

Utslipp av overvann fra Eramet Norway i Kvinesdal



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

NIVA Region Sør

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

NIVA Region Innlandet

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

NIVA Region Vest

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

Tittel Utslipp av overvann fra Eramet Norway i Kvinesdal	Løpnr. (for bestilling) 7072-2016	Dato 05.09.2016
	Prosjektnr. Undernr. 15400	Sider Pris 28
Forfatter(e) Sissel B. Ranneklev og Morten Jartun	Fagområde Industri	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Porsgrunn	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Eramet Norway Kvinesdal (ENK)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Massetransport fra ENK via overvann ble beregnet til å være: Mn, 0,8 tonn kg/år; Zn, 16 kg/år; Pb, 0,5 kg/år; Cd, 0,4 kg/år; As, 9 kg/år; Ni, 5 kg/år; Hg, 0,02 kg/år; Cu, 16 kg/år; Cr, 2 kg/år; SS, 71 tonn/år og 18 kg/år for PAH16. Resultater viste at konsentrasjonene av metaller, SS og PAH16 varierte i dreenskummene gjennom året, og under nedbørsepisoder. Massetransporten av metaller og SS var generelt høyest fra avrenningsareal C og E, hvor bla slaggvanning og slamreanseanlegget er lokalisert. Areal C hadde desidert den største massetransporten av PAH16. Metallene var i hovedsak bundet til SS, men i slutten av nedbørsepisodene økt den løste konsentrasjonen (ikke bundet til SS) av metaller i flere arealer. SS var i hovedsak (90-100 %) av mineralisk opprinnelse.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Overvann, industri 2. PAH16, SS, metaller 3. Massetransport 4. Nedbørsepisode 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Run-off water 2. PAH16, suspended solids, metals 3. Discharges 4. Rainfall event
--	---



Sissel Brit Ranneklev
Prosjektleder



Elisabeth Lie
Forskningsleder

Utslipp av overvann fra Eramet Norway i Kvinesdal

Forord

Sissel Brit Ranneklev har vært prosjektleder og ansvarlig for rapporteringen, mens beregning av overflateavrenning og massetransport er gjort av Morten Jartun. Espen Lund har laget kart over avrenningsareal. Informasjonen om tomt og produksjonsprosesser er utarbeidet av prosjektleder etter samtaler med Leif Hunsbedt hos ENK.

Takk for hyggelig samarbeid.

Oslo, 15.9.2016



Sissel Brit Ranneklev

Innhold

	1
Sammendrag	5
1. Innledning og målsetning	7
2. Prøvetakning og kjemiske analyser	8
3. Kvantifisering av overvannsavrenning og massetransport	9
3.1 Nedbørsfeltene med tilhørende drenskummer	9
3.2 Årsavrenning	10
3.3 Massetransport av metaller, SS og PAH16	11
3.3.1 Variasjon i konsentrasjoner av metaller gjennom et år og under to nedbørsepisoder	13
3.3.2 Variasjon i konsentrasjoner av PAH16 under to nedbørsepisoder	17
3.3.3 Målinger av PAH16 i drenskum V3 under en nedbørsepisode og påfølgende periode uten nedbør	17
4. Konklusjoner	18
5. Referanser	19
6. Vedlegg	20

Sammen drag

På oppdrag fra Eramet Norway Kvinesdal AS (ENK) har NIVA beregnet massetransport av mangan (Mn), sink (Zn), bly (Pb), kadmium (Cd), arsen (As), nikkel (Ni), kvikksølv (Hg), kobber (Cu), krom (Cr), suspendert stoff (SS) og PAH16 fra verkets tomt.

Tomta ble inndelt i 5 nedbørsfelt basert på kartinformasjon og opplysninger om kummer og utløp fra ENK. Arealene på ENK-tomta bestod i hovedsak av komprimerte grusbelagte flater med begrenset infiltrasjonsevne, og de fleste arealer ble gitt avrenningskoeffisient 0,9. Årsavrenningen fra tomta ble beregnet med data fra værstasjon Risnes i Fjotland (målestasjon nr. 42250, ww.eKlima.met.no) ved bruk av nedbørsmålinger for 2015.

Konsentrasjoner av metaller, SS og PAH16 fra totalt 35 vannprøver tatt i drenskummer gjennom et år har blitt bestemt. Vannprøver ble tatt ut under forskjellige nedbørsepisoder for å se på variasjoner i konsentrasjoner av metaller, SS og PAH16. Metallene i noen av prøvene som ble tatt ut under nedbørsepisodene ble analysert på totaloppluttede og filtrerte prøver. Massetransporten ble beregnet fra et Excel-basert regneark hvor informasjon om nedbør, arealer og gjennomsnittskonsentrasjoner av totaloppluttede prøver i drenskummene lå til grunn for beregningene.

Massetransporten av metaller, SS og PAH16 via overvannet ble beregnet til å være: Mn, 0,8 tonn/år; Zn, 16 kg/år; Pb, 0,5 kg/år; Cd, 0,4 kg/år; As, 9 kg/år; Ni, 5 kg/år; Hg, 0,02 kg/år; Cu, 16 kg/år; Cr, 2 kg/år; SS, 71 tonn/år og 18 kg/år for PAH16.

Resultater viste at konsentrasjonene av metaller, SS og PAH16 varierte betydelig i drenskummene gjennom året, og under nedbørsepisodene, noe som viser at det er utfordrende å ta ut vannprøver som er representative for beregning av årlig massetransport fra tomta. Metallene var i hovedsak bundet til SS (> 0,45 µm), som var av mineralsk opprinnelse (90-100 %). På slutten av nedbørsepisodene var det i noen drenskummer en økning i konsentrasjoner av den løste konsentrasjonen (ikke bundet til SS) av metaller. Massetransporten av metaller og SS var generelt høyest fra avrenningsareal C og E, hvor slaggvanning foregår og hvor slamreanseanlegget er lokalisert. Areal C hadde desidert den største massetransporten av PAH16.

Summary

Title: Discharges of run-off water from Eramet Norway Kvinesdal (ENK)

Year: 2016

Author: Sissel Brit Ranneklev and Morten Jartun.

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: 978-82-577-6807-2

NIVA has calculated the mass transport of manganese (Mn), zinc (Zn), lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), nickel (Ni), mercury (Hg), copper (Cu), chromium (Cr), suspended solids (SS), and PAH16 in run-off water from Eramet's ferromanganese plant in Norway Kvinesdal (ENK).

The plant area was divided into five run-off catchment areas based on information from maps, positions of manholes, and discharges from the ENK. Due to that the ENK-area consisted mainly of compressed surfaces with limited infiltration capacity, most catchment areas were given run-off coefficient 0,9.

Average yearly run-off from the surface was calculated by using data from the weather station Risnes in Fjotland (Station No. 42520, www.eKlima.met.no), using rainfall measurements for 2015.

