

Julie Navelsaker

Studie av sporelement i Nidelva, og om eventuell forureining kan relaterast til tidlegare og noverande drift ved St. Olavs Hospital

Masteroppgåve i kjemi
Rettleiar: Øyvind Mikkelsen
Januar 2022

Julie Navelsaker

Studie av sporelement i Nidelva, og om eventuell forureining kan relaterast til tidlegare og noverande drift ved St. Olavs Hospital



Masteroppgåve i kjemi
Rettleiar: Øyvind Mikkelsen
Januar 2022

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for kjemi

Samandrag

Denne masteroppgåva er ein studie av sporelement i Nidelva som kan knytast opp mot tidlegare og noverande drift ved St. Olavs Hospital. Det vart teke vassprøver i 10 ulike punkt langs Nidelva, på seks ulike datoar. Prøvepunkt strekk seg frå Fossegrenda, og ned til Gangbrua ved Øya Stadion i Trondheim sentrum. Prøvepunkt 1 og 2, ved Fossegrenda og Sluppen-brua, vart brukt som referansepunkt, medan punkt 5 og 6 var rett nedanfor St. Olavs Hospital. Punkt 7-10 var nedstraums St. Olavs heilt ned til Øya Stadion, og punkt 3 og 4 var oppstraums St. Olavs. Hensikta med oppgåva er å sjå på sporelement-forureininga i Nidelva, og sjå om det kan knytast til St. Olavs som utsleppskjelde.

Vassprøvene vart tekne i perioden september-november i 2021, og alle prøvene vart analyserte med ICP-MS. Standardparameter som pH, turbiditet og leiingsevne vart også målt for alle prøvene.

Det vart funne at konsentrasjonane av fleire av sporelementa auka ved store nedbørmengder. Likevel viste resultatane at der ikkje var høge konsentrasjonar for nokon av sporelementa, og at Nidelva dermed ikkje er forureina på ein slik måte at det går ut over dyreliv og miljø.

Ved statistisk berekning vart det funne at for sporelement som kan knytast til sjukehusdrift, var forskjellen mellom konsentrasjonane i referansepunkta og konsentrasjonane i punkta rundt St. Olavs ikkje signifikant forskjellige. Det vart dermed funne at førekomsten av desse elementa ikkje direkte kan knytast opp mot drift ved sjukehuset, men ha andre moglege utsleppskjelder.

Abstract

This master thesis is a study of trace elements in Nidelva that can be connected to former and present operation at St. Olavs Hospital. Water samples were collected at 10 different points on Nidelva, on six different dates. The sample points stretched from Fossegrenda and down to Gangbrua by Øya Stadium in Trondheim city centre. Sample point 1 and 2, by Leirfoss and Sluppen bridge, was used as reference points, while sample point 5 and 6 were right next to St. Olavs Hospital. Sample points 7-10 were downstream from St. Olavs all the way down to Øya Stadium and point 3 and 4 were upstream from St. Olavs. The aim of the study is to look at trace element contamination in Nidelva and see if it can be traced back to St. Olavs as a contamination source.

The water samples were taken between September and November in 2021, and all the samples were analysed by ICP-MS. Standard parameters such as pH, turbidity and conductivity were also measured in all the samples.

It was found that the concentrations of many of the trace elements increased with increasing rainfall. Yet, the results showed that the concentrations weren't high for any of the trace elements and that Nidelva is not contaminated in such a state that it affects wildlife and environment.

By statistical calculations it was found that for the trace elements that can be connected to hospital use, the difference between the concentrations in the reference points and in the points near St. Olavs was not significant. It was therefore found that the occurrence of these elements can not be directly connected to the hospital, but that there may be other contamination sources.

Forord

Denne oppgåva er skriven som avsluttande masteroppgåve for lektorutdanninga i realfag, LUR, ved institutt for kjemi på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Både prøvetaking og skriving av oppgåva føregjekk hausten 2021.

Først vil eg takke professor Øyvind Mikkelsen, rettleiaren min, som har vore til stor hjelp under denne prosessen. Eg har fått hjelp til så mykje, og kunne ikkje greidd meg utan! Hjelp til val av prøvepunkt, innføring i prøvetaking og lab.-arbeid, samt støtte og rettleiing gjennom skriveprosessen. Eg vil også takke Kyyas Seyitmuhammedov for utføring av ICP-MS-analyse.

Det har vore fem innhaldsrrike studieår med mange opp- og nedturar. Vegen til master har av og til kjentest lang og umogeleg, men eg har fått verdas beste studievenninner som har støtta meg heile vegen. Tusen takk Ingrid Gederø Torgersen, Marte Pettersen og Marita Hestnes. Studietida hadde vore bleik og kjedeleg utan dykk! Vi har hatt nokon fine år på Gløshaugen.

Trondheim, 12.12.21

Julie Navelsaker

Innhald

Innhald.....	VIII
Figurar	X
Tabellar.....	XII
Forkortingar/symbol.....	XII
Innleiing	1
1 Teori.....	2
1.1 Forureining frå sjukehusdrift.....	2
1.2 St. Olavs – drift tidlegare og no.....	4
1.3 Diffuse kjelder	5
1.4 Nidelva.....	9
1.5 Metall og sporelement	10
1.6 Vasskvalitet.....	15
1.7 ISO-rutinar	18
1.8 ICP-MS	18
1.9 Statistikk	20
1.10 PCA-analyse	22
1.11 Hypotesar	23
2 Metode	24
2.1 Prøvepunkt og prøvetaking	24
2.2 Arbeid på lab	35
3 Analyse/Resultat.....	36
3.1 Resultat – kvalitetsparameter	36
3.1.1 pH	36
3.1.2 Leiingsevne	36
3.1.3 Turbiditet.....	37
3.2 Vêrdata for prøvetakingsperioden	39
3.3 Resultat frå ICP-MS.....	39
3.3.1 Tungmetall.....	39
3.3.2 Natrium.....	41
3.3.3 Magnesium.....	43
3.3.4 Palladium	45
3.3.5 Bly	47
3.3.6 Mangan.....	48
3.3.7 Thallium	49
3.3.8 Kobolt	51

3.3.9	Antimon.....	52
3.3.10	Aluminium	53
3.3.11	Gadolinium	55
3.3.12	Platina.....	56
3.3.13	Nikkel.....	57
3.3.14	Krom	59
3.3.15	Kadmium.....	60
3.3.16	Arsenikk	61
3.3.17	Svovel.....	63
3.3.18	Kvikksølv	64
4	Diskusjon	65
4.1	Resultat frå PCA-analyse	65
4.2	Korrelasjonskurver	69
4.3	Oppsummering av resultata for metall	70
4.4	Hypotesane.....	72
5	Konklusjon/Oppsummering	73
6	Referansar	74
7	Vedlegg.....	80

Figurar

Figur 1.1 Livssyklusen til medikament i Noreg [6].....	3
Figur 1.2 Luftfoto av St. Olavs Hospital tatt i 2013 [9]	4
Figur 1.3 Bilete viser arbeid med riving av "Høyblokka" ved St. Olavs i 2011 [12]	5
Figur 1.4 Illustrasjon av ulike aktivitetar i ein by som kan påverke utslepp til jord og avløpssystemet [18]	6
Figur 1.5 Illustrasjon av ulike kjelder som forureinar overvatn [24]	6
Figur 1.6 Bilete som illustrere eit typisk scenario frå ein byggeplass [33]	8
Figur 1.7 Illustrasjonen viser ulike reiseruter for langdistanse-transport av forureining [37].....	9
Figur 1.8 Nidelvkorridoren [38]	9
Figur 1.9 Figuren viser korleis ulike metall kan påverke menneskekroppen [43].....	11
Figur 1.10 Illustrasjon av ulike platinakompleks brukt i kreftmedisin [50]	12
Figur 1.11 Figuren viser den geokjemiske syklusen til kvikksølv [53]	13
Figur 1.12 Sektordiagram som viser dei globale utsleppskjeldene til kvikksølv i 2010 [54]	14
Figur 1.13 Figuren viser komplekset gadoteridol som vert brukt i MR-kontrastvæske [42]	14
Figur 1.14 Tabellen viser tilstandsklassene for spormetall i ferskvatn ($\mu\text{g/l}$) gitt av Miljødirektoratet [62]	16
Figur 1.15 Figuren viser resultat frå overvaking av miljøgifter i Nidelva i 2001. Plassering i tilstandsklasser (basert på maksimumsverdiar) i henhold til SFT (1997) [63]	17
Figur 1.16 Figuren viser komponentane i massespektrometeret [69].....	19
Figur 1.17 Figuren viser korleis ein dråpe frå prøva blir til eit positivt ladd ion [70]	19
Figur 1.18 Figuren viser ulike typar fordeling eit datasett kan ha [72]	21
Figur 1.19 Figuren viser eit boksdiagram [75]	22
Figur 2.1 Figuren viser eit kart over Nidelva, der prøvepunktene er merka med raude prikkar (kart henta frå Google).....	25
Figur 2.2 Satellittfoto frå Google over punkt 1, der punktet er markert med ein raud prikk	26
Figur 2.3 Satellittfoto frå Google over punkt 2, punktet er markert med raud prikk. NB! Dette er gammalt, og det ser annleis ut der no.	27
Figur 2.4 Dronefoto av arbeidet ved punkt 2 (Sluppenbrua), teke august 2021 av Vegard Thorvaldsen, Statens Vegvesen [78]	27
Figur 2.5 Satellittfoto henta frå Google over punkt 3, punktet er markert med raud prikk	28
Figur 2.6 Satellittfoto henta frå Google over punkt 4, punktet er markert med raud prikk	29
Figur 2.7 Satellittfoto henta frå Google over punkt 5 og 6, punktene er markerte med raude prikkar ...	30
Figur 2.8 Satellittfoto henta frå Google over punkt 7, punktet er markert med raud prikk	31
Figur 2.9 Satellittfoto henta frå Google over punkt 8, punktet er markert med raud prikk	32
Figur 2.10 Satellittfoto henta frå Google over punkt 9, punktet er markert med raud prikk.....	33
Figur 2.11 Satellittfoto henta frå Google over punkt 10, punktet er merka med raud prikk.....	34
Figur 3.1 Figuren viser gjennomsnittleg pH for alle prøvetakingane ved dei 10 prøvepunktene	36
Figur 3.2 Figuren viser gjennomsnittleg leiingsevne for alle punktene, med standardavvik	37
Figur 3.3 Figuren viser gjennomsnittleg turbiditet med standardavvik	38
Figur 3.4 Figuren viser gjennomsnittleg turbiditet med standardavvik, utan 6. prøvetaking	38
Figur 3.5 Figuren viser summen av nedbør for prøvetakingdatoane, samt to dagar før prøvetakingane.....	39
Figur 3.6 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Na i dei 10 punktene, med standardavvik....	41
Figur 3.7 Figuren viser konsentrasjonane av Na frå alle prøvepunktene på prøvetakingdatoane.....	42
Figur 3.8 Figuren viser konsentrasjonane av Na i alle prøvepunktene på prøvetakingdatoane	42
Figur 3.9 Figuren viser boksdiagram for Na	42

Figur 3.10 Figuren viser konsentrasjonane av Mg i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	43
Figur 3.11 Figuren viser konsentrasjonane av Mg i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane, utan 4. prøvetaking.....	44
Figur 3.12 Figuren viser boksdiagram for Mg.....	44
Figur 3.13 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Mg i prøvepunkt med standardavvik	44
Figur 3.14 Figuren viser konsentrasjonane av Pd i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	45
Figur 3.15 Figuren viser konsentrasjonane av Pd i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane, utan 4. prøvetaking.....	46
Figur 3.16 Figuren viser boksdiagram for Pd.....	46
Figur 3.17 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Pd i prøvepunkt med standardavvik	46
Figur 3.18 Figuren viser konsentrasjonen av Pb i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	47
Figur 3.19 Figuren viser boksdiagram for Pb.....	47
Figur 3.20 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Pb i prøvepunkt med standardavvik	48
Figur 3.21 Figuren viser konsentrasjonane av Mn i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane.....	48
Figur 3.22 Figuren viser boksdiagram for Mn	49
Figur 3.23 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Mn i prøvepunkt med standardavvik....	49
Figur 3.24 Figuren viser konsentrasjonane av Tl i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane.....	50
Figur 3.25 Figuren viser boksdiagram for Tl	50
Figur 3.26 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Tl i prøvepunkt med standardavvik.....	50
Figur 3.27 Figuren viser konsentrasjonane av Co i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	51
Figur 3.28 Figuren viser boksdiagram for Co.....	51
Figur 3.29 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Co i prøvepunkt med standardavvik	52
Figur 3.30 Figuren viser konsentrasjonane av Sb i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane.....	52
Figur 3.31 Figuren viser boksdiagram for Sb	53
Figur 3.32 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Sb i prøvepunkt med standardavvik.....	53
Figur 3.33 Figuren viser konsentrasjonane av Al i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	54
Figur 3.34 Figuren viser boksdiagram for Al.....	54
Figur 3.35 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Al i prøvepunkt med standardavvik	54
Figur 3.36 Figuren viser konsentrasjonane av Gd i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	55
Figur 3.37 Figuren viser boksdiagram for Gd	55
Figur 3.38 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Gd i prøvepunkt med standardavvik.....	56
Figur 3.39 Figuren viser konsentrasjonane av Pt i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	56
Figur 3.40 Figuren viser boksdiagram for Pt.....	57
Figur 3.41 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Pt i prøvepunkt med standardavvik	57
Figur 3.42 Figuren viser konsentrasjonane av Ni i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	58
Figur 3.43 Figuren viser boksdiagram for Ni	58
Figur 3.44 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Ni i alle prøvepunkt med standardavvik.....	58
Figur 3.45 Figuren viser konsentrasjonane for Cr i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	59
Figur 3.46 Figuren viser boksdiagram for Cr	59
Figur 3.47 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cr i alle prøvepunkt med standardavvik.....	60
Figur 3.48 Figuren viser konsentrasjonane av Cd i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	60
Figur 3.49 Figuren viser boksdiagram for Cd.....	61
Figur 3.50 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cd i alle prøvepunkt med standardavvik.....	61
Figur 3.51 Figuren viser konsentrasjonane av As i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane.....	62
Figur 3.52 Figuren viser boksdiagram for As	62
Figur 3.53 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av As i alle prøvepunkt med standardavvik.....	62
Figur 3.54 Figuren viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane	63

Figur 3.55 Figuren viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkt, utan fjerde prøvetaking	63
Figur 3.56 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for S med standardavvik	64
Figur 4.1 Figuren viser score-plot for prøvepunkt	65
Figur 4.2 Figuren viser loadings tilhøyrande Figur 4.1	66
Figur 4.3 Figuren viser score-plot for prøvepunkt utan dei elementa som assosierast med sjøvatn .	67
Figur 4.4 Figuren viser loadings tilhøyrande Figur 4.3	67
Figur 4.5 Figuren viser eit tredje score-plot for prøvepunkt	68
Figur 4.6 Figuren viser loadings tilhøyrande Figur 4.5	68
Figur 4.7 Figuren viser korrelasjonskurve mellom Na og Mg	69
Figur 4.8 Figuren viser korrelasjon mellom Pd og S	70

Tabellar

Tabell 2.1: Namn og koordinatar for prøvepunkt.....	24
Tabell 2.2: Tabellen viser når prøvene vart samla inn. Ti prøver kvar prøvetaking.....	35
Tabell 3.1: Dei målte verdiane for turbiditet ved kvart punkt for alle prøvetakingane.....	38
Tabell 3.2: Tabellen viser verdjar for tungmetall funne ved ICP-MS. Verdiane er farga etter tilstandsklassane til Miljødirektoratet.....	40

Forkortingar/symbol

NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
MR	Magnet resonans tomografi
SFT	Statens forureiningstilsyn
ISO	International Organization for Standardization
NTU	Nefelometrisk Turbidity Unit
FHI	Folkehelseinstituttet
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy
PCA	Principal Component Analysis
TSE	Transmissible Spongiform Encephalopathy
BSE	Bovine Spongiform Encephalopathy

Innleiing

Nidelva strekkjer seg i hovudsak frå Selbusjøen og ned til utløpet i Trondheimsfjorden som ligg midt i Trondheim sentrum. Elva utgjer ein vassressurs som ligg lett tilgjengeleg for både næringsliv og rekreasjon. Det er også ei populær fiske-elv. Derfor er det svært viktig å følgje med på forureiningstilstanden i elva. Dette har Trondheim kommune gjort i ei årrekke gjennom vassovervakingsprogrammet sitt, der dei har sett på tilstand og utvikling i vasskvalitet og økologisk aktivitet. Etter store nedbørsperiodar har det vorte observert auking i termotolerate koliforme bakteriar (tarmbakteriar) nedanfor Sluppen. Dette vert assosiert med kloakkforureining frå avløpsnettet i området [1]. Tungmetall og arsen har ikkje vore teke med i desse rapportane sidan 2004.

Avløpsvatn frå sjukehus kan innehalde metallforureining, då fleire ulike medikament inneheld tungmetall og andre sporelement. Blant anna kreftmedisin, som inneheld platina. Det er også ulike metall i reingjeringsmiddel som er mykje brukt i reinhald, og til sterilisering av utstyr på sjukehus. I tillegg til dette er det metall i forskjellige diagnostiserande middel, som til dømes MR-kontrasvæske som inneheld gadolinium [2]. Alt dette kan ende opp i kloakksystemet, og slik lekke ut i Nidelva.

I ein vassressurs vil tungmetall og ulike sporelement generelt sett kunne ha ein direkte toksisk effekt på dyrelivet, dersom dei overstig visse nivå [3]. Det er derfor viktig å følgje med på nivå av tungmetall og andre sporelement i Nidelva, sidan desse utgjer moglege fare for den økologiske tilstanden i elva.

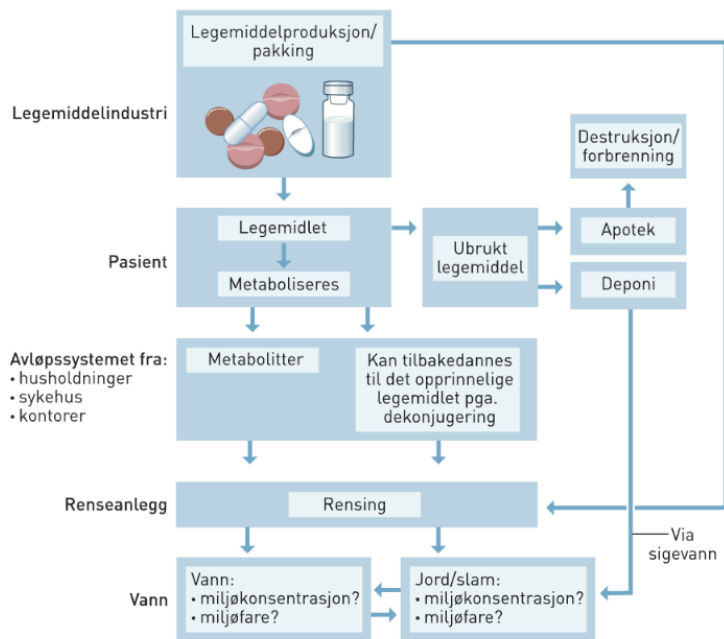
Føremålet med denne oppgåva er å studere eventuelt nærvær av utvalde tungmetall og andre relevante spormetall i Nidelva i nærleiken av St. Olavs Hospital, som moglege kan sporast tilbake til tidlegare eller noverande drift ved sjukehuset. Dette vil føregå ved å ta vassprøver oppstrøms, rundt, og nedstrøms St. Olavs Hospital, og analysere desse ved bruk av ICP-MS. Det vert også målt pH, turbiditet og leiingsevne, som er vanlege kvalitetsparameter for vatn.

1 Teori

1.1 Forureining frå sjukehusdrift

Sjukehus er storforbrukarar av legemiddel, desinfeksjonsmiddel, radionuklidar og ulike løysemiddel [4]. Forureining frå sjukehus rundt om i verda er ei reell bekymring [5], og legemidlar som hamnar i miljøet kan utrette ein særskild trussel mot liv i vatn [6]. Kor farleg det er for miljøet avhenger av kor miljøgiftig medikamentet er, og kor lett det er å bryte ned. Desinfeksjonsmiddel og konserveringsmidlar som vert mykje nytta på sjukehus, inneheld tungmetallet kvikksølv [2]. I cellegift finnes det platina, og kontrastveska brukt til MR inneheld gadolinium. Desse stoffa er ikkje-nedbrytbare og kan vere svært giftige i nokre av oksidasjonstilstandane sine [2].

Der er fleire ulike vegar som fører legemiddel ut i miljøet, som vist i Figur 1.1. Etter konsumering vil det skiljast ut gjennom urin og avføring, og slik hamne i avløpsvatnet. Nokre medikament vert metabolisert, medan andre kjem ut slik dei var [2]. Biologisk nedbryting er som regel heller unntaket enn regelen [2]. Medikamenta kan også hamne i miljøet fordi folk kastar eller tømmer dei ut i vasken eller klosettet. Dessutan vil det som vert kasta i søppla kunne sive ut i vatn frå avfallsdeponi [6]. Alt dette gjeld både for vanlege husstandar og sjukehus, men det er sjukehusa som står for størsteparten av utsleppet [2]. Det har vorte rapportert om medikament funne i både avløpsvatn og overflatevatn [7]. Figur 1.1 under viser også at nokre medikament kan metaboliserast, og deretter verte tilbakedanna til si originale form gjennom dekonjugering [6].



Figur 1.1 Livssyklusen til medikament i Noreg [6]

Eit forslag for å hindre forureininga er å reinse avløpsvatnet frå sjukehus med egne metodar, før det vert slept ut i det kommunale avløpsanlegget. Dette kan forhindre lekkasje av medikament ut i miljøet ved røyrlakkasjar eller overfløyning i avløpsanlegget [8]. Det er også gjort undersøkingar som viser at kommunale anlegg ikkje greier å reinse avløpsvatnet for medikament tilstrekkeleg, og dermed hamnar dei i miljøet på andre sida [7].

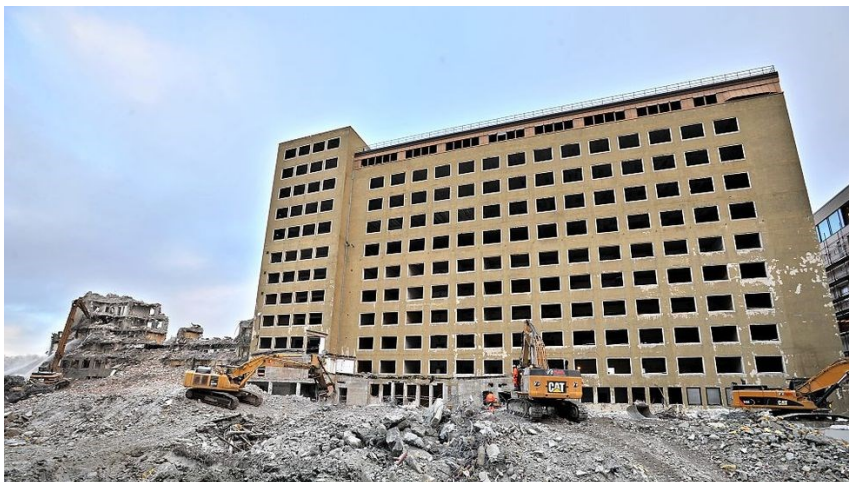
1.2 St. Olavs – drift tidlegare og no



Figur 1.2 Luftfoto av St. Olavs Hospital tatt i 2013 [9]

I 1902 stod Trondhjem Sjukehus ferdig på Øya med heile sju bygningar, og i 1925 kunne sjukehuset huse 350 pasientar [10]. I dag vert det kalla St. Olavs Hospital, og er no eit stort universitetssjukehus for heile Midt-Noreg med heile 1018 sengeplassar og over 10 000 tilsette (2019) [11]. Heile det store sjukehuset er vist frå lufta i Figur 1.2.

St. Olavs Hospital var under stor påbygging og oppussing frå 2005-2013, og Nevrosenteret, Laboratoriesenteret, Kvinne-barn-senteret, Forsyningscenteret, Gastrocenteret, Bevegelsescenteret, Akutten, Hjarte-lungesenteret og Kunnskapscenteret vart bygde [10]. I tillegg vart Høyblokka riven i 2011, som vist i Figur 1.3, og fleire av dei gamle bygga vart oppussa [10]. Som ein ser på Figur 1.2, ligg St. Olavs svært tett på Nidelva, og derfor kan det vere interessant å sjå på sjukehuset som ei potensiell forureiningskjelde.



Figur 1.3 Bilete viser arbeid med riving av "Høyblokka" ved St. Olavs i 2011 [12]

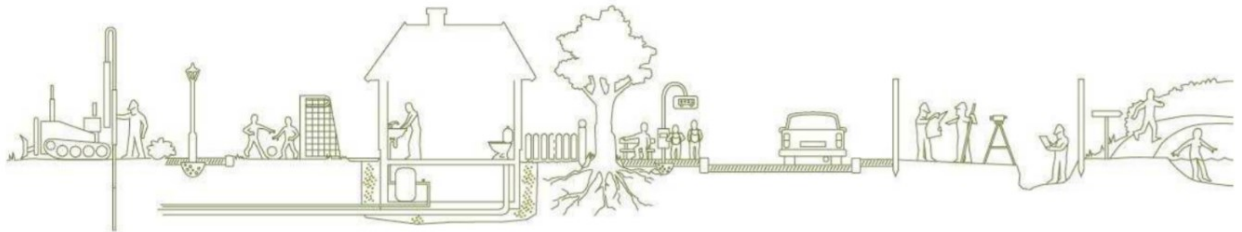
Fram til 1998 hadde St. Olavs eige krematorium. Sidan kvikksølv vart mykje brukt i amalgam før, var slike krematorium ei utsleppskjelde av kvikksølv til miljøet rundt. Sjølv om det no er ute av drift, kan framleis jorda rundt krematoriet vere forureina av kvikksølv [13]. St. Olavs hadde også sitt eige forbrenningsanlegg fram til 2004, men dette vart lagt ned då det vart funne høge utslepp av dioksin grunna feilsortering av avfallet som skulle brennast [14]. Slike forbrenningsanlegg kan også vere ei kjelde til diverse forureining i områda rundt.

St. Olavs Hospital er opptekne med å vere eit grønt og miljøvennleg sjukehus, og har fleire mål som omhandlar mindre forureining til miljøet. I Miljømåla deira heiter det «*Alle pasienter skal få riktig legemiddel til riktig tid og i riktig dose. Legemiddelet skal forårsake minst mulig skade for pasienten, for fremtidige pasienter, ansatte og for miljøet. (...)*» [15].

1.3 Diffuse kjelder

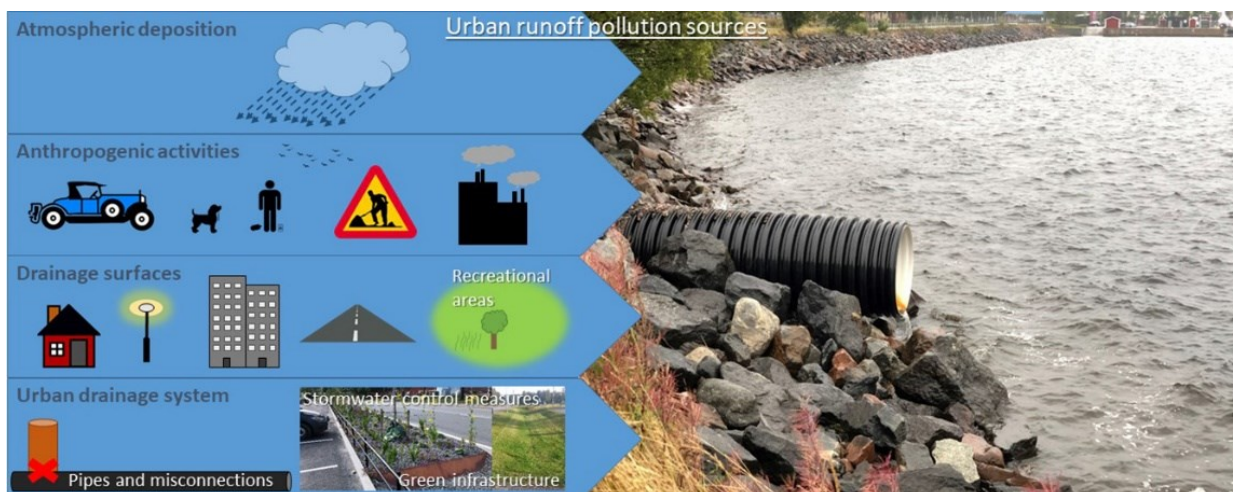
Utilsikta avrenning frå avløpsrøyr er ei viktig diffus kjelde til forureining av vassdrag. Noko som kan føre til at avløpssystem lekk, er at røter frå tre veks inn i røyra og lagar hol, eller at der oppstår glipar i skøytingane mellom røyra [16]. I nokre delar av Trondheim renn overvatn og avløpsvatn i same røyr, og ved mykje nedbør vil då fortynna avløpsvatn renne ut i vassdrag. Dette kan også skje dersom der er røyr som er feilkopla [17]. Det er konstatert at noko av avløpsvatnet forsvinn på turen til reinseanlegga i Trondheim, som følgje av utette kummar og røyr, eller feilkoplingar i separatsystemet [18]. I 2017 vart det bygt ein ny pumpestasjon og nye røyr på Øya, då det gamle røyrssystemet der ofte vart overbelasta og sendte betydelege mengder avløpsvatn ut i Nidelva [19]. Sjølv om dette er betra no, kan det enno vere igjen forureining i Nidelva frå før dette vart bygd ut. I «Hovudplan avløp og

vanmiljø» av Trondheim kommune for 2013-2024, vart det skreve at det er venta at klimaendringar og bygging vil skape utfordringar for kapasiteten til avløpssystemet [20]. Med klimaendringane er det venta stadig meir ekstrem-nedbør, som kan føre til meir forureining til vassdrag frå avløpsnettet.



Figur 1.4 Illustrasjon av ulike aktivitetar i ein by som kan påverke utslepp til jord og avløpssystemet [18]

Ei anna diffus kjelde til forureining av vassdrag er utlekking frå byjord. Ein studie gjort i Frankrike viser at nedbørsmønster har stor innverknad på kor mykje forureining jorda gjer frå seg, og at store nedbørsmengder gjer mykje utlekking [21]. Byjord er ein viktig reseptor for forureining generert både av naturlege og antropogene kjelder, og vert rekna som den viktigaste transportmekanismen for eksterne forureiningar til vassystem [22]. Som vist i Figur 1.4 kan jord innehalde forureining frå industriutslepp, søppeldynger, urbane områder, motorkøretøy og landbruk [23]. Det er framleis mykje uvisst om den kombinerte påverknaden som jordeigenskapar, nedbørsmønster og aldring av forureiningskomponentane har for korleis forureining vert eksportert frå toppjord til akvatisk miljø [21]. Dei viktigaste forureiningane som set seg i jord langs bilvegar er tungmetalla kopar, kadmium, krom, mangan, sink, bly, kobolt og nikkel [23].



Figur 1.5 Illustrasjon av ulike kjelder som forureinar overvatn [24]

Overvatn i urbane strøk kan, som vist i Figur 1.5, verte forureina av eksosutslepp, vegslitasje, bilvasking, industriell aktivitet, søppel, bygging, hagemidlar, husdyr og meir [24]. Ved store nedbørsmengder greier ikkje røyra til overvatn å ta unna alt, og det hender at overvatnet hamnar i elver, bekkar og sjø. Det har vorte rapportert at takstein av leire og betong, som er vanleg i urbane strøk, aukar pH i avrenning og korrosjon i metallstrukturar [24]. Slike takplater er ei viktig kjelde til kadmium, bly og sink i overvatn [24]. Ei kjelde til forureining som har fått merksemd dei siste åra er dumpa sigarettar i miljøet. Sigarettneipar inneheld kadmium, arsenikk, nikkel, kopar, bly og sink [25]. Ved store nedbørsmengder er det fare for at desse kan ende opp i elver og bekkar.

På trass av stadig strengare reguleringar, er byggjeplassar ei viktig kjelde til forureining av miljøet [26]. Oppussing, riving og vedlikehald av bygningar er ei viktig forureiningskjelde for bly og andre tungmetall, då det ofte var å finne i måling tidlegare [27]. I 2006 kom NGU med ei rapport der dei råda til meir fokus på hindring av forureining relatert til nettopp dette [27]. Dei fann nemleg at mykje av forureininga i overflater i Trondheim skuldast bygging og vedlikehald av bygningar. I nærleiken av byggjeplassar er det svært sannsynleg at områda rundt vert forureina frå bygginga, og særleg når det er store prosjekt som tek mykje tid [28].

Bygging er faktisk rekna som ein av dei største kjeldene til forureining i verda [29]. Eit vanleg problem er at store områder vert rydda, slik at maskinene lettare kan kome til, og så oppstår erosjon når det kjem regn [30]. Dette fører vidare til flytting av sediment til vatn.

Byggjeplassar slepp også ut forureining i form av eksos frå maskiner, støv, avfall frå byggeprosessen, bråk, vibrasjonar i bakken og farlege utslepp og lukt [31]. Under rivinga av «Høyblokka» ved St. Olavs i 2011 skreiv Adressa om tre personar som hadde fått lungebetennelse, mest truleg som følgje av arbeidet [12]. Byggjeplassar får også ofte skulda for vassforureining på staden [32]. Dette kan til dømes kome av vasking av utstyr, betong- eller sementoverflater, der det forureina vaskevattnet finn vegen ut i vasskjelder i nærleiken. Figur 1.6 viser eit typisk scenario frå ein byggjeplass som forureinar.

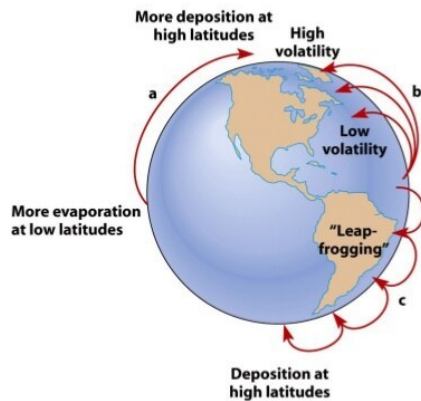


Figur 1.6 Bilete som illustrere eit typisk scenario frå ein byggjeplass [33]

Langtransport er ei anna kjelde til metallforureining. Marx og McGowan meiner langtransport er ei viktig kjelde til slik forureining i urbane strøk, sjølv om det kanskje vert maskert av lokale utslepp [34]. NILU skreiv i 2003 ein rapport som sa at Noreg får tilført eit betydeleg bidrag med bly frå Storbritannia, Polen og Tyskland, samt andre land i Europa [35]. Bly er giftig både akutt og kronisk, og kan føre til fosterskadar og nedsett forplantingsevne [27]. Rapporten frå NILU viser at Noreg får eit mykje større bidrag frå andre land, enn kva vi sjølve slepp ut, av både bly, kadmium og kvikksølv [35]. MAREANO har også lagt fram at auking av bly- og kvikksølvkonsentrasjon i opne marine områder utanfor noregskysten har auka i takt med industriell utvikling i verda, og at dette er ein trend som er viktig å overvake vidare [36].

Spormetall som kjem via langtransport kan ha originale kjelder som plantevernmiddel, gjødsel, sementproduksjon, forbrenning av fossilt brensel og metallproduksjon [34]. Dei reiser med havstraumar eller i atmosfæren, gjerne frå varmare strøk der dei fordampar, og endar i kaldare områder der dei kondenserar og dett ned igjen frå atmosfæren. Kor langt dei reiser avhenger av kor flyktige partiklane er, dess meir flyktig, dess lenger reiser dei før dei kjem ned og endar opp i miljøet. Dette er vist i Figur 1.7 [37]. Langdistansetransport er årsak til opptil 30-50% av kvikksølv- og kadmium-forureining i mange land i Europa [34].

Long Distance Transport of Air Pollutants



Figur 1.7 Illustrasjonen viser ulike reiseruter for langdistanse-transport av forureining [37]

1.4 Nidelva

Nidelva renn frå Selbusjøen, gjennom Klæbu, og munnar ut i Trondheimsfjorden i Trondheim sentrum. Elva er ein sentral del av Trondheim sentrum, og er svært viktig for rekreasjon i byen. Nidelva er ei populær lakseelv, har fine turstiar på begge sider, og er ein fin turistattraksjon for dei som vil padle gjennom sentrum. Nidelvkorridoren, er namnet på området som omfattar Nidelva, turstiane langs med, og det naturlege elvelandskapet. Dette er vist i Figur 1.8 og markert i blått. Denne avgrensinga gjer grunnlag til spesielle reglar for bygging og anlegg rundt elva, og det er blant byggeforbod i eit 100 meters belte sør for Stavne bru [38]. Trondheim Kommune legg sterk vekt på å ivareta elva og området rundt som ein oase for friluftsliv og naturoppleving, og overvakar blant anna vasskvaliteten nøye.



Figur 1.8 Nidelvkorridoren [38]

Miljøeininga i Trondheim overvakar vassressursane i området, og gjer årleg ut rapportar om vasskvaliteten [1]. Trondheim kommune la fram i «Hovudplan avløp og vannmiljø» for perioden 2013-2024, at dei satsar på vatn som eit viktig element i byutviklinga [20]. Dei tre overordna måla i rapporten er; godt vassmiljø, god tenesteyting og effektiv avløpshandtering [20].

I nyare tid har det vorte gjort mykje for å betre vasskvaliteten i Nidelva, med omstendeleleg bygging og utbetring av kloakk- og avløpssystem i Trondheim. Tidleg på 1900-talet vart all kloakk i byen ført rett ut i elva, og det var ikkje før i 2006 at det siste direkte-utsleppet vart fjerna og forbetra [18]. Slikt arbeid tek mykje tid og planlegging, og etter kvart som byen veks må det også stadig utbetrast. I årsberetninga for Trondheim kommune i 2020 nemner dei at det kontinuerleg jobbast med rørsystemet for å unngå lekkasjar, og dei skriv: «*Et viktig mål er å stoppe mest mulig forurensing og utslipp av avløpsvann i naturen, og i 2020 har vi holdt oss innenfor utslippstillatelse for avløp*» [39].

For tida er det svært mykje byggjearbeid rundt Sluppen-brua, då dei skal lage ny veg og ny bru der [40]. Ein slik stor byggjeplass kan medføre forureining.

