

Kartlegging og studie av forurensing fra avrenningsvann fra snødeponier i Trondheim til lokale bekker

Solvor Motland Kirkemo

Lektorutdanning med master i realfag
Innlevert: februar 2014
Hovedveileder: Øyvind Mikkelsen, IKJ

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Institutt for kjemi

Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Institutt for kjemi ved NTNU og er avslutningen av et femårig lektorprogram i realfag - LUR - med spesialisering i kjemi og biologi.

Jeg vil først takke min veileder, professor Øyvind Mikkelsen for all hjelp og støtte under arbeidet. Han gjorde det problemfritt for meg å flytte fra Trondheim midt i skriveprosessen, og han har alltid gitt meg inntrykk av å være tilgjengelig på mail og telefon ved eventuelle spørsmål. Han har også gjennomført DOC-analysene mine og har vært til stor hjelp med å finne bakgrunnsliteratur.

Jeg vil også benytte anledningen til å takke Syverin Lierhagen som har gjort alle HR-ICP-MS analysene mine.

Da jeg flyttet fra Trondheim før selve arbeidet med masteren begynte, gikk jeg dessverre glipp av store mengder kaffe mokka, men jeg har hatt den i tankene støtt og stadig. Takk Jorunn, Cathrine, Anne og Marianne for at dere har gjort studietiden så bra. Dere er savnet hver eneste dag. Det er bare å komme flyttende etter oss! 70 - tallstua er klar!

Sist, men ikke minst vil jeg takke min mann Fredrik for uvurderlig støtte og hjelp både med studier og flytting, men også med alt av livets små og store overraskelser og øyeblikk. Takk for at du alltid er der. Jeg hadde ikke klart meg uten deg! Du og vår lille travle toåring er alt.

Faktisk.

Takk for at det ikke var tilfeldig.

Sammendrag

I Trondheim kommune var det inntil nylig to snødeponier i bruk i vinterhalvåret, et deponi øverst i Iladalen og ett sør for Heimdal sentrum. I disse deponiene ble snø fra nærliggende områder dumpet ned, og snøen ble så liggende til den smeltet utover våren. I bunnen av begge områdene renner det en elv, Ilabekken i Iladalen og Søra på Heimdal. Når snødeponiet smelter utover våren renner avrenningsvannet ned i elvene.

I Norge er det begrenset med forskning på avrenning fra snødeponi, og målet med denne oppgaven var derfor å analysere smeltevannet, samt ellevannet oppstrøms og nedstrøms for der hvor smeltevannet renner ut. Snødeponiet i Iladalen var ikke i bruk vinteren 2013, men det ble allikevel med i oppgaven. I tillegg ble det tatt noen jordprøver etter smelteperioden, under der hvor snødeponiet hadde vært. Alle prøvene ble så analysert med HR-ICP-MS.

Det ble i hovedsak fokusert på de samme metallene for jordprøve som ved vannprøvene, nemlig kobber, sink, kadmium, bly, nikkel, krom, kvikksølv, arsen, jern og mangan. Disse metallene har Statens forurensingstilsyn klassifisert i fem tilstandsklasser (I-V) etter hvilken grad av forurensing ulike konsentrasjoner hvert av metallene gir.

Resultatene for analysene viser at det ikke kan påvises noen forurensing av Iladalen etter det tidligere snødeponiet. Og resultatene for Heimdal viser at avrenningen fra snødeponiet ikke påvirker Søra i negativ retning, men derimot fungerer som fortynner for elva for enkelte metaller.

Abstract

Until recently there were two urban snow deposits in use in the district of Trondheim, Norway. One in the Ila valley in the north western part of the district, and one south of the centre of Heimdal, an urban area south of the city of Trondheim. Snow from the local areas were transported to and dumped into the deposits, where the snow was left to melt during spring and early summer. At the bottom of both of the locations there runs a stream. In the Ila valley runs the Ila stream and in Heimdal the stream Sjøra. When the snow from the deposits melts during spring the runoff water runs down into these streams.

Only limited research has been conducted into the runoff water from urban snow deposits in Norway. The goal of this thesis has therefore been to analyze the runoff water as well as the water in the streams both upstream and downstream from where the runoff water enters the streams. The deposit in the Ila valley was not in use during the winter of 2013, however it has still been subject to analyses in this thesis to research any lasting effects of a snow deposit on the local environment. In addition to the water analyses there have been collected soil samples from underneath the deposits after they were melted. All samples have been analyzed with HR-ICP-MS.

The principal metals that were studied, both in the soil samples and in the water samples were copper, zinc, cadmium, lead, nickel, chromium, mercury, arsenic, iron and manganese. These metals have been classified into five classifications of condition (I-V) by the Norwegian Pollution Control Authority, according to the environmental impact of different concentrations of the respective metals.

The results from the analyses show that there cannot be determined any pollution of the Ila valley and the Ila stream from the former snow deposit. The analyses of the samples collected at Heimdal show that the runoff water from the snow deposit does not have a negative effect on the Sjøra stream, however the runoff water does seem to dilute the stream for some of the metals.

1. Innhold

Forord	- 1 -
Sammendrag.....	- 2 -
Abstract	- 3 -
1. Innhold	- 5 -
2. Bakgrunn	- 7 -
3. Teori	- 9 -
3.1. Innledning om snørydding.....	- 9 -
3.2. Urban snø.....	- 10 -
3.2.1. Miljøaspekter knyttet til landbaserte snødeponi.....	- 10 -
3.2.2. Kilder til forurensing i snø	- 11 -
3.3. Ulike forhold som påvirker mobilitet av metaller i vann	- 14 -
3.4. Miljøeffekten av forurensinger i snø	- 15 -
4. Metode.....	- 17 -
4.1. Undersøkellesområde	- 17 -
4.1.1. Iladalen	- 17 -
4.1.2. Heimdal	- 19 -
4.1.3. Prøvetidspunkt.....	- 21 -
4.2. Prøvetaking	- 22 -
4.3. ICP-MS	- 23 -
4.4. IR med forbrenningskammer	- 23 -
5. Resultater og diskusjon	- 25 -
5.1. Vannprøver	- 25 -
5.2. Heimdal	- 27 -
5.2.1. Arsen	- 27 -
5.2.2. Bly	- 28 -
5.2.3. Kadmium.....	- 29 -
5.2.4. Kobber.....	- 30 -
5.2.5. Krom.....	- 31 -
5.2.6. Kvikksølv	- 32 -
5.2.7. Nikkel.....	- 33 -
5.2.8. Sink.....	- 34 -

5.2.9.	Mangan.....	- 35 -
5.2.10.	Jern	- 36 -
5.2.11.	Aluminium	- 37 -
5.3.	Byåsen	- 38 -
5.3.1.	Arsen, bly og kadmium	- 38 -
5.3.2.	Kobber og krom	- 40 -
5.3.3.	Kvikksølv	- 41 -
5.3.4.	Nikkel.....	- 41 -
5.3.5.	Sink.....	- 42 -
5.3.6.	Mangan.....	- 43 -
5.3.7.	Jern	- 44 -
5.3.8.	Aluminium	- 45 -
5.4.	Jordprøver.....	- 46 -
5.5.	Heimdal	- 47 -
5.6.	Byåsen	- 51 -
5.7.	Sammenheng mellom DOC og metaller.....	- 55 -
5.8.	Høsten 2013.....	- 58 -
5.8.1.	Bly.....	- 58 -
5.8.2.	Kobber.....	- 59 -
5.8.3.	Krom.....	- 60 -
5.8.4.	Kvikksølv	- 61 -
5.8.5.	Nikkel.....	- 62 -
5.8.6.	Sink.....	- 63 -
5.8.7.	Aluminium	- 63 -
6.	Konklusjon	- 65 -
7.	Referanser.....	- 67 -
8.	Vedlegg A: Heimdal.....	ii
9.	Vedlegg B: Byåsen.....	xxiv
10.	Vedlegg C: Resultater	xl

2. Bakgrunn

Plassering og avrenning fra snødeponi er et aktuelt tema. Nylig pågikk det en større debatt rundt temaet i Oslo i forbindelse med etablering av snødeponi der. Overskuddssnø i større byer håndteres ved at snøen transporteres til et område for deponering.

I Trondheim var det inntil nylig to snødeponier, det ene lå øverst i Iladalen, og det andre rett sør for Heimdal sentrum. Tidligere har det vært flere snødeponi, men resten av snøen tippes i dag på sjøen nær sentrum. Vinteren 2013 var kun snødeponiet på Heimdal i bruk.

I Norge er det begrenset med forskning og undersøkelser på forurensing knyttet til avrenning fra snødeponi. I en rapport fra NGU i 2004 ble det gjort en mindre kartlegging av avrenning til Ilabekken fra deponiet øverst i Iladalen, med vurdering for tilførsel av forurensinger til havsedimentene. Rapporten konkluderte med at deponiet kun representerte en ubetydelig forurensningskilde til havsedimentene, og at innhold av metaller i sedimentene i Ilabekken var lave og klassifisert som ubetydelig forurenset i forhold til «Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT97:04)». Det ble også konkludert med at jordprøver fra snødeponiet hadde lavere innhold av metaller enn det som er vanlig i Trondheim.

I en rapport fra Bioforsk i 2011; «Bunndyrundersøkelse i Gjersrudtjernbekken, Oslo - Mulige effekter av avrenning fra Åsland snødeponi» ble det konkludert med at det var ingen særlig forskjell i økologisk tilstand oppstrøms og nedstrøms kulvert fra snødeponi. Allikevel ble det anbefalt å følge opp med supplerende prøvetaking i vårperioden med mye snøsmelting for å avdekke mulige effekter av vann fra snødeponiet. I en NIVA rapport fra 2009 ble det funnet at avrenning fra snødeponi kunne forurense lokalt mindre bekker. Blant annet hadde smeltevann fra snødeponi høyt innhold av veisalt og suspendert stoff hvorav 30% var organisk, videre var konsentrasjonene til flere tungmetaller metaller høye.

Oversikten over viser at det er knyttet usikkerhet til i hvilken grad avrenning fra snødeponier utgjør en signifikant kilde til forurensing, spesielt i mindre bekker nedstrøms snødeponi. Det vil være flere faktorer som spiller inn, så hvert snødeponi bør undersøkes individuelt. I denne oppgaven vil det gjøres et mer omfattende studie av avrenningsvannet fra de to snødeponiene i Trondheim. Avrenningsvann og bekkevann oppstrøms/nedstrøms deponiene vil prøvetas

gjennom hele smelteperioden, og analyseres for utvalgte metaller og naturlig organisk materiale. Resultatene vil danne grunnlag for en individuell evaluering av hvor stor forurensningskilde de to snødeponiene utgjør for de lokale bekkene (Ilabekken og Sørå).

3. Teori

3.1. Innledning om snørydding

I de fleste nordlige byer kommer det snø i vinterhalvåret som må hanskes med for å unngå trafikale problemer. Ofte brukes det store mengder med avisningsmidler og strøsand for å gjøre veiene fremkommelige (Fay & Shi, 2012). I tillegg er det ofte nødvendig å rydde veiene for snø slik at de skal være farbare. Dermed er det nødvendig å ha et sted å gjøre av snøen.

Det finnes ulike metoder for å bli kvitt snøen. De vanligste metodene er bruk av landbaserte deponier, eller dumping av snøen i havet, men det brukes også andre metoder. For eksempel i Montreal i Canada blir snøen dumpet direkte i kloakksystemet. I Nord-Amerika blir snøen som oftest lagret i landbaserte snødeponier, mens den i Japan ofte blir dumpet direkte i elver, noe som også brukes enkelte steder i Norge (Bækken & Tjomsland, 2001; Ranneklev, Tjomsland, & Kempa, 2013). I Norge, Sverige og Finland brukes det både landbaserte snødeponier og dumping i sjøen (Reinosdotter, Viklander, & Malmqvist, 2003). I Oslo er det også prøvd ut mobile renseverk for snø i Oslofjorden (Oslo kommune, 2011). Her blir snøen dumpet i en mobil rensestasjon, hvor snøen smelter ved hjelp av sjøvann, før smeltevannet renses for partikler og tungmetaller og sendes ut i fjorden (NCC). Dette er en metode som også andre byer ønsker å prøve ut (Bærum kommune, 2013).

Disse metodene har alle sine fordeler og ulemper. Dumping av snømasser i kloakksystemet gjør at snøen blir renses, men samtidig vil store snøfall kunne føre til en redusert temperatur på kloakkvannet, noe som kan gjøre renseprosessen mindre effektiv. Landbaserte snødeponier opptar landareal som kunne vært brukt til annet formål. Dette slipper man ved å dumpe snøen, men man kan potensielt sett forurense havneområdene. Ved å bruke renseanlegg kan man påse at smeltevannet er rent nok til å gå ut i havet, men både renseanlegg og deponier stiller krav til transport av snøen, noe som kan være en forurensningskilde i seg selv.

I likhet med regnvann er snømassene ofte forurenset, særlig i urbane strøk. Noe som kan gjøre håndteringen av snømassene til mer enn et rent praktisk problem. Men i motsetning til ved regnvann, eller snøsmelting, så kan man gjennom snørydding bestemme hvor man ønsker at forurensningene skal ende opp når snøen smelter (Reinosdotter & Viklander, 2005).

3.2. Urban snø

3.2.1. Miljøaspekter knyttet til landbaserte snødeponi

I et snødeponi dumpes det ofte snø fra nærliggende områder. I en by er det ofte kort vei mellom trafikkerte områder og boligområder, og snøen som lagres i deponiet vil kunne være av ulik forurensningsgrad. Et av problemene med dagens håndtering av snøen, er i følge Reinosdotter, Viklander og Malmquist (2003) at man ikke skiller mellom hvor snøen kommer fra før den dumpes. Ved å bruke sentrale snødeponier, blander man sammen forurenset snø fra bykjernen med renere snø fra boligområdene. Et snødeponi vil ha en høyere mengde forurensinger enn en tilsvarende mengde med uforstyrret snø (M. Viklander, 1999), da snødeponiet ofte består av en konsentrert mengde av urban snø.

Når snødeponiet etter hvert smelter, vil konsentrasjonen av forurensinger være avhengig av værforhold. Regn vil bidra til å fortynne, mens varmere vær gjør at noe av snøen fordamper, og dermed blir smeltevannet mer konsentrert (Feiccabrino, Lundberg, & Skogsberg, 2008). De fleste av de løste forurensingene vil følge med smeltevannet (Reinosdotter & Viklander, 2003; Reinosdotter & Viklander, 2005).

Ved enkelte landbaserte snødeponier, slik som Åsland snødeponi i Oslo, renner smeltevannet fra deponiet ned i avløpskummer hvor det senere blir renset. Ved å blande sammen forurenset snø med snø som er relativt ren, blir mengden smeltevann som skal renses vesentlig større, og man risikerer at man overskrider renskapasiteten til anlegget (Bækken & Pettersen, 2009).

Det er flere potensielle problematiske stoffer i avrenningen fra snødeponiene, alt etter hvor snøen kommer fra. Ved å samle snøen i landbaserte deponier, blir de ulike stoffene frigitt over en kort tidsperiode (Bækken, 1994), noe som kan føre til forurensing.

3.2.2.Kilder til forurensing i snø

3.2.2.1. Forurensninger i snø

Det finnes som nevnt mange ulike kilder til forurensing i snøen, hvorav mange av dem havner i snøen mens den ligger på bakken. Men allerede mens snøen daler, blir den forurenset av atmosfæriske forurensninger som kan bli fanget opp av dalende regndråper og snøflak. (Glenn III & Sansalone, 2002; Reinosdotter, 2007).

En norsk studie fra 1975 (Gjessing og Gjessing som gjengitt av Maria Viklander (1998)) viste at snøflakene var mer forurenset enn regndråper innen de nådde bakken grunnet snøflakenes store overflate og lave fallhastighet. Dermed fanger snøflak mer effektivt opp forurensninger enn regndråper. I tillegg gjør bakkelaagring av snøen at det akkumuleres forurensninger som ellers hadde blitt skylt ut med regnvann eller smeltevann (Glenn III & Sansalone, 2002).

Da det akkumuleres forurensninger i snøhaugene, er konsentrasjonen av forurensninger avhengig av hvor lenge snøen blir liggende før den fjernes (Bækken, 2010; Feiccabrino et al., 2008). Når denne snøen så begynner å smelte, vil det kunne skje en avrenning av relativt store mengder vann. Dermed kan det bli frigjort store mengder forurensninger på kort tid. (Viklander, 2003). Med unntak av store topper under perioder med mye nedbør, så er konsentrasjonen av løste stoffer i smeltevann ofte to til fem ganger høyere i smeltevann enn i regnvann (Herrmann, Daub, Förster, & Striebel, 1994; Westerlund & Viklander, 2006).

Smeltehastigheten og jordparametere der snøen ligger er avgjørende for hvor stor del av smeltevannet som filtreres ned i jorda. Det resterende smeltevannet vil bli til overflatevann (Feiccabrino et al., 2008).

Løste forurensninger vil følge med smeltevannet, mens partikkelvandringen er avhengig av smeltehastigheten (Feiccabrino et al., 2008; Reinosdotter & Viklander, 2005; Reinosdotter et al., 2003). Dermed er det essensielt å vite egenskapene til de ulike forurensningene for å vite veien videre fra snøhaugen.

Smeltevann fra urbane områder eller fra transport er en kompleks heterogen miks av tungmetaller, partikler, uorganiske og organiske forbindelser med stor variasjon (Sansalone &

Glenn III, 2002). De vanligste forurensingene i urban snø er metaller, næringsstoffer, salter og hydrokarboner (Feiccabrino et al., 2008; Glenn III & Sansalone, 2002; M. Viklander, 1996). Smeltevann fra snøhauger har vist seg, i likhet med regnvann, å ha høye konsentrasjoner av forurensinger i utbygde strøk (Glenn III & Sansalone, 2002)

Menneskeskapte årsaker til urban snøforurensing er i følge Feiccabrino, Lundberg og Skogsberg (Bækken, 1994; 2008) i prioritert rekkefølge trafikk, salting/strøing, industri og søppel.

3.2.2.2. Trafikk

Avrenning fra trafikkerte veier har begynt å bli ansett for å være den mest forurensede avrenningen grunnet de mange ulike kildene til forurensing (Hallberg, Renman, & Lundbom, 2007).

Forurensinger fra trafikk kommer i ulike former. Den kan være i gassform, fra ulike utslipp, i væskeform, ved lekkasjer, eller i fast form. Trafikkforurensinger i fast form kan for eksempel stamme fra korrosjon fra biler og slitasje på bildekk (Hääl, Sürje, & Rõuk, 2008), men også fra slitasje på selve veiene (Pagotto, Remy, Legret, & Le Cloirec, 2001).

Mengden forurensing i snøen varierer med trafikkmengden. Jo mer trafikkert veien er, jo mer forurenset er snøen (M. Viklander, 1999).

Snø som faller ned i veibanen, blir ofte pløyd bort fra veien og over på veiskulderen eller lenger bort i fra veibanen. Dette er noe som gjøres i intervaller alt etter hvor stort snøfall det er. De fleste områder har standarder for hvor høy snømengden kan være før de begynner å brøyte. I Trondheim kommune brøytes veiene når snødybden har nådd 2 cm ved riksveier, eller 5 cm for andre veier (Trondheim kommune, 2014).

Dersom snøen brøytes av veien og over på veiskulderen blir den liggende direkte eksponert for trafikk. Dermed vil forurensinger fra trafikken kunne gjøre en signifikant påvirkning på snøen (Sansalone & Glenn III, 2002).

I urbane områder er trafikken en av de største forurensningskilder til snøen (Feiccabrino et al., 2008). I kaldt klima øker forurensningene fra trafikken grunnet blant annet økt bruk av midler for å hindre at veiene er glatte (salting og strøsand), bilmotorer som fungerer mindre effektivt ved lave temperaturer og bruk av piggdekk (Engelhard, De Toffol, Lek, Rauch, & Dallinger, 2007). Når veiene er bare for is og snø, slites veibanen og dekkene mye raskere. Dette bidrar til økt forurensning (Hääl et al., 2008).

Det finnes mange ulike kilder til forurensning i trafikken (Amrhein, Strong, & Mosher, 1992): Tungmetaller blir primært generert fra slitasje på metallbærende bildeler og fra slitasje av dekk på veiene. Denne dekkslitasjen fører også til forurensning av Zn og Cd. Cd kommer også fra diesel, mens Zn også kommer fra bremsesystemet, sammen med Pb og Cu. Cu i trafikkbildet kan også stamme fra radiatorvæske eller kulelagre. Katalysatoren kan forurense med Pt, Pd og Rh. Mens bilens ståldeler inneholder blant annet Ni, Cr, V, W, Mo, Fe, Mn, og Al (Amrhein et al., 1992).

3.2.2.3. Salting og strøing

De to mest vanlige, og mest effektfulle saltene som brukes til salting av veier i verden, er NaCl (som salt) og CaCl₂ (flytende, eller i granulatform). Av disse er CaCl₂ mer effektiv ved lave temperaturer, men til gjengjeld er den også vesentlig dyrere (Sansalone & Glenn III, 2002). I Norge er 99,5 % av veisaltet som brukes NaCl (Trafikksikkerhet, 2010).

Noe av problemet ved bruk av NaCl som veisalt er at det kan ha en negativ påvirkning på vegetasjon langs veier. I tillegg kan det føre til korrodering av kjøretøy og veiene (Amrhein et al., 1992).

En undersøkelse av Helmreich et al (2010) viste at saltingen kun hadde en svak påvirkning på de økte forekomstene av forurensninger om vinteren, mens strøsanden i større grad førte til økt forurensninger ved at den bidro til økt slitasje på veier og kjøretøy.

Kloridionet er veldig mobilt. Dets økte verdier i flomvann hindrer vertikal miksing av vannet, og fører til en utvasking av forurensninger slik som tungmetaller som er bundet til veijorda (Amrhein et al., 1992; Norrström & Jacks, 1998). En undersøkelse i Luleå viste at metallelementer normalt er mer partikkelbundne i snøsmeltingsperioden enn i regnperioder.

Men ved bruk av salt som avisningsmiddel førte til en økning i løste metaller, noe som dermed fører til økt giftighet (Reinosdotter & Viklander, 2003).

3.2.2.4. Andre kilder

I tillegg til trafikk og salting og strøing er det selvfølgelig også andre forurensningskilder til snøen. Eksempler på dette kan være forurensinger fra berggrunnen som forurenser snøen nedenfra gjennom blant annet erosjon og kjemisk forvitring. Dette blir omtalt i del 3.3.

Forurensingene kan også komme ovenfra for eksempel gjennom vedfyring. Landbruksaktivitet, industri og byggeaktivitet er også noe som vil bidra til å forurense snøen.

3.3. Ulike forhold som påvirker mobilitet av metaller i vann

Før snøen smelter har den en porøs struktur, noe som er med på å påvirke forholdene i snøhaugen. Porøsiteten gjør at den kan ta til seg fine partikkel-bundne forurensinger fra det urbane miljøet og i urbane områder har man funnet sammenheng mellom snøens forurensning innhold og avstand til store industriområder, samt med snøhaugens alder (White, Rasmussen, & Blaise, 1995). Den porøse strukturen til snø, og det at tungmetaller og partikler blir "liggende" lenge i snømassene bidrar til at mer av elementene går over i fast fase, i forhold til i flomvann (Sansalone & Buchberger, 1996).

Snøsmelting og kjemien i snøhaugen genererer ulike fordelinger mellom løste og partikkelbundne faser av spormetaller, alt etter om snøen er en naturlig haug, eller om den er et deponi. (Sansalone & Glenn III, 2002)

Når snøen smelter og blandes med annet vann kan kolloider som holdes sammen i saltløsninger brytes opp og frigjøres. Da løseligheten til mange uorganiske salter vil øke med temperaturen (Stumm & Morgan, 1996), vil salter fra berggrunnen kunne løses og bli en del av avrenningsvannet under snøsmeltingen. Gjennom kjemisk forvitring blir steiner og

primære mineraler omdanna til løste stoffer som kan fraktes med smeltevannet. Graden av forvitring er avhengig av ulike faktorer, slik som hvilken form metallet er i. Ioner som har blitt løst gjennomgår ofte nye kjemiske reaksjoner, og dermed er det andre likevekter enn bare løselighetslikevekten som må vurderes dersom man ønsker å prøve å beregne hvordan berggrunnen vil reagere på et smeltende snødeponi (Stumm & Morgan, 1996).

Mobiliteten til tungmetaller i smeltevann eller regnvann er avhengig av de kjemiske egenskapene til vannet, og da er det hovedsakelig pH som er den avgjørende faktoren (Bauske & Goetz, 1993). pH vil ha en stor påvirkning på hvordan stoffene blir løst (og om de blir løst) (Stumm & Morgan, 1996). I tillegg har redokspotensialet en stor betydning for hvordan stoffer blir løst (Manahan, 2010).

3.4. Miljøeffekten av forurensinger i snø

En forurensning vil si at et stoff som er tilstede i en høyere konsentrasjon enn det naturlig er (Manahan, 2010). Denne forhøyde konsentrasjonen regnes for å være giftig dersom mengden overskrider et grensenivå for det spesifikke området (Walker, Sibly, Hopkin, & Peakall, 2006).

Da forskjellen mellom den konsentrasjonen som er høyere enn naturlig, og konsentrasjonen som ansees som giftig kan være stor, opereres det med tilstandsklasser når det er snakk om forurensninger. Statens forurensingstilsyn har utarbeidet et klassifiseringssystem med fem tilstandsklasser hvor blant annet ulike tungmetaller blir klassifisert i fra tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) til tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset) (Statens forurensingstilsyn, 1997) (se også side - 25 - og - 46 -).

De viktigste forurensingene til snøen er trolig ulike tungmetaller fra bl.a. trafikkbildet samt ulike former for salt som brukes til å gjøre veiene fremkøbbare om vinteren.

Spormetaller kan føre til store helseproblemer for mennesker og andre dyr høyt oppe i næringskjeden grunnet akkumulering i kroppen. (Feiccabrino et al., 2008). Tungmetaller

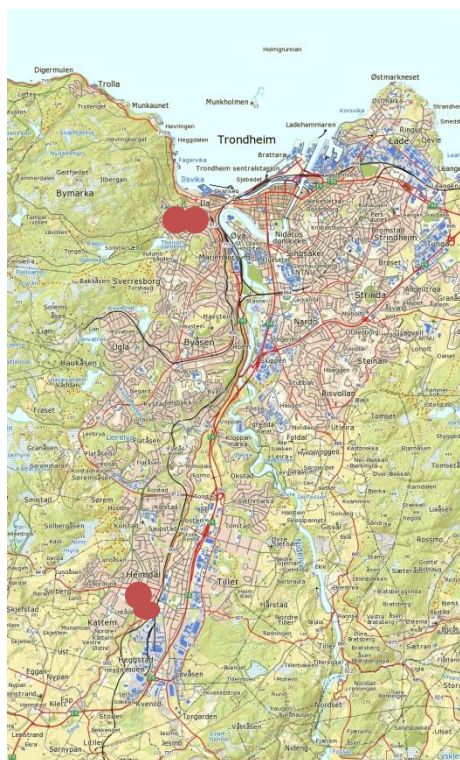
påvirker også arter lavere nede næringskjeden, slik som mikroorganismer (Giller, Witter, & McGrath, 1998).

Som tidligere beskrevet brukes NaCl i all hovedsak til salting av veiene i Norge. Undersøkelser har vist at en konsentrasjon av NaCl opp til 600mg/L stimulerer plantevekst, mens planteskader opptrer mellom 1000-5000mg/L (Sansalone & Glenn III, 2002).

4. Metode

4.1. Undersøkellesområde

I Trondheim kommune har det vært to store snødeponier, ett i Iladalen som ligger i den nordlige delen av kommunen og ett på Heimdal i sør (se Figur 4-1) Begge steder er daler, hvor det går vei på toppen av en bratt skråning. Dette gjør at det er enkelt å tømme store mengder med snø i deponiene. I bunnen av dalen renner det en elv, Ilabekken i Iladalen, og Sørå på Heimdal. Når snødeponiet begynner å smelte utover våren renner smeltevannet ned i elva.



Figur 4-1 Prøvetakningsstedene i Iladalen og på Heimdal (Kartverket)

4.1.1. Iladalen

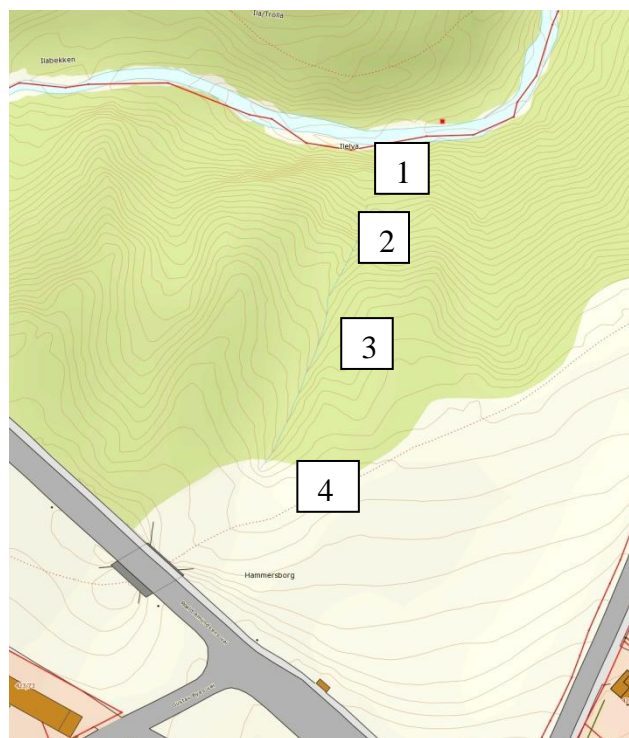
Snøen i snødeponiet i Iladalen stammet i hovedsak fra boligområder på Byåsen, og deponiets innhold og påvirkning av vannkvaliteten i Ilabekken ble undersøkt av NGU i 2004 (Andersson et al., 2004), hvor det ble konkludert at snødeponiet ”representerer en ubetydelig forurensningskilde av havnesedimentene”. Dette deponiet var ikke i bruk vinteren 2013, da snøen fra Byåsen de siste årene har blitt dumpet direkte i havnebassenget. Det ble allikevel foretatt prøvetakninger oppstrøms og nedstrøms av det tidligere deponiet i løpet av hele

smelteperioden for å undersøke om området hadde blitt påvirket av det tidligere deponiet (se Figur 4-2).



Figur 4-2 Prøvetaking av oppstrøms (blått) og nedstrøms(rødt) av det tidligere snødeponiet i Iladalen (Kartverket)

Det ble også tatt fire jordprøver av området under det tidligere deponiet da smelteperioden var over (se Figur 4-3)



Figur 4-3 Nedstrøms av deponiet i Iladalen, samt jordprøve 1-4 (Kartverket)

4.1.2.Heimdal

Snøen på Heimdal kommer fra mer trafikkerte områder, med fylkesvei 900 som passerer rett ved snødeponiet. Da prøvetakningen startet var høyden på snøen i deponiet flere meter høyt og dekket et relativt stort område i dalen (se Figur 4-4)



Figur 4-4 Bilde av snødeponiet på Heimdal 25. mars 2013

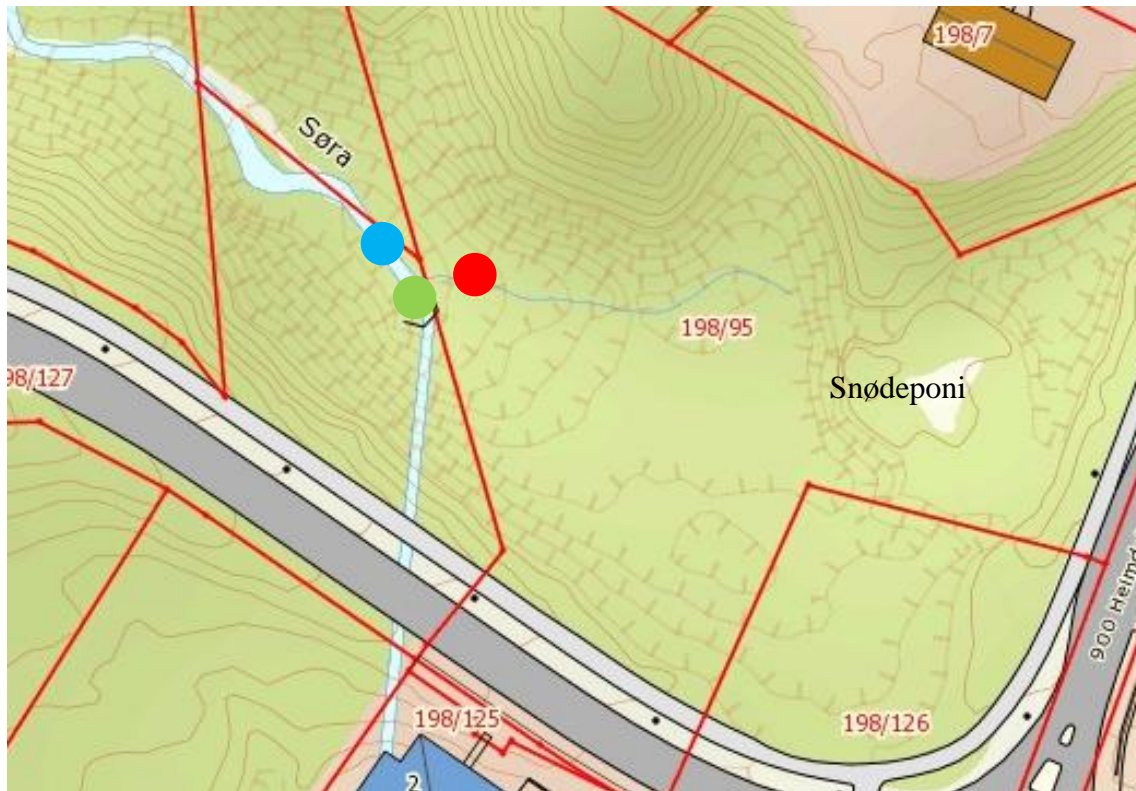
Smeltevannet fra deponiet renner ned i Søra, deretter er elva lagt i rør under veien (se Figur 4-5).



Figur 4-5 Prøvetaking av oppstrøms(rødt) og nedstrøms (lilla) snødeponiet på Heimdal (Kartverket)

Det ble derfor foretatt to prøvetakinger nedstrøms der avrenningen fra snødeponiet møter Søra. Det ene prøvepunktet var omlag en meter etter avrenningen møter elva, rett før den renner inn i rør, mens det andre prøvepunktet er lenger nede i elva (se Figur 4-5, det lilla punket).

Prøvepunktet umiddelbart etter avrenningen møter Sørå (se Figur 4-6, det grønne punktet) blir kalt for "blanding" i resultatene.



Figur 4-6 Avrenning (rødt), oppstrøms (blått) og blanding (grønt) av snødeponiet på Heimdal (Kartverket)

Det ble også tatt fire jordprøver av området under snødeponiet etter smelteperioden var over (17. juni 2013). (se Figur 4-7).



Figur 4-7 Avrenning (rødt), oppstrøms (blått) og blanding (grønt) av snødeponiet på Heimdal, samt jordprøve 1-4 (Kartverket)

4.1.3. Prøvetidspunkt

De første vannprøvene ble hentet 25. mars 2013 før snøsmeltingen hadde startet. Dermed ble det kun hentet prøver oppstrøms og nedstrøms for snødeponiet på Heimdal og på Byåsen.

Neste prøvetidspunkt var en måned senere, 26. april 2013. På dette tidspunktet hadde snøsmeltingen begynt så vidt fra deponiet. Bakken var fri for snø, og det var noe avrenning fra deponiet på Heimdal. På Byåsen var bakken også i det store og hele fri for snø.

Det ble så tatt nye prøver 5. mai 2013. Nå var bakken helt fri for snø, og det var større vannføring i avrenningsbekken fra snødeponiet på Heimdal.

Grunnet 5 års flom ble det et lite opphold i prøvetakningen frem til 27. mai, tre uker senere. Det ble ikke observert noe spesielt kraftig vannføring i avrenningsbekken, eller i Søra og Ilabekken ved denne prøvehentinga.

Ved neste prøveheving 10. juni ble det observert en kraftig økning i vannføring i Søra og Ilabekken. Det var på dette tidspunktet også blitt en kraftig økning i planteveksten i områdene rundt prøvetakningsstedene.

Den siste prøvetakningen av Byåsen ble gjort ei uke senere, den 17. juni. Nå ble det observert en vesentlig lavere vannføring enn uka før. Og snødeponiet på Heimdal var redusert til en liten snøhaug.

Det ble så tatt en prøve nedstrøms på Heimdal den 8. juli etter den resterende mengden av snø fra deponiet hadde smeltet bort.

Høsten 2013 ble det startet med anleggsvirksomhet i veiområdet rundt snødeponiet på Heimdal. Det ble derfor foretatt en ny prøvetakningsrunde på de fire punktene på Heimdal den 23. oktober. Da ble det observert at Søra inneholdt mye fint grums og at elva hadde fått en brunrød farge.

4.2. Prøvetaking

Alle vannprøvene ble tatt med latex-frie 30 mL en-gangssprøyter fra NORM-JECT som ble vasket med prøvevannet tre ganger før prøven ble tatt. De filtrerte prøvene ble filtrert i 25-mm sprøytefilter fra VWR med 0,45µm polyetersulfure membran.

10 mL av prøvevannet ble overført til graderte, koniske, sterile og metallfrie engangssentrifugerør (15 mL).

Alle prøvene ble deretter syrebehandlet med selvprodusert superpure HNO₃ (1 dr. /3,33 mL prøve), før vannprøvene ble oppbevart i kjøleskap frem til analysering på ICP-MS.

Til måling av reduksjonspotensial ble det brukt en YSI Ecoline 15ORP.

Det ble brukt en WTW 350i Multimeter med ConOx elektrode (Combined Conductivity and Dissolved Oxygen Sensor”) for å undersøke konduktiviteten.

Jordprøvene ble hentet med en metallfri hagespade fra Fiskars. Deretter ble prøvene hatt over i metallfrie plastikkopper beregnet for jordprøver. Plastikkoppene med jordprøvene ble så oppbevart i syrefrie papirposer. Prøvene ble deretter oppbevart i fryseboks frem til dekomponering med Ultra-Clave.

4.3. ICP-MS

Både vannprøvene og jordprøvene (etter dekomponering) ble analysert ved hjelp av ICP-MS. ICP-MS analysen ble utført av overingeniør Syverin Lierhagen ved NTNU i Trondheim. Det ble benyttet Thermo Electronics element 2 HR-ICP-MS til analysen.

Alle resultatverdiene fra ICP-MS analysen ble korrigert for fortynning og blankprøver.

4.4. IR med forbrenningskammer

Prøvene for DOC (oppløst organisk karbon) ble analysert av professor Øyvind Mikkelsen. Det ble benyttet en Torch Combustion TOC/TN til analysen.

5. Resultater og diskusjon

Resultatdelen består av en presentasjon av resultatene funnet i analysene av vannprøvene og jordprøvene fra Heimdal og Byåsen, en korrelasjonsanalyse av DOC og utvalgte metaller, en sammenlikning av resultatene fra snøsmeltingsperioden på Heimdal med prøver tatt i oktober 2013 etter oppstart av anleggsvirksomhet samt diskusjon av resultatene.

5.1. Vannprøver

Metallene av størst interesse ved undersøkelse av vannprøvene fra Heimdal og Byåsen er: arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, nikkel, sink, jern og aluminium. Disse verdiene fremstilles grafisk og diskuteres opp mot veiledningen til Statens forurensingstilsyn (1997), med unntak for vannprøvene for arsen som diskuteres mot veiledningen fra 2007.

Veiledningen fra Statens forurensingstilsyn deler vannet inn i fem tilstandsklasser etter hvor stor konsentrasjonsmengden av de ulike metallene er. Konsentrasjonen til enkelte næringsstoffer, slik som jern og mangan deles også inn i fem ulike tilstandsklasser, men de fem klassene heter noe annet enn for metallene.

Alle konsentrasjonsverdiene for de fem tilstandsklassene for vann er fremstilt i Tabell 5-1. I grafene i resultatene er *øvre* grense for hver tilstandsklasse angitt med en horisontal linje. Dette vil si at dersom søylene passer over en linje, så kommer verdiene inn i neste tilstandsklasse. En søyle som er høyere enn nivået for tilstandsgrad I er derfor i tilstandsklasse II (eller høyere).

Tabell 5-1 Tilstandsklasser for vannprøver etter veiledningen til Statens forurensingstilsyn (1997, 2007)

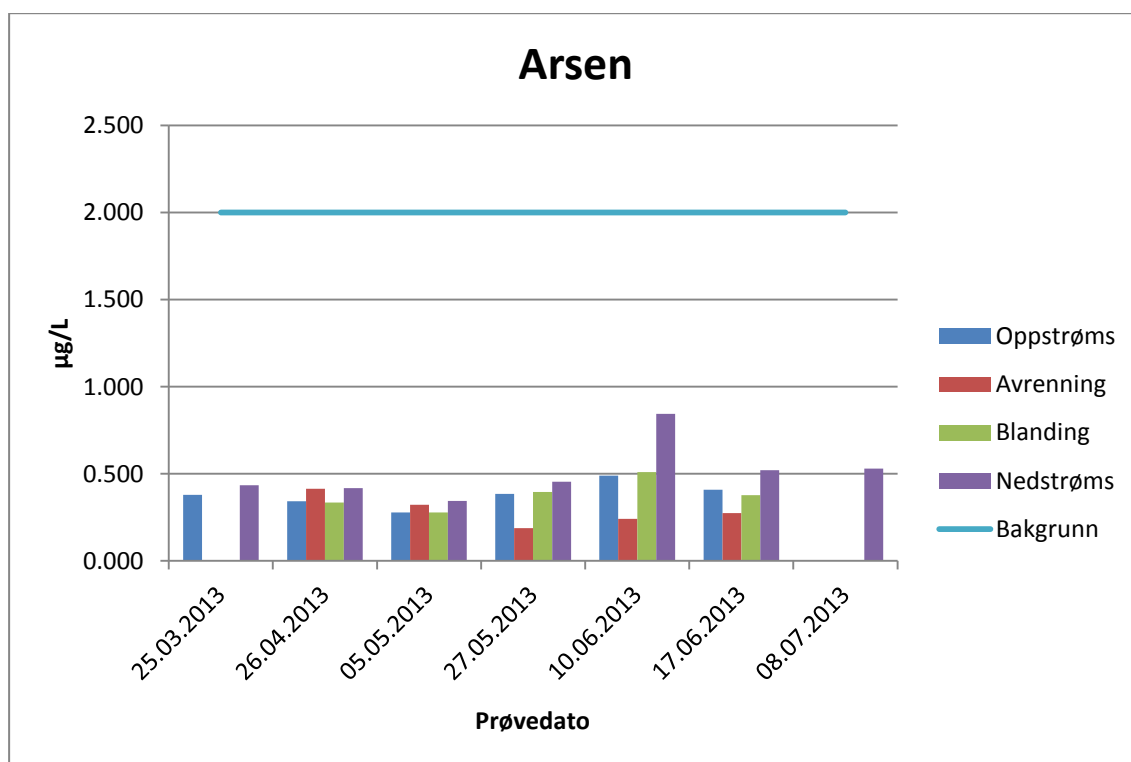
Parametere	Tilstandsklasser				
	I	II	III	IV	V
	Ubetydelig forurenset	Moderat forurenset	Markert forurenset	Sterkt forurenset	Meget sterkt forurenset
Kobber µg/L	< 0,6	0,6 - 1,5	1,5 - 3	3 - 6	> 6
Sink µg/L	< 5	5 - 20	20 - 50	50- 100	> 100
Kadmium µg/L	< 0,04	0,004 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,4	> 0,4
Bly µg/L	< 0,5	0,5 - 1,2	1,2 - 2,5	2,5 - 5	> 5
Nikkel µg/L	< 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 5	5 - 10	> 10
Krom µg/L	< 0,2	0,2 - 2,5	2,5 - 10	10 - 50	> 50
Kvikksølv µg/L	< 0,002	0,002 - 0,005	0,005 - 0,01	0,01 - 0,02	> 0,02
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Arsen µg/L	< 2	2 - 4,8	4,8 - 8,5	8,5 - 85	> 85
	Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
Jern µg/L	< 50	50 - 100	100 - 300	300 - 600	> 600
Mangan µg/L	< 20	20 - 50	50 - 100	100 - 150	> 150

5.2.Heimdal

Som beskrevet i seksjon 4.1 Undersøkelsesområde (side - 17 -), ble det tatt vannprøver fra fire prøvesteder på Heimdal, nemlig avrenning fra snødeponiet, oppstrøms i Sørå fra hvor avrenningen renner ut, et prøvepunkt kalt ”blanding” som er omlag en meter etter avrenningen har rent ut i Sørå, samt et punkt nedstrøms for deponiet. Etter blandingspunktet renner Sørå inn rør under veien, derfor er det også tatt med et prøvepunkt lengder nede i elva for å ha et prøvepunkt hvor avrenningsvannet og Sørå har fått anledning til å blande seg. Prøvepunktet nedstrøms er derfor omlag 100 meter lenger nede langs Sørå.

5.2.1. Arsen

Analysen for arsen viste at alle prøveverdier for arsen lå godt innenfor det som blir betegnet som bakgrunnsverdier fra Statens forurensningstilsyn fra 2007. Ved alle prøvetakingene ligger verdiene nedstrøms høyere enn oppstrøms, men verdiene fra avrenningen fra snødeponiet er generelt lave. Dette tyder på at økningen i arsen mellom prøvepunktene oppstrøms og nedstrøms ikke stammer fra snødeponiet.

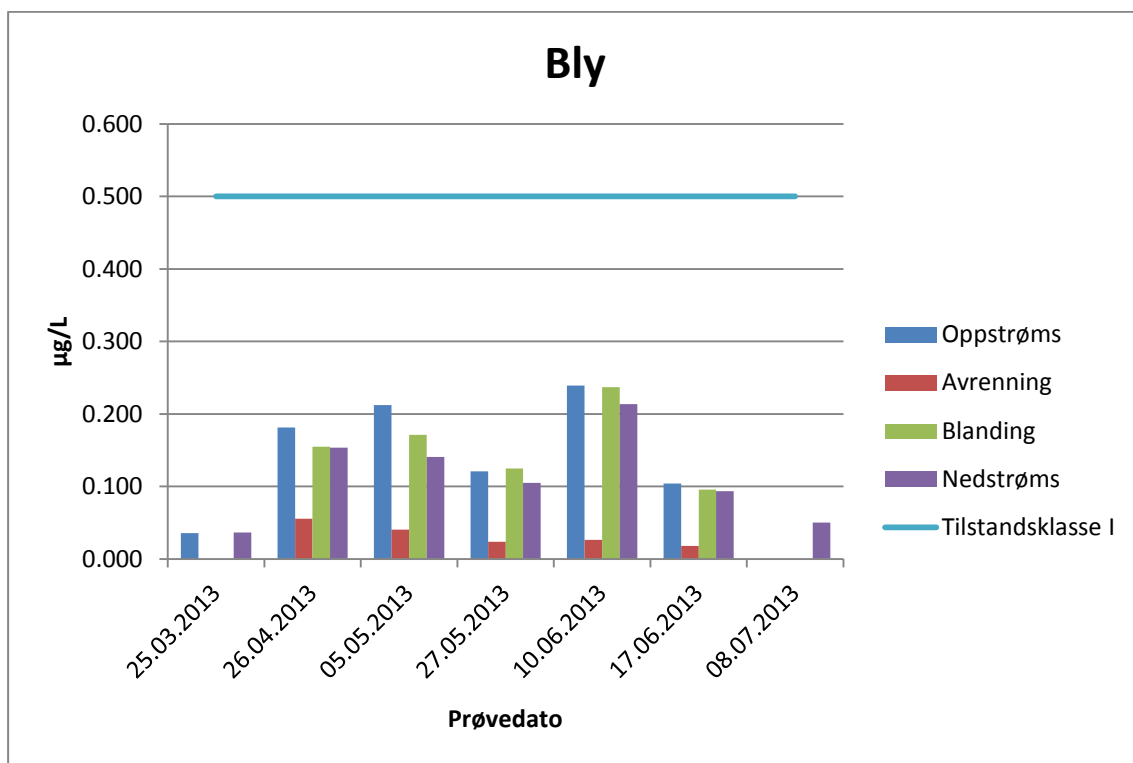


Figur 5-1 Resultater fra vannprøver for arsen ved snødeponiet på Heimdal

5.2.2. Bly

Analysen for bly viste at alle vannprøveverdiene for Heimdal lå godt innenfor det som blir betegnet som tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) for hele smelteperioden.

Ved alle prøvene etter snøsmeltingens start, er verdiene oppstrøms høyere enn verdiene nedstrøms. Samtidig er verdiene fra avrenningen fra snødeponiet veldig lave. Dette kan tyde på at snødeponiet fungerer som en fortynner for Søras blykonsentrasjon.