Concentrations of metals, SS, and PAH16 from a total of 35 water samples from the manholes have been determined. Water samples were collected during several rain fall events, in order to look at the variations in the concentrations of metals, SS, and PAH16, due to the precipitation. Some samples taken during the rainfall events were subjected to filtration (0,45 μ m) and digestion with HNO₃, in order to determine the dissolved and total concentration of metals, respectively. Mass transport was calculated from an Excel-based spreadsheet where information on rainfall, catchment areas, and average concentrations of metals, SS, and PAH16 in the manholes formed the basis for the calculations.

Mass transport of metals, SS and PAH16 via surface water was calculated to be: Mn 0,8 ton/year; Zn, 16 kg/year; Pb, 0,5 kg/year; Cd, 0,4 kg/year; As, 9 kg/year; Ni, 5 kg/year; Hg, 0,02 kg/year; Cu, 16 kg/year; Cr, 2 kg/year; SS, 71 ton/year and 18 kg/year for PAH16.

Results showed that the concentrations of metals, SS, and PAH16 in the manholes varied throughout the year and during the rainfall events, which means that representative sampling is difficult to perform. At the end of the rain fall event, the dissolved fraction of dissolved metals appeared to increase in several areas. Metals were mainly associated to SS (> 0,45 μ m), which were mostly of inorganic origin (90-100%). Mass transport of metals and SS were generally higher from the areas C and E, where slag is cooled, and the sludge treatment plant is allocated. Area A had by far the highest mass transport of PAH16.

1. Innledning og målsetning

Eramet Norway er en del av Eramets (www.eramet.com) manganvirksomhet med prosessanlegg i Sauda, Kvinesdal og Porsgrunn. Prosessanlegget i Kvinesdal (ENK) har tre smelteovner og i 2015 ble det produsert cirka 180 000 tonn raffinert silikomangan. Anlegget ble etablert i 1974 av Tinfos, og i 2008 ble anlegget kjøpt opp av Eramet.

Råstoffene i produksjonen har utenlandsk og norsk opprinnelse, og er i hovedsak:

- manganmalm
- metalliske silisium
- metallurgisk koks
- kvarts og kalkstein
- elektrodemasse
- antrasitt

Utgangspunktet for produksjonen er manganriket malm som i hovedsak utvinnes fra Eramets gruvevirksomhet. I produksjonen tilsettes koks som reduksjonsmiddel. For å optimalisere manganreduksjonen ytterligere tilføres kvarts og kalkstein. Ved produksjon av silikomangan tilsettes ulike metalliske silisiumkilder. Den elektriske energien som driver prosessen tilføres via elektrodemassen, og ENK har et årlig kraftforbruk på 750 GWh. Det produserte silikomanganet (SiMn) benyttes som tilsetning i stålprodukter, og eksporteres til Europa og Nord-Amerika.

Under produksjonen brukes store mengder vann som hentes fra Kvina til kjøling av ovner, rensing av gasser, slaggkjøling og støvdemping. Store deler av overskuddsenergi i kjølevannet gjenvinnes internt og eksternt.

Under produksjonen er forbruket av råvarer stort. Det er høy aktivitet ved prosessanlegget: ulike typer masser flyttes rundt og mellomlagres på tomtearealet, manganlegeringer knuses og pakkes, og slagg avkjøles, utstøpes og granuleres før det etterbehandles.

En beskrivelse av rensiltakene ved prosessanlegget er gitt av Hunsbedt et al. (2007), og fokus i forhold til vannmiljøet har vært rettet mot metaller, suspendert stoff (SS) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). I **Tabell 1** vises ENKs regulerte utslippskomponenter til vann fra vannrenseanlegget, som mottar alt forurenset prosessvann fra virksomheten. Etter behandling i vannrenseanlegg føres utslippet til Fedafjorden (www.norskeutslipp.no).

Tabell 1. ENKs regulerte utslippskomponenter fra vannrenseanlegget til Fedafjorden (www.norskeutslipp.no).

Utslippskomponent	Utslippsgrense* (kg/uke)	Utslippsgrense (kg/måned)
Suspendert stoff (SS)	80	175
PAH	1,5	2,0
Zn (total)	30	20
Mn (total)	25	35

Utslippstillatelsene til alle Eramets verk i Norge er i dag under revisjon og nye grenseverdier vurderes av Miljødirektoratet. I tidligere utslippstillatelser har det vært lite fokus på utslipp av overvann fra tomtearealet. I ny utslippstillatelse ønsker Miljødirektoratet at forurensning som følger overvannet kartlegges bedre. Med overvann menes vann som renner av tette flater og føres i et rørsystem fram til en

vannforekomst¹. Rørsystemet er som oftest utstyrt med dremskummer med sandfang før avrenning til vannforekomst. For ENK vil nedbør og eventuelt bruk av vann for eksempel til slaggskjøling og støvdemping transportere SS, metaller og PAH-forbindelser fra tomtearealet til Fedafjorden. På ENK-tomta er det etablert dremskummer med sandfang for å fjerne forurensninger som følger overvannet og som lar seg sedimentere. Et forslag til overvåkingsprogram i dremskummene ble utformet av NIVA, og ENK administrerte prøvetakningen og de kjemiske analysene selv.

I denne rapporten ble massetransporten (kg/år) av SS, metaller og PAH-forbindelser fra de ulike avrenningsarealene på tomta beregnet, variasjoner i konsentrasjoner under to nedbørsepisoder ble målt, samt at konsentrasjoner av metaller i overvann ble målt på filtrerte (0,45 µm) og totaloppluttede prøver for å vurdere metallenes assosiasjoner til SS. I dremskum (V3) ble konsentrasjoner av PAH og SS fulgt ytterligere opp i 2016 med målinger under en nedbørsepisode og påfølgende periode uten nedbør.

2. Prøvetakning og kjemiske analyser

Prøvetakningen i kummer ble gjennomført av personell ved ENK. Vannprøver ble tatt ved at kumlokk ble åpnet og prøveflasker ble ført ned i dremskum. Målinger av metaller, SS og PAH ble gjort i alle kummene på tomta.

Analysene av metaller, suspendert gløderest (SG) og PAH har blitt gjort av ALcontrol (www.alcontrol.no) som er akkreditert av Norsk Akkreditering med Test Nr. 013, mens analysene av SS er gjort ved Eramets eget laboratorium. Eramets laboratorium er ikke akkreditert, men det er generelt akseptert at de kan utføre disse analysene selv dersom de deltar i ringtester. En oversikt over kjemiske analyser som ble gjennomført er vist i **Tabell 2**.

Tabell 2. Oversikt over kjemiske analyser som er gjennomført. For metaller er kvantifiseringsgrensen for oppluttede og ikke oppluttede prøver angitt med normal og fet skrifttype, henholdsvis.