1.5 Metall og sporelement

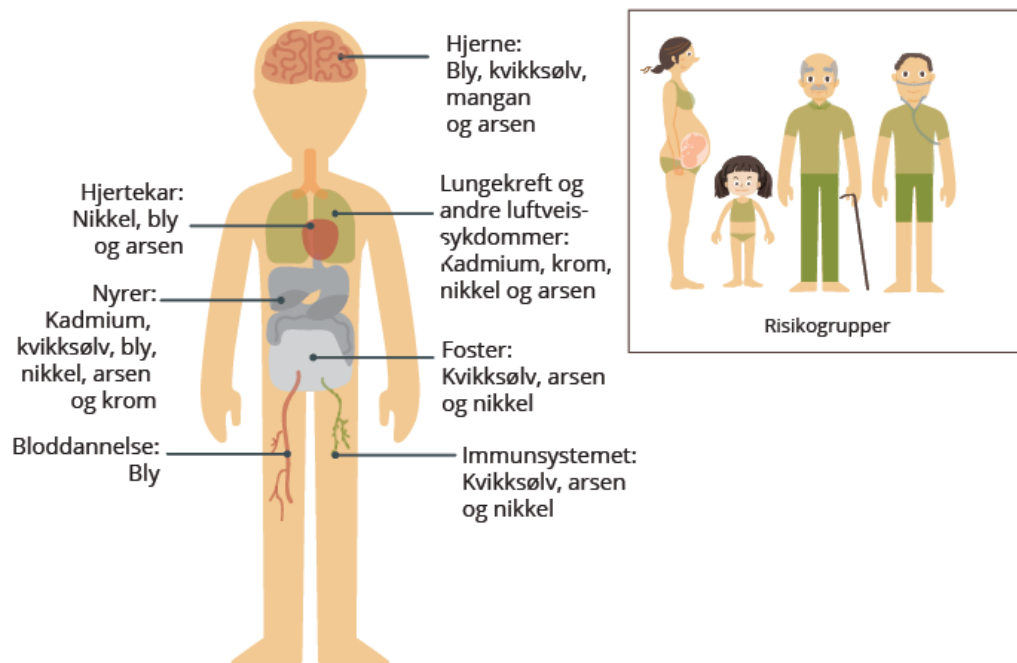
Spormetall er metall som finnes i små mengder naturleg i miljøet. Det kan vere utfordrande å bestemme kor mykje av detektert konsentrasjon som kjem frå naturlege kjelder, og kor mykje som kjem frå antropogene kjelder. Metall kan også førekome som ulike speciar, altså former. Dei kan vere frie ion, i ulike kompleks, kolloider eller bundne til ei overflate. I vatn med normal pH på mellom 6 og 9, vil dei fleste metall førekome som hydroksid [41].

Betydninga til metall i biologien har vorte meir og meir tydeleg over tid, ettersom det har vorte oppdaga fleire enzym der metall er viktige, om ikkje essensielle, for struktur og/eller funksjon [42]. Dette har hatt betydning for korleis metall har vorte brukt i medisin gjennom tidene. Metall kan utføre funksjonar som ikkje kan utførast utan dei; som elektrolyttbalanse, oksygentransport, elektronoverføring og katalyse [42]. Der finnes svært mange sjukdomar knytt til over- eller underskot av ulike metall. Jern til dømes, kan ein verte sjuk av både dersom ein får i seg for mykje, men også dersom ein ikkje får i seg nok. For mykje jern kan føre til betennelses-reaksjonar og skade på vev og celler, fordi det kan danne reaktive

oksygenforbindelsar gjennom redoksreaksjonar [43]. Samtidig treng ein å få i seg nok jern, for å lage proteinet hemoglobin, som er det som fraktar oksygen i blodet [44].

Metall er også svært mykje brukt i industri og ulike produkt som vi brukar i kvardagen. Det er dermed mange kjelder til metallforureining, spesielt i urbane områder. Metallforureining kan skape mykje trøbbel for miljøet, og kan ha negativ effekt for både menneske og dyreliv. Figur 1.9 viser korleis ulike metall kan påvirke oss menneske, og at det er gravide, barn, gamle og dei med underliggjande sjukdom som er mest utsette. Bly, kvikksølv, mangan og arsen påvirkar hjernen, medan nikkel, bly og arsen påvirkar hjartekara. Kadmium, krom, nikkel og arsen er årsaker til lungekreft og andre luftvegssjukdomar. Kvikksølv, arsen og nikkel kan vere skadeleg for foster, og for immunsystemet. Kadmium, kvikksølv, bly, nikkel, arsen og krom er skadeleg for nyrene, og bly går i blodet [43].

Slik kan metaller påvirke kroppen vår



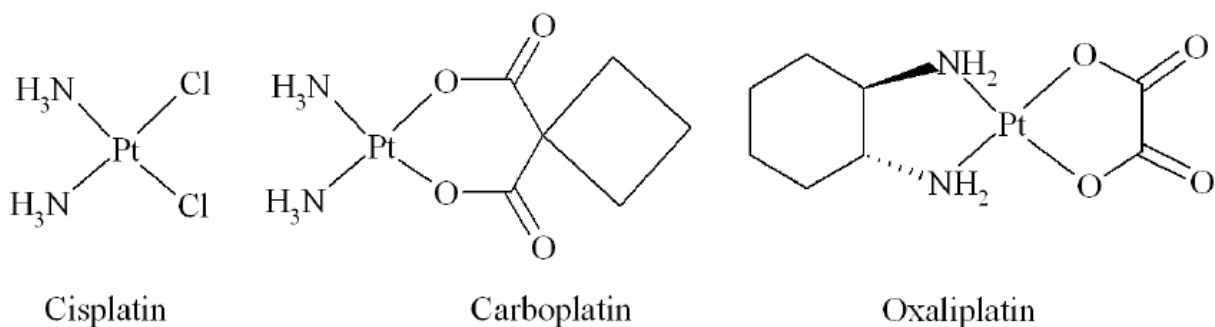
Figur 1.9 Figuren viser korleis ulike metall kan påvirke menneskekroppen [43]

Kopar, sink, aluminium, kadmium og bly er vanlege forureiningar å finne i akvatisk miljø [45]. Kadmium er både akutt og kronisk giftig, og det bioakkumulerer i fisk og pattedyr [27]. Sink og kopar er spormetall som er essensielle for liv, men giftige ved for høg konsentrasjon, medan bly, kadmium og aluminium er giftige sjølv ved låge konsentrasjonar [45]. Kopar i form av løyselege salt er svært skadeleg for liv i vatn, og kan påvirke reproduksjonsevne og vekst [27]. Sink er spesielt fordi det ikkje har noko særleg toksisk effekt på menneske, men

har vist seg å ha relativt høg toksisitet for fisk [45]. Kjelder til alle desse spormetalla er forvitring av mineral og jord, atmosfærisk deponering, industri- og hushaldningsavløp, og avrenning av overvatn i urbane strøk [45].

I avløpsvatn frå sjukehus er det funne høgare konsentrasjonar av platina, kvikksølv og gadolinium, enn i vanleg avløpsvatn [2]. Platina er eit grunnstoff som vert nytta til mykje forskjellig, som oftast i legering med blant anna iridium, palladium eller rhodium [46]. Desse vert brukt i katalysatorar på bil og i industrien, så vel som i elektronikk-industri og produksjon av glas og smykke [47]. Palladium vert også noko brukt i kreftmedisin, til behandling av prostatakreft [48]. Som nemnt før vert også platina brukt i cellegift [2].

Cisplatin er eitt av platinakompleksa som vert brukt, og det er ein av dei mest suksessfulle metall-baserte medisinane vi har [42]. Figur 1.10 viser tre av desse kompleksa, til venstre er cisplatin. Sidan platina vert brukt til så mykje, blir det antekt at konsentrasjonen i miljøet aukar deretter. I ein studie frå Japan vart det funne at konsentrasjonen av platina i elvevatn auka med aukande antropogen aktivitet på staden [49]. Likevel veit ein ikkje så veldig mykje om distribusjon og dei geokjemiske syklusane til platina i akvatisk miljø, fordi den totale konsentrasjonen framleis er låg [49]. Ettersom det vert brukt i katalysatorar, er stormavløp også ei kjelde for utslepp til akvatisk miljø [49].

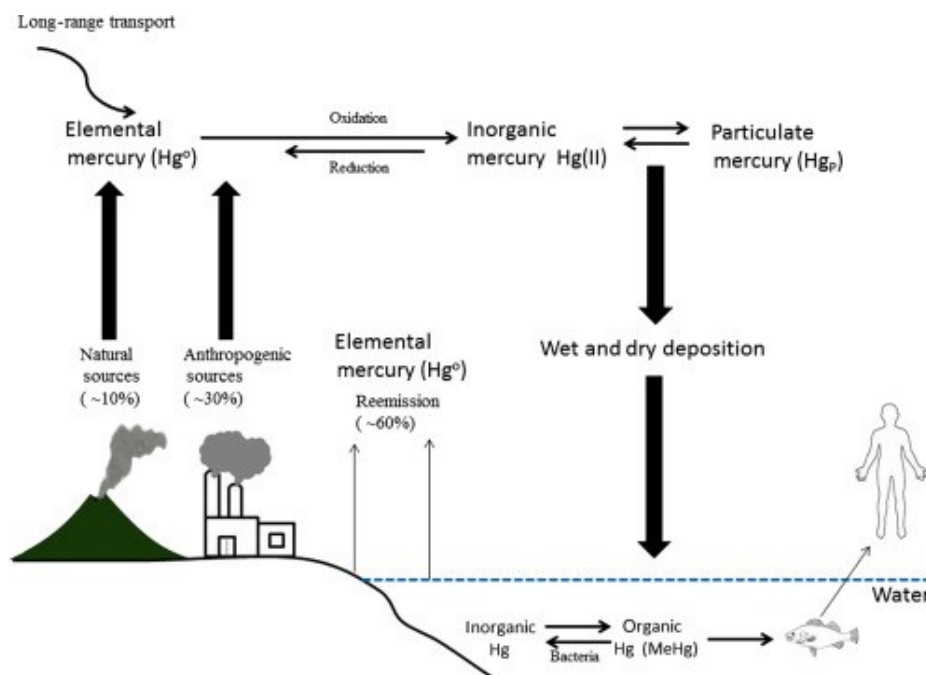


Figur 1.10 Illustrasjon av ulike platinakompleks brukt i kreftmedisin [50]

Kvikksølv har gjennom historia vorte brukt for å kurere diverse sjukdomar som syfilis og dei spedalske [51]. Det har også vorte brukt av tannlegar til amalgam, og i termostatar. I dag er dei viktigaste utsleppskjeldene til kvikksølv kolbrenning, metallproduksjon, gull-utvinning, sementproduksjon, krematorium og industri, samt diverse produkt [52]. Kvikksølv er eit stoff som ein i lengre tid no har forsøkt å få ned utsleppet av. Likevel er dette eitt av dei stoffa som framleis vert sleppt ut i alt for høge konsentrasjonar til akvatisk miljø [2]. Noko som kan få konsekvensar. Kvikksølvforbindelsar er svært giftige, og er skadelege for foster,

nervesystemet og nyrene, i tillegg til at dei bioakkumulerer i fisk og pattedyr [27]. Det farlegaste med stoffet er omdanninga til metylkvikksølv, som bioakkumulerer i fisk og er svært helseskadeleg.

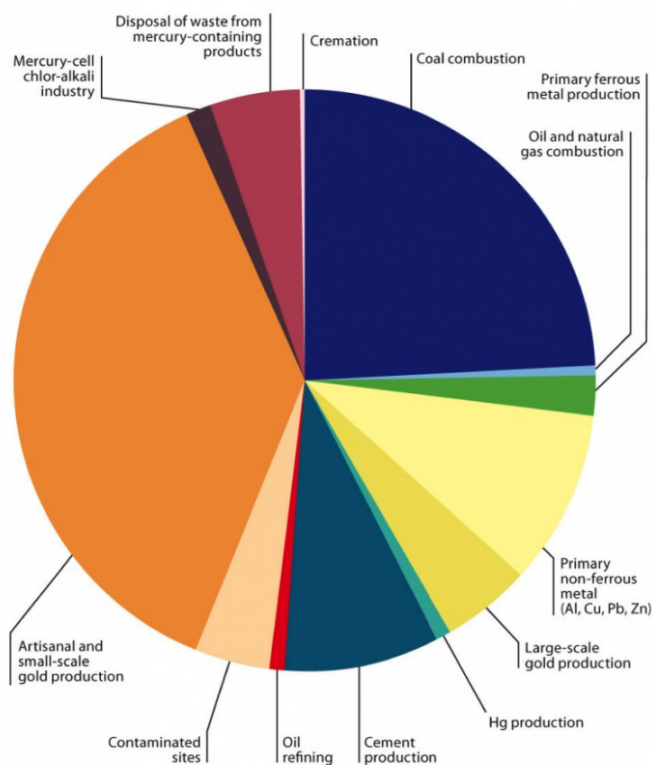
Det er i dag svært strenge reglar for bruk og utslepp av kvikksølv i dei fleste land. FN kom med eit eige kvikksølvprogram i 2003 [52]. Figur 1.11 viser den geokjemiske syklusen til kvikksølv, med langdistanse-transport, vulkanar og antropogen aktivitet som kjelder. Her ser vi at naturlege kjelder berre utgjør 10% av det totale kvikksølvutsleppet, medan antropogene kjelder står for 30% av utsleppet. Størsteparten, 60%, kjem frå gjenopptak av kvikksølv til atmosfæren frå avsett eller omsett kvikksølv. Elementært kvikksølv i atmosfæren kan gå gjennom kjemiske reaksjonar og dermed verte omdanna til toverdige uorganisk kvikksølv. Dette kan så gå over til partikulært kvikksølv, som igjen kan avsetjast og ende i akvatisk miljø. Uorganisk kvikksølv kan ved hjelp av bakteriar dannast om til metylkvikksølv, og dette kan takast opp av fisken, som kan etast av menneske [53].



Figur 1.11 Figuren viser den geokjemiske syklusen til kvikksølv [53]

Figur 1.12 viser fordelinga av dei globale antropogene utsleppskjeldene til kvikksølv frå 2010. Sektordiagrammet viser at handverksmessig og småskala gullproduksjon er den klart største utsleppskjelda, tett følgt av kolbrenning. Deretter kjem metall-industrien, og så sementproduksjon. Mindre utslepp kjem av storskala gullproduksjon, avfall som inneheld

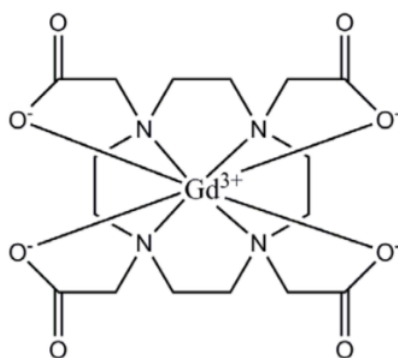
kvikksølvprodukt, olje og gass-industrien og forureina stader. Kremering er den minste utsleppskjelda.



Figur 1.12 Sektordiagram som viser dei globale utsleppskjeldene til kvikksølv i 2010 [54]

Gadolinium (Gd^{3+}) vert brukt som eit paramagnetisk middel i kontraskvæska brukt til MR-undersøkingar, då det har eit permanent magnetisk moment grunna upara elektron [55].

Figur 1.13 viser komplekset som vert brukt. I nyare tid har det vore litt blest rundt dette, då det er oppdaga at pasientar kan bli sjuke av det. Gadolinium er eit giftig tungmetall, og i nokre undersøkingar vart det funne at det bioakkumulerte i hjernen til pasientane [56].



Gadoteridol (Prohance)

Figur 1.13 Figuren viser komplekset gadoteridol som vert brukt i MR-kontrastvæske [42]

Aluminium finn ein både i farmasøytiske og kosmetiske produkt, samt i måling, industriavfall og stein brukt til vegdekke [43]. Det finnes også mykje av det naturleg i jordskorpa som aluminiumoksid (Al_2O_3). Dersom ein får det i seg i større mengder kan dette føre til nevrologiske skadar, og EU har sett ein grenseverdi på $200 \mu\text{g}/\text{dm}^3$ i drikkevatn [57].

Arsen er eit grunnstoff som finnes naturleg i mineral i jordoverflata. Det har vorte mykje brukt i behandling av trevirke, og utvasking av slike overflater har vore den største kjelda til antropogene arsenutslepp i Noreg i seinare tid [58]. Tradisjonelt har arsen vorte brukt i ulike typar urtemedisin, men dette er svært helseskadeleg [59]. Det er nemleg svært giftig i uorganisk form, og kan gje hudlesjonar og kreft [60].

Thallium er eit metall som vert mykje brukt i elektronikk, men det vert også brukt i medisin og i nukleær-medisinsk skanning. Det vert ikkje lett brote ned, og bioakkumulerer i fisk og skalfisk [61].

1.6 Vasskvalitet

Trondheim kommune er opptatt av å ha god vasskvalitet i vassressursane sine. Dei har eit omstendeleg overvakingsprogram, der dei har teke prøver i elvar, bekkar, friluftsbad og vatn årleg i over 20 år [1]. Dette er viktig for å kunne følgje med på vasskvaliteten, men også for å oppdage eventuelle nye forureiningskjelder. Dei opererer med tilstandsklasser, der det er gitte konsentrasjonar for kva som er «bakgrunnsnivå», «god», «moderat», «dårleg» eller «svært dårleg» vasskvalitet. Desse tilstandsklassene vises i Figur 1.14, som vart sett i 2015 og revidert i 2020. Dei viser blå verdiar, som er rekna som bakgrunnsnivå av eit stoff, altså det ein kan vente å finne utan at der er forureina. Dei grønne verdiane er «god», altså ikkje rekna som forureina. Dei gule verdiane er «moderat», og viser til at der er litt forureining, men ikkje noko stor bekymring. Dei oransje verdiane er «dårleg», og tyder på at det er for mykje forureining, og verdiane er for høge. Dei raude verdiane er «svært dårleg» og viser at der er svært mykje forureining, og at verdiane er alt for høge. Då er det svært skadeleg for miljøet. Ved oransje eller raude verdiar bør ein ta grep for å reinse opp forureininga.

Navn på stoff	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Klasse IV	Klasse V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Metaller					
Arsen	0 - 0,15	0,15 - 0,5	0,5 - 8,5	8,5 - 85	> 85
Bly	0 - 0,02	0,02 - 1,2	1,2 - 14	14 - 57	> 57
Kadmium	0 - 0,003	Fotnote 1	Fotnote 2	Fotnote 3	Fotnote 3
Kobber	0 - 0,3	0,3 - 7,8		7,8 - 15,6	> 15,6
Krom	0 - 0,1	0,1 - 3,4			> 3,4
Kvikksølv	0 - 0,001	0,001 - 0,047	0,047 - 0,07	0,07 - 0,14	> 0,14
Nikkel	0 - 0,5	0,5 - 4	4 - 34	34 - 67	> 67
Sink	0 - 1,5	1,5 - 11		11 - 60	> 60

Figur 1.14 Tabellen viser tilstandsklassene for spormetall i ferskvatn ($\mu\text{g/l}$) gitt av Miljødirektoratet [62]

¹⁾ Klasse II Cd verdier avhengig av vannets hardhet: $\leq 0,08$ (< 40 mg CaCO_3/L); 0,08 (40 - < 40 mg CaCO_3/L); 0,45 (40 - < 40 mg CaCO_3/L); 4,5 (40 - < 50 mg CaCO_3/L); 0,09 (50 - < 100 mg CaCO_3/L); 0,15 (100 - < 200 mg CaCO_3/L); 0,25 (≥ 200 mg CaCO_3/L)

²⁾ Klasse III Cd verdier avhengig av vannets hardhet: $\leq 0,45$ (< 40 mg CaCO_3/L); 0,45 (40 - < 50 mg CaCO_3/L); 0,60 (50 - < 100 mg CaCO_3/L); 0,9 (100 - < 200 mg CaCO_3/L); 1,5 (≥ 200 mg CaCO_3/L).

³⁾ Klasse IV Cd verdier avhengig av vannets hardhet: $\leq 4,5$ (< 40 mg CaCO_3/L); 4,5 (40 - < 50 mg CaCO_3/L); 6,0 (50 - < 100 mg CaCO_3/L); 9,0 (100 - < 200 mg CaCO_3/L); 15 (≥ 200 mg CaCO_3/L). Verdier over tilhører klasse V.

Som det står i fotnotane under Figur 1.14, avhenger tilstandsklassene for kadmium av hardheita på vatnet. Kor «hardt» vatn er avhengig av kor mykje kalsium der er i vatnet.

I den årlege rapporten frå 2001, viste forureining av kopar, kvikksølv og bly i Nidelva. I Figur 1.15 vises maksimumsverdiane som vart målt ved dei ulike prøvepunktene gjennom 2001 [63]. Ein ser at der er ein del raude verdiar, som tyder på «svært dårleg», og der er også ein del oransje verdiar som tyder på «dårleg». Konklusjonen gitt i denne rapporten var likevel at metallforureining generelt ikkje var ei klar belastning for vassdraget, men at det i periodar med mykje nedbør kunne førekome for høge konsentrasjonar av nokre metall. Sidan Figur 1.15 berre viser maksimumsverdiane av det som vart målt, er det ikkje eit godt bilete på gjennomsnittleg forureining.

Nidelva -2001								
Prøvepunkt	Kobber	Kadmium	Kvikksølv	Bly	Sink	Nikkel	Kroml	Jern
	µg Cu/l	µg Cd/l	µg Hg/l	µg Pb/l	µg Zn/l	µg Ni/l	µg Cr/l	µg Fe/l
	1)	1)	1)	1)	1)	1)	1)	1)
Nidelv bru	3,39	0,052	0,055	2,07	11,1	2,22	1,91	928
Gamle bybro	4,41	0,025	0,018	0,83	6,8	2,85	2,60	1097
Nidareid bru	3,55	0,071	0,033	2,40	12,0	2,80	2,43	1118
Stavne bru	5,26	0,057	0,030	1,40	8,7	2,63	2,34	1058
Sluppenbrua	5,15	0,040	0,038	2,99	43,7	2,63	1,78	875
Nedre Leirfoss	17,29	0,044	0,011	0,93	9,8	3,91	3,59	1543
Øvre Leirfoss	4,49	0,058	0,023	1,48	7,9	4,61	4,53	1596
Tiller bru	3,20	0,070	0,027	0,79	3,9	2,24	1,62	784
Tilstandsklasser:								
I - ubetydelig forurenset								
II - moderat forurenset								
III - Markert forurenset								
IV - Sterkt forurenset								
V - Meget sterkt forurenset								

1) maksimumsverdi

Figur 1.15 Figuren viser resultat frå overvaking av miljøgifter i Nidelva i 2001. Plassering i tilstandsklasser (basert på maksimumsverdiar) i henhold til SFT (1997) [63]

Generelt dei siste 20 åra har ikkje metallforureining vore noko stort problem i Nidelva, berre periodevis har det vorte målt høge konsentrasjonar av ulike spormetall [1]. Det har heller vore eit problem med høg turbiditet og bakterieinnhald i elva gjennom åra.

Kloakkforureining har gitt elva denne periodevise forureininga [1].

Turbiditet er eitt av parametrane som vert brukt for å sikre vasskvalitet. Dette er eit mål på kor klart vatnet er, og ved å måle turbiditeten finn ein kor mykje u-oppløyse partiklar vatnet inneheld. Lys vert sendt gjennom vassprøva, og så ser ein på korleis lyset vert reflektert. Ein måler dette i NTU (Nefelometrisk Turbidity Unit). Grenseverdien for turbiditet i norsk drikkevatt er <1 NTU [64].

Konduktivitet fortel oss kor stort saltinnhaldet i vatnet er. I drikkevatt i Noreg er grenseverdien for konduktivitet 250 MilliSiemens (mS/m) [64].

pH (surleiksgrad) er også eit viktig parameter for å måle vasskvalitet. Dette er eit mål på kor mange H_3O^+ -ion vatnet inneheld. pH <7 er surt, og pH >7 er basisk. I Noreg er overflatevatn som regel litt surt eller nøytralt [64]. Grenseverdien for pH i norsk drikkevatt er mellom 6,5 og 9,5 [64].

1.7 ISO-rutinar

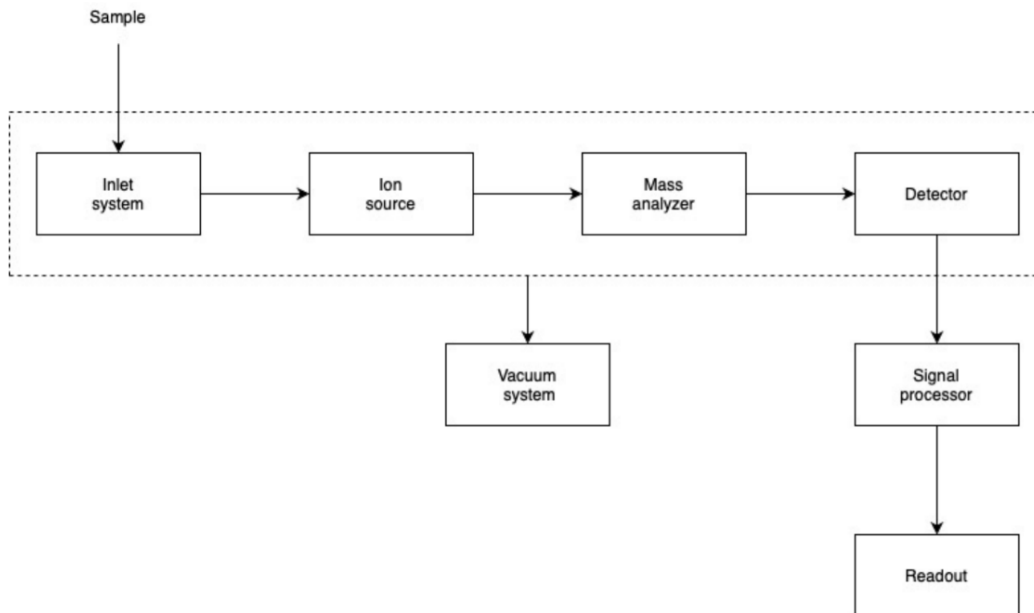
ISO-standardar er utvikla standardar av «International Organization for Standardization». Noreg er aktivt med i dette internasjonale samarbeidet om standardar, og har ansvaret for fleire viktige standardiseringsområder i ISO [65]. I analytisk kjemi vert desse standardane brukt både i arbeid med innsamling av prøver, på laboratoriet og ved analysearbeidet. Ved å følgje slike internasjonale reglar, kvalitetssikrar ein arbeidet sitt. Det er også viktig for at studiar som er gjort i ulike land, og av ulike folk skal ha dei same premissane. Då kan ein kan bruke resultat frå andre studiar til samanlikning i sin eigen. Å bruke desse standardane gir også den aktuelle studien meir validitet.

I denne oppgåva vart ISO-standarden NS 4784:1988 brukt, ved at prøvene vart konserverte med sterk salpetersyre og prøvetakingsflaskene følgde standarden. Dette er ein standard gitt for prøvetaking av vatn for bestemming av spormetall [66]. Det å bruke behaldarar og prøvetakingsflasker som ikkje inneheld metall, og som ikkje kan reagere med vassprøvene er viktig. Standard for bruk av plasmamassespektrometri (ICP-MS), NS-EN ISO 17294-1:2006, vart også brukt i denne oppgåva. Denne standarden gir generell rettleiing for bruk av ICP-MS for å bestemme spormetall i vatn [67]. Her er det viktig å konservere med ei syre som ikkje kan forureine prøvene med metall-ion. ISO-standarden brukast også til å bestemme kva internstandardar ein brukar i ICP-MS-analysen og korleis ein kvalitetssikrar resultatata ved å køyre blankprøver. Ved å følgje desse ISO-rutinane, vil denne oppgåva auke sin validitet.

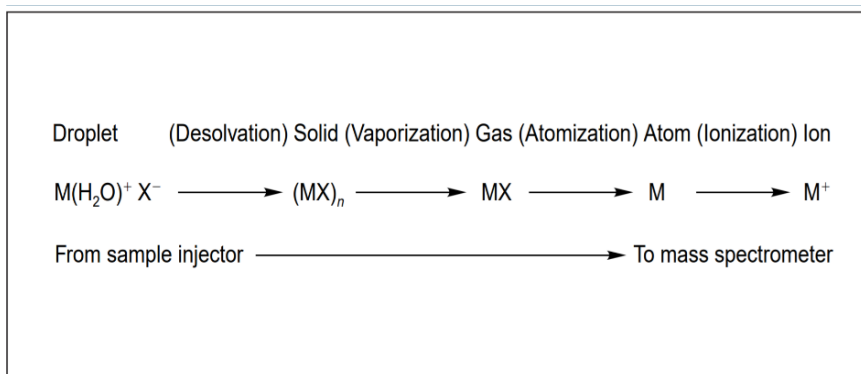
1.8 ICP-MS

ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) er ein analytisk metode som vert brukt til å bestemme element i prøver, og det blir sett på som ein av dei beste analysemetodane for spor- og elementanalyse av laboratorium verda over [68]. ICP-MS er godt eigna for multielement-analysar, og også for å bestemme isotopforhald, då den er svært følsam. Det som skjer er at analyttmolekyl vert konverterte i massespektrometeret til ion ved at det vert tilført energi. Sjå Figur 1.17. Analytten vert konvertert til ein aerosol, som vert transportert til plasma. Iona vert så separerte på grunnlag av deira masse-lading-forhald i masse-analysatoren, og går vidare til signalformaren som så konverterar tal ion til eit elektrisk signal. Dette signalet vert plotta som eit massespektrum [69]. Figur 1.16 viser dei ulike komponentane i massespektrometeret, der prøven går inn i eit innløpssystem, vidare til ion-kjelda, deretter masse-analysatoren, og så til detektoren, som sender signal til

signalprosessoren, som til sist sender ut resultatene. Ion-kjelda er induktivt kopla plasma. Den brukar høgtemperatur-argon-plasma [69]. Spektret som vert produsert tolkast generelt enklare ved ICP-MS, enn ved andre teknikkar.



Figur 1.16 Figuren viser komponentane i massespektrometeret [69]



Figur 1.17 Figuren viser korleis ein dråpe frå prøva blir til eit positivt ladd ion [70]

Følsemda varierer ettersom kva teknikk ein brukar for prøveintroduksjon, då forskjellige teknikkar gjer ulik mengd prøve til ICP-plasmaet. Følsemda vil også vere avhengig av prøvematriksen, då det kan hende det vert danna spesiell som interfererer med analytten [68]. Det kan skje at ein ionisk spesiell i plasma og ein analytt har same masse-lading-forhald, og då vil dette skape spektroskopisk interferens [69]. Ved å bruke HR-ICP-MS (høgoppløysings ICP-MS) i staden, kan ein eliminere eller i alle fall redusere desse interferensane skulda masseoverlapp [68].

Ein kan også få noko kalla matriks-interferens. Dette er noko som kan skje dersom konsentrasjonen av ein matriks-specie overstig 500-1000 µg/mL, slik at analyttsignalet vert redusert [69]. For å forhindre dette er ein nøydt til å anten separere interferens-speciar, fortynne prøvene eller bruke ein intern-standard som har ca. same ioniseringspotensial og masse som det analytten har [69]. Ein må også passe på at prøven ikkje har meir enn 0,2% oppløyst stoff i seg. Dette kan medføre tetting av opningar i kjeplene, som igjen fører til nedsett følsemd og deteksjonsmoglegheit. For å hindre dette kan ein fortynne eller filtrere prøvene [68].

Noko anna som kan gjere bestemming av nokre viktige element vanskeleg er spektral overlapping. Dette skuldast isobar interferens, då nokre av elementa i prøven har like masseisotopar [68]. For å forhindre dette kan ein bruke ein annan analyttisotop, eller ein kan korrigere ved å måle fleire enn ein isotop av interferens-isotopen, for deretter å korrigere interferensen med den mest kjende isotopen [71].

1.9 Statistikk

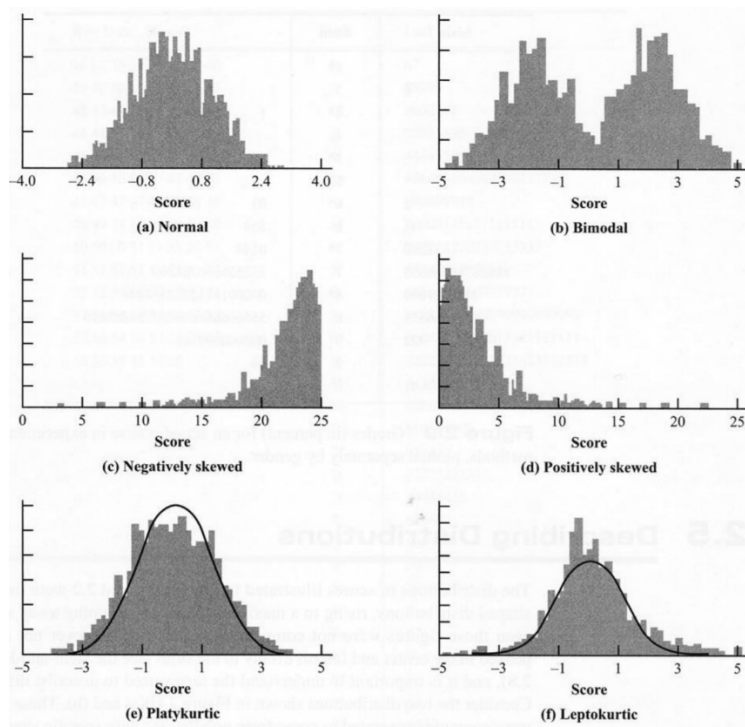
For å bedømme kor valide resultata er, må ein bruke statistiske berekningar på datasetta ein får ut. Det er viktig å vite korleis resultata er fordelte, om det er symmetrisk eller ikkje, og det er lurt å sjå etter om nokre verdiar skil seg særskild frå resten. Ein har eigne metodar for å finne spreinga i datasettet, ved hjelp av statistikkberakingar. Om ein finn gjennomsnitt i eit datasett, kan ein så finne standardavviket. Dette fortel oss om presisjonen i datasettet. For å berekne gjennomsnitt må ein legge saman alle verdiane og deretter dele på tal verdiar, slik som vist i formel 1-1.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (1-1)$$

Standardavviket kan ein så finne ved hjelp av formel 1-2. Det gjer oss eit mål på verdiane sin gjennomsnittlege avstand til gjennomsnittet.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (1-2)$$

Vidare må ein sjekke om datasettet er normalfordelt eller ikkje. Figur 1.18 viser ulike fordelingar eit datasett kan ha, og øvst til venstre ser vi normalfordeling. Normalfordelinga er symmetrisk, og ytterpunktta på begge sider er like langt ifrå middelerdien [72]. Dei andre fordelingane er bimodal, negativt forskyvd, positivt forskyvd, «platykurtic» og «leptokurtic».



Figur 1.18 Figuren viser ulike typar fordeling eit datasett kan ha [72]

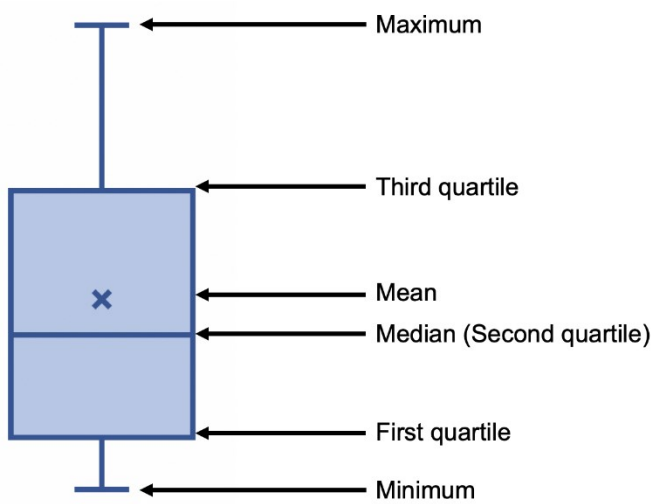
Dersom ein vil samanlikne to grupper, og datasetta er normalfordelte, kan ein bruke student t-test. Ved å bruke denne metoden finn ein om det er signifikant forskjell mellom gjennomsnittet til to ulike datasett. Formelen er vist under som formel 1-3 [73].

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2 - d}{s \sqrt{\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (1-3)$$

Dersom datasetta ikkje er normalfordelte må ein bruke Mann Whitney-U-test i staden. Denne testen kan brukast til å finne ut om datasetta i to grupper er signifikant ulike. Denne metoden samanliknar heile datasettet, og ikkje berre gjennomsnitta slik som t-testen gjer. Formel 1-4 viser korleis ein reknar det ut [73].

$$Z = \frac{U - \mu + c}{6} \quad (1-4)$$

Til å presentere resultatene kan ein bruke boksdiagram og stolpediagram. Eit boksdiagram viser resultatene i kvartil, og framhevar gjennomsnitt og utstikkarar [74]. I boksane er der linjer, kalla «whisker», som seier kva variasjonen er utanfor øvre og nedre kvartil. Utstikkarar er alle punkt som ligg utanfor denne linja. Figur 1.19 viser eit boksdiagram. Dei to strekane i ytterpunkt viser maksimum og minimum, medan den nedste linja i boksen viser til det første kvartilet. Den midtarste streken i boksen viser medianen, altså andre kvartil, og den øvste streken i boksen viser tredje kvartil. Gjennomsnittet er markert med ein x.



Figur 1.19 Figuren viser eit boksdiagram [75]

Korrelasjon kan også vere lurt å sjå på. Dette fortel noko om samanhengen mellom to storleikar. Dersom dei har positiv korrelasjon, vil det seie at høge verdi av den eine heng saman med høge verdi av den andre [76]. Det betyr likevel ikkje at høge verdi av den eine forårsakar høge verdi av den andre. Dersom korrelasjonen er negativ, vil det seie at høge verdiar av den eine finnes saman med låge verdiar av den andre. Korrelasjonskoeffisienten vert oppgitt mellom -1 og 1, der jo større jo meir positiv korrelasjon. Dersom den er nærme 0, vil det seie at der ikkje er korrelasjon mellom storleikane [76].