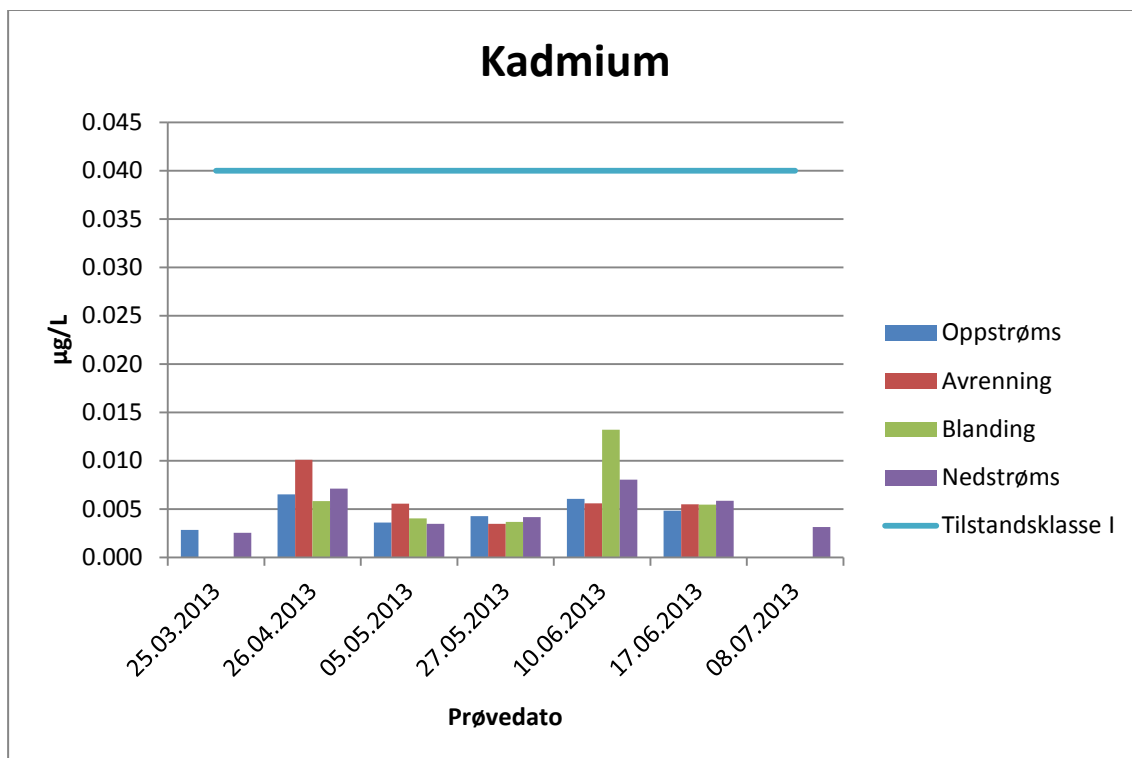
Figur 5-2 Resultater fra vannprøver for bly ved snødeponiet på Heimdal

5.2.3. Kadmium

Analysen for kadmium viste at alle vannprøveverdiene for Heimdal lå godt innenfor det som blir betegnet som tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) for hele smelteperioden.

Analysene fra rett etter snøsmeltingen fra snødeponiet hadde startet (26. april) viser en noe forhøyet verdi nedstrøms i forhold til oppstrøms. I tillegg er verdiene fra avrenningen høyere ved denne prøven. Dette kan tyde på at avrenningen fra snødeponiet bidro til å øke mengden av kadmium i Søra.

Ved alle de senere prøvene er resultatene oppstrøms og nedstrøms relativt like.

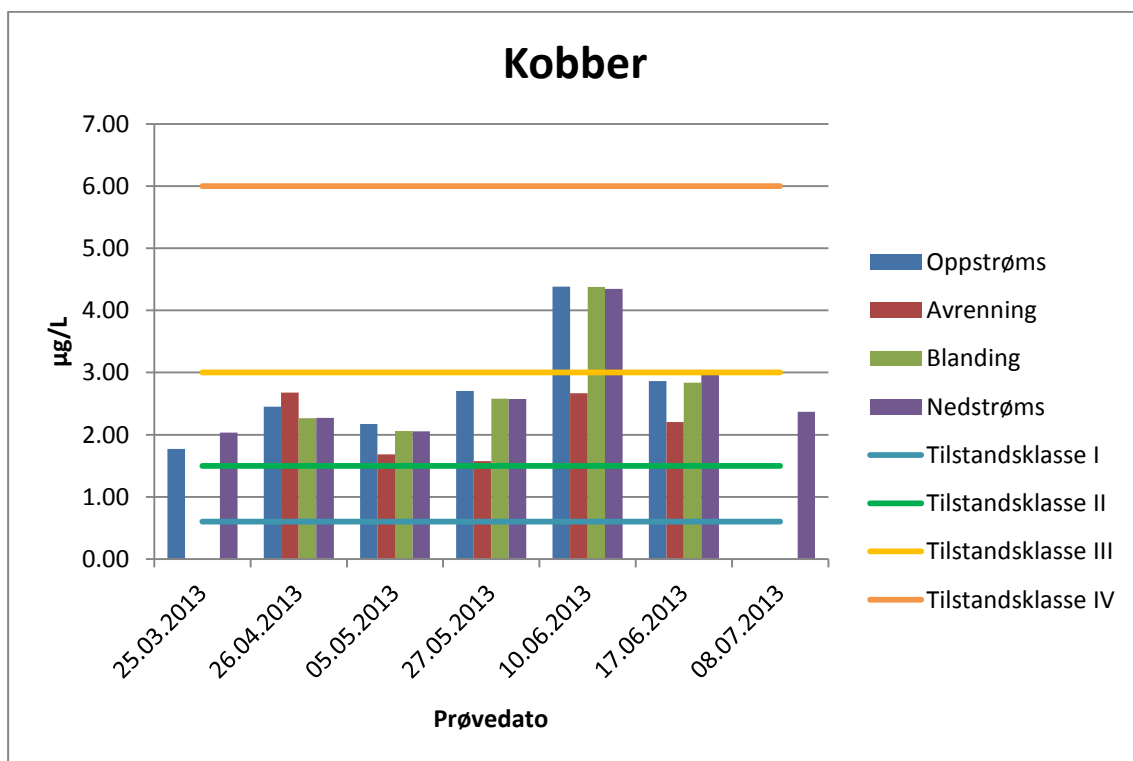


Figur 5-3 Resultater fra vannprøver for kadmium ved snødeponiet på Heimdal

5.2.4. Kobber

Analysene for kobber ved snødeponiet på Heimdal viser at kobberinnholdet i Søra ved 6 av 7 prøvedager lå i tilstandsklasse III (markert forurenset). 20 av 23 målinger er i tilstandsklasse III, og de tre siste målingene ligger i tilstandsklasse IV (sterkt forurenset).

Ved de fleste målingene er har avrenningen fra snødeponiet de laveste kobberverdiene. Noe som antyder at det ikke er snødeponiet som forurenser Søra, men derimot området rundt som er forurenset.



Figur 5-4 Resultater fra vannprøver for kobber ved snødeponiet på Heimdal

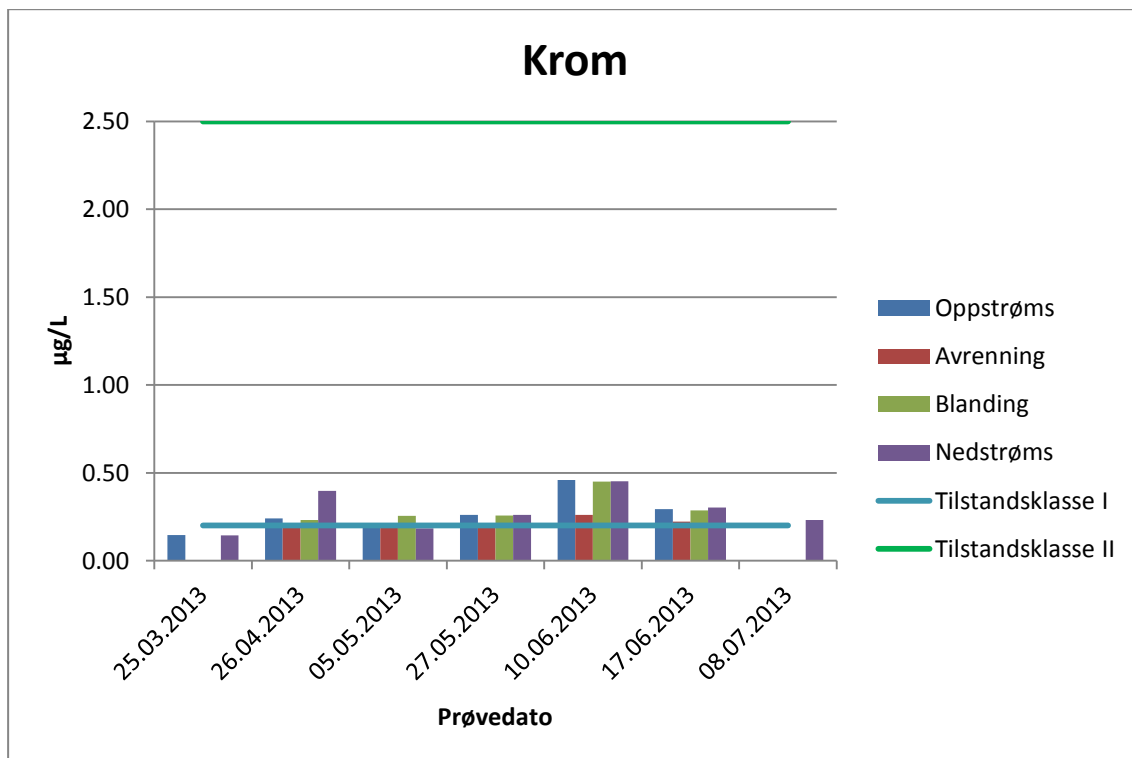
5.2.5. Krom

Analysene for krom viste at verdiene ved 19 av 23 målinger lå i tilstandsklasse II (moderat forurenset), mens ytterligere 2 lå like under grensa mellom tilstandsklasse I og II.

Alle prøvene tatt etter snøsmeltingen startet viser verdier tilsvarende tilstandsklasse II, mens Søra havner i tilstandsklasse I for kromverdiene før snøsmeltingen startet.

Ved de fleste målingene har avrenningen fra snødeponiet de laveste verdiene for krom, noe som antyder at snødeponiet ikke bidrar til å øke mengden av krom i Søra.

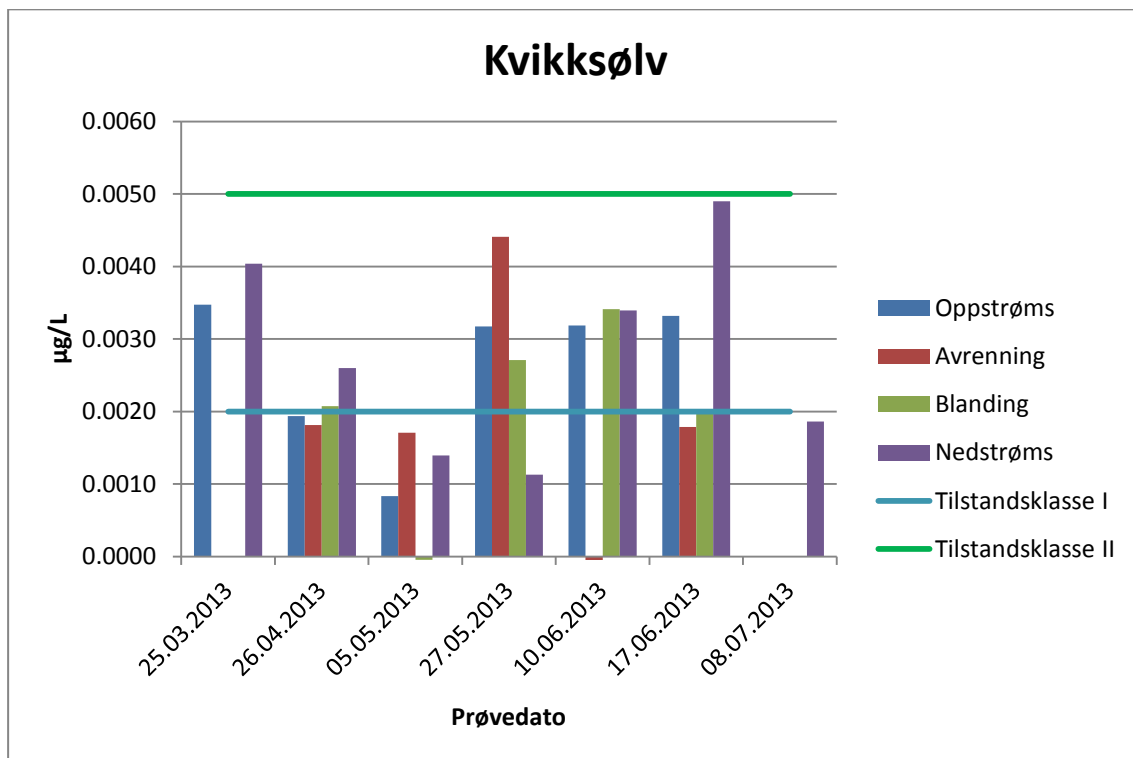
Trondheimsområdet har noe høyere verdier av krom i berggrunnen enn normverdien (Andersson, Eggen, Finne, & Ottesen, 2011).



Figur 5-5 Resultater fra vannprøver for krom ved snødeponiet på Heimdal

5.2.6. Kvikksølv

Analysene for kvikksølv viser at 13 av 23 prøver havner i tilstandsklasse II (moderat forurenset). Resultatene for kvikksølv er relativt varierende, hvor det enkelte prøvepunkter ikke har blitt registret kvikksølv ved en måling ("blanding" 5. mai og avrenning 17.juni), mens konsentrasjonen ligger i tilstandsklasse to ved en måling hhv rett før eller etter.

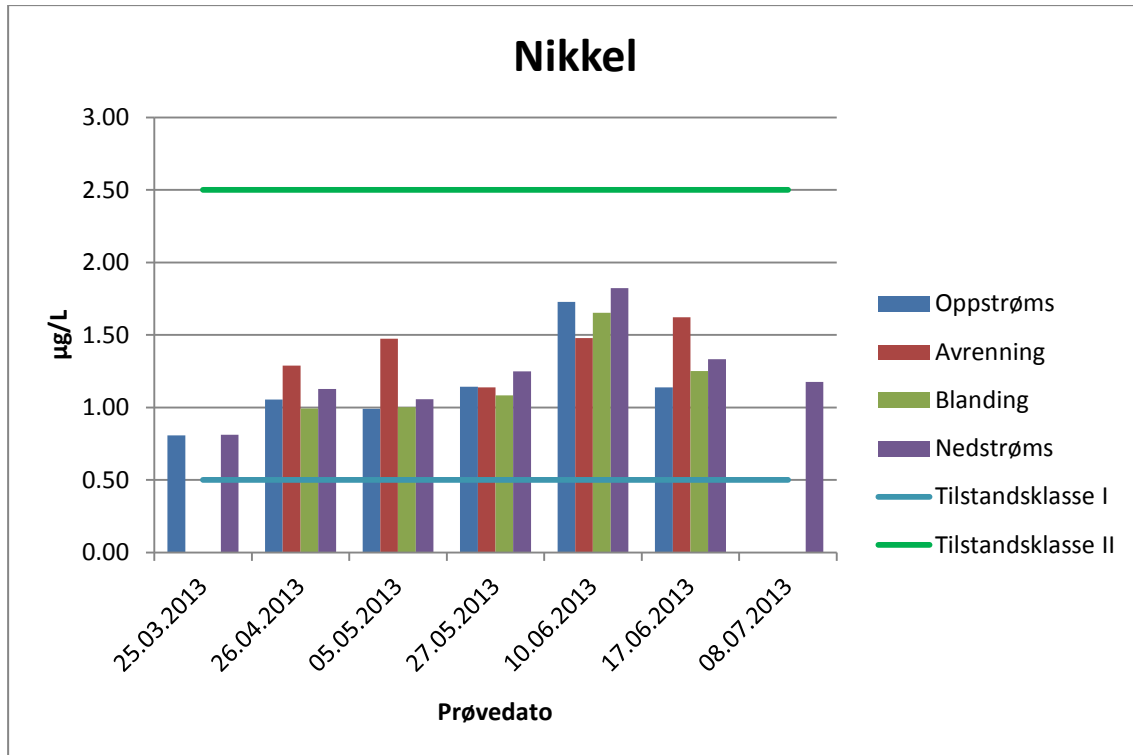


Figur 5-6 Resultater fra vannprøver for kvikksølv ved snødeponiet på Heimdal

5.2.7. Nikkel

Alle verdiene for nikkel havner i tilstandsklasse II (moderat forurenset).

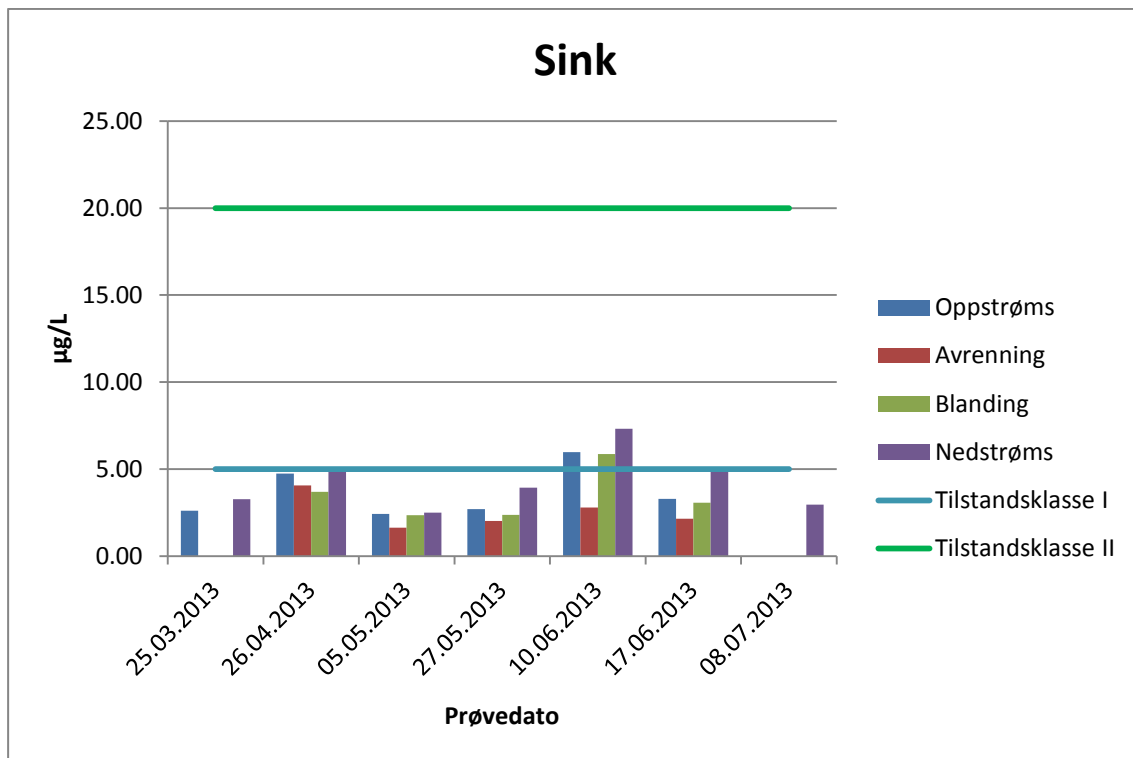
Dette kan stemme overens med den forhøyede forekomsten av nikkel i berggrunnen i Trondheimsområdet (Andersson et al., 2011).



Figur 5-7 Resultater fra vannprøver for nikkel ved snødeponiet på Heimdal

5.2.8. Sink

Ved den ene prøvetakningen viste nivåene av sink tilsvarende tilstandsklasse II. Ved ingen av målingene viste avrenningen fra snødeponiet noe høyere verdier av sink enn det som var i Sørå oppstrøms.



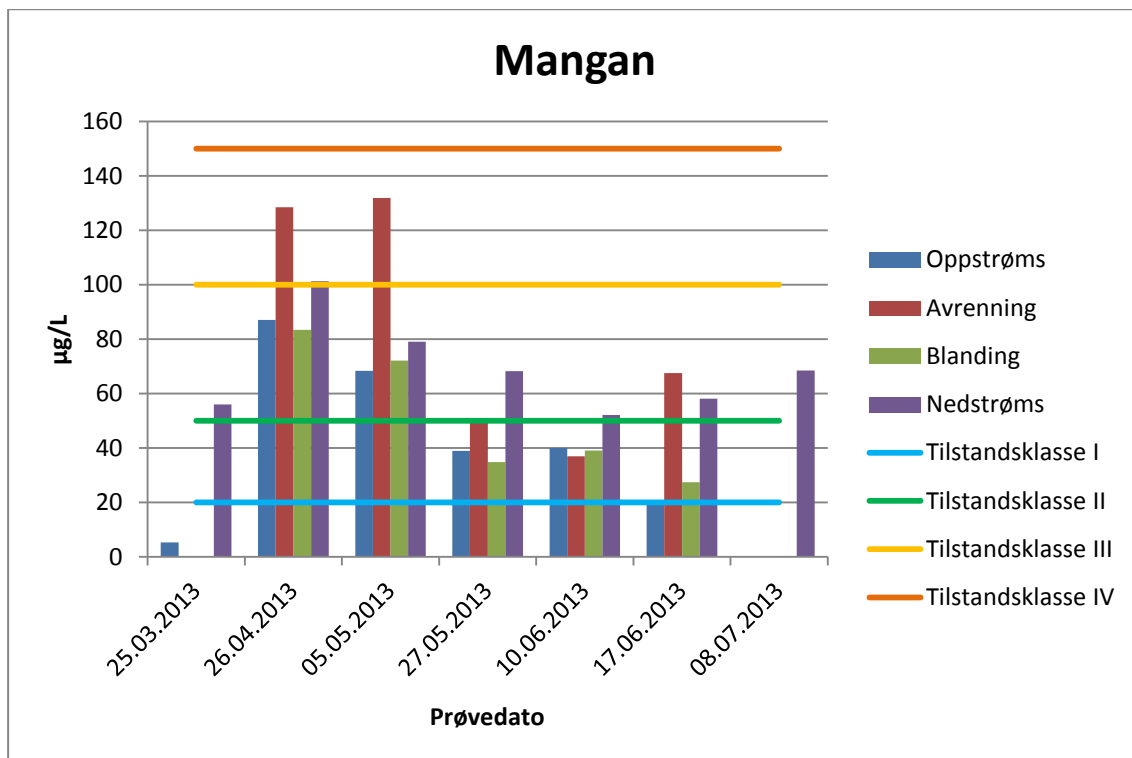
Figur 5-8 Resultater fra vannprøver for sink ved snødeponiet på Heimdal

5.2.9. Mangan

Kun to av de 21 prøvene for mangan havnet i tilstandsklasse I (meget god). Disse prøvene ble begge tatt oppstrøms fra avrenningen fra snødeponiet.

Ved alle prøvetidspunktene viser prøvestedet nedstrøms fra avrenningen fra snødeponiet høyere verdier enn oppstrøms. Men dette var også tilfellet ved første prøvetidspunkt, før snødeponiet hadde begynt å smelte. En sammenheng kan derfor vanskelig fastslås.

Avrenningen fra snødeponiet var ved to anledninger klassifisert i tilstandsklasse IV (dårlig), mens de resterende resultatene varierer mellom tilstandsklasse III (mindre god) og I (god).

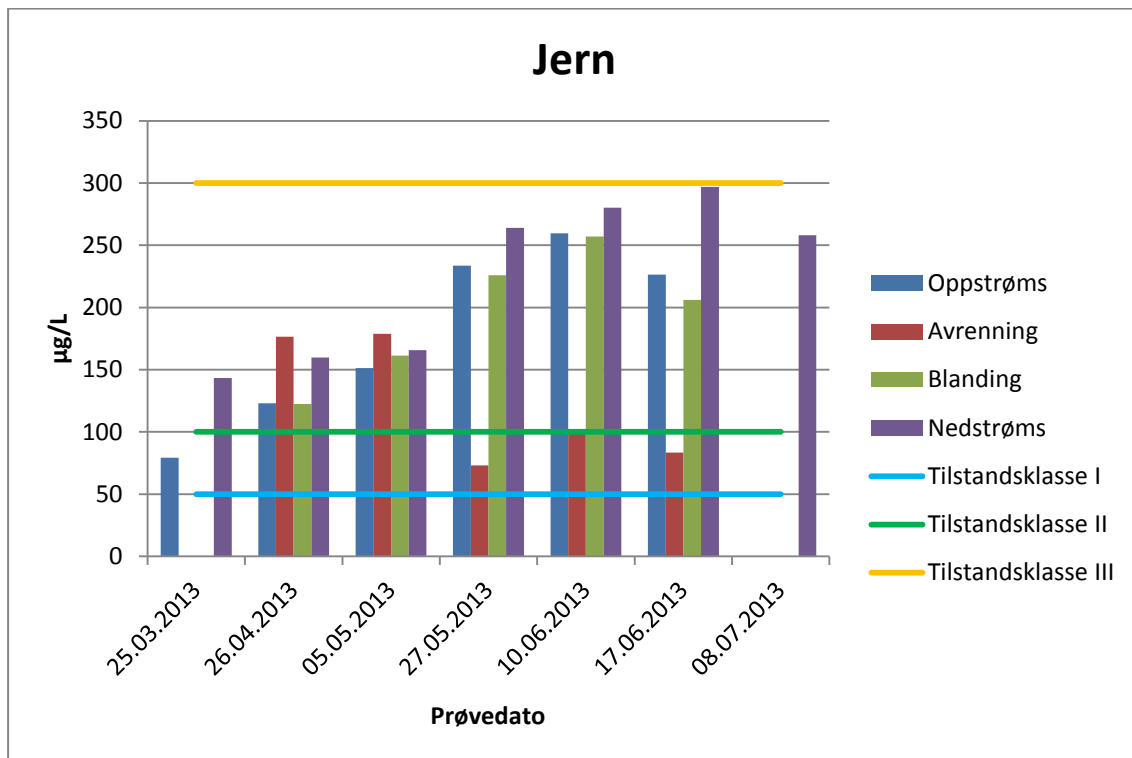


Figur 5-9 Resultater fra vannprøver for mangan ved snødeponiet på Heimdal

5.2.10. Jern

Ingen av prøvene for jern havnet i tilstandsklasse I (meget god), og kun tre av 23 prøver havnet i tilstandsklasse II (god). 21 av 23 prøver havnet i tilstandsklasse III (mindre god).

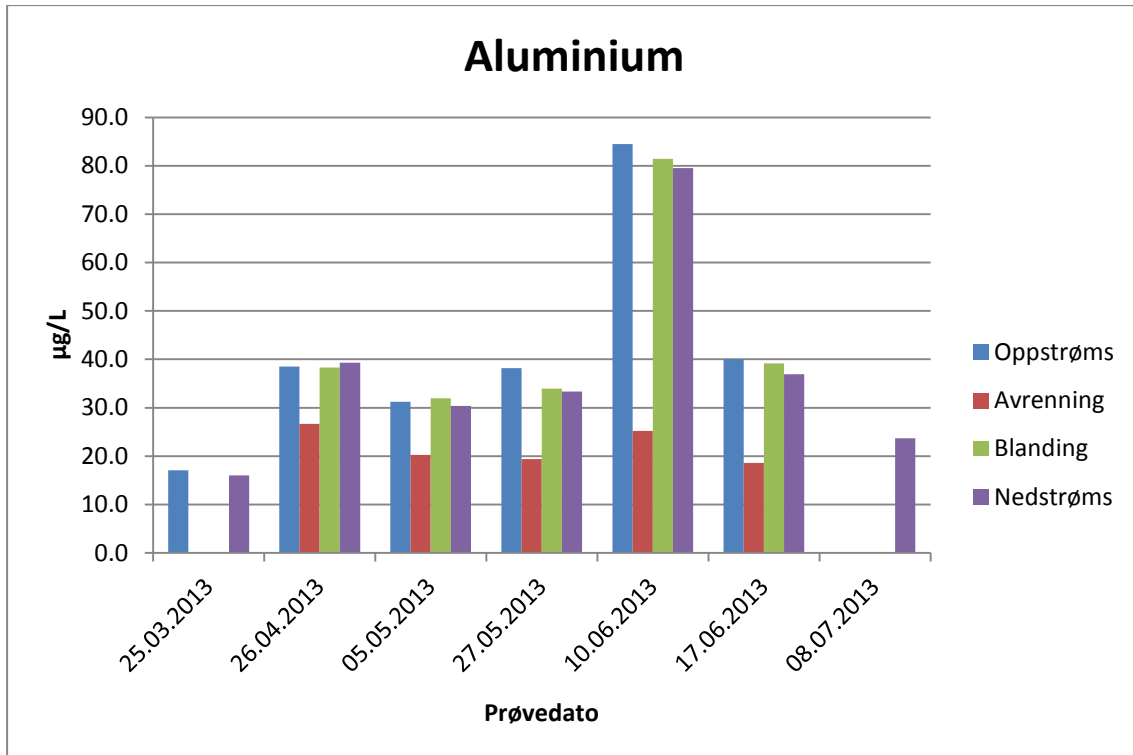
Men utover i smelteperioden forskjellen mellom jernverdiene i avrenningen fra snødeponiet og vannet i Søra større, noe som kan tyde på at avrenningen fra snødeponiet ikke bidrar til å øke jerninnholdet i Søra.



Figur 5-10 Resultater fra vannprøver for jern ved snødeponiet på Heimdal

5.2.11. Aluminium

For aluminium er det ikke noen tilstandsklasser å sammenlikne med. Men det som kommer fra av prøveresultatene er at aluminiumskonsentrasjonen er stort sett lavere nedstrøms enn den er oppstrøms, og lavest er den i avrenningen fra snødeponiet. Dette kan tyde på at snødeponiet fungerer som en fortynner for aluminium i Sørå.



Figur 5-11 Resultater fra vannprøver for aluminium ved snødeponiet på Heimdal

Resultatene for vannprøvene ved snødeponiet i på Heimdal varierer utover i smelteperioden. Men det er ingen klare tendenser for at avrenningsbekken øker konsentrasjonen av tungmetaller i Sørå. For noen metaller (for eksempel aluminium, kobber og bly) kan det se ut som avrenningsbekken derimot bidrar til å minke konsentrasjonen i Sørå.

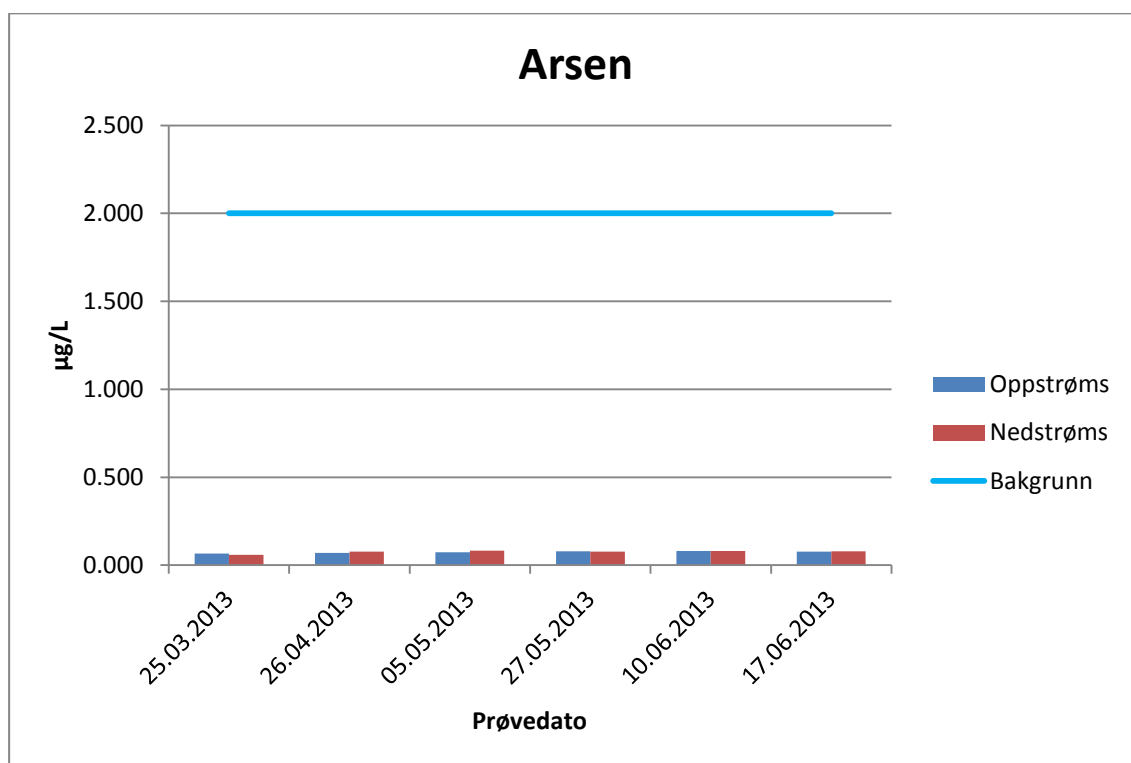
5.3. Byåsen

Som nevnt innledningsvis var det vinteren 2013 ikke noe snødeponi på Byåsen i Iladalen. Det ble allikevel foretatt prøvetakning i snøsmelteperioden for å undersøke om det tidligere snødeponiet hadde en påvirkning av Ilabekken. Det ble derfor foretatt prøvetakning oppstrøms og nedstrøms der hvor det tidligere hadde vært et snødeponi.

Resultatene viser at verdiene for de ulike metallene er omtrent like oppstrøms og nedstrøms. Disse resultatene blir derfor bare kort kommentert.

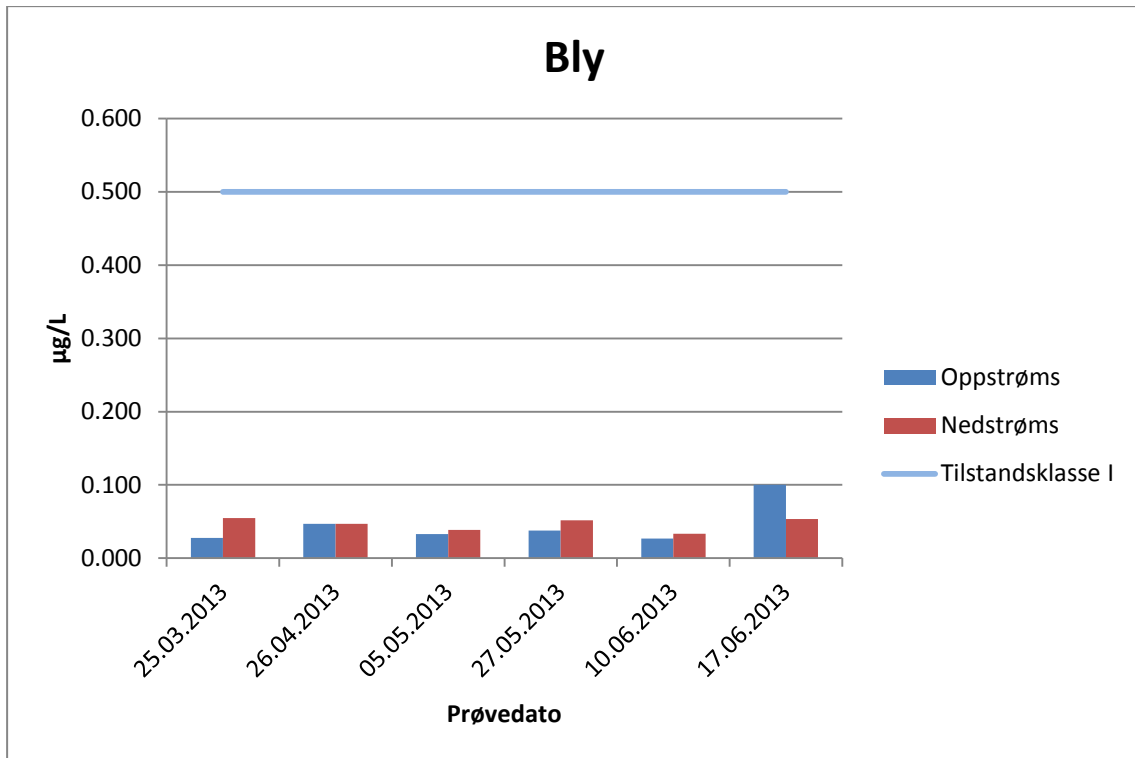
5.3.1. Arsen, bly og kadmium

Verdiene for arsen viser i hele prøveperioden resultater langt innenfor det som regnes som bakgrunnsverdier.



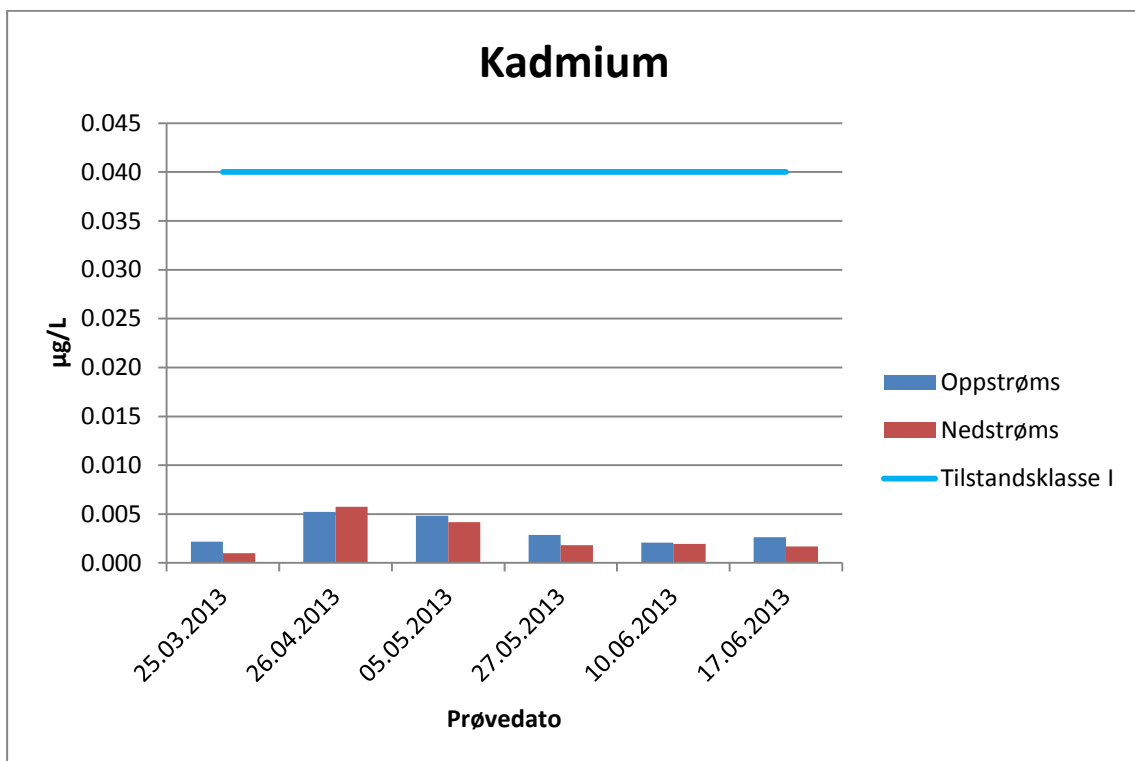
Figur 5-12 Resultater fra vannprøver for arsen på Byåsen

Verdiene for bly viser i hele prøveperioden resultater langt innenfor det som regnes som bakgrunnsverdier.



Figur 5-13 Resultater fra vannprøver for bly på Byåsen

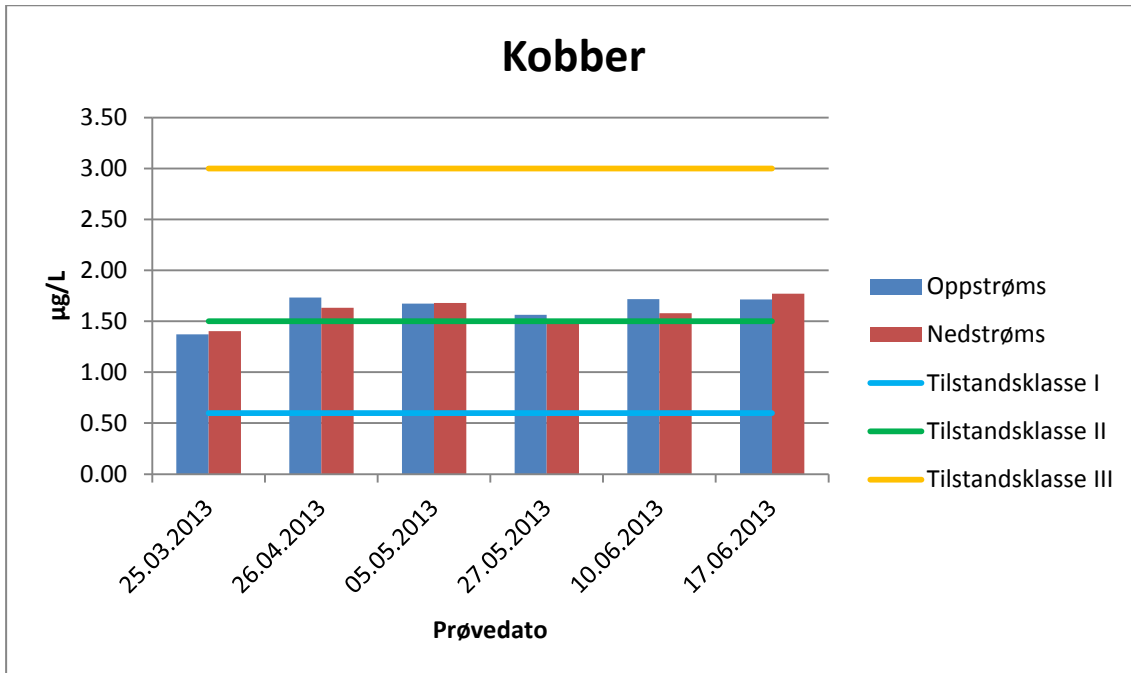
Også verdiene for kadmium viser i hele prøveperioden resultater langt innenfor det som regnes som bakgrunnsverdier.



Figur 5-14 Resultater fra vannprøver for kadmium på Byåsen

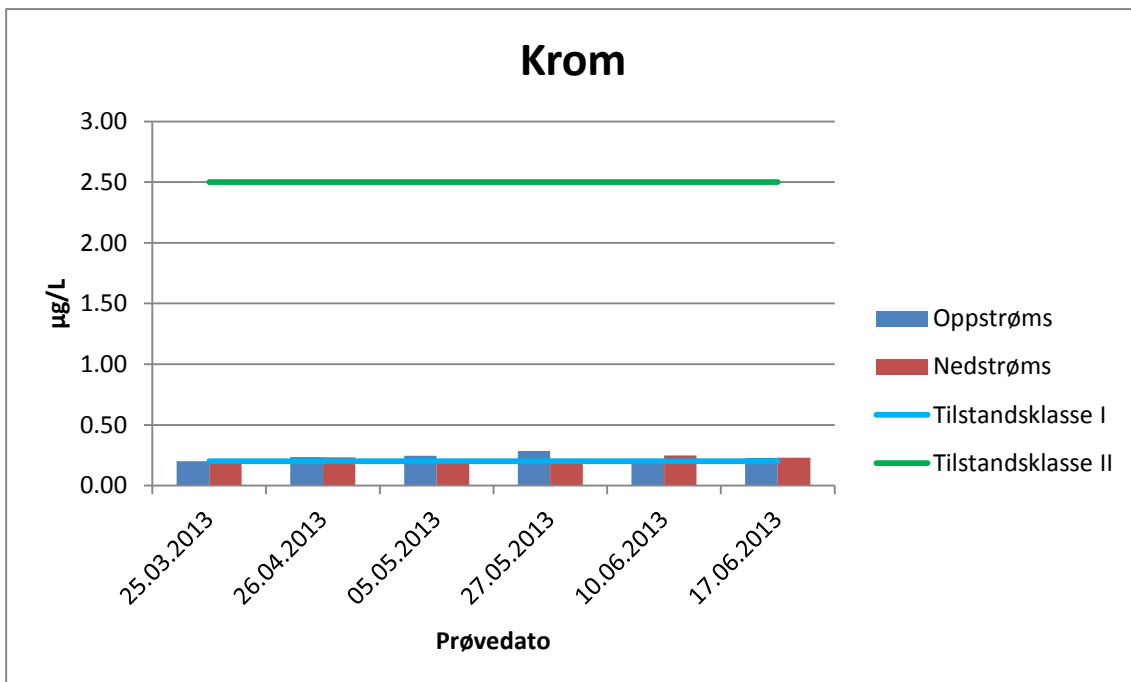
5.3.2. Kobber og krom

Analysene for kobber i Ilabekken viser at alle prøvene ligger i området mellom tilstandsklasse II (moderat forurenset) og tilstandsklasse III (markert forurenset).



Figur 5-15 Resultater fra vannprøver kobber på Byåsen

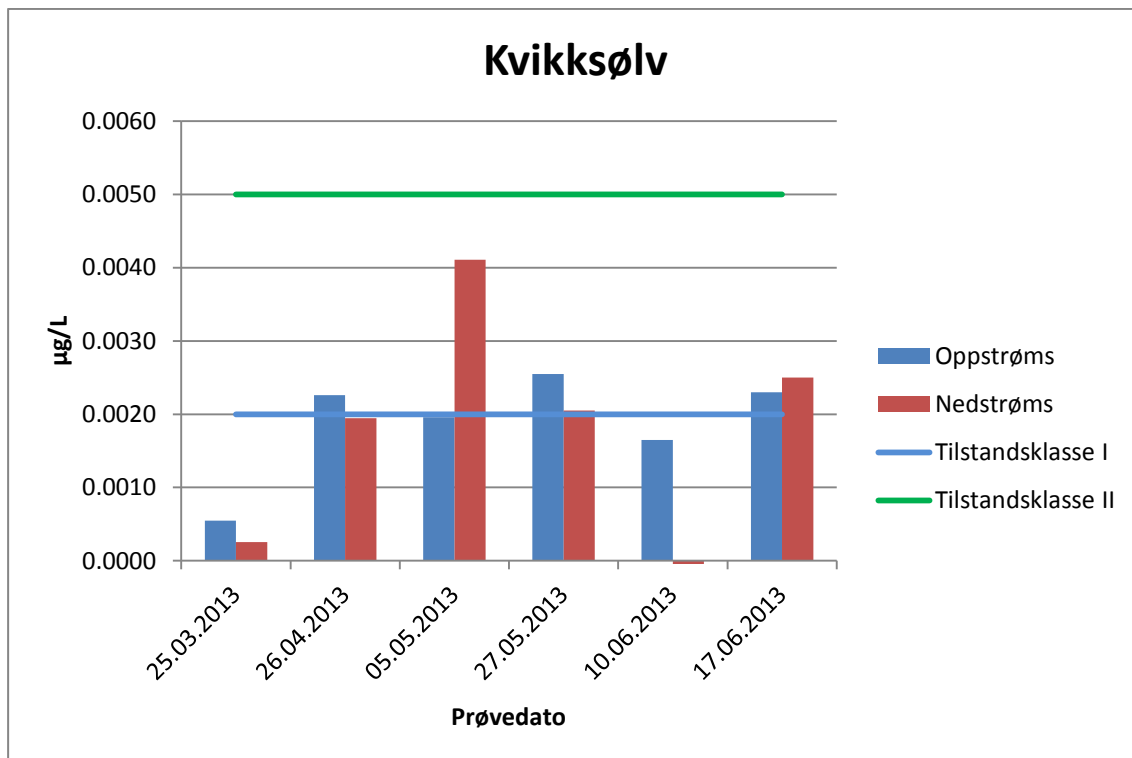
Analysene for kobber i Ilabekken viser at alle prøvene ligger i området mellom tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset) og tilstandsklasse II (moderat forurenset).