Parameter	Kvantifiseringsgrense	Metode	Informasjon
SS	2 mg/l	NS 4733	Utføres av ENK
SG	0,5 mg/l	NS 4733	Gravimetrisk
Hg	20 ng/l (5 ng/l)	Intern metode	CV-AFS
Cd	0,10 µg/l (0,01 µg/l)	NS-EN ISO 17294-2	Totaloppluttet med HNO ₃ eller filtrert gjennom 0,45 µm filter, og ikke oppluttet.
As	1,0 µg/l (0,01 µg/l)		
Pb	0,1 µg/l (0,01 µg/l)		
Ni	1,0 µg/l (0,05 µg/l)		
Zn	1,0 µg/l (0,1 µg/l)		
Mn	1,0 µg/l (0,1 µg/l)		
Cu	1,0 µg/l (0,05 µg/l)		
Cr	1,0 µg/l (0,05 µg/l)		
PAH16	0,010-0,0050* µg/l		

*Benzo(a)pyren

Ved målinger av metaller og PAH-forbindelser under kvantifiseringsgrensen som videre har blitt benyttet til beregninger av massetransport, har halve kvantifiseringsgrensen blitt benyttet for metaller, mens PAH-forbindelser som inngår i beregning av PAH16, har blitt satt til konsentrasjon lik null. Behandling av måleverdier på denne måten følger anvisninger som er gitt i Direktiv-2009/90/EC (2009), som er et datterdirektiv av vanndirektivet.

¹ Vannforekomst: En avgrenset og betydelig mengde av overflatevann, som for eksempel innsjø, magasin, elv, bekk, kanal, fjord eller kyststrekning, eller deler av disse, eller en avgrenset mengde grunnvann innenfor en eller flere akviferer. Definisjon hentet fra vannforskriften (www.lodata.no).

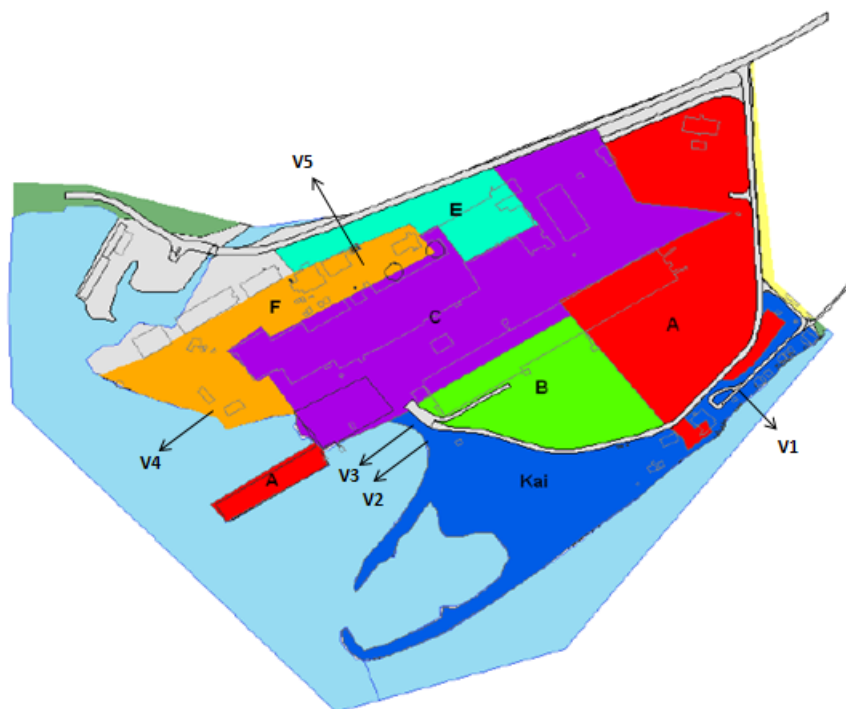
Målte konsentrasjoner av metaller, SS, SG og PAH16 er gitt i **Vedlegg A**.

3. Kvantifisering av overvannsavrenning og massetransport

Overvannsavrenning og massetransport av metaller, SS og PAH16 fra tomta ble beregnet.

3.1 Nedbørsfeltene med tilhørende drenskummer

ENK-tomta var inndelt i seks nedbørsfelt. For å beregne massetransport av metallene, PAH og SS med overvannet ble ENK-tomta delt inn i avrenningsarealene A, B, C, E, F og Kai, basert på kartinformasjon og opplysninger om ledningsnett, kummer og utløp fra ENK (**Figur 1**). I forhold til tidligere rapport (Ranneklev et al., 2011), er tomtearealet uendret. I 2011 var det kun ett prøvesett med data som lå til grunn for beregningen av massetransport, men i 2015 ligger det et større antall vannprøver til grunn for beregningene.



Figur 1. Avrenningsarealer for ENK-tomta er angitt med ulike farger og trykte bokstaver. Kummer (V1-V5) er tegnet inn med tall og plassering er angitt med svarte piler.

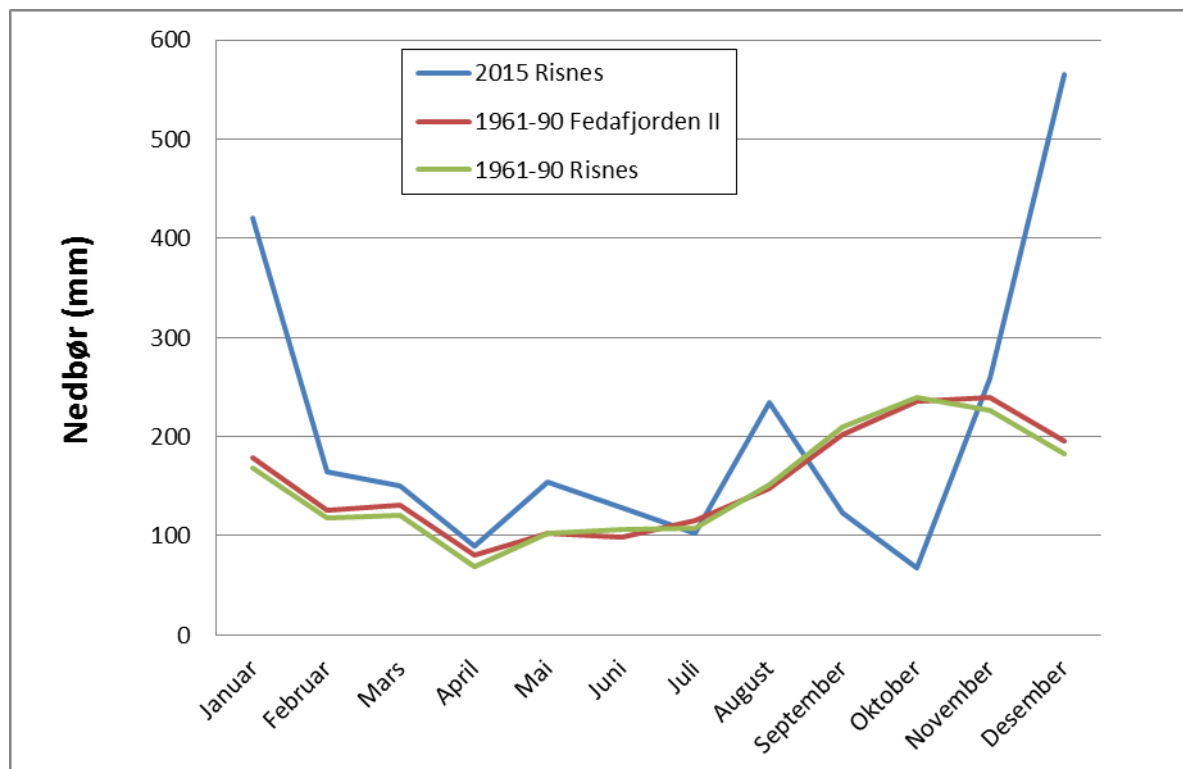
ENK har siden rapporten 2011 arbeidet med å kartlegge ledningsnett og man har nylig oppdaget at ledningsnett og koblinger i disse arealene er uklare. I **Tabell 3** gis en overordnet oversikt over de ulike avrenningsarealene med tilhørende kummer og aktiviteter. Drenskummer mangler i Kai-arealet, og her oppbevares slagg og noen råmaterialer. Kai-arealet utgjør 19 % av totalarealet og det er tillaget grøfter i kjørebanelene, samt at det er etablert kantvegetasjon mellom fjord/elv og Kai-areal. Det forventes at hoveddelen av overflateavrenningen vil holdes tilbake og infiltrere grunnen. Massetransporten fra dette arealet er ikke beregnet.