1.10 PCA-analyse

PCA-analyse, eller hovudkomponentanalyse, gjer data frå store datasett enklare å forstå og utforske. Det gjer den ved å redusere dimensjonen, slik at eit stort sett med variablar blir til eit mindre sett med variablar som likevel inneheld den same informasjonen [77]. For å utføre ein slik analyse må ein først standardisere dataet, deretter finne kovariansmatrisa, bestemme hovudkomponentane i datasettet, bestemme ein eigenskapsvektor, og det siste steget er å bruke denne vektoren til å reorientere dataa frå dei originale aksane til dei som

er representerte av hovudkomponentane. Noko som kan gjerast ved å multiplisere transponeringa av det originale datasettet med transponeringa av eigenskapsvektoren [77]. Analysen gjer eit likskapsmønster presentert som punkt i eit kart.

1.11 Hypotesar

Denne oppgåva ønsker å teste om gjennomsnittlege verdiar av stoff frå platinagrappa er høgare i prøvepunkt 5, 6, 7 og 8, enn dei er i referansepunkta 1 og 2. Her vil det bli brukt Whitney U-test.

Denne oppgåva ønsker også å teste om konsentrasjonen av gadolinium aukar ved aukande mengder nedbør. For å teste dette vil prøvetaking 2 som hadde svært lite nedbør i førekant, bli sett opp mot prøvetaking 6, som hadde svært mykje nedbør i førekant.

2 Metode

2.1 Prøvepunkt og prøvetaking

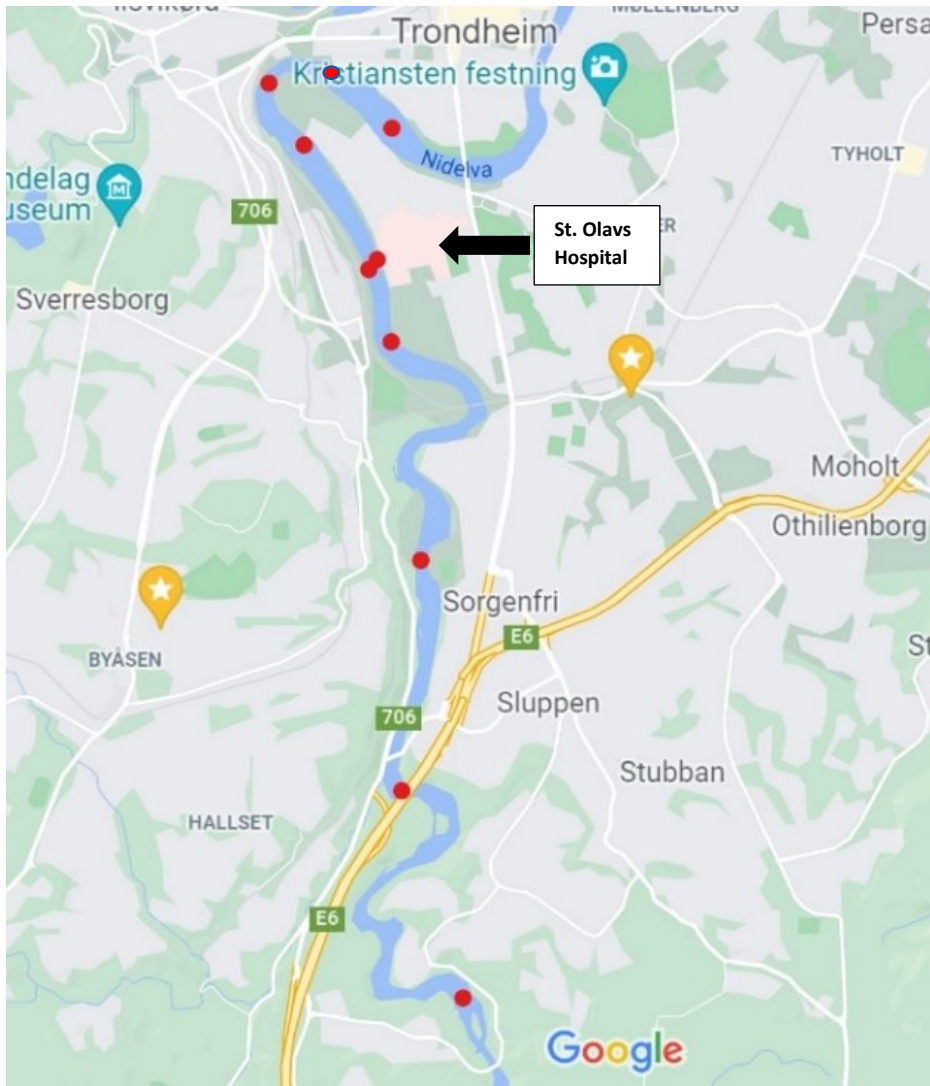
Alle vassprøvene vart tekne ca. 20 m frå elvebredda, for å kome så nære midten som mogleg. Dette vart utført ved å knyte hyssing til ei vasstett, sertifisert BSE/TSE-fri plastflaske av polyetylen med høg tettleik, med polypropylen-lokk, som så vart kasta ut i elva for å samle inn vatn. Prøveflaska vart vald ut frå ISO-standard NS 4784:1988. Denne flaska vart først heve ut éin gong for så å bli tømd, for å vaske flaska. Deretter vart vatnet som vart samla inn brukt til å vaske prøveflaska. Så vart prøven samla inn. Dette vart gjort på same måten ved prøvepunkt 1, 3, 4, 5, 7 og 8. Ved punkt 2, 6, 9 og 10 vart prøvene tekne ved å fire ned flaska frå brua, ca. midt på ved 2, 9 og 10, og nærare bredda mot Marienborg ved punkt 6. Koordinatar og namn på alle prøvepunkta er vist i tabell 2.1 under.

Tabell 2.1: Namn og koordinatar for prøvepunkta

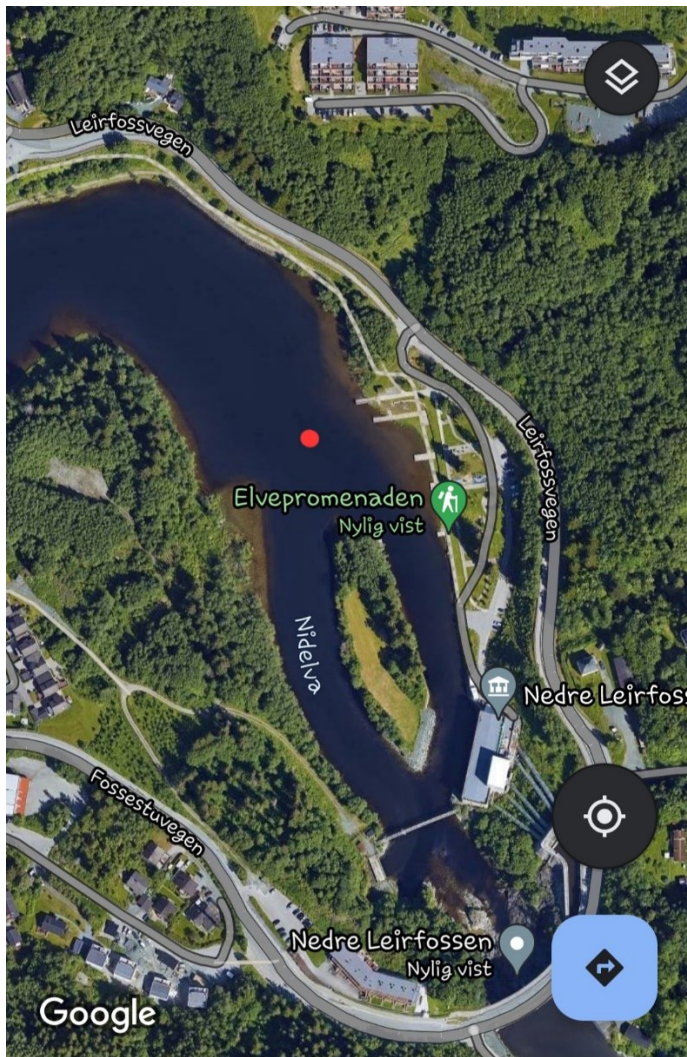
Punkt	Namn	Koordinatar
1	Fossegrenda	63°23'01"N 10°23'39"E
2	Sluppenbrua	63°23'38"N 10°23'16"E
3	Tempe idrettsanlegg	63°24'20"N 10°23'23"E
4	Tilfredshet kyrkjegard	63°24'55"N 10°23'09"E
5	Ceciliebrua, St. Olavs side	63°25'11"N 10°23'03"E
6	Ceciliebrua, Marienborg side	63°25'11"N 10°22'59"E
7	Øya tennisbane	63°25'33"N 10°22'30"E
8	Øya, i svingen	63°25'38"N 10°22'23"E
9	Nidareid bru	63°25'44"N 10°22'35"E
10	Gangbrua	63°25'38"N 10°23'00"E

Desse prøvepunkta vart valde for å få med korleis konsentrasjonane eventuelt endrar seg langs elva, og for å sjå om der er forhøgja verdiar rundt og etter St. Olavs Hospital.

Prøvepunkta er spreidde jamt langs elva frå Fossegrenda og ned til Øya. Kart over elva, der alle prøvepunkta er markerte med ein raud prikk er vist i Figur 2.1. Langs heile dette strekket går der bilveg ikkje så langt ifrå elva. Det er også byggefelt i nærleiken fleire stader.

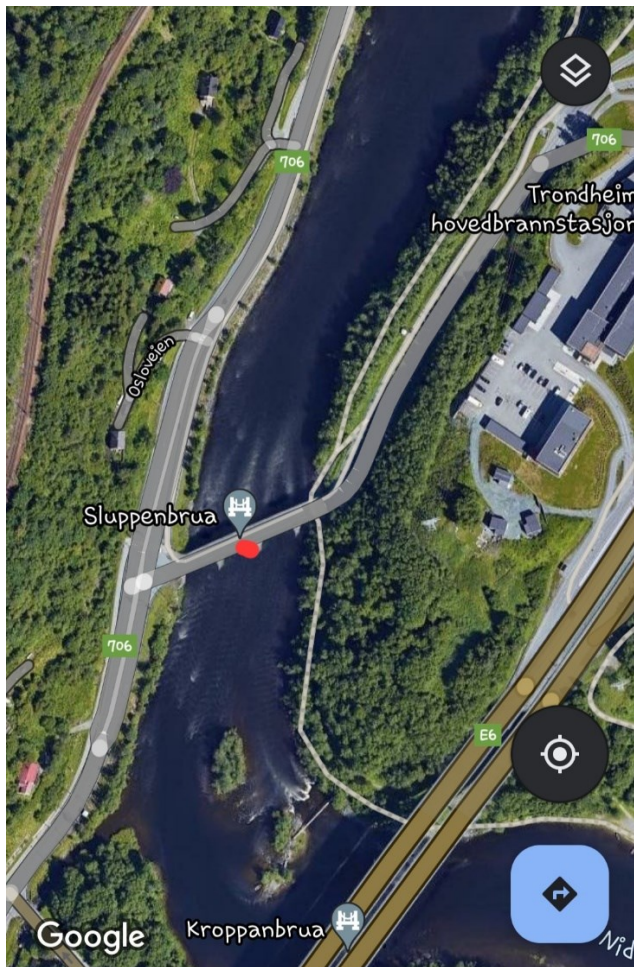


Figur 2.1 Figuren viser eit kart over Nidelva, der prøvepunktta er merka med raude prikkar (kart henta frå Google)



Figur 2.2 Satellittfoto frå Google over punkt 1, der punktet er markert med ein raud prikk

Det første punktet er oppe ved Nedre Leirfoss kraftverk, berre litt nedanfor. Sjå Figur 2.2, der punktet er markert med raud prikk. Her er det tursti langs elva, og det er mykje fuglar som held til i dette området. Dette er ca. 6 km ovanfor der elva går forbi St. Olavs Hospital.

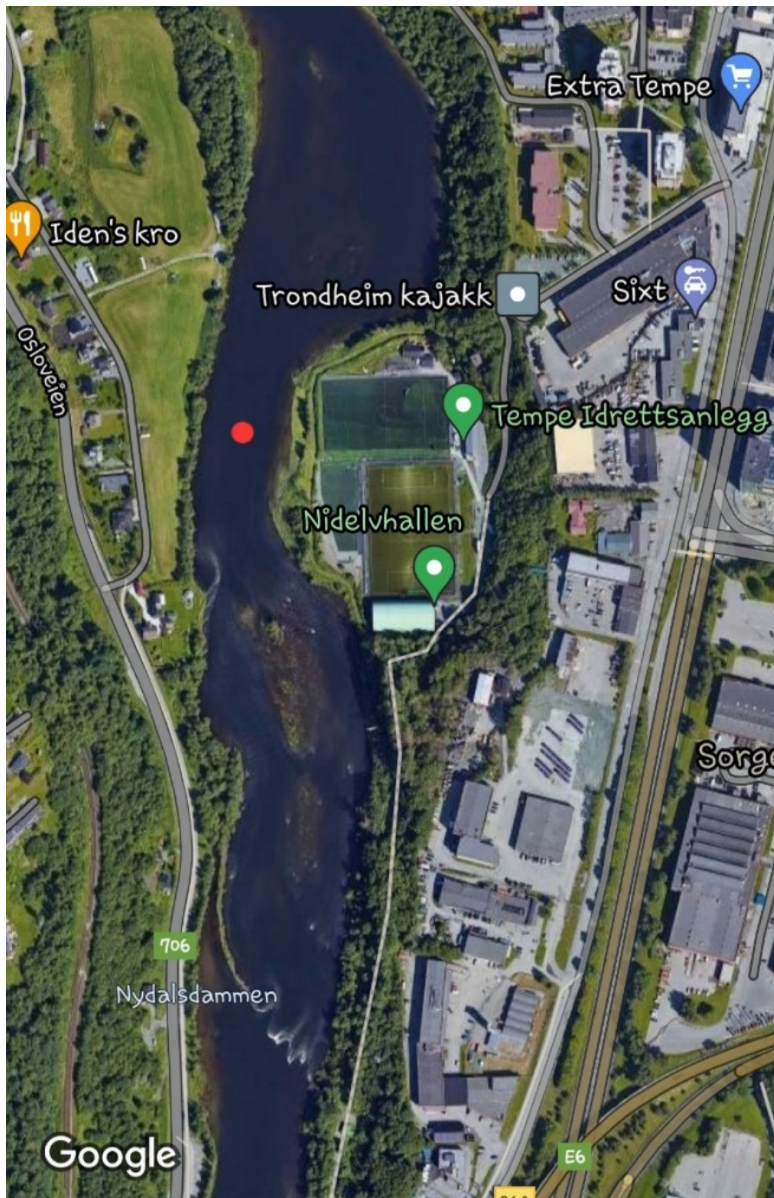


Figur 2.3 Satellittfoto frå Google over punkt 2, punktet er markert med raud prikk. NB! Dette er gammalt, og det ser annleis ut der no.



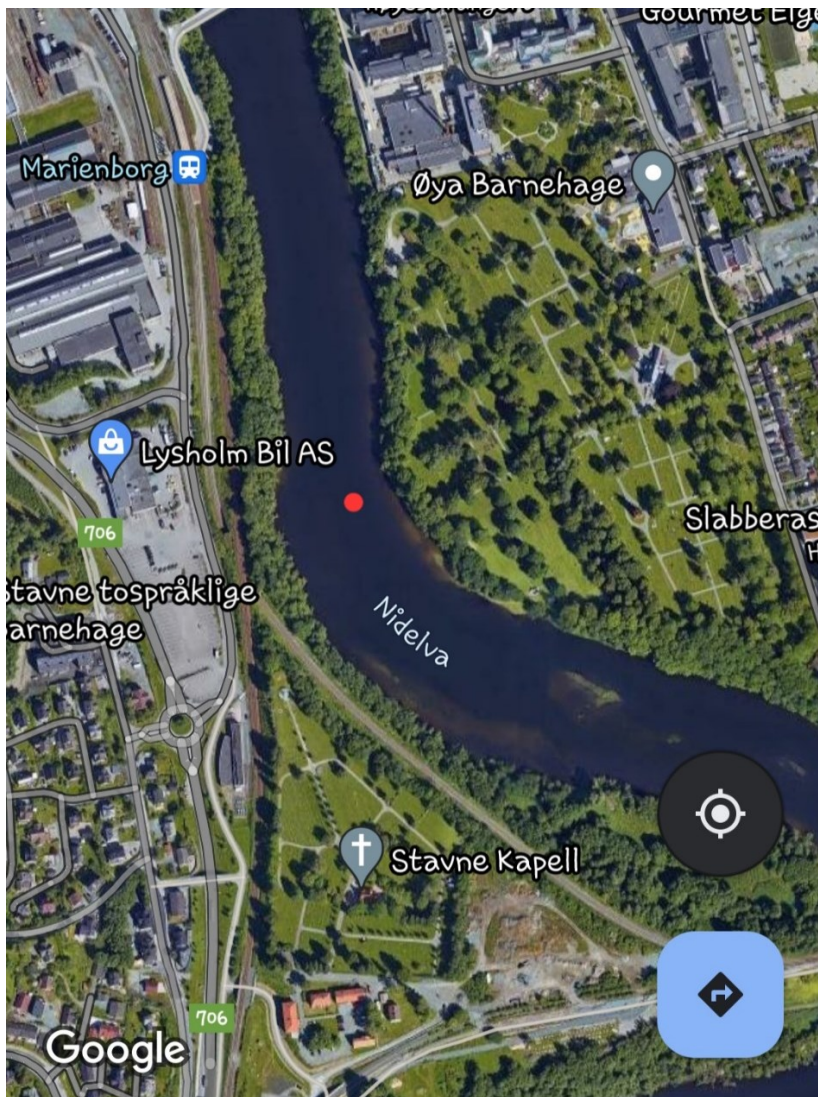
Figur 2.4 Dronefoto av arbeidet ved punkt 2 (Sluppenbrua), teke august 2021 av Vegard Thorvaldsen, Statens Vegvesen [78]

Det andre punktet er Sluppenbrua, som ligg ca. 4 km ovanfor der elva går forbi St. Olavs. Sjå Figur 2.3. Som nemnt i teorien om Nidelva fåregår det omfattande bygningsarbeid i dette området. Figur 2.4 viser korleis området såg ut i august 2021 [78].



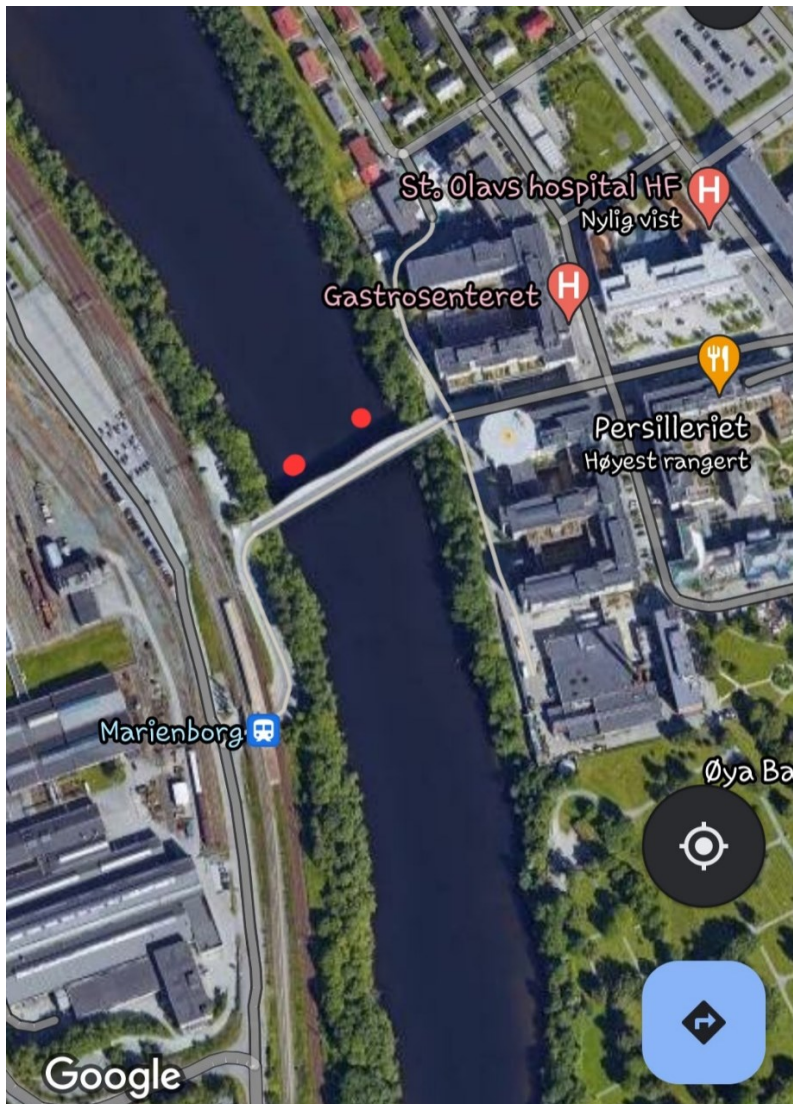
Figur 2.5 Satellittfoto henta frå Google over punkt 3, punktet er markert med raud prikk

Det tredje punktet ligg rett nedanfor Tempe idrettsanlegg, og det er ca. 3 km ovafor der elva renn forbi St. Olavs. Sjå Figur 2.5. Her er det bygningar og bylandskap på eine sida, og landbruk på den andre.



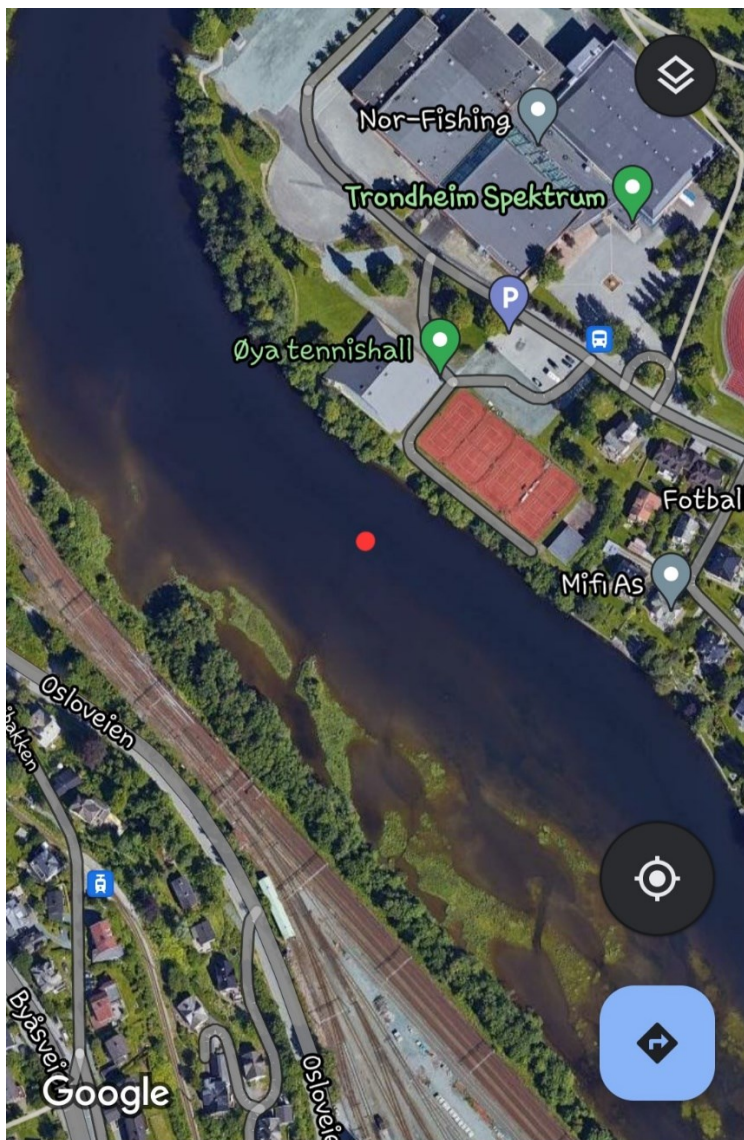
Figur 2.6 Satellittfoto henta frå Google over punkt 4, punktet er markert med raud prikk

Punkt 4 ligg rett nedanfor Tilfredshet kyrkjegard, som er ca. 500 m ovanfor der elva renn forbi St. Olavs. Sjå Figur 2.6. Dette kan vere eit interessant punkt med tanke på plantemidlar som kan bli brukt på kyrkjegarden.



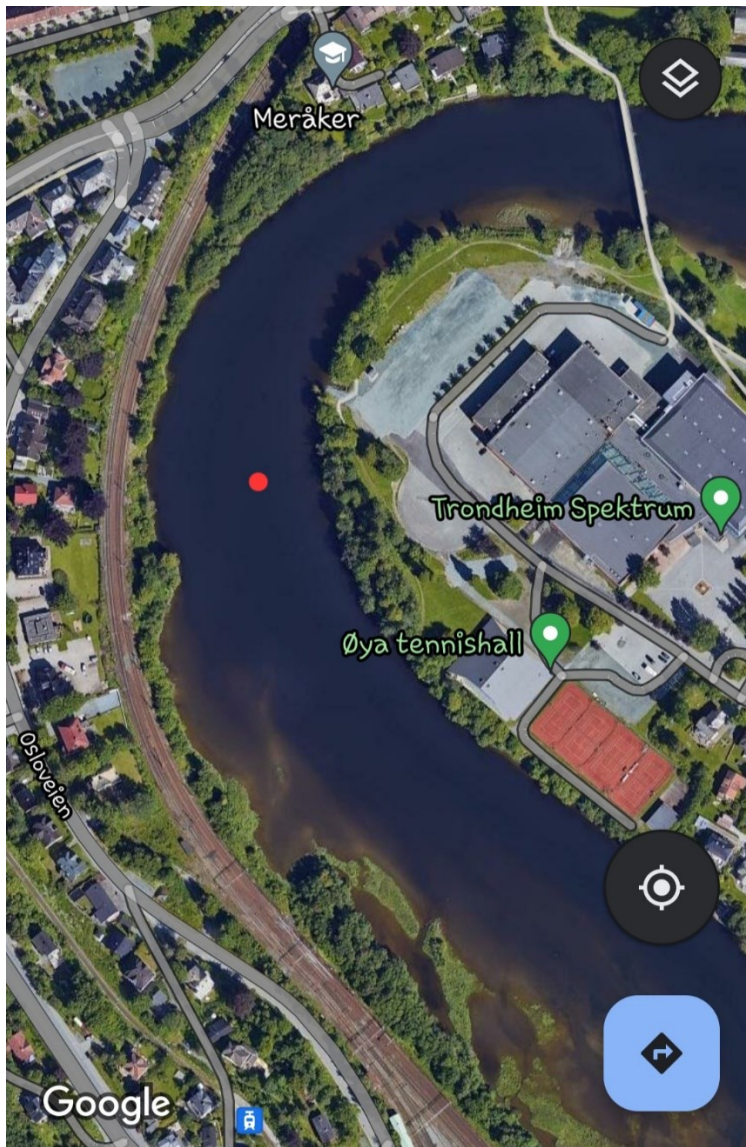
Figur 2.7 Satellittfoto henta frå Google over punkt 5 og 6, punkta er markerte med raude prikkar

Det femte og sjette punktet er begge under Ceciliebrua, som går frå St. Olavs Hospital, og over til Marienborg togstasjon. Punkt 5 er teke nær sjukehuset si side, og punkt 6 er teke nær togstasjonen si side. Sjå Figur 2.7.



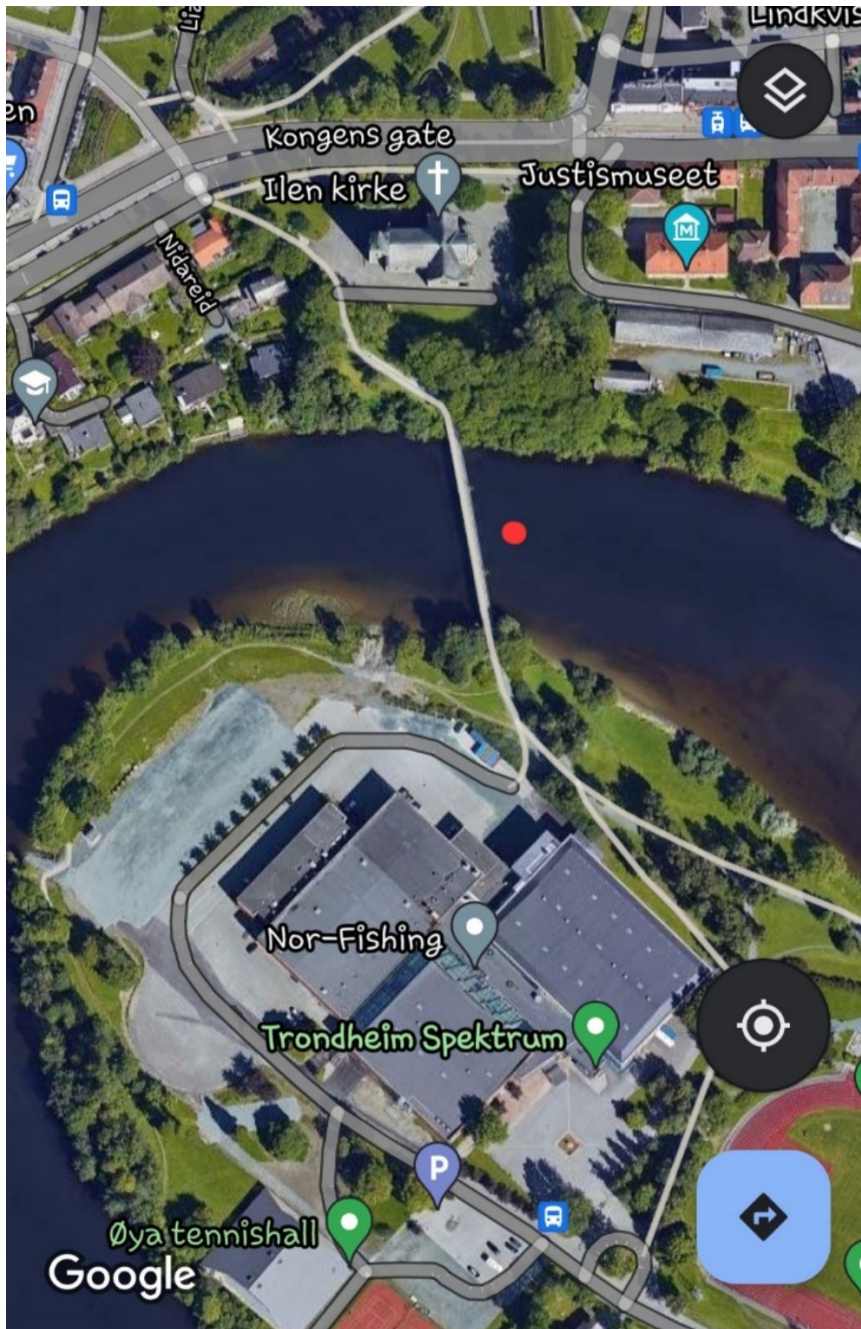
Figur 2.8 Satellittfoto henta frå Google over punkt 7, punktet er markert med raud prikk

Det sjuande punktet er rett nedanfor Øya tennishane, ca. 1 km nedanfor der elva renn forbi St. Olavs. Sjå Figur 2.8.



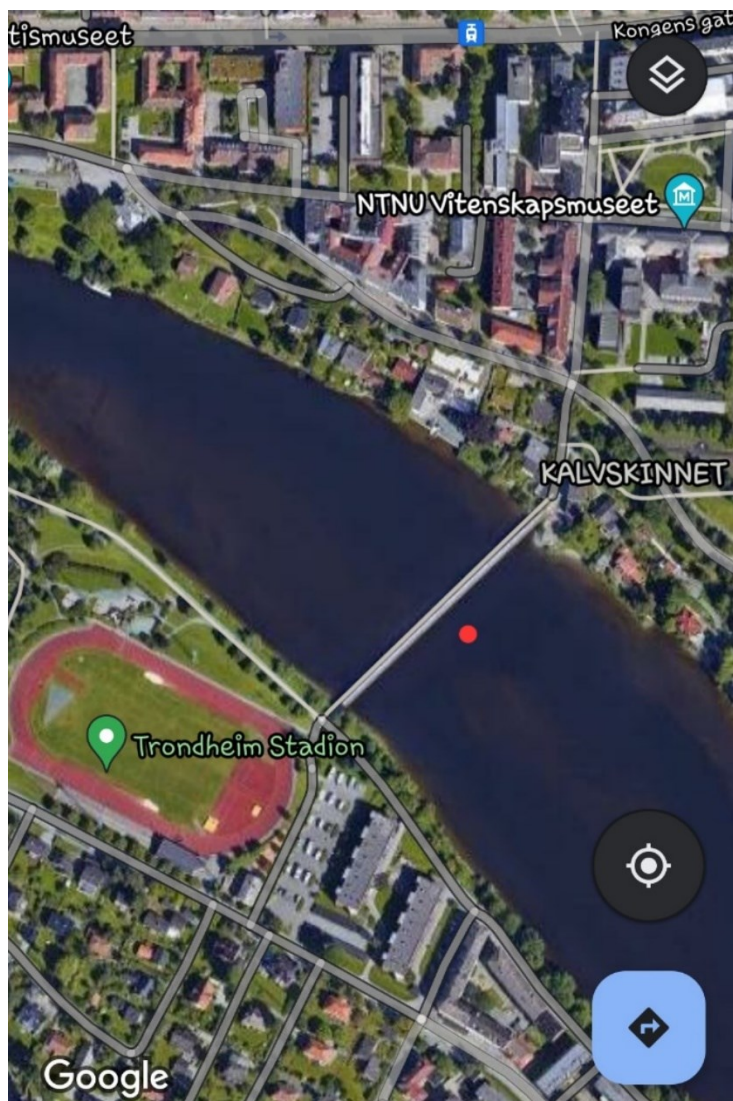
Figur 2.9 Satellittfoto henta frå Google over punkt 8, punktet er markert med raud prikk

Det åttande punktet er lengre inn i den store svingen elva tek rundt Trondheim Spektrum, ca. 200 m nedanfor punkt 7. Sjå Figur 2.9.



Figur 2.10 Satellittfoto henta frå Google over punkt 9, punktet er markert med raud prikk

Det niande punktet er Nidareid bru, som går frå Trondheim Spektrum og over til Ilen kyrkje. Dette er ca. 200 m etter punkt 8. Sjå Figur 2.10.



Figur 2.11 Satellittfoto henta frå Google over punkt 10, punktet er merka med raud prikk

Det tiande og siste punktet er Gangbrua, som går frå Trondheim Stadion og over til Kalveskinnet. Sjå Figur 2.11. Dette punktet er ca. 2 km nedanfor der elva renner forbi St. Olavs Hospital, dersom ein følgjer elva.

Tabell 2.2 under viser datoane for alle prøvetakingane. Det vart samla inn prøver frå kvart punkt i alle prøvetakingane. Veka før 1. prøvetaking hadde det vore mykje nedbør, og vasstanden i elva var høg, med mykje straum. Det regna også litt under prøvetakinga. Veka før 2. prøvetaking hadde det vore fint ver, og ikkje regna noko særleg. Vasstanden i elva var betydeleg mindre enn ved 1. prøvetaking, og det lukta litt råte. Veka før 3. prøvetaking hadde det heller ikkje vore noko særleg med nedbør, men det hadde vore svært mykje vind. Det var omtrent same vasstand i elva som ved 2. prøvetaking. Ved 4. prøvetaking hadde det framleis vore fint ver med lite nedbør, og det var enno lågare vasstand i elva. Mellom 4. og 5.

prøvetaking hadde det kome ein god del nedbør, og temperaturen var nede i 3°C.

Vasstanden i elva var no mykje større. Veka før 6. prøvetaking hadde det regna svært mykje, og vasstanden i elva var høg med mykje straum under prøvetakinga.

Tabell 2.2: Tabellen viser når prøvene vart samla inn. Ti prøver kvar prøvetaking.

Prøvetaking	Dato
1.	10.09.21
2.	17.09.21
3.	01.10.21
4.	05.10.21
5.	03.11.21
6.	20.11.21

2.2 Arbeid på lab

Etter kvar innsamling av prøver, vart dei tekne med på lab for å førebu dei til vidare analysering. På laboratorium på NTNU Gløshaugen, vart vassprøvene filtrert med VWR filter med 25 mm omkrins, 0,45µm pore-storleik og PES-membran. Dette vart gjort ved hjelp av ei 20 ml lateks-fri HENKE-JECT sprøyte med polypropylen sylindar og stempel og polyisopren stoppar. Sprøyta vart først vaska med prøve, og deretter vart sprøyta fylt med prøve som gjennom filteret vart drypt ned i eit 15 ml sterilt VWR sentrifugeringsrøyr av polypropylen skrukork av polyeten med høg tettleik. Det vart fylt med 2 mL prøve. Så vart røret rista godt, og snudd og venda på for å vaske det. Dette vart gjenteke tre gongar. Deretter vart glaset fylt med 10 mL vassprøve, og det vart drypt 3 dropar HNO₃ (0,1 M) nedi for konservering. Dette vart gjort med vassprøver frå alle punkta, frå alle prøvetakingsdagane. Før kvar nye prøve vart sprøyta vaska med ionebytta vatn, og det vart tatt i bruk eit nytt filter. Behaldaren med prøve vart også rista kvar gong før det vart helt oppi sprøyta. Alt dette vart gjort i følgje med ISO-standard NS-EN ISO 17294-1:2006.

Etter at alle desse prøveglasa vart fylde opp, vart det målt turbiditet, leiingsevne og pH av alle prøvene. Dette vart gjort ved å først vaske eit 20 mL begerglas med prøve, og deretter fylla dette med prøve. Dette vart tilsett ein vaska magnet, og sett på ein magnetrøyrar. Så vart leiingsevne målt ved hjelp av eit WTW 350i Multimeter med ein ConOX elektrode. Deretter vart pH målt ved hjelp av eit WTW 3430 multimeter med ein SenTix 940 pH-

elektrode. Turbiditet vart målt ved å først vaske cella til instrumentet med prøve, og deretter fylle ho ca. 80% full med prøve. Så vart turbiditeten målt av apparatet Turbiquant 1100 IR.

Prøvene vart levert til ICP-MS-analyse 07.12.21, og analyseringa vart utført av Kyyas Seyitmuhammedov. Her også vart ISO-standard NS-EN ISO 17294-1:2006 følgd.