Figur 5-16 Resultater fra vannprøver for krom på Byåsen

5.3.3. Kvikksølv

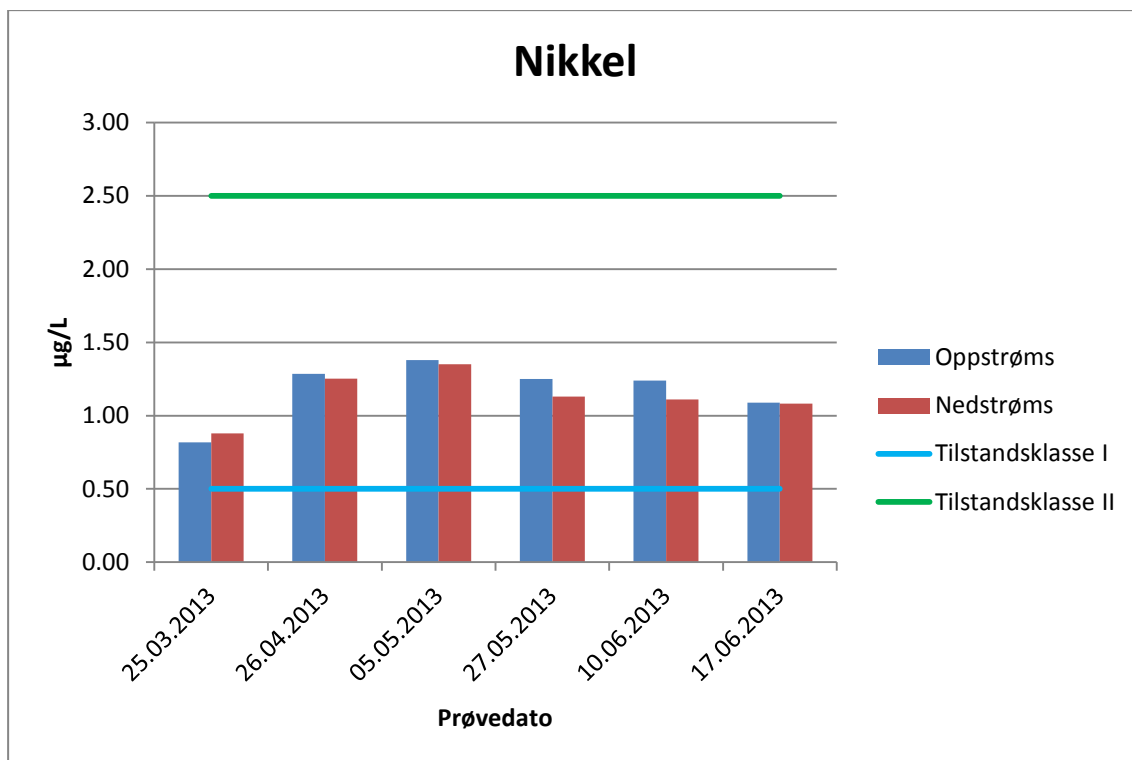
I motsetning til de resterende resultatene fra analysene fra Ilabekken, viser analysene for kvikksølv ulikheter mellom resultatene oppstrøms og nedstrøms for det tidligere snødeponiet. De fleste resultatene lå innenfor (eller like utenfor) tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset), med unntak av en prøve som lå i tilstandsklasse II (moderat forurenset).



Figur 5-17 Resultater fra vannprøver for kvikksølv på Byåsen

5.3.4. Nikkel

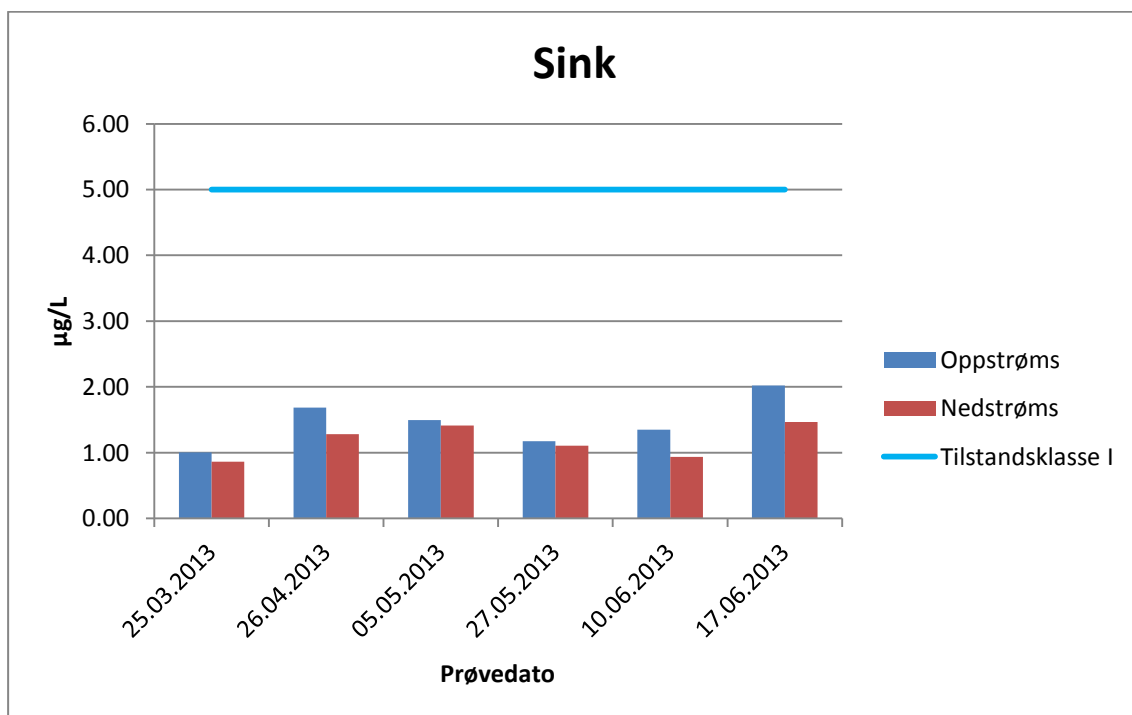
Alle analysene for nikkel ga resultater som lå innenfor tilstandsklasse II (moderat forurenset), noe som kan komme fra den forhøyede verdien av nikkel i berggrunnen i Trondheimsområdet (Andersson et al., 2011).



Figur 5-18 Resultater fra vannprøver for nikkel på Byåsen

5.3.5. Sink

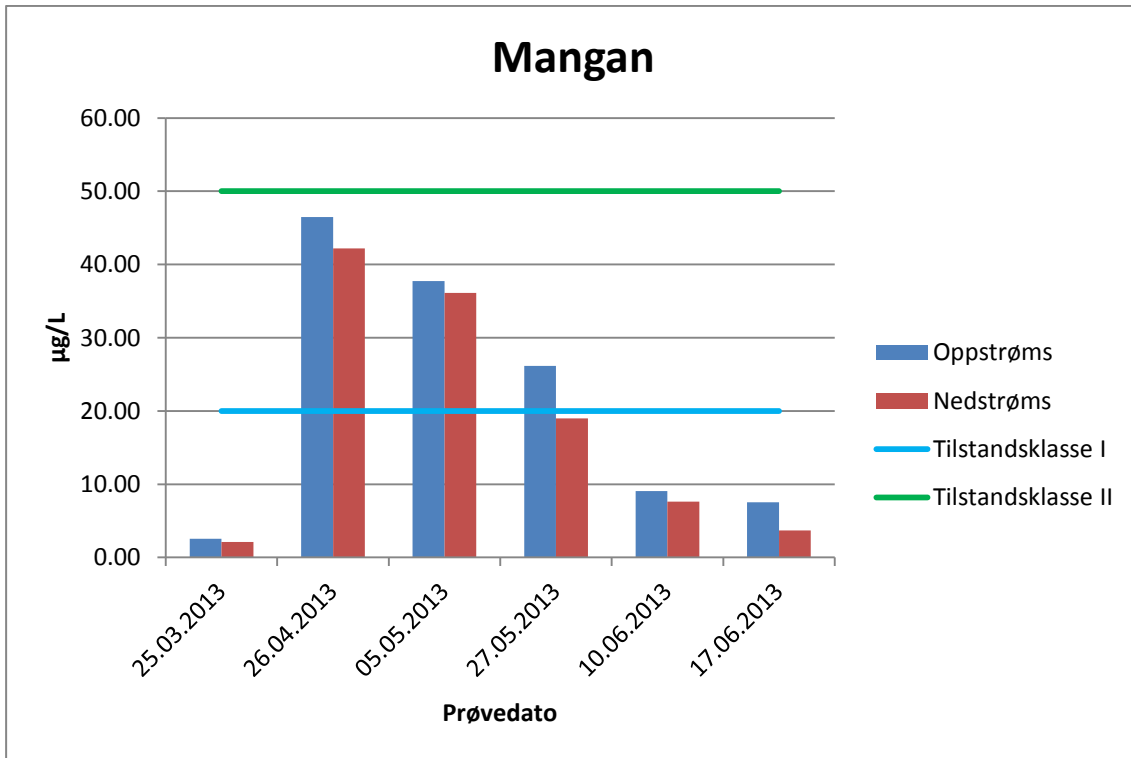
Alle verdiene for sink lå langt innenfor tilstandsklasse I.



Figur 5-19 Resultater fra vannprøver for sink på Byåsen

5.3.6. Mangan

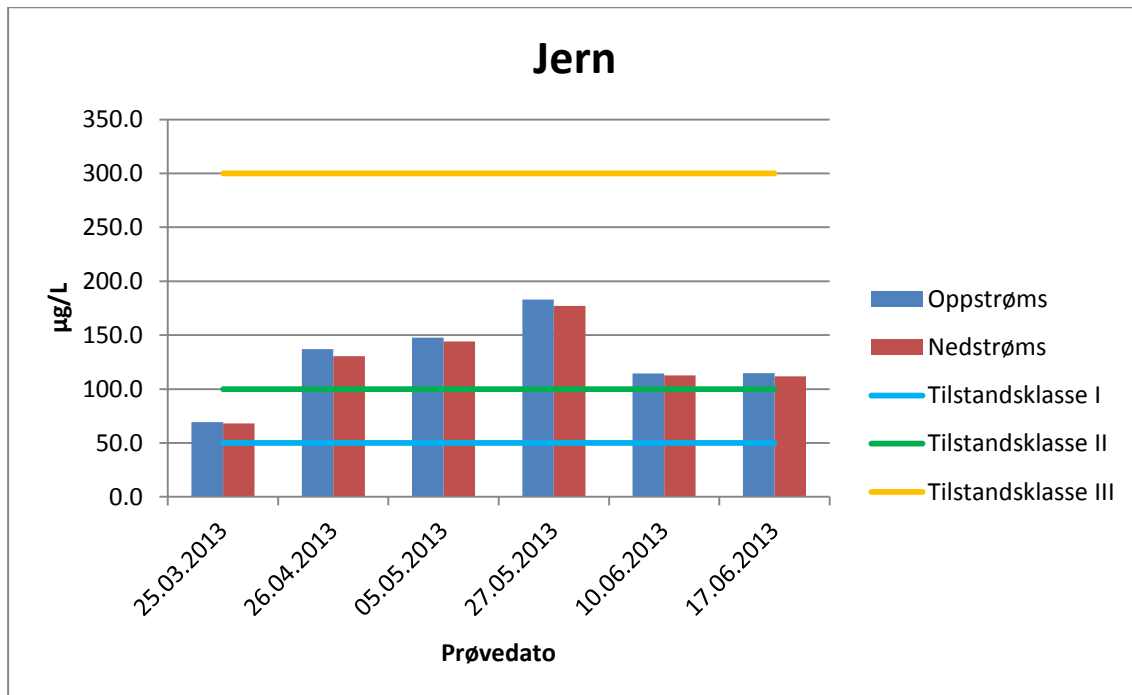
Verdiene for mangan er svært lave før snøsmeltingen starter, for å så øke kraftig etter snøsmeltingen har startet. Deretter avtar nivåene gradvis ned mot nivået før snøsmeltingen startet.



Figur 5-20 Resultater fra vannprøver for mangan på Byåsen

5.3.7. Jern

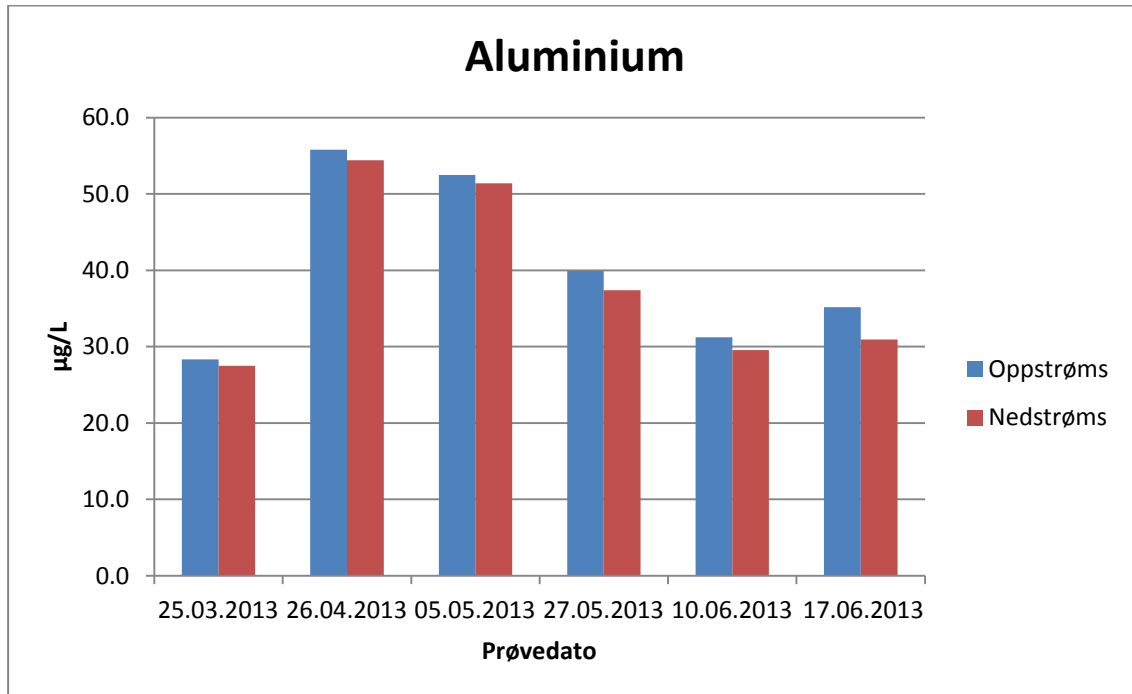
Nivåene for jern i Ilabekken er i tilstandsklasse II (god) før snøsmeltingen startet. Deretter ligger nivåene i tilstandsklasse III (mindre god) for resten av prøveperioden.



Figur 5-21 Resultater fra vannprøver for jern på Byåsen

5.3.8. Aluminium

For aluminium er det ikke noen tilstandsklasser å sammenlikne med. Men nivåene viser samme tendens som for mangan, med lave nivåer før snøsmeltingen starter, før nivåene øker betraktelig da snøen begynte å smelte. Deretter synker nivåene utover smelteperioden.



Figur 5-22 Resultater fra vannprøver for aluminium på Byåsen

Resultatene viser at verdiene for de ulike metallene for Ilabekken er omtrent like oppstrøms og nedstrøms for det tidligere snødeponiet. Det er dermed vanskelig å se at det tidligere snødeponiet kan ha påvirket Ilabekken våren 2013.

5.4. Jordprøver

Metallene av størst interesse ved undersøkelse av jordprøvene fra Heimdal og Byåsen er: arsen, bly, kadmium, kobber, kvikksølv, nikkel og sink. Disse verdiene sammenliknes med. Disse verdiene fremstilles grafisk og diskuteres opp mot veiledningen til Statens forurensingstilsyn (1997).

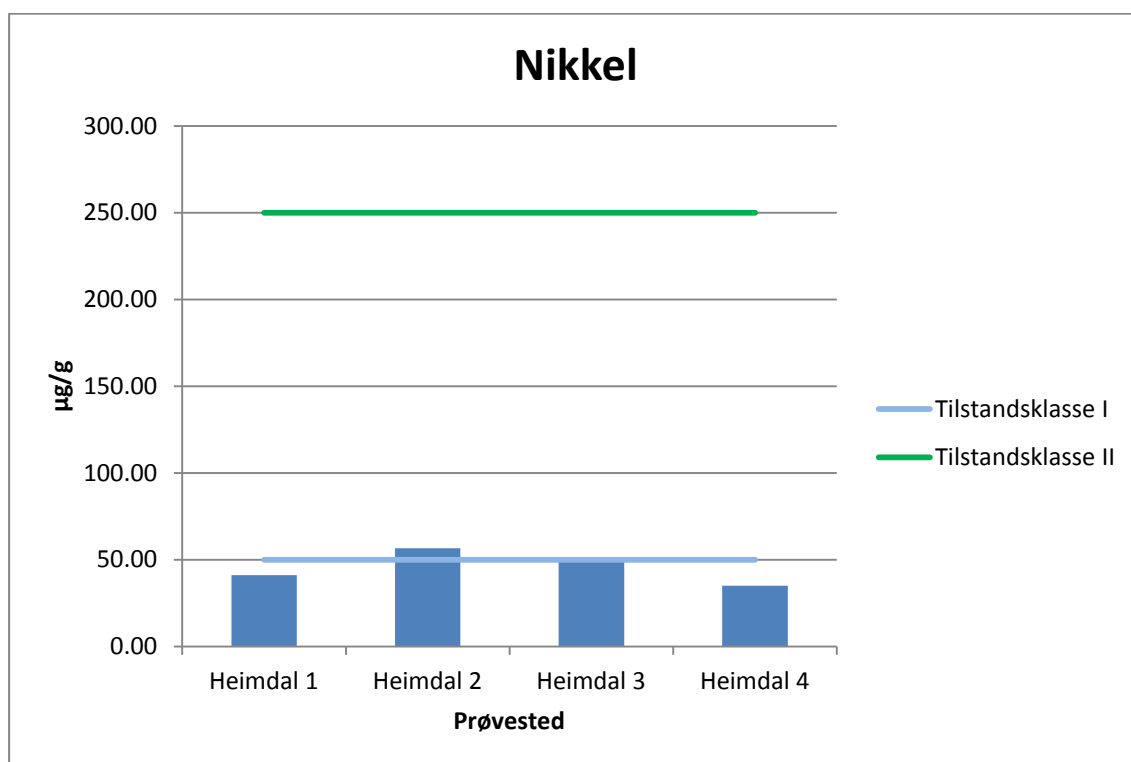
Veiledningen fra statens forurensingstilsyn deles inn i fem tilstandsklasser etter hvor stor konsentrasjonsmengden av de ulike metallene er. Alle konsentrasjonsverdiene for de fem tilstandsklassene er fremstilt i Tabell 5-2.

Tabell 5-2 Tilstandsklasser for jordprøver etter veiledningen til Statens forurensingstilsyn (1997)

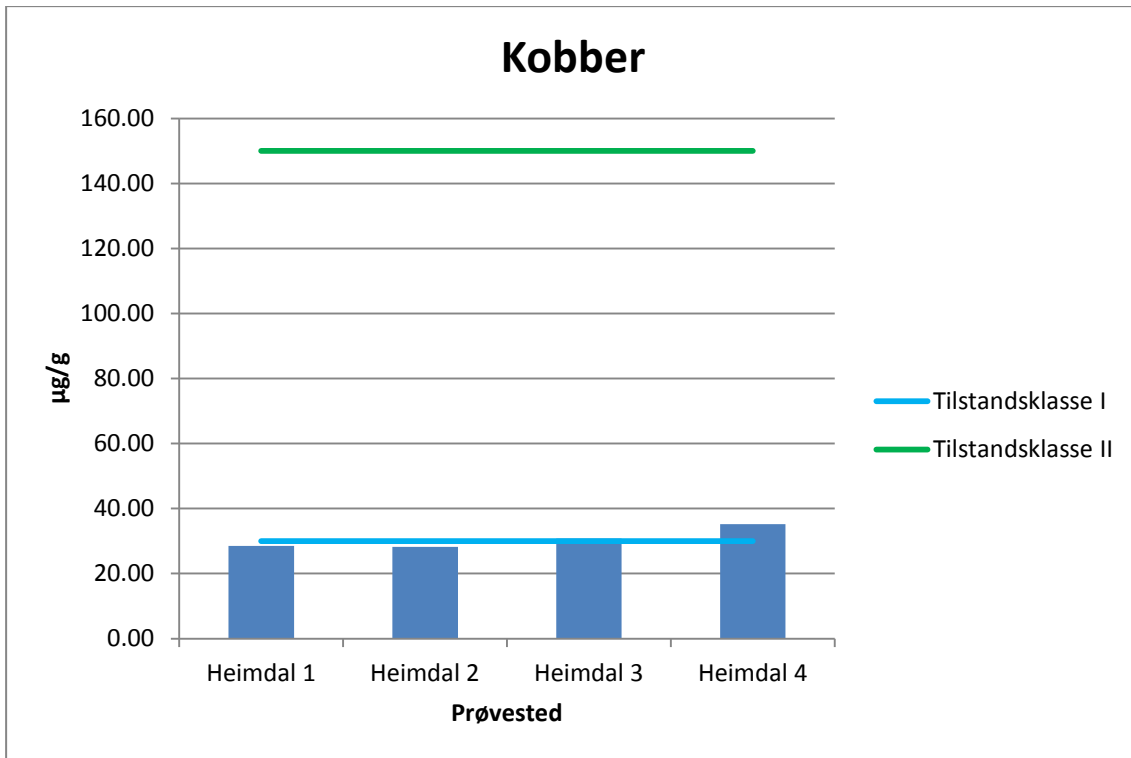
	Tilstandsklasser				
Parametere	I	II	III	IV	V
	Ubetydelig forurenset	Moderat forurenset	Markert forurenset	Sterkt forurenset	Meget sterkt forurenset
Kobber µg/g	< 30	30 - 150	150 - 600	600 - 1800	> 1800
Sink µg/g	< 150	150 - 750	750 - 3000	3000 - 9000	> 9000
Kadmium µg/g	< 0,5	0,5 - 2,5	2,5 - 10	10 - 20	> 20
Bly µg/g	< 50	50 - 250	250 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Nikkel µg/g	< 50	50 - 250	250 - 1000	1000 - 3000	> 3000
Kvikksølv µg/g	< 0,15	0,15 - 0,6	0,6 - 1,5	1,5 - 3	> 3
Arsen µg/g	< 5	5 - 25	25 - 100	100 - 200	> 200

5.5.Heimdal

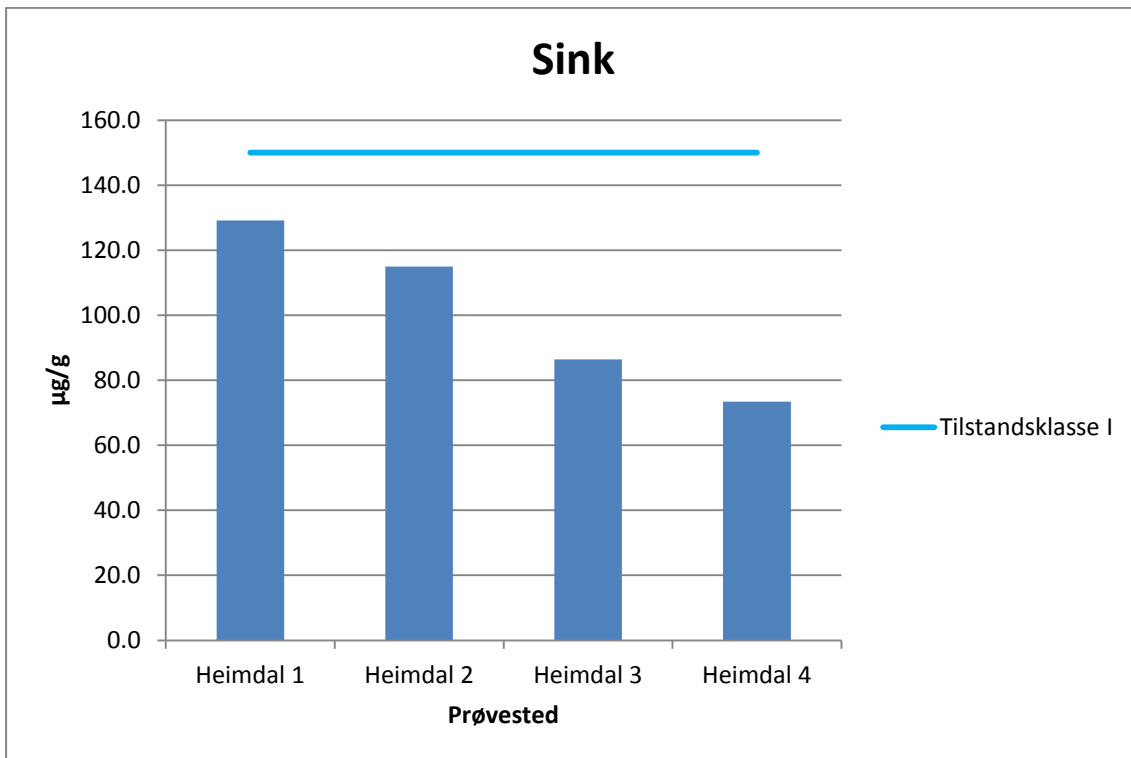
Med unntak av et resultat for nikkel (prøvested 2), og et resultat for kobber (prøvested 3) viste alle jordprøvene på Heimdal metallnivåer i tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset). Disse resultatene vil derfor ikke bli nærmere kommentert.



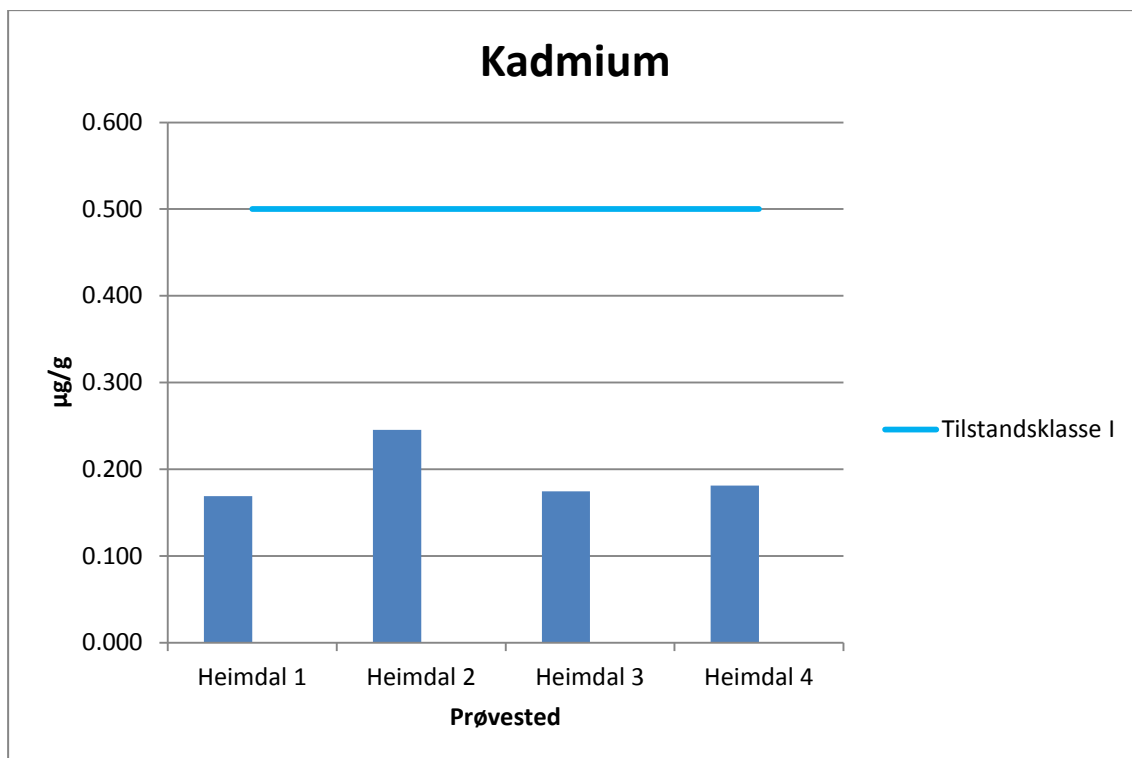
Figur 5-23 Resultater for jordanalyser på Heimdal



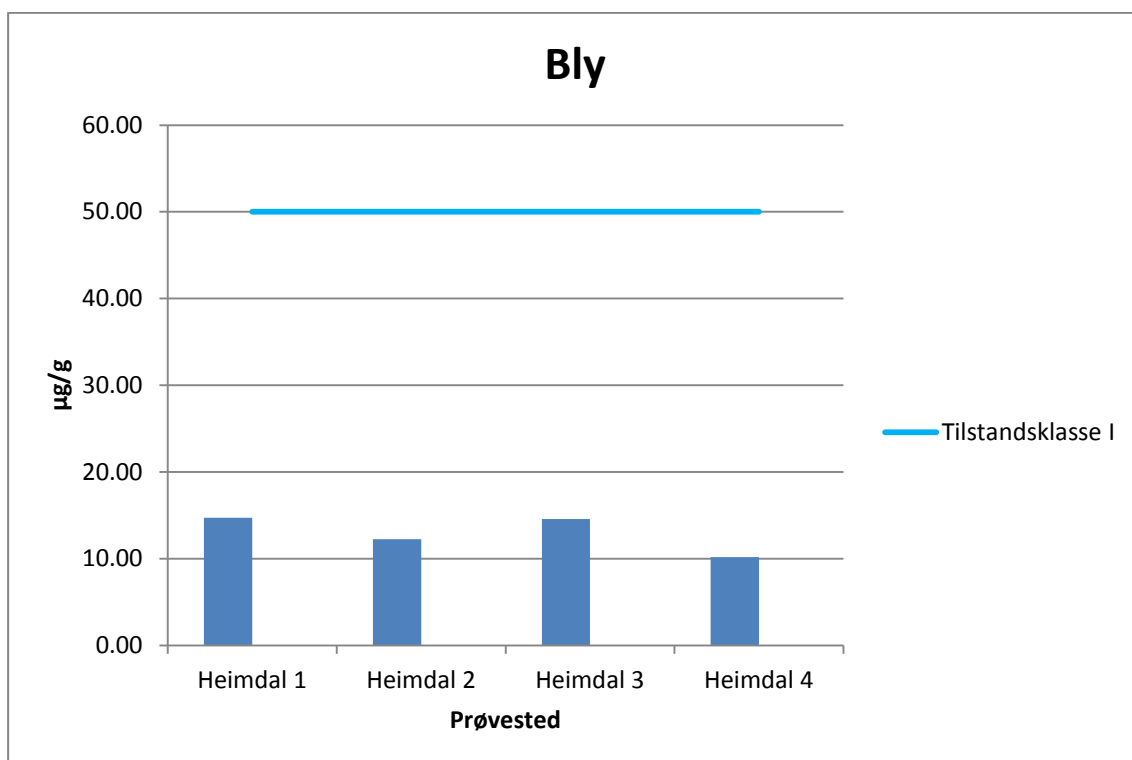
Figur 5-24 Resultater for jordanalyser på Heimdal



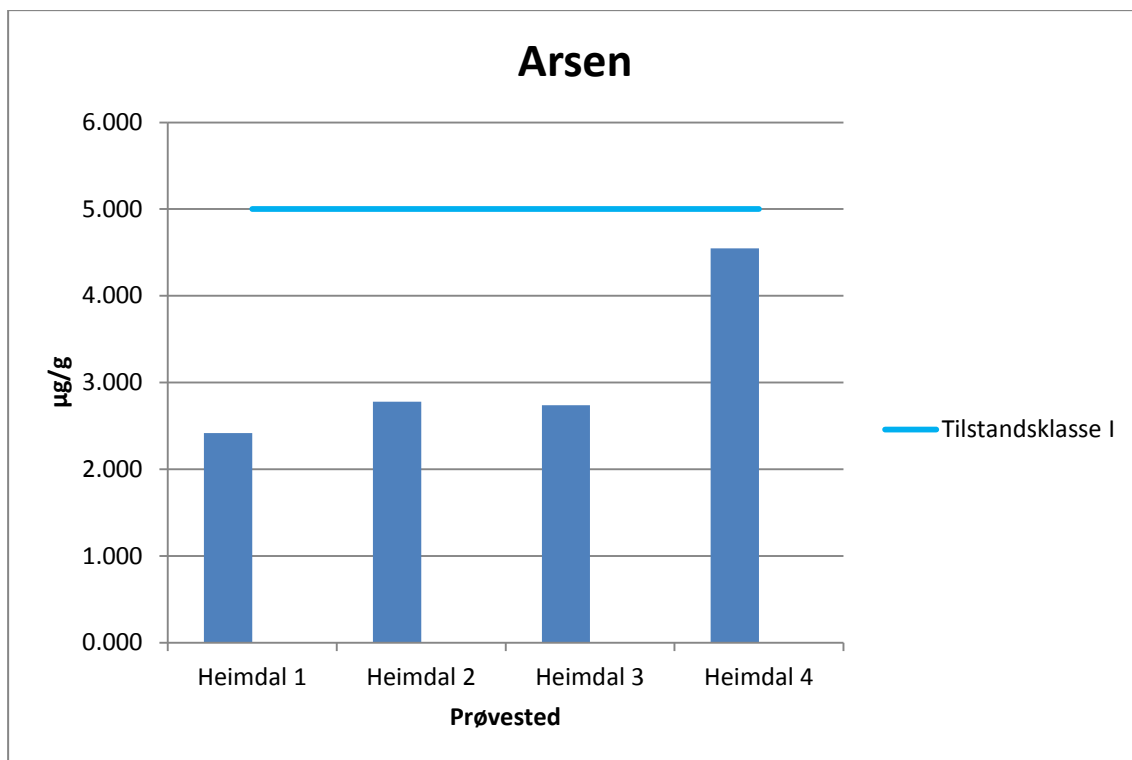
Figur 5-25 Resultater for jordanalyser på Heimdal



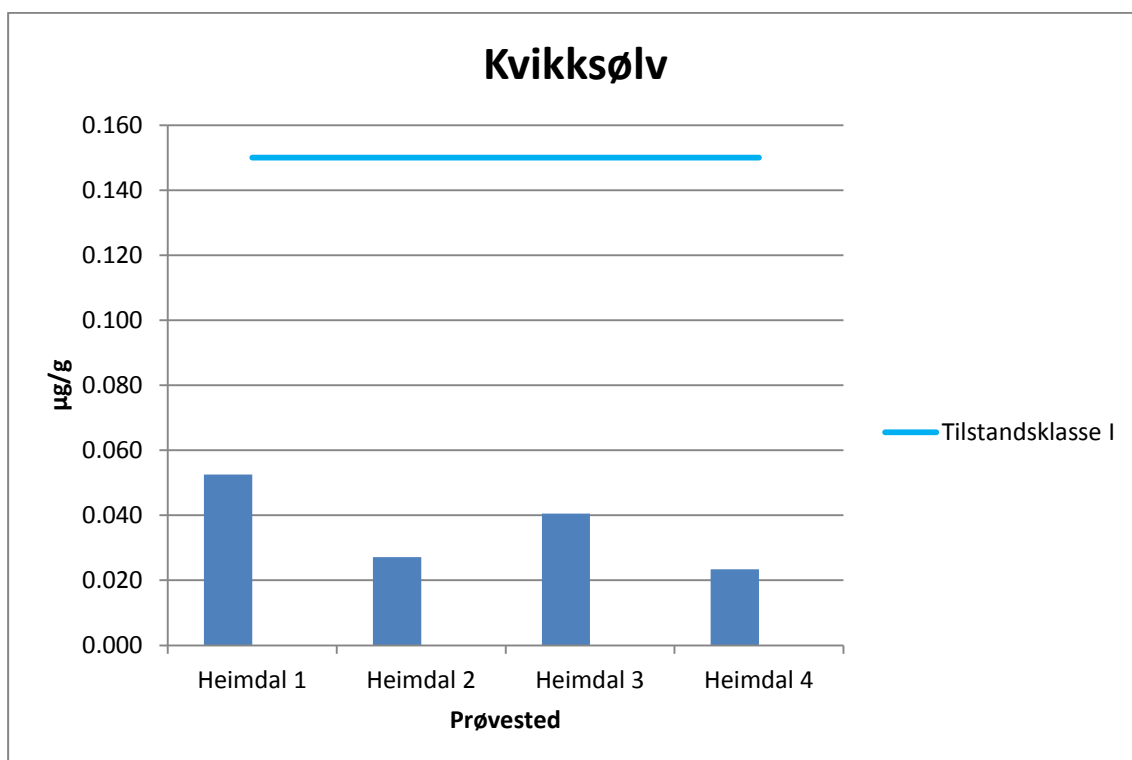
Figur 5-26 Resultater for jordanalyser på Heimdal



Figur 5-27 Resultater for jordanalyser på Heimdal



Figur 5-28 Resultater for jordanalyser på Heimdal

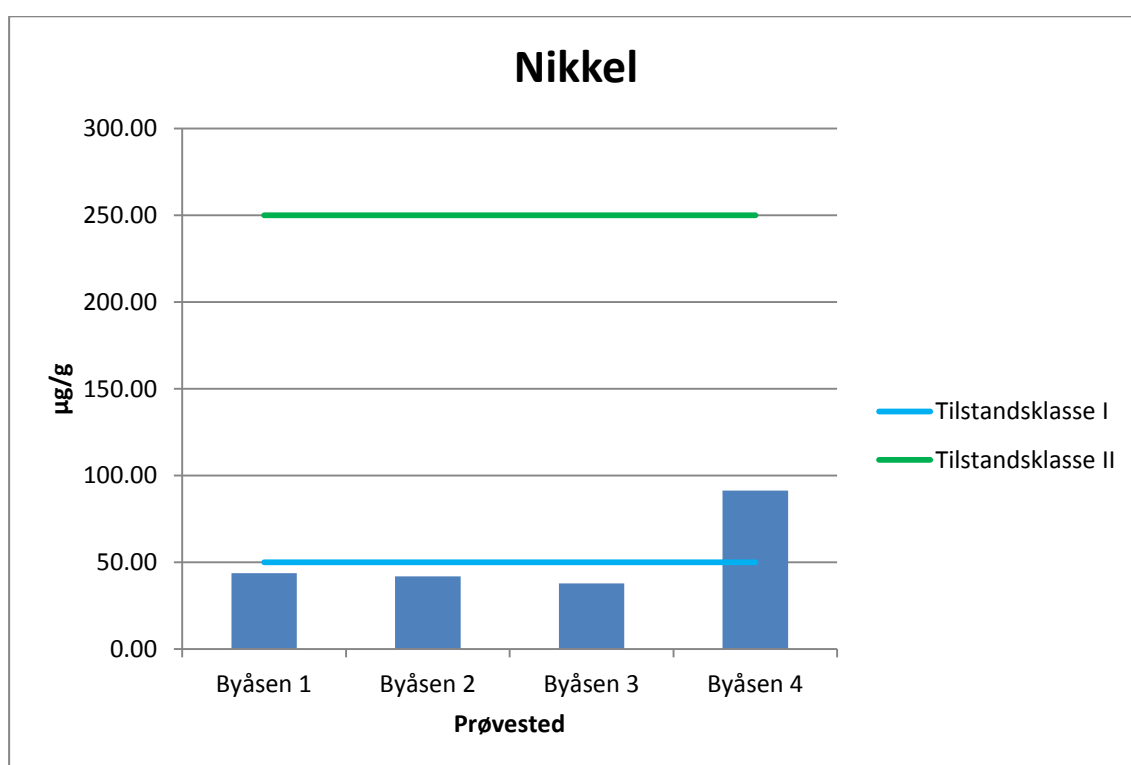


Figur 5-29 Resultater for jordanalyser på Heimdal

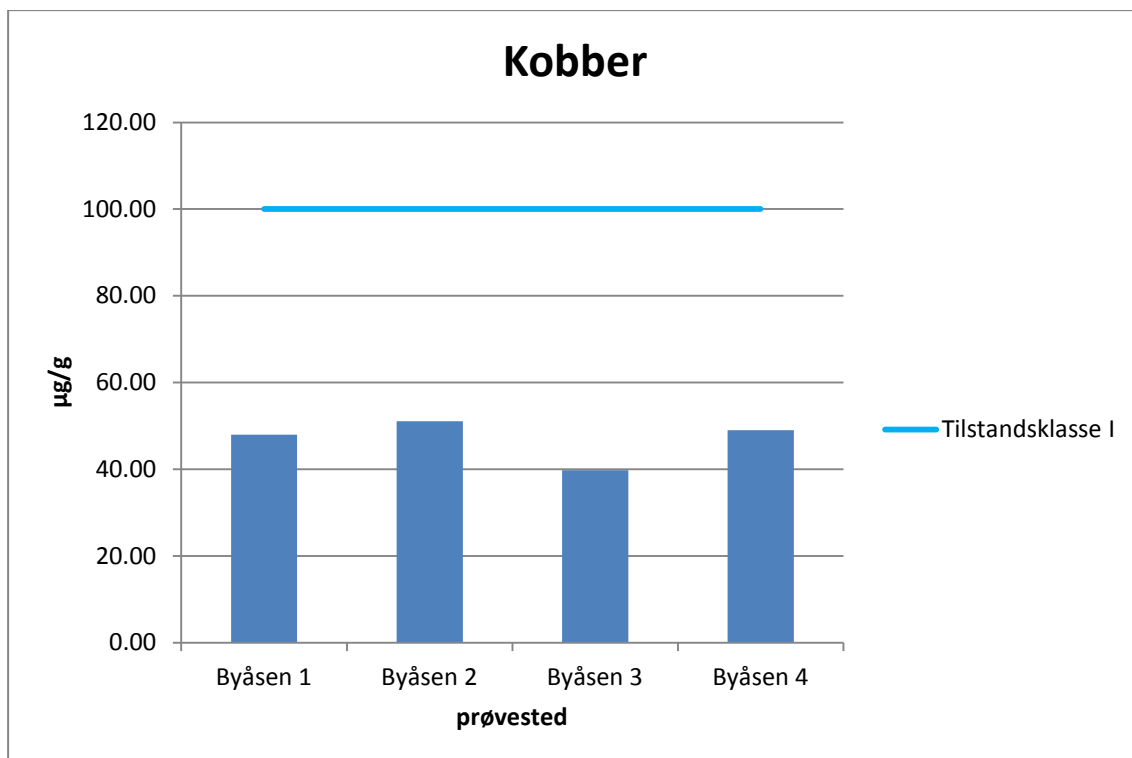
Jordprøvene fra Heimdal viser at de aller fleste resultatene havner i tilstandsklasse I, noe som vil si at forurensningsgraden regnes som ubetydelig. Av disse jordprøvene er det ikke mulig å observere noen stor påvirkning fra snødeponiet.

5.6. Byåsen

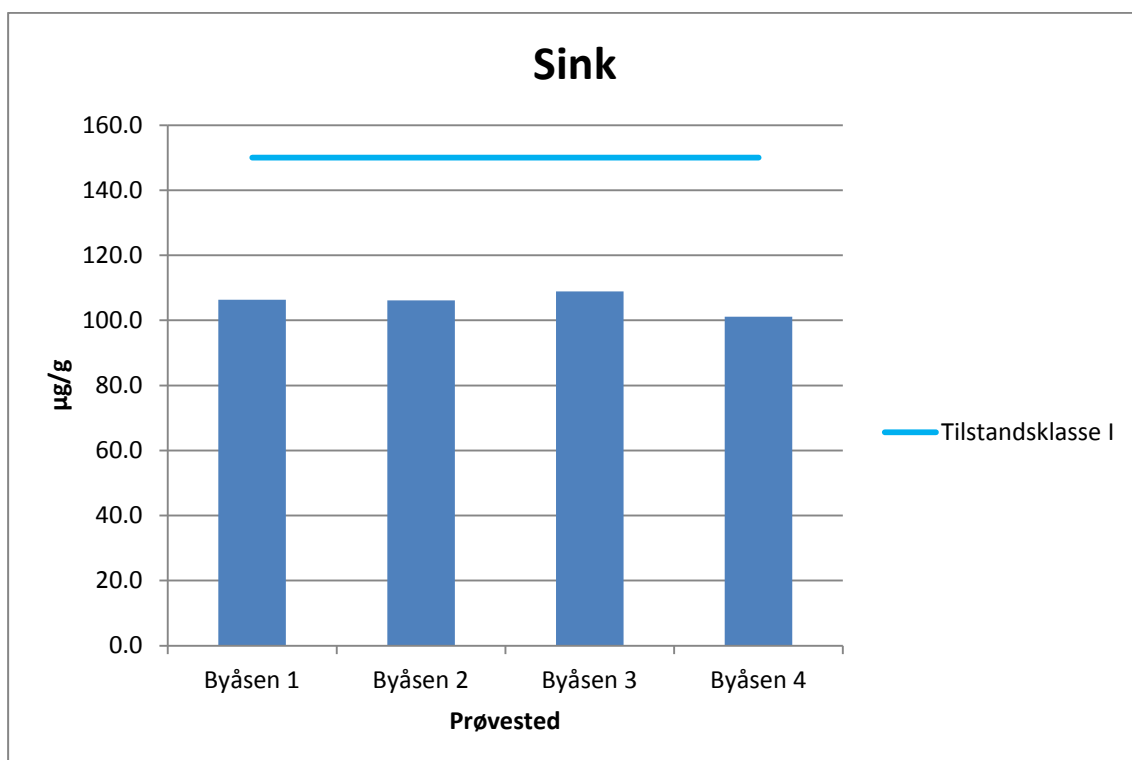
Resultatene for jordprøvene for Byåsen er mer varierende enn jordprøvene fra Heimdal. De aller fleste nivåene for de syv undersøkte metallene ligger innenfor tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset), med unntak av en måling for nikkel (prøvested 4), en prøve for bly (prøvested 1), en prøve for arsen (prøvested 2) og en prøve for kvikksølv (prøvested 4). Men alle nivåene ligger godt innenfor tilstandsklasse II (moderat forurenset).