Tabell 3. Overordnet oversikt over de ulike avrenningsarealene med tilhørende aktiviteter og kummer.

Avrenningsareal	Drenskum nr	Informasjon om aktiviteter ved de ulike arealene
A	V1	Administrasjonsbygg, P-plass og oppbevaring av ulike materialer utendørs og innendørs (taknedløp).
B	V2	Råmaterialelager utendørs og innendørs (taknedløp).
C	V3	Mekanisk verksted, taknedløp, slaggvanning (Ovn 1 og 2), oppbevaring av ulike materialer utendørs og innendørs (taknedløp).
E	V5	Taknedløp og areal utenfor slamrenseanlegg.
F	V4	Areal utenfor røykrenseanlegg, taknedløp, slaggvanning (Ovn 3) og oppbevaring ulike materialer. Avrenning i deler av arealet går til avløp som er dykket i fjorden.
Kai	Avrenning til grunn eller fjord/elv.	Massetransport er ikke beregnet fra dette arealet.

3.2 Årsavrenning

Årsavrenningen fra tomta ble beregnet med data fra eKlima.met.no sin værstasjon Risnes i Fjotland (målestasjon nr. 42520), ved bruk av månedlige nedbørsverdier **Figur 2**. Tidligere har målestasjon Fedafjorden (Nr. 42250) vært benyttet, og i siste rapportering (Rannekleiv et al., 2011), ble gjennomsnittsverdier fra 2004-2010 benyttet, da målestasjonen ble lagt ned i 2010. I denne rapporten har vi valgt å benytte målestasjonen Risnes i Fjotland (målestasjon nr. 42520). Ved sammenligninger mellom målestasjonene Risnes og Fedafjorden (stasjon Kvineshei ble også vurdert), så de ut til å ha tilnærmede like nedbørsmengder gjennom året (**Figur 2**). Målestasjonen Risnes ligger ca 50 km fra ENK, men var den nærmeste stasjonen med nedbørsdata. Nedbørsmålinger for 2015 var noe høyere enn det som er normalt for denne målestasjonen. I videre beregning av massetransport er måledata fra 2015 blitt lagt til grunn. Avrenningsarealene C og F vil i tillegg til nedbør motta vann fra slaggvanningen. Etter anslag fra ENK benyttes ca 60 m³ vann/time (17 l/s) til slaggekjøling i areal C. Mesteparten av dette fordampes eller infiltreres grunnen, og målinger i drenskum V3 under nedbørsfrie perioder viser en avrenning på ca 2-3 l/s. I areal F forbrukes ca 20 m³ vann/time (6 l/s) til slaggvanning. Deler av areal F har avrenning til fjorden, hvor utslippspunktet er dykket, slik at man ikke kan vurdere volum avrenning slik som i areal C. Dersom man beregner tilsvarende fordamping og infiltrasjon i areal F som for C, vil avrenninger fra slaggspylingen i areal F være ca 1 l/s. I arealene C og F er det da lagt til en avrenning på henholdsvis 3 l/s og 1 l/s i tillegg til nedbøren for beregning av massetransport.



Figur 2. Månedlig nedbør fra målestasjonene Risnes i Fjotland (målestasjon nr. 42520) og Fedafjorden (målestasjon nr. 42250) fra 1961 til 1990, samt nedbørsdata for Risnes i 2015 (data fra eKlima.met.no). Gjennomsnittlig årlig nedbør for Risnes og Fedafjorden fra 1961-1990 var 1802 mm og 1853 mm, henholdsvis.

3.3 Massetransport av metaller, SS og PAH16

ENK-tomta består i hovedsak av komprimerte grusbelagte veier, betongdekke, noen asfalterte arealer, og bygninger med i hovedsak grustak. På grunn av komprimering av de grusbelagte arealene, antas det at infiltrasjonsevnen er begrenset, og avrenningsfaktoren ble i hovedsak satt til 0,9. Totaloppluttede prøver ligger til grunn for beregningen av massetransporten.

Beregning av massetransport ble utført etter følgende ligning:

$$\text{Massetransport} = \text{avrenningsvolum}^2 \times \text{avrenningsfaktor} \times \text{konsentrasjon}$$

I **Tabell 4** og **Tabell 5** vises henholdsvis massetransport av metaller og SS fra de ulike arealene. Etter gjennomsyn av datamaterialet (målte konsentrasjoner i drenskummene) som lå til grunn for beregningen av massetransporten i **Tabell 4**, så vi at under en nedbørsepisode hvor det ble gjort målinger under oppgraving av slagg, at konsentrasjonene av noen metaller i drenskummer V2 og V3 økte betydelig. For eksempel økte Mn-konsentrasjonene til 33,9 mg/l (gjennomsnitt av to vannprøver i V2), hvor gjennomsnittlige konsentrasjoner ellers var 0,6 µg/l (gjennomsnitt av 4 vannprøver, hvor laveste konsentrasjon er 0,1 µg/l), dvs konsentrasjonen økte med en faktor på 56 500. Vi valgte da å fjerne disse to vannprøvene i kummene V2 og V3, da utslaget fra disse to av totalt seks vannprøver blir betydelige, og mest sannsynlig ikke er representative. I tillegg ble en måling av As fjernet, hvor målt konsentrasjon var 1110 µg/l, hvor gjennomsnitt ellers er 18,7 µg/l. Beregnet massetransport etter at disse vannprøvene er tatt ut er vist i **Tabell 5** (se også **Vedlegg**). Beregnet massetransport av PAH16 fra de ulike arealene er vist i **Tabell 6**.