3 Analyse/Resultat

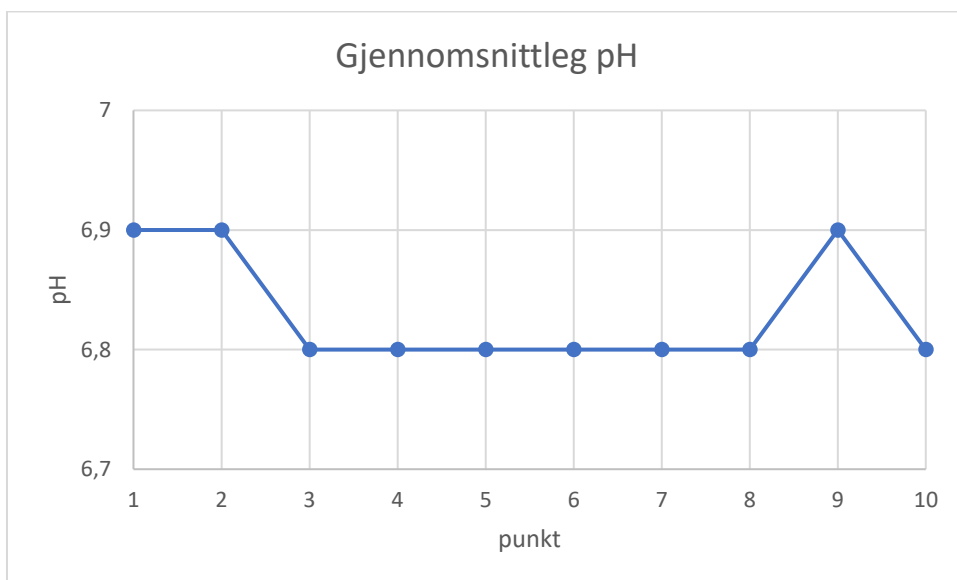
I dette kapittelet vil kvalitetsparameter for vatn bli presentert først, og deretter vil resultatata frå ICP-MS verte presentert.

3.1 Resultat – kvalitetsparameter

Her kjem resultatata frå målingane av pH, leiingsevne og turbiditet.

3.1.1 pH

pH vart målt ved alle prøvepunkta. Figur 3.1 viser gjennomsnittet av dei målte pH-verdiane for alle punkta. Prøvepunkt er vist ved x-aksen, og gjennomsnittleg pH-verdi er vist ved y-aksen. Det vises at der ikkje er noko særleg variasjon i pH-verdien for punkta, og at verdiane er innanfor grenseverdien som er mellom 6,5 og 9,5.

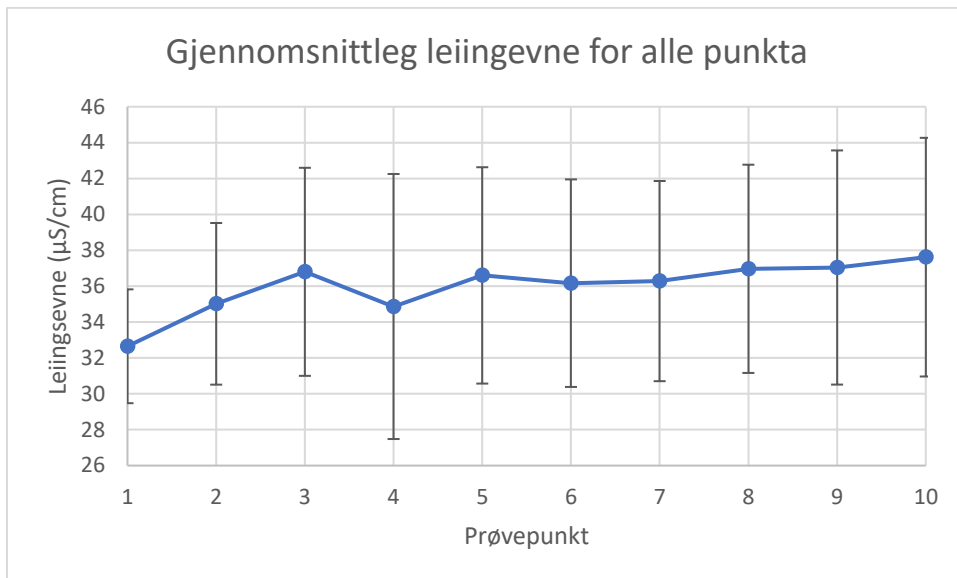


Figur 3.1 Figuren viser gjennomsnittleg pH for alle prøvetakingane ved dei 10 prøvepunkta

3.1.2 Leiingsevne

Leiingsevne vart også målt for alle prøvepunkta. Figur 3.2 viser gjennomsnittleg leiingsevne for alle 10 punkta, med standardavvik. Punkta visast ved x-aksen, og leiingsevne målt i $\mu\text{S}/\text{cm}$ visast ved y-aksen. Ein ser at leiingsevna er lågast ved punkt 1, og at den stig raskt mot punkt

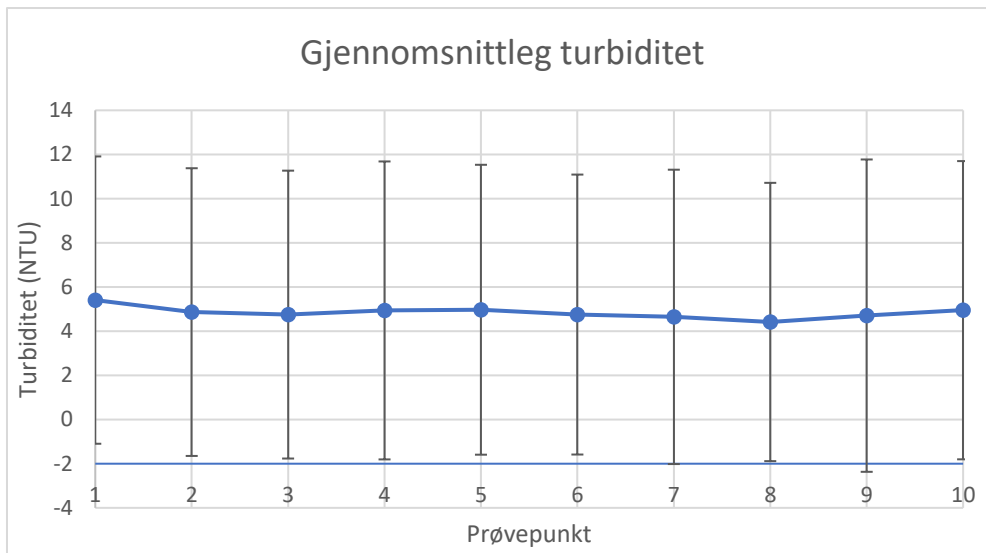
2 og 3, før den går ned igjen i punkt 4. I punkt 5 stig den brått, før den går litt ned i punkt 6, og så stig den sakte gjennom resten av punkta og får sin høgaste verdi i punkt 10. Det er totalt sett ikkje stor forskjell på lågaste og høgste verdi for leiingsevna. Gjennomsnittet i alle punkta ligg godt under grenseverdien på 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



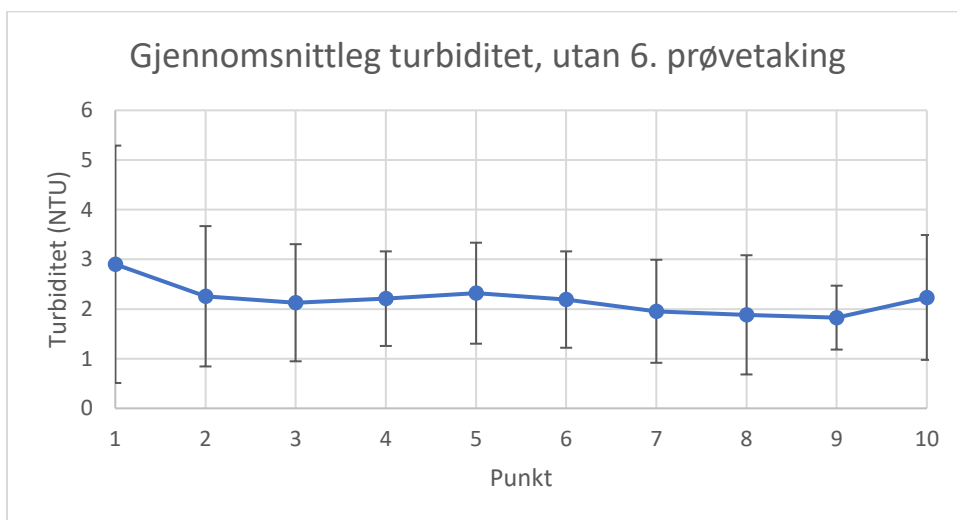
Figur 3.2 Figuren viser gjennomsnittleg leiingsevne for alle punkta, med standardavvik

3.1.3 Turbiditet

Turbiditet vart også målt ved alle 10 punkta for kvar prøvetaking. Figur 3.3 viser gjennomsnittleg turbiditet for dei 10 punkta, med standardavvik. Den gjennomsnittlege verdien ligg over 1 NTU, som er grenseverdien, i alle punkt. Det er ikkje særleg stor variasjon mellom gjennomsnittsverdiane for punkta. Standardavviket er ganske stort, då verdiane ved sjette prøvetaking var betydeleg høgare enn ved dei andre prøvetakingane. Figur 3.4 viser dei gjennomsnittlege verdiane med standardavvik, utan å ha med verdiane frå sjette prøvetaking. Ein ser at gjennomsnittleg turbiditet, utan verdiane frå sjette prøvetaking, ikkje ligg like mykje over grenseverdien. Alle verdiane som vart målt er vist i Tabell 3.1. Her ser ein at verdiane målt ved sjette prøvetaking var langt over grenseverdien.



Figur 3.3 Figuren viser gjennomsnittleg turbiditet med standardavvik



Figur 3.4 Figuren viser gjennomsnittleg turbiditet med standardavvik, utan 6. prøvetaking

Tabell 3.1: Dei målte verdiane for turbiditet [NTU] ved kvart punkt for alle prøvetakingane

Prøvetaking → Punkt ↓	1	2	3	4	5	6
1	7,12	2,49	1,74	1,64	1,51	17,95
2	4,64	2,47	1,41	1,32	1,44	17,91
3	4,03	2,47	1,65	1,35	1,13	17,88
4	3,82	2,13	1,91	1,3	1,88	18,6
5	4,04	2,23	1,64	1,49	2,19	18,24
6	3,78	2,27	1,54	1,3	2,06	17,57
7	3,61	1,94	1,82	0,75	1,65	18,12
8	3,93	1,73	1,4	0,78	1,57	17,09
9	2,87	1,96	1,47	1,21	1,62	19,09
10	4,38	1,88	1,84	1,06	2,00	18,54

3.2 Vêrdata for prøvetakingsperioden

Figur 3.5 viser vêrdata for prøvetakingane. Søylediagrammet viser summen av nedbør for prøvetakingsdatoane, samt to dagar før kvar prøvetaking. Så for første prøvetaking er det summert nedbør for 08.09.21, 09.09.21 og 10.09.21, osv. Ein ser at der var mykje nedbør før 1. og 6. prøvetaking, og at der var ingen eller svært lite nedbør før dei andre prøvetakingane.



Figur 3.5 Figuren viser summen av nedbør for prøvetakingsdatoane, samt to dagar før prøvetakingane

3.3 Resultat frå ICP-MS

Her kjem resultatata frå ICP-MS-analysen, delt inn i underkapittel for kvart av stoffa som er av interessante å sjå nærare på.

3.3.1 Tungmetall

Resultat for As, Pb, Cu, Cr og Ni analysert ved ICP-MS er presentert i Tabell 3.2. Verdiane er farga etter tilstandsklassane til Miljødirektoratet. Det observerast at verdiane er anten på «bakgrunnsnivå», eller i tilstandsklassa «god». Nokre av verdiane for Pb er <DL, altså under deteksjonsgrensa.

Tabell 3.2: Tabellen viser verdier for tungmetall funne ved ICP-MS. Verdiane er farga etter tilstandsklassane gitt av Miljødirektoratet.

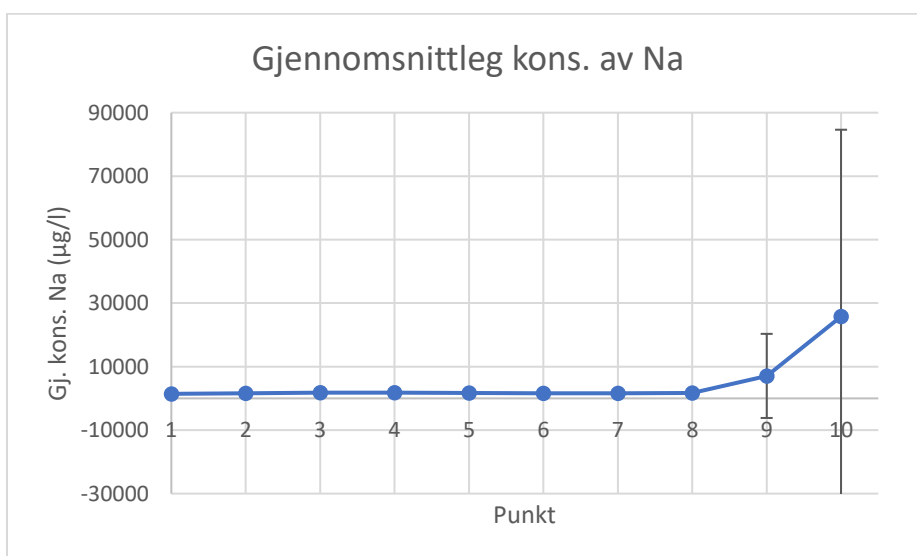
Dato	Punkt	As (µg/l)	Pb (µg/l)	Cu (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)
10.09.21	1	0,0788	0,0132	0,7397	0,1890	0,7533
	2	0,0825	0,0132	0,8520	0,1691	0,7552
	3	0,0826	0,0203	0,7532	0,1686	0,7818
	4	0,0894	0,0322	0,7682	0,1759	0,7698
	5	0,0892	0,0130	0,7882	0,1496	0,7643
	6	0,0851	0,0129	0,7842	0,1599	0,7632
	7	0,0872	0,0137	0,7619	0,1632	0,7548
	8	0,0848	0,0113	0,7769	0,1645	0,7472
	9	0,0888	0,0119	0,7161	0,1408	0,7496
	10	0,0837	0,0125	0,7732	0,1864	0,7723
17.09.21	1	0,0649	0,0150	0,6417	0,1741	0,7022
	2	0,0739	0,0016	0,5971	0,1169	0,6751
	3	0,0679	< DL	0,6292	0,1229	0,7096
	4	0,0675	0,0011	0,6038	0,1240	0,6875
	5	0,0712	0,0014	0,6069	0,1079	0,6701
	6	0,0555	0,0021	0,5880	0,1194	0,6740
	7	0,0618	0,0011	0,6082	0,1167	0,6971
	8	0,0640	0,0048	0,6620	0,1639	0,6992
	9	0,0745	0,0020	0,6060	0,1169	0,6827
	10	0,0713	0,0017	0,6076	0,1249	0,7129
01.10.21	1	0,0675	< DL	0,5927	0,1580	0,6746
	2	0,0676	< DL	0,5684	0,1103	0,6815
	3	0,0658	0,0029	0,5661	0,1141	0,6762
	4	0,0735	0,0013	0,6259	0,1139	0,7054
	5	0,0682	0,0009	0,5990	0,1217	0,6888
	6	0,0776	0,0019	0,5890	0,1219	0,6951
	7	0,0782	0,0014	0,6045	0,1156	0,6767
	8	0,0674	0,0008	0,5822	0,1115	0,6936
	9	0,0634	< DL	0,5860	0,1147	0,6836
	10	0,0649	0,0003	0,5769	0,1060	0,7029
05.10.21	1	0,0762	< DL	0,6204	0,1492	0,6790
	2	0,0731	< DL	0,5721	0,1159	0,6913
	3	0,0749	0,0021	0,6325	0,1158	0,6775
	4	0,0706	< DL	0,6208	0,1102	0,6602
	5	0,0705	< DL	0,6359	0,1148	0,6841
	6	0,0723	< DL	0,6136	0,1146	0,6734
	7	0,0816	< DL	0,6142	0,1143	0,6685
	8	0,0695	< DL	0,6330	0,1158	0,6656
	9	0,0846	< DL	0,6240	0,1146	0,6864
	10	0,1007	0,0002	0,6502	0,1690	0,7099
03.11.21	1	0,0679	0,0017	0,5945	0,1766	0,6758
	2	0,0618	0,0009	0,5897	0,1194	0,6415
	3	0,0579	0,0009	0,6157	0,1313	0,6427
	4	0,0612	0,0010	0,6225	0,1398	0,6322
	5	0,0627	0,0013	0,5865	0,1175	0,6304

	6	0,0655	0,0007	0,5933	0,1172	0,6584
	7	0,0628	0,0002	0,5919	0,1409	0,6577
	8	0,0644	< DL	0,5923	0,1218	0,6361
	9	0,0570	< DL	0,5761	0,1168	0,6320
	10	0,0702	< DL	0,5803	0,1428	0,6214
20.11.21	1	0,0616	< DL	0,6107	0,1784	0,6616
	2	0,0640	0,0055	0,6202	0,1221	0,6509
	3	0,1109	0,0199	0,9239	0,1856	0,8137
	4	0,1125	0,0196	0,9099	0,1893	0,8554
	5	0,1158	0,0239	0,9410	0,1958	0,8446
	6	0,1145	0,0244	0,9335	0,2042	0,8306
	7	0,1115	0,0262	0,9846	0,2279	0,8374
	8	0,1115	0,0597	0,9663	0,2025	0,8112
	9	0,1207	0,0240	0,9696	0,2010	0,8379
	10	0,1258	0,0095	0,9762	0,2400	0,8068

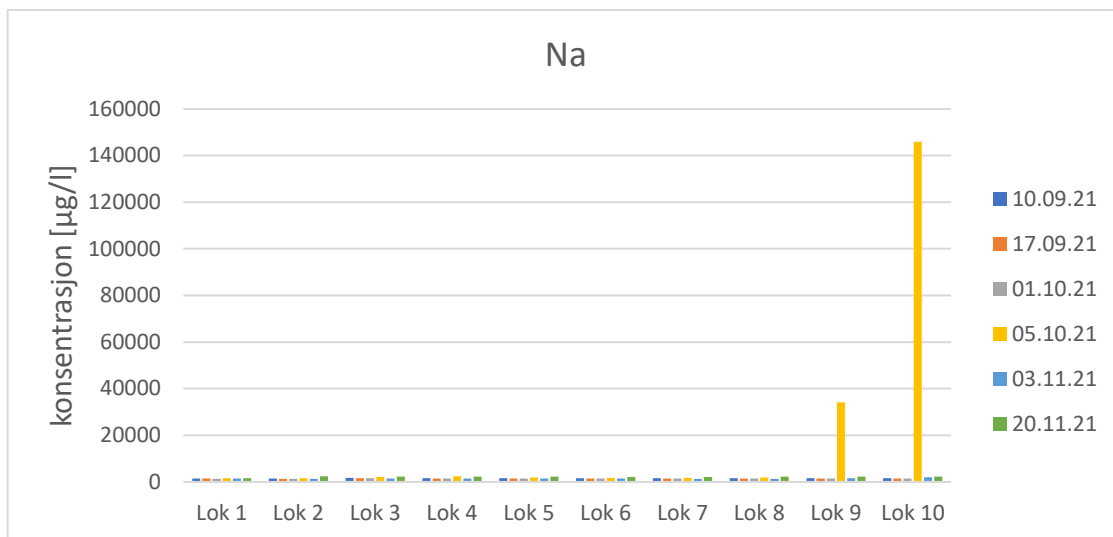
3.3.2 Natrium

Figur 3.6 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av natrium i dei 10 punkta, med standardavvik. Ein ser at der er betydeleg mykje høgare konsentrasjonar i punkt 9 og 10.

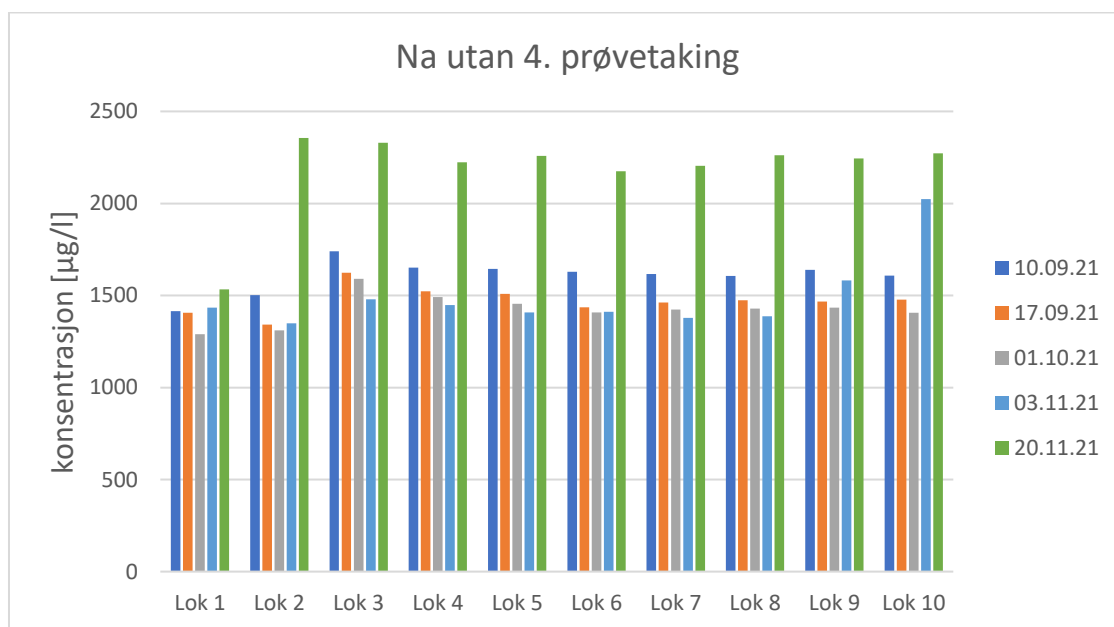
Figur 3. 7 og Figur 3.8 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Na. Under fjerde prøvetaking skilde verdiane seg ut i punkt 9 og 10, derfor er det teke med eit diagram utan denne prøvetakinga, for å få betre fram dei andre verdiane i Figur 3.8. Det observerast då at konsentrasjonane er høgare for siste prøvetaking, då det var mykje nedbør. Figur 3.9 viser boksdiagram for konsentrasjonen av Na i punkta. Ein kan observere stor forskjell på minimum og maksimum konsentrasjon i punkt 9 og 10, men også ein del forskjell i dei andre punkta.



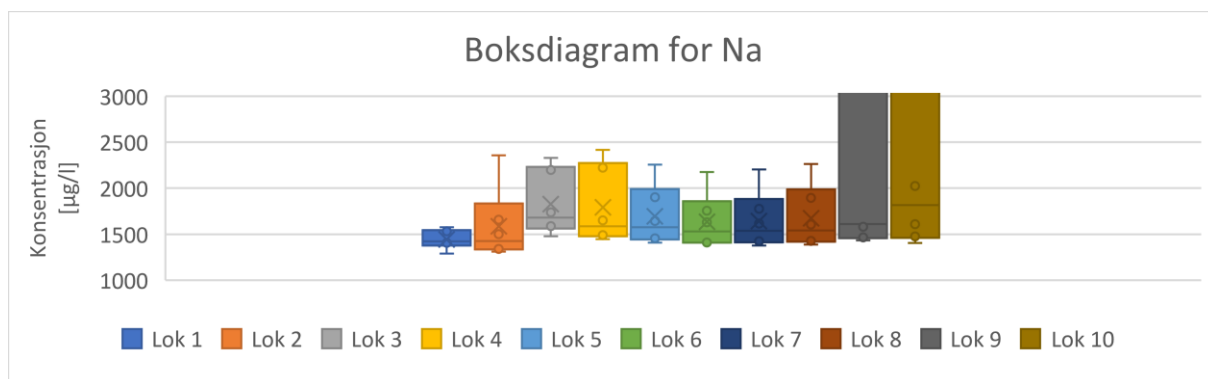
Figur 3.6 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Na i dei 10 punkta, med standardavvik



Figur 3.7 Figuren viser konsentrasjonane av Na frå alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



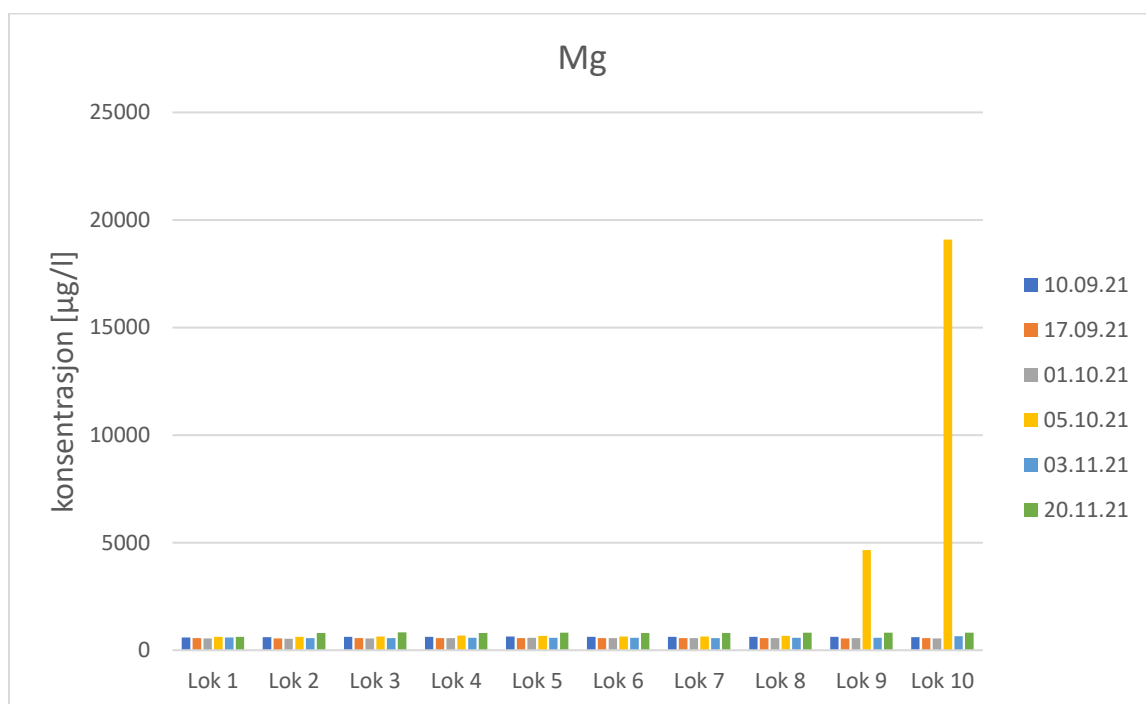
Figur 3.8 Figuren viser konsentrasjonane av Na i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



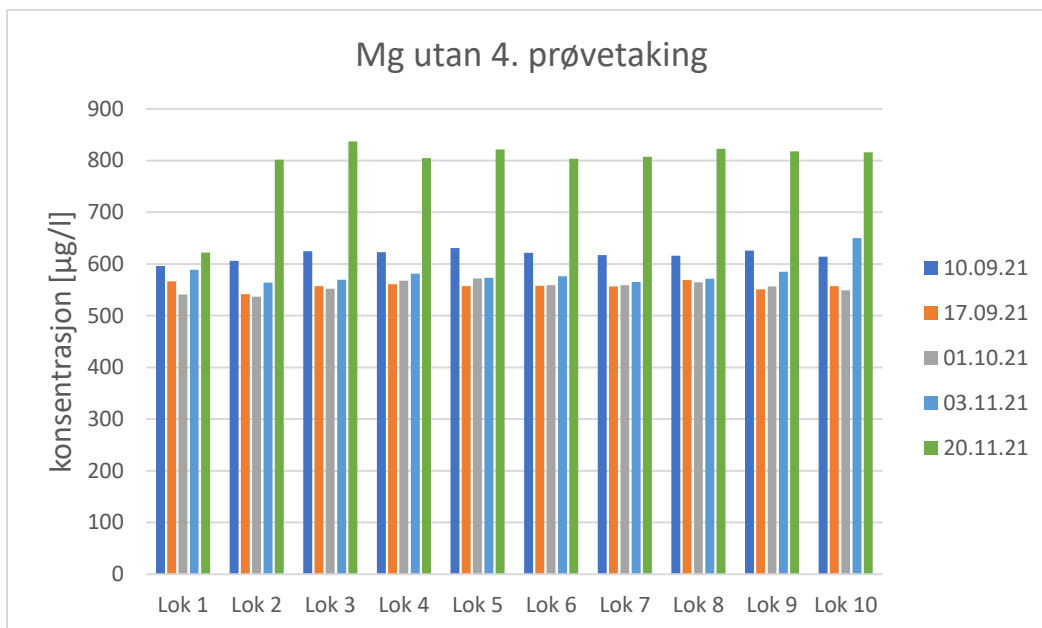
Figur 3.9 Figuren viser boksdigram for Na

3.3.3 Magnesium

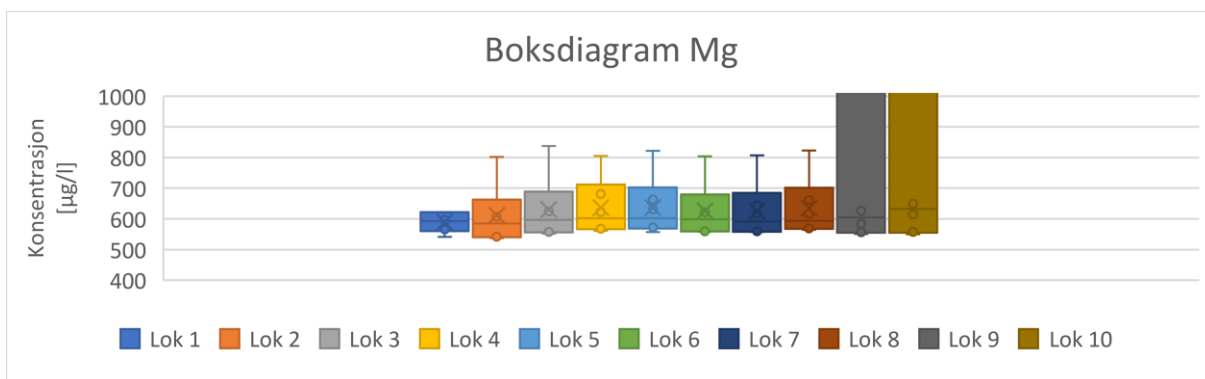
Figur 3.10 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Mg ved prøvepunkta. Her ser ein også at fjerde punkt 9 og 10 skil seg ut ved fjerde prøvetaking. Derfor viser Figur 3.11 stolpediagram for konsentrasjonane av Mg utan fjerde prøvetaking. Ein kan observere at konsentrasjonane var høgare ved sjette prøvetaking, då det var mykje nedbør. Figur 3.12 viser boksdiagram for Mg. Her kan det observerast at forskjellen mellom minimum og maksimum konsentrasjon er stor i punkt 9 og 10. Figur 3.13 viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Mg i prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere ei betydeleg aukning i punkt 9 og 10.



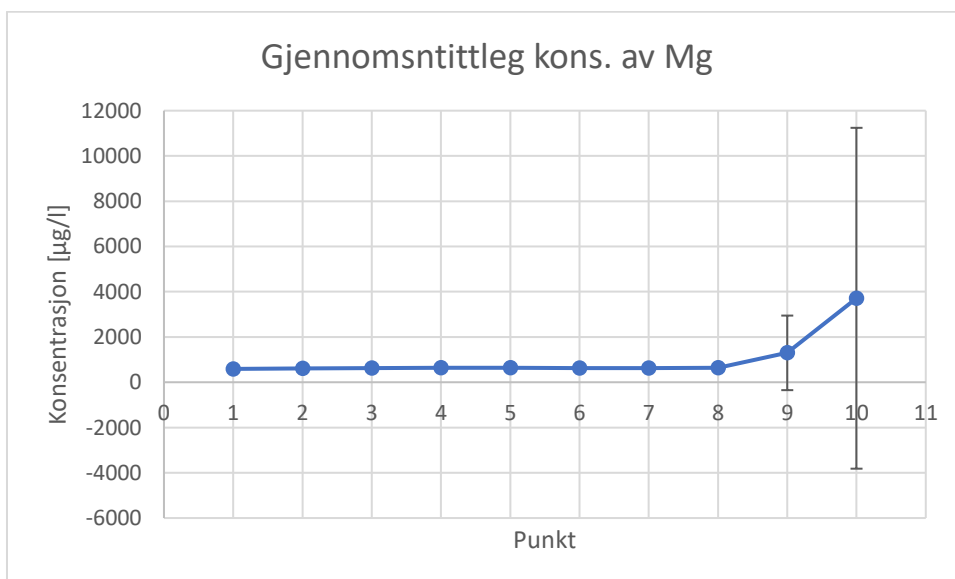
Figur 3.10 Figuren viser konsentrasjonane av Mg i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



Figur 3.11 Figuren viser konsentrasjonane av Mg i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane, utan 4. prøvetaking



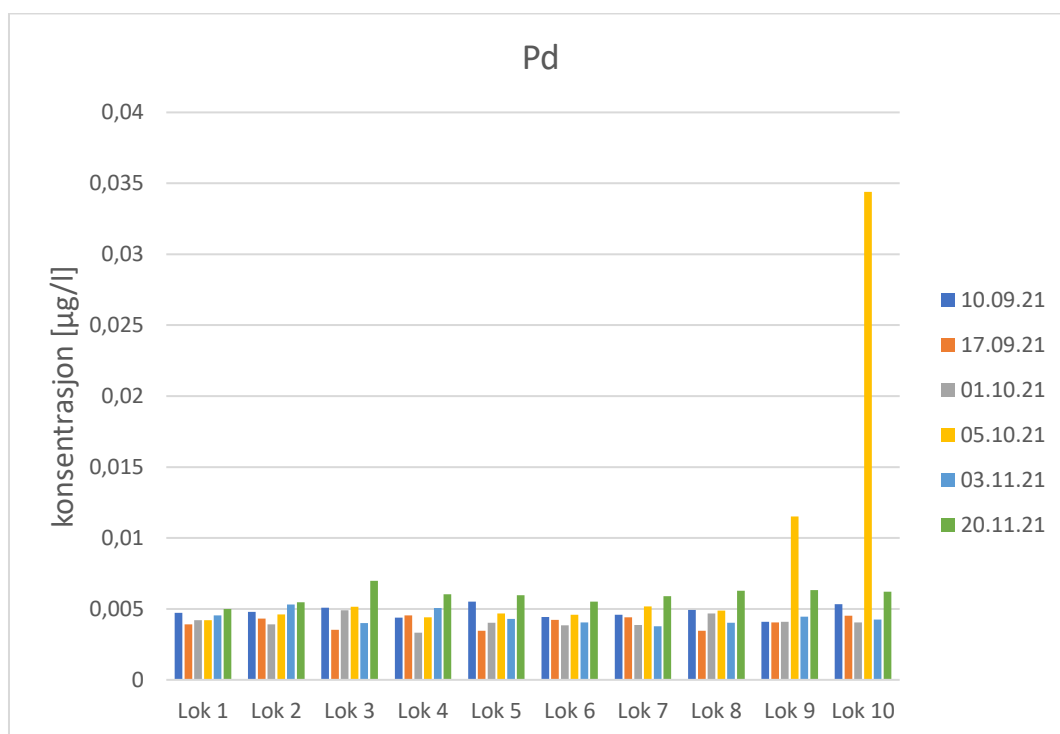
Figur 3.12 Figuren viser boksdigram for Mg



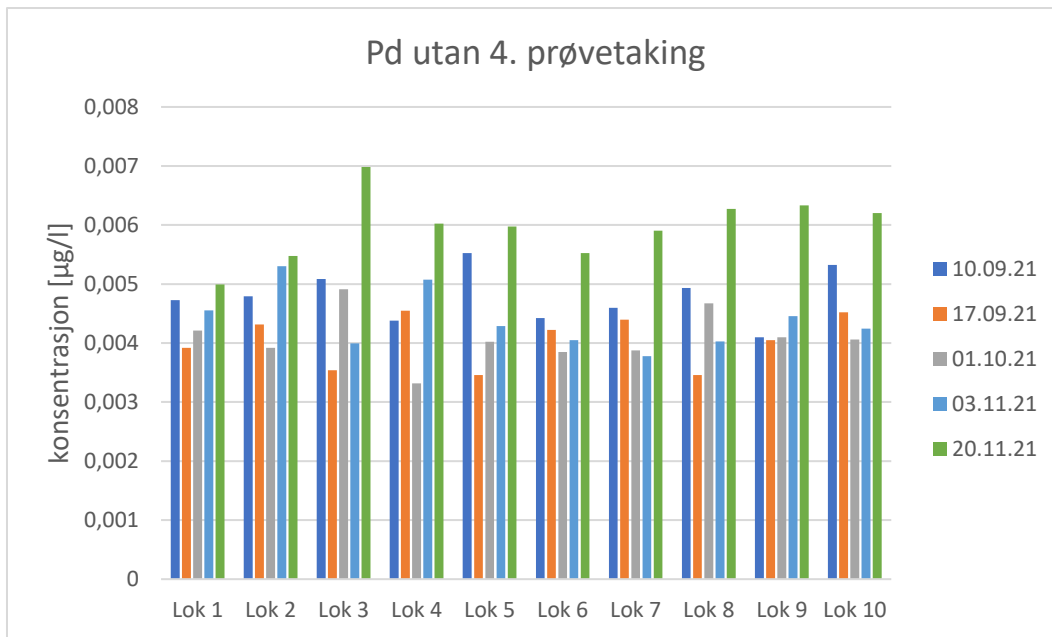
Figur 3.13 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Mg i prøvepunkta med standardavvik

3.3.4 Palladium

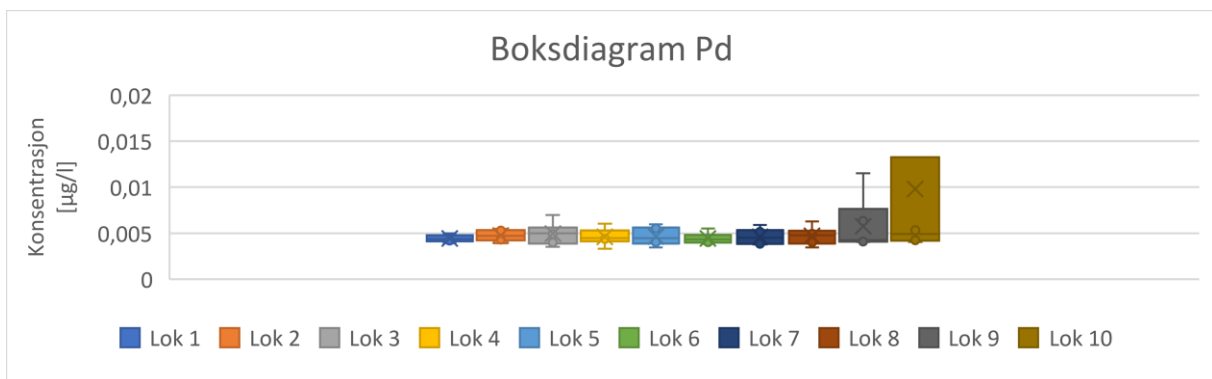
Figur 3.14 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Pd ved alle prøvepunkta. Ein kan observere at punkt 9 og 10 ved fjerde prøvetaking skil seg ut. Derfor viser Figur 3.15 stolpediagram for konsentrasjonane av Pd utan fjerde prøvetaking. Ein kan observere at konsentrasjonane er generelt høgare ved første og fjerde prøvetaking, som var dei dagane med mest nedbør. Figur 3.16 viser boksdiagram for Pd. Her kan ein observere at forskjellen på maksimal og minimal konsentrasjon er stor i punkt 9 og særleg i punkt 10. Figur 3.17 viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Pd i prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere høgare verdiar for punkt 9 og 10.