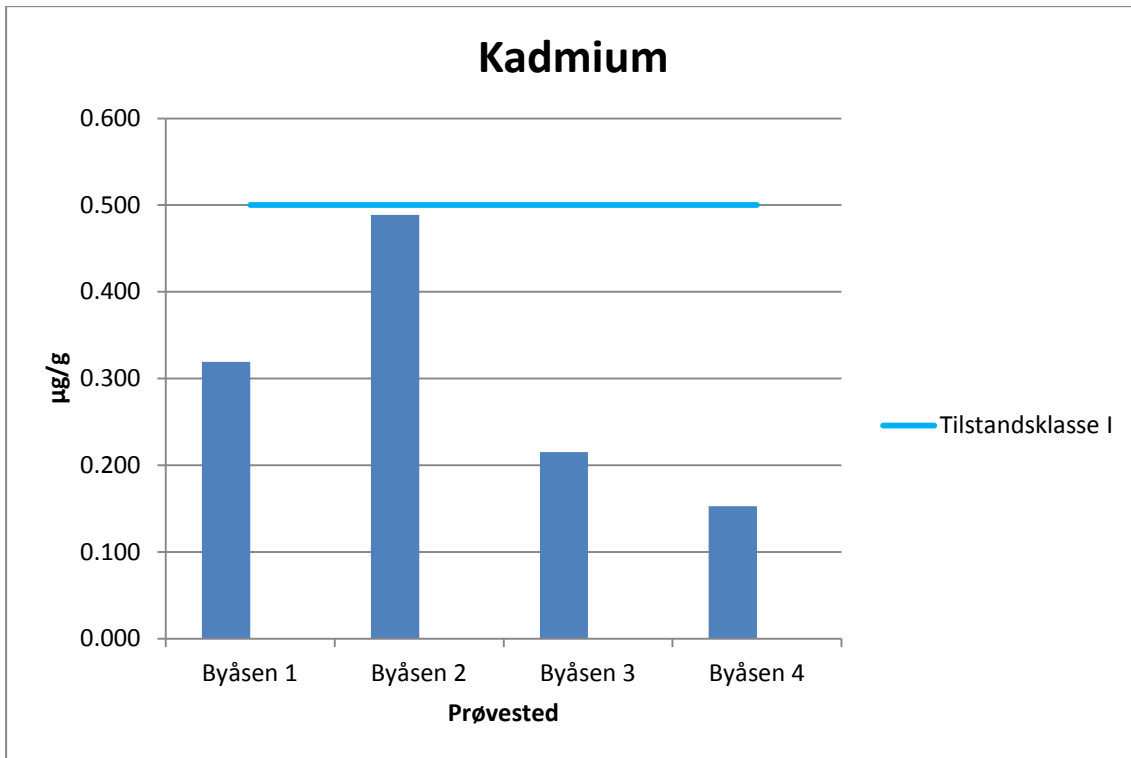
Figur 5-30 Resultater for jordanalyser på Byåsen



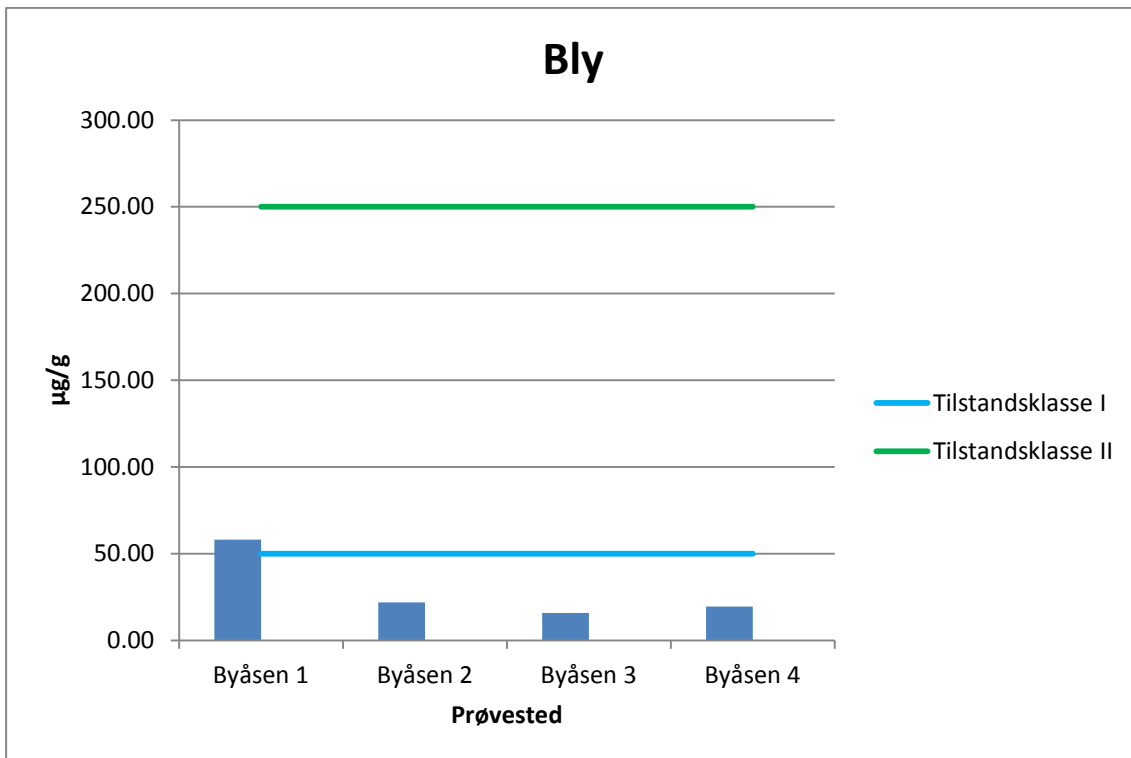
Figur 5-31 Resultater for jordanalyser på Byåsen



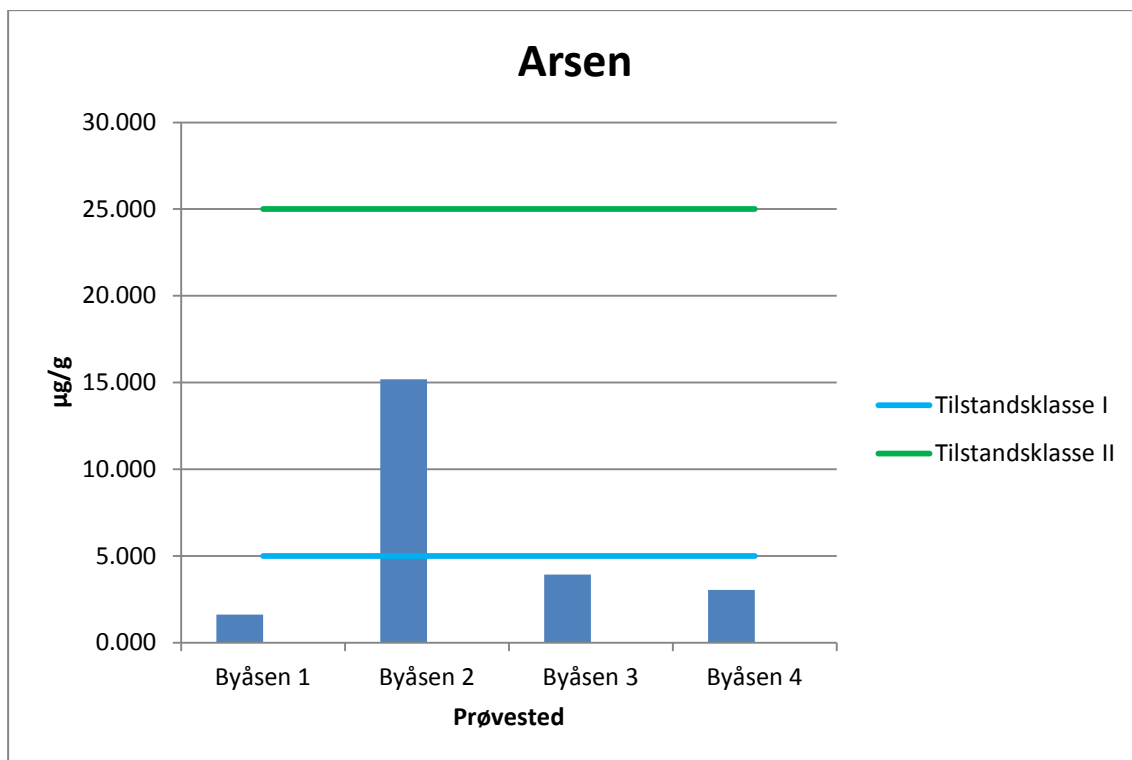
Figur 5-32 Resultater for jordanalyser på Byåsen



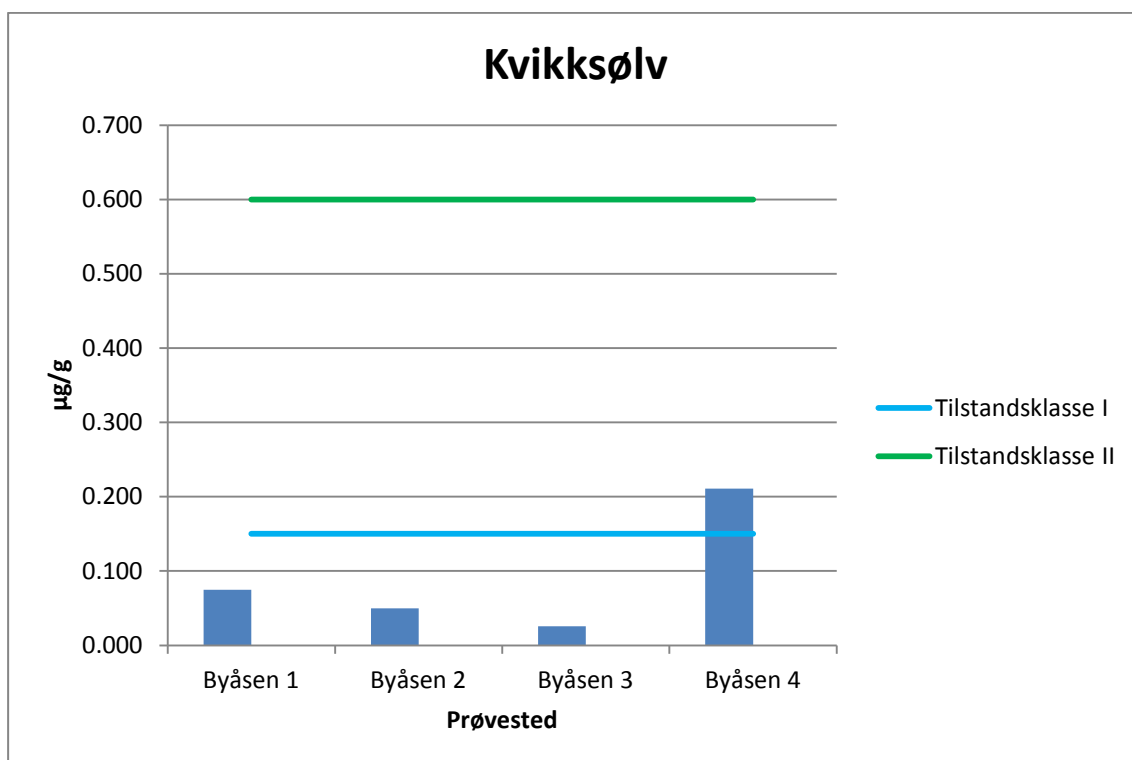
Figur 5-33 Resultater for jordanalyser på Byåsen



Figur 5-34 Resultater for jordanalyser på Byåsen



Figur 5-35 Resultater for jordanalyser på Byåsen



Figur 5-36 Resultater for jordanalyser på Byåsen

Jordprøvene fra Iladalen viser at det ikke er mulig å observere en stor påvirkning fra det tidligere snødeponiet.

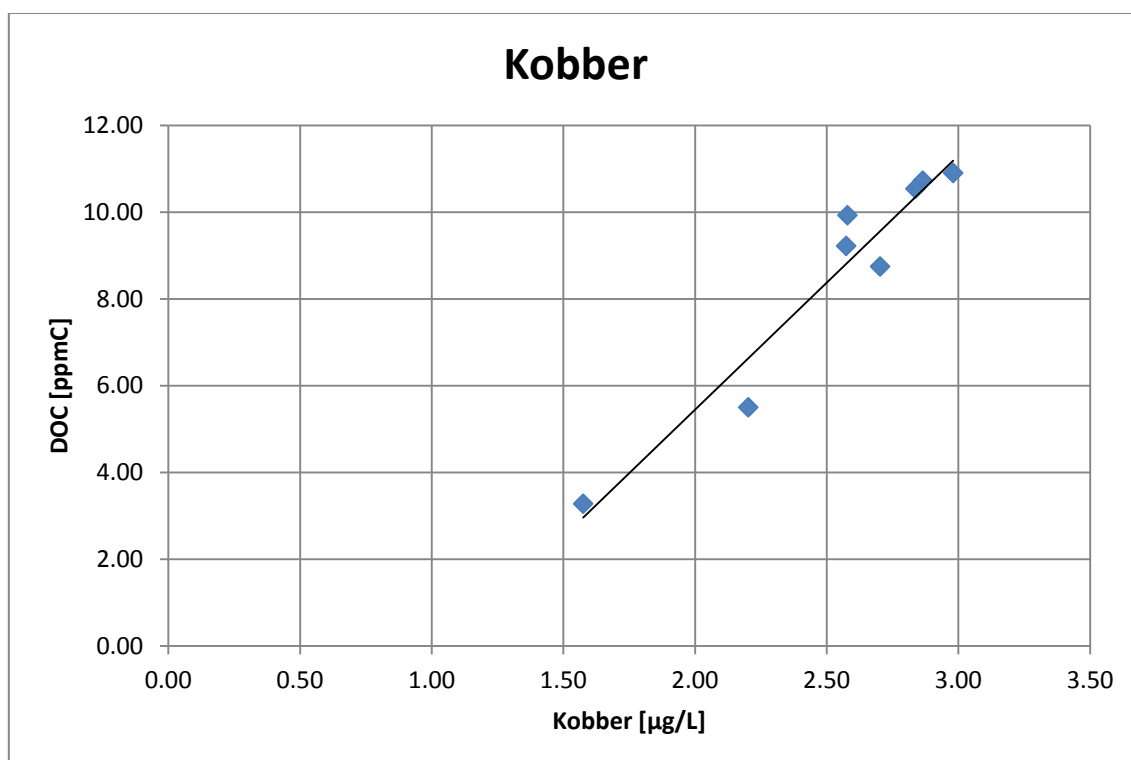
De aller fleste resultatene ligger innenfor tilstandsklasse I, noe som vil si at forurensningsgraden regnes som ubetydelig.

5.7.Sammenheng mellom DOC og metaller

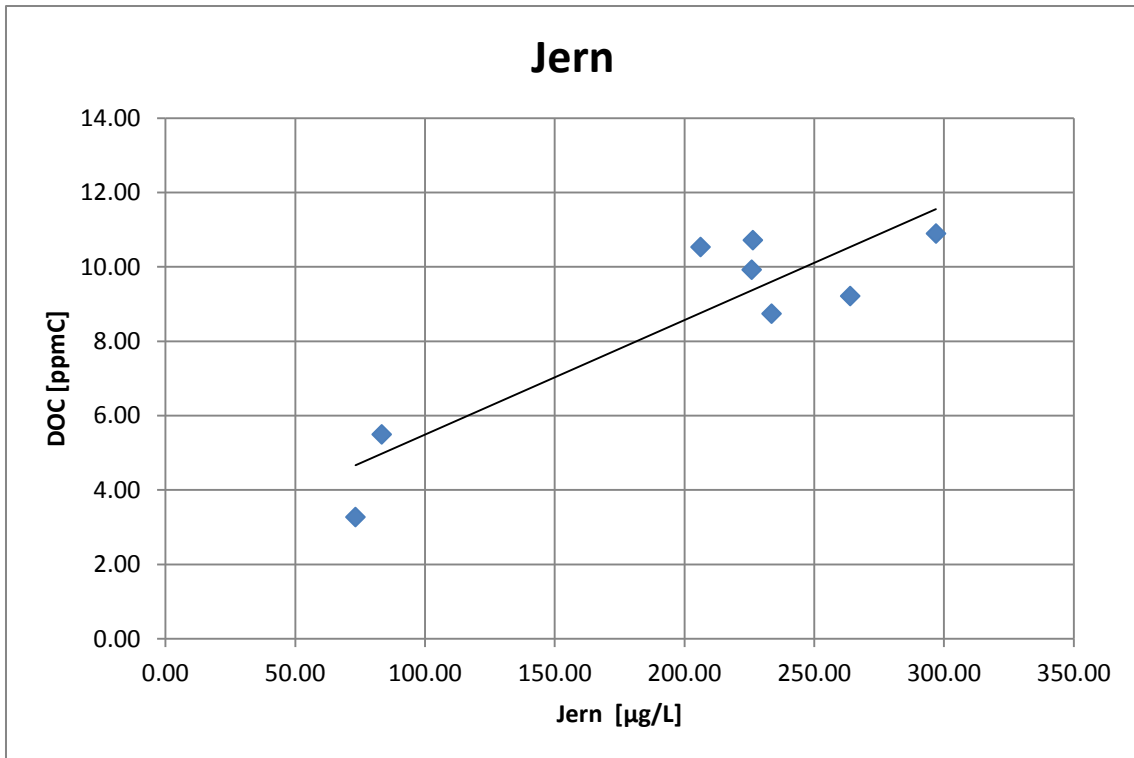
Det ble ved to av prøvetidspunktene også tatt vannprøver som ble undersøkt for DOC (*dissolved organic carbon*). Disse resultatene ble så undersøkt sammen med resultatene for noen utvalgte metaller for de samme prøvetidspunktene for å se om det kan være en korrelasjon mellom resultatene. Tabell 5-3 viser hvilken korrelasjonsfaktor (R^2) de ulike resultatene har. Jo nærmere korrelasjonsfaktoren er til 1, desto bedre korrelerer metallene. Metallene som ga en korrelasjonsfaktor på 0,8 eller høyere er presentert i Figur 5-37 til Figur 5-40.

Tabell 5-3 Korrelasjonsfaktor (R^2) mellom utvalgte metaller og DOC

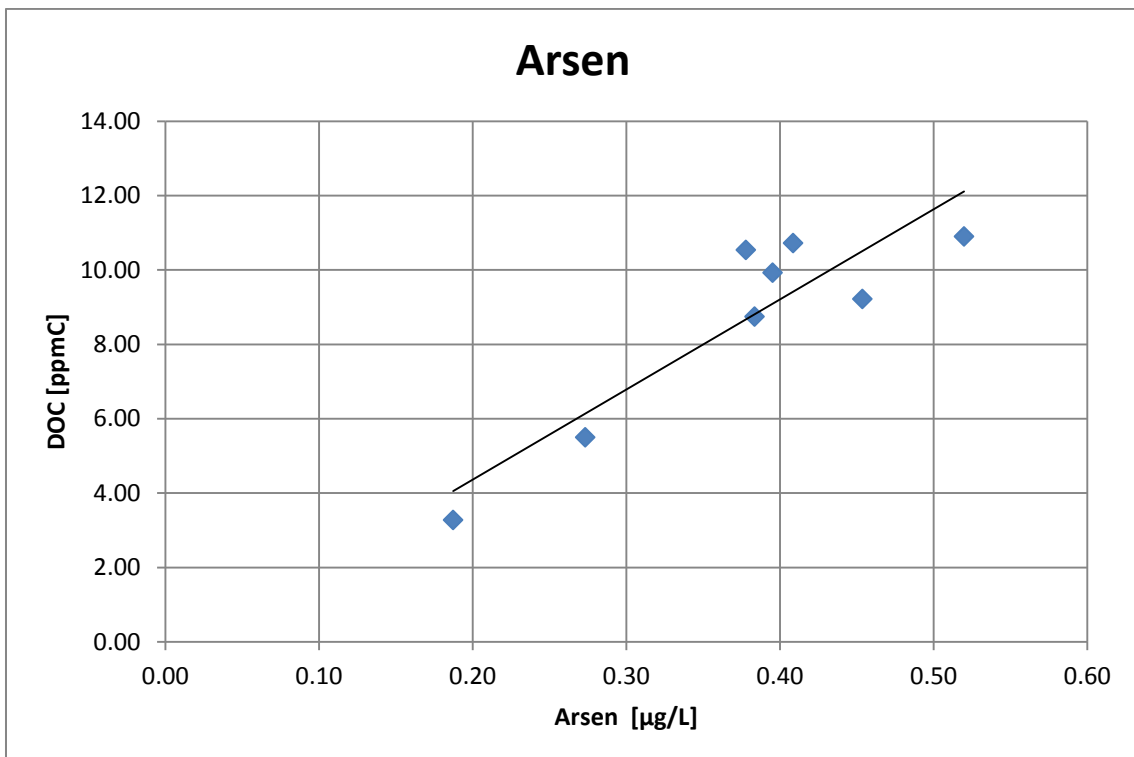
	Kobber	Jern	Arsen	Kvikksølv	Kadmium	Aluminium
Byåsen DOC	0,4622	0,6462	0,2447	0,0011	0,0429	0,2
Heimdal DOC	0,9335	0,8068	0,8131	0,007	0,155	0,8622



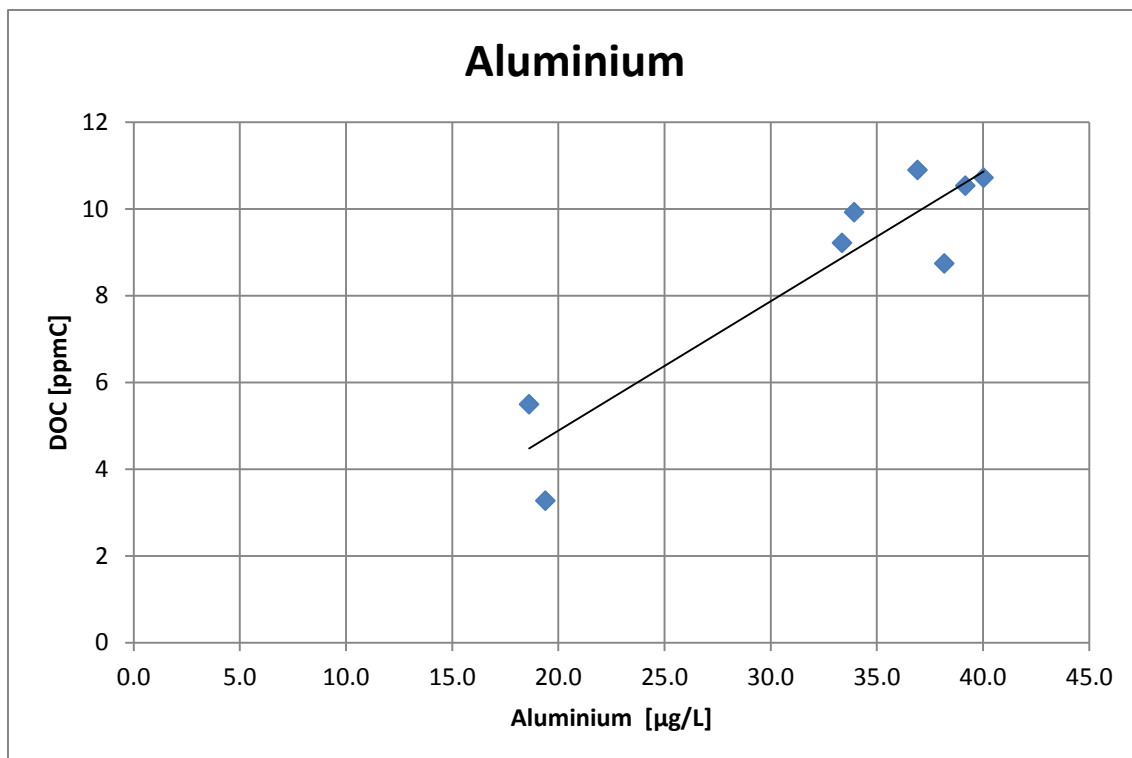
Figur 5-37 Korrelasjon mellom DOC og kobber på Heimdal



Figur 5-38 Korrelasjon mellom jern og DOC på Heimdal



Figur 5-39 Korrelasjon mellom arsen og DOC på Heimdal



Figur 5-40 Korrelasjon mellom aluminium og DOC på Heimdal

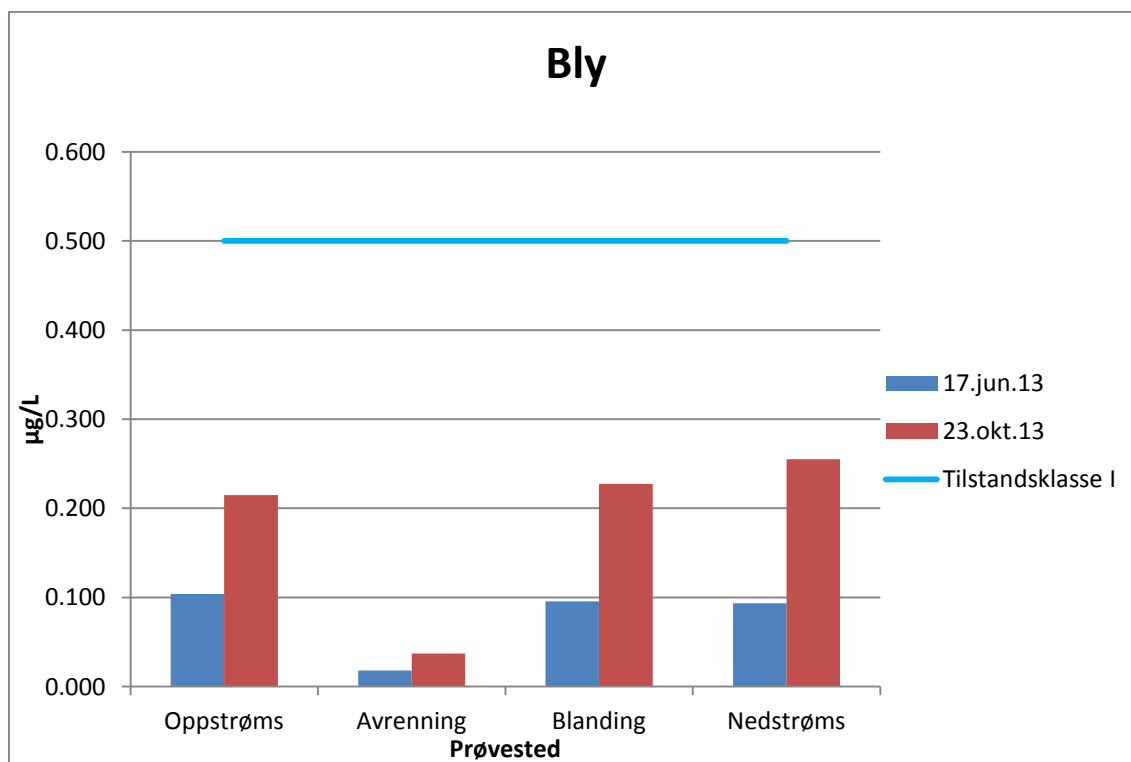
Alle resultatene som viste en mulig korrelasjon mellom DOC og enkelte utvalgte metaller var resultater fra Heimdal. Dette kan skyldes at det på Byåsen bare ble tatt totalt 4 prøver til DOC, noe som er i aller minste laget for å kunne studere en eventuell korrelasjon. Ved flere prøver er det mulig det hadde blitt observert tilsvarende mulige korrelasjon mellom jern-, kobber-, arsen og aluminium og DOC på Byåsen også.

5.8.Høsten 2013

Høsten 2013 ble det startet opp med byggevirkosomhet i området rundt der snødeponiet på Heimdal hadde vært. Det ble derfor foretatt en ny prøverunde i oktober 2013 på Heimdal for å undersøke hvordan anleggsvirkosomheten hadde påvirket avrenningsvannet og Søra. I Figur 5-41 til Figur 5-47 blir utvalgte resultater sammenliknet med resultatene fra juni 2013.

5.8.1. Bly

Blykonsentrasjonen ble fordoblet for alle prøvestedene på prøvene tatt i oktober i forhold til prøvene som ble tatt i juni samme år. Men da størsteparten av anleggsvirkosomheten forgikk i området rundt snødeponiet, og blykonsentrasjonen også ble fordoblet i punktet oppstrøms fra avrenningen, er det lite trolig at det er årsaken til den målte endringen. Og selv etter fordobling av konsentrasjonen, så holder blynivået seg fremdeles innenfor tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset).



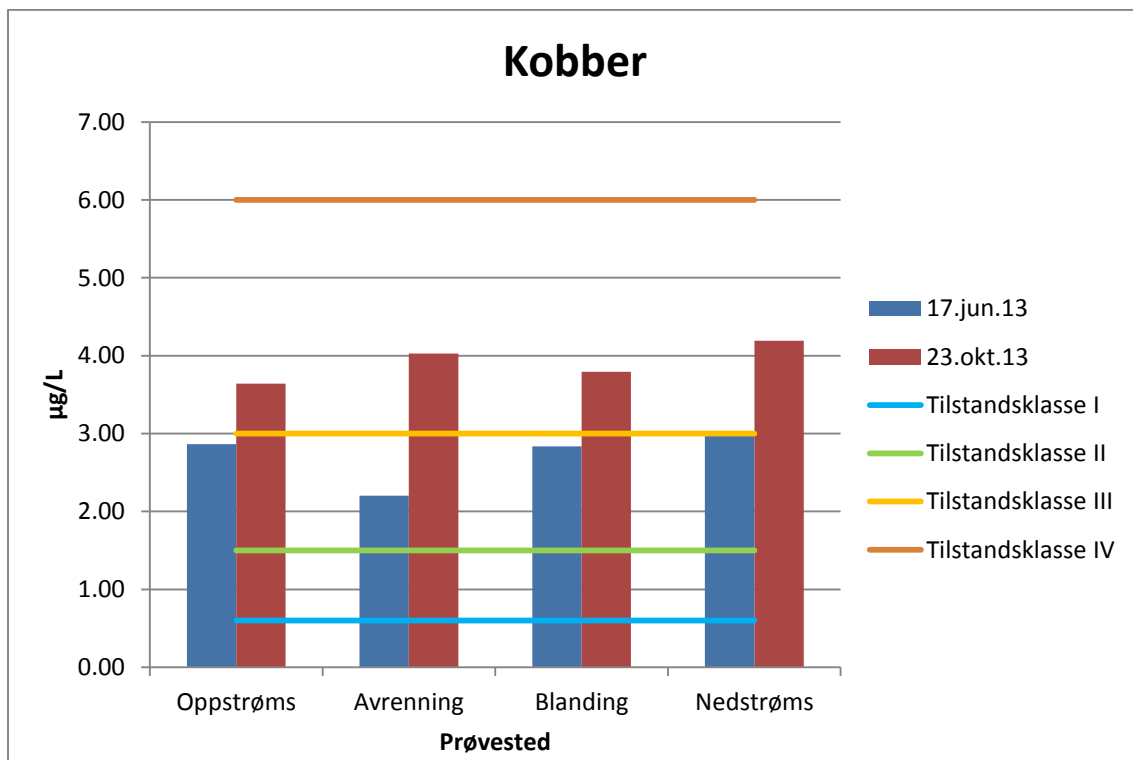
Figur 5-41 Prøver av bly fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.2. Kobber

Det ble også observert en økning i kobberkonsentrasjonen på alle fire prøvesteder. Den økte mengden kobber gjør at vannet endrer tilstandsklasse fra III (markert forurenset) til IV (sterkt forurenset).

Selv om økningen ble observert ved alle fire prøvetakningsstedene, var den største endringen hos avrenningsbekken. Her ble det observert både den største relative endringen (en økning på 82 %) og den største absolutte endringen (en økning på 1,83 µg/L).

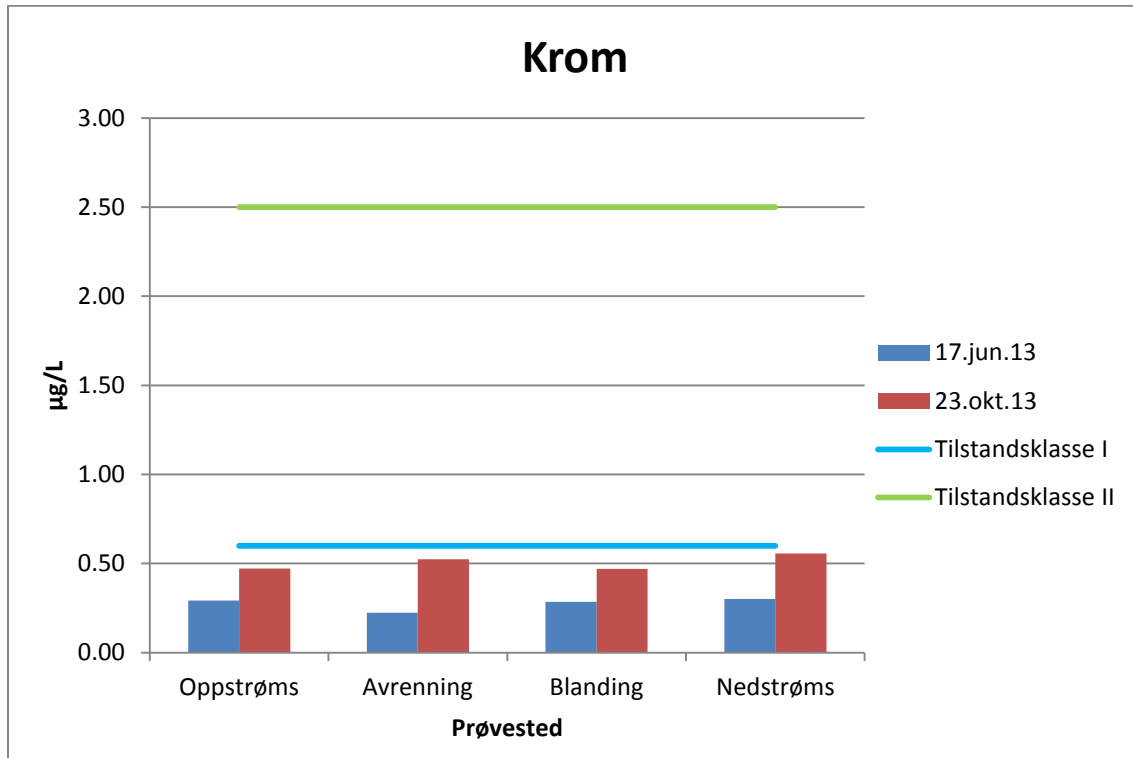
Differansen mellom punktet oppstrøms og nedstrøms økte også, noe som kan ha en sammenheng med økningen fra avrenningsvannet.



Figur 5-42 Prøver av kobber fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.3. Krom

Det ble også registrert omlag en fordobling i mengden krom som ble målt i oktober 2013 i forhold til mengden som ble registrert i juni. Men mengden krom holdt seg fremdeles innenfor tilstandsklasse I (ubetydelig forurenset), selv etter økningen.

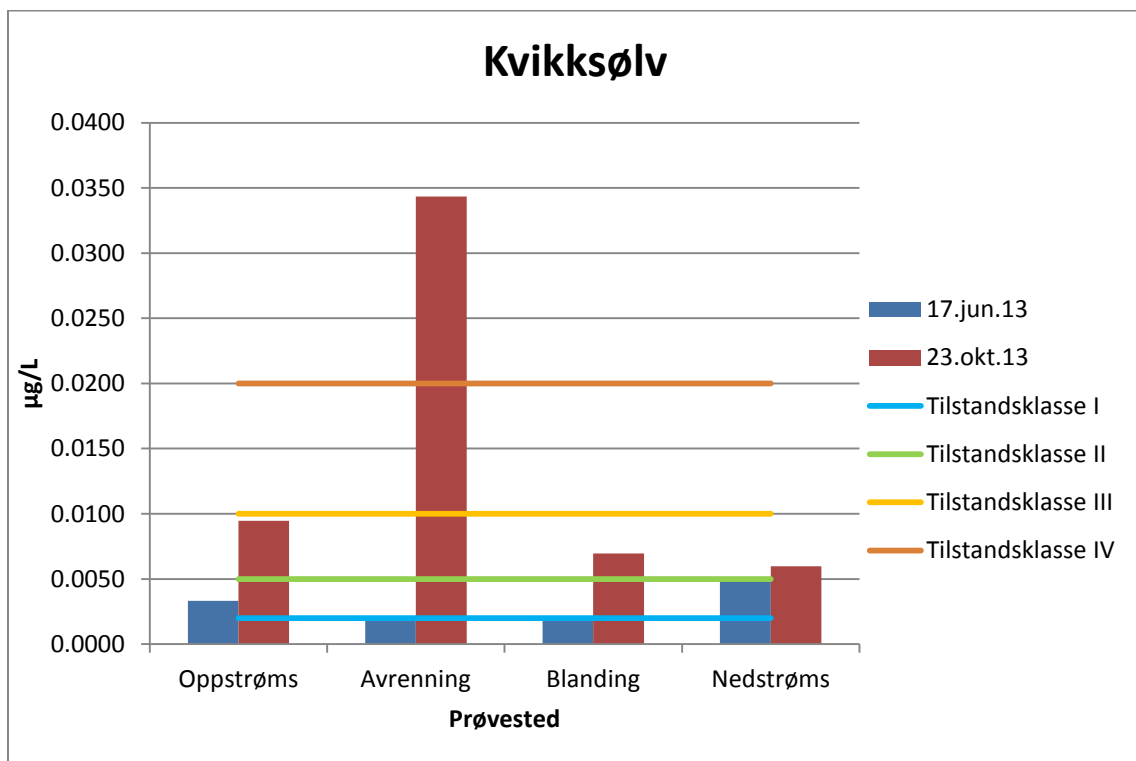


Figur 5-43 Prøver av krom fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.4. Kvikksølv

Det ble registret en kraftig økning av mengden kvikksølv på alle fire prøvepunkter i oktober i forhold til i juni. Økningen var minst nedstrøms, hvor den var på omlag 20 %. For målepunktet oppstrøms var økningen på 185 %, mens den var på 248 % for blandingspunktet. Dette gjør at alle disse tre målepunktene havner i tilstandsklassen III (markert forurenset) ved prøvetidspunktet.

Men den største økningen er for avrenningsbekken hvor økningen er på 1 821 %, noe som gjør at prøvepunktet havner i tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset). I følge veiledningen som er lagt til grunn for inndeling i tilstandsklasser, så vil ”det i klasse IV og V vanligvis være kjente effekter av stoffene på ett eller flere elementer i økosystemet” (Statens forurensingstilsyn, 1997).

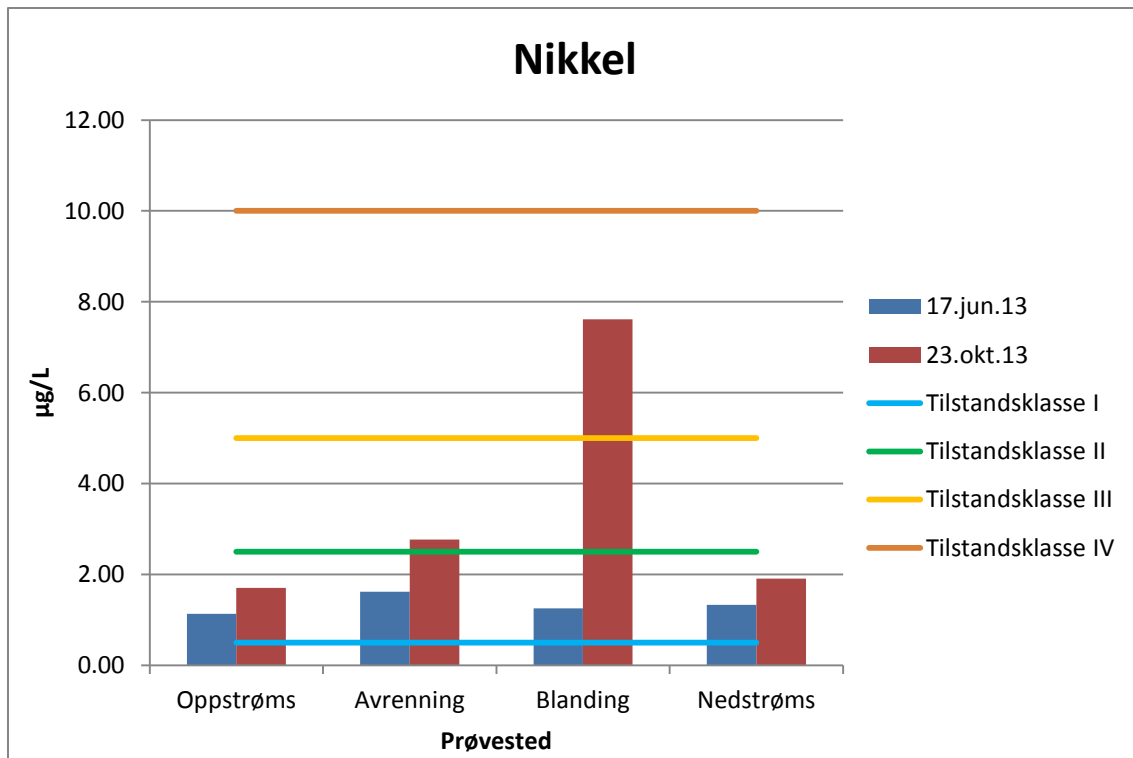


Figur

5-44 Prøver av kvikksølv fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.5.Nikkel

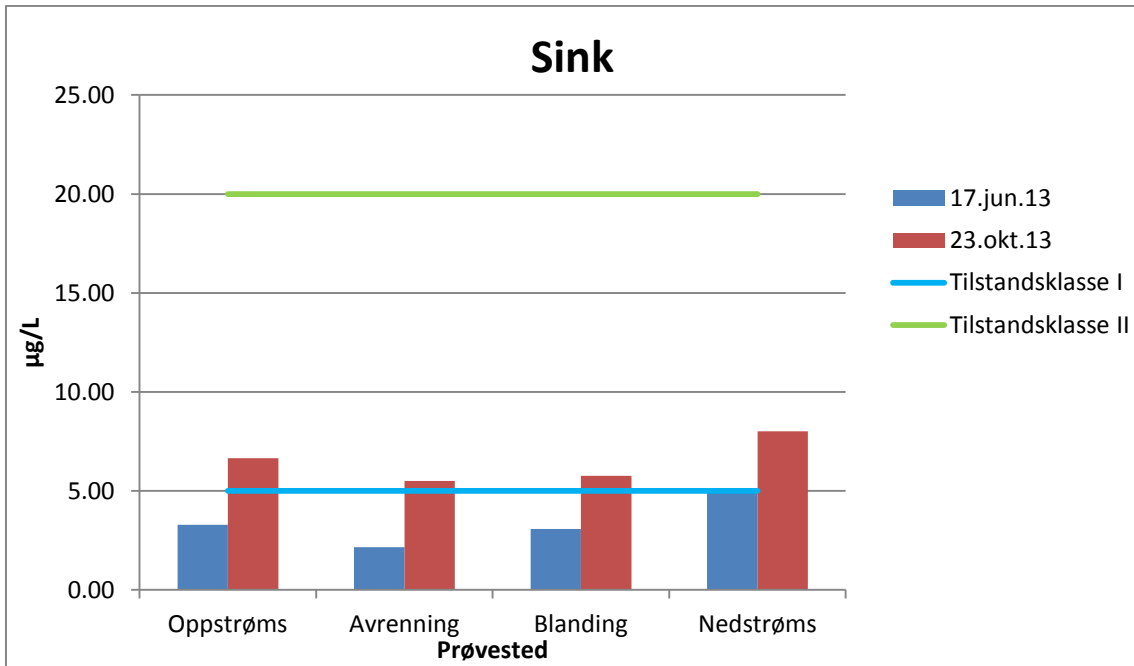
Det ble også registret en kraftig økning i mengden nikkel som ble målt i oktober i forhold til i juni. Økningen ble registrert på alle fire målestedene, men den største økningen ble registrert i blandingspunktet hvor prøven hadde hatt tilstandsklasse II i juni, og fikk resultater tilhørende tilstandsklasse IV (sterkt forurenset) i oktober 2013.



Figur 5-45 Prøver av nikkel fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.6. Sink

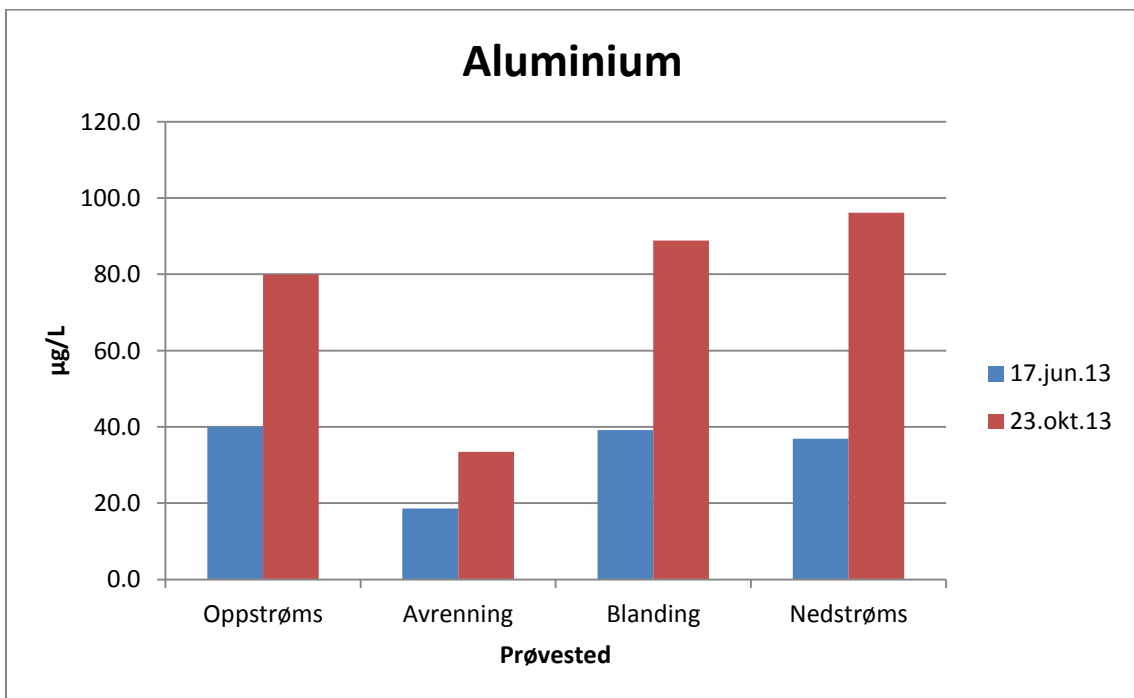
Prøvene fra alle fire prøvestedene havnet i tilstandsklasse II i oktober 2013.



Figur 5-46 Prøver av sink fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

5.8.7. Aluminium

Det ble også registret en fordobling av konsentrasjonen av aluminium i oktober i forhold til i juni.



Figur 5-47 Prøver av aluminium fra Heimdal fra oktober 2013 sammenliknet med juni 2013

Prøvene som ble tatt den 23. oktober etter at det var begynt anleggsarbeid i området rundt der hvor snødeponiet var viser en tydelig økning for noen av de utvalgte tungmetallene. For enkelte av stoffene har mengden påvist stoff doblet seg. Økningen ble registret for alle fire prøvepunkter for de fleste av metallene.

6. Konklusjon

Analysene fra avrenningsvann fra snødeponiet på Heimdal gjennom hele smelteperioden, sammen med analyser av Søra oppstrøms og nedstrøms av avrenningsbekken gir få indikasjoner på at snødeponiet på Heimdal bidrar til å forurenses Søra.

For noen metaller, slik som aluminium, kobber og bly kan det se ut som avrenningsbekken tvert i mot fortynner konsentrasjonen i Søra.

Resultatene fra jordprøvene fra området langs avrenningsbekken og under der hvor snødeponiet lå noen måneder tidligere, ligger stort sett i tilstandsklasse I, og kan derfor betegnes som ubetydelig forurenset.

Prøvene fra Iladalen, er ved de fleste tilfeller omtrent like oppstrøms og nedstrøms for det tidligere snødeponiet. Jordprøver tatt under det tidligere deponiet viser resultater som i all hovedsak ligger i tilstandsklasse I.

Det kan dermed tyde på at det ikke er noen forurensinger å spore fra det tidligere snødeponiet i Iladalen. Dette stemmer godt overens med undersøkelsen NGU gjorde i 2004, hvor det ble konkludert med at snødeponiet i Iladalen ikke bidro til forurensing av Ilabekken (Andersson et al., 2004).

Etter anleggsarbeidet startet i området rundt snødeponiet på Heimdal ble det påvist betydelige økninger for enkelte metaller. For enkelte av de undersøkte metallene doblet konsentrasjonen seg i fra juli til oktober. Særlig kvikksølvnivåene for avrenningsbekken var høye ved målingen i oktober.

Dette kan være noe som burde undersøkes nærmere for å se om det kan være en sammenheng mellom gravearbeidene og snødeponiet. Det kunne vært interessant med flere prøver fra de fire punktene på Heimdal for å undersøke om økningen i metallforekomsten var en trend, og for å prøve å kartlegge hvor økningen stammer fra.

Økningen kan skyldes anleggsvirksomheten i seg selv, men også det at det nå graves i jordmassene under er et snødeponiområde kan ha en påvirkning.

7.Referanser

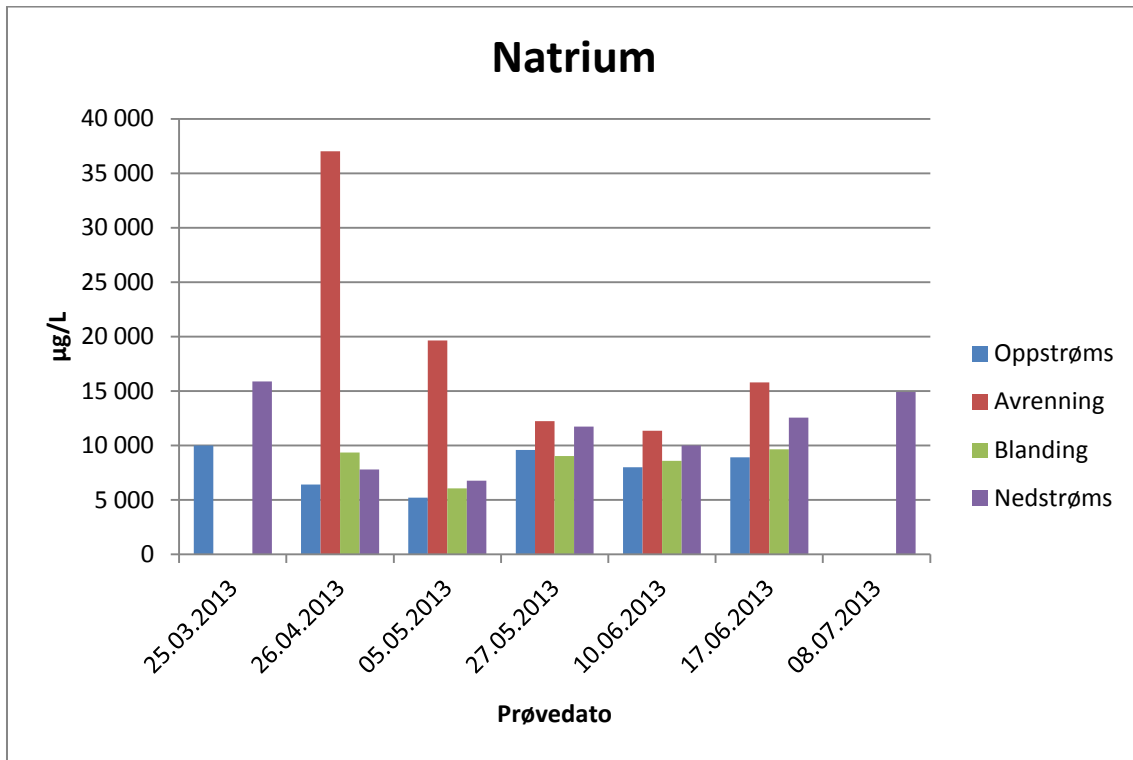
- Amrhein, C., Strong, J. E., & Mosher, P. A. (1992). Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils. *Environmental Science & Technology*, 26(4), 703-709.
- Andersson, M., Eggen, O., Finne, T. E., & Ottesen, R. T. (2011). Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå (over normverdi) - betydning for disponering av masser: NGU.
- Andersson, M., Jartun, M., & Volden, T. (2004). Miljøundersøkelse av spredning av miljøgifter fra snødeponiet i Ilabekken NGU rapport (Vol. 2004.041): NGU.
- Bauske, B., & Goetz, D. (1993). Effects of Deicing-Salts on Heavy Metal Mobility
Zum Einfluß von Streusalzen auf die Beweglichkeit von Schwermetallen. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 21(1), 38-42. doi: 10.1002/ahch.19930210106
- Bækken, T. (1994). Trafikkforurenset snø i Oslo: NIVA-3131-1994
- Bækken, T. (2010). Forurensninger i bysnø og avrenning fra snødeponier. In NIVA (Ed.).
- Bækken, T., & Pettersen, E. (2009). Avrenning fra snødeponiet ved Åsland: NIVA.
- Bækken, T., & Tjomsland, T. (2001). Trafikkforurenset snø i Drammen sentrum: NIVA.
- Bærum kommune. (2013). *Varsel fra Bærum kommune om oppstart av planarbeid og offentlig ettersyn av forslag til planprogram for Tveitskjæringen Avtjerna - snødeponi*. (arkivsak ID 13/20260).
- Engelhard, C., De Toffol, S., Lek, I., Rauch, W., & Dallinger, R. (2007). Environmental impacts of urban snow management--the alpine case study of Innsbruck. *Sci Total Environ*, 382(2-3), 286-294. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.04.008
- Fay, L., & Shi, X. (2012). Environmental impacts of chemicals for snow and ice control: State of the knowledge. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(5), 2751-2770.
- Feiccabrino, J., Lundberg, A., & Skogsberg, K. (2008). Expected Pollutant Pathway Differences between Snow Deposits and a Permeable Snow Cooling Plant.
- Giller, K. E., Witter, E., & McGrath, S. P. (1998). Toxicity of heavy metals to microorganisms and microbial processes in agricultural soils: a review. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(10-11), 1389-1414. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717\(97\)00270-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0038-0717(97)00270-8)
- Glenn III, D. W., & Sansalone, J. J. (2002). Accretion and partitioning of heavy metals associated with snow exposed to urban traffic and winter storm maintenance activities. II. *Journal of Environmental Engineering*, 128(2), 167-185.
- Haaland, S., Gjemlestad, L., & Bremnes, T. (2011). Bunndyrundersøkelse i Gjersrudtjernbekken, Oslo - Mulige effekter av avrenning fra Åsland snødeponi (Vol. 6, pp. 10): Bioforsk.

