverdiene på aksene til variablene benyttes til å si omtrent hva nivået for de forskjellige variablene ligger på. Til venstre for origo ligger prøvestasjon 5 langs PC1. Dette indikerer at de høyeste verdiene for tungmetaller og TOC forekommer i sedimentprøven fra prøvestasjon 5. Dette stemmer med resultatene i datasettet.

Til venstre for origo ligger prøvestasjon 1 og 6 i nærheten av hverandre. Prøvestasjonene inneholder de høyeste tungmetallkonsentrasjonene etter prøvestasjon 5. I tillegg har prøvestasjon 1 og 6 veldig lik kjemisk sammensetning, noe som fremgår av biplotet og kan bekreftes av verdiene i tabell 14.

Til høyre for origo ligger prøvestasjon 2, 3 og 4b, som viser en reduksjon i tungmetallkonsentrasjon. Dette kan skyldes vanskelig prøvetaking, se kapittel 3.4, eller naturlig redusert forekomst. I tillegg ligger prøvestasjon 2, 3 og 4b på samme side av origo som de høyeste nivåene av tørrstoff. Dette illustrerer at prøvene har en høyere prosentandel tørrstoff, og lavere konsentrasjon av tungmetaller.

Prøvestasjon 4a ligger lengst opp på akse til PC2, hvor de høyeste nivåene av PAH₁₆ ligger. En sammenligning med resultatene i datasettet viser at observasjonene stemmer. Hva nivåene av PAH₁₆ på denne prøvestasjonen kan skyldes, er vanskelig å si fordi nivået er lavt og antall PAH₁₆-resultater er for få til å trekke sikre konklusjoner.

5.2 Feilkilder

5.2.1 Sedimentdybde

Ved prøvestasjon 4b var det utfordrende å finne et egnet sted til prøvetaking. Det var bratte skråninger ned til elvebredden og det ble bare funnet ett egnet sted. Dette førte til at det bare ble tatt én parallell fra prøvestasjonen, og ingen blandprøve. På grunn av at det var et lite område det var mulig å ta prøvemateriale fra, ble det etter hvert vanskelig å kontrollere sedimentdybden. Ideelt skulle prøven blitt tatt fra 0–2 cm dybde. Her er det mulig at prøveresultatet ikke er representativt for de siste 10 til 20 årene, men gir et mer historisk bilde.

5.2.2. Prøvetakingstidspunkt

På prøvetakingstidspunktet var vannstanden noe høyere enn den ideelt sett burde vært. Observasjoner av vannstanden og vannføringen det siste året viser at det er mest gunstig å ta prøver på sensommeren. [Figur 6](#) viser en oversikt over vannføringen det siste året, og [figur 7](#) viser en oversikt over vannstanden det siste året. På prøvetakingstidspunktet var vannføringen og vannstanden lav, sett i forhold til ukene før og etter prøvetakingen. Høy vannstand ved noen av prøvestasjonene gjorde det utfordrende å ta prøver.

5.2.3 Antall prøvepunkter og mengde prøvemateriale

Ideelt sett skal det tas delprøver fra 10 prøvepunkter, som blandes sammen til en blandprøve på hver prøvestasjon. På flere av prøvestasjonene var det utfordrende å finne 10 prøvepunkter som var egnet for prøvetaking. Dette gjorde at det ble tatt sediment fra tre prøvepunkter på noen av prøvestasjonene, som påvirker representativiteten til prøven.

Det var vanskelig å kontrollere mengden prøvemateriale som ble tatt per prøvepunkt, fordi det var igjen noe prøvemateriale i prøvetakingsutstyret. Dette gjorde at det ikke var lik mengde prøvemateriale fra hvert prøvepunkt. Dette kan føre til at noen av prøvepunktene på hver prøvestasjon er mer representert i prøven enn andre.

5.2.4 Ikke vatret vekt

Ved bruk av vekt skal den være i vater for å måle vekten mest mulig presist. I felt var det vanskelig å finne egnet sted å sette vekten, slik at den stod helt i vater. Dette kan påvirke resultatene ved at vekten blir falsk for lav eller falsk for høy, og representativiteten til delprøvene.

5.2.5 Forstyrret overflatesjikte

Da prøvetakningsskjeen ble senket ned i sedimentavsetningen, ble det generert en frontbølge i vannet. Dette kan forårsaket at noe av overflatesjiktet med ønsket finstoff ble vasket bort.

5.2.6 Ikke bruk av kjøleelementer

Det var ikke kjøleelementer i kjøleboksen på prøvetakingsdagen, eller ved frakt av prøver til laboratoriet, fordi det ble glemt. Prøvene ble satt på kjølerom så raskt som mulig etter prøvetakningen. Økt temperatur kan føre til økt mikrobiell aktivitet og gi økt tap av flyktige stoffer. Dette kan gi falsk for lav måling av de organiske parameterne TOC, PCB og PAH. Mikrobenes metabolisme kan påvirke nedbrytningen av stoffer i prøven. Utgangsstoffene fra mikrobenes metabolisme kan gi falsk forhøyede resultater. Dette er avhengig av hvilke mikrober som finnes i prøven og mikrobenes metabolisme.

5.2.7 Feilkildenes påvirkningsgrad

Det er vanskelig å si i hvor grad disse feilkildene påvirker prøvene. De fleste feilkildene som er nevnt vil kunne gi et falskt for høyt svar. Alle verdiene er lave, og gir grunn til å tro at feilkildene har hatt liten påvirkning på analyseresultatet. Det som påvirker

resultatene mest er kornfordelingen, tørrstoff, antall delprøver og lite sedimentavsetning.

5.3 Metodekritikk

5.3.1 Valg av utstyrsmateriale

En viktig faktor for prøvetaking av sediment er hvilket prøvetakingsutstyr som benyttes, og hvilket materiale det er laget av. Hvilket materiale som velges kan ha betydning for hvordan sluttresultatene blir etter analysering av sedimentene.

Prøvetakingsutstyr av rustfritt stål og plast benyttes til prøvetaking av overflatesedimenter. Hvilket materiale som velges bør være basert på formålet med undersøkelsen og på bakgrunn av lokale forhold. I denne oppgaven har det blitt benyttet skje, sil og veieskip av 304 rustfritt stål til sedimentinnsamling.

I noen tilfeller kan begrepet «rustfritt stål» være misvisende. Under de riktige betingelsene kan alle typer stål ruste. Det handler derfor om å tilpasse riktig ståltype til riktig formål. Det er viktig å ha kunnskap om hvilket miljø stålet skal brukes i for å unngå ødeleggelser og skader på materialet.

Miljøer med høy konsentrasjon av salter og klorider kan skape små områder med korrosjon i stålet, som vil spres utover den beskyttende filmen av krom. I slike tilfeller er det best å benytte syrefast stål eller høydensitetspolyetylen (HDPE). HDPE er motstandsdyktig mot vandige løsninger samt ikke-oksiderende syrer og baser (Ore & Stori, 2023). Det har god motstand mot høye temperaturer og kjemikalier, høy slitestyrke og er lett å rengjøre. I tillegg er HDPE ikke reaktiv, noe som gjør at tungmetaller og andre forbindelser i plastmaterialet ikke lekker ut i sedimentprøvene (Cole-parmer, 2019).