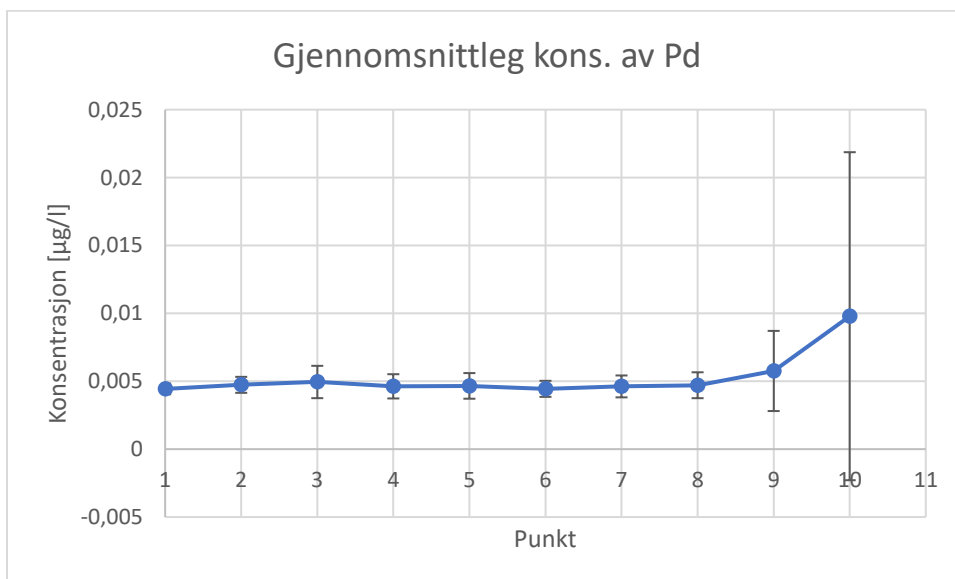
Figur 3.14 Figuren viser konsentrasjonane av Pd i alle prøvepunkt på prøvetakingsdatoane



Figur 3.15 Figuren viser konsentrasjonane av Pd i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane, utan 4. prøvetaking



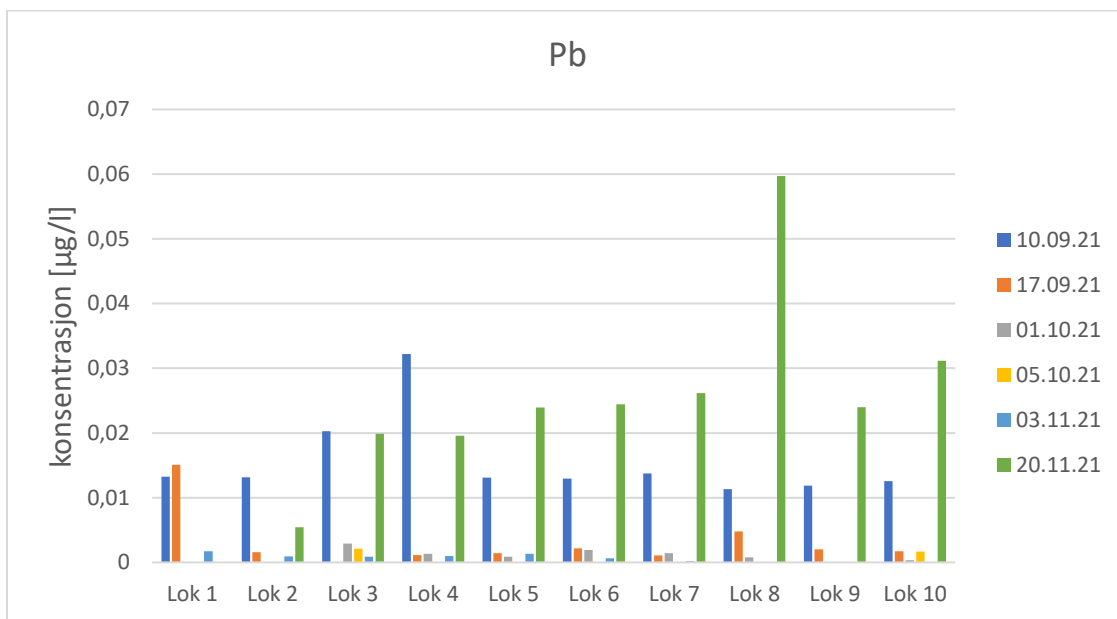
Figur 3.16 Figuren viser boksdigram for Pd



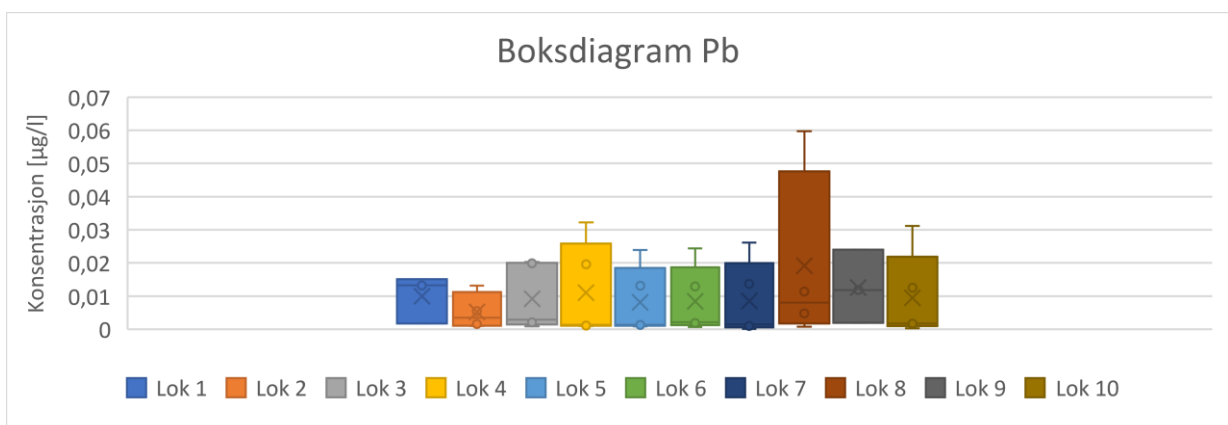
Figur 3.17 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Pd i prøvepunkta med standardavvik

3.3.5 Bly

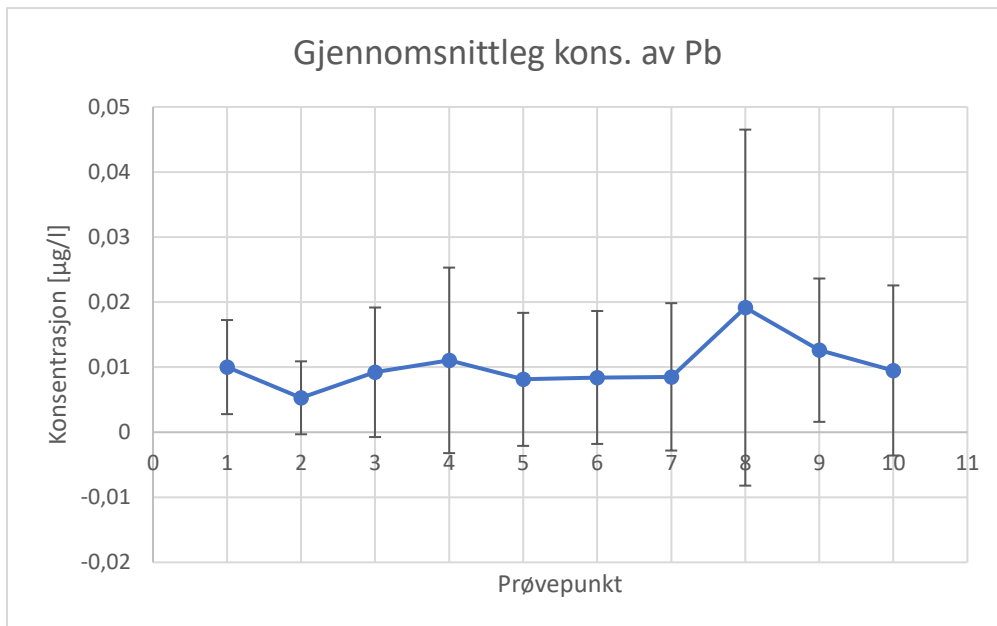
Figur 3.18 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Pb i alle prøvepunkta. Mange av Pb-målingane var under deteksjonsgrensa i ICP-MS-analysen. Ein kan observere at konsentrasjonane var høgare ved første og sjette prøvetaking, som var dei datoane med mest nedbør. Figur 3.19 viser boksdiagram for Pb, og ein kan observere at konsentrasjonen er høgast i punkt 8. Ein kan også observere at i punkt 8 er forskjellen mellom minimum og maksimum mykje større enn i dei andre punkta. Figur 3.20 viser gjennomsnitt for konsentrasjonane av Pb i prøvepunkta med standardavvik. Ein kan sjå at konsentrasjonen stig litt i punkt 8, slik som i Figur 3.19.



Figur 3.18 Figuren viser konsentrasjonen av Pb i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



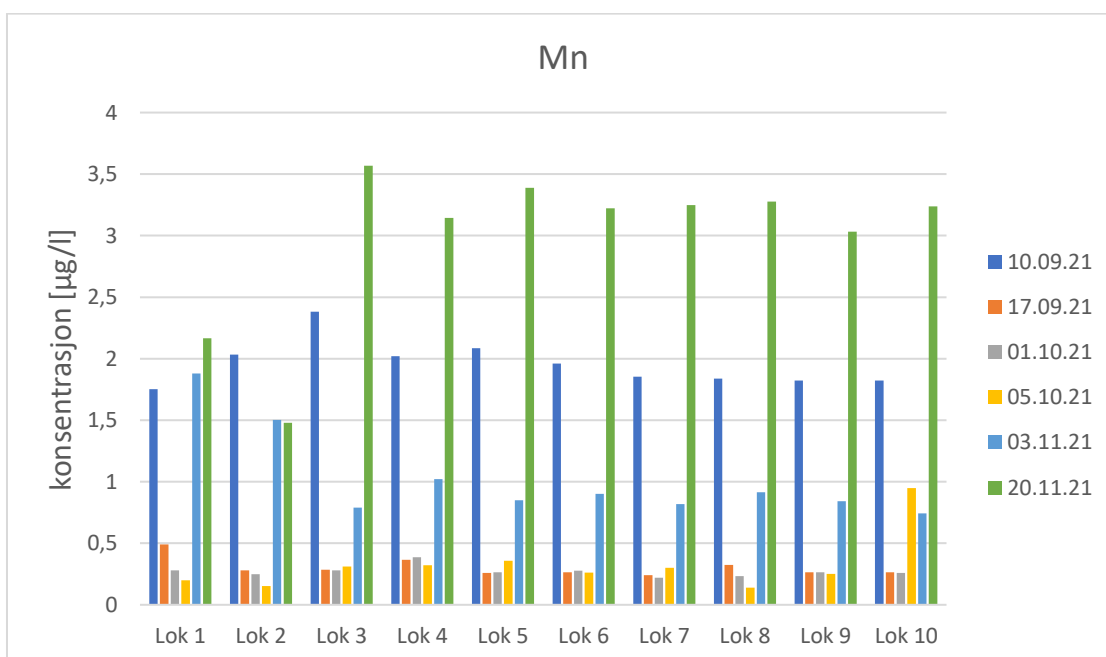
Figur 3.19 Figuren viser boksdiagram for Pb



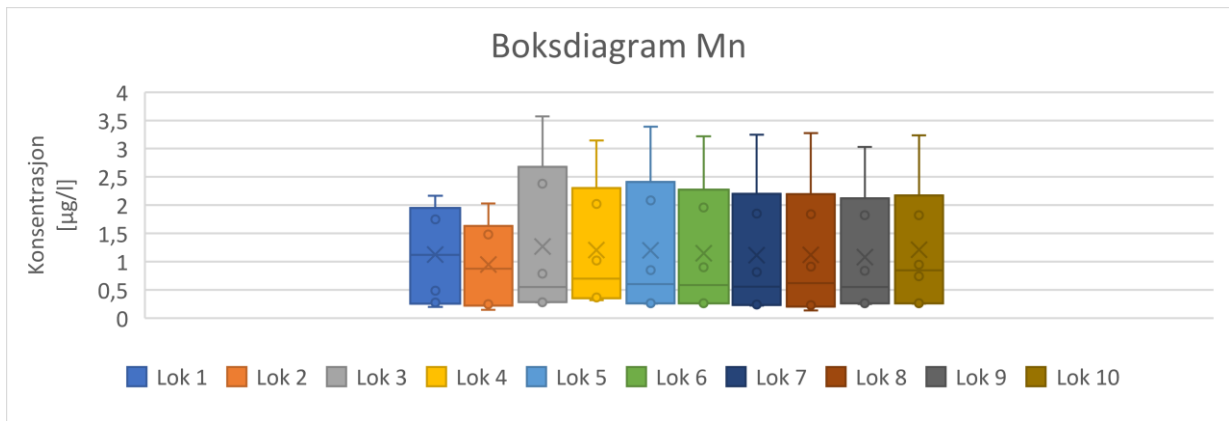
Figur 3.20 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for Pb i prøvepunkta med standardavvik

3.3.6 Mangan

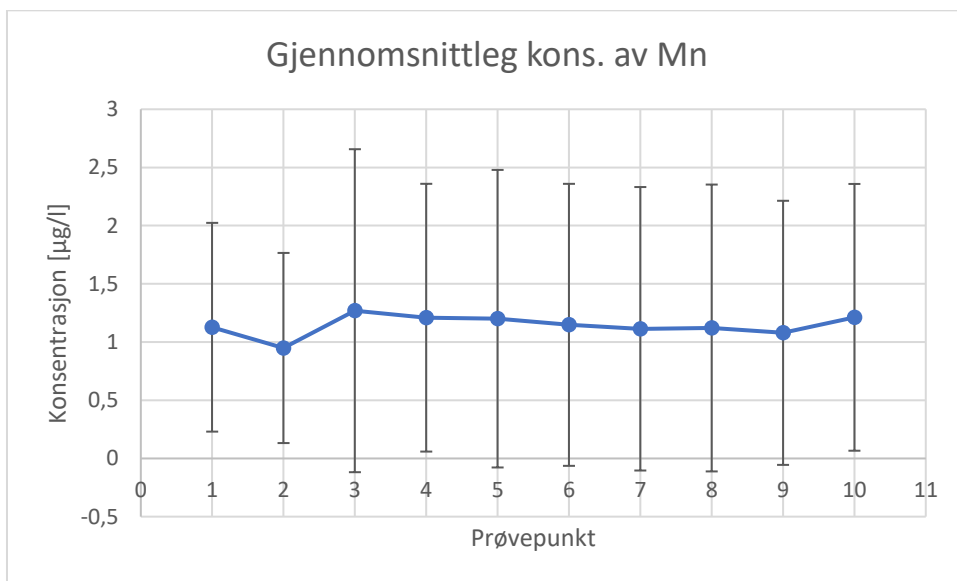
Figur 3.21 viser stolpediagram for konsentrasjonen av Mn i prøvepunkta. Ein kan observere at konsentrasjonane var ein god del høgare ved første og spesielt sjette prøvetaking, då det var mest nedbør. Figur 3.22 viser boksdiagram for Mn. Ein kan observere at det er stor forskjell mellom minimum og maksimum konsentrasjon i alle punkta. Figur 3.23 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Mn i prøvepunkta med standardavvik. Ein ser ei lita aukeing i punkt 3 og 10.



Figur 3.21 Figuren viser konsentrasjonane av Mn i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



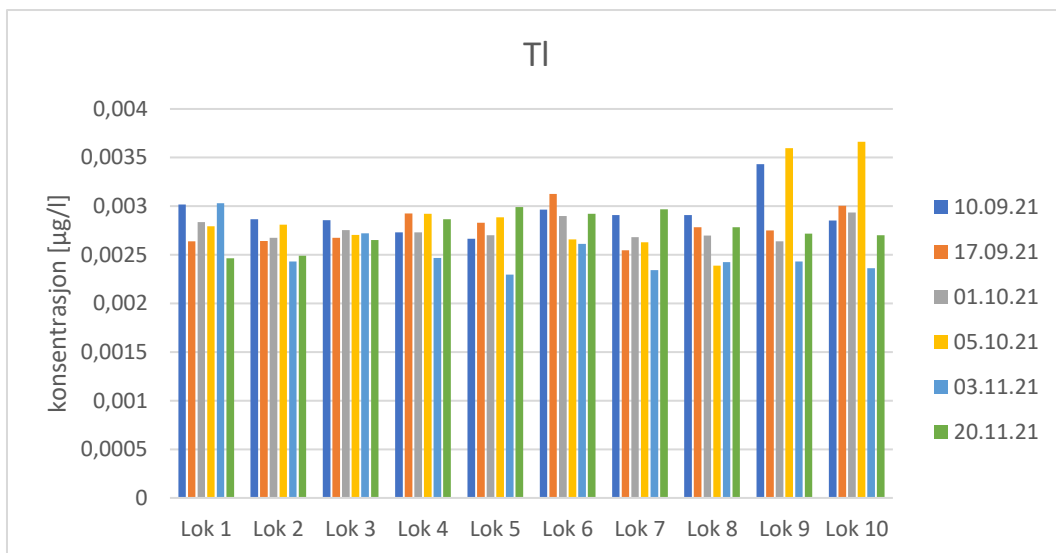
Figur 3.22 Figuren viser boksdigram for Mn



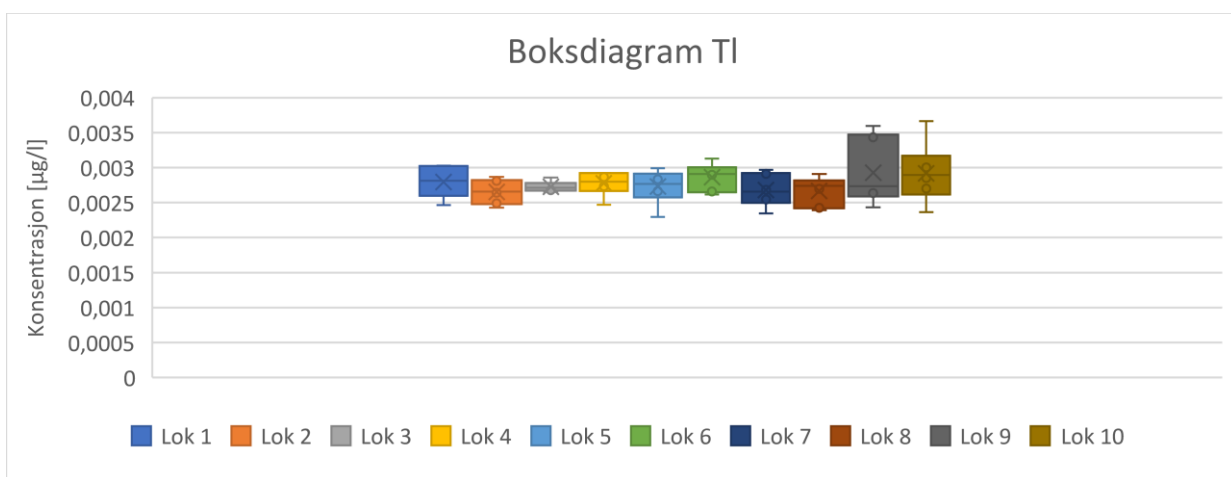
Figur 3.23 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Mn i prøvepunkta med standardavvik

3.3.7 Thallium

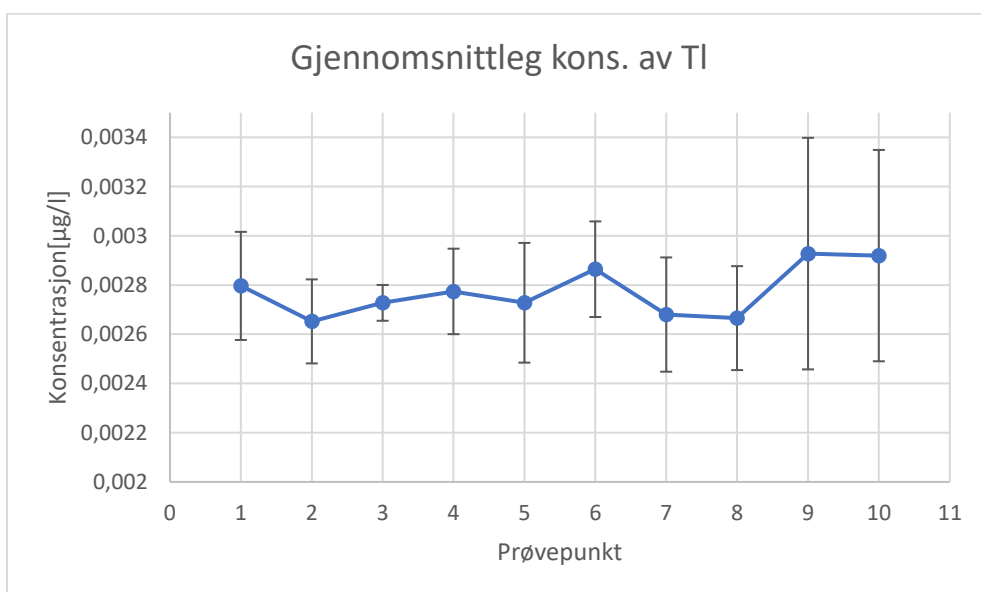
Figur 3.24 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Tl i prøvepunkta. Figur 3.25 viser boksdigram for Tl. Ein kan observere at i punkt 9 og spesielt 10 er forskjellen mellom minimum og maksimum konsentrasjon større enn i dei andre punkta. Figur 3.26 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Tl i prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere så vidt litt høgare verdier i punkt 9 og 10, samt i punkt 6.



Figur 3.24 Figuren viser konsentrasjonane av TI i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



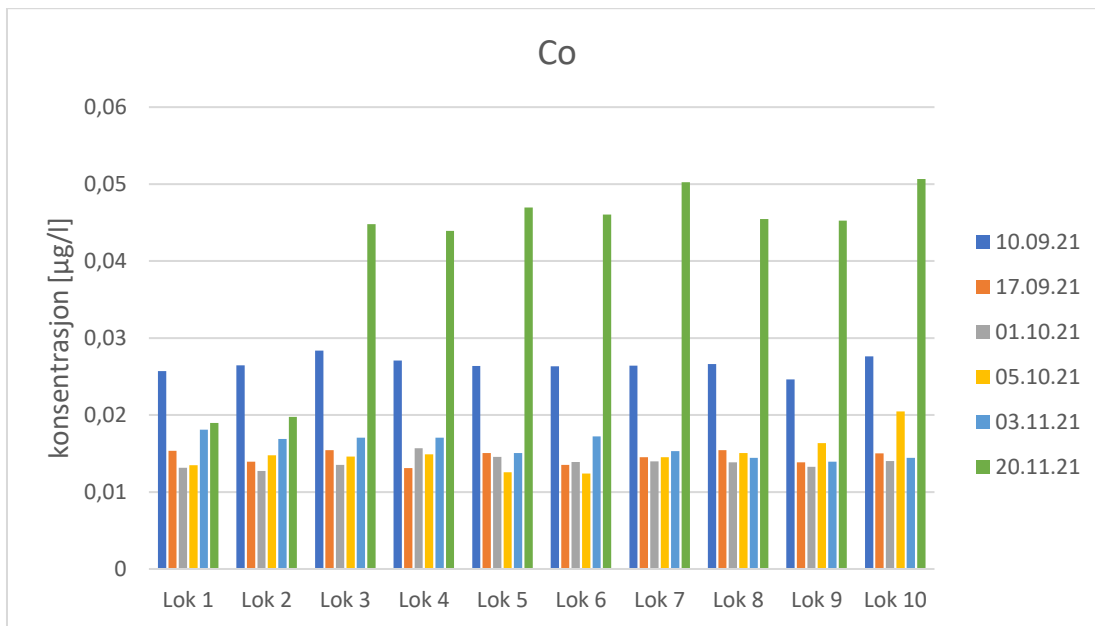
Figur 3.25 Figuren viser boksdigram for TI



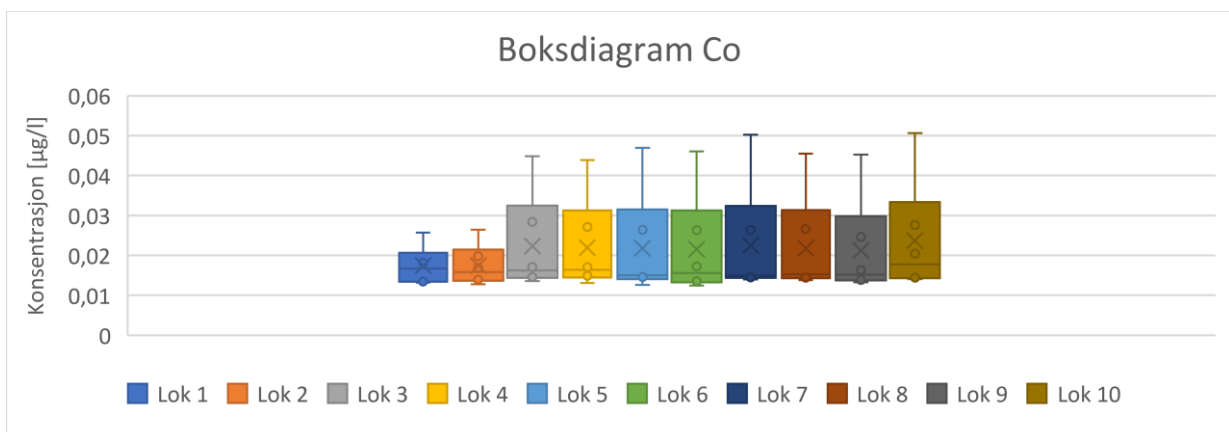
Figur 3.26 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av TI i prøvepunkta med standardavvik

3.3.8 Kobolt

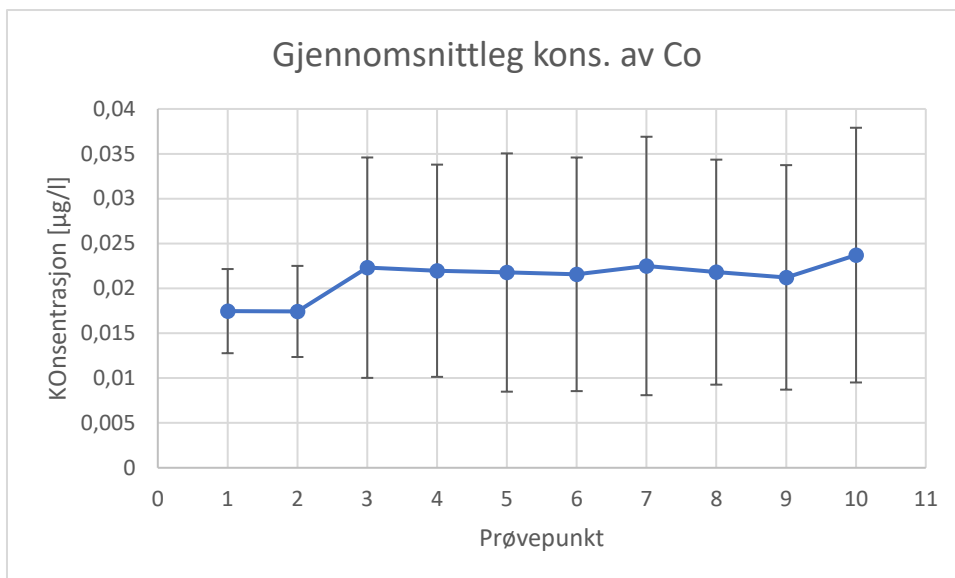
Figur 3.27 viser stolpediagram for konsentrasjonen av Co i prøvepunkta. Ein kan observere at verdiane er høgare ved første og sjette prøvetaking, som var når det var mest nedbør. Figur 3.28 viser boksdiagram for Co. Ein kan observere at forskjellen mellom maksimum og minimum konsentrasjon er større i punkt 3-10, enn i punkt 1 og 2. Figur 3.29 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Co i prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere litt høgare verdiar i punkt 6, 9 og 10.



Figur 3.27 Figuren viser konsentrasjonane av Co i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



Figur 3.28 Figuren viser boksdiagram for Co



Figur 3.29 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Co i prøvepunkta med standardavvik

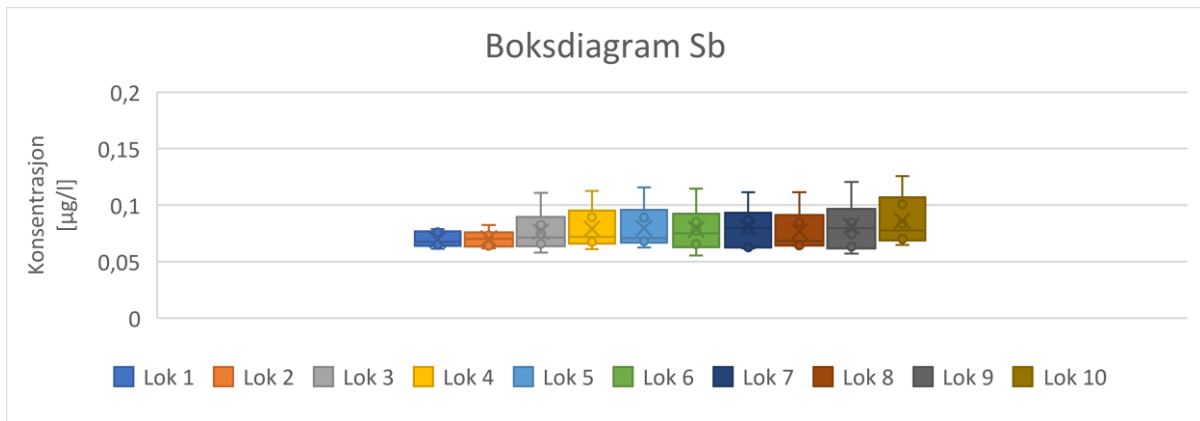
3.3.9 Antimon

Figur 3.30 viser stolpediagram for konsentrasjonane til Sb i prøvepunkta. Ein kan observere høgare verdiar ved første og sjette prøvetaking, som var dei datoane med mest nedbør.

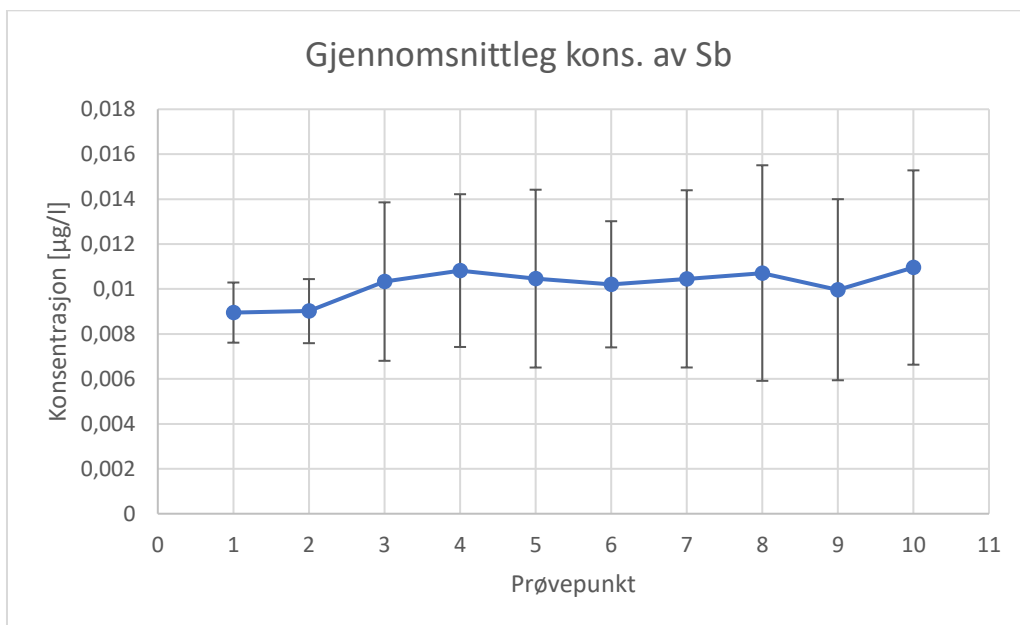
Figur 3.31 viser boksdiagram for Sb. Ein kan observere at forskjellen mellom maksimum og minimum konsentrasjon er ein del mindre i punkt 1 og 2, enn i resten av punkta. Figur 3.32 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Sb i prøvepunkta med standardavvik. Ein ser litt lågare konsentrasjon i punkt 1 og 2 enn i resten av punkta.



Figur 3.30 Figuren viser konsentrasjonane av Sb i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



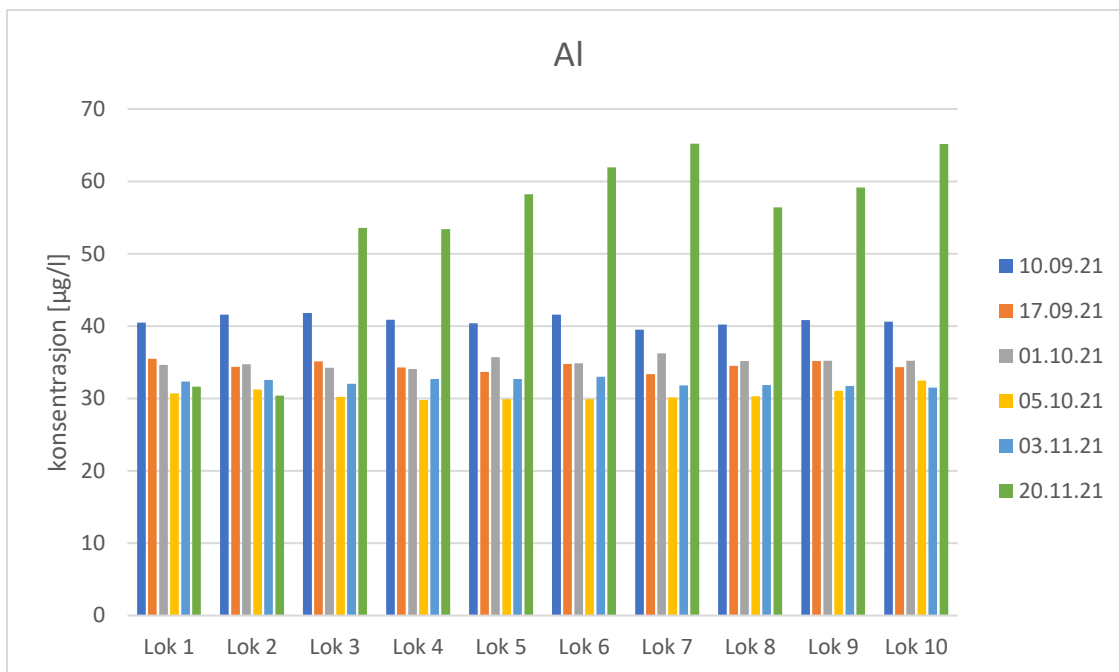
Figur 3.31 Figuren viser boksdigram for Sb



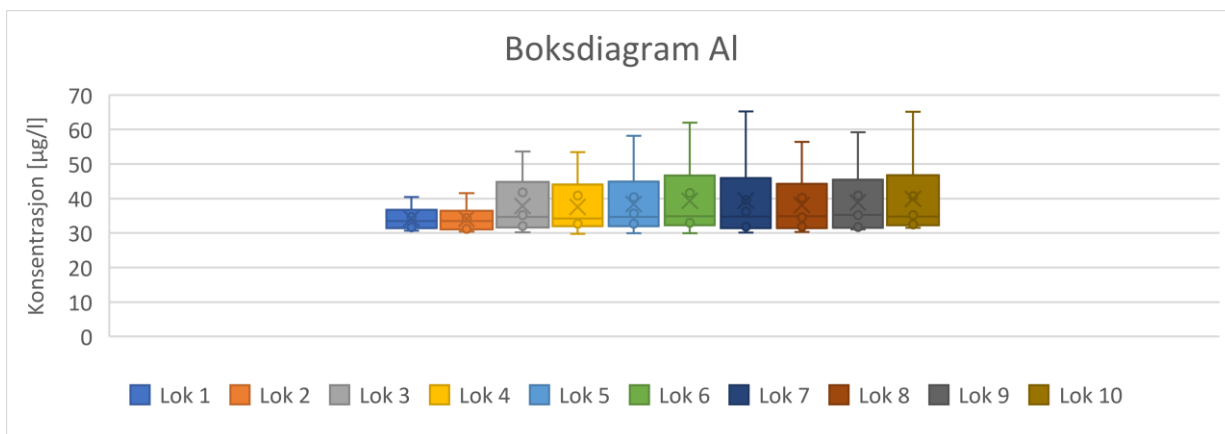
Figur 3.32 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Sb i prøvepunkta med standardavvik

3.3.10 Aluminium

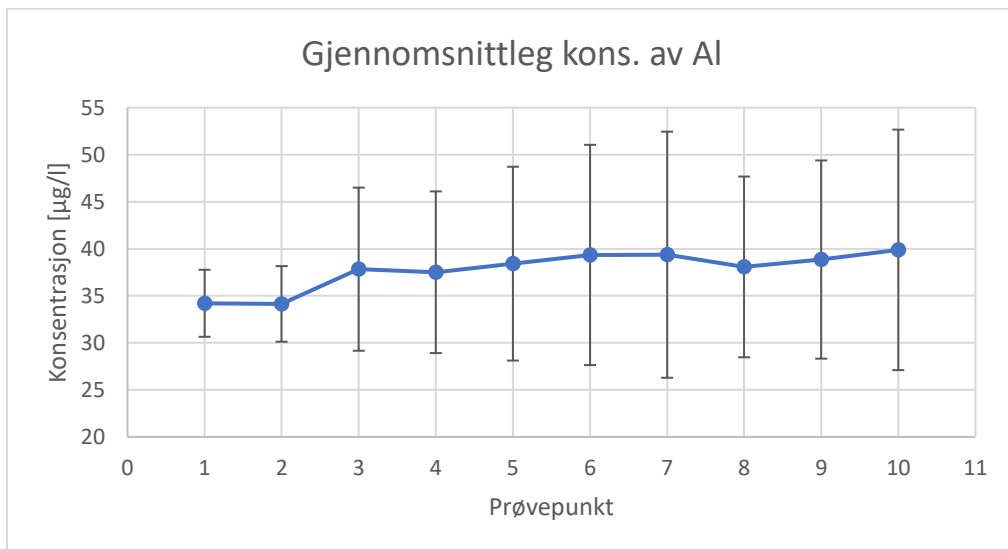
Figur 3.33 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Al i alle prøvepunkta. Ein kan observere høgare verdiar ved første og spesielt sjette prøvetaking, då det var mest nedbør. Figur 3.34 viser boksdigram for Al. Ein kan observere at forskjellen mellom maksimum og minimum konsentrasjon er mindre i punkt 1 og 2 enn i resten av punkta. Figur 3.35 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Al i prøvepunkta med standardavvik. Ein ser at konsentrasjonen er litt lågare i punkt 1 og 2 enn resten.