- Hallberg, M., Renman, G., & Lundbom, T. (2007). Seasonal variations of ten metals in highway runoff and their partition between dissolved and particulate matter. *Water, Air, and Soil Pollution*, 181(1-4), 183-191.
- Helmreich, B., Hilliges, R., Schriewer, A., & Horn, H. (2010). Runoff pollutants of a highly trafficked urban road – Correlation analysis and seasonal influences. *Chemosphere*, 80(9), 991-997. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.05.037>
- Herrmann, R., Daub, J., Förster, J., & Striebel, T. (1994). Chemodynamics of trace pollutants during roof and street runoff. *Water Science & Technology*, 29(1-2), 73-82.
- Hääl, M.-L., Sürje, P., & Rõuk, H. (2008). Traffic as a source of pollution. *Estonian Journal of Engineering*, 14(1).
- Kartverket. Retrieved februar, 2014, from <http://www.norgeskart.no/#5/-32103/6570902>
- Manahan, S. E. (2010). *Environmental chemistry* (Ninth edition ed.). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- NCC. Snøsmelting. Retrieved februar, 2014, from <http://www.ncc.no/no/OM-NCC/Miljo/Snosmelting/>
- Norrström, A.-C., & Jacks, G. (1998). Concentration and fractionation of heavy metals in roadside soils receiving de-icing salts. *Science of the total environment*, 218(2), 161-174.
- Oslo kommune. (2011). Nytt anlegg for smelting av snø [Press release]. Retrieved from [http://www.byradet.oslo.kommune.no/getfile.php/Byradet%20\(BYR\)/Internett%20\(BYR\)/Dokumenter/Pressemeldinger/2011%200928%20PM%20Nytt%20snøsmelteanlegg.pdf](http://www.byradet.oslo.kommune.no/getfile.php/Byradet%20(BYR)/Internett%20(BYR)/Dokumenter/Pressemeldinger/2011%200928%20PM%20Nytt%20snøsmelteanlegg.pdf)
- Pagotto, C., Remy, N., Legret, M., & Le Cloirec, P. (2001). Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway. *Environmental Technology*, 22(3), 307-319.
- Ranneklev, S. B., Tjomsland, T., & Kempa, M. (2013). Dumping av trafikkforurenset snø fra Drammen: NIVA.
- Reinosdotter, K. (2007). *Sustainable snow handling*. (Doktorgradsavhandling), Division of Architecture and Infrastructure, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering, Luleå University of Technology.
- Reinosdotter, K., & Viklander, M. (2003). Snow quality in the city of Luleå-A ten year overview.
- Reinosdotter, K., & Viklander, M. (2005). A comparison of snow quality in two swedish municipalities-Luleå and Sundsvall. *Water, Air, and Soil Pollution*, 167(1-4), 3-16.
- Reinosdotter, K., Viklander, M., & Malmqvist, P. A. (2003) Comparison of the effects of using local and central snow deposits: A case study in Luleå. *Vol. 48* (pp. 71-79).
- Sansalone, J. J., & Buchberger, S. G. (1996). Characterization of metals and solids in urban highway winter snow and spring rainfall-runoff. *Transportation*

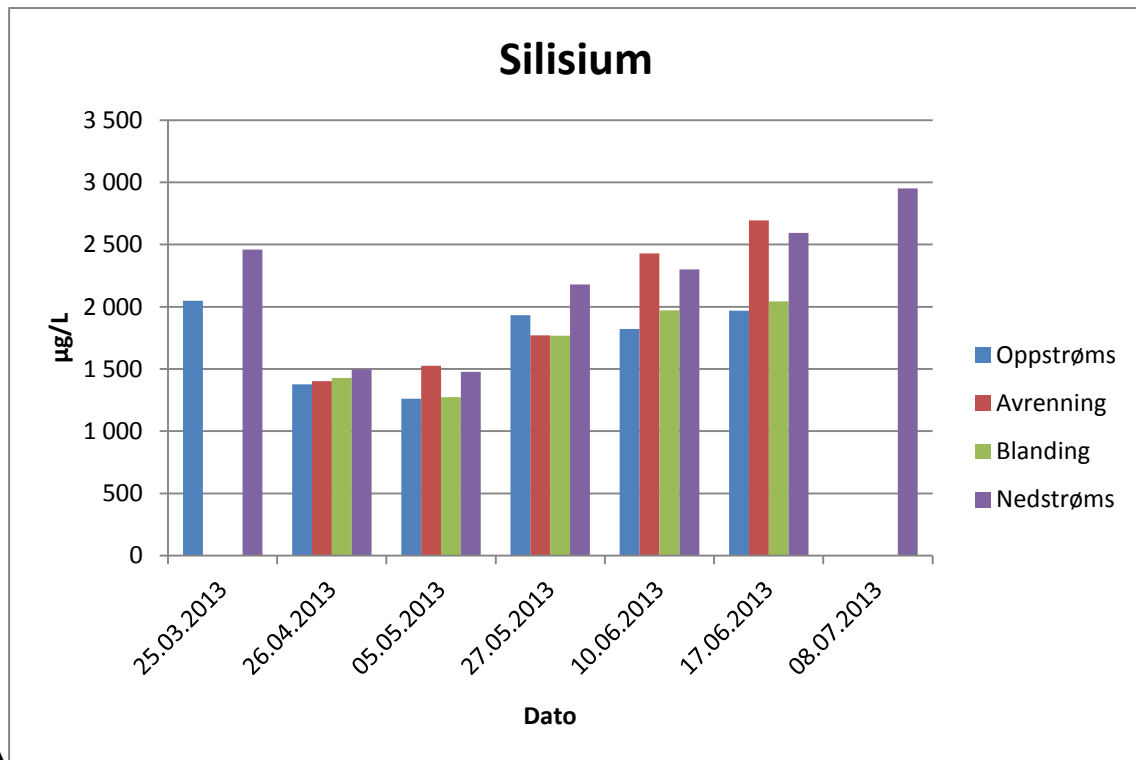
- Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1523(1), 147-159.
- Sansalone, J. J., & Glenn III, D. W. (2002). Accretion of pollutants in snow exposed to urban traffic and winter storm maintenance activities. I. *Journal of Environmental Engineering*, 128(2), 151-166.
- Statens forurensingstilsyn. (1997). Veiledning 97:04: Statens forurensingstilsyn.
- Statens forurensingstilsyn. (2007). Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter.
- Stumm, W., & Morgan, J. J. (1996). Aquatic chemistry: chemical equilibrium and rates in natural waters. *Wiley, New York*.
- Trafikksikkerhet, m. o. t. (2010). Salt SMART - Alternative kjemikalier og tilsetningsstoffer til natriumklorid - en litteraturgjennomgang: Statens vegvesen,.
- Trondheim kommune. (2014). Brøyting. Retrieved februar, 2014, from <https://www.trondheim.kommune.no/content/1117712643/Broyting>
- Viklander, M. (1996). Urban snow deposits - Pathways of pollutants. *Science of the total environment*, 189-190, 379-384. doi: 10.1016/0048-9697(96)05234-5
- Viklander, M. (1998). Snow quality in the city of Luleå, Sweden—time-variation of lead, zinc, copper and phosphorus. *Science of the total environment*, 216(1), 103-112.
- Viklander, M. (1999). Substances in urban snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Lulea, Sweden. *Water, Air, and Soil Pollution*, 114(3-4), 377-394.
- Walker, C. H., Sibly, R. M., Hopkin, S., & Peakall, D. B. (2006). *Principles of ecotoxicology* (T. edition Ed.): CRC Press.
- Westerlund, C., & Viklander, M. (2006). Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall. *Sci Total Environ*, 362(1-3), 143-156. doi: 10.1016/j.scitotenv.2005.06.031
- White, P. A., Rasmussen, J. B., & Blaise, C. (1995). Genotoxicity of snow in the Montreal metropolitan area. *Water, Air, and Soil Pollution*, 83(3-4), 315-334.