Prismessig vil utstyr laget av HDPE være billigere enn 304 rustfritt stål (Cole-parmer, 2019). På lang sikt vil både materiale av HDPE og rustfritt stål holdes i god stand over

lengere tid, som gjør det gjenbrukbart. Dette forutsetter at utstyret rengjøres grundig, brukes korrekt og etter hensikten, samt kontrolleres for skader og andre ødeleggelser. I tillegg til å være gjenbrukbart, er utstyr av HDPE resirkulerbart. Dette gjør utstyr av HDPE både økonomisk gunstig og miljøvennlig.

Ved valg av materiale for prøvetakingsutstyret ble det tatt i betraktning hvilket miljø prøvene ble tatt fra. Det var ikke høy konsentrasjon av salter eller klorider i områdene for prøvetaking, som betyr at det ikke var fare for korrosjon i stålet. Utstyret av stål er gjenbrukbart, og dermed bærekraftig. Det konkluderes derfor med at materialet var egnet for prøvetaking i denne oppgaven.

5.3.2 Sedimentdybde

I denne oppgaven ble det benyttet skje til prøvetakingen, da dette muliggjorde en kontrollert prøvetaking ved 0–2 cm sedimentdybde. Ideelt sett bør 0–1 cm benyttes, men av praktiske årsaker blir ofte 0–2 cm brukt. Dette var ønskelig da det vil gi resultater som representerer de siste 10 til 20 årene (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 192).

På hver prøvestasjon ble det tatt to paralleller av 600 g sediment. Dette tilsvarte i overkant av 1200 g sediment per prøvestasjon. Bruk av skje til prøvetaking gjorde at dette ble en tidkrevende prosess, da det kun var mulig å ta litt prøvemateriale om gangen. Ved bruk av større skje, ville prosessen antagelig vært mer effektiv.

På flere av prøvestasjonene var det utfordrende å finne egnet sted til prøvetakingen. Det var bratte skråninger og mye avfall fra vegetasjon enkelte steder i vannkanten. Antagelig ville det vært bedre dersom det ble benyttet en skje med et lenger skaft, slik at prøvene kunne blitt tatt lenger ut i elven, eller i kanten ved de bratte skråningene.

5.3.3 Bruk av terskelverdier

For at kvaliteten til elven skal klassifiseres som kjemisk ikke god, er det nok at én av parameterne overskrider EQS (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 187). Elven kan klassifiseres til å være kjemisk ikke god, dersom én av miljøgiftene er rett over terskelverdien. Det vil den også være dersom alle målingene ligger langt over terskelverdiene. Elven klassifiseres som kjemisk god hvis en eller flere av målingene ligger rett under terskelverdiene.

Klassifiseringen av elven gjøres på bakgrunn av representative parametere (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 187). Det betyr at tilstanden til elven blir bestemt ved hjelp av operasjonalisering, ved at konsentrasjonen til utvalgte miljøgifter kan indikere om den kjemiske tilstanden er god eller ikke. Det er valgt ut åtte tungmetaller, 16 PAH-forbindelser, syv PCB-forbindelser og tre tinnforbindelser til kjemisk analyse i foreliggende undersøkelse. Det vil si at andre kjemiske forbindelser som ikke blir målt, kan være utslagsgivende for tilstanden.

Der det ikke er tilstrekkelig med datagrunnlag for å fastsette en grenseverdi, benyttes sikkerhetsfaktor (AF) (Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften, 2018, s. 191). Tynt datagrunnlag kan komme av stoffer det er utfordrende å finne litteratur om, detektere eller er kostbare å analysere. Terskelverdiene er satt på bakgrunn av mange ulike prøvetakinger og analyser i flere land i Europa (Bjørn Bjørnstad, 2013). De ulike aktørene som har vært med på å fastsette terskelverdiene, kan ha begrenset med midler til å utføre analysene og prøvetakingene. Det kan føre til at terskelverdiene er satt på bakgrunn av et mangelfullt datagrunnlag og av analyser med ulik kvalitet.

5.4 I en større sammenheng

5.4.1 Studie i Norge av Eirik Fjeld

I september 2021 tok Eirik Fjeld sedimentprøver ved 46 vannforekomster i Indre Oslofjord Vest, se kapittel 1.1.1. I tabell 28 sammenlignes resultatene for tungmetaller fra denne oppgaven med studien utført av Fjeld. Det sammenlignes median-, minimum- og maksimumsverdi fra resultatene. For flere av tungmetallene ligger medianverdien for resultatene fra Hæraelva under halvparten av medianverdien fra Fjeld sin rapport. Minimumsverdiene er ganske like, mens maksimumsverdiene i Fjeld sin rapport er betraktelig høyere, hvor fem av åtte tungmetaller tilfaller klasse III.

Ifølge tabell 30 er det i Fjeld sin rapport PAH-forbindelsene som bidrar til flest overskridelser av EQS. Han hadde totalt 97 overskridelser av EQS i de 46 vannforekomstene. Det er betydelig flere enn i Hæraelva, hvor det ikke var noen overskridelser.

Av de 46 vannforekomstene Fjeld undersøkte, var det 31 som oversteg EQS. Til sammenligning var det ingen av prøvestasjonene i denne oppgaven som oversteg EQS.

5.4.2 Kartlegging av miljøgifter i tre bekker i Fredrikstad

Ved kartleggingen av miljøgifter i tre bekker i Fredrikstad kommune ble det analysert samme parametere som i denne oppgaven, og metoden for prøvetakingen var lik. Den eneste forskjellen er at til denne oppgaven ble det tatt blandprøver på syv prøvestasjoner i én elv, mens i oppgaven om bekker i Fredrikstad ble det tatt én blandprøve fra hver av de tre bekkene.

I tabell 29 sammenlignes resultatene for tungmetaller fra denne oppgaven med fjorårets bacheloroppgave. Det sammenlignes median-, minimum- og maksimumsverdi fra resultatene. I bekkene i Fredrikstad var det jevnt over høyere konsentrasjoner av tungmetaller enn i Hæraelva. For de fleste tungmetallene var maksimumsverdien fra Hæraelva omtrent lik lavest målte konsentrasjon bekkene i Fredrikstad. I

Oldenborgbekken i Fredrikstad var det konsentrasjonen av sink som overskred EQS. Utover dette var det ingen andre overskridelser for tungmetaller, PAH- eller PCB-forbindelser i bekkene i Fredrikstad. Det var ingen overskridelser i Hæraelva.

5.4.3 Studie av tungmetaller i 47 elver i Polen

I 2017 ble det gjort kjemisk undersøkelse av 47 elver i Polen. Noen av elvene var også lokalisert i nabolandene Slovakia, Tsjekkia og Tyskland. Lokalitetene representerer regioner med variert klima og hydrologisk regime, topografi og landdekke, og menneskelig aktivitet i form av industri og jordbruk. Sedimentprøvene ble tatt fra 5 cm sedimentdybde, fra et 50 meters område i elven. Prøvene ble analysert for kadmium, krom, kobber, nikkel, bly og sink (Sojka & Jaskuła, 2022).