² I arealene C og F er det i tillegg til nedbør lagt til en avrenning på henholdsvis 3 l/s og 1 l/s fra slaggvanningen.

Tabell 4. Beregnet massetransport (kg/år) av metaller og SS fra de ulike avrenningsarealene på ENKs tomt, alle måleverdier er lagt til grunn for beregningen. Gjennomsnittskonsentrasjoner i de ulike dreuskummene er lagt til grunn for beregningene. For å synliggjøre avrenningsarealene som bidrog mest til massetransporten av metaller og SS, ble arealene som hadde den høyeste massetransporten markert med mørk rød farge.

Avrenningsareal (% av totalt areal)	Mn (kg/år)	Zn (kg/år)	Pb (kg/år)	Cd (kg/år)	As (kg/år)	Ni (kg/år)	Hg (kg/år)	Cu (kg/år)	Cr (kg/år)	SS (kg/år)
A (24)	149	1,0	0,09	0,007	0,6	0,7	0,001	0,6	0,6	3 533
B (10)	647	2,0	0,2	0,02	13,3	1,2	0,003	1,0	0,5	16 943
C (30)	4326	14,0	1,8	0,2	1,7	6,4	0,06	4,8	4,5	10 7646
E (6)	61	9,1	0,02	0,3	0,04	0,3	0,006	0,2	0,09	68
F (10)	51	1,3	0,06	0,03	1,6	3,5	0,008	13,6	0,6	2 462
Total (90)	5 235	27,4	2,2	0,53	17,3	12,1	0,076	20,3	6,3	130 652

Tabell 5. Beregnet massetransport (kg/år) av metaller og SS fra de ulike avrenningsarealene på ENKs tomt, ekstremverdier fra V2 (areal B) og V3 (areal C, samt en måling av As) (se **Vedlegg** for data som er tatt ut). Gjennomsnittskonsentrasjoner i de ulike dreuskummene er lagt til grunn for beregningene. For å synliggjøre avrenningsarealene som bidrog mest til massetransporten av metaller og SS, ble arealene som hadde den høyeste massetransporten markert med mørk rød farge.

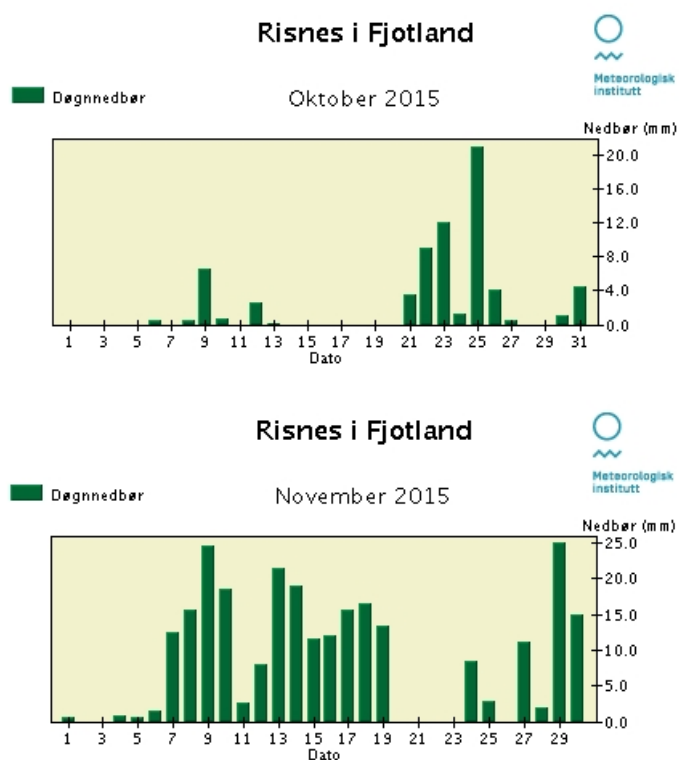
Avrenningsareal (% av totalt areal)	Mn (kg/år)	Zn (kg/år)	Pb (kg/år)	Cd (kg/år)	As (kg/år)	Ni (kg/år)	Hg (kg/år)	Cu (kg/år)	Cr (kg/år)	SS (kg/år)
A (24)	149	1	0,09	0,007	0,6	0,7	0,001	0,6	0,6	3 533
B (10)	33	0,3	0,03	0,01	5,9	0,1	0,0005	0,07	0,09	10 038
C (30)	519	4,5	0,3	0,02	0,9	0,7	0,005	1,1	0,9	55 076
E (6)	61	9,1	0,02	0,28	0,04	0,3	0,006	0,2	0,09	68
F (10)	52	1,3	0,06	0,03	1,6	3,5	0,008	13,6	0,6	2 462
Total (90)	813	16,3	0,5	0,35	9,1	5,3	0,021	15,7	2,3	71 177

Tabell 6. Beregnet massetransport (kg/år) av Benzo(a)pyren og PAH16 fra de ulike avrenningsarealene på ENKs tomt. Data for 2016 i kum V3 er lagt til grunn for målingene. For å synliggjøre avrenningsarealene som bidrog mest til massetransporten av PAH, ble arealene som hadde den høyeste massetransporten markert med mørk rød farge.

Avrenningsareal (% av totalt areal)	Kum nr.	Benzo(a)pyren (kg/år)	PAH16 (kg/år)
A (24)	V1	0,01	0,4
B (10)	V2	0,04	0,4
C (30)	V3	1,5	16,8
E (6)	V5	0,001	0,01
F (10)	V4	0,022	0,6
Total (90)	-----	1,5	18,2

3.3.1 Variasjon i konsentrasjoner av metaller gjennom et år og under to nedbørsepisoder

I **Tabell 7** vises variasjoner i konsentrasjoner av metaller og SS i drenskum V1 i løpet av 2015. For å se hvordan konsentrasjoner av metaller i drenskummene kunne endre seg under en nedbørsepisode, ble tre-fire vannprøver tatt ut under to nedbørsepisoder (oppstart 25.10.2015 og 13.11.2015). Nedbørsdata fra målestasjonen Risnes under disse nedbørsepisodene er vist i **Figur 3**.



Figur 3. Klimadata fra målestasjon Risnes i Fjotland (42520), data fra eKlima.met.no.

Under første nedbørsepisode falt det ca 25 mm nedbør i løpet av 24 timer, og nedbøren avtok den påfølgende dagen. I den andre nedbørsepisoden falt det ca 23 mm nedbør det første døgnet, og nedbørsperioden varte i seks dager. Vannprøver ble tatt ut under ulike tidsrom i de to nedbørsepisodene. Målte konsentrasjoner av metaller i totaloppluttede prøver er vist i **Tabell 8** (kun resultater fra drenskum V3 vises, men tilsvarende resultater ble funnet i de andre drenskummene). I **Tabell 9** vises målte konsentrasjoner av metaller i vannprøver fra første nedbørsepisode som vist i **Tabell 8**, men filtrert (0,45

μm) før analyse. Prosentandelen av metallene i vannprøver tatt under første nedbørsepisode (**Tabell 8** og **Tabell 9**) som forelå i oppløst form er vist i **Tabell 10**.