8. Vedlegg A: Heimdal

8.1. Filtrerte vannprøver Heimdal

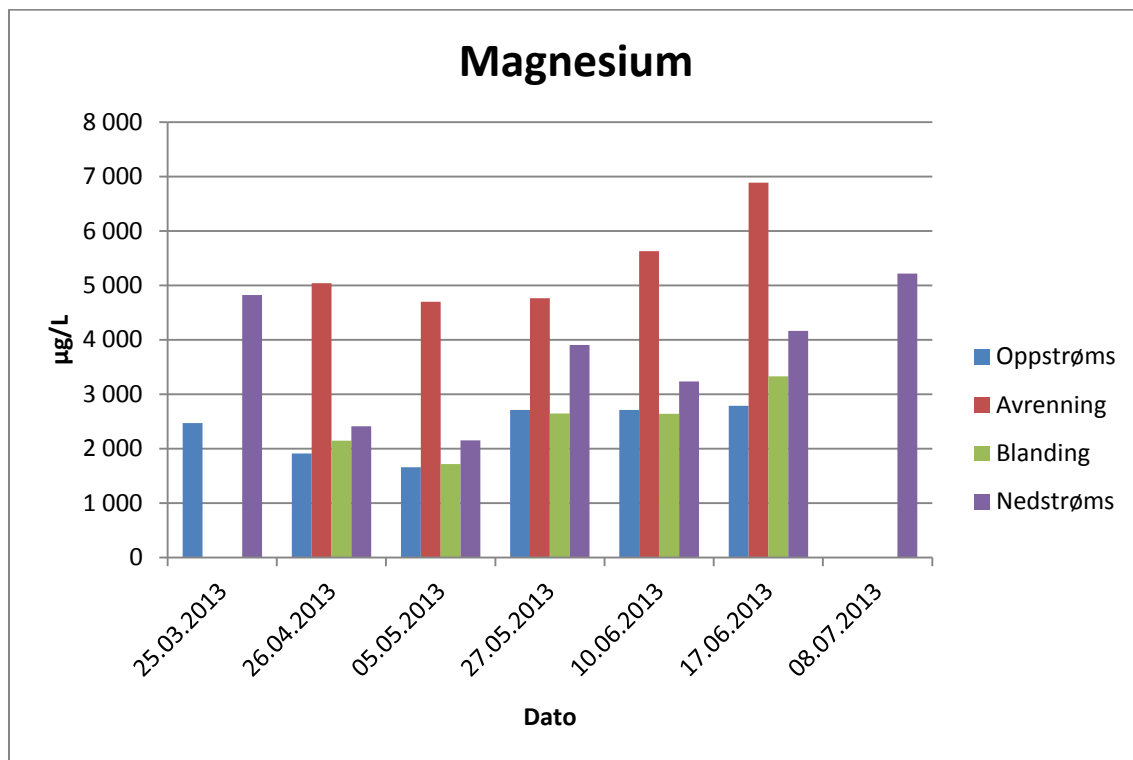


Figur 8-1

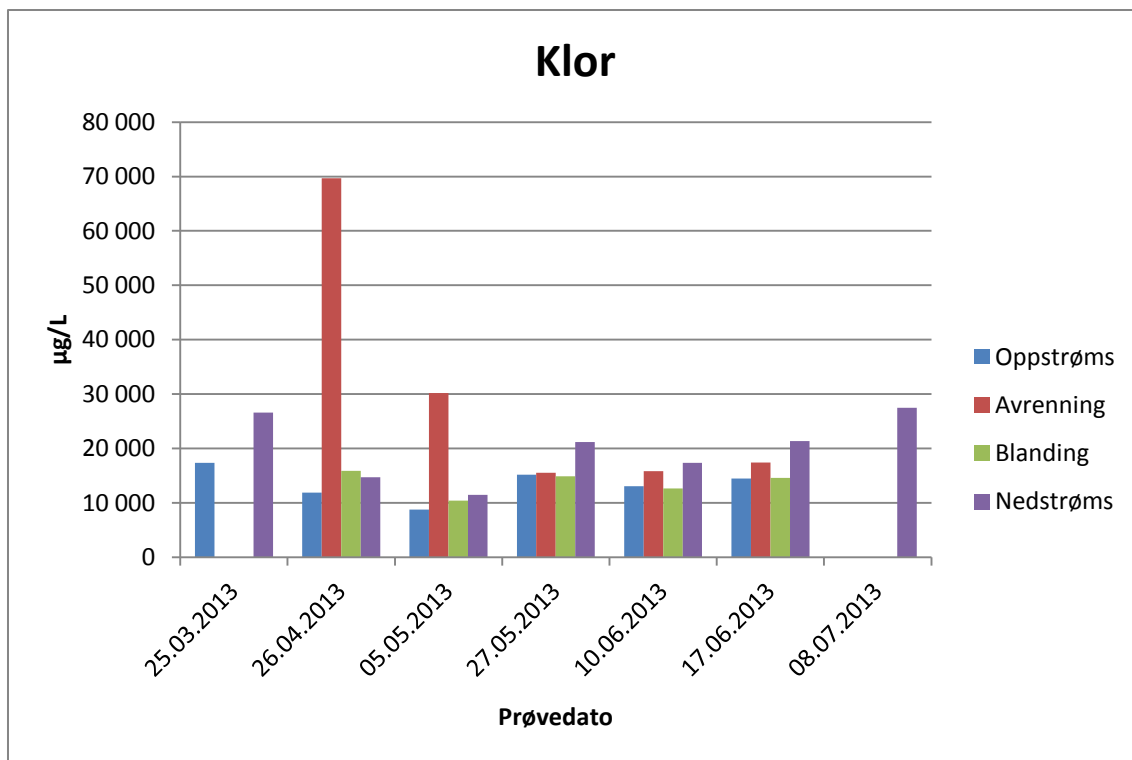


A

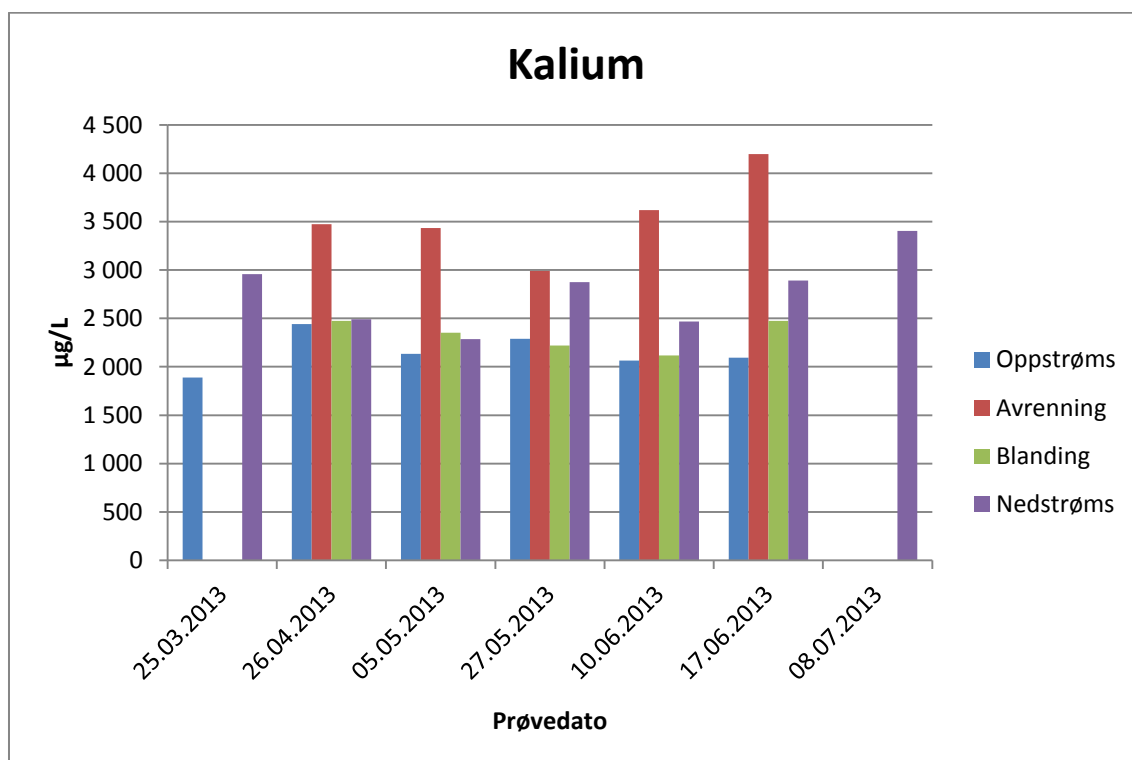
Figur 8-2



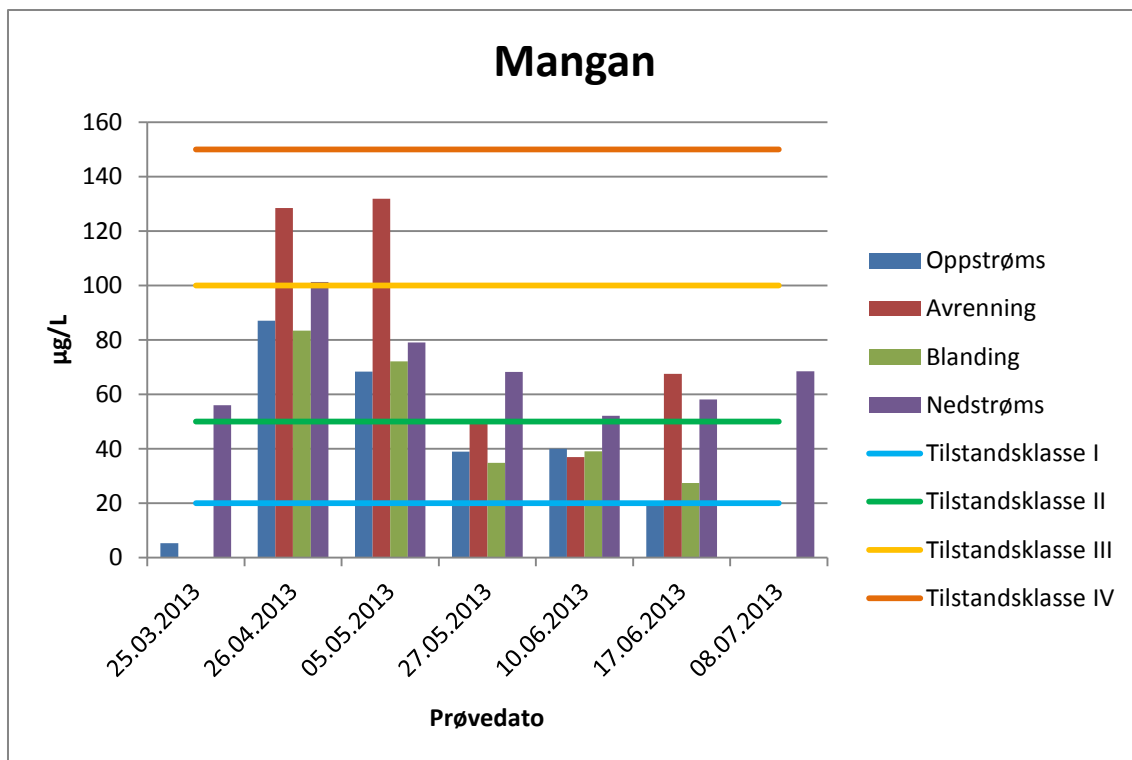
Figur 8-3



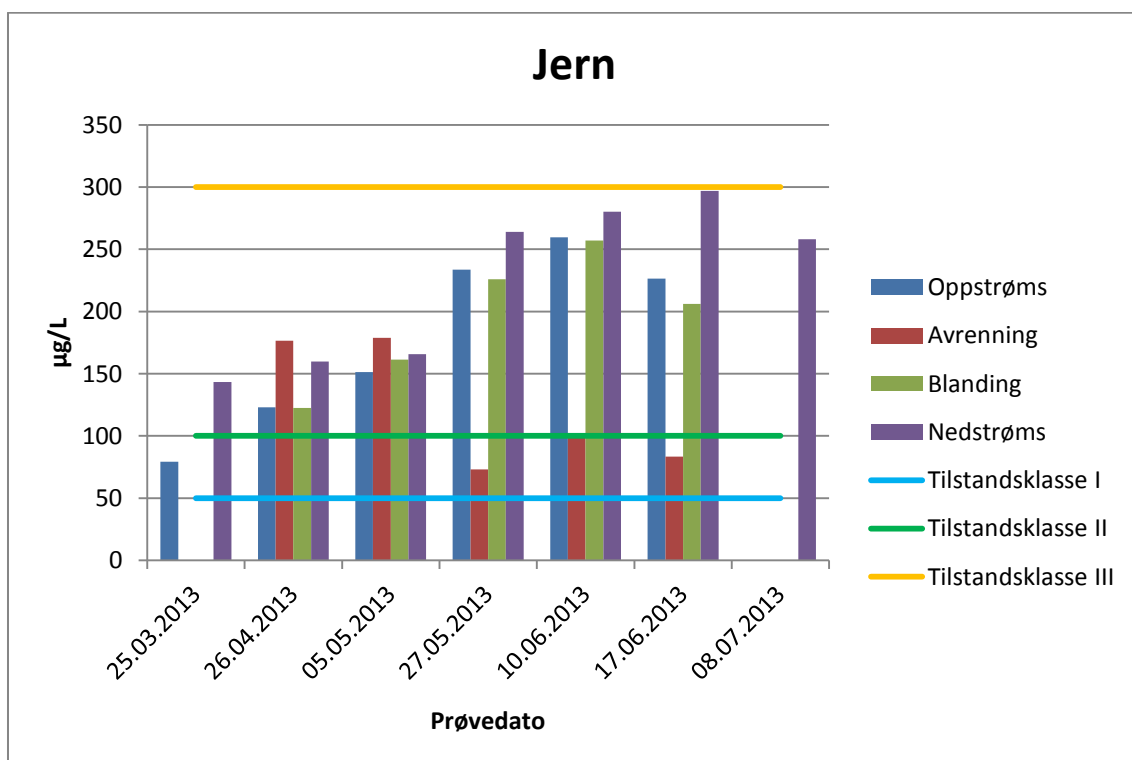
Figur 8-4



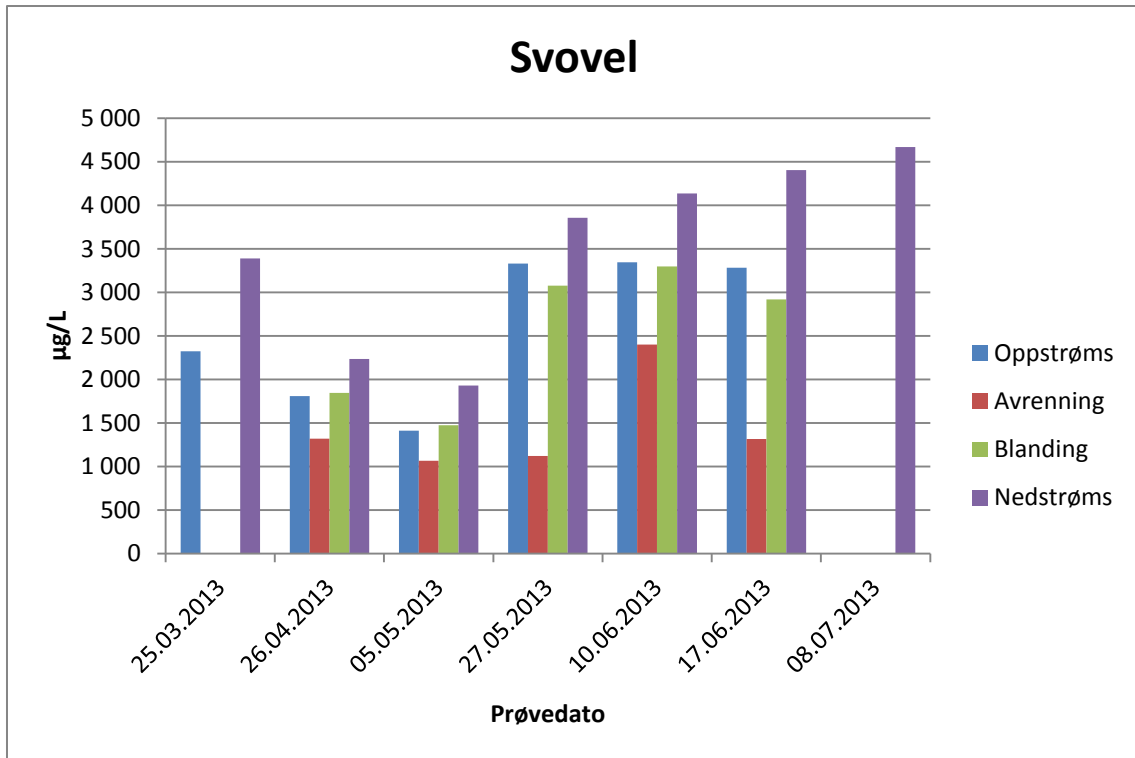
Figur 8-5



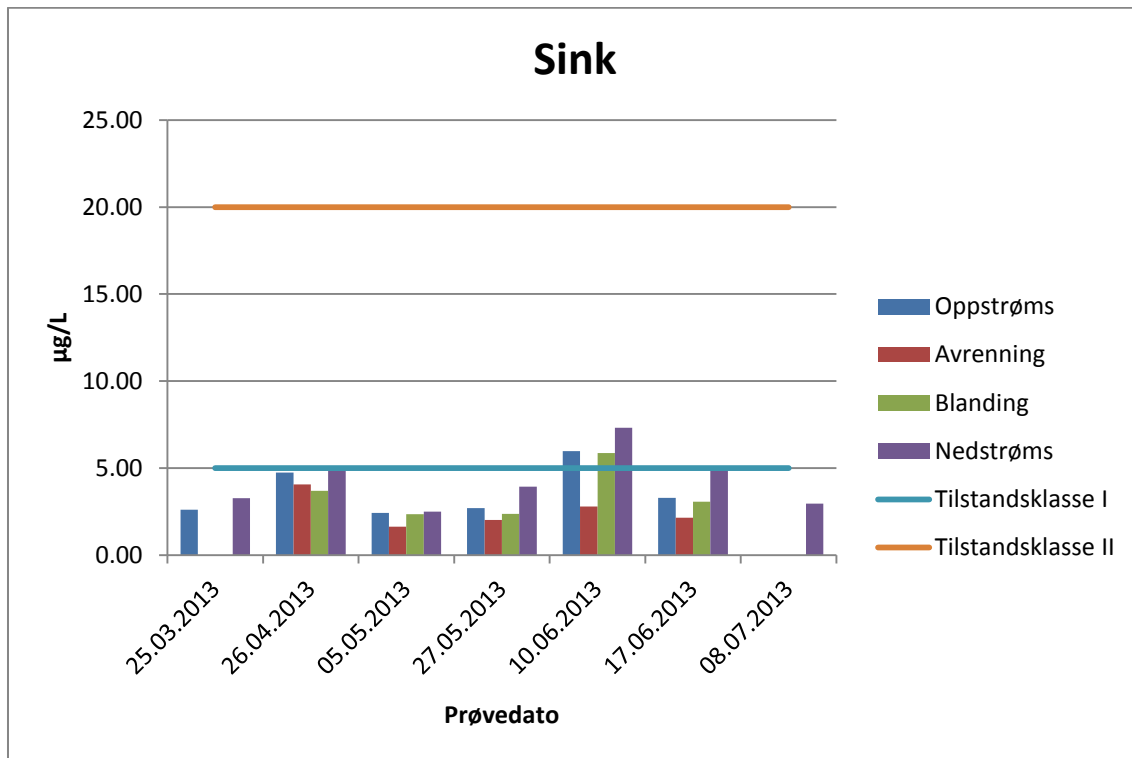
Figur 8-6



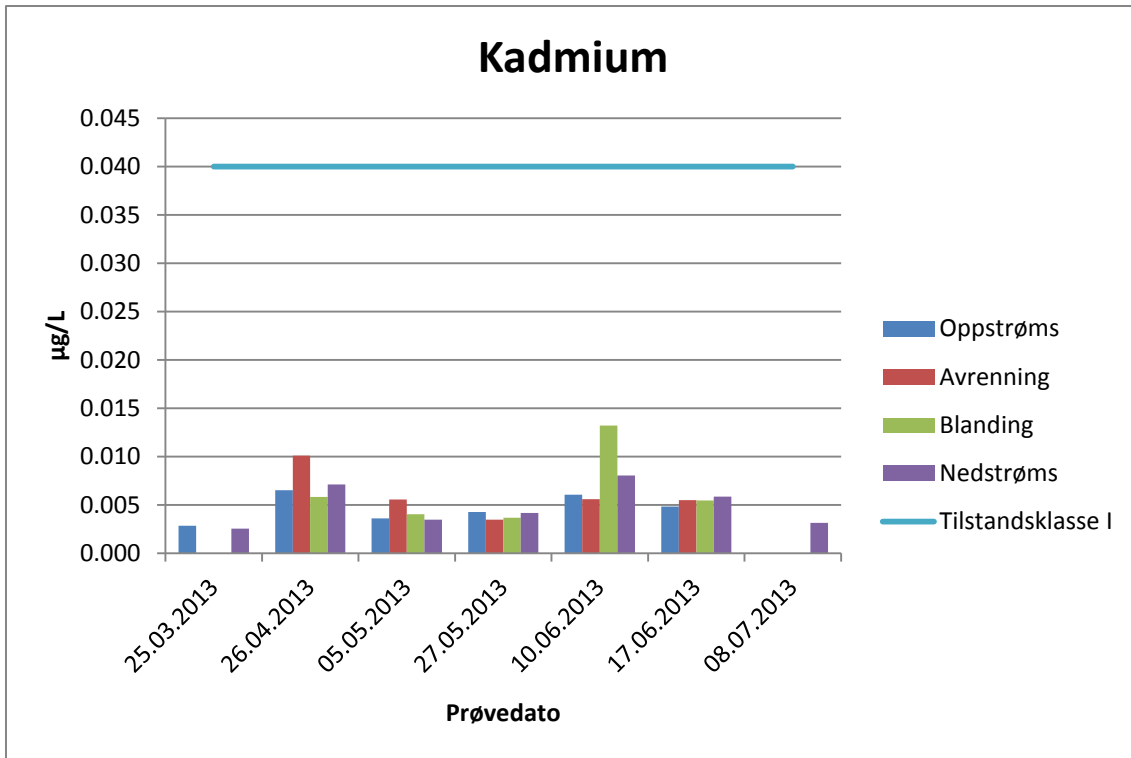
Figur 8-7



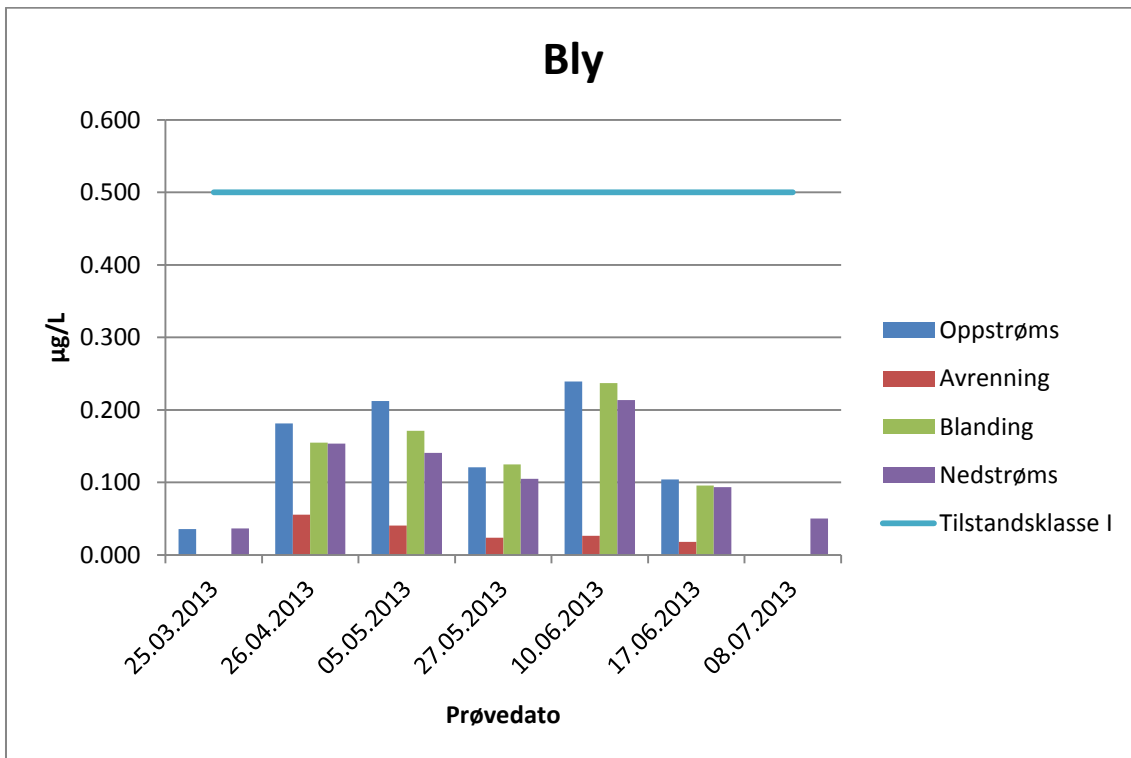
Figur 8-8



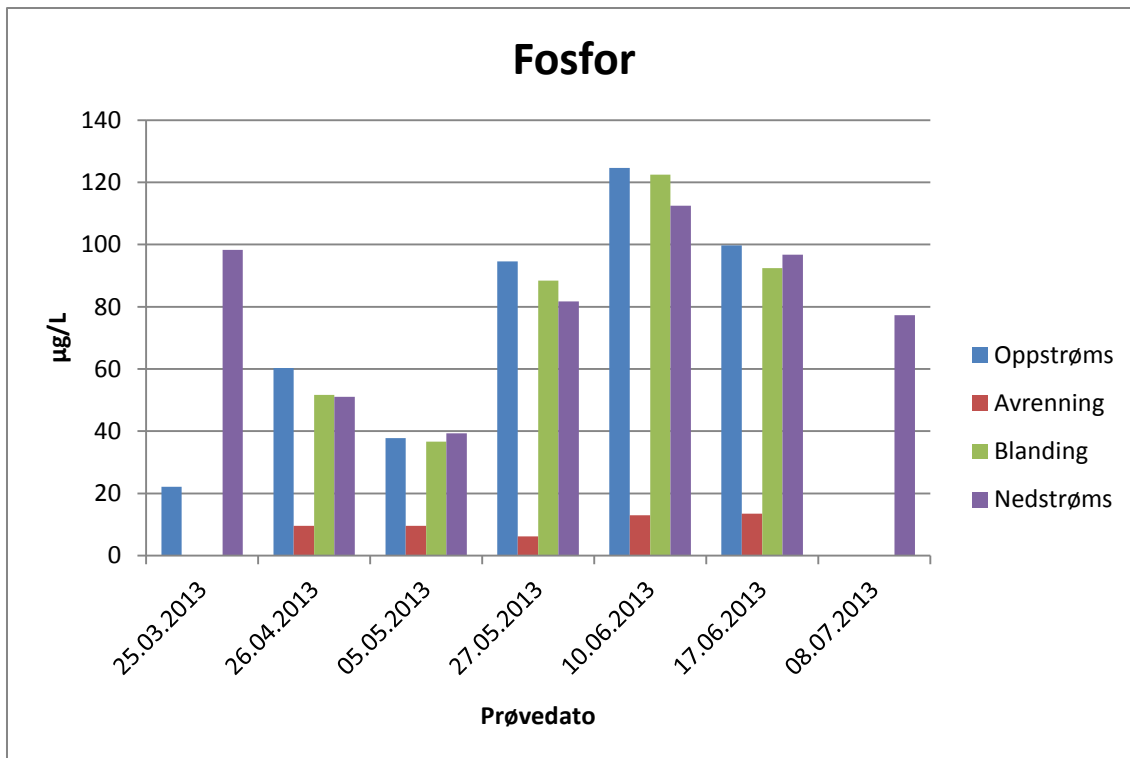
Figur 8-9



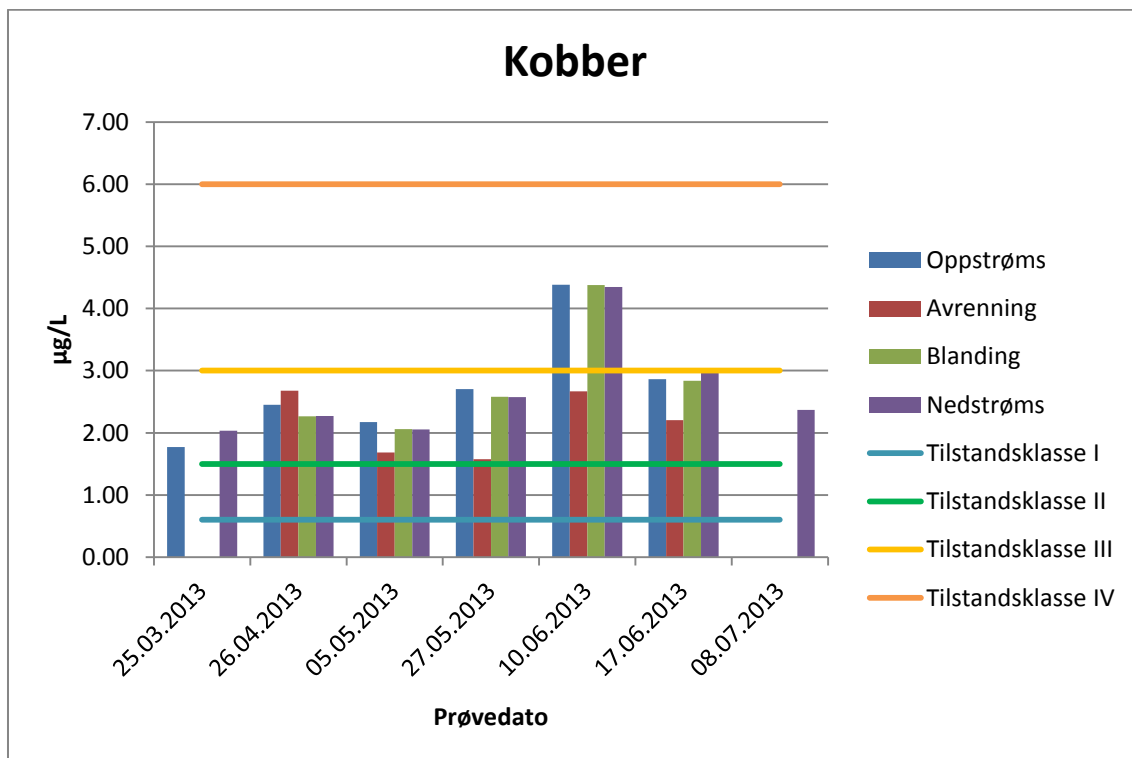
Figur 8-10



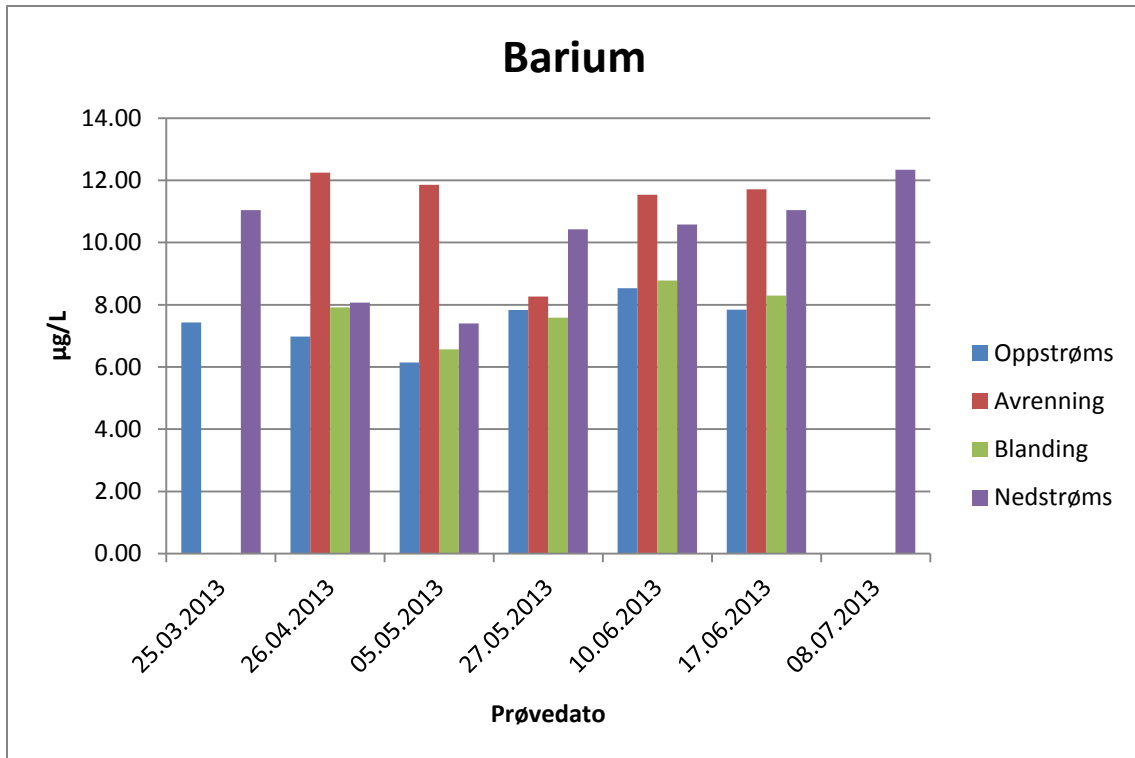
Figur 8-11



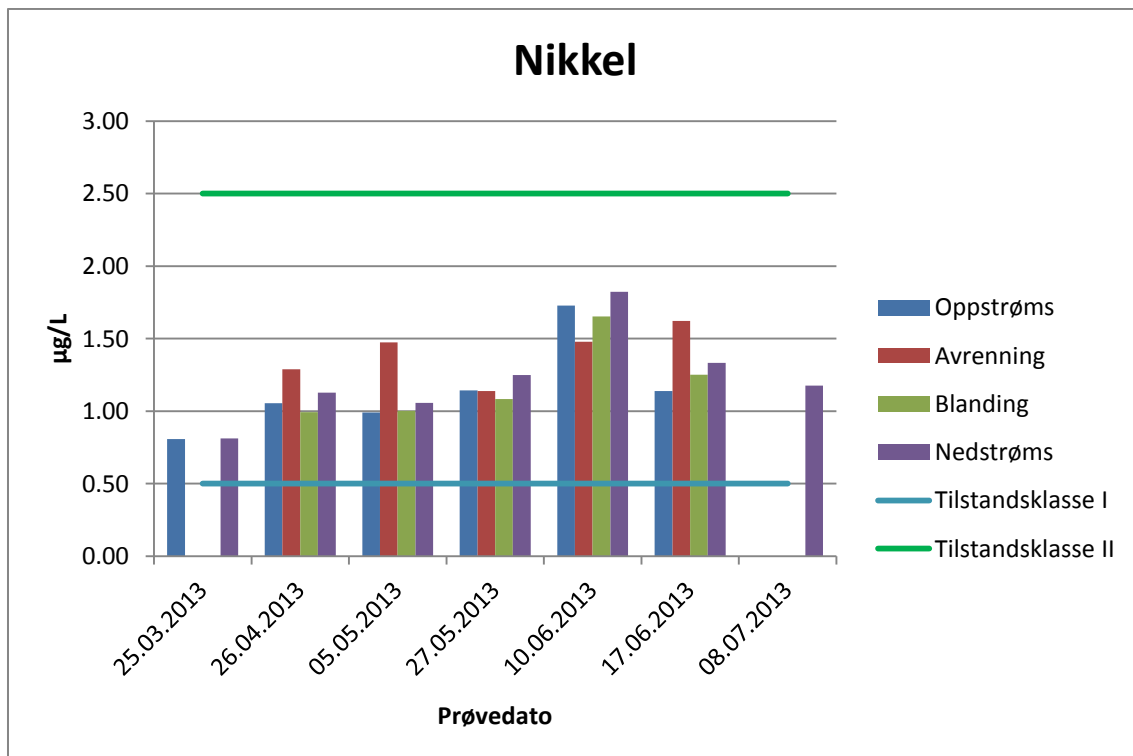
Figur 8-12



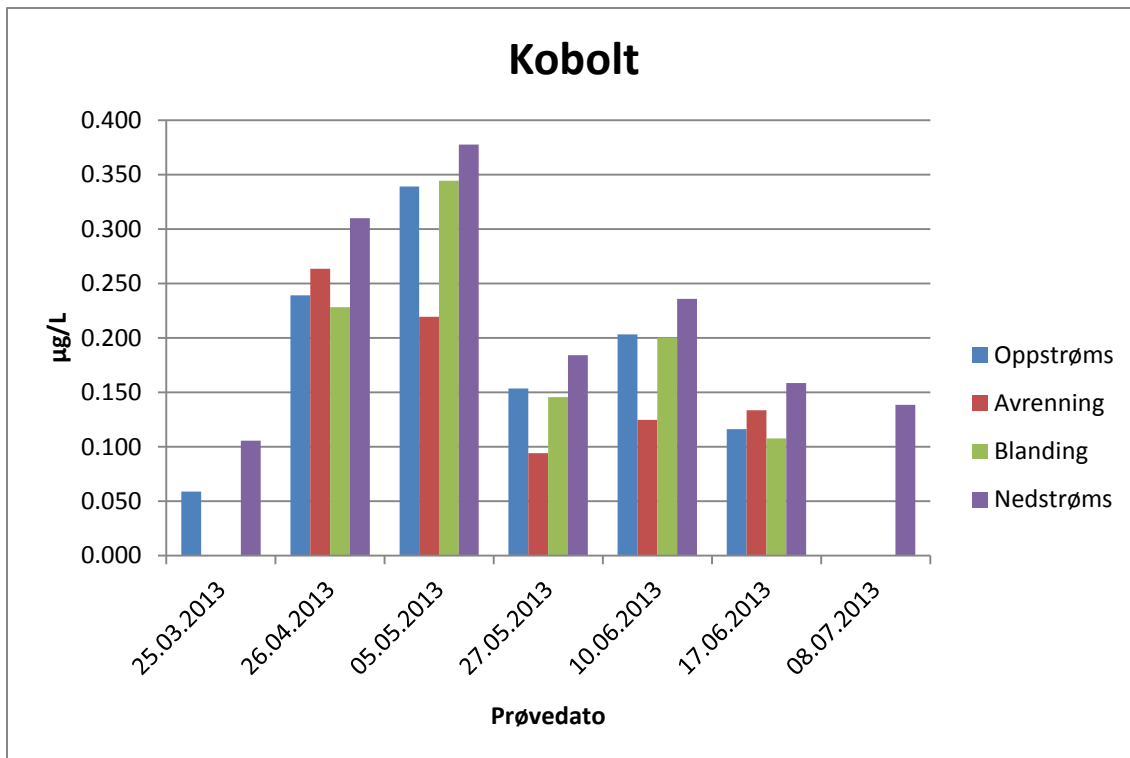
Figur 8-13



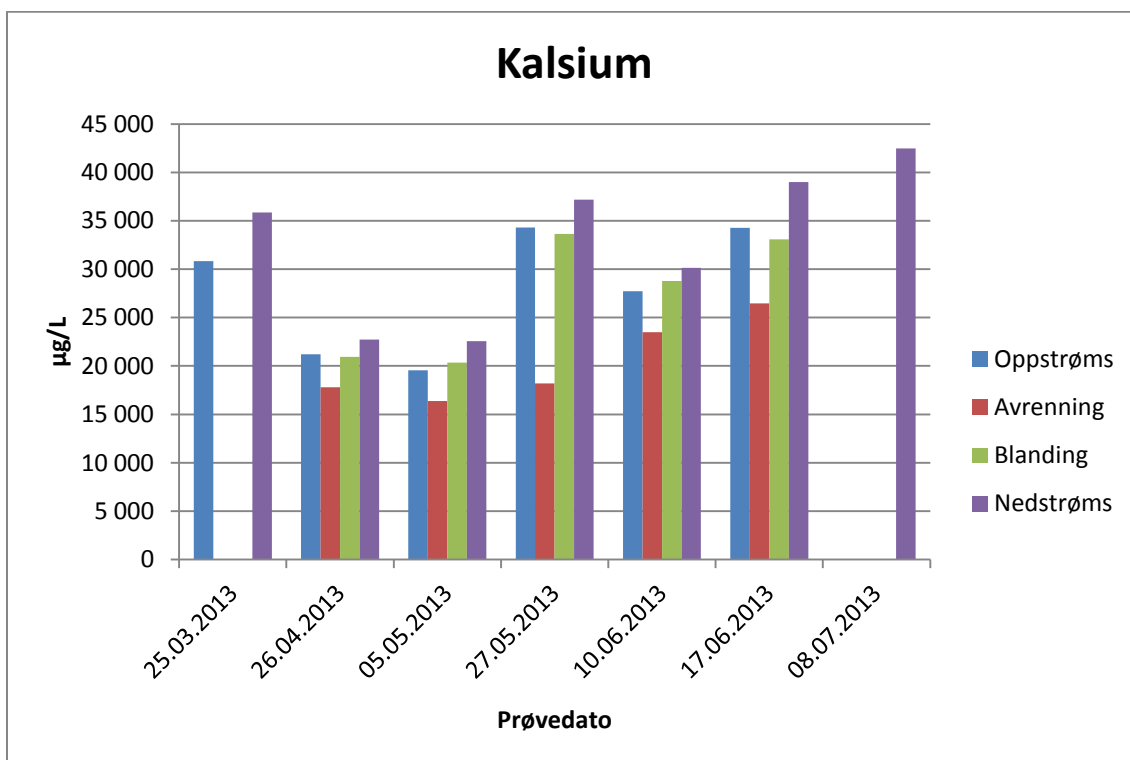
Figur 8-14



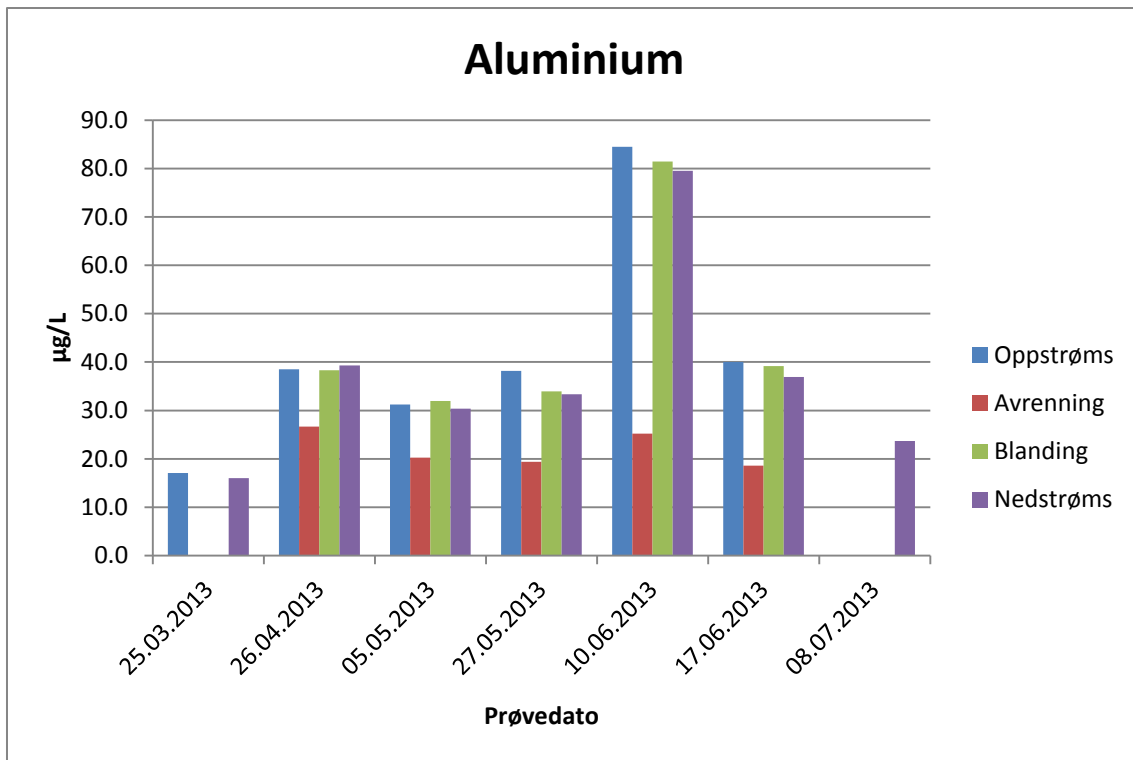
Figur 8-15



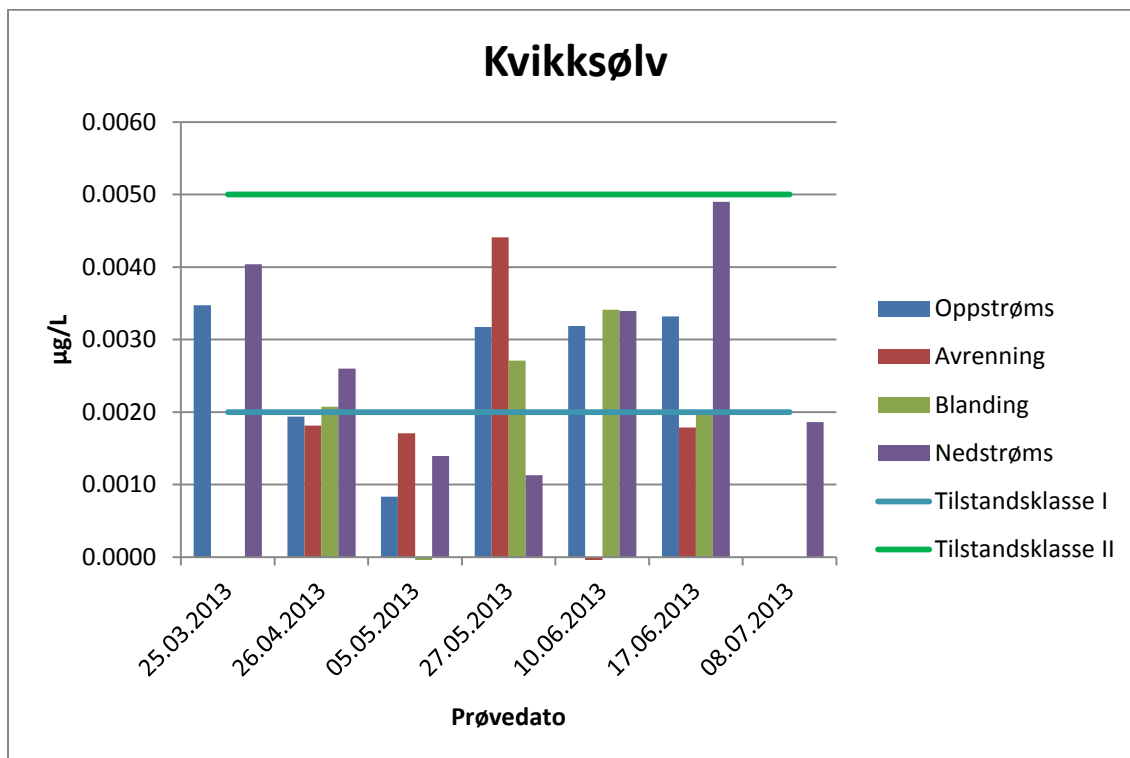
Figur 8-16



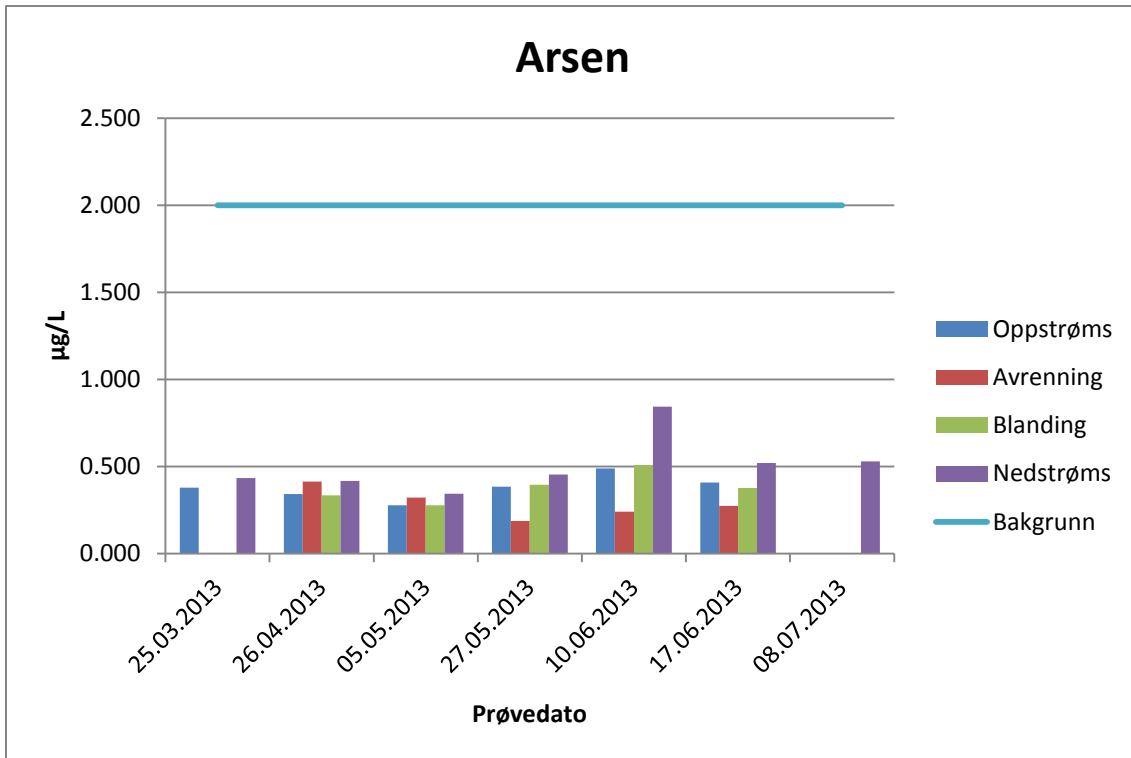
Figur 8-17



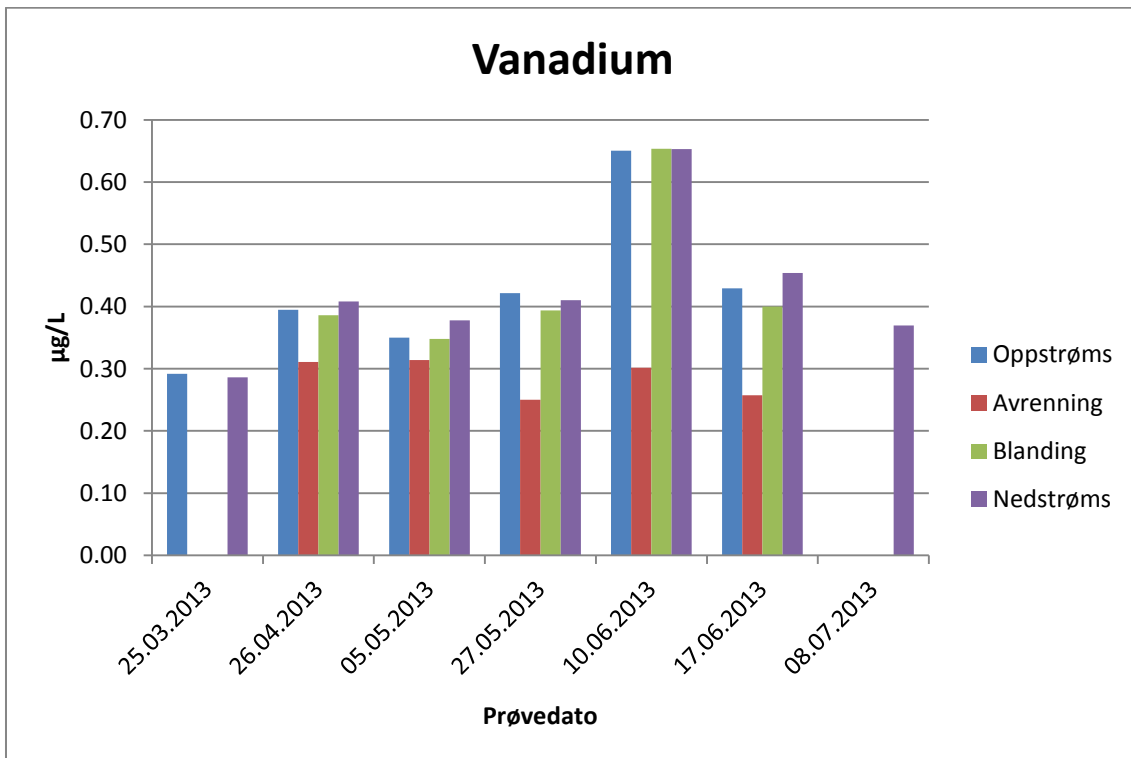
Figur 8-18



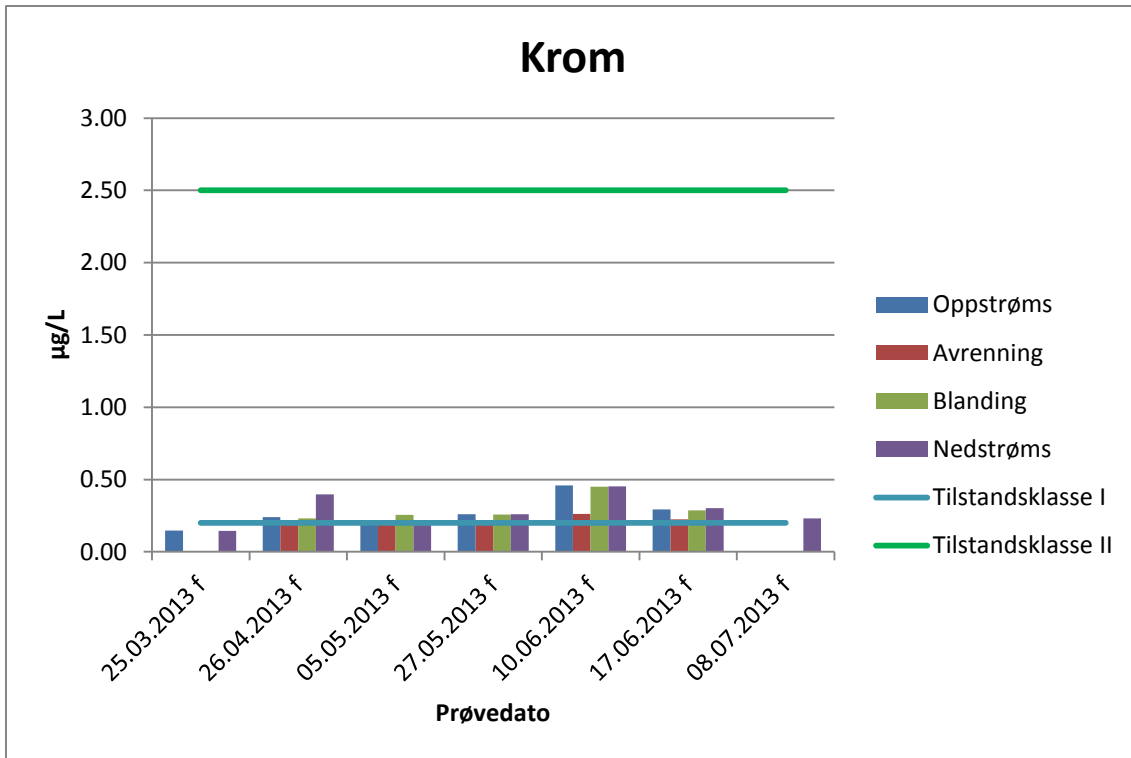
Figur 8-19



Figur 8-20

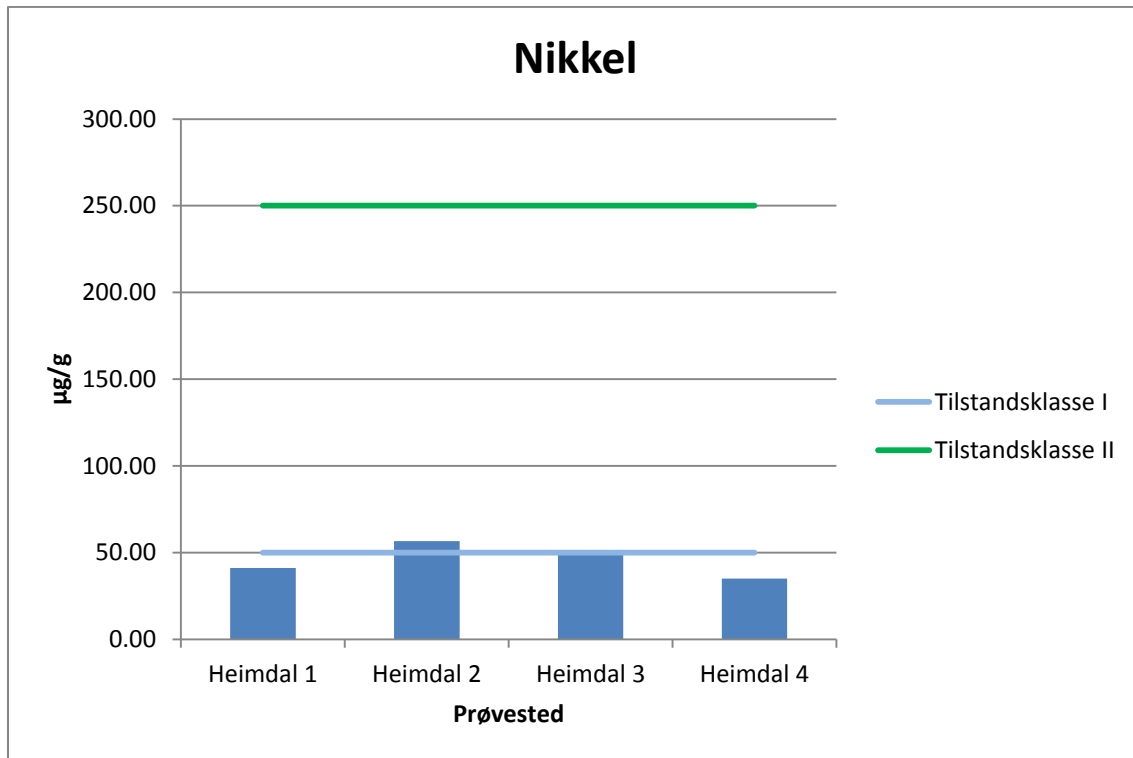


Figur 8-21

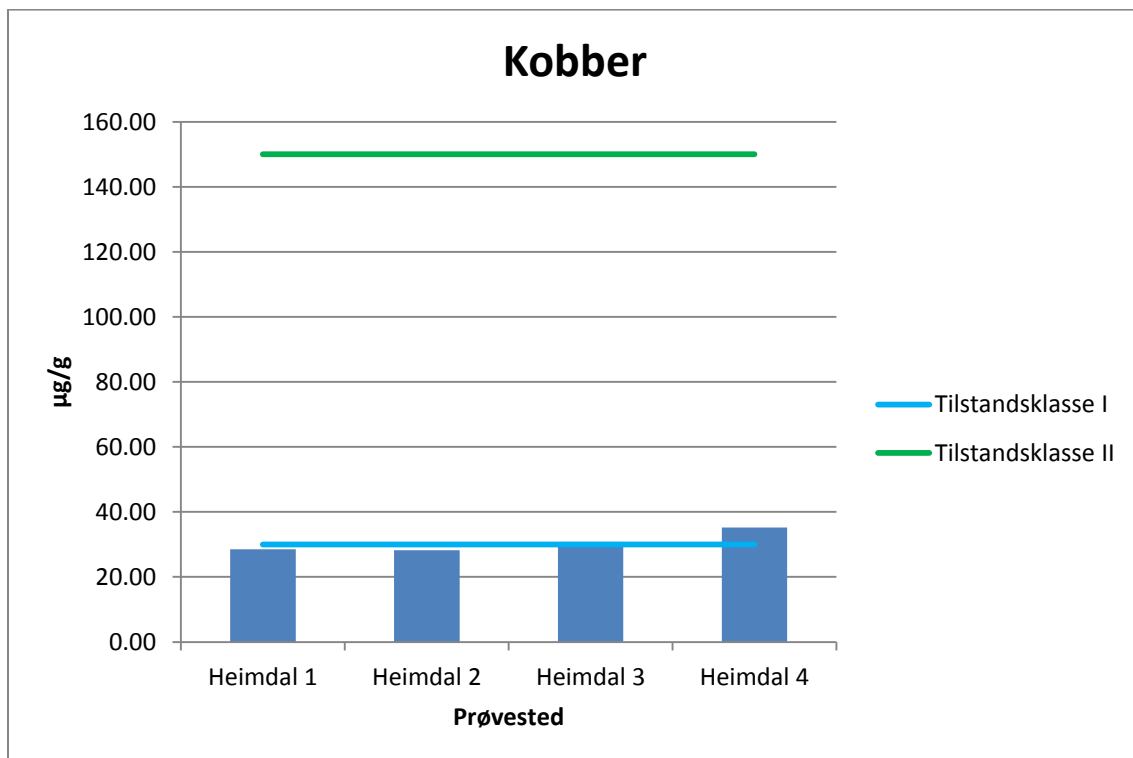


Figur 8-22

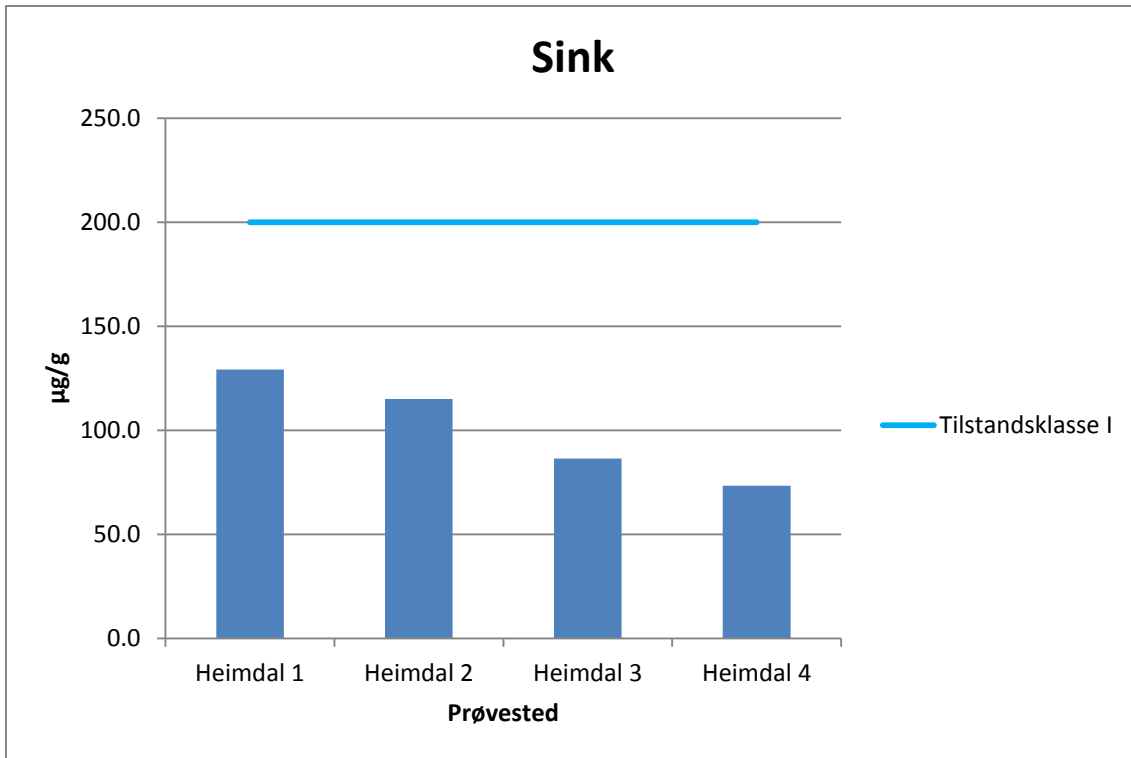
8.2. Jordprøver Heimdal



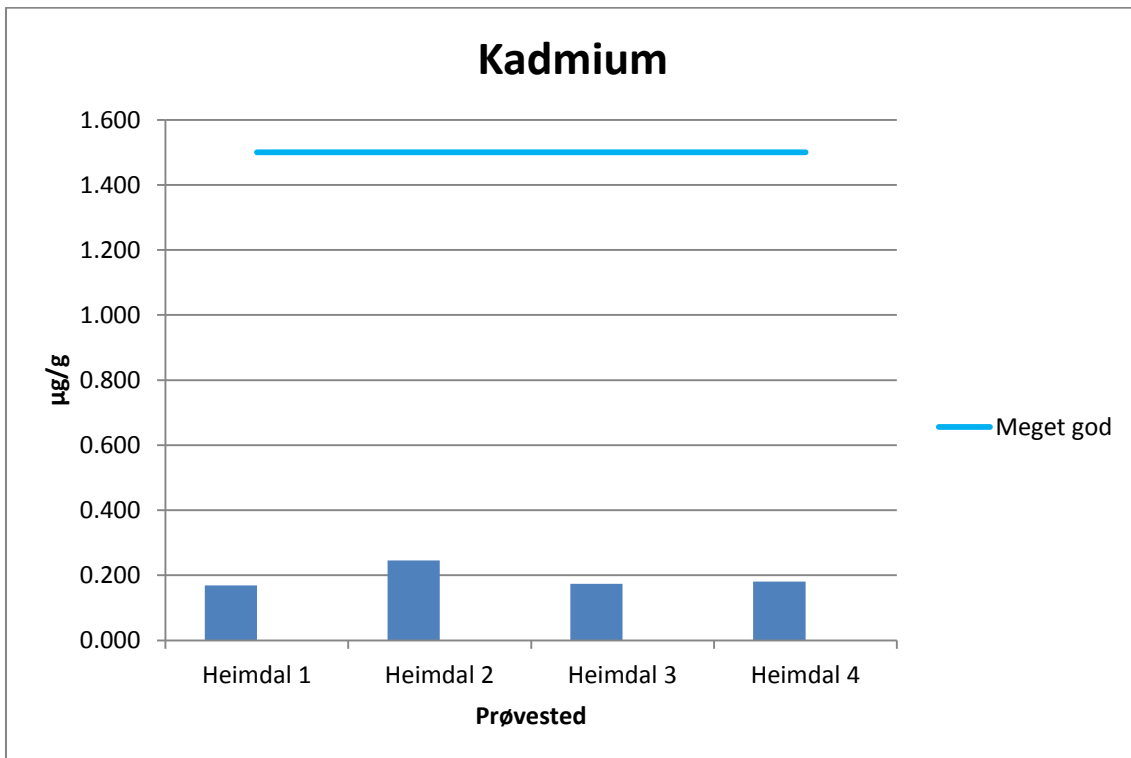
Figur 8-23



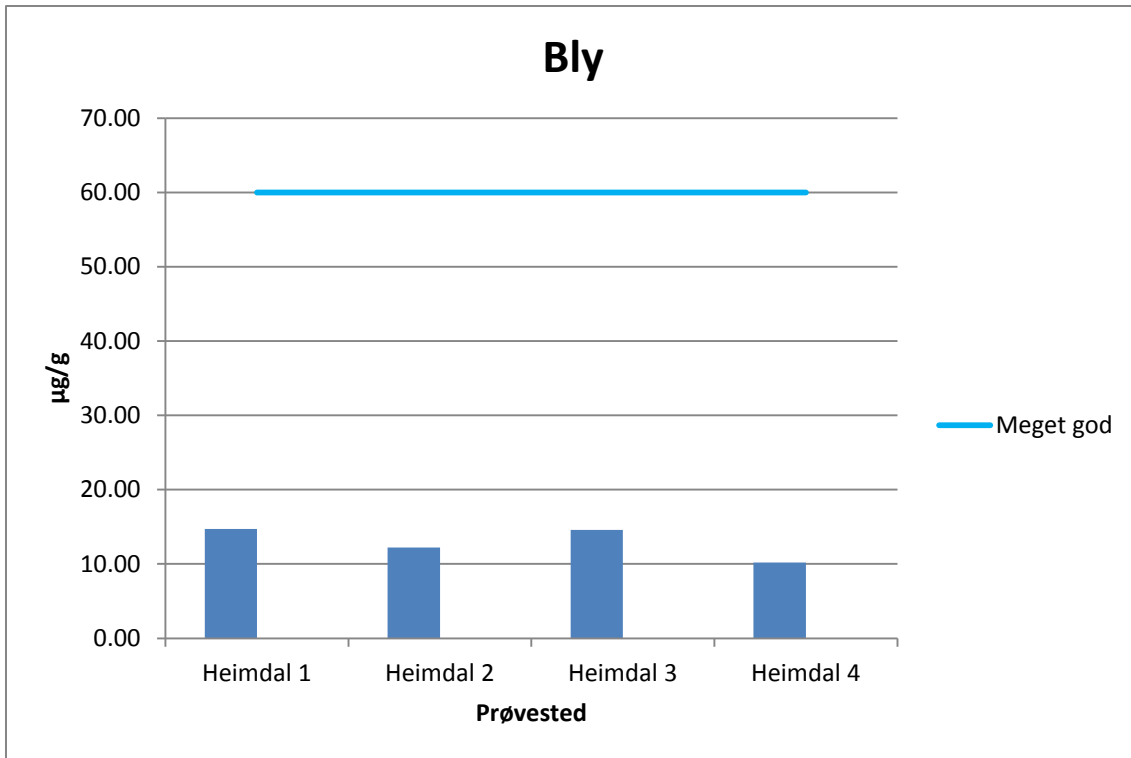
Figur 8-24



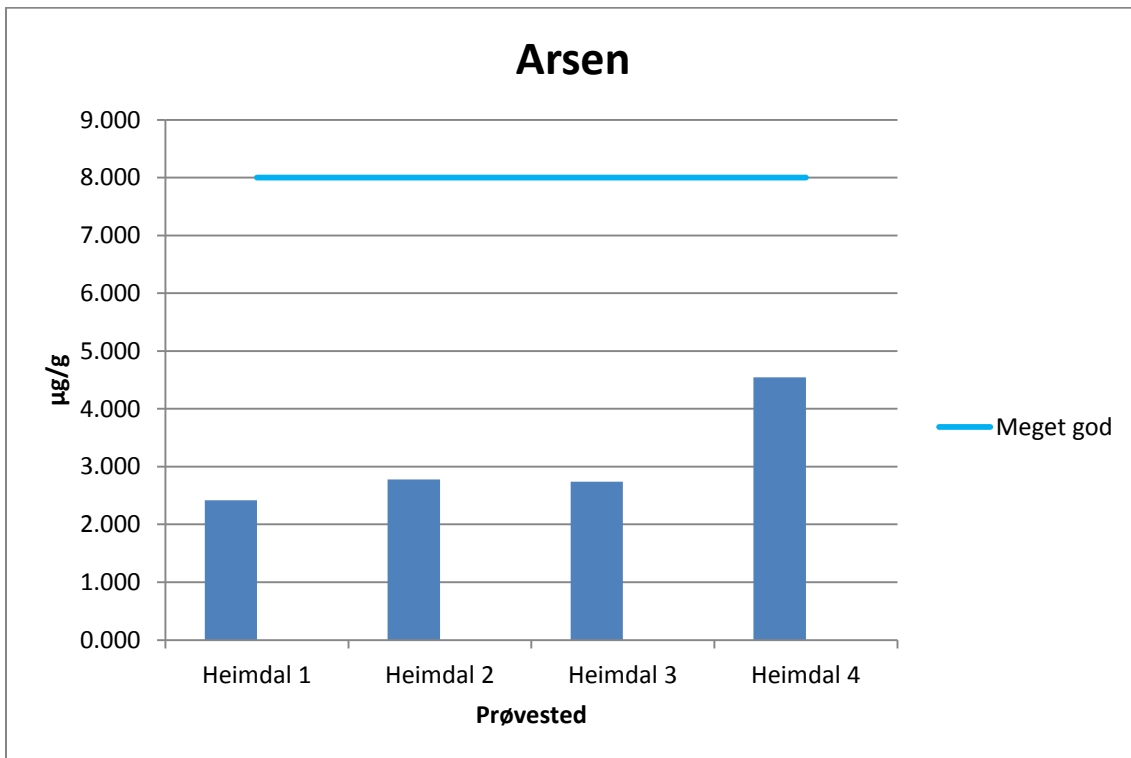
Figur 8-25



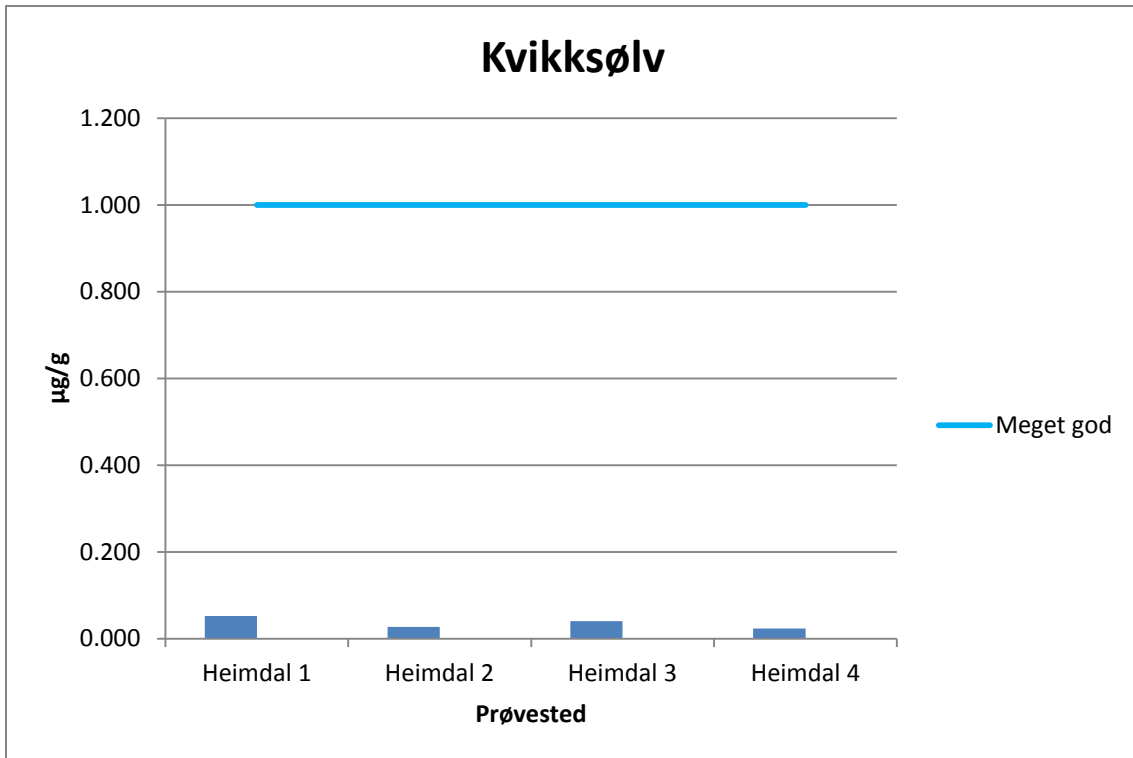
Figur 8-26



Figur 8-27

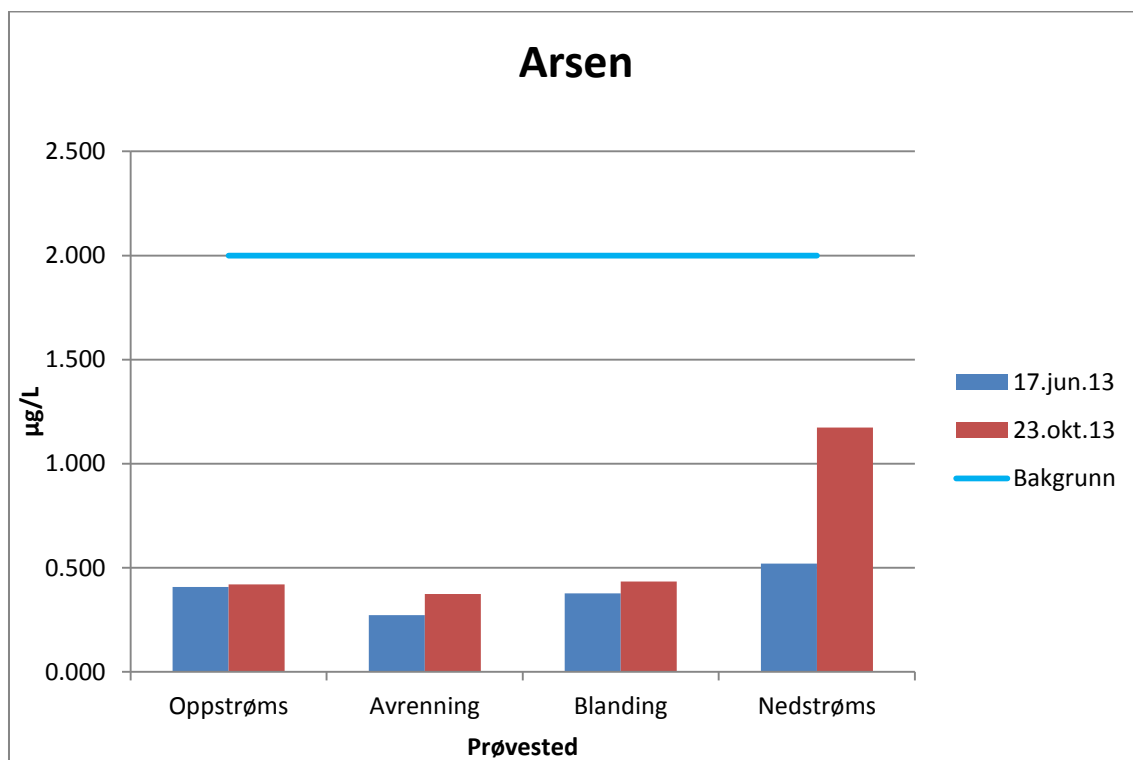