I studien kom det frem at det i 1/3 av elvene ble funnet konsentrasjoner over de forventede bakgrunnsnivåene. For 2/3 av elvene ble det kun påvist konsentrasjoner i bakgrunnsnivå. De høyeste konsentrasjonene for krom, nikkel, kobber, sink, kadmium og bly var på 113, 50,8, 84,3, 414, 1,670 og 255 mg/kg (Sojka & Jaskuła, 2022). I denne oppgaven var konsentrasjonene for de samme tungmetallene på 17, 17, 11, 62, 0,24, og 8,2 mg/kg TS. Sammenlignet med resultatene fra studien i Polen er konsentrasjonene i denne oppgaven lave.

5.4.4 Studie av tungmetaller i elven Korotoya, Bangladesh

I en studie utført i elven Korotoya nord i Bangladesh ble det innsamlet totalt 80 vann og sedimentprøver i løpet av sommer- og vintersesongen 2014. Sedimentprøvene ble tatt fra en dybde på 0–5 cm ved hjelp av en grabb. Prøvene ble analysert for tungmetallene krom, nikkel, kobber, arsen, kadmium og bly. Det kom fram i studien at konsentrasjoner av krom, arsen, kadmium og bly var høyere enn den anbefalte grensen. Sedimentene i studien var betydelig forurensset av kadmium og bly. Gjennomsnittlig konsentrasjon for kadmium var på 2,8 mg/kg TS. Gjennomsnittskonsentrasjonen for bly var på 63 mg/kg TS, som er tre ganger høyere enn det anbefalte nivået. I tillegg ble det påvist krom på 118 mg/kg TS og arsen på 27 mg/kg TS. Dette tyder på at elven var forurensset av

tungmetaller, og det forårsaket en negativ effekt på elveøkosystemet. Forurensingen kom sannsynligvis fra forsøpling fra byområdet og tekstil industrien, samt kloakk og avrenning fra jordbruk. (Islam et al., 2014).

Den høyeste påviste tungmetallkonsentrasjonen for krom, kobber, arsen, nikkel, bly og kadmium var 183, 118, 52, 163, 83 og 2,8 mg/kg TS (Islam et al., 2014).

Konsentrasjonene gjelder resultater fra vintersesongen og er presentert ettersom det tilsvarer forholdene til undersøkelsene gjort i denne oppgaven. Konsentrasjonene er høye sammenlignet med resultatene fra Hæraelva. Den høyeste konsentrasjonen for de omtalte tungmetallene i denne oppgaven er 17, 11, 2,9, 17, 8,2 og 0,24 mg/kg TS.

6 Konklusjon og refleksjon

6.1 Konklusjon

Konsentrasjonene av alle undersøkte tungmetaller fra samtlige prøvestasjoner er innenfor tilstandsklasse I, med unntak av konsentrasjonen for kadmium på prøvestasjon 5, som faller under tilstandsklasse II. Ved tre av prøvestasjonene ble det totalt observert fire konsentrasjoner av PAH-forbindelser. De fire konsentrasjonene ligger innenfor klasse I eller II. Det ble ikke detektert noen konsentrasjoner over nedre kvantifiseringsgrense for PCB. For tinnforbindelsene ble det observert én konsentrasjon over nedre kvantifiseringsgrense for DBT.

Konsentrasjonene av de kjemiske forbindelsene undersøkt i denne oppgaven faller innenfor tilstandsklasse I eller II. Tilstandsklassene er under EQS, og indikerer god kjemisk tilstand. Øvre grense i klasse I er satt til bakgrunnsnivået for naturlig forekomst. Dette tyder på at det er lite menneskeskapt forurensing i sedimenter langs Hæraelva.

Ved alle prøvestasjonene ble sedimentets kjemiske tilstand klassifisert som god, se tabell 31.

Tabell 31: Kjemisk tilstand for de syv prøvestasjonene langs Hæraelva.

Prøvestasjon	Kjemisk tilstand
1, Hæra utløp	GOD
2, Garsegg	GOD
3, Narvestad	GOD
4a, nedstrøms Mysen renseanlegg	GOD
4b, oppstrøms Mysen renseanlegg	GOD
5, Birkelunden	GOD
6, nedstrøms Rustadfoss	GOD

6.2 Refleksjon og videre arbeid

Kjemisk analyse av sediment er kostbart. Dersom det hadde vært et større budsjett, hadde det vært mulig å analysere flere miljøgifter og ta flere prøver enn det ble gjort i

denne oppgaven. Da hadde det vært mulig å undersøke en større del av elven for et større utvalg av miljøgifter. Det ville også gitt et større tallmateriale for statistisk analyse med større utsagnskraft.

I klassifiseringsveilederen kommer det frem at biota er foretrukket matriks for noen av analyseparameterne. Det ville derfor vært en fordel å analysere disse parameterne i for eksempel fisk. Vannområde Glomma Sør har tatt prøver av biota i Hæraelva, men da resultatene ikke foreligger før etter bachelorperioden, er de ikke inkludert i denne oppgaven.

Prøvene i forbindelse med denne oppgaven ble tatt på våren. Hadde det vært mulig, ville det vært mer gunstig å ta prøvene på sensommeren eller høsten, ettersom vannstanden er lavere. Det vil da være lettere å komme til sedimentene, samt være mer sedimentavsetning.

I denne oppgaven ble Prøvestasjon 6 benyttet som referansestasjon. Denne prøvestasjonen ligger innenfor antatt forurensset område. Ved senere prøvetaking bør det benyttes en referansestasjon utenfor forurensset område, for eksempel ved Stiklatjernet.

Referanseliste

- Analyse-it. (2022a, juli 21). *Biplot > Principal component analysis (PCA) > Statistical Reference Guide | Analyse-it® 6.10 documentation*. <https://analyse-it.com/docs/user-guide/multivariate/biplot>
- Analyse-it. (2022b, juli 21). *Correlation and association > Statistical Reference Guide | Analyse-it® 6.10 documentation*. <https://analyse-it.com/docs/user-guide/multivariate/correlation>
- Arbeidsmiljøloven §2-2. (2023). *§2-2 Arbeidsgivers plikter ovenfor andre enn egne arbeidstakere*. Lovdata. https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-06-17-62/KAPITTEL_3#%C2%A72a-1
- Arp, H. P., Ruus, A., Macken, A., & Lillicrap, A. (2014). *Kvalitetssikring av miljøkvalitetsstandarder* (Nr. M241). <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M241/M241.pdf>
- Batley, G. E., & Simpson, S. L. (2016). *Sediment sampling, sample preparation and general analysis*. <https://publications.csiro.au/rpr/download?pid=csiro:EP149393&dsid=DS3>
- Bjøringsøy, S. (2010). *Hæravassdraget. Tilstandsanalyse og fremtidig utvikling*. <https://docplayer.me/1353903-Haeravassdraget-tilstandsanalyse-og-fremtidig-utvikling-diskusjonsgrunnlag-planlegger-kjell-harry-olaussen.html>
- Bjørn Bjørnstad. (2013). *Utkast til Bakgrunnsdokument for utarbeidelse av miljøkvalitetsstandarder og klassifisering av miljøgifter i vann, sediment og biota* (TA-3001/2012; s. 105). klima- og forurensningsdirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/3001/ta3001.pdf>
- Blott, S. J., & Pye, K. (2012). Particle size scales and classification of sediment types based on particle size distributions: Review and recommended procedures. *Sedimentology*, 59(7), 2071–2096. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.2012.01335.x>
- Bryhni, I., & Røthe, T. O. (2022). Erosjon. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/erosjon>
- Bøen, A., & Paulsrud, B. (2012). *Veileder for prøvetaking av slam, kompost og andre avfallsbaserte gjødselvarer* (s. 22). Mattilsynet. https://www.mattilsynet.no/om_mattilsynet/gjeldende_regelverk/veiledere/veileder_for_provetaking_av_slam_kompost_og_andre_avfallsbaserte_gjodselvarer.42304/binary/Veileder%20for%20pr%C3%B8vetaking%20av%20slam,%20kompost%20og%20andre%20avfallsbaserte%20gj%C3%B8dselvarer
- Chapman, L. (2017, desember 31). *Principal Component Analysis with Python*. District Insights. <https://medium.com/district-data-labs/principal-component-analysis-with-python-4962cd026465>
- Cole-parmer. (2019, mars 28). *Tanks—Resin Selection Guide from Cole-Parmer*. Tanks—Resin Selection Guide. <https://www.coleparmer.com/tech-article/tanks-resin-selection-guide>
- Colman, J. E., Rannestad, O. T., Ryvarden, L., Gregersen, F., Flydal, K., Meland, V., & Snilberg, P. (2016). *Kantsoneplan for strekninger av Lekumelva i Eidsberg og Dørja i Rakkestad* (Nr. 2016-03–03; s. 36). https://glomma-sor.no/wp-content/uploads/2016/09/Kantsoneplan-Eidsberg-og-Rakkestad_Del-2.pdf