Tabell 7. Målte konsentrasjoner (totaloppluttede) av metaller i kummer under to nedbørsepisoder hos ENK, samt en tilfeldig måling. <, under kvantifiseringsgrensen.

Kum nr.	Provetakingsdato (timer etter oppstart av nedbørsepisode)	Mn (µg/l)	Zn (µg/l)	Pb (µg/l)	Cd (µg/l)	As (µg/l)	Ni (µg/l)	Hg (µg/l)	Cu (µg/l)	SS (mg/l)
V1	25.10.2015 (0 h)	2850	12,8	1,0	0,05	5,5	11,5	<20	5,6	28
V1	26.10.2015 (24 h)	1290	7,6	0,5	0,05	5,9	5,2	<20	6,0	17
V1	27.10.2015 (48 h)	645	4,4	0,1	0,05	7,9	1,4	<20	6,2	1,8
V1	13.11.2015 (0 h)	2030	7,6	1,1	0,05	4,6	8,9	<20	6,8	72
V1	13.11.2015 (6 h)	146	8,0	0,2	0,05	5,1	2,3	<20	3,0	19
V1	14.11.2015 (28 h)	1070	10,5	0,8	0,05	3,0	5,9	<20	3,8	53
V1	01.12.2015	12,9	4,4	1,2	0,07	0,2	0,3	<20	0,2	0,5

Tabell 8. Målte konsentrasjoner av metaller, SG og SS i drenskum V3 under to nedbørsepisoder. Prøvene var totaloppluttede. <, under kvantifiseringsgrensen.

Stoff/metall	Kum V3, nedbørsepisode med oppstart 25.10.2015			Kum V3, nedbørsepisode med oppstart 13.11.2015		
	0 h	24 h	48 h	0 h	6 h	28 h
SS (mg/l)	320	1500	49	330	600	65
SG (mg/l)	297	1320	44	301	544	61,1
% SS av SG	93	88	90	91	91	94
Kvikksølv (ng/l)	360	1080	<20	<20	70	<20
Bly (µg/l)	9,9	32,5	0,3	0,7	3,0	0,7
Kadmium (µg/l)	0,9	4,0	<0,10	<010	0,25	<0,10
Arsen (µg/l)	5	23	1,2	1,3	2,1	<1,0
Kobber (µg/l)	16,1	91,0	2,9	4,5	9,4	3,3
Krom (µg/l)	14	90	4,1	2,9	6	1,6
Mangan (µg/l)	13600	91800	1090	1510	5400	1810
Nikkel (µg/l)	18,4	139,0	2,3	3,0	4,7	2,3
Sink (µg/l)	75,0	211,0	4,9	8,0	54,9	16,0

Tabell 9. Målte konsentrasjoner av metaller i filtrerte (0,45 µm) prøver tatt under første nedbørsepisode i drenskum V3. <, under kvantifiseringsgrensen.

Metall	Kum V3, nedbørsepisode med oppstart 25.10.2015		
	0 h	24 h	48 h
Kvikksølv (ng/l)	<5	<5	<5
Bly (µg/l)	0,03	0,06	0,06
Kadmium (µg/l)	0,01	0,09	<0,01
Arsen (µg/l)	0,6	1,6	1,0
Kobber (µg/l)	1,7	6,0	1,9
Krom (µg/l)	0,5	1,3	2,9
Mangan (µg/l)	923	9740	735
Nikkel (µg/l)	0,8	12	0,8
Sink (µg/l)	1,7	22	1,0

Tabell 10. Prosentandel av metaller i vannprøver fra drenskum V3 tatt under første nedbørsepidoden som forelå i oppløst form.*, konsentrasjoner i totaloppløst prøve og/eller filteret vannprøve ble målt til konsentrasjoner under kvantifiseringsgrensen.

Metall (oppløst form)	Kum V3, nedbørsepisode med oppstart 25.10.2015		
	0 h (%)	24 h (%)	48 h (%)
Kvikksølv	*	*	*
Bly	0	0	19
Kadmium	1	2	*
Arsen	11	7	80
Kobber	10	7	65
Krom	3	1	71
Mangan	7	11	67
Nikkel	4	9	35
Sink	2	10	21

3.3.2 Variasjon i konsentrasjoner av PAH16 under to nedbørsepisoder

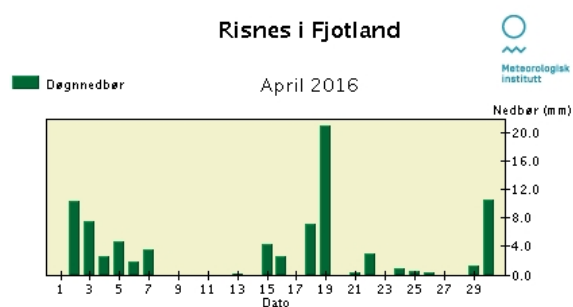
Variasjoner i konsentrasjoner av Benzo(a)pyren og PAH16 under to nedbørsepisoder er vist i **Tabell 11**.

Tabell 11. Variasjoner i konsentrasjoner av Benzo(a)pyren og PAH16 under to nedbørsepisoder i alle drenskummene. *, ikke analysert. <, målt konsentrasjon under kvantifiseringsgrense.

Kum nr.	PAH	Nedbørsepisode med oppstart 25.10.2015			Nedbørsepisode med oppstart 13.11.2015		
		0 h (µg/l)	24 h (µg/l)	48 h (µg/l)	0 h (µg/l)	6 h (µg/l)	28 h (µg/l)
V1	Benzo(a)pyren	0,2	0,1	<0,0050	0,2	*	0,1
	PAH16	1,3	1,4	0,01	19,0	*	0,7
V2	Benzo(a)pyren	3,1	0,6	*	0,1	*	0,04
	PAH16	27	4,5	*	1,1	*	0,7
V3	Benzo(a)pyren	3,7	51	0,46	0,08	*	0,05
	PAH16	99	370	120	4,6	*	0,9
V4	Benzo(a)pyren	0,5	0,4	0,05	0,4	*	0,2
	PAH16	5,3	2,6	0,7	18,0	*	13,0
V5	Benzo(a)pyren	<0,0050	0,02	0,03	*	*	*
	PAH16	0,17	0,7	0,4	*	*	*

3.3.3 Målinger av PAH16 i drenskum V3 under en nedbørsepisode og påfølgende periode uten nedbør

I drenskum V3 ble de høyeste konsentrasjonene av PAH-forbindelser målt. Her ble det i 2016 fulgt opp med målinger under en nedbørsepisode og påfølgende periode uten nedbør. I **Figur 4** vises nedbør for april 2016 fra nærmeste målestasjon. Prøver fra drenskum V3 ble tatt ut 3. og 4.april (ca 21 mm nedbør falt fra 2.april til 4. april) og 9. og 10. april (0 mm nedbør fra 8. april). I **Tabell 12** vises PAH-forbindelser og SS i drenskum V3 under disse fire tidspunktene.