Figur 3.33 Figuren viser konsentrasjonane av Al i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



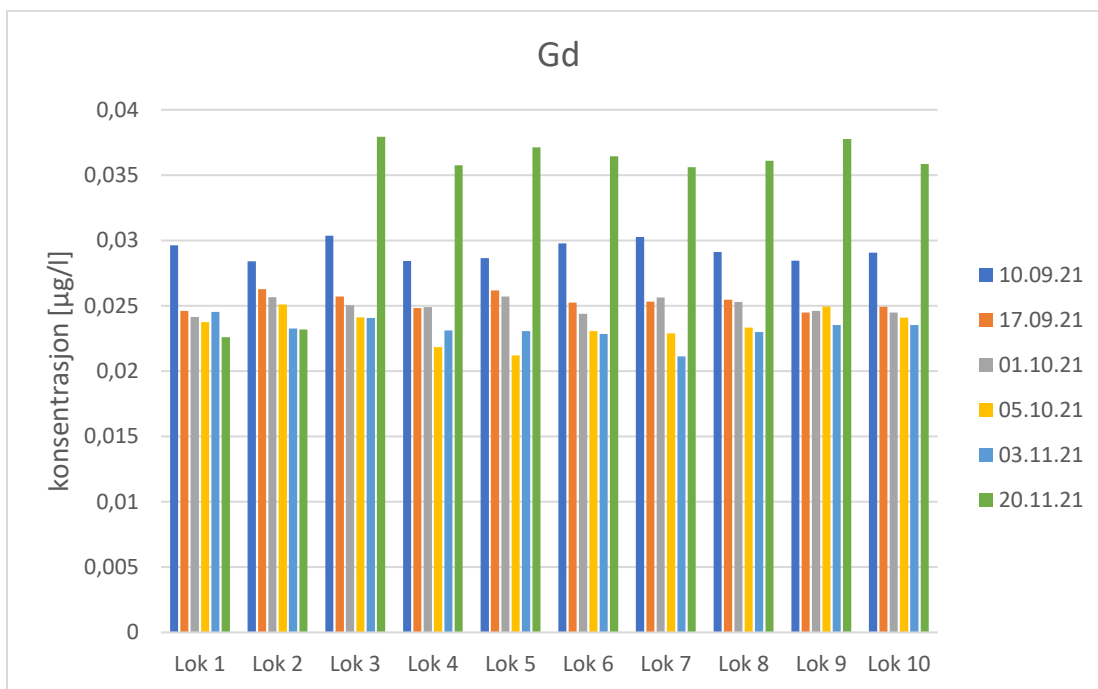
Figur 3.34 Figuren viser boksdigram for Al



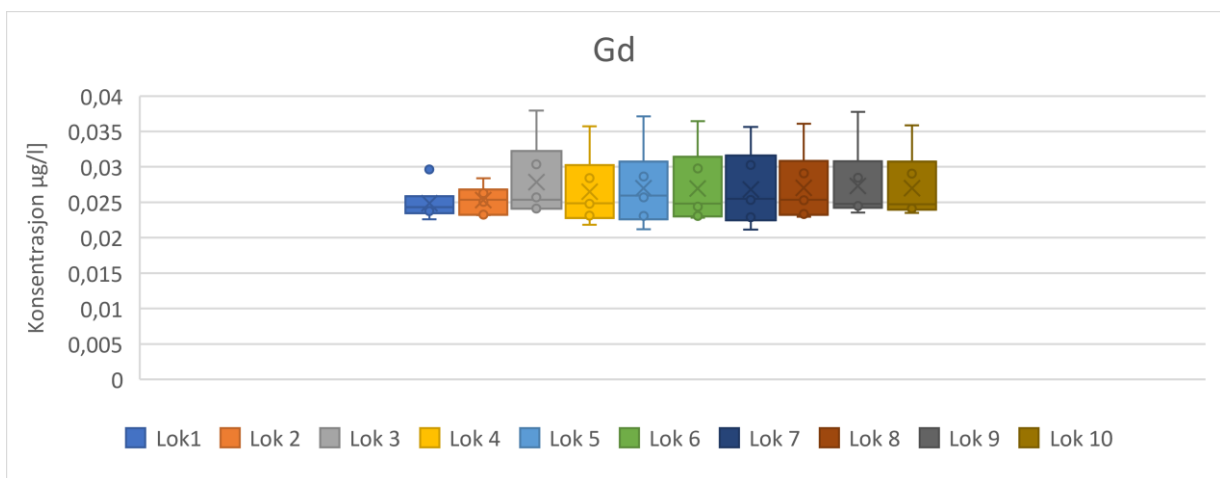
Figur 3.35 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Al i prøvepunkta med standardavvik

3.3.11 Gadolinium

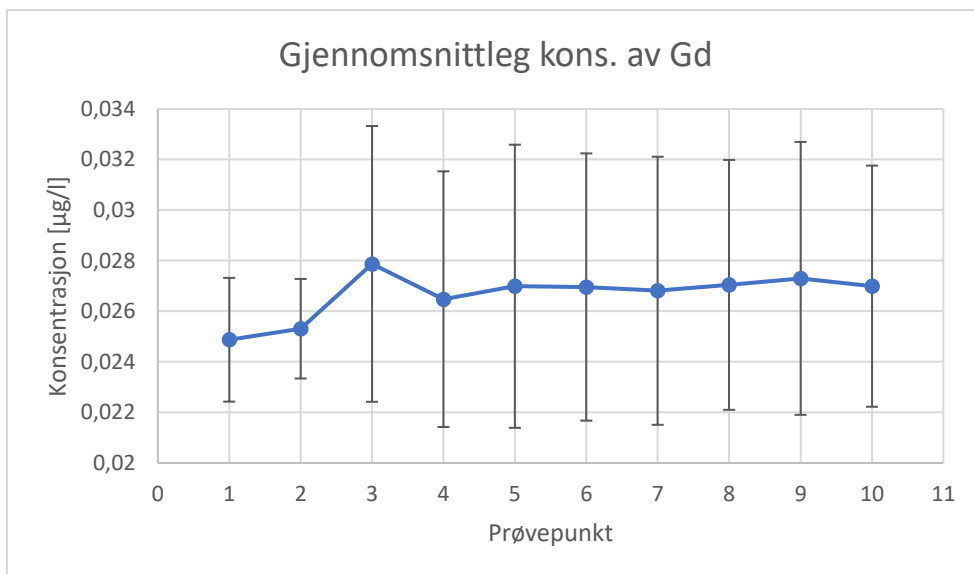
Figur 3.36 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Gd i alle prøvepunkta. Ein kan observere høgare konsentrasjonar ved første og spesielt sjette prøvetaking, dei datoane det var mest nedbør. Figur 3.37 viser boksdiagram for Gd. Ein kan observere at forskjellen mellom maksimum og minimum konsentrasjon er mykje lågare i punkt 1 og 2 enn i resten av punkta. Figur 3.38 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Gd i prøvepunkta med standardavvik. Ein ser ei lita forhøging i punkt 3, og lågare gjennomsnitt i punkt 1 og 2 enn resten av punkta.



Figur 3.36 Figuren viser konsentrasjonane av Gd i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



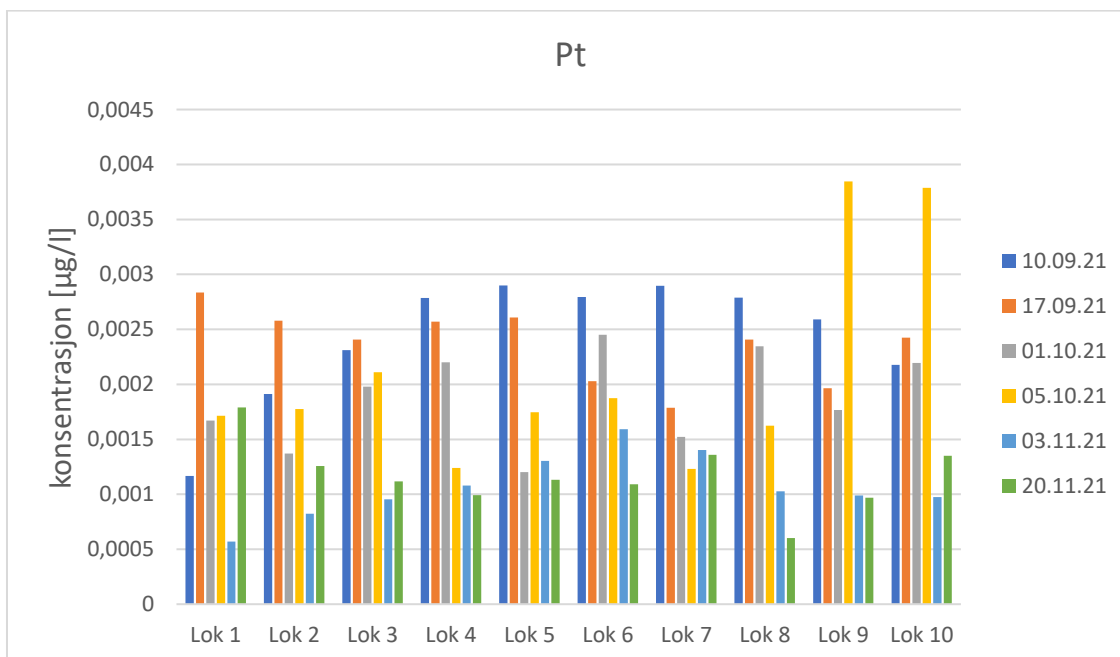
Figur 3.37 Figuren viser boksdiagram for Gd



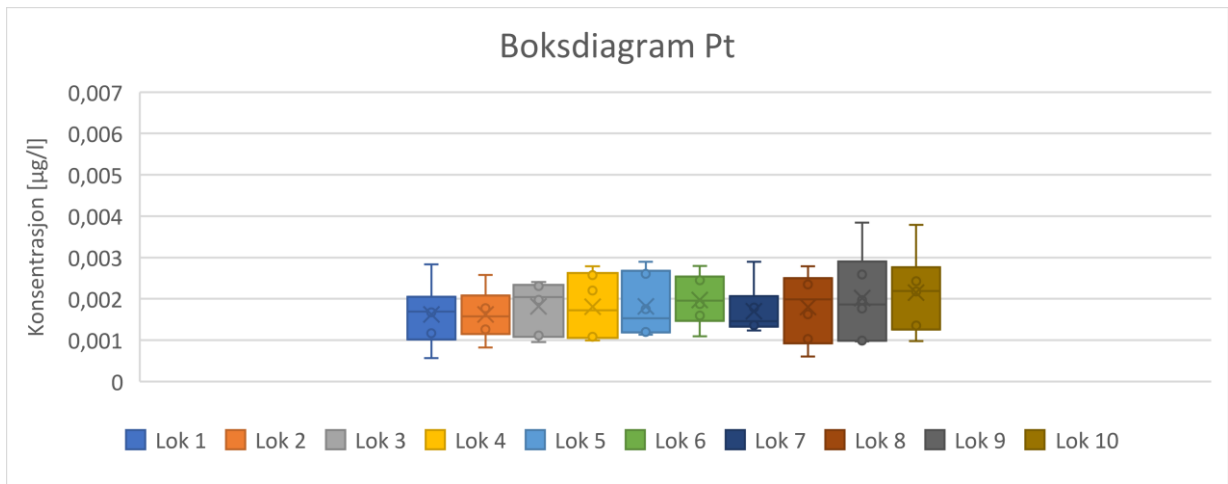
Figur 3.38 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Gd i prøvepunktta med standardavvik

3.3.12 Platina

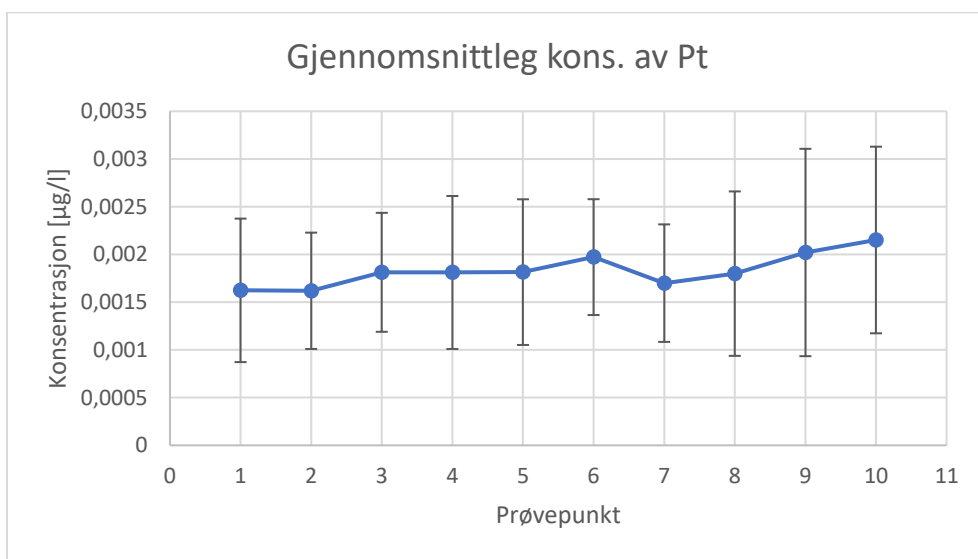
Figur 3.39 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Pt i alle prøvepunktta. Det observerast høgare verdiar ved første og andre prøvetaking. Samt at verdiane i punkt 9 og 10 ved fjerde prøvetaking skil seg ut som høgare enn resten. Figur 3.40 viser boksdiagram for Pt. Ein kan observere større forskjell mellom maksimum og minimum konsentrasjon i punkt 1, 4, 5, 8, 9 og 10 enn i resten av punkta. Figur 3.41 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Pt med standardavvik. Ein kan observere så vidt forhøging i punkt 6, 9 og 10.



Figur 3.39 Figuren viser konsentrasjonane av Pt i alle prøvepunktta på prøvetakingsdatoane



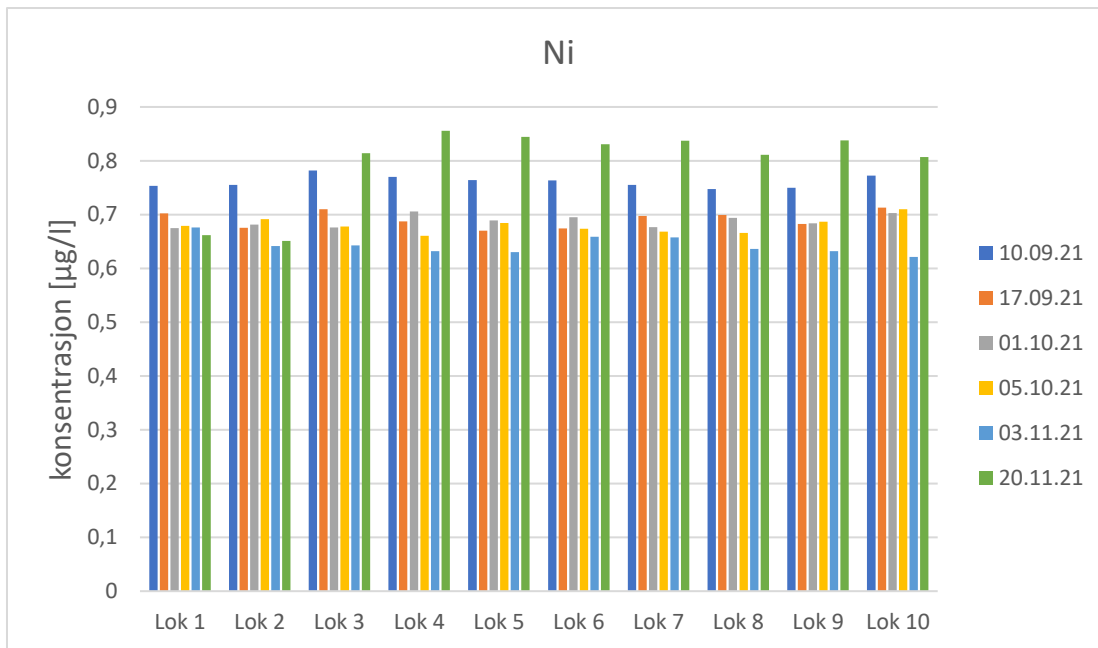
Figur 3.40 Figuren viser boksdigram for Pt



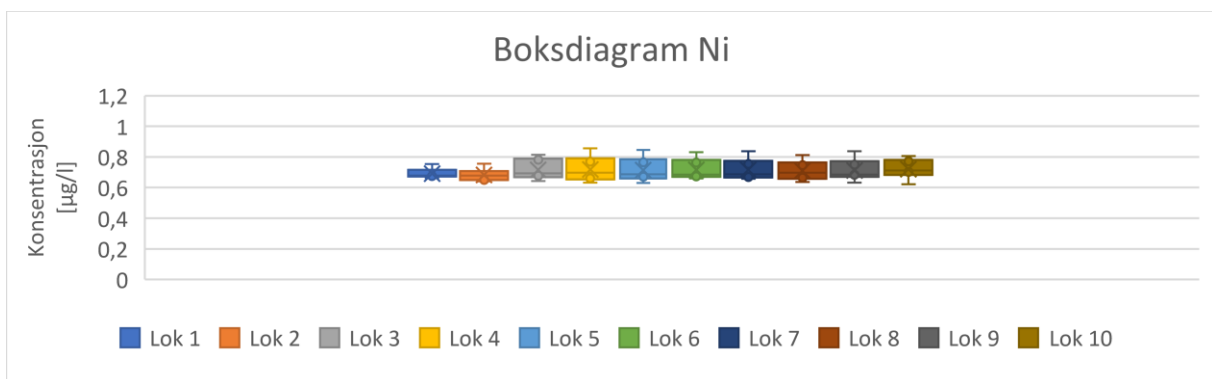
Figur 3.41 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Pt i prøvepunkta med standardavvik

3.3.13 Nikkel

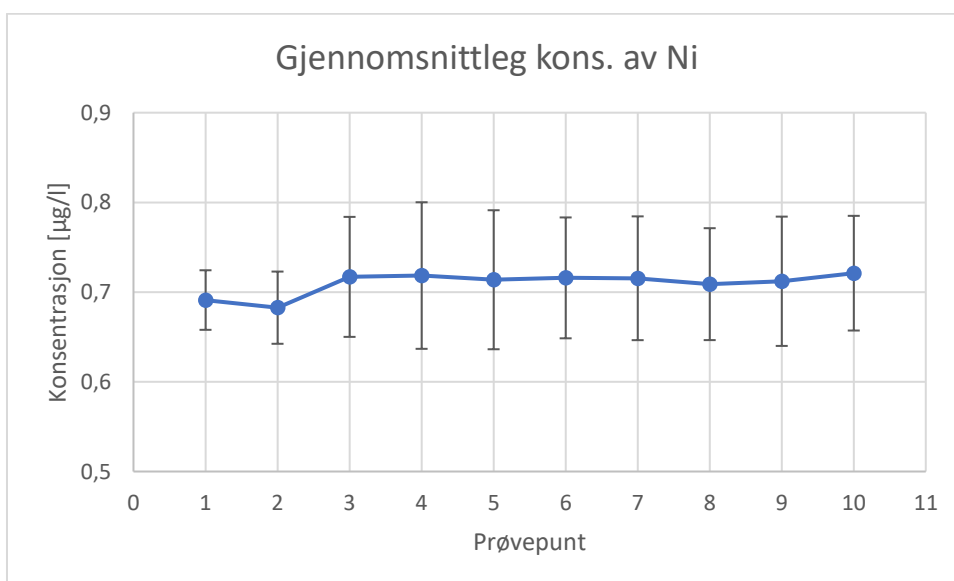
Figur 3.42 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Ni i alle prøvepunkta. Ein kan observere litt høgare konsentrasjonar ved første og fjerde prøvetaking. Figur 3.43 viser boksdigram for Ni. Ein kan observere litt mindre forskjell mellom maksimum og minimum konsentrasjon i punkt 1 og 2, enn i resten av punkta. Figur 3.44 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Ni i alle prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere noko mindre gjennomsnittskonsentrasjon i punkt 1 og 2 enn i dei andre punkta.



Figur 3.42 Figuren viser konsentrasjonane av Ni i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



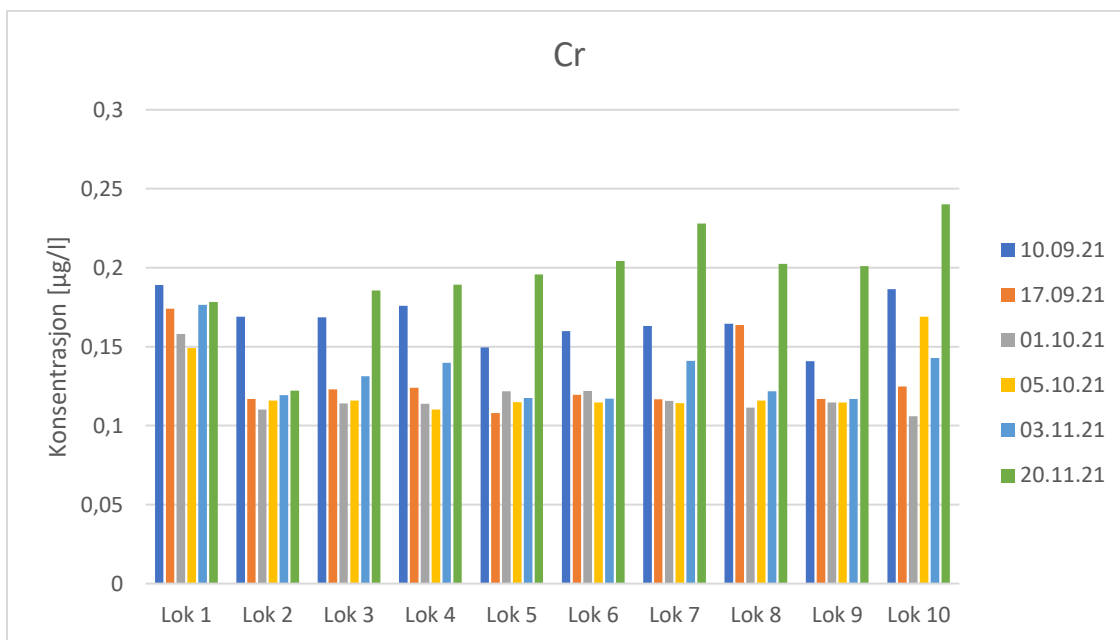
Figur 3.43 Figuren viser boksdigram for Ni



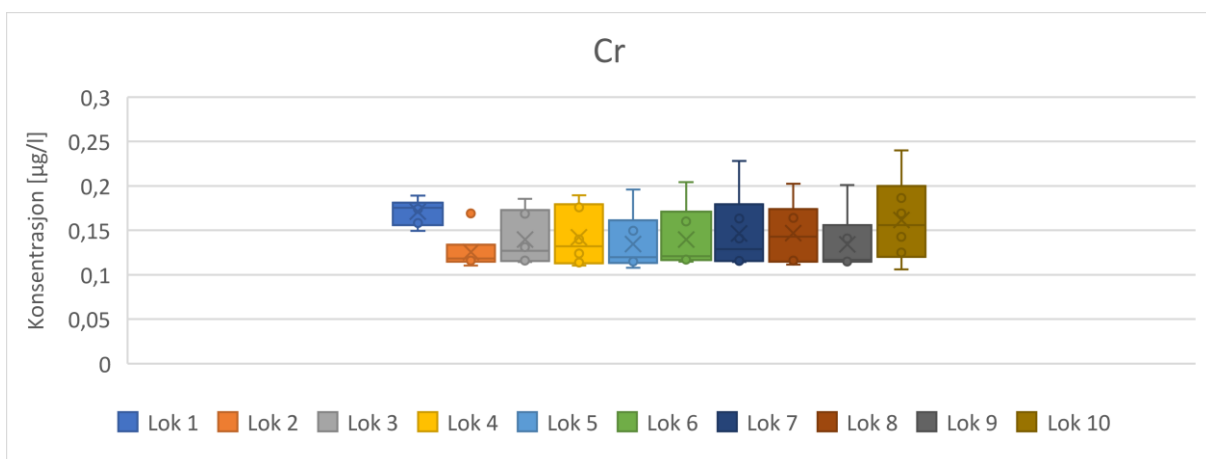
Figur 3.44 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Ni i alle prøvepunkta med standardavvik

3.3.14 Krom

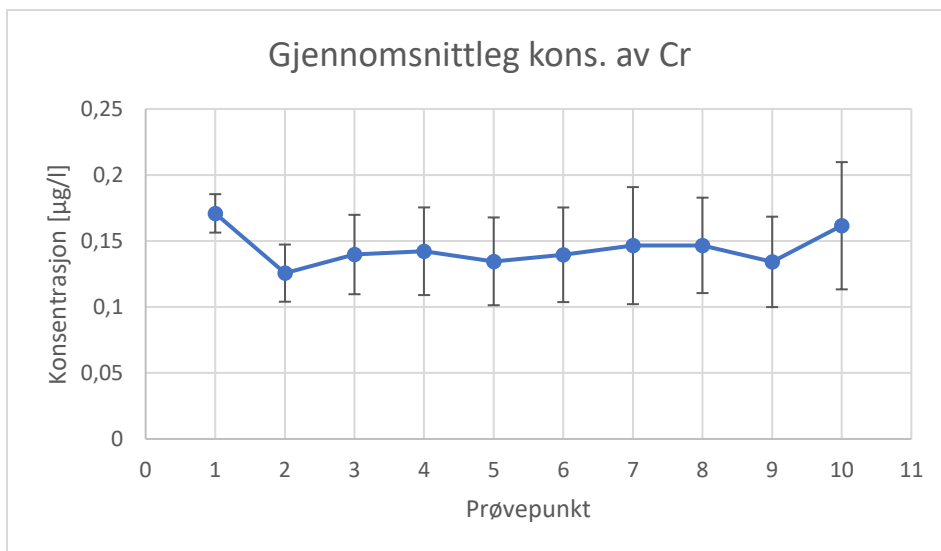
Figur 3.45 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Cr i alle prøvepunkta. Ein kan observere så vidt høgare verdiar ved første og sjette prøvetaking, som var dei datoane med mest nedbør. Figur 3.46 viser boksdiagram for Cr. Ein kan observere litt mindre forskjell mellom maksimum og minimum konsentrasjon i punkt 1 og 2 enn i resten av punkta, samt at den er stor i punkt 7 og 10. Figur 3.47 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cr i alle prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere at gjennomsnittleg konsentrasjon er litt høgare i punkt 1 og 10.



Figur 3.45 Figuren viser konsentrasjonane for Cr i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



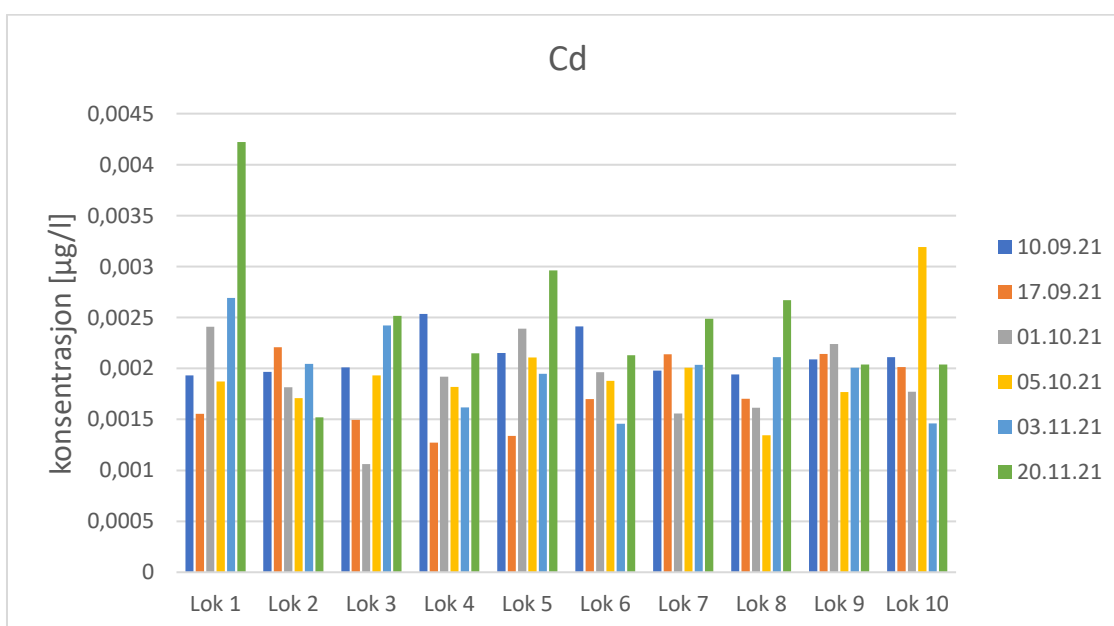
Figur 3.46 Figuren viser boksdiagram for Cr



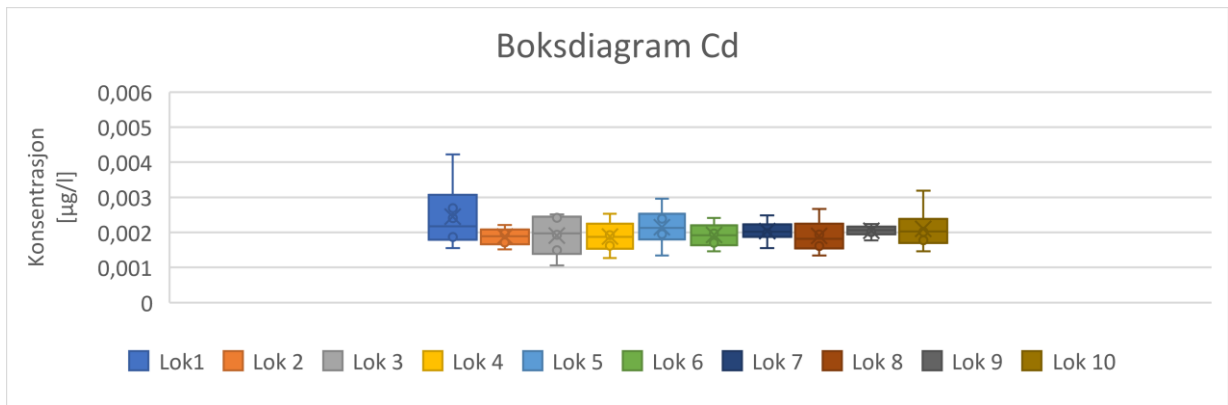
Figur 3.47 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cr i alle prøvepunkta med standardavvik

3.3.15 Kadmium

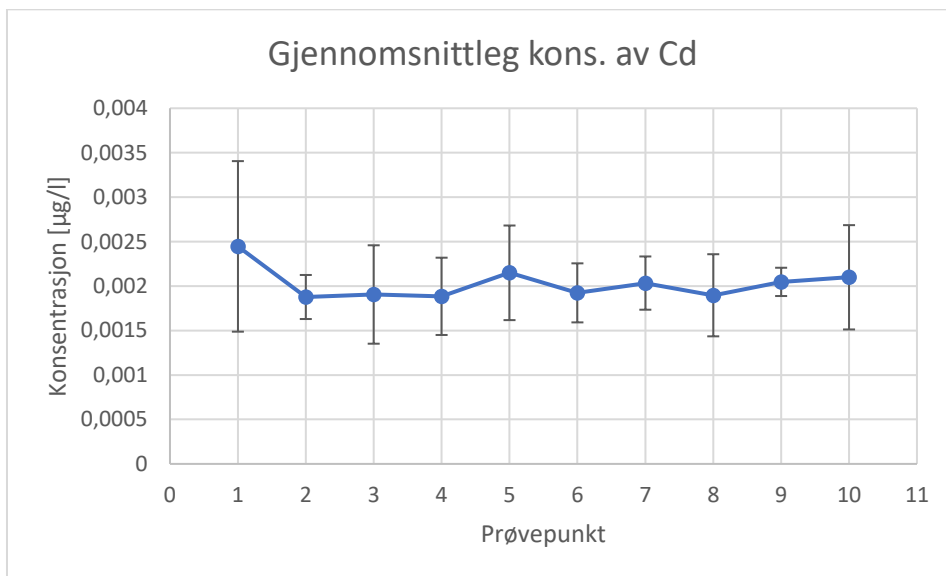
Figur 3.48 viser stolpediagram for konsentrasjonane av Cd i alle prøvepunkta. Figur 3.49 viser boksdiagram for Cd. Ein kan observere større forskjell i maksimum og minimum konsentrasjon i punkt 1 og 3, enn i resten av punkta. I punkt 2, 7 og 9 er forskjellen mindre enn i resten av punkta. Ein ser også at forskjellen mellom minimum og maksimum i punkt 1 er mykje større enn resten av punkta. Figur 3.50 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cd i alle prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere at gjennomsnittleg konsentrasjon er størst i punkt 1.



Figur 3.48 Figuren viser konsentrasjonane av Cd i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



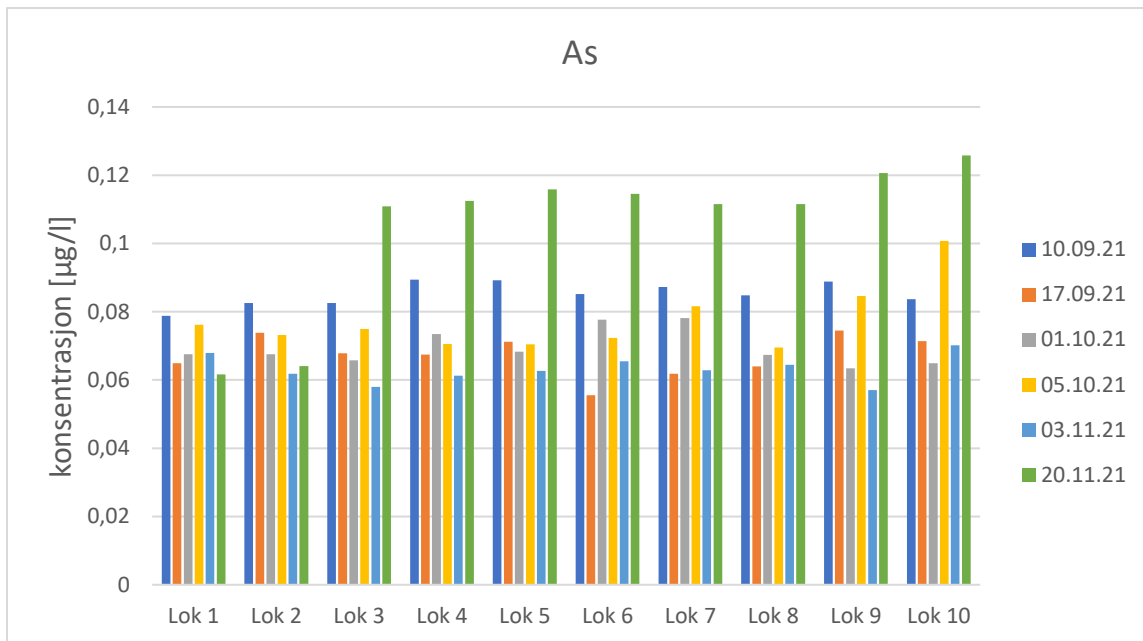
Figur 3.49 Figuren viser boksdigram for Cd



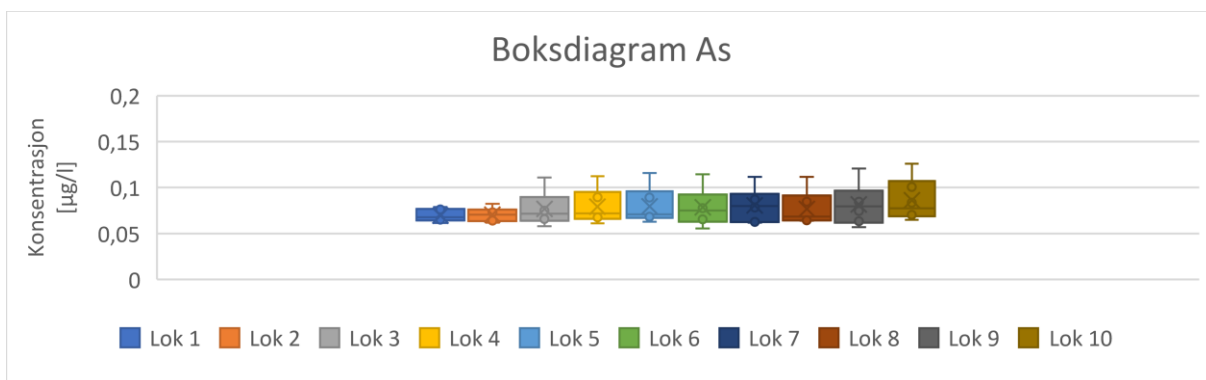
Figur 3.50 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av Cd i alle prøvepunkta med standardavvik

3.3.16 Arsenikk

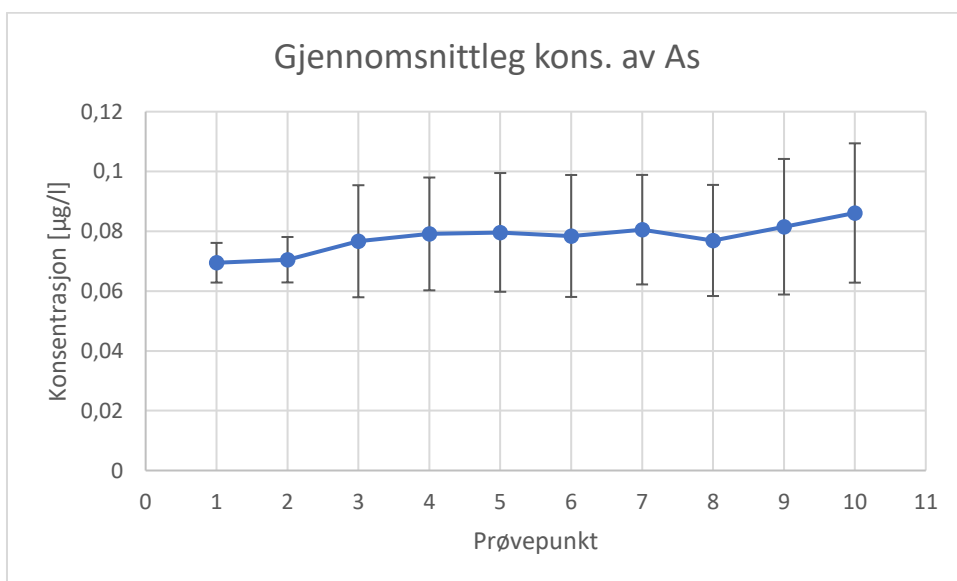
Figur 3.51 viser stolpediagram for konsentrasjonane av As i alle prøvepunkta. Ein kan observere høgare verdiar ved første og spesielt sjette prøvetaking. Figur 3.52 viser boksdigram for As. Ein kan observere minder forskjell i minimum og maksimum konsentrasjon i punkt 1 og 2, enn i resten av punkta. Figur 3.53 viser gjennomsnittleg konsentrasjon av As i alle prøvepunkta med standardavvik. Ein kan observere at gjennomsnittskonsentrasjonen er noko større i punkt 9 og 10 enn resten, og at den er noko lågare i punkt 1 og 2 enn resten.