- Direktoratsgruppen for gjennomføringen av vannforskriften. (2018). *Klassifiseringsveileder 02:2018 Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver.* (Veileder; klassifisering 02:2018).
<https://www.miljodirektoratet.no/sharepoint/downloaditem?id=01FM3LD2XIOCPDWUTR5BEJTBA7CONL52GL>
- Eurofins. (u.å.). *Hva er måleusikkerhet?* Eurofins Scientific. Hentet 3. mai 2023, fra <https://www.eurofins.no/om-oss/kvalitet/maaleusikkerhet/>
- Eurofins Environment. (u.å.). *Eurofins—Analysekatalog.* Hentet 11. april 2023, fra <https://analysekatalog.eurofins.no/Search/SearchView/?mg=14nCC0ZmZZ6l3ZZk0Z81jC0Zi0Z6h30ZgZ81fCZeZ6d360c0C1bC4a46&sg=14nCZZm0Z26l3ZZk0Z81jC0Zi0Z6h30ZgZ81fCZeZ6d360c0C1bC4a46>
- Fjeld, E. (2022). *Kjemisk prøvetaking, analyse og klassifisering av 46 vannforekomster i vannområdet Indre Oslofjord Vest—2021* (Nr. R4-2022; s. 33).
https://www.fjeldogvann.no/resources/Fjeld_Reports/IOV-Rapport-v2-3.pdf
- Forskrift om naturreservat, Eidsberg. (1981). *Forskrift om fredning for Lekum naturreservat, Eidsberg kommune, Østfold* (FOR-1981-12-11-4725). Lovdata.
<https://lovdata.no/forskrift/1981-12-11-4725>
- Gjessing, E. (1980). Organiske forurensninger i vann. *Niva*. https://vannforeningen.no/wp-content/uploads/2015/06/1980_32103.pdf
- Glitre-vannverket. (u.å.). *Hva er et nedbørfelt?* Glitrevannverket. Hentet 4. april 2023, fra <https://www.glitre.no/nyheter/sporsmal/hva-er-et-nedborfelt/>
- Hagen, S. (2018). *Undersøkelse av forurensing og spredning av miljø- og helsefarlige stoffer langs høytrafikkert vei* [Mastergradsavhandling, Norges miljø- og biovitenskapelige universitet]. NMBU. <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/2504911>
- Heiri, O., Lotter, A., & Lemcke, G. (2001). Loss on Ignition as a Method for Estimating Organic and Carbonate Content in Sediments: Reproducibility and Comparability of Results. *Journal of Paleolimnology*, 25.
<https://doi.org/10.1023/A:1008119611481>
- Hovind, H., & Paulsrud, B. (1983). *Sammenligning og tilpasning av metoder: TOC ved utslippskontroll av organisk stoff fra kommunale renseanlegg* (Nr. 0-81012–01). Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/203429>
- Husøy, T., Knutsen, H. K., Haug, L. S., & Lindeman, B. (2018, mai 11). *Miljøgifter og helse*. Folkehelseinstituttet. <https://www.fhi.no/nettpub/hin/miljo/miljogifter/>
- Indre Østfold kommune. (2021, februar 11). *Kommunedelplan for vann og avløp 2023-2034—Indre Østfold kommune*. io.kommune.no.
<https://www.io.kommune.no/aktuelt/kommunedelplan-for-vann-og-avlop-2023-2034.13508.aspx>
- Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo. (2015, mai 6). *Tungmetaller—Institutt for biovitenskap*.
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/t/tungmetaller.html>
- Institutt for biovitenskap, Universitetet i Oslo. (2022, februar 18). *Bioakkumulering*. Universitetet i Oslo, Institutt for biovitenskap.

- <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/b/bioakkumulering.html>
- Islam, S., Ahmed, K., Raknuzzaman, M., Al-Mamun, H., & Kamrul Islam, M. (2014). *Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country* | Elsevier Enhanced Reader. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-a). *Arsen—Periodesystemet*. Hentet 20. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/arsen/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-b). *Bly—Periodesystemet*. Hentet 20. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/bly/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-c). *Kadmium—Periodesystemet*. Hentet 20. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/kadmium/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-d). *Kobber—Periodesystemet*. Hentet 20. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/kobber/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-e). *Krom—Periodesystemet*. Hentet 22. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/krom/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-f). *Kvikksølv—Periodesystemet*. Hentet 23. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/kvikksolv/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-g). *Nikkel—Periodesystemet*. Hentet 23. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/nikkel/index.html>
- Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo. (u.å.-h). *Sink—Periodesystemet*. Hentet 23. mars 2023, fra <https://www.periodesystemet.no/grunnstoffer/sink/index.html>
- Klima- og forurensningsdirektoratet. (2010). *Retningslinjer for sjødeponier*. 5.
- Koht-Norbye, H. (1993). Fra vannhjul til avansert teknologi: Sagbruk i Eidsberg gjennom 400 år. I *Norbok*. Eidsberg historielag. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2013071908127
- Kolbeinsen, L. (2022). Søderbergelektroden. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/s%C3%B8derbergelektroden>
- Kroglund, T., Tveiten, L. A., & Håvardstun, J. (2014). *Vikkilen 2014. Kartlegging av biotoper og innhold av miljøgifter i sedimenter i sjøområdene grunnere enn 5 meters dyp*. Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/223672>
- Lausund, S., & Kjølbi, E. (2018, oktober 12). *Korrelasjonskoeffisient—MedTekipedia—NTNU Wiki*. <https://www.ntnu.no/wiki/pages/viewpage.action?pageId=124059726>
- Mattilsynet. (2011, januar 13). *Arsen* [Text]. https://www.matportalen.no/uonskedestoffer_i_mat/tema/miljogifter/arsen
- Mattilsynet. (2022, april 25). *Risikovurdering av tungmetaller og arsen i gjødselvarer og jord* | Mattilsynet. https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/gjodsel_jord_og_dyrkingsmedier/organisk_gjodsel_jordforbedringsmidler_og_dyrkningsmedier/risikovurdering_av__tungmetaller_og_arsen_i_gjodselvarer_og_jord.46625
- Mcleod, S. (2023, mai 18). *Correlation Definitions, Examples & Interpretation—Simply Psychology*. <https://www.simplypsychology.org/correlation.html>