Figur 8-28

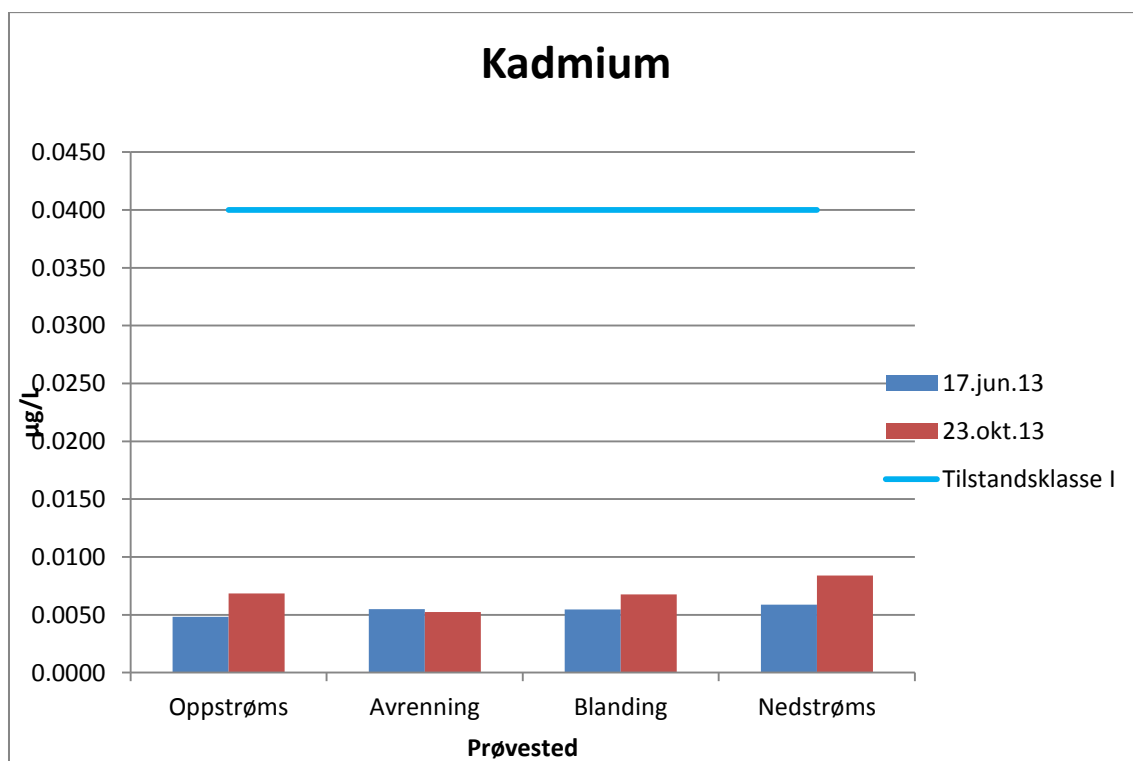


Figur 8-29

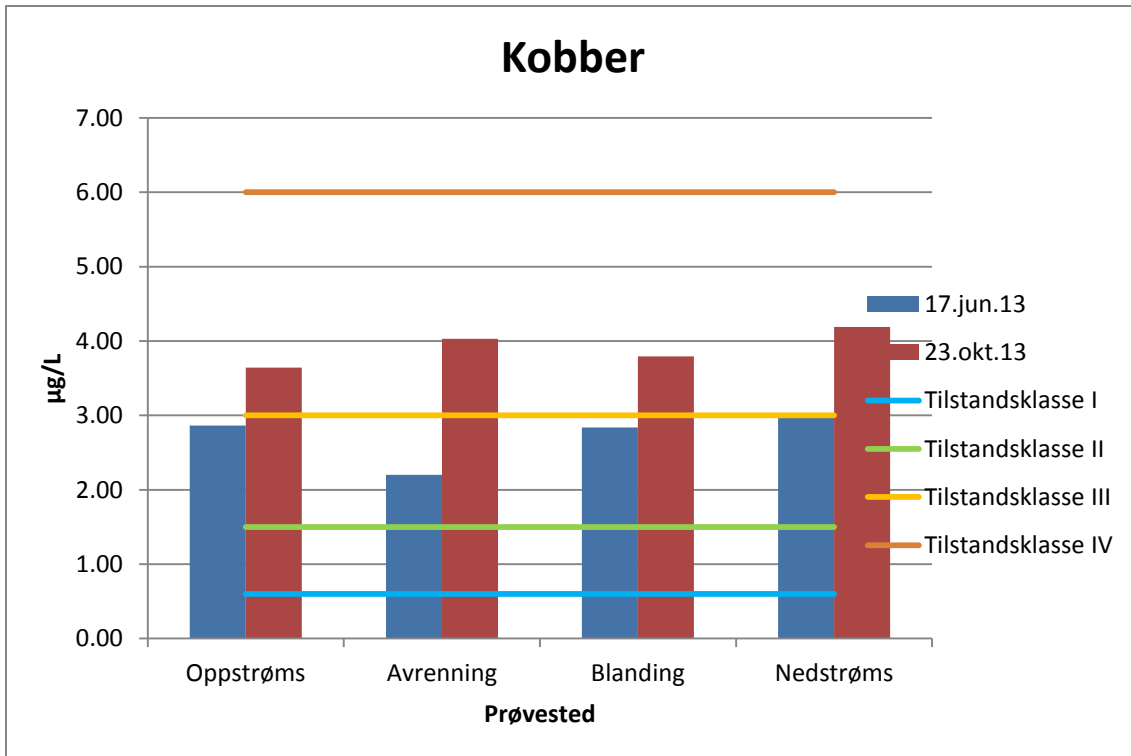
8.3. Prøver høsten 2013



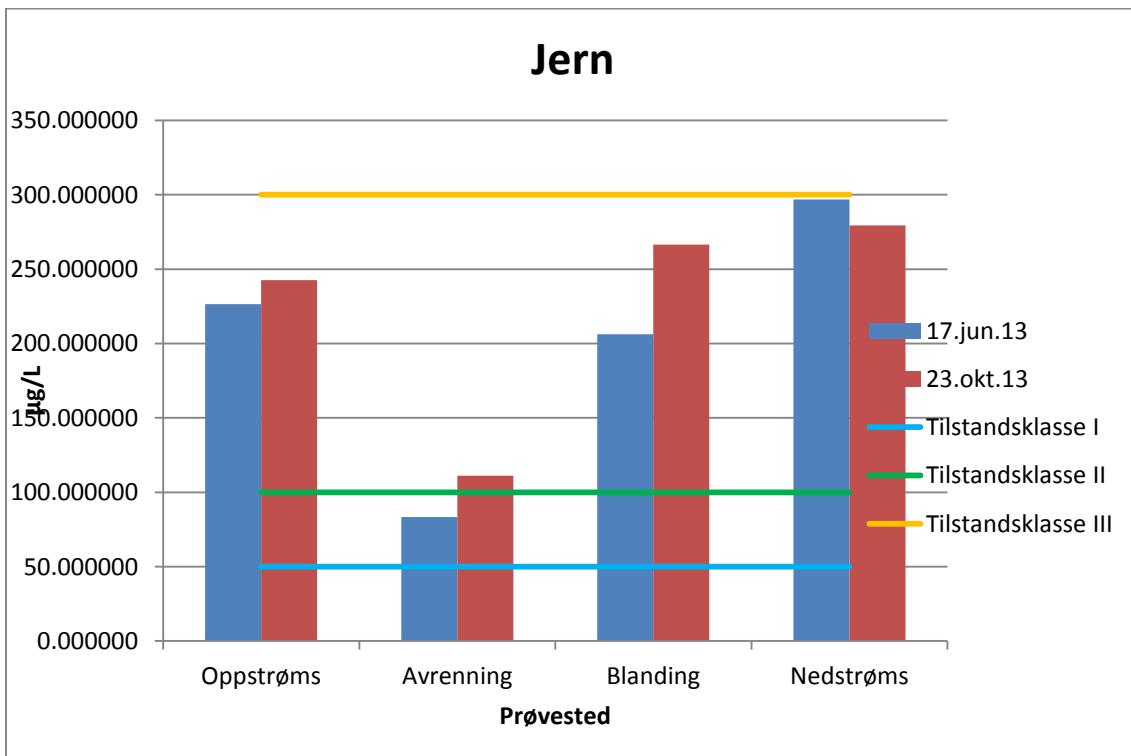
Figur 8-30



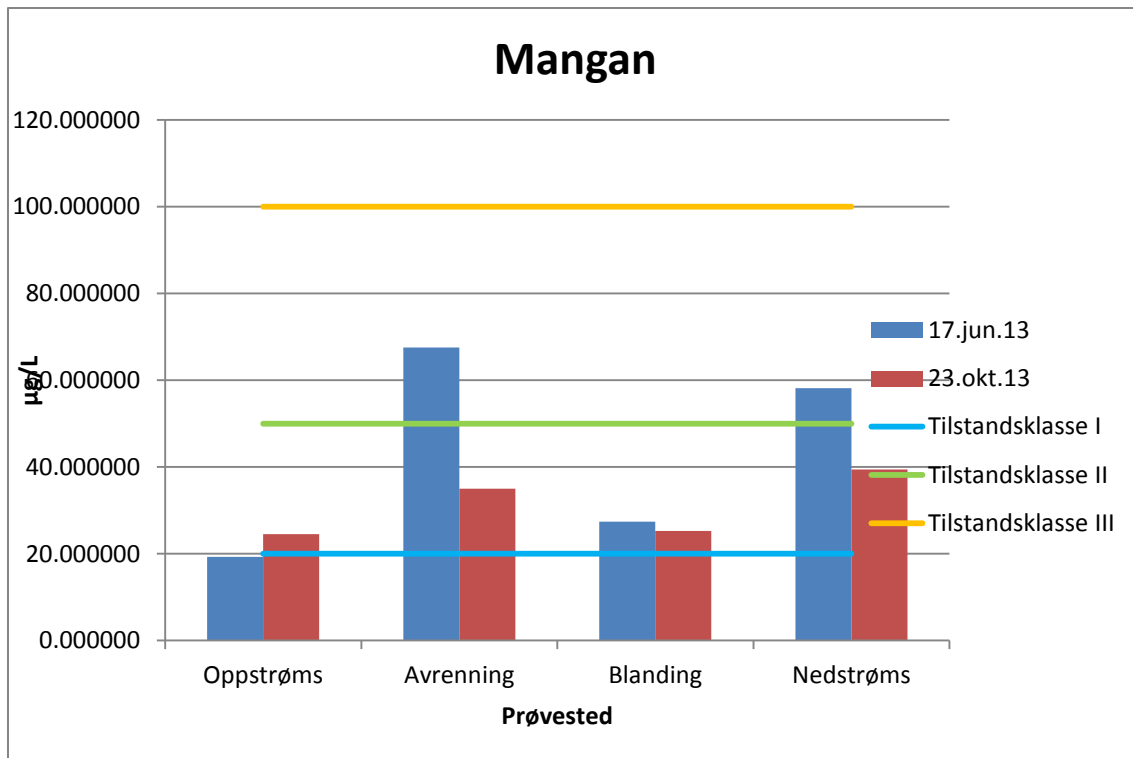
Figur 8-31



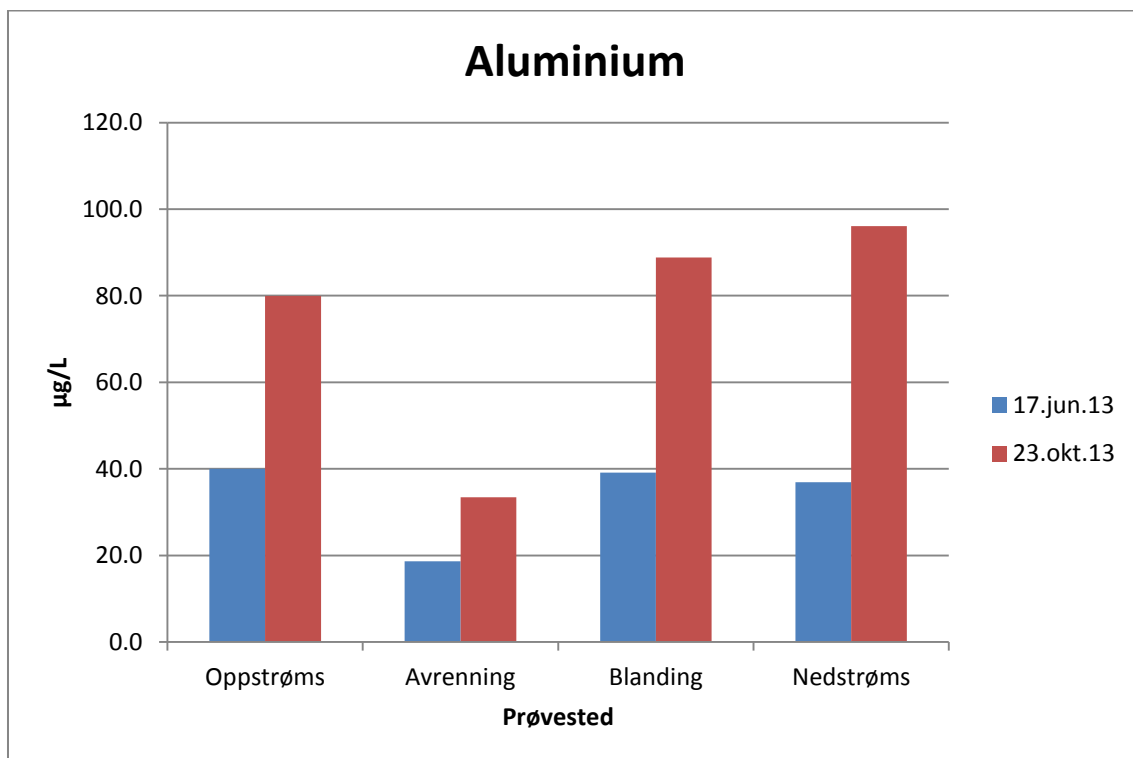
Figur 8-32



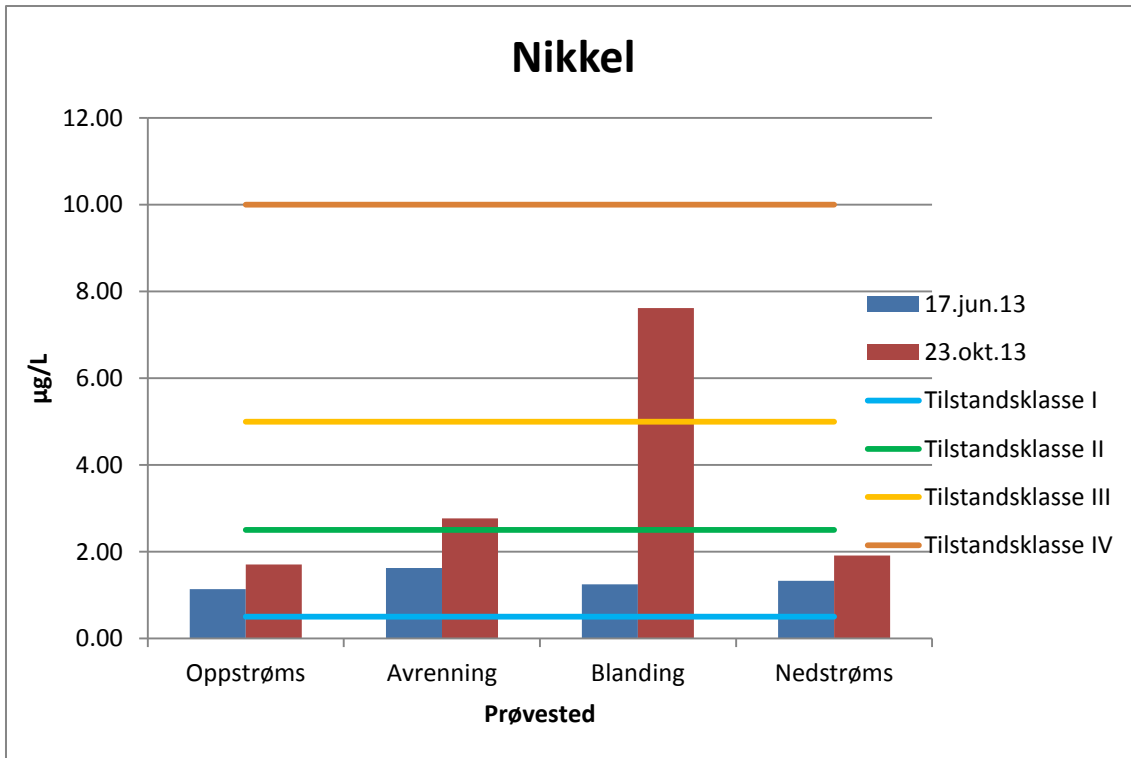
Figur 8-33



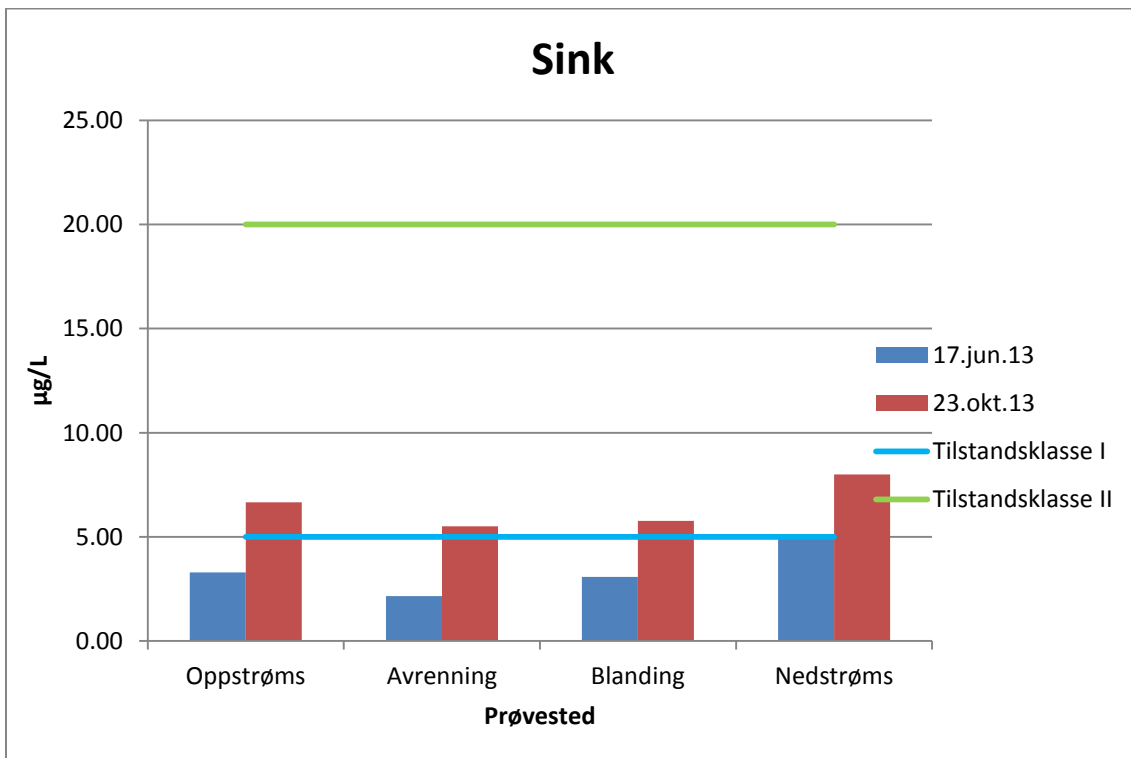
Figur 8-34



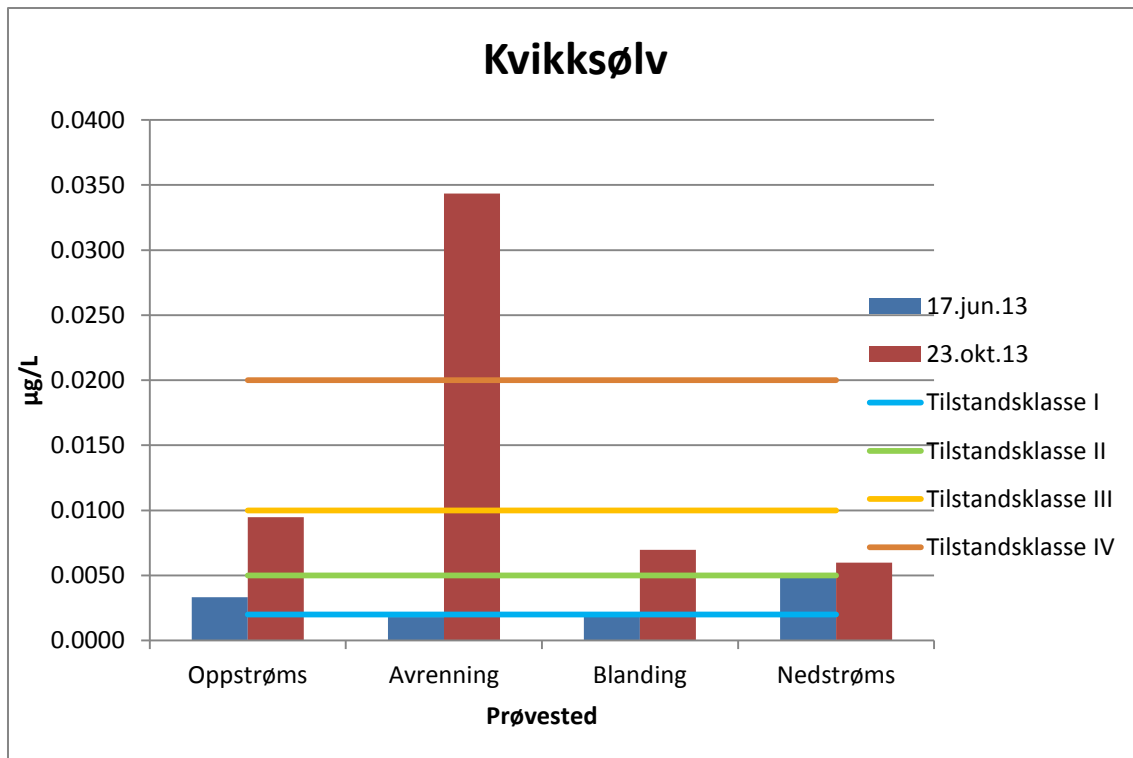
Figur 8-35



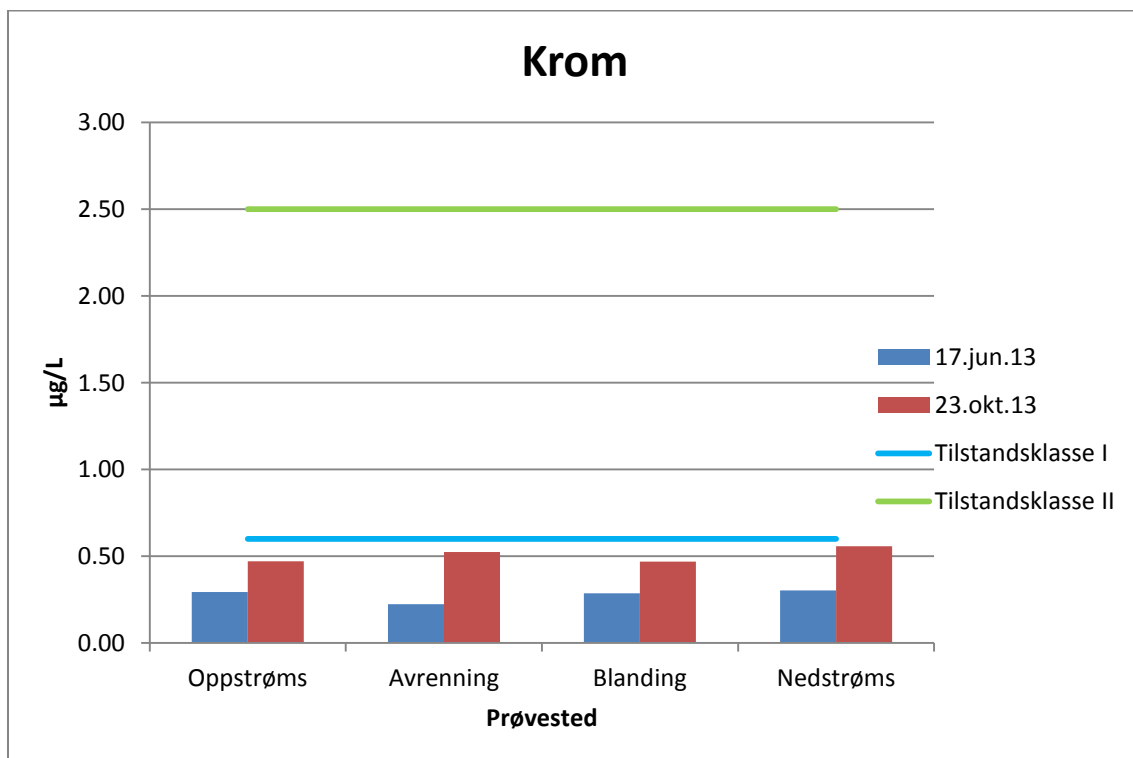
Figur 8-36



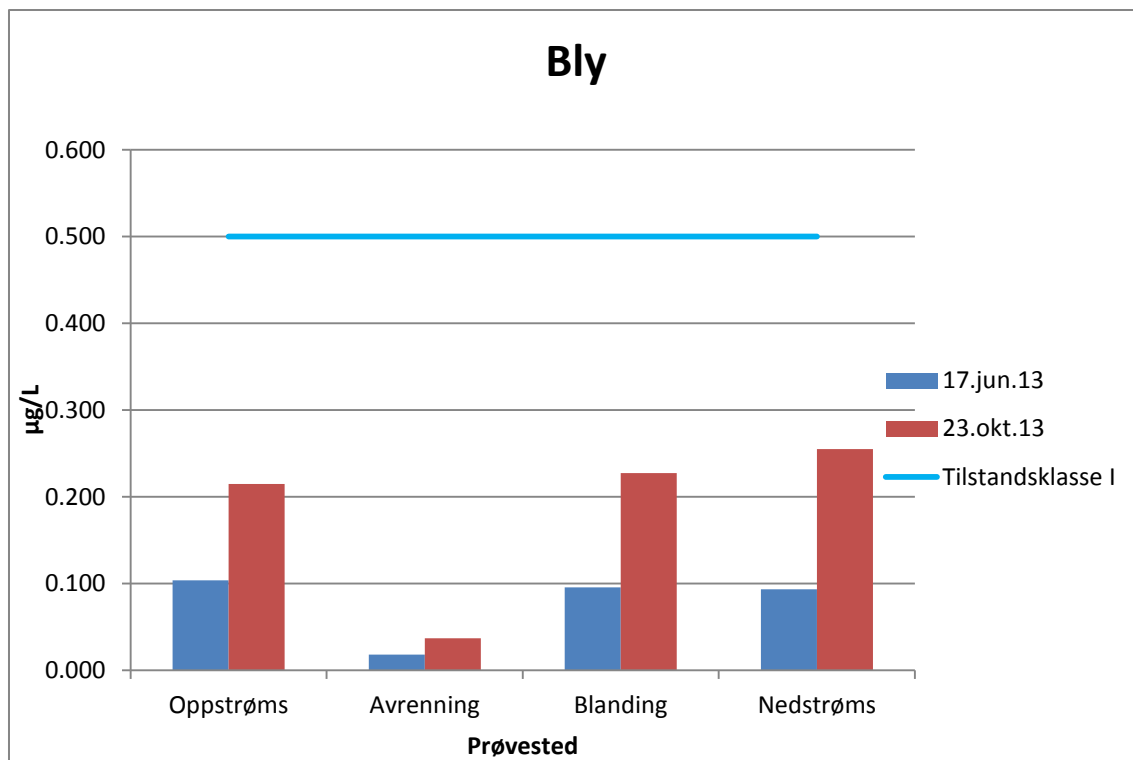
Figur 8-37



Figur 8-38



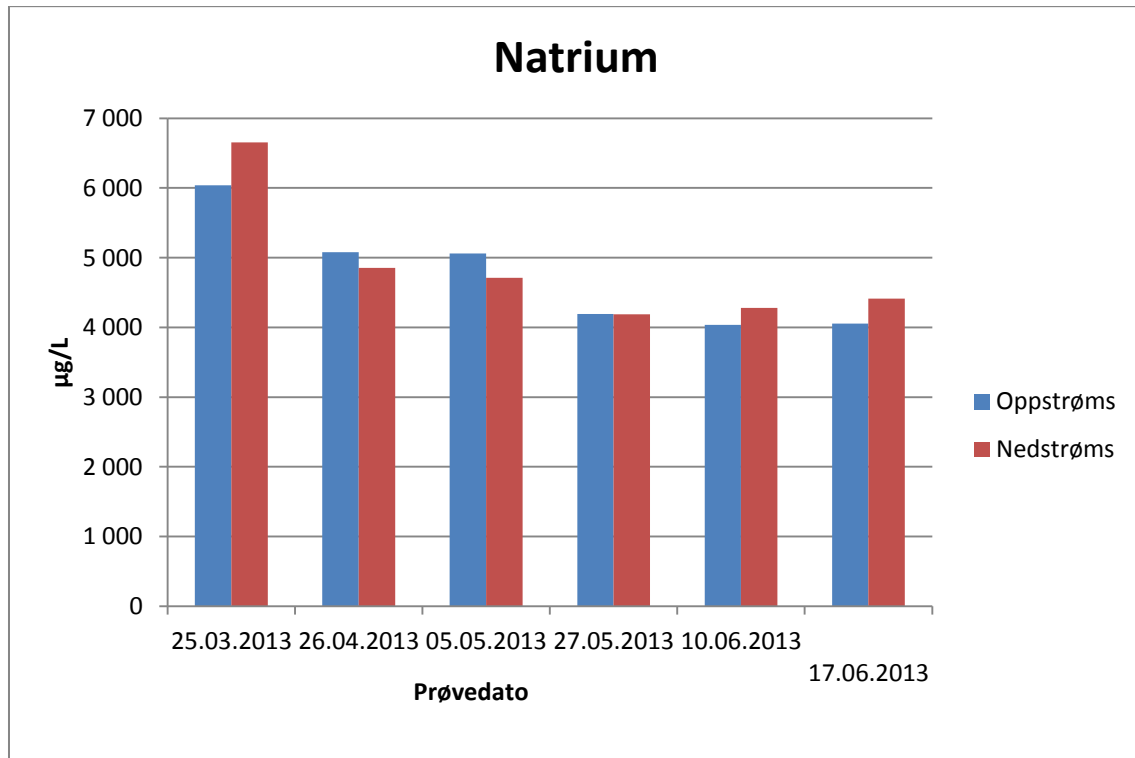
Figur 8-39



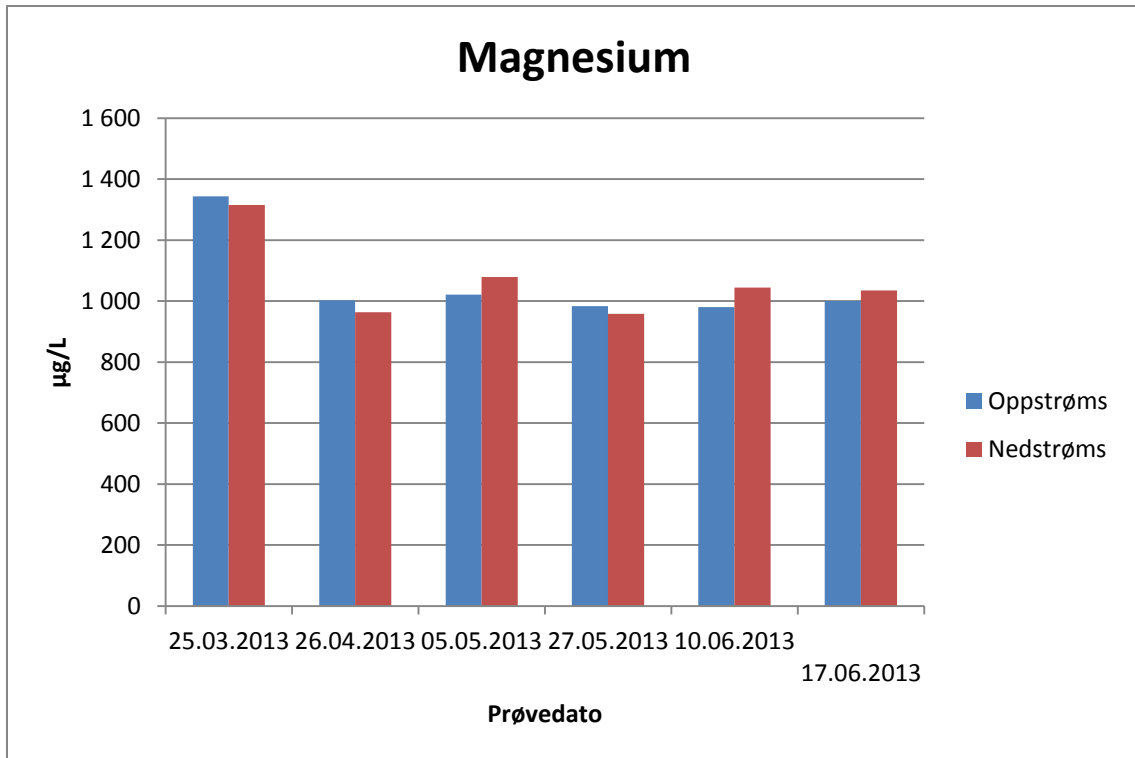
Figur 8-40

9. Vedlegg B: Byåsen

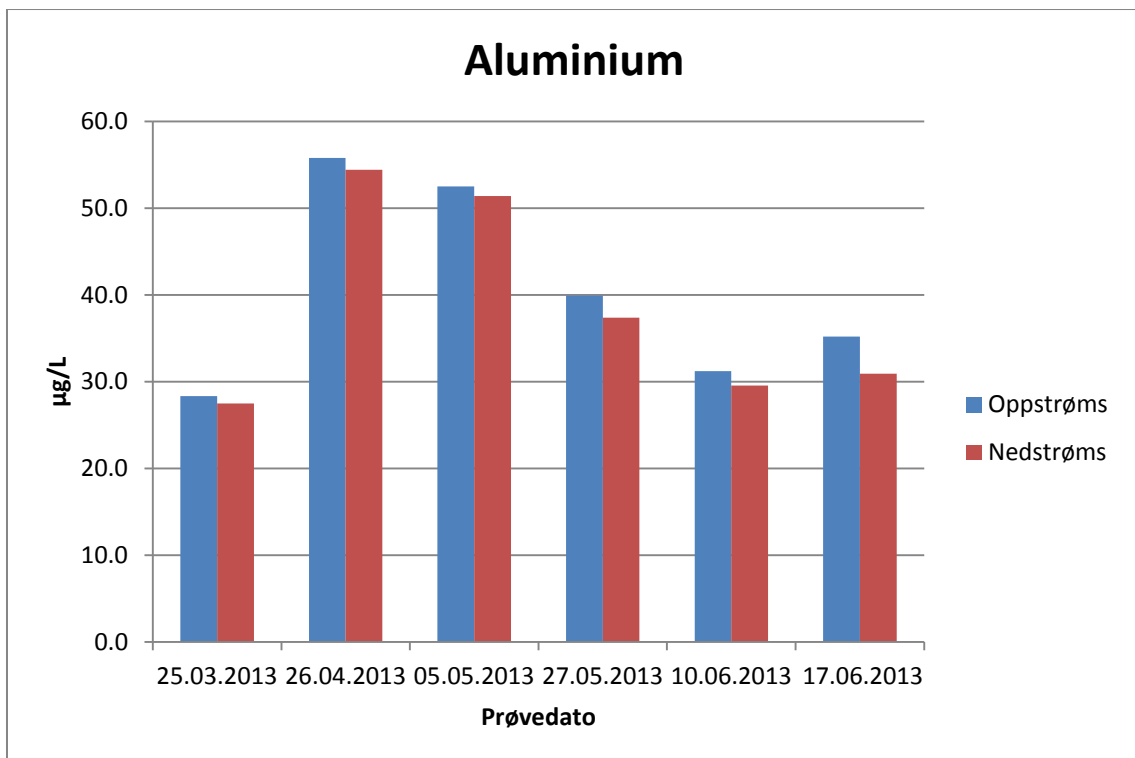
9.1. Filtrerte vannprøver Byåsen



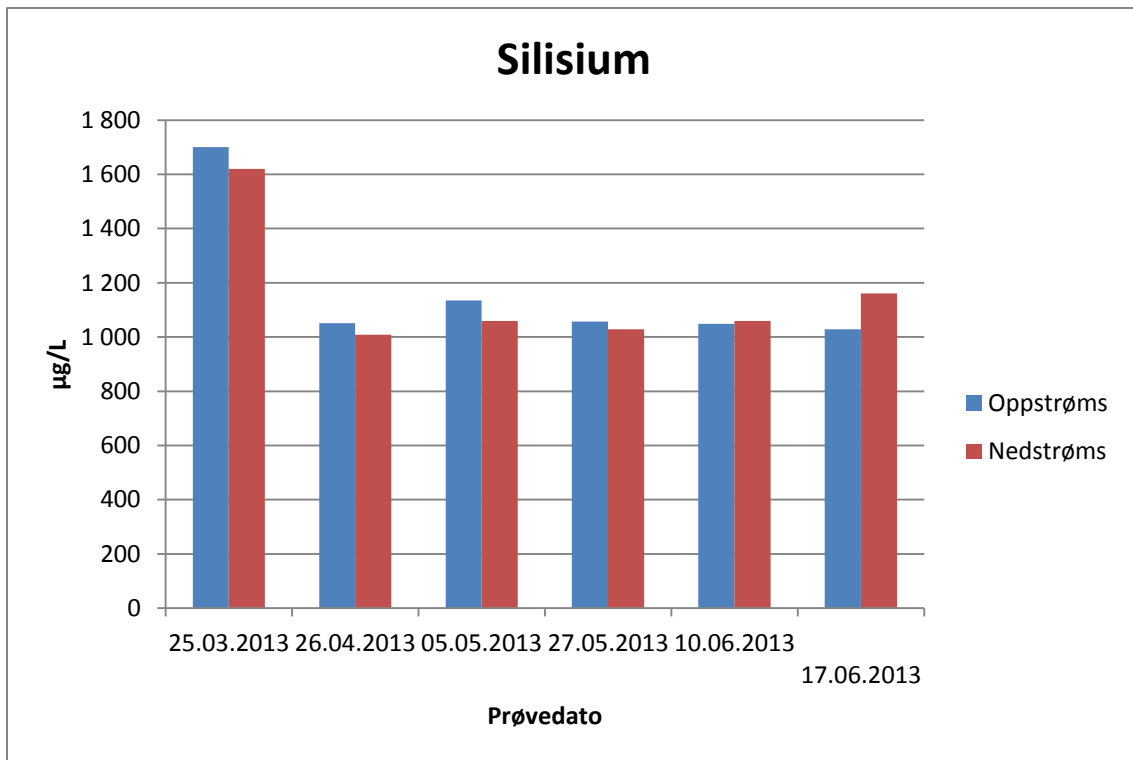
Figur 0-1



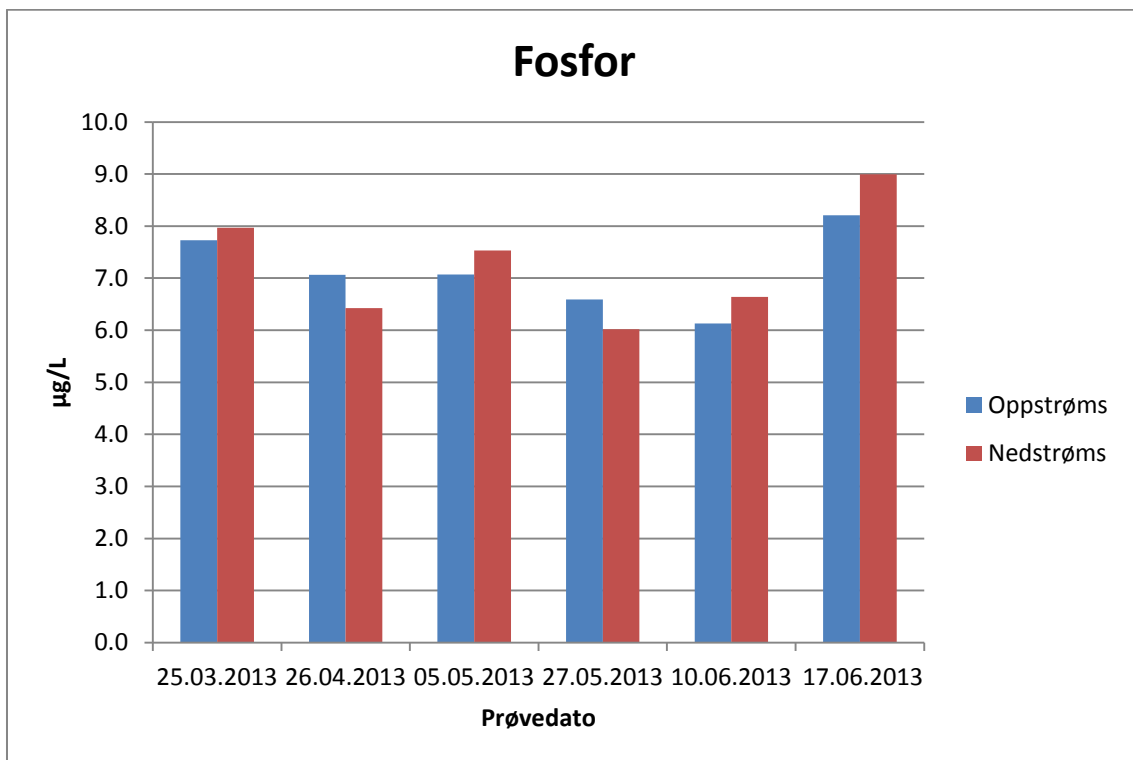
Figur 0-2



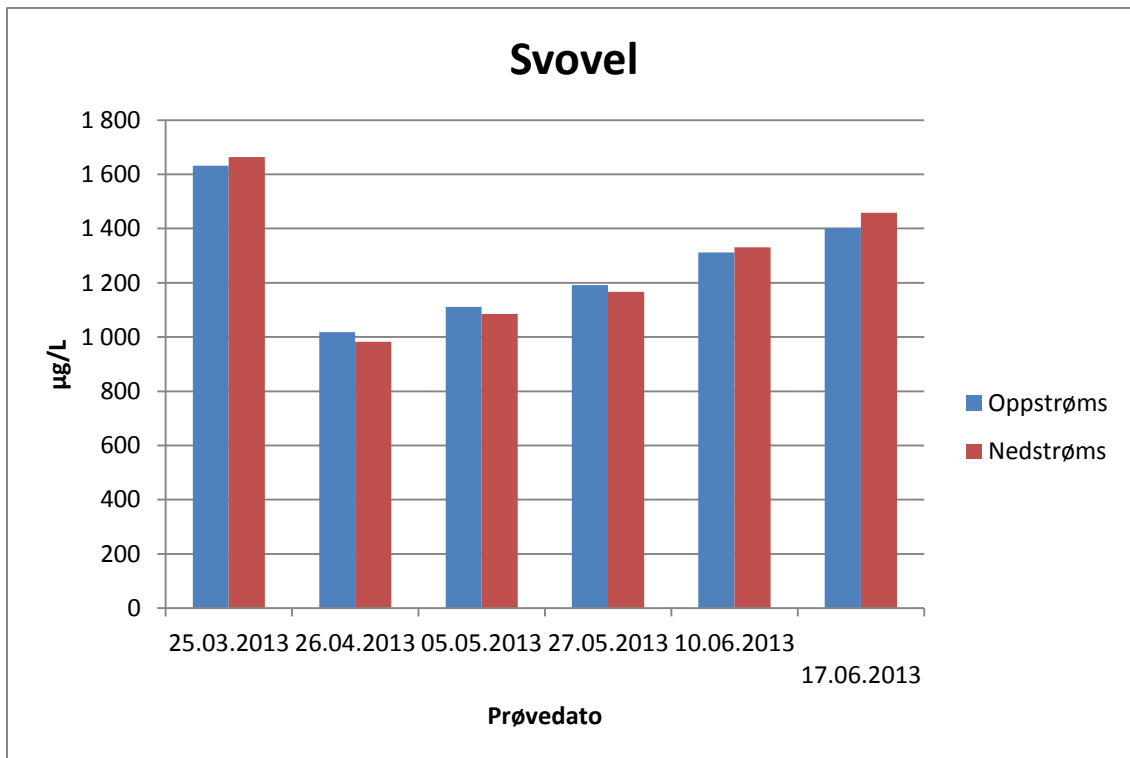
Figur 0-3



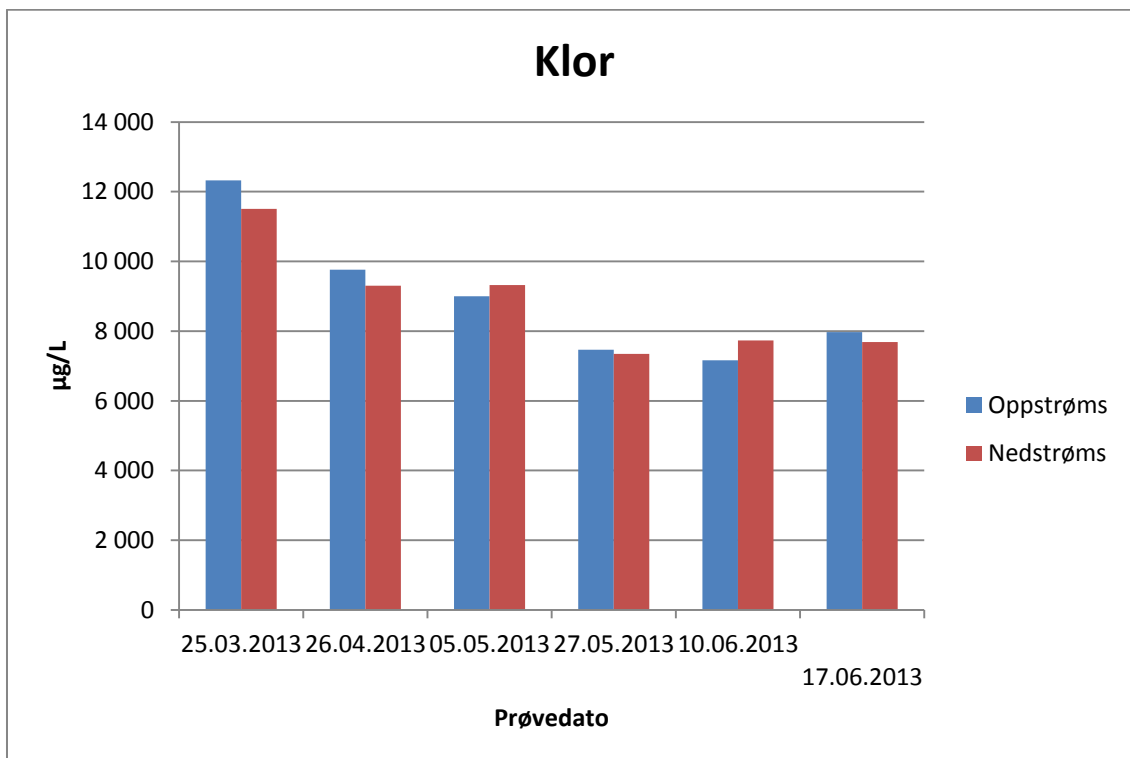
Figur 0-4



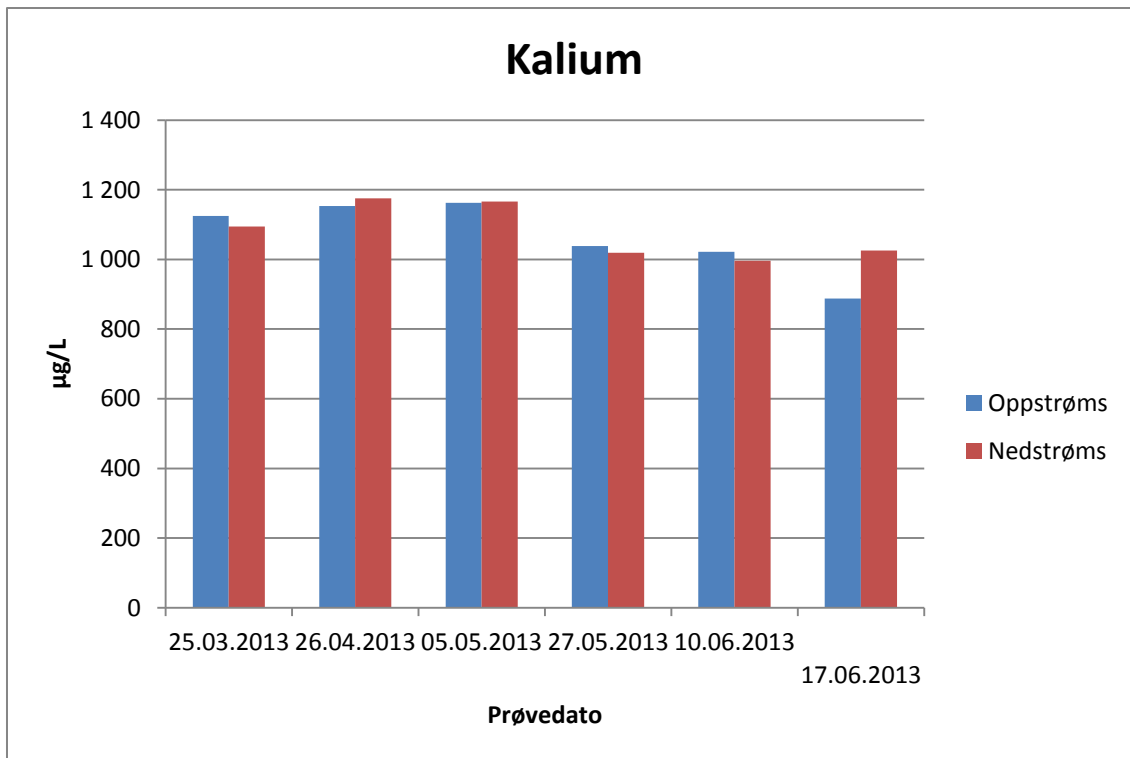
Figur 0-5



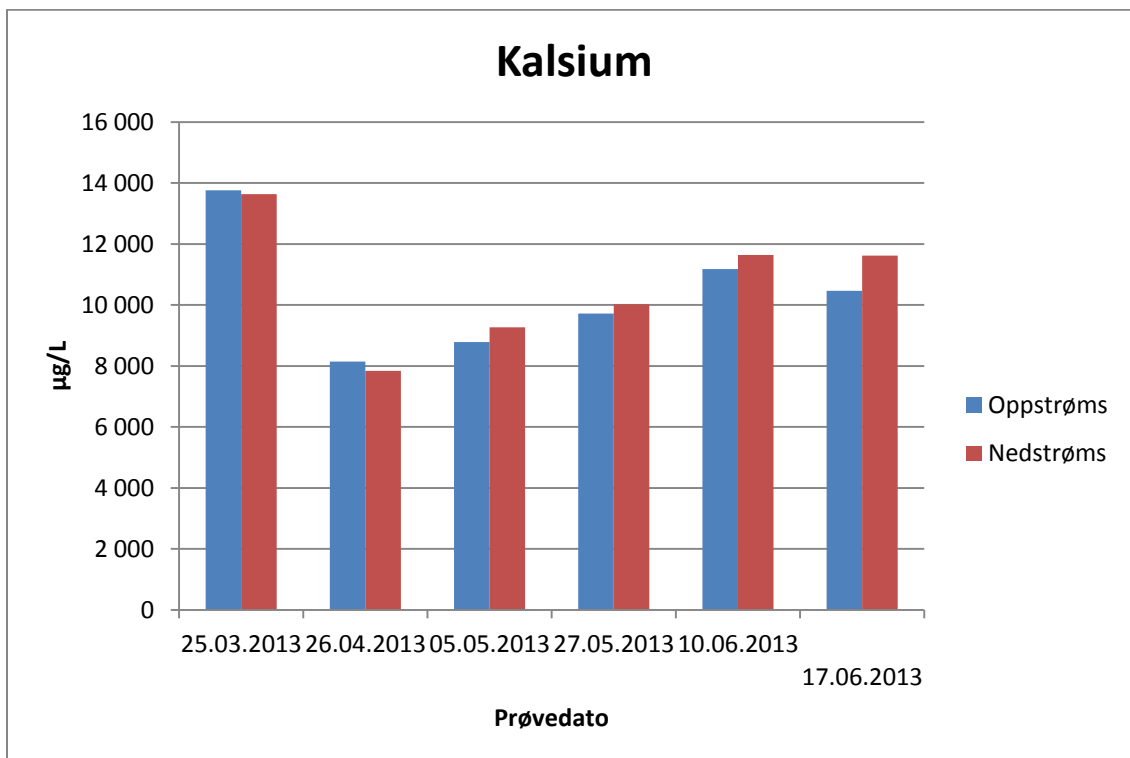
Figur 0-6



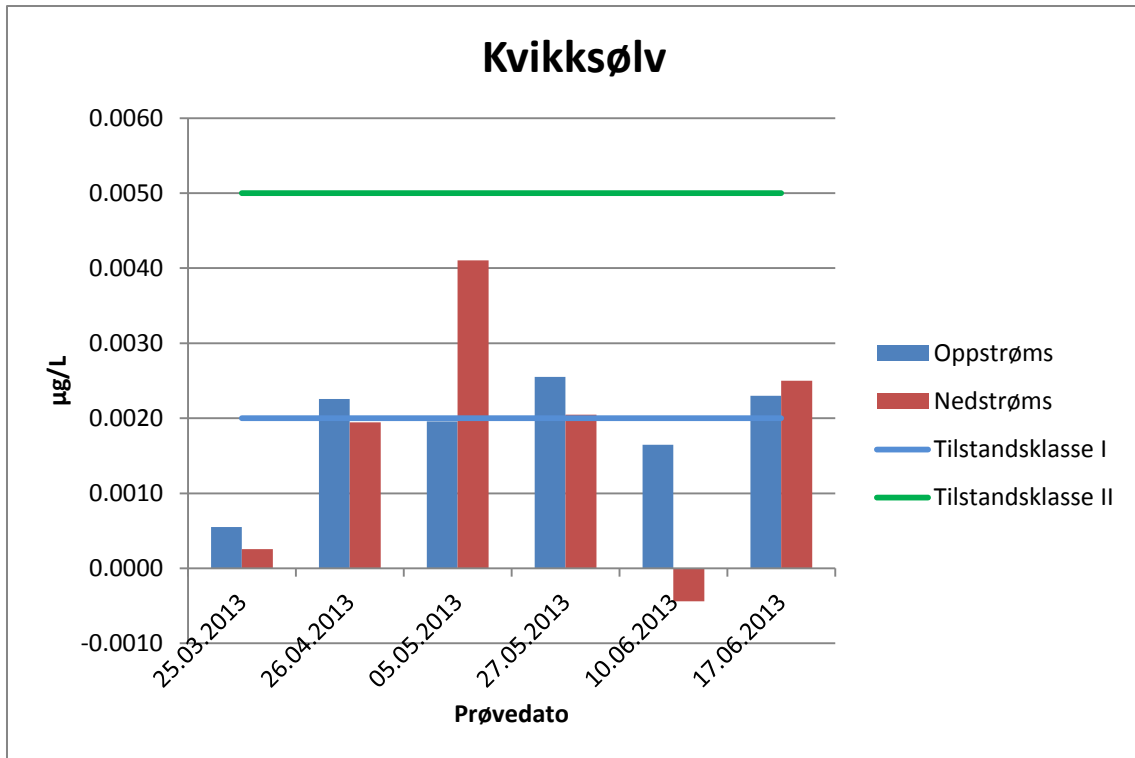
Figur 0-7



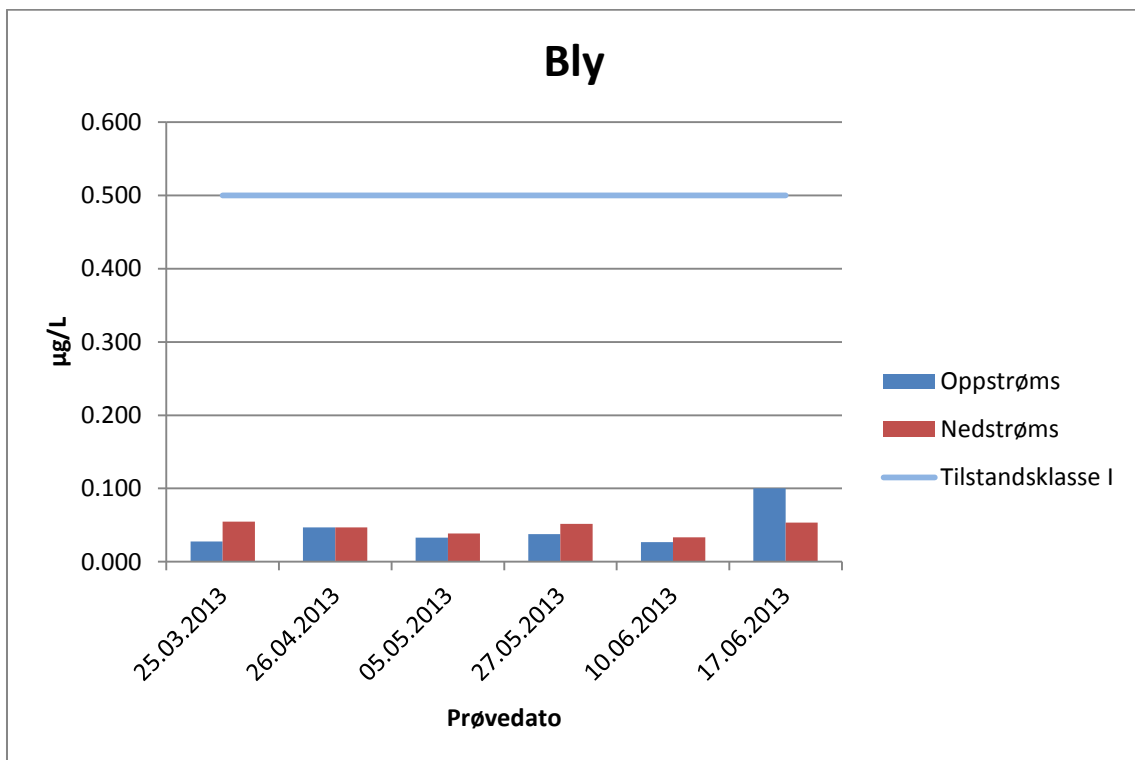
Figur 0-8



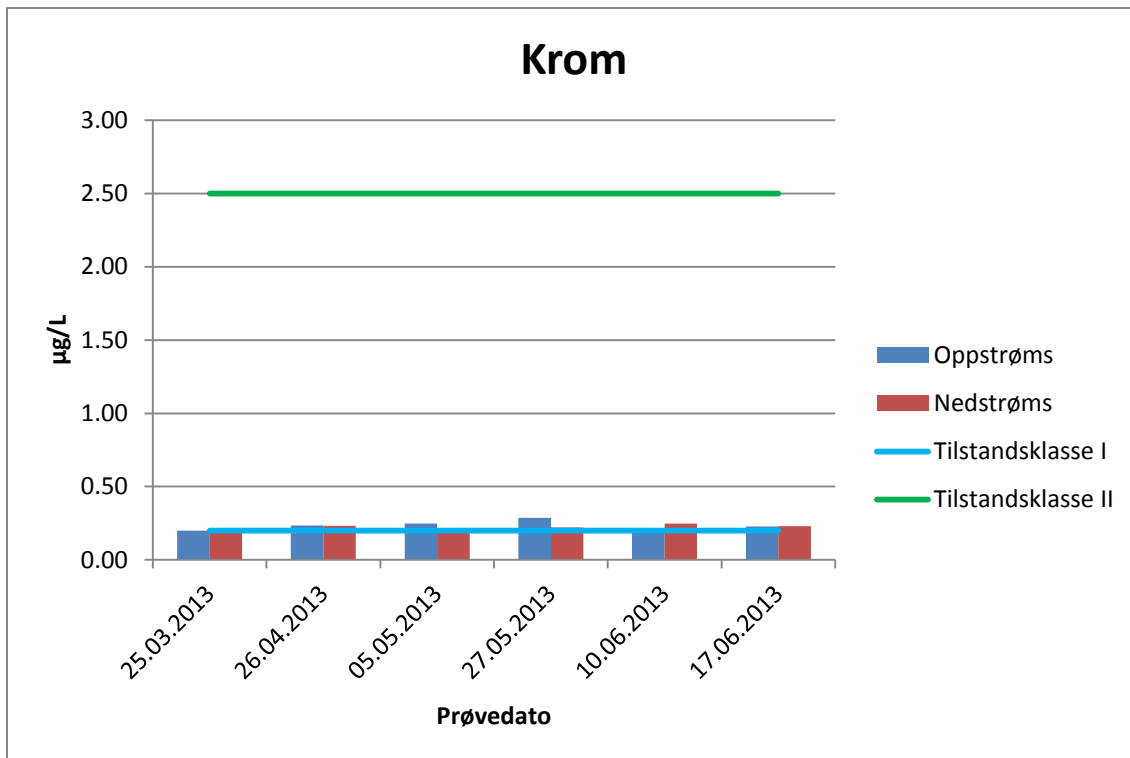
Figur 0-9



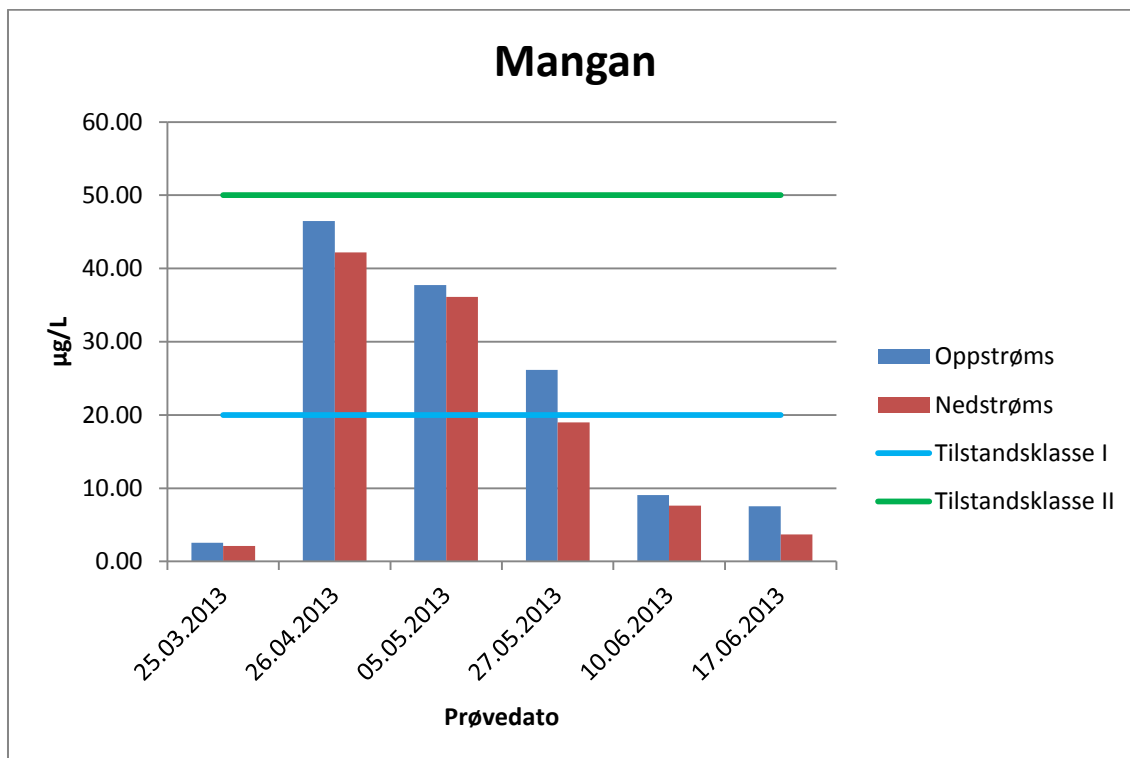
Figur 0-10



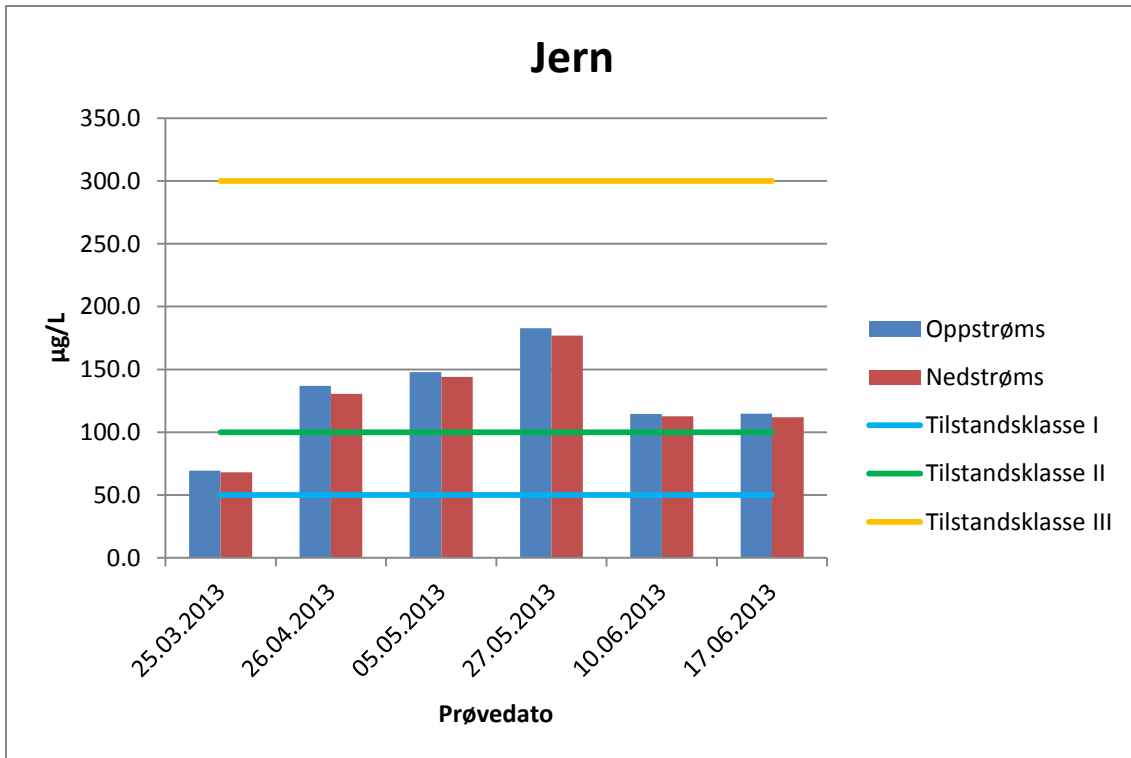
Figur 0-11



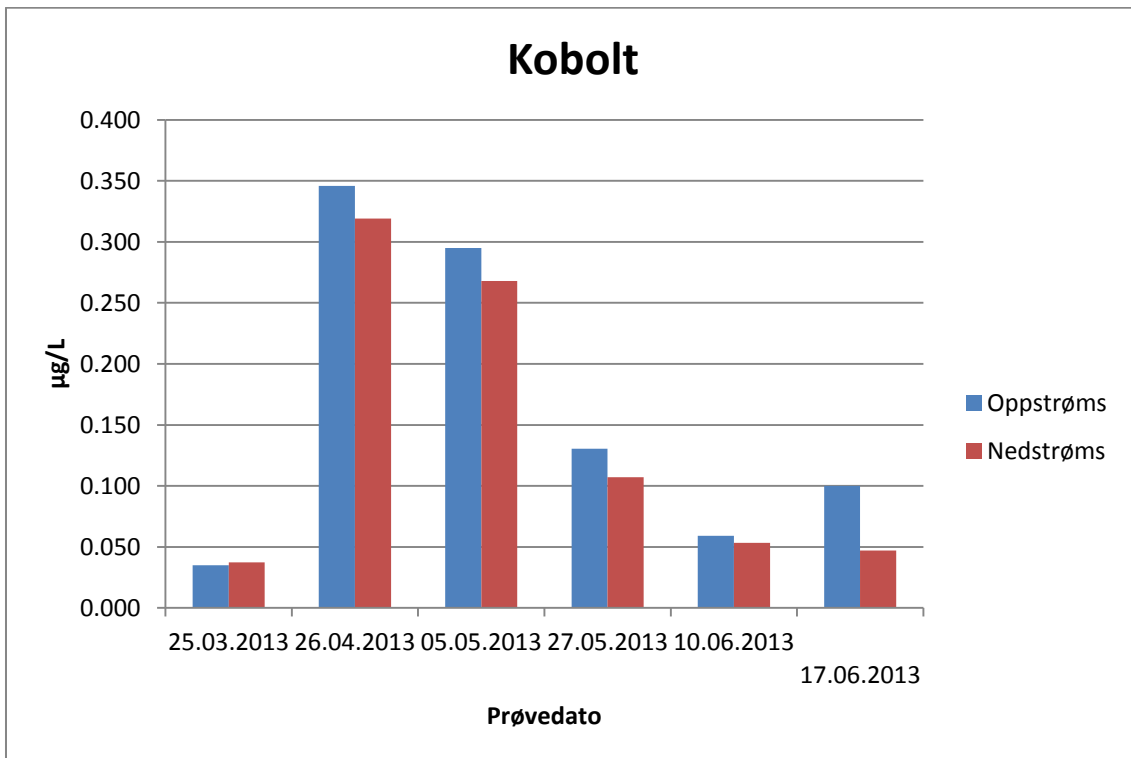
Figur 0-12



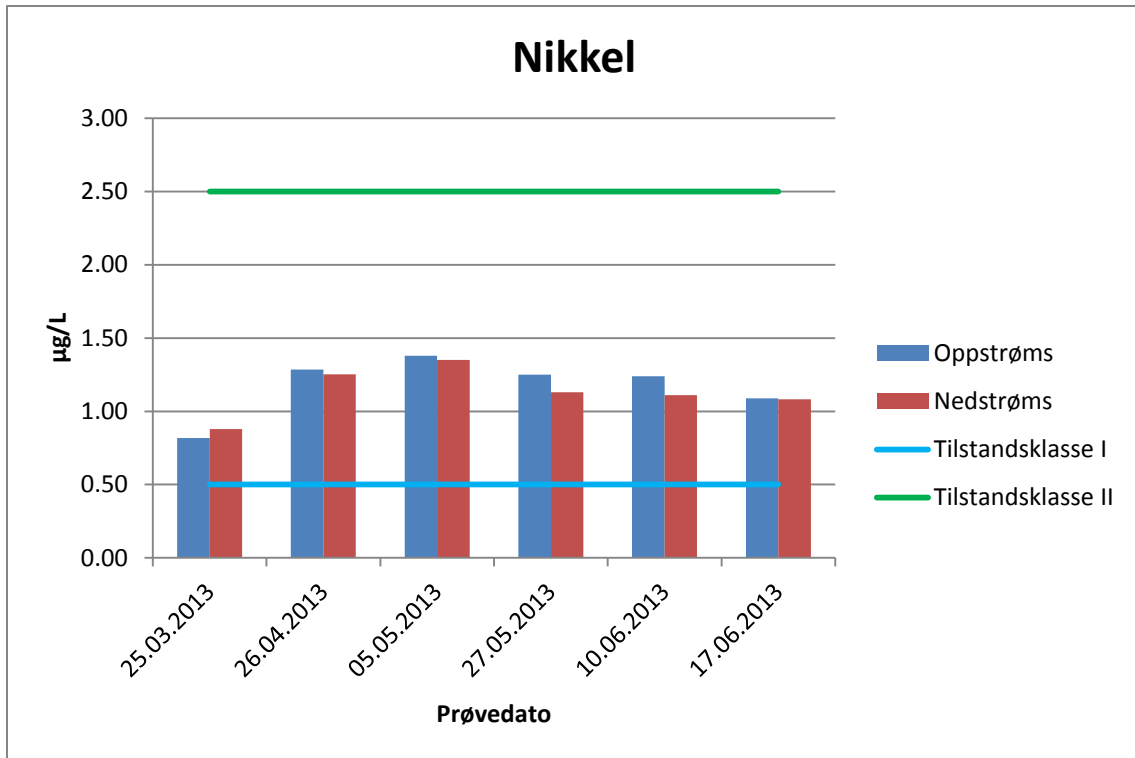
Figur 0-13



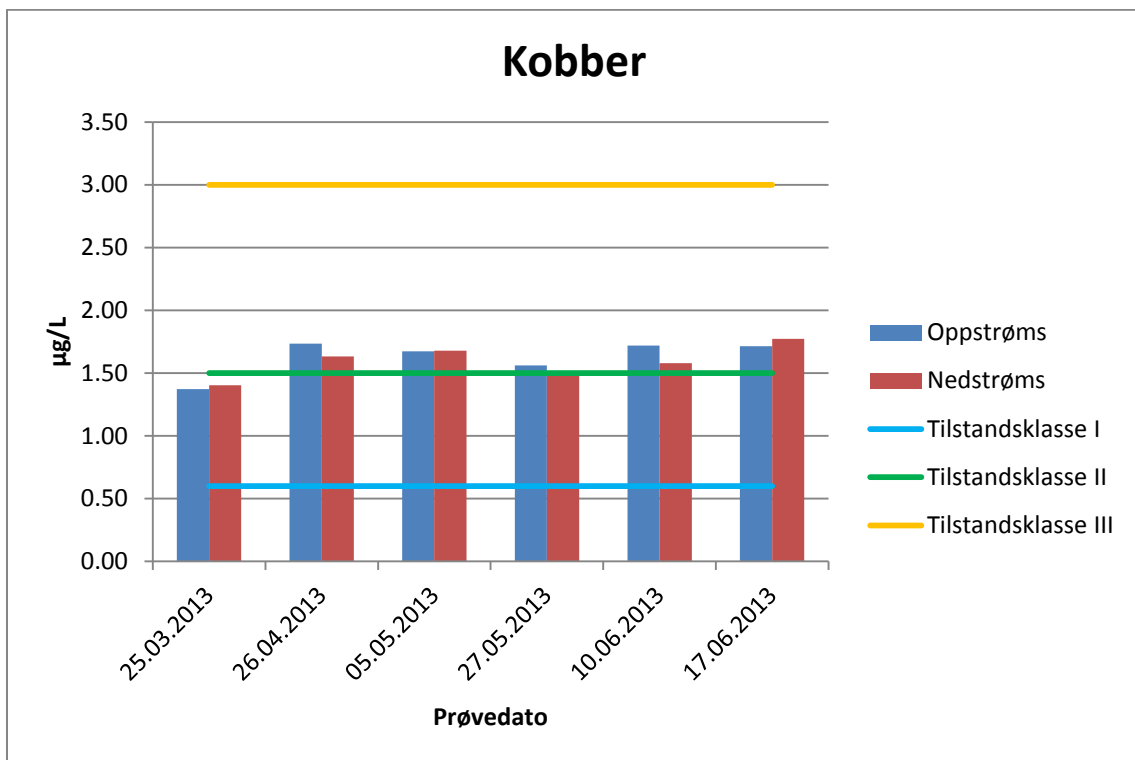
Figur 0-14



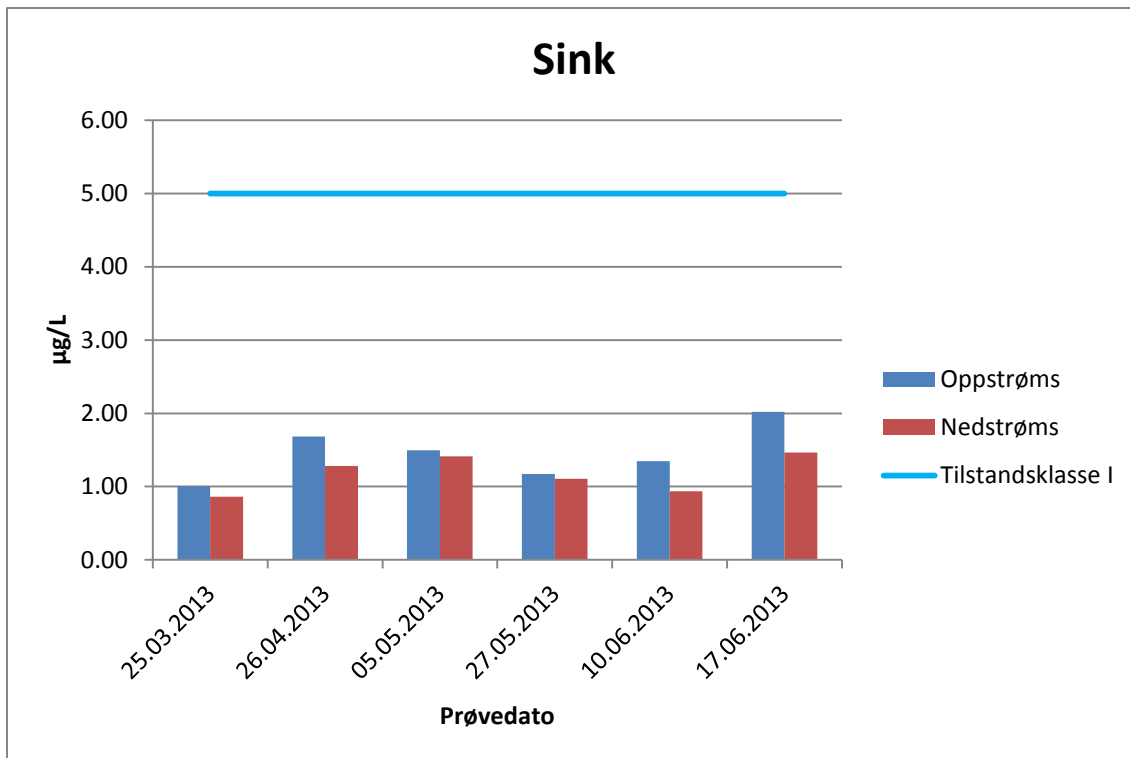