Figur 4. Klimadata fra målestasjon Risnes i Fjotland (42520), data fra eKlima.met.no.

Tabell 12. Konsentrasjoner av PAH-forbindelser og SS målt i drengskum V3 under en nedbørsepisode fra 3.-4. april og påfølgende periode uten nedbør (fra 8. april). *, merk at en enkelt PAH-forbindelse utgjorde 85-97 % av PAH16.

SS og PAH-forbindelser	Drengskum V3			
	3.april (Kl 22:00)	4.april (Kl 16:00)	9.april (Kl 13:00)	10. april (Kl 13:00)
SS (mg/l)	2,3	32,0	290,0	720,0
Acenaften (µg/l)	0,03	11,0*	0,038	0,078
Antracen (µg/l)	<0.010	0,06	0,024	<0.010
Acenaftylen (µg/l)	<0.010	0,16	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren (µg/l)	<0.0050	0,01	0,074	0,046
Benzo(b,k)fluoranten (µg/l)	0,02	0,14	0,09	0,062
Benzo(ghi)perylene (µg/l)	<0.010	<0.010	0,043	0,043
Benzo(a)antracen (µg/l)	0,01	0,02	0,094	29*
Chrysen (µg/l)	0,02	0,03	0,17	0,042
Dibenz(a,h)antracen (µg/l)	<0.010	<0.010	0,011	0,01
Fenantren (µg/l)	<0.010	0,03	0,13	0,053
Fluoranten (µg/l)	0,20	0,65	0,68	0,091
Fluoren (µg/l)	<0.010	0,05	0,25	0,032
Indeno(1,2,3-cd)pyren (µg/l)	<0.010	<0.010	0,036	0,033
Naftalen (µg/l)	<0.010	<0.010	0,018	<0.010
Pyren (µg/l)	0,15	0,35	0,52	0,062
PAH16 (µg/l)	0,4	13,0	2,2	30,0

4. Konklusjoner

Massetransport av metaller, SS og PAH16 fra ENK-tomta for 2015 ble beregnet. Under en nedbørsepisode med data som ble lagt til grunn for beregningen av massetransporten, var konsentrasjoner i 2 drengskummer betydelig høyere enn gjennomsnittsverdier. Under denne nedbørsepisoden økte for eksempel Mn-konsentrasjonen fra gjennomsnittlig 0,6 µg/l til 33,9 mg/l, dvs økning med en faktor på 56 500. Årsaken til de forhøyede konsentrasjonene var forårsaket av at slagg ble gravd opp i nedbørsfeltet under nedbørsepisoden. Data (kun metaller og SS) fra denne episoden ble tatt ut, da vi mener at disse måleverdiene ikke er representativ for årlig massetransport fra tomte. Beregnet massetransport for 2015 vil da være:

- 71 tonn SS
- 0,8 tonn Mn
- 16 kg Zn
- 16 kg Cu
- 2 kg Cr
- 5 kg Ni
- 0,5 kg Pb
- 9 kg As
- 0,4 kg Cd
- 0,02 kg Hg
- 18 kg PAH16

Massetransport av PAH16 kan se ut til å være overestimert, da man i noen vannprøver (i hovedsak fra drenskum V3, areal C) har noen måleverdier som er uforholdsmessige høye. I flere av disse målingene var det kun en enkelt, men ulike PAH-forbindelser som utgjorde 85-97 % av PAH16. Hva som er årsak til dette bør dette følges opp, og suppleres med flere prøvetakninger i samarbeid med laboratoriet som utfører analysene. Det var ikke et entydig mønster i hvilke PAH-forbindelser som dominert overvannet, men 3 og 4 ringende PAH-forbindelser kunne generelt se ut til å utgjøre den største andelen. Disse PAH-forbindelsene har en fordelingskoeffisient mellom vann og oktanol (K_{ow}) på 4-6 (se **Vedlegg**), og vil forventes å være bundet til partikler og slam i overvannet.

Arealene C og E hadde generelt de høyeste massetransportene av metaller og SS fra tomte, mens areal C hadde desidert den største massetransporten av PAH16. I areal C er det allerede igangsatt målinger av SS og PAH i drenskummer under slaggvanning og ved ulike nedbørsepisoder, for å se hvordan konsentrasjonene varierer. Areal B (drenskum V2) hadde den høyeste massetransporten av As, og flere målinger av As-konsentrasjonen bør gjennomføres her, for å verifisere de høye verdiene som ble målt.

Konsentrasjonene av metaller, SS og PAH16 varierte betydelig under nedbørsepisodene og gjennom året, noe som viser at det er utfordrende å ta ut vannprøver som er representative for beregning av årlig massetransport fra tomte, og beregnet massetransport er de beheftet med store usikkerheter. Uttak av vannprøver under nedbørsepisoder vil sammen med målinger igjennom året bidra til mer korrekt beregning av massetransport.

Resultater viste at metallene i hovedsak (90-100 %), var bundet til SS, som ble fjernet under filtreringen (0,45 μm) og løst ut under totaloppslutning av vannprøven med HNO_3 . SS var i hovedsak av mineralisk opprinnelse (81-94 %). Under en nedbørsepisode i drenskum V3, var det tydelig at den løste konsentrasjonen (ikke bundet til SS) av metaller økte mot slutten av nedbørsepisoden. Tilsvarende observasjon ble gjort i noen andre arealer.

5. Referanser

- Direktiv-2009/90/EC. (2009). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, technical specifications for chemical analysis and monitoring of water status, 3s. <http://eur-lex.europa.eu>.
- Hunsbedt, L., Cox, P. M., Flatabø, R., Johansen, K.-E., & Bustnes, J. A. (2007). Environmental challenges for Norwegian Mn-industry. *Proceedings of the Eleventh International Congress on Ferroalloys (INFACON 11)*, New Dehli, India.
- Ranneklev, S., Muthanna, T., Øxnevad, S., Lund, E., & Molvær, J. (2011). Utslipp av overflatevann fra Eramet Norway Kvinesdal. *NIVA rapport 6127-2011*, s. 27.

6. Vedlegg

Målinger av metaller, PAH og SS. Ekstremverdier tatt ut under beregning av massetransport for 2015 er vist i gult.