- Meteorologisk institutt & NRK. (u.å.). *Historiske værdata for Mysen som graf—Siste 30 dager*. Yr. Hentet 11. april 2023, fra <https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-62110/Norge/Viken/Indre Østfold/Mysen?q=siste-30-dager>
- Miljødirektoratet. (u.å.). *Den norske prioritetslista for kjemikalier—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. Hentet 19. mars 2023, fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/prioritetslista/>
- Miljødirektoratet. (2015a). *Veileder for håndtering av sediment- revidert 25.mai 2018*. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m350/m350.pdf>
- Miljødirektoratet. (2015b). *Veileder for håndtering av sediment- revidert 25.mai 2018 (M–30)*. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m350/m350.pdf>
- Miljødirektoratet. (2020). *Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020 (Veileder M–608)*. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M608/M608.pdf>
- Miljødirektoratet. (2022a, juli 27). *Polyklorerte bifenyler (PCB)*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/polyklorerte-bifenyler-pcb/>
- Miljødirektoratet. (2022b, september 1). *Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/polysykliske-aromatiske-hydrokarboner-pah/>
- Miljødirektoratet. (2022c, september 16). *Kadmium og kadmiumforbindelser*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/kadmium-og-kadmiumforbindelser/>
- Miljødirektoratet. (2022d, oktober 3). *TBT og andre organiske tinnforbindelser*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/tbt-og-andre-organiske-tinnforbindelser/>
- Miljødirektoratet. (2022e, oktober 6). *Krom og kromforbindelser*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/krom-og-kromforbindelser/>
- Miljødirektoratet. (2022f, oktober 12). *Kvikksølv og kvikksølvforbindelser*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/kvikksolv-og-kvikksolvforbindelser/>
- Miljødirektoratet. (2022g, desember 20). *Sikkerhetsdatablad—Miljødirektoratet*. Miljødirektoratet/Norwegian Environment Agency. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/kjemikalier/reach/sikkerhetsdatablad/>
- Miljødirektoratet. (2023a, februar 15). *Miljøgifter*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/>
- Miljødirektoratet. (2023b, februar 15). *Om prioriterte miljøgifter i Norge*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/om-prioriterte-miljogifter/>
- Miljødirektoratet. (2023c, februar 20). *Bly og blyforbindelser*. Miljøstatus. <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter/bly-og-blyforbindelser/>
- Mitchell, J. (2017, oktober 1). *304 Stainless Steel Properties—EngineeringClicks*. <https://www.engineeringclicks.com/304-stainless-steel-properties/>

- Mysen. (2018, november 12). *Ramstad Næringspark—Mysen*.
<https://www.mysen.no/handel-og-naering/ramstad-naeringspark/>
- Mysenelvas Venner. (u.å.). *Mysenelvas Venner – Offisiell Mysenelva side*. Hentet 28. mars 2023, fra <https://www.mysenelva.no/>
- Nesse, N. (2017). Tørrstoff. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/t%C3%B8rrstoff>
- Ngo, L. (2018, juni 18). *How to read PCA biplots and scree plots*. BioTuring.
<https://blog.bioturing.com/2018/06/18/how-to-read-pca-biplots-and-scree-plots/>
- Norske utslipp, miljødirektoratet. (u.å.-a). *Nikkel (Ni)*. [norskeutslipp.no](https://www.norskeutslipp.no). Hentet 23. mars 2023, fra
<https://www.norskeutslipp.no/no/Komponenter/Utslipp/Nikkel/?ComponentType=utslipp&ComponentPageID=80&SectorID=100>
- Norske utslipp, miljødirektoratet. (u.å.-b). *Sink (Zn)*. [norskeutslipp.no](https://www.norskeutslipp.no). Hentet 23. mars 2023, fra
<https://www.norskeutslipp.no/no/Komponenter/Utslipp/Sink/?ComponentType=utslipp&ComponentPageID=75&SectorID=300>
- NVE. (u.å.-a). *Hæra v/Løkkeborg / Sildre*. Hentet 12. mai 2023, fra
https://sildre.nve.no/station/2.1036.0?2.1036.0_tab=1&2.1036.0.1001_period=custom&2.1036.0.1001_res=0&2.1036.0.1001_to=2023-04-18&2.1036.0.1001_from=2022-04-18&2.1036.0.1001_decimals=3&2.1036.0.1000_period=custom&2.1036.0.1000_res=0&2.1036.0.1000_to=2023-04-18&2.1036.0.1000_from=2022-04-18&2.1036.0.1000_decimals=3
- NVE. (u.å.-b). *NEVINA*. NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse. Hentet 31. mars 2023, fra <https://nevina.nve.no/>
- NVE. (u.å.-c). *NVE Temakart* [Map]. Hentet 12. april 2023, fra
<https://temakart.nve.no/tema/elvenett>
- NVE. (2022a, juni 24). *Erosjonsprosesser*. <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/erosjon-og-sedimenttransport/erosjonsprosesser/>
- NVE. (2022b, juni 24). *Sedimentkilder og sedimentbudsjett*. NVE.
<https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/erosjon-og-sedimenttransport/sedimentkilder-og-sedimentbudsjett/>
- NVE. (2022c, juni 24). *Sedimenttransport*. NVE. <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/erosjon-og-sedimenttransport/sedimenttransport/>
- Ore, S., & Stori, A. (2023). Polyetylen. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/polyetylen>
- Pripp, A. H. (2018). Pearsons eller Spearmans korrelasjonskoeffisienter. *Tidsskrift for Den norske legeforening*. <https://tidsskriftet.no/2018/05/medisin-og-tall/pearsons-eller-spearmans-korrelasjonskoeffisienter>
- Rygg, B. (1995). *Vanlige konsentrasjoner av organisk karbon (TOC) i sedimenter i norske fjorder og kystfarvann* (LNR 3364-95). https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/208580/3364_72dpi.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rüther, D. C., & Henriksen, M. (2023). Sediment. I *Store norske leksikon*.
<https://snl.no/sediment>
- Sandefjord kommune, Teknisk Etat. (2015). *Kostnads- og usikkerhetsanalyse for tiltak i forurensede sedimenter i Sandefjordsfjorden* (Nr. 2015–1161, Rev. 1; s. 81).
<https://www.sandefjord.kommune.no/globalassets/teknisk/teknisk->