Figur 3.51 Figuren viser konsentrasjonane av As i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



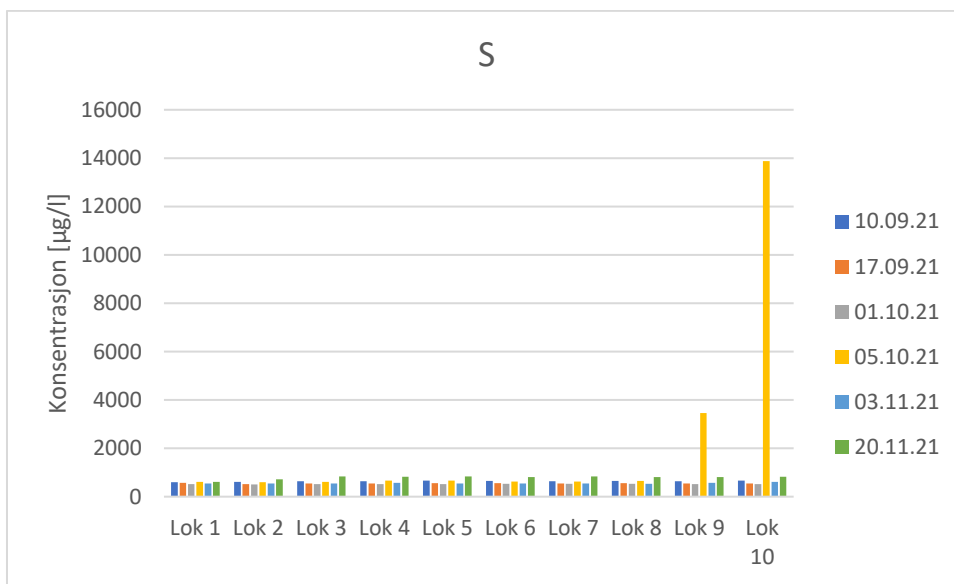
Figur 3.52 Figuren viser boksdigram for As



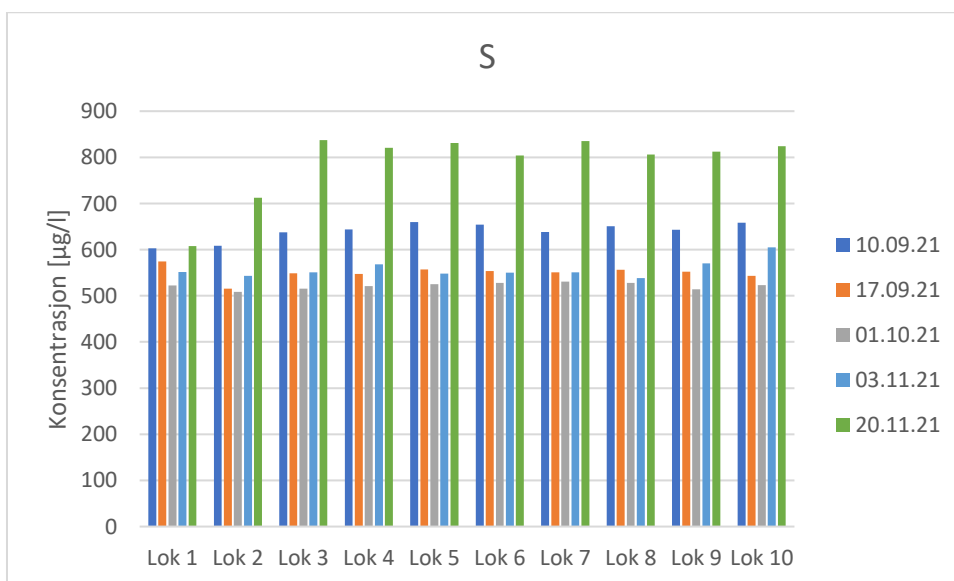
Figur 3.53 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon av As i alle prøvepunkta med standardavvik

3.3.17 Svovel

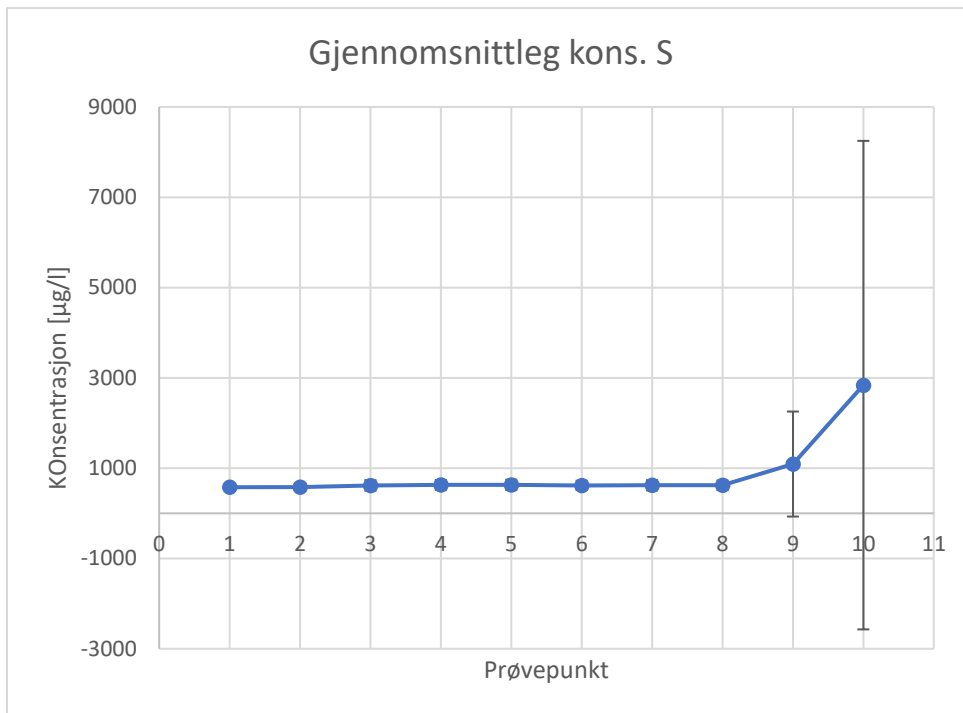
Figur 3.54 viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane. Ein kan observere at konsentrasjonane ved fjerde prøvetaking i punkt 9 og 10 er særst mykje høgare enn dei andre konsentrasjonane. Figur 3.55 viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkta, men utan fjerde prøvetaking. Ein kan observere at konsentrasjonane var høgare ved sjette prøvetaking, då det var mykje nedbør. Figur 3.56 viser gjennomsnittleg konsentrasjon for S med standardavvik. Ein kan observere at gjennomsnittleg konsentrasjon går betydeleg opp i punkt 9 og 10, med stort standardavvik i desse punkta.



Figur 3.54 Figuren viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkta på prøvetakingsdatoane



Figur 3.55 Figuren viser dei målte konsentrasjonane av S i alle prøvepunkta, utan fjerde prøvetaking



Figur 3.56 Figuren viser gjennomsnittleg konsentrasjon for S med standardavvik

3.3.18 Kvikksølv

I ICP-MS-analysen var konsentrasjonen av Hg under deteksjonsgrensa i alle prøvepunkt, ved alle prøvetakingar. Det er dermed ingen data på konsentrasjonen av kvikksølv.

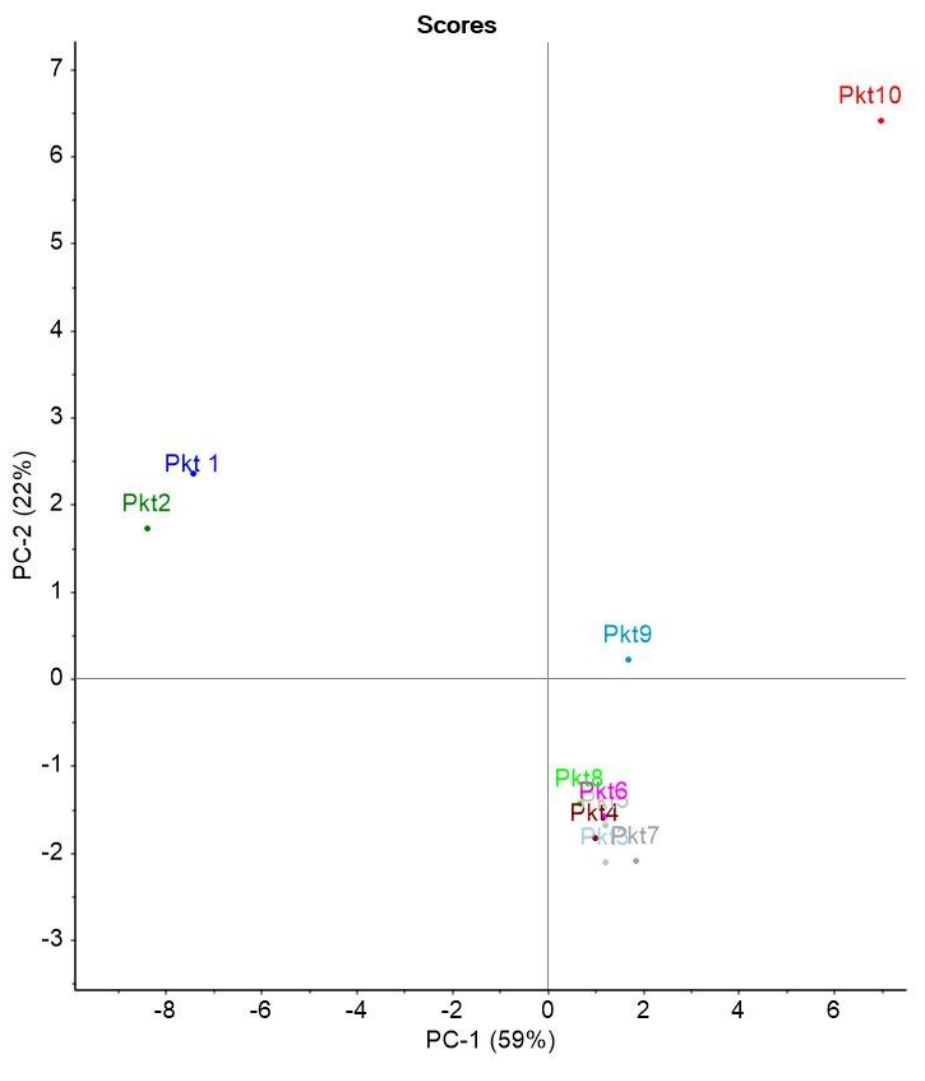
Deteksjonsgrensa var 0,002µg/l.

4 Diskusjon

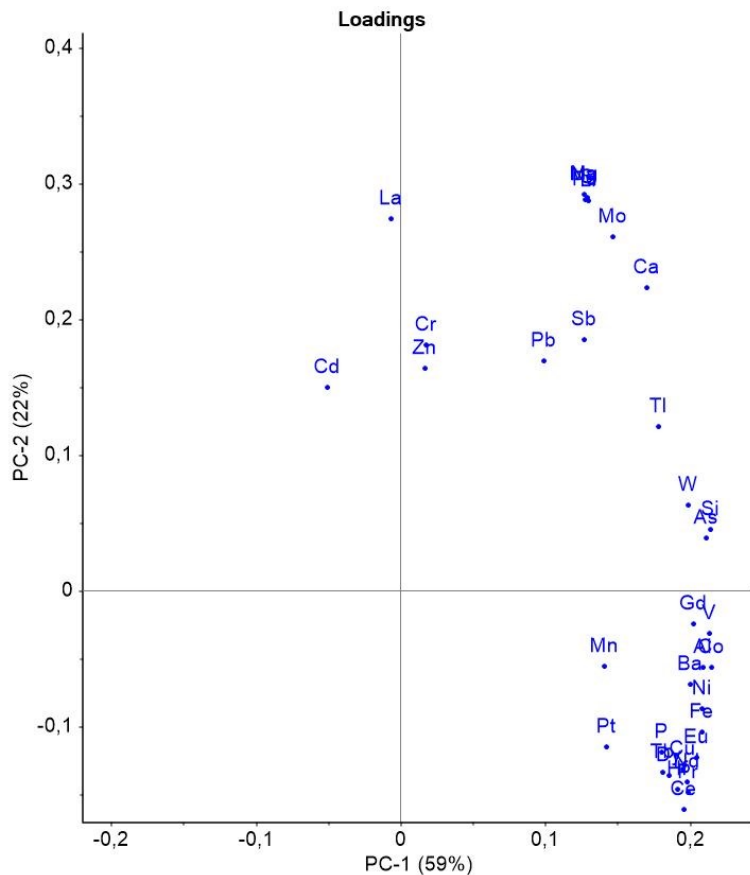
Diskusjonen vil først ta føre seg funna frå PCA-analyse av resultata frå ICP-MS. Deretter vil det bli teke opp korrelasjonskurver for Na og Mg. Så kjem oppsummering av resultata for metall og moglege kjelder, og til slutt vert hypotesane tekne opp.

4.1 Resultat frå PCA-analyse

Figur 4.1 viser score plot for alle prøvepunkta. Ein ser at punkt 1 og 2 er ei gruppe, punkt 9 og punkt 10 skil seg frå resten av punkta, og punkt 3-8 legg seg i ei klynge. Figur 4.2 viser tilhøyrande loadings til Figur 4.2. Ein ser at punkt 9 og 10 vert assosierte med spesielt Na og Mg, og det kan antakast at det er sjøvattn som slår inn her. Sb, W, P, og Pt assosierast her med punkt 7 og 8.



Figur 4.1 Figuren viser score-plot for prøvepunkta

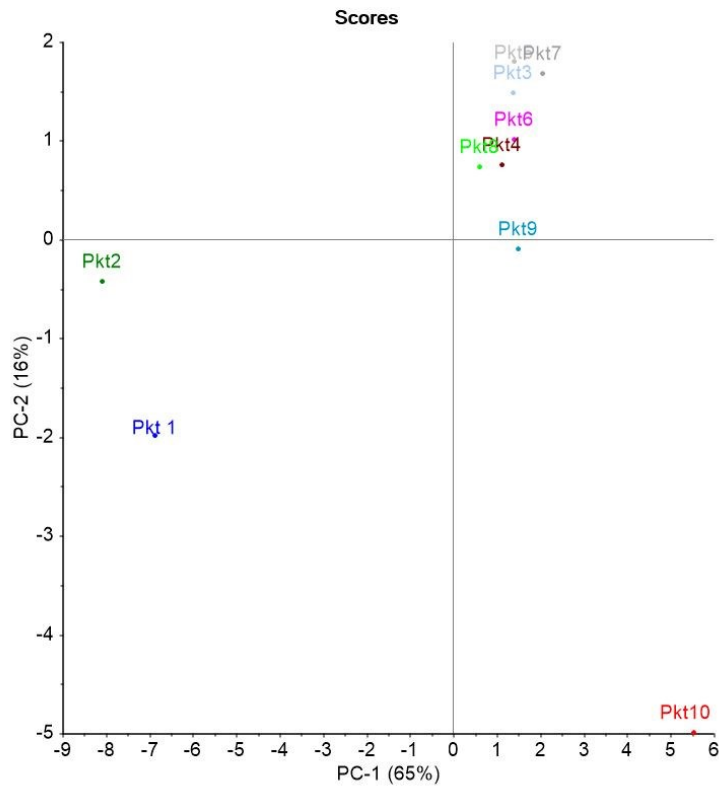


Figur 4.2 Figuren viser loadings tilhørende Figur 4.1

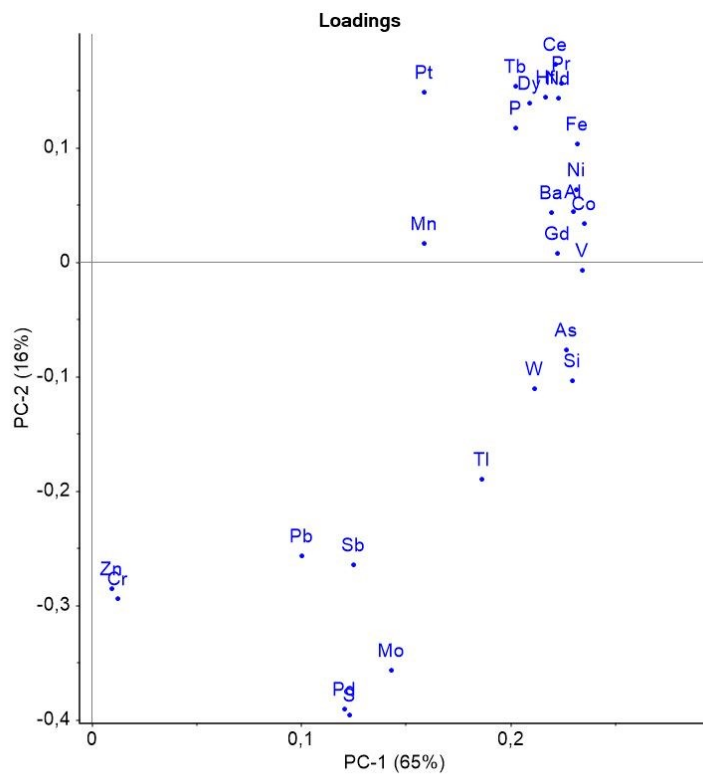
Dersom ein fjernar dei elementa som vert assosierte med sjøvatn (Na, Mg og Ca), og køyrer analysen på nytt, får ein eit litt enklare bilete å tolke. Figur 4.3 viser eit slikt scores, og Figur 4.4 viser det tilhøyrande loadings-plottet. Ein ser at punkt 1 og 2, samt punkt 10 skil seg ut som eigne grupper, medan resten av punkta er samla i ei eiga gruppe. Det som kjenneteiknar denne klynga er at desse punkta assosierast med høgare konsentrasjonar av dei elementa som ligg i øvre høgre kvadrant av loadings-plottet, altså Pt, Tb, Al, med fleire. Punkt 7 assosierast spesielt med Ce, Pt, Cr, Dy og P. Punkt 1 og 2 vert assosiert med Zn og Cr, medan punkt 10 assosierast med S, Pd og Mo. At punkt 1 og 2 assosierast med Zn kan tyde på innslag av mineral frå området rundt.

Etter fjerninga av element som typisk vert knytt til sjøvatn, ser det ut til at PC-1 knytast til høg/låg konsentrasjon av Fe, Al, Ni, Co og V, som er typisk diffus forureining i by. PC-2 vert knytt til høg/låg konsentrasjon av til dømes Ce, Pt, Tb, Dy, Pr – men spesielt til konsentrasjon av Pd, S og Mo. Svovel sitt nærvær kan tyde på kloakk, men det kan også vere ei anna kjelde der S og Pd er representerte, sidan desse korrelerer. Dette kan mogeleg knytast til forureina byluft på grunn av katalysatorar på bilar eller forbrenningsprodukt frå fossilt brensel som

endar i avrenning frå veg eller parkeringsområde. Men ein kan ikkje seie dette med sikkerheit. Dette blir diskutert vidare i dei neste kapitla i diskusjonen.

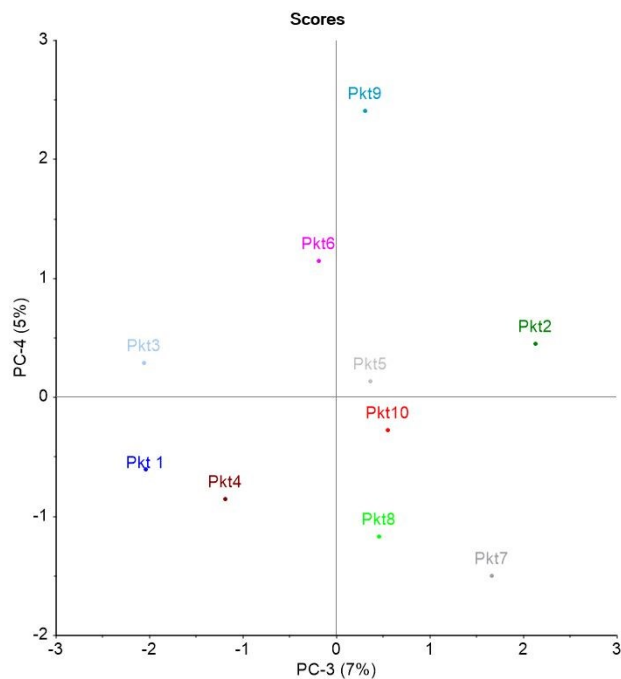


Figur 4.3 Figuren viser score-plot for prøvepunktta utan dei elementa som assosierast med sjøvatn

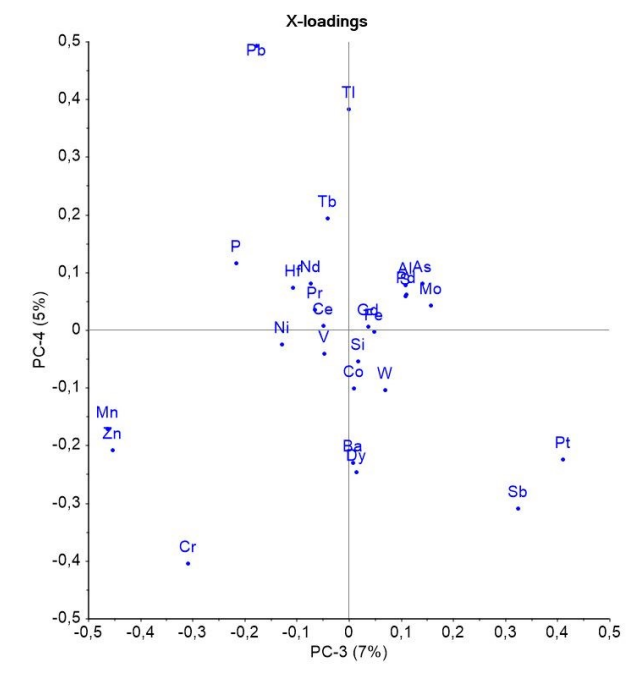


Figur 4.4 Figuren viser loadings tilhøyrande Figur 4.3

Dersom ein går enno vidare, og ser på den tredje sterkaste variansen i eit nytt score plot, så utgjør PC-3 i hovudsak av Pt og Sb, og spesielt punkt 7 og 8 assosierast med desse elementa. Dette kan tyde på ei forureiningskjelde frå St. Olavs, men det er ikkje noko som kan fastslåast. Dette visast i Figur 4.5 av det nye score-plottet, med Figur 4.6 som tilhøyrande loadings. Ein kan også sjå her at Gd vert assosiert med punkt 5. Dette kan også peike på St. Olavs som mogleg kjelde. Dette vil bli diskutert vidare i kapittel 4.3 i diskusjonen.



Figur 4.5 Figuren viser eit tredje score-plot for prøvepunkta

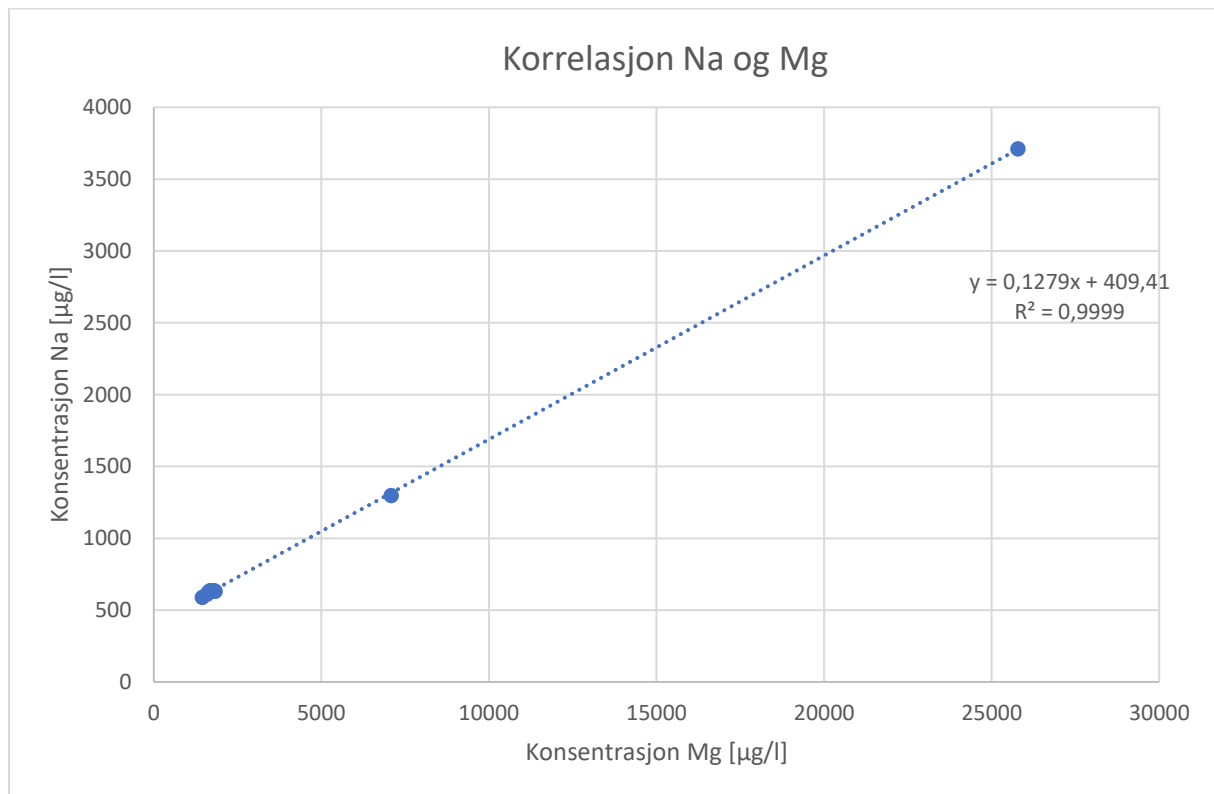


Figur 4.6 Figuren viser loadings tilhøyrande Figur 4.5

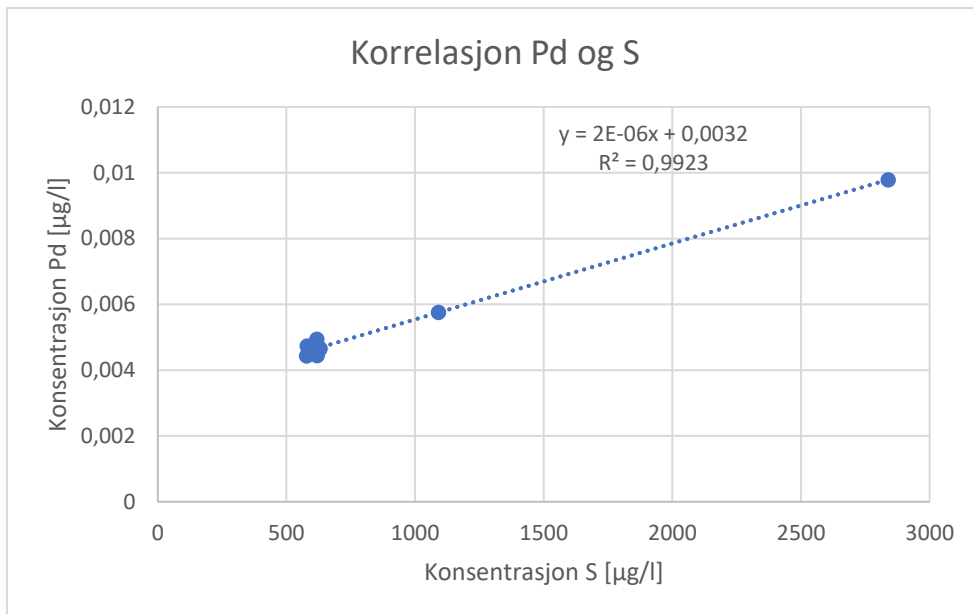
4.2 Korrelasjonskurver

Figur 4.7 viser korrelasjonskurve mellom Na og Mg. Ein ser at dei korrelerer svært godt, og at R-verdien nesten er lik ein ($R^2=0,9999$). Dette er ein sterk indikasjon på innslag av saltvatn. Prøveresultata i spesielt punkt 9 og 10 kan ha vorte påverka av sjøvatn som har kome opp elva ved flo og høgvatn. Dermed kan høgvatn VS lågvatn ha spelt inn på desse resultatata.

Figur 4.8 viser korrelasjonskurve mellom Pd og S. Ein ser at også her er R-verdien høg ($R^2=0,9923$), som tyder på god korrelasjon slik ein også såg i PCA-plotta. Svovel kan som nemnt knytast til kloakkutrenning, slik at denne korrelasjonen kan tyde på at kloakk også kan vere ei kjelde for Pd. Det kan også stamme frå avrenning frå bilveg, som også var nemnt i førre delkapittel. På ei anna side kan høge konsentrasjonar av S indikere sjøvatn, men det er normalt høgre Pd-konsentrasjon i ferskvatn enn det er i sjøvatn.



Figur 4.7 Figuren viser korrelasjonskurve mellom Na og Mg



Figur 4.8 Figuren viser korrelasjon mellom Pd og S

4.3 Oppsummering av resultatene for metall

Når ein les resultatene kan ein sjå at alle metallene som har vorte undersøkt har førekome i relativt låge konsentrasjonar, og utgjør ikkje slik sett ein umiddelbar fare for miljøet. Likevel er det interessant å sjå på trendane til dei ulike metallene, og kanskje finne moglege kjelder for utslepp.

Ein ser i resultatene at for nokon av stoffa så skil fjerde prøvetaking seg ut med ein del høgare konsentrasjonar i punkt 9 og 10. Pd, Tl, Pt og Cd (berre i punkt 10), har ved fjerde prøvetaking mykje høgare konsentrasjon i desse punkta enn i resten av punkta, og ved dei andre prøvetakingane. Sjå Figur 3.15, 3.24, 3.39 og 3.48. Dette er alle metall som kan førekome i miljøet på grunn av biltrafikk og avrenning av veg, men Pd, Tl og Pt er også metall som ein finn i medisin og kontrastvæske brukt på sjukehus. I perioden før denne prøvetakinga var vêret godt, med varm temperatur og ingen nedbør. Dette gjer at avrenning frå bilveg blir ei mindre sannsynleg årsak til dei forhøgja konsentrasjonane. Då er det interessant at desse stoffa vert brukt i medisinsk samanheng. Det er likevel ikkje mogleg å konkludere med St. Olavs Hospital som ei utsleppskjelde denne perioden sjølv om samantreffet kan vere interessant. Ein bør også ta mogleg påverknad av sjøvatn med i vurderinga. Ved fjerde prøvetaking var også konsentrasjonane av Na og Mg svært høge i punkt 9 og 10. Dermed kan denne forureininga med Pd, Tl, Pt og Cd kome frå sjøvatn. Kjelder til desse stoffa i sjøvatn vert ikkje teke føre seg i denne oppgåva.

Det vart gjort statistiske berekningar for å sjå om der var signifikant forskjell på konsentrasjonane av Gd, Pt, Tl og Pd i referansepunkta 1 og 2, og punkt 5, 6, 7, 8 som er nære St. Olavs Hospital. Dette vart gjort ved å utføre ein Mann Whitney U-test på dataa frå punkt 1 og 2 mot dataa frå dei andre punkta. Det vart funne at forskjellen ikkje er statistisk signifikant, med p-verdiar på 0,4915, 0,557, 0,88 og 0,854 høvesvis. Dette viser at der ikkje er signifikant høgare konsentrasjonar av desse stoffa som kan knytast til sjukehusdrift i punkta rundt sjukehuset, enn i referansepunkta.

Elles kan ein sjå i resultata at fleire stoff førekom i høgare konsentrasjonar ved dei prøvetakingane der det var mykje nedbør før og under prøveinnsamling. Pd, Pb, spesielt Mn, Co, Sb, Al, Gd, Ni, As og Cr hadde høgare konsentrasjonar ved første og sjette prøvetaking enn ved resten av innsamlingsdatoane. Dette visast i Figur 3.15, 3.18, 3.21, 3.27, 3.20, 3.33, 3.36, 3.42, 3.52 og 3.45 høvesvis. I dagane før desse prøvetakingane hadde det regna mykje, spesielt før sjette prøvetaking, og vasstanden i elva var høg. Nedbørsmengda visast i Figur 3.5. Dette har altså påverka konsentrasjonane av desse stoffa i Nidelva. Som nemnt i teorien, kan store mengder nedbør føre til avrenning frå vegar og grøfter, samt røyrsystema kan verte overbelasta og slik ende opp med å sende kloakk ut i elva. Det kan dermed tenkast at slik avrenning kan vere ei sannsynleg kjelde til desse metalla. Slike utslepp frå røyrsystemet kan kome frå St. Olavs, men det er svake indikasjonar på dette. Det er heller relevant å sjå på avrenning frå bilveg, og at biltrafikk kan vere ei sannsynleg kjelde. Mange av desse metalla er å finne i biprodukt frå bilmotorar og anna forureining ein finn ved bilvegar, som nemnt i teorien. Også bygningsarbeidet ved Sluppenbrua kan vere ei potensiell kjelde til desse metalla. Ved mykje regn kan vatnet renne frå byggjeplassen og ned i elva, og slik ta med seg metalla ut i elva. Som nemnt i teorien er det vanleg med forureining frå slike store byggjeplassar.

For å bekrefte eller avkrefte at konsentrasjonane aukar med aukande nedbør vart det utført ein Mann Whitney U-test. Konsentrasjonane under andre prøvetaking, då det ikkje hadde vore nedbør, vart sett opp mot konsentrasjonane under sjette prøvetaking, då det hadde vore mykje nedbør. Det vart funne at for Pd, Pb, Mn, Co, Sb, Al, Gd, Ni, As og Cr var forskjellen statistisk signifikant, med p-verdi 0,00001083, 0,00008227, 0,00001083, 0,00001083, 0,001505, 0,02323, 0,023, 0,02323, 0,008931 og 0,0002057 høvesvis.

Med dette ser ein at forureiningstilstanden i Nidelva vert negativt påverka av mykje nedbør. Sjølv om konsentrasjonane er låge, og innanfor grenseverdien satt av Miljødirektoratet, kan det vere interessant å følgje med på denne trenden. Med eit endrande klima der det som nemnt i teorien er venta meir ekstremvær og nedbør, kan det vere bra å følgje med på kva dette medfører i forhold til forureining av Nidelva. Vassovervakingsprogrammet til Trondheim kommune er eit svært nyttig tiltak for å følgje med på slike trendar.

Kvikksølv er det ikkje noko data på i denne oppgåva, då konsentrasjonen av Hg i alle punkt var under deteksjonsgrensa til ICP-MS-analysen. Dette viser at det er svært lite eller ingen konsentrasjon av Hg i Nidelva, noko som er særst positivt. I 2001 viste overvaking av miljøgifter i Nidelva at det vart funne konsentrasjonar av Hg tilhøyrande «sterkt forureina» og «meget sterkt forureina» tilstandsklassar i alle prøvepunkta deira. Sjå Figur 1.15. Her kan ein då sjå ei betydeleg forbetring frå 2001 til 2021.

4.4 Hypotesane

Den første hypotesa i denne oppgåva vil teste om gjennomsnittlege verdiar av metall frå platinagrupper er høgare i prøvepunkt 5, 6, 7 og 8, enn i referansepunkta 1 og 2. For å undersøkje dette er det blitt utført ein Mann Whitney U-test. Det vert testa for Pt og Pd. For Pt vart det funne at forskjellen ikkje er statistisk signifikant, med ei p-verdi på 0,557. For Pd vart det også funne at forskjellen ikkje er statistisk signifikant, med ein p-verdi på 0,854. Dermed kan ein på bakgrunn av statistisk utrekning, avkrefte denne hypotesa.