Figur 0-15



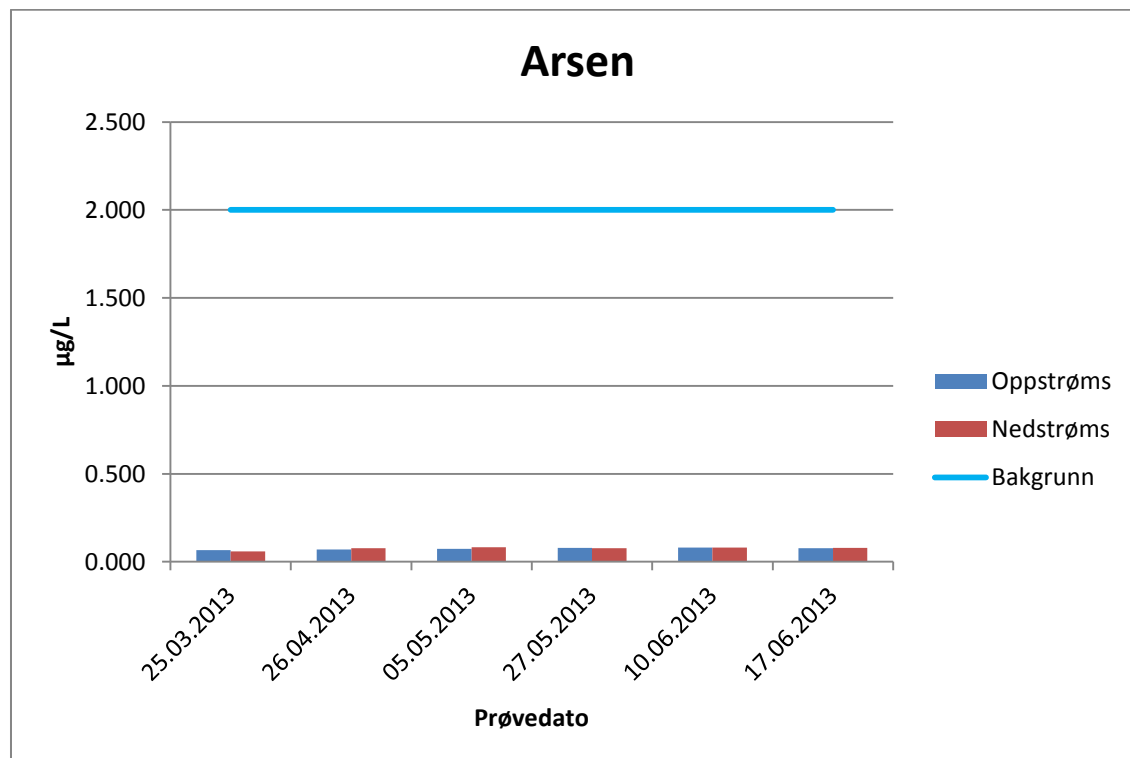
Figur 0-16



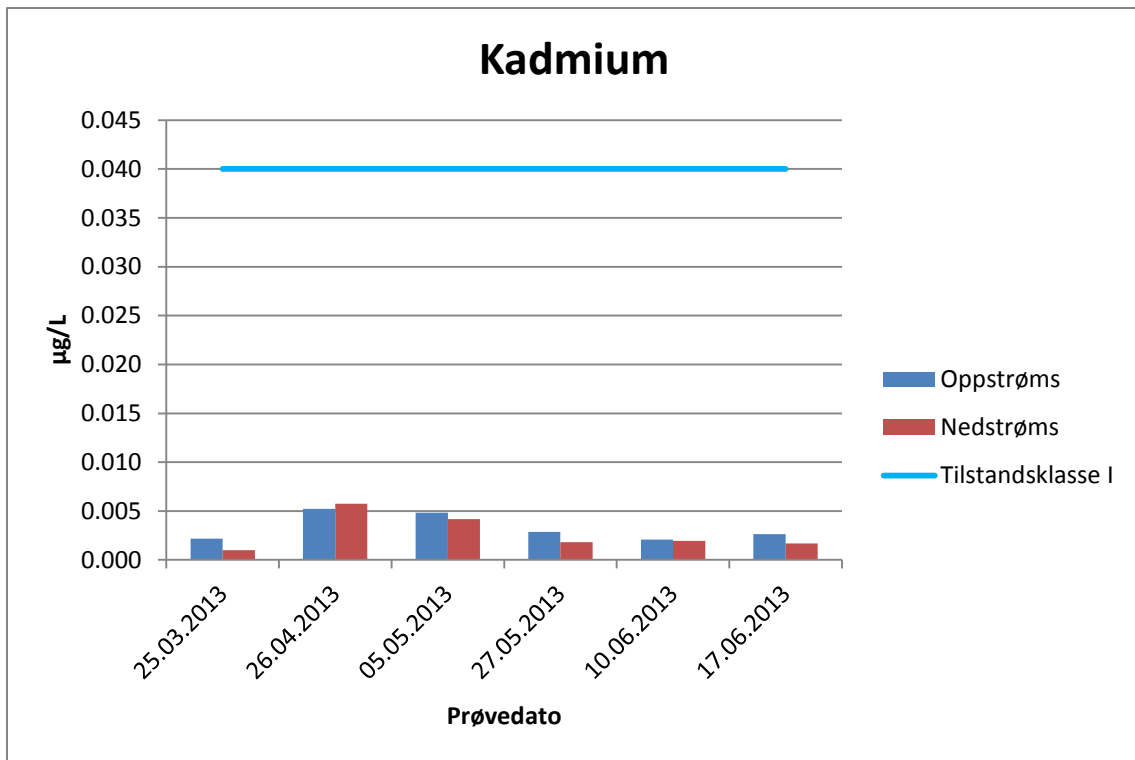
Figur 0-17



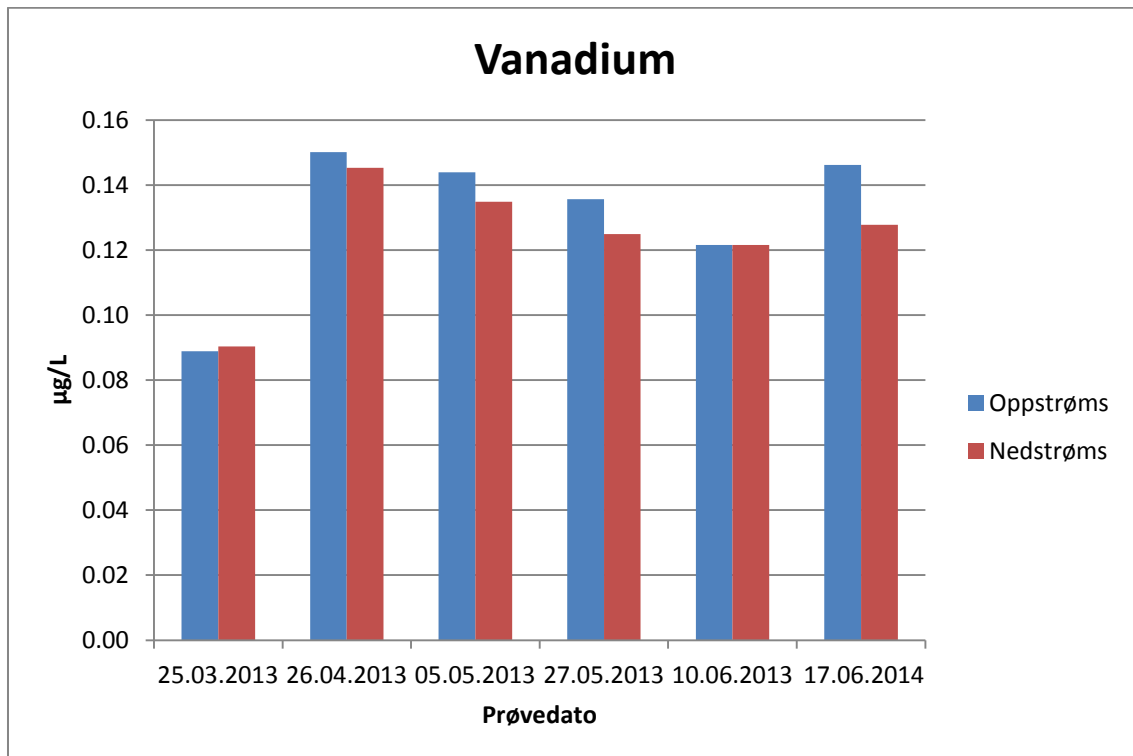
Figur 0-18



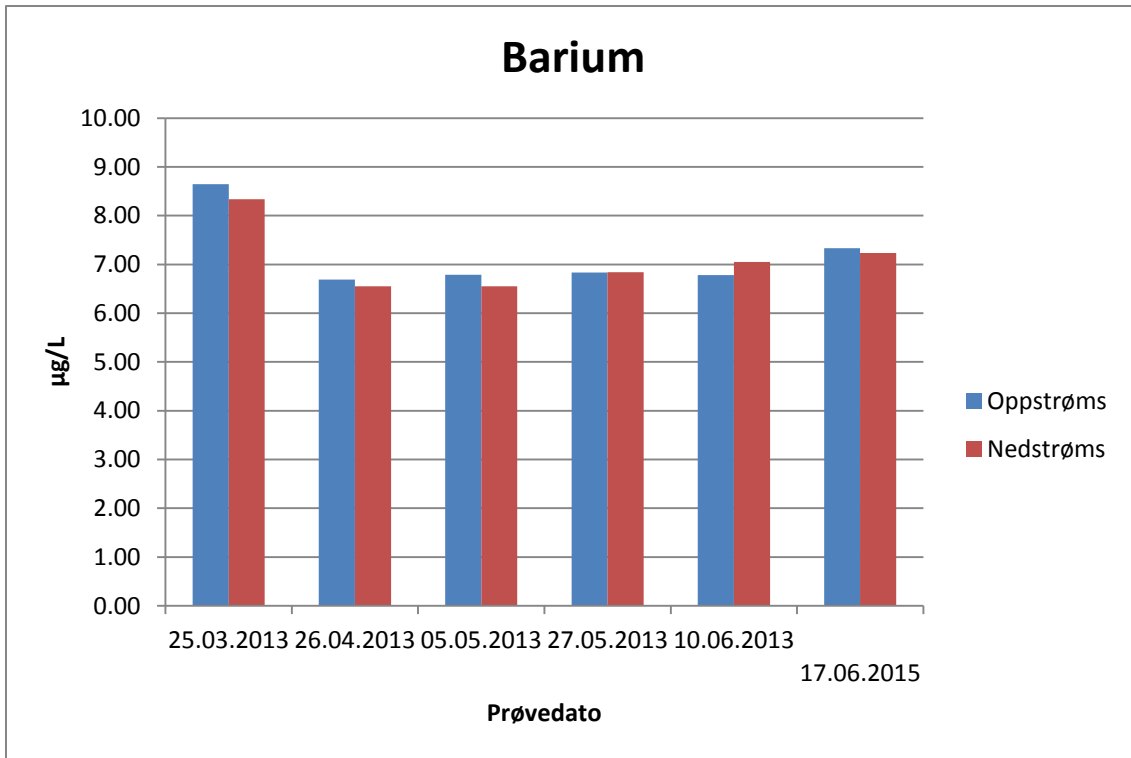
Figur 0-19



Figur 0-20

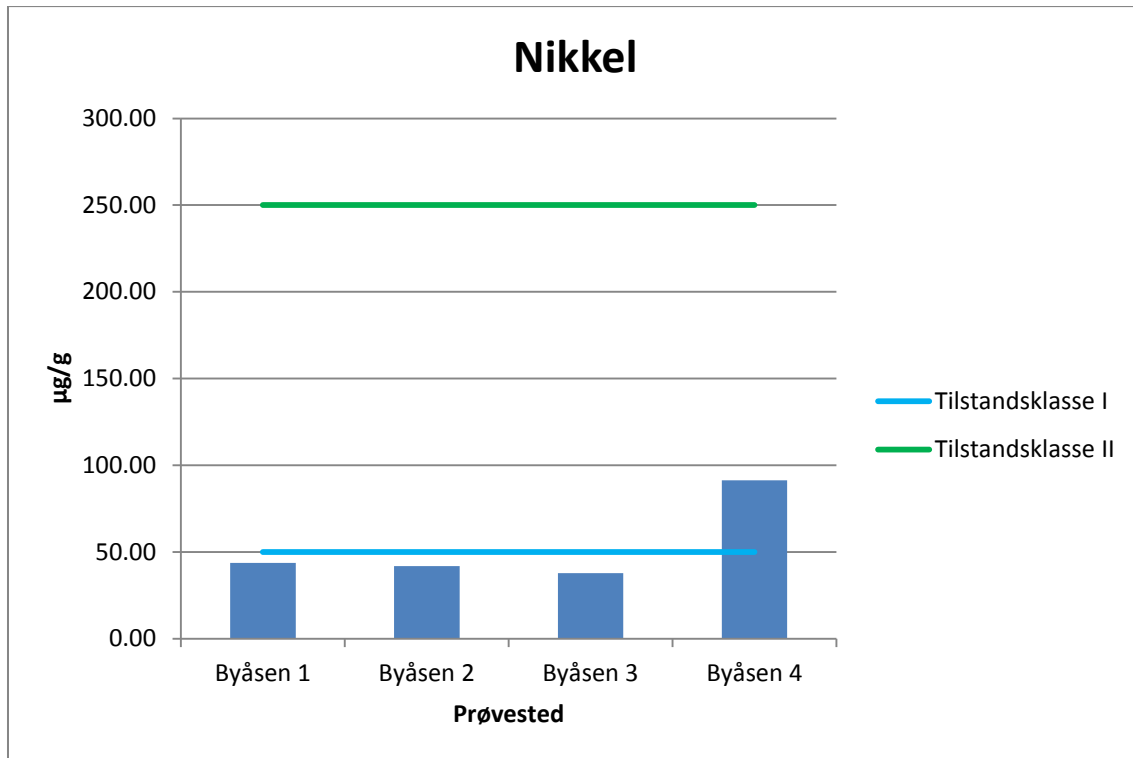


Figur 0-21

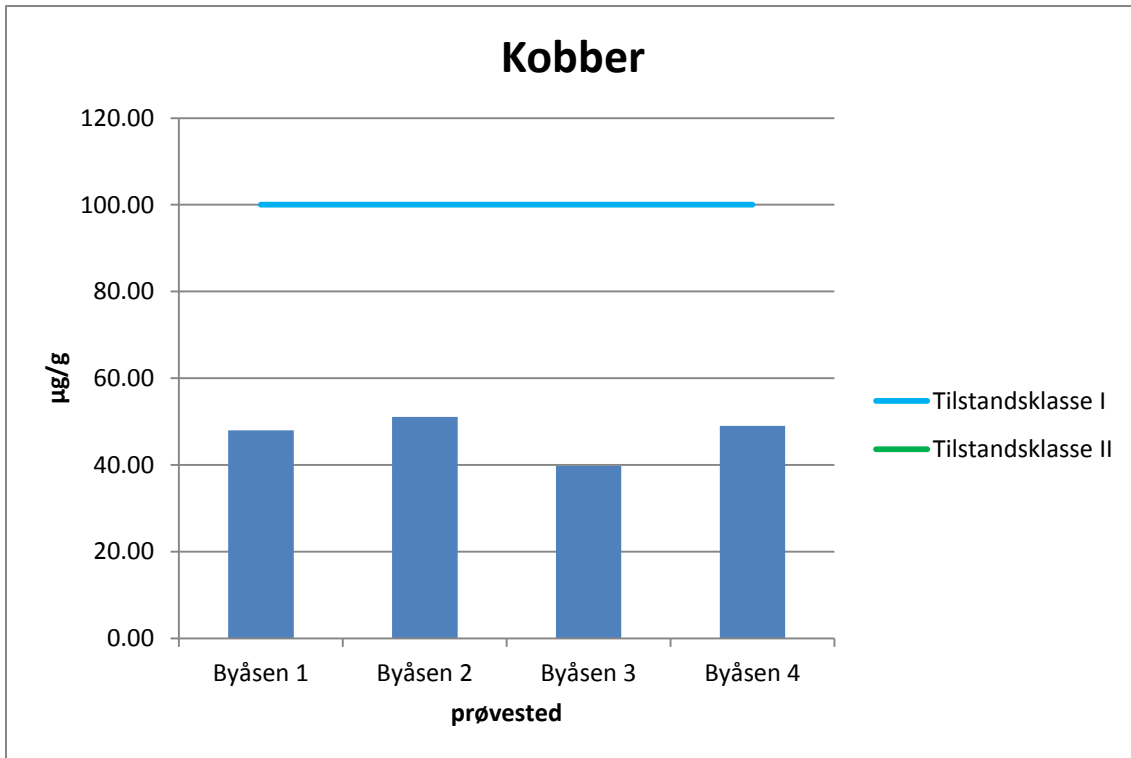


Figur 0-22

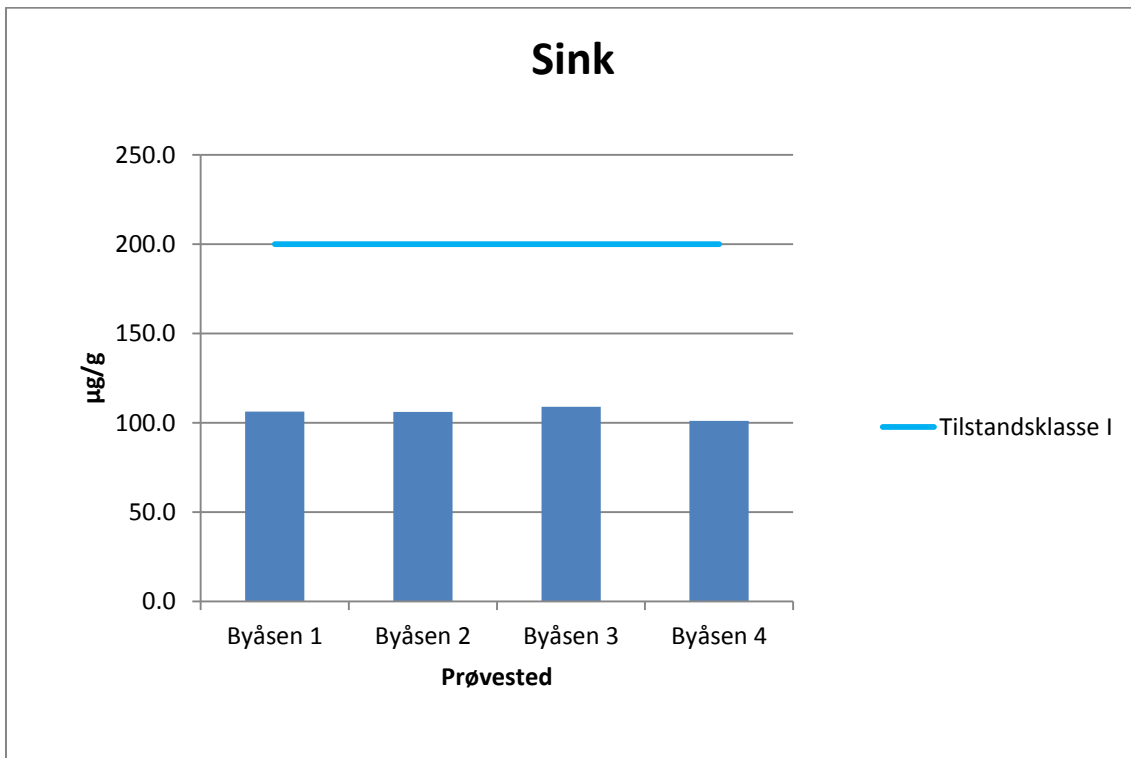
9.2. Jordprøver Byåsen



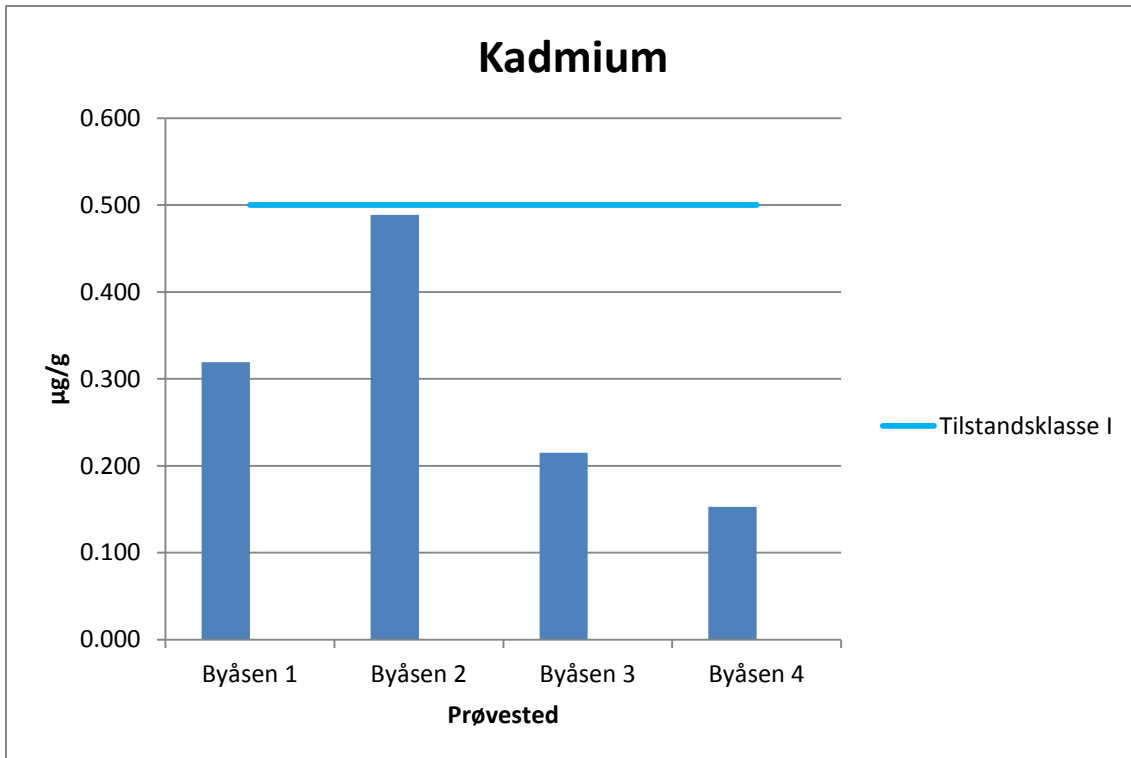
Figur 0-23



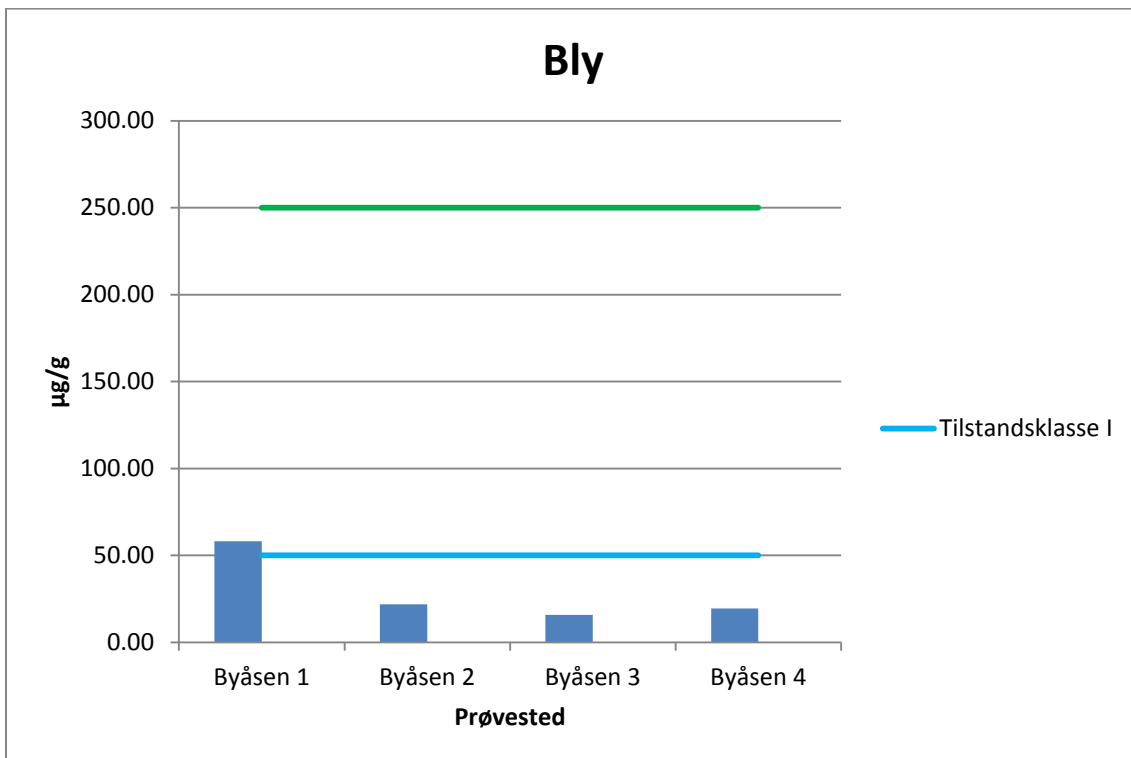
Figur 0-24



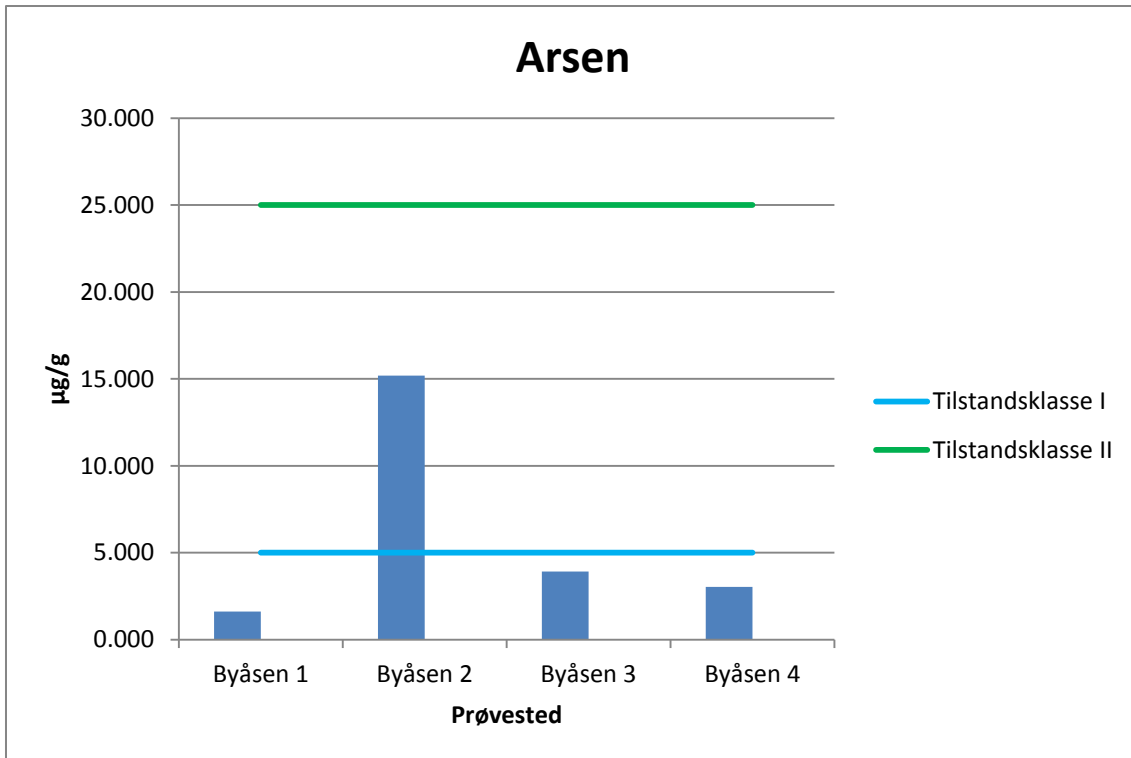
Figur 0-25



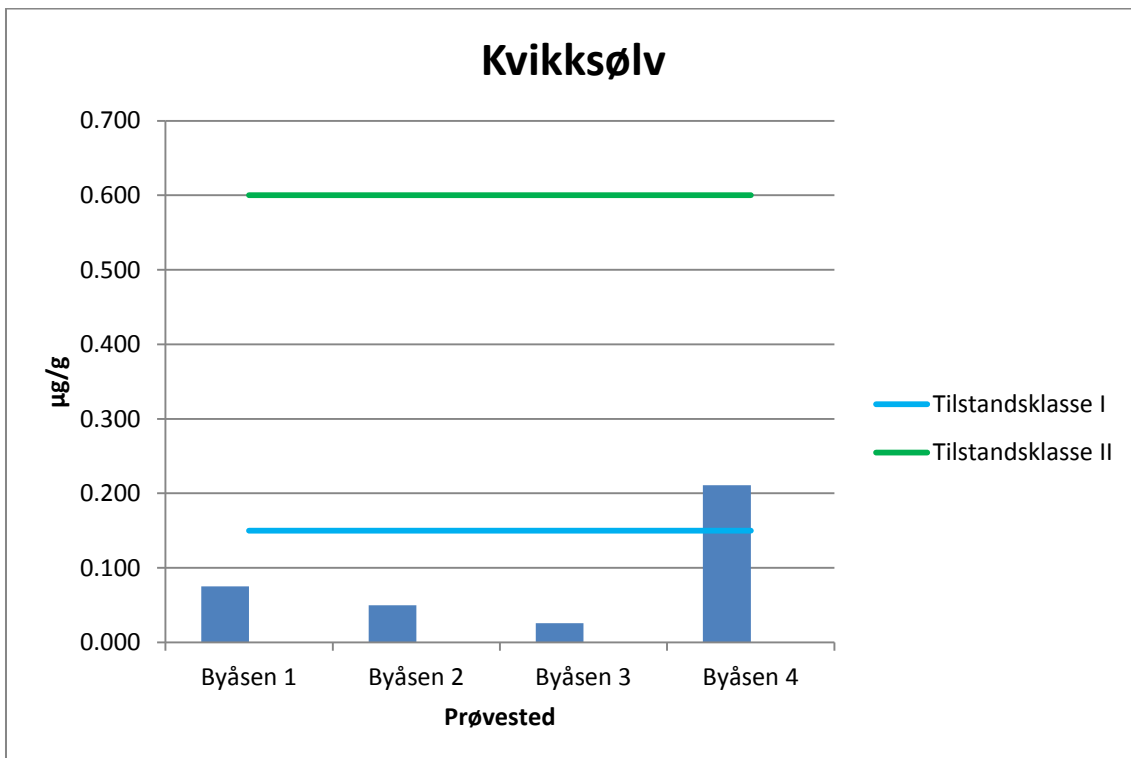
Figur 0-26



Figur 0-27



Figur 0-28



Figur 0-29

10. Vedlegg C: Resultater

I tabell 10.1 vises resultatene for målinger av redokspotensialet, ledningsevne, pH og turbiditet

Tabell 10-1

	Dato	Redokspotensialet [mV]	Ledningsevne [μ S/cm]	pH	Turbiditet
Heimdal Avrenning	27.mai	174	286		2.56
	17.jun	155	273		37.89
	23.okt	149	450	7.53	
Heimdal Blanding	27.mai	142	352		0.68
	17.jun	217	246		4.65
	23.okt	144	197	7.90	
Heimdal Oppstrøms	27.mai	153	352		1.28
	17.jun	226	246		4.65
	23.okt	140	197	7.91	
Heimdal Nedstrøms	27.mai	140	43		0.36
	17.jun	256	299		58.76
	23.okt	157	242	7.81	
Heimdal Oppstrøms	27.mai	124			0.54
	17.jun	193	91.6		1.08
Byåsen nedstrøms	27.mai	132			0.35
	17.jun	239	92.9		

10.1. DOC

Resultatene for DOC er gitt i tabell 10.2.

Tabell 10-2

		27.mai	17.jun
Heimdal	oppstrøms	8.7453	10.72
	avrenning	3.2764	5.50
	blanding	9.9266	10.54
	nedstrøms	9.2195	10.90
Byåsen	oppstrøms	4.0797	5.3324
	nedstrøms	4.1342	4.5271