- dokumenter/klima-og-miljo/rapporter-sandefjordsfjorden/2015-dnv-gl-sandefjordsfjorden-kostnads-og-usikkerhetsanalyse.pdf
- Scientific American. (2001, mars 12). *Why doesn't stainless steel rust?* Scientific American. <https://www.scientificamerican.com/article/why-doesnt-stainless-steel/>
- Shelton, L. R., & Capel, P. D. (1994). *Guidelines for collecting and processing samples of stream bed sediment for analysis of trace elements and organic contaminants for the national water-quality assessment program* (Nr. 94–458). <https://pubs.usgs.gov/of/1994/0458/report.pdf>
- Småkraft. (u.å.). *Lekum kraftverk*. Småkraft. Hentet 6. april 2023, fra <https://smaakraft.no/lekum-kraftverk/>
- Sojka, M., & Jaskuła, J. (2022). Heavy Metals in River Sediments: Contamination, Toxicity, and Source Identification—A Case Study from Poland. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(17), 10502. <https://doi.org/10.3390/ijerph191710502>
- Statens forurensningstilsyn. (2008). *Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. 12.
- Sæther, V., Lande, E., Hetty Sletsjø, P., & Aune Grosås, A. (2022). *Kartlegging av miljøgifter i tre bekker i Fredrikstad kommune* [Bacheloroppgave, Høgskolen i Østfold]. Høgskolen i Østfold.
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *EXS*, 101, 133–164. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
- Tvinnereim, A. B. (2021). *Regional vannforvaltningsplan 2022-2027*. <https://www.vannportalen.no/sharepoint/downloaditem?id=01FM3LD2R24KEYGD5L3NCJYNYGEAWUZV6I>
- Vannforskriften. (2007). *Forskrift om rammer for vannforvaltningen—Lovdata* (FOR-2006-12-15-1446). Lovdata. <https://lovdata.no/forskrift/2006-12-15-1446>
- Vann-nett. (u.å.). *VannNett-Portal*. Hentet 13. april 2023, fra <https://vann-nett.no/portal/#/waterbody/002-699-R>
- Vannområde Glomma Sør. (2022). *Rakkestadelva*. Vannområde Glomma Sør. https://glomma-sor.no/wp-content/uploads/2022/11/Glomma_sor-Rakkestad.pdf
- Walday, M., & Tveiten, L. (2003). Overvåking av det marine miljø utenfor gassterminalen på Kårstø. Effekter av organotinn (TBT) på purpursnegl (*Nucella lapillus*) i 2002. I 24. Norsk institutt for vannforskning. <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/handle/11250/211964>

Vedlegg

Vedlegg I: Estimering av måleusikkerhet for kjemiske analyser

Vedlegg II: Sikker Jobb-analyse (SJA)

Vedlegg III: Sjekkliste for prøvetaking

Vedlegg IV: Analyserapport, prøvestasjon 1 Hæra utløp

Vedlegg V: Analyserapport, prøvestasjon 2 Garsegg

Vedlegg VI: Analyserapport, prøvestasjon 3 Narvestad

Vedlegg VII: Analyserapport, prøvestasjon 4a nedstrøms

Vedlegg VIII: Analyserapport, prøvestasjon 4b oppstrøms

Vedlegg IX: Analyserapport, Prøvestasjon 5

Vedlegg X: Analyserapport, prøvestasjon 6 nedstrøms Rustadfoss

Vedlegg XI: Fremgangsmåte Analyse-It

Vedlegg I: Estimering av måleusikkerhet for kjemiske analyser

4) Estimering av måleusikkerhet for kjemiske analyser

4. 1) Presisjon

Som et mål på analysens presisjon, beregnes relativt standardavvik (RSD) på kontrollprøve, internkontroll eller referanseprøve (den som er mest lik prøvematerialet er å foretrekke).

Stadnard måleusikkerheten, $u(x)$, bestemmes så ut fra følgende formel med en dekningsfaktor (k) på 2 som tilsvarer et konfidensintervall på 95% (forutsatt at relativ standardavvik ikke er oppgitt i prosent):

Usikkerhet ved x_n oppgitt med $\pm$ tallverdier er: $u(x) = k \cdot \text{RSD} \cdot x$

Enkeltresultatet (x) kan settes lik middelveiden (x_n) av for eksempel 20 enkeltmålinger og formelen blir da:

$$u(x) = k \cdot s/x_n \cdot x_n \quad \text{eller} \quad u(x) = k \cdot s$$

Når usikkerhet oppgis i $\pm$ prosentall: $u(x)\% = k \cdot s/x_n \cdot 100$

Måleusikkerhet (presisjon) estimeres som minimum ved kvantifiseringsgrensen, kontrollområdet og høyt måleområde.

Store avvik hvor laboratoriet har klarlagt årsak, tas ikke med ved vurdering av måleusikkerheten.

De vesentlige bidragene til usikkerheten skal vurderes (vurdering av kritiske trinn i analysemetoder) og beskrives.

Ved beregning av måleusikkerhet i det øvre måleområdet skal det tas hensyn til eventuell fortynning:

Test av høyt måleområde:

- Anslå en sannsynlig høy konsentrasjon som skal testes (sjekk gjerne tidligere resulater).
- Lag en syntetisk test eller spike en reell prøve med denne konsentrasjonen.
- Gjør nødvendige fortynninger tilpasset lineært område i aktuell metode.
- Kjør 10 tester over 2 eller flere dager.
- Bestem måleusikkerhet for høyt måleområde.
- Legg inn grense i lims-koden slik at verdier over øvre måleområde rapporteres som uakkreditert.

Vedlegg II: Sikker Jobb-analyse (SJA)

SIKKER JOBB-ANALYSE (SJA)				
Prosjekt navn: Miljøgifter i sedimenter ved Hæraelva	Prosjekt nr: B23BIO07	Prosjekt ansvarlig: Maria Bislingen	Møte ansvarlig: Rudi Yi Xu	Møte dato: 13.02.2023
Kort beskrivelse av aktiviteten: Uttak av sedimenter langs Hæraelven, for å se hvordan resultatene for miljøgifter er på utvalgte steder i elva. Konsentrasjonen av utvalgte miljøgifter vil kunne si noe om den kjemiske tilstanden i elva er god eller ikke god.			Aktivitet ansvarlig: Rudi Yi Xu og Hans Andreas Blom	
SJA gjennomføres på grunn av? (sett en eller flere kryss) ☐ Arbeidet som skal utføres avviker fra prosedyren eller plan. ☐ Arbeidet eller prosedyren er ny eller ukjent. ☐ Medlemmene i arbeidsgruppen har ikke jobbet sammen før. ☒ Medlemmene har ikke erfaring med utstyrene som skal brukes i arbeidet. ☐ Forutsetningene har endret (f.eks. tilgjengelig tid, rekkefølge av oppgaver, andre aktiviteter utføres i nærheten). ☐ Ulykker eller uønskede hendelser har skjedd før med denne prosedyren, forsøk eller arbeid. ☒ Annet: kjent krepsepest i området og strøm flere steder i elva.				