Den andre hypotesa i oppgåva vil teste ut om konsentrasjonen av Gd aukar med aukande mengder nedbør. Ein set då prøvetaking 2, som hadde svært lite nedbør i førekant, opp mot prøvetaking 6, som hadde svært mykje regn i førekant. Ved å utføre Mann Whitney U-test vart det funne at forskjellen i konsentrasjon ved lite mot mykje nedbør er statistisk signifikant med ein p-verdi på 0,023. Dermed kan ein på bakgrunn av statistisk utrekning, bekrefte denne hypotesa.

Denne oppgåva har følgd anbefalte ISO-rutinar, og brukt utstyr som er godkjent deretter. Ved å bruke riktige behaldarar og prøveinnsamlingsflaske så sikrar denne oppgåva å ikkje kontaminere prøvene. Standardar og intern standardar i ICP-MS-analysen er valde ut i frå ISO-rutinane. Alt dette kvalitetssikrar arbeidet, og gjer at datamaterialet har god kvalitet og er reelt.

5 Konklusjon/Oppsummering

Det er ikkje funne konsentrasjonar av sporelementforureining over grensenivå i Nidelva. Alle konsentrasjonane som vart funne er svært eller relativt låge. Dette tyder på at elva ikkje er forureina i den grad at det har nokon effekt på dyreliv og miljø. Det vart undersøkt om forureining av platina, gadolinium, thallium og palladium kunne knytast opp mot drift ved St. Olavs Hospital. Dei statistiske berekningane gav utslag for at det ikkje var signifikant forskjell mellom konsentrasjonane i referansepunkta og dei punkta rundt og nedstraums St. Olavs.

Oppgåva viste at konsentrasjonane av fleire av sporelementa vart forhøgja ved store nedbørsmengder, og ein ser ein trend mellom nedbørsmengder og forureining. Dette kan knytast opp mot avrenning frå bilveg og grøfter, samt overvatn i byen.

Sjølv om det ikkje vart funne høge konsentrasjonar av forureining, er det svært nyttig å halde fram med å overvake Nidelva, og følgje med på trendane slik at ein raskt kan oppdage eventuelle forureiningskjelder.

6 Referansar

- [1] Trondheim Kommune, «Overvåking av vannkvalitet og miljøtilstand,» [Internett]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/tema/veg-vann-og-avlop/vann-og-avlop/om-vann-og-avlop/overvaking-av-vannkvalitet-og-miljotilstand/>. [Funnet 28. november 2021].
- [2] K. Kümmerer, «Drugs in the environment: emission of drugs, diagnostic aids and disinfectants into wastewater by hospitals in relation to other sources - a review,» *Chemosphere*, p. 957-969, Mai 2001.
- [3] G. Mance, *Pollution Threat of Heavy Metals in Aquatic Environments*, Elsevier Science Publishers LTD, 1987.
- [4] E. Emmanuel, M. G. Pierre og Y. Perrodin, «Groundwater contamination by microbiological and chemical substances released from hospital wastewater: Health risk assessment for drinking water consumers,» *Environment International*, pp. 718-726, mars 2009.
- [5] A. K. Gautam, S. Kumar og P. C. Sabumon, «Preliminary study of physico-chemical treatment options for hospital wastewater,» *Journal of Environmental Management*, pp. 298-306, 2007.
- [6] M. Grung, K. Langford og K. V. Thomas, «Legemidler som forurensing,» *Tidsskriftet den norske legeforening*, mai 2012.
- [7] A. M. Aukidy, P. Verlicchi, A. Jelic, M. Petrovic og D. Barcelo, «Monitoring release of pharmaceutical compounds: Occurrence and environmental risk assessment of two WWTP effluents and their receiving bodies in the Po Valley, Italy,» *Science of the Total Environment*, pp. 15-25, August 2012.
- [8] L. H. M. L. M. Santos, M. Gros, S. Rodriguez-Mozaz, C. Delerue-Matos, A. Pena, D. Barcelo og M. C. B. S. M. Montenegro, «Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals,» *Science of the Total Environment*, pp. 302-316, juni 2013.
- [9] R. Aslaksen, «St. Olavs Hospital,» *ArkitekturN*, 2. mai 2017. [Internett]. Available: <https://www.arkitektur-n.no/artikler/st-olavs-hospital>. [Funnet 1. desember 2021].
- [10] St. Olavs Hospital, «Historien om St. Olavs Hospital,» juni 2017. [Internett]. Available: <https://stolav.no/om-oss/historien-om-st-olavs-hospital>. [Funnet 23 november 2021].
- [11] St. Olavs Hospital, «Nøkkeltall for St. Olavs Hospital,» St. Olavs Hospital, 7. januar 2021. [Internett]. Available: <https://stolav.no/om-oss/nokkeltall-for-st-olavs-hospital>. [Funnet 1. desember 2021].
- [12] J. A. Vikan, «Tre personer kan ha blitt syke av riving,» *Adressa*, 26. januar 2011. [Internett]. Available: <https://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article1581341.ece>. [Funnet 1. desember 2021].
- [13] NGI, «Trondheim Havn. Helhetlig tiltaksplan for Trondheim Havnebasseng,» NGI, Trondheim, 2011.
- [14] «Forbrenningsovn ved St. Olavs Hospital stengt,» *Aftenposten*, 2004.
- [15] St. Olavs Hospital, «Grønt Sykehus,» [Internett]. Available: <https://stolav.no/Documents/Milj%C3%B8m%C3%A5lene-St-Olav.pdf>. [Funnet 1. desember 2021].

- [16] *Vann og avløp i Trondheim*. [Film]. Norge: Trondheim Bydrift, 2015.
- [17] *Avløpsvannet sin ferd fra hus til fjord*. [Film]. Norge: Trondheim Bydrift, 2016.
- [18] Trondheim Kommune, «Om vann og avløp,» august 2007. [Internett]. Available: https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/vann-og-avlop/avlop_07_hele_lav.pdf. [Funnet 17 november 2021].
- [19] Trondheim Kommune, «Om vann og avløp,» august 2017. [Internett]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/vann-og-avlop/ny-avlopsledning-renere-elv-n-gb.pdf>. [Funnet 17 november 2021].
- [20] Trondheim Kommune, «Om vann og avløp,» 23 mars 2013. [Internett]. Available: https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/hovedplaner/sammendrag_hovedplan-avlop-og-vannmiljo-2013-24.pdf. [Funnet 17 november 2021].
- [21] F. Meite, P. Alvarez-Zaldívar, A. Crochet, C. Wiegert, S. Payraudeau og G. Imfeld, «Impact of rainfall patterns and frequency on the export of pesticides and heavy-metals from agricultural soils,» *Science of the Total Environment*, pp. 500-509, november 2017.
- [22] B. Gao, L. Gao, D. Xu, M. Zhang, X. Qu og Y. Li, «A novel method for evaluating the potential release of trace metals associated with rainfall leaching/runoff from urban soils,» *Science of the Total Environment*, pp. 37-44, mai 2019.
- [23] B. Modrzewska og M. Wyszowski, «Trace metals content in soils along the state road 51 (northeastern Poland),» *Environ Monit Assess*, pp. 2589-2597, 2014.
- [24] A. Müller, H. Österlund, J. Marsalek og M. Viklander, «The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources,» *Science of the Total Environment*, pp. 1-14, Mars 2020.
- [25] Q. Chevalier, H. E. Hadri, P. Petitjean, M. B.-L. Coz, S. Reynaud, B. Grassl og J. Gigault, «Nano-litter from cigarette butts: Environmental implications and urgent consideration,» *Chemosphere*, pp. 125-130, 2018.
- [26] A. Fuertes, M. Casals, M. Gangolells, N. Forcada, M. Macarulla og R. Xavier, «An Environmental Impact Causal Model for improving the environmental performance of construction processes,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 425-237, 2013.
- [27] S. G. Bjervamoen, T. B. Bjørk, M. Elgen, S. Gaut, G. Hauan, S. Herman, I. Illestad, C. C. Johnsen, H. Knapstad, M. Nordløyken, K. Stoeckert, T. Stokkan og R. T. Ottesen, «Spredning av miljøgifter fra tettflater i Trondheim,» NGU, Trondheim, 2006.
- [28] S. Belayutham, V. A. Gonzales og T. W. Yiu, «Clean-lean administrative processes: a case study on sediment pollution during construction,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 134-147, mars 2016.
- [29] S. Zolfagharian, M. Nourbakhsh, J. Irizarry, A. Ressang og M. Gheisari, «American Society of Civil Engineers,» mai 2012. [Internett]. Available: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784412329.176>. [Funnet 23 11 2021].

- [30] S. Belayutham, V. A. Gonzalez og T. W. Yiu, «A cleaner production-pollution prevention based framework for construction site induced water pollution,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 1363-1378, 2016.
- [31] M. Gangolells, M. Casals, S. Gasso, N. Forcada, X. Roca og A. Fuertes, «A methodology for predicting the severity of environmental impacts related to the construction process of residential buildings,» *Building an Environment*, pp. 558-571, 2009.
- [32] S. Belayutham, V. A. Gonzalez og T. W. Yiu, «The dynamics of proximal and distal factors in construction site water pollution,» *Journal of Cleaner Production*, pp. 54-65, 2016.
- [33] R. DePauw, «How to decrease construction pollution across your job sites,» ExakTime, 2019. [Internett]. Available: <https://www.exaktime.com/blog/how-to-decrease-construction-pollution-across-your-job-sites/>. [Funnet 29. november 2021].
- [34] S. K. Marx og H. A. McGowan, «Long-Distance Transport of Urban and Industrial Metals and Their Incorporation into the Environment: Sources, Transport Pathways and Historical Trends,» i *Urban Airborn Particulate Matter*, Berlin, Springer, 2010, pp. 103-124.
- [35] T. Berg, E. Fjeld, B.-L. Skjelkvåle og E. Steinnes, «Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder,» NILU, 2003.
- [36] H. Jensen og T. E. Finne, «Forurensningsanalyser av metaller i sedimenter,» Mareano, 2014. [Internett]. Available: https://www.mareano.no/nyheter/nyheter_2014/forurensningsanalyser_av_metaller_i_sedimenter. [Funnet 29 november 2021].
- [37] S. K. Saha, «Air Pollution,» SlideShare, april 2017. [Internett]. Available: <https://www.slideshare.net/SusantaKumarSaha/air-pollution-74433056>. [Funnet 29. november 2021].
- [38] Trondheim Kommune, «Nidelvkorridoren,» Trondheim Kommune, [Internett]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/tema/klima-miljo-og-naring/natur/nidelvkorridoren/>. [Funnet 1. desember 2021].
- [39] Trondheim Kommune, «Årsberetning 2020 Trondheim kommune,» 2020. [Internett]. Available: <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/11-politikk-og-planer/arsrapporter/arsberetning-trondheim-kommune-2020.pdf>. [Funnet 02. desember 2021].
- [40] Miljøpakken, «Nydalsbrua (ny bru på Sluppen),» [Internett]. Available: <https://miljopakken.no/prosjekter/sluppen-bru>. [Funnet 8. desember 2021].
- [41] W. Stumm og J. Morgan, *Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters*, American Chemical Society, 1996.
- [42] S. S. Bradford og J. A. Cowan, «From Traditional Drug Design to Catalytic Metallodrugs: A Brief History of the Use of Metals in Medicine,» *Metallodrugs*, pp. 10-23, 2014.
- [43] FHI, «Metaller,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/nettpub/luftkvalitet/temakapitler/metaller---luftkvalitetskriterier/>. [Funnet 4. desember 2021].

- [44] NHI, «Jernmangelanemi,» Norsk Elektronisk Legehåndbok, 2021. [Internett]. Available: <https://nhi.no/sykdommer/blod/anemier/jernmangelanemi/>. [Funnet 9. desember 2021].
- [45] O. S. Fatoki, N. Lujiza og A. O. Ogunfowokan, «Trace metal pollution in Umtata River,» *Water SA*, pp. 183-190, april 2002.
- [46] P. K. Kofstad og B. Pedersen, «platina,» Store Norske Leksikon, 23 juni 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/platina>. [Funnet 17 november 2021].
- [47] K. Kümmerer, E. Helmers, P. Hubner, G. Mascart, M. Milandri, F. Reinthaler og M. Zwakenberg, «European hospitals as a source for platinum in the environment in comparison with other sources,» *The Science of the Total Environment*, pp. 155-165, 1999.
- [48] A. Garoufis, S. K. Hadjikakou og N. Hadjiliadis, «Palladium coordination compounds as anti-viral, anti-fungal, anti-microbial and anti-tumor agents,» *Coordination Chemistry Reviews*, pp. 1384-1397, 2009.
- [49] A. S. Mashio, H. Obata, H. Tazoe, M. Tsutsumi, A. Ferrer i Santos og T. Gamo, «Dissolved platinum in rainwater, river water and seawater around Tokyo Bay and Otsuchi Bay in Japan,» *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 160-167, 2016.
- [50] D. Dana, M. Ryvolova, D. Hynek, V. Adam, P. Kopel, M. Stiborova, T. Eckschlager, J. Hubalek og R. Kizek, «Catalytic Electrochemical Analysis of Platinum in Pt-DNA Adducts,» *International Journal of Electrochemical Science*, pp. 3072-3088, 2012.
- [51] E. W. Abramowitz, «Historical points of interest on the mode of action and ill effects of mercury,» *Bulletin of the New York Academy of Medicine*, pp. 695-705, 1934.
- [52] Klima- og forurensingsdirektoratet, *Handlingsplan for å redusere utslipp av kvikksølv - 2010*, 2010.
- [53] R. Bhatta, P. S. Ghamire, R. Paudyal, L. Tripathi, S. Gurung, D. Regmi, R. Rishi og C. M. Sharma, «Chapter Seven - Inorganic components in lake waters in the Third Pole,» *Water Quality in the Third Pole*, pp. 239-259, 2020.
- [54] EU, «Tackling mercury pollution in the EU and worldwide,» 2017.
- [55] H. Shokrollahi, «Contrast agents for MRI,» *Materials Science and Engineering*, pp. 4485-4497, 2013.
- [56] B. H. Harvey MD, V. Gowda BS og G. Cheng MD, «Gadolinium Deposition Disease: A New Risk Management Threat,» *Journal of the American College of Radiology*, pp. 546-550, 2020.
- [57] B. Pedersen, «Aluminium,» Store Norske Leksikon, 2018. [Internett]. Available: <https://snl.no/aluminium>. [Funnet 3. desember 2021].
- [58] R. T. Ottesen, J. Alexander, T. Joranger, E. Rytter og M. Andersson, «Forslag til tilstandsklasser for jord,» NGU, 2007.
- [59] K. S. Grønli, «Arsenikk, kvikksølv og bly i urtemedisin,» *Forskning.no*, 2004. [Internett]. Available: <https://forskning.no/alternativ-behandling-forebyggende-helse/arsenikk-kvikksolv-og-bly-i-urtemedisin/1053264>. [Funnet 3. desember 2021].

- [60] WHO, «Arsenic,» februar 2018. [Internett]. Available: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>. [Funnet 4. desember 2021].
- [61] C. P. Davis, «Definition of Thallium,» RxList, mars 2021. [Internett]. Available: <https://www.rxlist.com/thallium/definition.htm>. [Funnet 24. januar 2022].
- [62] Miljødirektoratet, «Grenseverdier for klassifisering av vann, sediment og biota – revidert 30.10.2020,» 2016.
- [63] T. Nøst, «Vannovervåking i Trondheim 2001. Resultater og vurderinger,» Trondheim Kommune, Trondheim, 2002.
- [64] FHI, «Kjemiske og fysiske stoffer i drikkevann,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.fhi.no/nettpub/stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/kjemiske-og-fysiske-stoffer-i-drikkevann/>. [Funnet 5. desember 2021].
- [65] Standard Norge, «ISO-standarder,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/standardisering/iso-standarder/>. [Funnet 5. desember 2021].
- [66] Standard Norge, «NS 4784:1988,» 1988. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/Produktpresentasjon/?ProductID=134422>. [Funnet 10. desember 2021].
- [67] Standard Norge, «Standard Norge,» 2004. [Internett]. Available: <https://www.standard.no/nettbutikk/sokeresultater/?search=NS-EN+ISO+17294-1%3a2006+>. [Funnet 10. desember 2021].
- [68] Ø. Mikkelsen, *ICP-MS og HR-ICP-MS*, Trondheim: NTNU, 2017.
- [69] D. A. Skoog, D. M. West, J. F. Holler og S. R. Crouch, *Fundamentals of Analytical Chemistry*, Cengage Learning, 2014.
- [70] R. Thomas, «A Beginner's Guide to ICP-MS,» *Spectroscopy*, pp. 38-54, 2001.
- [71] J. W. Olsevik, «Elemental analysis using an evaluation and assessment of remaining problems,» *Analytical Chemistry*, pp. 12-21, 1991.
- [72] S. Aslam, *Basic Statistics*, Trondheim: NTNU, 2020.
- [73] Statistics Kingdom, «Statistics online,» [Internett]. Available: <https://www.statskingdom.com/>. [Funnet 7. desember 2021].
- [74] Microsoft, «Opprette et boksdiagram,» [Internett]. Available: <https://support.microsoft.com/nb-no/office/opprette-et-boksdiagram-62f4219f-db4b-4754-aca8-4743f6190f0d>. [Funnet 7. desember 2021].
- [75] M. Bounthavong, «Communicating data effectively with data visualization - Part 13 (Box and Whisker Diagrams),» 2019. [Internett]. Available: <https://mbounthavong.com/blog/2019/3/14/communicating-data-effectively-with-data-visualization-box-and-whisker-diagrams>. [Funnet 7. desember 2021].

- [76] K. F. Frøslie, «Korrelasjon,» Store Norske Leksikon, 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/korrelasjon>. [Funnet 7. desember 2021].
- [77] Z. Jaadi, «Principal Component Analysis (PCA),» Bullitin, april 2021. [Internett]. Available: <https://bultin.com/data-science/step-step-explanation-principal-component-analysis>. [Funnet 27. desember 2021].
- [78] D. Flathagen, «Osloveien åpnet igjen for biltrafikk,» Miljøpakken, 2021. [Internett]. Available: <https://miljopakken.no/nyheter/osloveien-apner-igjen-for-biltrafikk>. [Funnet 10. desember 2021].

7 Vedlegg

Vedlegg 1: Resultat frå ICP-MS

Vedlegg 1: Resultat frå ICP-MS

Tabell V.1: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Na i alle prøvepunkt

Na	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	1415,6152	1502,57647	1739,3467	1651,73748	1644,75121	1628,5962	1616,44242	1606,11005	1638,99043	1608,72324
17.09.2021	1406,98094	1341,96239	1623,50791	1522,3259	1509,14054	1436,29799	1462,4041	1474,69382	1467,25353	1477,52953
01.10.2021	1289,04544	1310,49284	1589,84189	1490,66607	1454,57001	1407,60234	1423,91802	1429,12947	1434,65643	1406,49751
05.10.2021	1576,43005	1658,24011	2197,7156	2416,07557	1901,5914	1753,9862	1777,99682	1894,87502	34117,4125	145906,417
03.11.2021	1433,37413	1348,60902	1479,28533	1447,33127	1407,62067	1411,06789	1378,68102	1386,34524	1582,64659	2024,14055
20.11.2021	1533,3768	2355,42197	2329,54123	2223,64969	2257,65186	2175,35267	2203,64965	2261,46996	2245,23016	2272,70823
Gjennomsnitt	1442,47043	1586,21713	1826,53978	1791,96433	1695,88762	1635,48388	1643,84867	1675,43726	7081,03161	25782,6694
Standardavvik	101,795702	398,999006	351,060697	418,995972	327,632273	299,170889	311,04002	340,861604	13248,3582	58849,3297

Tabell V.2: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Mg i alle prøvepunkt

Mg	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	596,414543	606,444226	624,921829	622,801942	631,250447	621,938455	617,606275	616,294185	626,276115	614,188573
17.09.2021	566,465976	541,476339	557,499475	561,23	557,499289	557,809305	556,665563	569,091455	551,165489	557,562526
01.10.2021	540,96526	536,768806	552,372399	568,001788	571,831261	559,390571	559,256299	564,813414	556,390742	549,408607
05.10.2021	621,402921	616,484375	639,939832	681,405962	662,800275	637,542459	643,753524	661,715717	4654,47574	19082,0556
03.11.2021	588,980653	564,17446	569,538231	581,265494	573,305503	576,417509	565,54452	571,29898	584,909103	650,148788
20.11.2021	622,346642	801,79487	837,199929	805,114834	821,671584	803,695174	807,200321	822,84524	818,025922	816,096822
Gjennomsnitt	589,429332	611,190513	630,245282	636,63667	636,39306	626,132246	625,004417	634,343165	1298,54052	3711,57683
Standardavvik	31,7204544	98,9845834	107,697756	93,8546333	99,4227459	93,0273131	96,0521757	99,6742652	1647,04344	7530,58687

Tabell V.3: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Pb i alle prøvepunkt. Tomme felt er <DL.

Pb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,01323982	0,01315104	0,02029155	0,03218865	0,01308542	0,01293546	0,01372295	0,01134287	0,01185401	0,0125435
17.09.2021	0,01507	0,00159921		0,0011544	0,00142179	0,00218803	0,00107731	0,00479606	0,00199761	0,00173446
01.10.2021			0,00288643	0,00133357	0,00086779	0,00190418	0,00143576	0,0007991		0,00034031
05.10.2021			0,00214275							0,00168211
03.11.2021	0,00172945	0,00095369	0,00085918	0,0009894	0,00132475	0,00065506	0,00016842			
20.11.2021		0,00545618	0,01989428	0,0195812	0,02392717	0,02440423	0,02615036	0,05967561	0,02398963	0,03115866
Gjennomsnitt	0,01001309	0,00529003	0,00921484	0,01104944	0,00812538	0,00841739	0,00851096	0,01915341	0,01261375	0,00949181
Standardavvik	0,00723197	0,00560503	0,00995771	0,01425808	0,01022446	0,01021607	0,01132728	0,02736219	0,01101568	0,01307367

Tabell V.4: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Mn i alle prøvepunkt

Mn	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	1,75208697	2,03273441	2,38218075	2,02005809	2,08466304	1,96011566	1,8544914	1,83804066	1,82114444	1,8215392
17.09.2021	0,48967902	0,27935554	0,28493589	0,36565528	0,25900255	0,26531061	0,24148768	0,32444559	0,26432993	0,26510648
01.10.2021	0,27867339	0,24914395	0,27862164	0,38569141	0,26349397	0,27814529	0,22094592	0,23193326	0,2652542	0,25846745
05.10.2021	0,1993371	0,1518488	0,31228781	0,32041994	0,35798473	0,26265345	0,30047601	0,1398508	0,25047975	0,94849663
03.11.2021	1,87922191	1,50145635	0,78914904	1,02021571	0,84977055	0,90077479	0,81836883	0,91392189	0,84202183	0,74389676
20.11.2021	2,16530128	1,47985649	3,5691645	3,14384062	3,38919961	3,22086838	3,24880479	3,2769908	3,03256696	3,23716388
Gjennomsnitt	1,12738328	0,94906592	1,26938994	1,20931351	1,20068574	1,14797803	1,11409577	1,12086383	1,07929952	1,21244507
Standardavvik	0,89677586	0,81672139	1,38742306	1,15027859	1,27823245	1,21136797	1,21768316	1,23230818	1,13451978	1,14605514

Tabell V.5: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av As i alle prøvepunkt

As	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,0787734	0,08252201	0,08259478	0,08938187	0,08923985	0,08514878	0,08722119	0,08475852	0,08882398	0,08371295
17.09.2021	0,06494708	0,07386334	0,06785195	0,06747729	0,07121212	0,0555059	0,06182722	0,06400897	0,07450949	0,07134602
01.10.2021	0,06749716	0,06756383	0,06579858	0,07346748	0,06825772	0,07763427	0,07818607	0,06737032	0,06341491	0,06493317
05.10.2021	0,07615478	0,07312573	0,07494827	0,07057886	0,0704735	0,07232175	0,08163618	0,06951199	0,08463195	0,10072381
03.11.2021	0,06790489	0,06177956	0,05794345	0,06127506	0,06271069	0,06546575	0,06281919	0,06442129	0,05707872	0,07019671
20.11.2021	0,06159796	0,06407401	0,11087883	0,11251189	0,11581711	0,11452816	0,11154631	0,11149928	0,12066765	0,12579034
Gjennomsnitt	0,06947921	0,07048808	0,07666931	0,07911541	0,0796185	0,0784341	0,08053936	0,07692839	0,08152112	0,08611717
Standardavvik	0,00663335	0,00759862	0,01873468	0,01886383	0,01986026	0,02039485	0,01831375	0,0185804	0,02267108	0,02329594

Tabell V.6: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Cd i alle prøvepunkta

Cd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,00193146	0,00196662	0,00200871	0,00253372	0,00215196	0,00241162	0,00198003	0,00193955	0,00208888	0,00211213
17.09.2021	0,00155443	0,00220931	0,00149401	0,00127066	0,00133828	0,00169884	0,00213767	0,00170218	0,00214152	0,0020141
01.10.2021	0,00240933	0,00181446	0,00106167	0,00191917	0,00238902	0,00196399	0,00155651	0,0016138	0,00223867	0,00177281
05.10.2021	0,00187096	0,00170982	0,00193157	0,0018196	0,00210658	0,00187909	0,00200631	0,00134474	0,00176877	0,00319267
03.11.2021	0,00269289	0,00204414	0,00242054	0,00161763	0,0019486	0,00145845	0,00203394	0,00211087	0,00200748	0,00146092
20.11.2021	0,00422011	0,00151862	0,00251656	0,00214763	0,00296064	0,00212959	0,00248761	0,00266862	0,00203863	0,00204002
Gjennomsnitt	0,00244653	0,00187716	0,00190551	0,00188473	0,00214918	0,00192359	0,00203368	0,00189663	0,00204732	0,00209878
Standardavvik	0,00095918	0,00024767	0,00055342	0,00043455	0,00053209	0,00033199	0,00029939	0,00046176	0,00015904	0,0005866

Tabell V.7: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Cr i alle prøvepunkta

Cr	Lok 1	Lok 2	Lok 3	Lok 4	Lok 5	Lok 6	Lok 7	Lok 8	Lok 9	Lok 10
10.09.2021	0,18896696	0,16907284	0,16864076	0,17590739	0,14963245	0,15985439	0,16318411	0,16446831	0,14079819	0,18644692
17.09.2021	0,17412354	0,11692345	0,12290639	0,12398958	0,10795025	0,11944636	0,11672074	0,16378989	0,1169217	0,12487823
01.10.2021	0,15803436	0,11028125	0,11415521	0,11391964	0,12166926	0,12189571	0,11559593	0,11150074	0,11470411	0,1060042
05.10.2021	0,1492186	0,11593579	0,11578587	0,11024535	0,11483938	0,11464359	0,11429384	0,11583522	0,11464449	0,1690133
03.11.2021	0,17658741	0,11943207	0,13125799	0,13986859	0,11750001	0,11719407	0,14095666	0,12183659	0,11680997	0,14278015
20.11.2021	0,17837666	0,12212211	0,1856013	0,18929348	0,1957601	0,20416189	0,22799306	0,20251735	0,20097997	0,24003713
Gjennomsnitt	0,17088459	0,12562792	0,13972458	0,142204	0,13455858	0,13953267	0,14645739	0,14665802	0,13414307	0,16152665
Standardavvik	0,01456475	0,02164886	0,03007394	0,03320216	0,03324704	0,03584107	0,04433802	0,03614735	0,03425359	0,04820424

Tabell V.8: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Ni i alle prøvepunkta

Ni	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,75334309	0,75521547	0,78188594	0,76981468	0,76433975	0,76324568	0,75484367	0,74724987	0,74969186	0,77238846
17.09.2021	0,70226169	0,67510152	0,70969469	0,68750963	0,6701115	0,67403137	0,69717335	0,69926785	0,68272035	0,71298784
01.10.2021	0,67466791	0,68156937	0,67623382	0,70544085	0,68889616	0,69518509	0,6767604	0,69366608	0,68363026	0,70289156
05.10.2021	0,679024	0,6913691	0,67752193	0,66026406	0,68413854	0,67349507	0,6685002	0,66558246	0,68643981	0,70996331
03.11.2021	0,67580211	0,64154874	0,64265602	0,63218871	0,63043943	0,65844246	0,65774876	0,63610525	0,63203865	0,62143758
20.11.2021	0,66165722	0,65090788	0,81374027	0,85545027	0,8445933	0,83065312	0,83743061	0,81129754	0,83785983	0,8067687
Gjennomsnitt	0,691126	0,68261868	0,71695544	0,7184447	0,71375311	0,71584213	0,7154095	0,70886151	0,71206346	0,72107291
Standardavvik	0,03321303	0,04024124	0,06688744	0,081683	0,07748395	0,06736692	0,0689866	0,06237996	0,07207028	0,06391182

Tabell V.9: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Pt i alle prøvepunkta

Pt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,00116714	0,00191141	0,00231074	0,00278555	0,00289879	0,00279437	0,00289595	0,00278822	0,00259024	0,00217698
17.09.2021	0,0028345	0,0025791	0,00240844	0,00256932	0,00260708	0,00202955	0,00178738	0,00240728	0,00196375	0,00242618
01.10.2021	0,00166959	0,00136968	0,001978	0,00220099	0,0012009	0,00245201	0,00152188	0,00234752	0,00176681	0,00219468
05.10.2021	0,001715	0,00177408	0,00210991	0,00123854	0,0017467	0,00187532	0,00122956	0,0016229	0,00384674	0,00378657
03.11.2021	0,00056834	0,00082285	0,00095376	0,00108012	0,00130283	0,0015909	0,00140219	0,00102679	0,00098872	0,0009734
20.11.2021	0,00178853	0,00125818	0,00111612	0,00099105	0,00113198	0,00109052	0,0013594	0,00060133	0,00096719	0,00135127
Gjennomsnitt	0,00162385	0,00161922	0,00181283	0,00181093	0,00181471	0,00197211	0,00169939	0,00179901	0,00202057	0,00215151
Standardavvik	0,00075178	0,00060952	0,00062316	0,00080138	0,00076323	0,00060689	0,00061574	0,00086153	0,0010864	0,00097772

Tabell V.10: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Gd i alle prøvepunkta

Gd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,029639	0,02840035	0,03037422	0,02843286	0,02864022	0,029775	0,03025602	0,02911334	0,02846132	0,02906415
17.09.2021	0,02459997	0,0262768	0,02570401	0,02481671	0,02616678	0,0252303	0,02531827	0,02545154	0,02447368	0,02493054
01.10.2021	0,02413135	0,02565199	0,02504639	0,02490796	0,02571256	0,02439412	0,02563541	0,02528606	0,0246153	0,02448051
05.10.2021	0,02374531	0,02508354	0,02410327	0,02184488	0,02120639	0,02307084	0,02290057	0,02333527	0,02495621	0,02409741
03.11.2021	0,02452992	0,02325623	0,02407662	0,02311236	0,02306866	0,02283401	0,02113474	0,02297751	0,02353118	0,02352645
20.11.2021	0,02259146	0,02318612	0,03792657	0,03574799	0,03713266	0,03644486	0,03561437	0,03609226	0,03775984	0,0358491
Gjennomsnitt	0,02487283	0,02530917	0,02787185	0,02647713	0,02698788	0,02695819	0,0268099	0,02704266	0,02729959	0,02699136
Standardavvik	0,0024468	0,00196886	0,00545249	0,00505514	0,00559881	0,00528416	0,00530074	0,00494106	0,00539722	0,00476839

Tabell V.11: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Pd i alle prøvepunktene

Pd	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,00472562	0,00479285	0,00508512	0,00437735	0,00552445	0,00442241	0,00459771	0,00493241	0,0041003	0,00532211
17.09.2021	0,00391744	0,00431509	0,00353848	0,00454682	0,00345813	0,00422164	0,00439887	0,00345816	0,00405174	0,00452048
01.10.2021	0,00421343	0,00392141	0,00491398	0,00331503	0,00402383	0,00385008	0,00387681	0,00467241	0,0040958	0,00405726
05.10.2021	0,00420575	0,00461039	0,00515675	0,00441666	0,00467664	0,00457994	0,00516589	0,00487584	0,01151204	0,03439029
03.11.2021	0,00455397	0,00530283	0,00399649	0,00507161	0,004288	0,00404828	0,00377837	0,00402642	0,00445558	0,00424563
20.11.2021	0,00499113	0,00547809	0,00698214	0,00602499	0,00597265	0,00552376	0,00590199	0,00627024	0,00633452	0,00620318
Gjennomsnitt	0,00443456	0,00473678	0,00494549	0,00462541	0,00465729	0,00444102	0,00461994	0,00470591	0,00575833	0,00978983
Standardavvik	0,00039431	0,00058851	0,00119108	0,0008929	0,00094426	0,00059052	0,00080642	0,00095363	0,0029516	0,01207786

Tabell V.12: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Al i alle prøvepunktene

Al	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	40,4712762	41,5823313	41,8044783	40,8868449	40,3926395	41,5999953	39,4998675	40,2160329	40,8389204	40,6221785
17.09.2021	35,4735835	34,358276	35,1363137	34,27444	33,6524069	34,7851395	33,3457888	34,4855916	35,1801335	34,3354497
01.10.2021	34,6248606	34,7270162	34,2332034	34,0556746	35,6780343	34,8567599	36,209473	35,1717331	35,1923829	35,2178967
05.10.2021	30,7084286	31,2310672	30,2256633	29,7616193	29,9174116	29,9224054	30,1459917	30,3096496	31,045743	32,4684332
03.11.2021	32,3436818	32,5550254	32,0191948	32,6817346	32,689688	32,9819969	31,8222479	31,8448175	31,7241695	31,5077741
20.11.2021	31,6124953	30,3932344	53,5893192	53,3898121	58,2053045	61,9318325	65,2069052	56,4205595	59,1593482	65,1593881
Gjennomsnitt	34,205721	34,1411584	37,8346955	37,5083543	38,4225808	39,3463549	39,3717123	38,0747307	38,8567829	39,8851867
Standardavvik	3,56267873	4,01977129	8,67106419	8,5944431	10,302702	11,7086269	13,0835275	9,60804066	10,5352278	12,78359

Tabell V.13: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Sb i alle prøvepunktene

Sb	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,01118804	0,01089548	0,01274778	0,01298994	0,01245567	0,01244021	0,01100684	0,01200239	0,00938307	0,01146168
17.09.2021	0,00968304	0,0079685	0,0085953	0,00919558	0,00862993	0,00888668	0,00858987	0,00850562	0,0091358	0,00884285
01.10.2021	0,00812463	0,00763373	0,00802511	0,00833979	0,00793611	0,00805357	0,00825764	0,00801602	0,00791403	0,00747538
05.10.2021	0,008552	0,00942038	0,00882067	0,00957938	0,00870339	0,0080157	0,00811807	0,00833535	0,00845224	0,01173951
03.11.2021	0,00880853	0,00777493	0,00738207	0,00806924	0,00737944	0,0089929	0,00853921	0,00746715	0,00693505	0,0073343
20.11.2021	0,00735097	0,01040307	0,01641681	0,01674923	0,01767182	0,01487396	0,01820151	0,01993634	0,01799616	0,0188874
Gjennomsnitt	0,0089512	0,00901602	0,01033129	0,01082053	0,01046273	0,0102105	0,01045219	0,01071048	0,00996939	0,01095685
Standardavvik	0,00133886	0,00142605	0,00352661	0,00339884	0,00395696	0,00280799	0,00394339	0,00479724	0,00402992	0,00432374

Tabell V.14: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Co i alle prøvepunktene

Co	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,02572502	0,02646852	0,02838769	0,02708298	0,02638105	0,02634466	0,0263981	0,02661021	0,0246409	0,02761479
17.09.2021	0,01537109	0,01394151	0,01544403	0,01312462	0,0150416	0,01351712	0,01451566	0,01542935	0,01385844	0,01502097
01.10.2021	0,01313344	0,01272779	0,01354329	0,01568054	0,01457066	0,01388453	0,0139738	0,01384999	0,01325412	0,0140378
05.10.2021	0,0134681	0,01475557	0,01460464	0,01490472	0,01258678	0,01241232	0,01452318	0,01505327	0,01637106	0,02047884
03.11.2021	0,01810567	0,01689364	0,01704122	0,01707076	0,01505792	0,01722126	0,01531166	0,01444518	0,01395918	0,01442164
20.11.2021	0,01897393	0,01978026	0,04481616	0,0439229	0,04695137	0,0460287	0,05026046	0,04546307	0,04524888	0,05066594
Gjennomsnitt	0,01746287	0,01742788	0,02230617	0,02196442	0,0217649	0,0215681	0,02249714	0,02180851	0,0212221	0,02370666
Standardavvik	0,00469121	0,00507817	0,01228491	0,01183039	0,01328042	0,01302087	0,01440546	0,01254175	0,01251375	0,01419602

Tabell V.15: Målt konsentrasjon [$\mu\text{g/l}$] av Tl i alle prøvepunktene

Tl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10.09.2021	0,00301803	0,00286548	0,0028569	0,00272988	0,00266426	0,00296452	0,00290993	0,00291026	0,00343051	0,00285173
17.09.2021	0,00263896	0,00264249	0,00267514	0,00292423	0,0028312	0,00312761	0,0025456	0,00278478	0,00275095	0,00300324
01.10.2021	0,00283473	0,0026741	0,00275347	0,00273179	0,00270111	0,00289825	0,00268266	0,00269723	0,00263753	0,00293406
05.10.2021	0,00279324	0,00280867	0,00270597	0,00292329	0,00288504	0,00265872	0,00263032	0,0023893	0,00359713	0,00366246
03.11.2021	0,00302966	0,00242987	0,00272142	0,00246782	0,00229515	0,00261405	0,00234325	0,0024261	0,00243239	0,00236261
20.11.2021	0,00246268	0,00249166	0,00265129	0,00286584	0,00298945	0,00292122	0,00296728	0,00278452	0,00271635	0,00270166
Gjennomsnitt	0,00279622	0,00265204	0,00272737	0,00277381	0,0027277	0,00286406	0,00267984	0,00266537	0,00292748	0,00291929
Standardavvik	0,00021962	0,00017073	7,2758E-05	0,00017365	0,00024323	0,00019424	0,0002321	0,00021114	0,0004704	0,00042928