Elementer i oppgaven eller arbeid er vi bekymret for?	Hva kan gå galt? (Farer)	Har vi kontroll på faren?			Tiltak	Ansvarlig
		Ja	Delvis	Nei		
Smitte	Kontaminering av krepsepest og diverse smitte fra et prøvetakingspunkt til et annet eller til prøvetakerne.		X		Bruke hansker, desinfisere med virkon og antibac	Studentene
Falle i elva	Drukne, skade seg, ødelegge prøveutstyret	X			Bruke redningsvest og tau, de som kan svømme tar prøvene	Studentene

Side 1 av 3

Elementer i oppgaven eller arbeid er vi bekymret for?	Hva kan gå galt? (Farer)	Har vi kontroll på faren?			Tiltak	Ansvarlig
		Ja	Delvis	Nei		
Bilkjøring	Ulykke			X	Ha god tid, undersøke kjøreforhold, planlegge parkeringspunktene	
Værforhold	Glatte steiner, dårlige værforhold som kan påvirke prøvetaking	X			Sjekk nedbørsfelt og værvarsel, bruk klær etter værforholdene	
Vannstand	Vanskelig og ikke ideell prøvetaking	X			Sjekk NVE sine sider	
Arbeid på jordene	Forurensing av prøvestedene			X	Følg med på når det kan starte og kontakte bøndene som har jorder ved elva, ta bilde av prøvepunktene	
Ikke synlig	Blir ikke synlig i terrenget			X	Bruke refleksvest	
Prøvene blir ødelagt under transport	Prøvene lagres i glassflasker		X		Prøvene pakkes i bobleplast eller likende.	

Side 2 av 3

Deltagere på analysen og underskrift

Rolle	Navn (I BLOKKBOKSTAVER)	Dato/signatur
Deltagere	NORA HAMZAOU	1/03-23 Nora H.
Deltagere	RONJA RÅNENARR	1/03-23 Ronja R.
Deltagere	ANNA EMILIE LØF	1/03-23 Anna E. Løf
Deltagere	RUDI YI XU	Rudi Y. Xu

Sikker jobbanalysen er lest (underskrift fra arbeidstakere utfører eller er påvirket av arbeidet)

Dato/signatur	Dato/signatur
1/03-23 Nora H.	
1/03-23 Ronja R.	
1/03-23 Anna E. Løf	
6/3-23 Rudi Y. Xu	

Vedlegg III: Sjekkliste for prøvetaking

Prøvepunkt 1:

Arbeidsoppgaver	Utført?
Ta med alt utstyr fra bilen - Beholder til prøvematerialet - Skje - Sil - Vekt - Veieskip - Hansker - Tau - Redningsvest - <u>Antibac</u> - Desinfeksjon (<u>Virkon</u>) - Tusj - Penn og papir - Sjøppelpose	
Finne egnet sted for prøvetaking	
Noter koordinater	
Beskriv omgivelser (skriftlig og med bilder)	
Sikre til prøvetaking (tau og redningsvest)	
Skylle prøvetakingsutstyr (nedstrøms)	
Ta prøven	
Sil prøven	
Plasser vekten på flatt underlag	
Veie prøven, husk å tarere vekten	
Noter farge, lukt og tekstur på prøven og ta bilde av prøven	
Merk prøven umiddelbart, prøvetakingspunkt, dato og vekt	
Desinfiser støvler og prøvetakingsutstyr	
Kaste hansker i søppelpose	
Desinfiser hender	
Sørg for at alt utstyr blir med til neste prøvetakingspunkt	
Pakk prøvematerialet i kjøleboks	

Vedlegg IV: Analyserapport, prøvestasjon 1 Hæra utløp



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038751-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:03

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110102	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerking:	Prøvepunkt 1	Analysestartdato:	11.04.2023		
Hæra utløp					
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørstoff	66.5	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	1.9	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	7.0	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.14	mg/kg TS	0.014	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	9.5	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	15	mg/kg TS	0.68	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.019	mg/kg TS	0.0014	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	14	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	43	mg/kg TS	3	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	0.010 mg/kg TS	0.01 30%	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	0.010 mg/kg TS		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	3.4 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	64.8 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/Imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	0.84 % C	0.1 0.169	NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	8350 mg C/kg TS	1000 1676	NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg V: Analyserapport, prøvestasjon 2 Garsegg



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038749-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:03

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110103	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerking:	Prøvepunkt 2	Analysestartdato:	11.04.2023		
	Hæra Garsegg				
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørrstoff	70.0	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	1.5	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	5.2	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.098	mg/kg TS	0.013	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	6.8	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	12	mg/kg TS	0.64	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.013	mg/kg TS	0.0013	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	11	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	33	mg/kg TS	2.9	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	nd		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	2.2 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	38.9 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	0.63 % C	0.1 0.129	NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	6270 mg C/kg TS	1000 1280	NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne

a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,

b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjöhagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg VI: Analyserapport, prøvestasjon 3 Narvestad



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038748-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:03

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110104	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerking:	Prøvepunkt 3	Analysestartdato:	11.04.2023		
	Hæra Narvestad				
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørrstoff	69.7	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	1.6	mg/kg TS	0.65	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	6.2	mg/kg TS	0.65	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.12	mg/kg TS	0.013	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	8.0	mg/kg TS	0.65	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	12	mg/kg TS	0.65	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.013	mg/kg TS	0.0013	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	12	mg/kg TS	0.65	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	34	mg/kg TS	2.9	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
< Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	nd		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	2.6 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	50.2 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	0.67 % C	0.1 0.136	NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	6700 mg C/kg TS	1000 1361	NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne

a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,

b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Vedlegg VII: Analyserapport, prøvestasjon 4a nedstrøms renseanlegg



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038747-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:02

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110105	Prøvetakingsdato:	10.04.2023			
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe			
Prøvemerking:	Prøvepunkt 4a	Analysedato:	11.04.2023			
Hæra nedstrøms RA						
Analyse		Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b)	Tørrstoff	70.7	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ						
b)	Arsen (As)	1.7	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Bly (Pb)	7.0	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Kadmium (Cd)	0.12	mg/kg TS	0.013	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Kobber (Cu)	8.4	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Krom (Cr)	12	mg/kg TS	0.64	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Kvikksølv (Hg)	0.016	mg/kg TS	0.0013	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Nikkel (Ni)	11	mg/kg TS	0.64	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b)	Sink (Zn)	35	mg/kg TS	2.8	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ						

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	0.010 mg/kg TS	0.01	30% SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	0.011 mg/kg TS	0.01	25% SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	0.021 mg/kg TS		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	2.5 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	50.0 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	0.77 % C	0.1 0.155	NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	7680 mg C/kg TS	1000 1548	NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg VIII: Analyserapport, prøvestasjon 4b oppstrøms renseanlegg



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038752-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:03

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110106	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerkning:	Prøvepunkt 4b	Analysestartdato:	11.04.2023		
	Hæra oppstrøms RA				
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørstoff	74.3	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	1.6	mg/kg TS	0.61	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	6.0	mg/kg TS	0.61	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.094	mg/kg TS	0.012	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	7.0	mg/kg TS	0.61	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	11	mg/kg TS	0.61	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.014	mg/kg TS	0.0012	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	10	mg/kg TS	0.61	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	36	mg/kg TS	2.7	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	nd		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
 For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
 Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	2.4 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	43.9 %	0.1	Internal Method 6
a)* Preptest - TBT,DTB,MBT				
a)*	Injeksjon	blank value/Imported		GC-MS/MS
a) Totalt organisk karbon (TOC)				
a)	Totalt organisk karbon	0.62 % C	0.1	0.127 NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	6230 mg C/kg TS	1000	1272 NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Otterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjötagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg IX: Analyserapport, Prøvestasjon 5 Birkelunden



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038750-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:03

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110107	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerking:	Prøvepunkt 5	Analysestartdato:	11.04.2023		
Hæra Birkelundveien					
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørrstoff	62.3	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	2.9	mg/kg TS	0.72	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	11	mg/kg TS	0.72	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.24	mg/kg TS	0.014	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	11	mg/kg TS	0.72	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	17	mg/kg TS	0.72	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.024	mg/kg TS	0.0014	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	17	mg/kg TS	0.72	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	62	mg/kg TS	3.2	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v 189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	0.014 mg/kg TS	0.01 40%	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	0.014 mg/kg TS		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
 <: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
 For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
 Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
 Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	3.3 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	3.5 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	63.7 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	1.45 % C	0.1	0.287 NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	14500 mg C/kg TS	1000	2867 NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Oterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Oterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg X: Analyserapport, prøvestasjon 6 nedstrøms Rustadfoss



Rakkestad kommune
Postboks 264
1891 RAKKESTAD
Attn: Maria Bislingen

Eurofins Environment Testing Norway
(Moss)

F. reg. NO9 651 416 18
Møllebakken 50
NO-1538 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
miljo@eurofins.no

AR-23-MM-038746-01

EUNOMO-00370758

Prøvemottak: 11.04.2023
Temperatur:
Analyseperiode: 11.04.2023 11:15 -
02.05.2023 02:02

Referanse: Sedimentanalyser Hæra

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2023-04110108	Prøvetakingsdato:	10.04.2023		
Prøvetype:	Ferskvannssedimenter	Prøvetaker:	Anna Emilie Løe		
Prøvemerking:	Prøvepunkt 6	Analysestartdato:	11.04.2023		
Hæra oppstrøms Rustadfoss					
Analyse	Resultat	Enhet	LOQ	MU	Metode
b) Tørrstoff	66.2	%	0.1	10%	SS-EN 12880:2000 mod.
b) Arsen (As) Premium LOQ					
b) Arsen (As)	2.1	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Bly (Pb)	8.2	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kadmium (Cd)	0.14	mg/kg TS	0.014	30%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kobber (Cu)	9.7	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Krom (Cr)	14	mg/kg TS	0.68	35%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Kvikksølv (Hg)	0.019	mg/kg TS	0.0014	20%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Nikkel (Ni)	14	mg/kg TS	0.68	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) Sink (Zn)	40	mg/kg TS	3	25%	SS 28311:2017mod/SS-EN ISO 17294-2:2016
b) PAH(16) Premium LOQ					

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 1 av 3

AR-001 v.189

b) Naftalen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaftylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Acenaften	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fenantren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Antracen	< 0.0046 mg/kg TS	0.0046	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Krysen/Trifenylen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[b]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[k]fluoranten	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[a]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Indeno[1,2,3-cd]pyren	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Dibenzo[a,h]antracen	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Benzo[ghi]perylene	< 0.010 mg/kg TS	0.01	SS-ISO 18287:2008, mod
b) Sum PAH(16) EPA	nd		SS-ISO 18287:2008, mod
b) PCB(7) Premium LOQ			
b) PCB 28	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 52	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 101	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 118	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 153	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 138	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) PCB 180	< 0.00050 mg/kg TS	0.0005	SS-EN 16167:2018+AC:2019
b) Sum 7 PCB	nd		SS-EN 16167:2018+AC:2019

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1, <50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.

For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

a)	Tributyltinn (TBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Tributyltinn-Sn (TBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg TS	2	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn (DBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Dibutyltinn-Sn (DBT-Sn)	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn (MBT)	<2.5 µg/kg tv	2.5	XP T 90-250
a)	Monobutyltinn kation	<2.0 µg Sn/kg tv	2	XP T 90-250
a)	Kornstørrelse <2 µm	2.9 % TS	1	Internal Method 6
a)	Kornstørrelse < 63 µm	58.7 %	0.1	Internal Method 6
a)*	Preptest - TBT,DTB,MBT			
a)*	Injeksjon	blank value/imported		GC-MS/MS
a)	Totalt organisk karbon (TOC)			
a)	Totalt organisk karbon	0.89 % C	0.1	0.178 NF EN 15936 - Méthode B
a)	Totalt organisk karbon (TOC)	8910 mg C/kg TS	1000	1783 NF EN 15936 - Méthode B

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

- a)* Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Oterswiller, F-67700, Saverne
a) Eurofins Analyses pour l'Environnement France (S1), 5, rue d'Oterswiller, F-67700, Saverne COFRAC TESTING 1-1488,
b) Eurofins Environment Sweden AB (Lidköping), Box 887, Sjölagsg. 3, SE-53119, Lidköping ISO/IEC 17025:2017 SWEDAC 1125,

Moss 02.05.2023

Kundesenter - Eurofins Environment Testing Norway AS

Tegnforklaring:

* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet
<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist. Bakteriologiske resultater angitt som <1,<50 e.l. betyr 'ikke påvist'.

Måleusikkerhet er angitt med dekningsfaktor k=2. Måleusikkerhet er ikke tatt hensyn til ved vurdering av om resultatet er utenfor grenseverdi/-området.
For mikrobiologiske analyser oppgis konfidensintervallet. Ytterligere opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).
Resultater gjelder prøven slik den ble mottatt hos laboratoriet.

Side 3 av 3

AR-001 v 189

Vedlegg XI: Fremgangsmåte Analyse-It

Fremgangsmåte Analyse-It

Ved bruk av PCA ble følgende funksjoner benyttet

1. Åpne Analyse-It
2. Overfør ønsket datasett til excel
3. Benytt halvparten av nederste kvantifiseringsgrense der det ikke er gjort funn
4. Marker en tilfeldig celle i tabellen
5. Velg «Correlation»
6. Velg «Correlation matrix»
7. Velg «Modell: multivariate»
8. Huk av for ønsket parameter: tørrstoff, arsen, bly, kadmium, kobber, krom, kvikksølv, nikkel, sink, TOC og PAH16.
9. Huk av for «Correlation matrix» og «color maps»
10. Gå på «scatter matrix», og velg modellen lengst til høyre (Scatter Plot Matrix with Density Ellipse and Histogram)
11. Skriv inn «Density Ellipse: 95%»
12. Trykk «Calculate»
13. Gå til «Prinsipal component» øverst på skjermen
14. Huk av for «Scale», «Variance», «Coefficients» og «color maps»
15. Trykk «Recalculate»
16. Velg «biplot/monoplot»
17. Velg modellen til høyre (PCA biplot)
18. Trykk «Recalculate»

For å få navn på punktene i biplotet:

1. Klikk på firkanten i biplotet som angir observasjonene
2. Høyreklikk deretter
3. En meny dukker opp. Huk av for «Formater dataetiketter»
4. Huk av for «Verdi fra celler»
5. Trykk på feltet «Merk område» og velg et område i datasettet hvor navnet/tallet for prøvene står.
6. Ikke huk av for Serienavn, X-verdi, Y-verdi, Forklaringsnøkkel
7. Etikettplassering «Høyre» (default)
8. For å få større skriftstørrelse på tallene til observasjonene, klikk på dem, velg fanen i regnearket «hjem» og øk skriftstørrelsen.