Sample	Provetakingsdato	Felt	Mn(ug/L)	Zn(ug/L)	Pb(ug/L)	Cd(ug/L)	As(ug/L)	STS(mg/l)	Ni(ug/L)	Hg(ng/L)	Cu(ug/L)	Cr(ug/L)
KUM 1. 0h	25.10.2015	A	2850	12,8	1,00	0,05	5,5	28	11,5	10	5,55	9,6
KUM 1. 24h	26.10.2015	A	1290	7,57	0,50	0,05	5,9	17	5,23	10	6,01	5,3
KUM 1. 48h	27.10.2015	A	645	4,42	0,10	0,05	7,9	1,8	1,35	10	6,22	3,9
Kum 1. 0h	13.11.2015	A	2030	7,59	1,07	0,05	4,6	72	8,92	10	6,77	5,8
KUM 1. 6h	13.11.2015	A	146	7,97	0,21	0,05	5,1	19	2,27	10	2,99	2,6
KUM 1. 28h	14.11.2015	A	1070	10,5	0,76	0,05	3	53	5,91	10	3,78	4,6
Kum1	30.12.2015	A										
OFV 1	01.12.2015	A	12,9	4,36	1,23	0,07	0,22	0,5	0,3	2,5	0,2	0,22
KUM 2. 0h	25.10.2015	B	42300	89	14,0	0,64	10,0	950	83	189	61	31
KUM 2. 24h	26.10.2015	B	25400	104	9,90	0,92	9,5	160	33	115	41	20
KUM 2. 0h	13.11.2015	B	1170	11,6	1,2	0,11	1110	49	4,75	10	2,13	2,0
KUM 2. 6h	13.11.2015	B	178	0,5	0,5	0,5	13	600	2,2	10	1,02	2,7
KUM 2. 28h	14.11.2015	B	914	4,43	0,37	0,05	307	74	1,9	10	1,52	1,6
OFV 2	01.12.2015	B	121	5,42	0,3	0,07	0,23	1,6	0,45	2,5	0,55	0,3
KUM 3. 0h	25.10.2015	C	13600	75	9,94	0,87	5,0	320	18,4	360	16,1	14
KUM 3. 24h	26.10.2015	C	91800	211	32,5	4,0	23	1500	139	1080	91	90
KUM 3. 48h	27.10.2015	C	1090	4,90	0,31	0,05	1,2	49	2,31	10	2,89	4,1
KUM 3. 0h	13.11.2015	C	1510	8,03	0,71	0,05	1,3	330	2,96	10	4,51	2,9
KUM 3. 6h	13.11.2015	C	5400	54,9	2,96	0,25	2,1	600	4,68	70	9,44	6,0
KUM 3. 28h	14.11.2015	C	1810	16,0	0,66	0,05	0,5	65	2,31	10	3,29	1,6
OFV 3	01.12.2015	C	65,2	2,01	0,38	0,03	13	4,2	0,43	2,5	0,93	2,5
KUM 5. 0h	25.10.2015	E	1140	255	0,33	6,5	0,5	0,5	7,32	111	5,07	1,9
KUM 5. 24h	26.10.2015	E	2530	383	0,31	11	0,5	4,0	11,7	128	4,83	1,7
KUM 5. 48h	27.10.2015	E	1700	158	1,02	7,1	2,5	1,4	9,43	284	11,8	4,6
KUM 4. 0h	25.10.2015	F	181	13,8	0,36	0,19	25	12	27	24	7,25	12,5
KUM 4. 24h	26.10.2015	F	259	39	0,24	0,76	25	5,3	36,3	379	20,8	12,5
KUM 4. 48h	27.10.2015	F	102	14,1	1,74	0,63	25	1,6	63	148	53	12,5
KUM 4. 0h	13.11.2015	F	258	15,2	0,74	0,13	28	2,2	96,4	44	618	2,5
KUM 4. 6h	13.11.2015	F	813	6,82	0,51	0,05	4,6	96	12,8	10	69,2	3,8
KUM 4. 28h	14.11.2015	F	1160	12,8	0,37	0,15	13	73	39,4	27	292	0,5
OFV 4	01.12.2015	F	1240	2,21	0,34	0,04	1	1,6	0,9	5	1,43	0,77

PAH-data

Sample	Provetakingsdato	Felt	Acenafter	Antracen	Acenaftylen	Benzo(a) antracen	Benzo(a) pyren	Benzo(b,k) fluoranten	Benzo(ghi) perylene	Chrysen	Dibenz(a,h) antracen	Fenantren	Fluoranten	Fluoren	Indeno(1,2,3- cd)pyren	Naftalen	Pyren	Sum PAH16
KUM 1. 0h	25.10.2015	A	0,025	0,027	0	0,13	0,17	0,16	0,076	0,15	0	0,11	0,18	0,021	0,075	0	0,14	1,3
KUM 1. 24h	26.10.2015	A	0,016	0,021	0	0,091	0,13	0,10	0,51	0,10	0,018	0,097	0,14	0,017	0,050	0	0,11	1,4
KUM 1. 48h	27.10.2015	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
Kum 1. 0h	13.11.2015	A	0,025	0,029	0	0,16	0,20	0,18	0,094	0,16	0,018	0,11	18	0,020	0,090	0,012	0,14	19
KUM 1. 6h	13.11.2015	A																
KUM 1. 28h	14.11.2015	A	0	0,012	0	0,067	0,12	0,078	0,063	0,077	0,027	0,051	0,087	0	0,065	0	0,071	0,72
Kum1	30.12.2015	A	0,15	<0.010	<0.010	0,053	0,06	0,12	0,055	0,087	<0.010	0,076	0,26	0,025	0,068	<0.010	0,2	1,1
OFV 1	01.12.2015	A	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0
KUM 2. 0h	25.10.2015	B	1,8	0,39	0,049	2,3	3,1	0,78	0,64	2,7	0,12	3,1	5,3	1,3	0,34	0,042	4,6	27
KUM 2. 24h	26.10.2015	B	0,19	0,071	0,011	0,35	0,55	0,32	0,16	0,56	0,024	0,53	0,77	0,15	0,11	0,013	0,65	4,5
KUM 2. 0h	13.11.2015	B	0,032	0	0	0,083	0,13	0,15	0,064	0,17	0,014	0,082	0,15	0,024	0,066	0	0,11	1,1
KUM 2. 6h	13.11.2015	B																
KUM 2. 28h	14.11.2015	B	0,044	0,013	0	0,042	0,041	0,054	0,040	0,072	0,010	0,078	0,11	0,038	0,032	0	0,10	0,67
OFV 2	01.12.2015	B	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0
KUM 3. 0h	25.10.2015	C	6,3	2,1	0,17	3,9	3,7	3,5	1,0	4,6	0,18	18	32	5,0	1,1	0,060	17	99
KUM 3. 24h	26.10.2015	C	85	10	1,5	30	51	13	8,9	31	0,47	23	45	33	8,6	0,10	28	370
KUM 3. 48h	27.10.2015	C	90	0,86	2,7	0,79	0,46	0,67	0,12	0,85	0,020	1,2	6,2	16	0,14	1,7	3,2	120
KUM 3. 0h	13.11.2015	C	0,27	0,08	0,029	0,15	0,075	0,082	0,061	0,19	0	0,58	0,88	1,7	0,062	0	0,45	4,6
KUM 3. 6h	13.11.2015	C																
KUM 3. 28h	14.11.2015	C	0,090	0,021	0	0,045	0,045	0,062	0,028	0,066	0	0,11	0,21	0,057	0,021	0	0,13	0,89
OFV 3	01.12.2015	C	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0
V3, kl 22	03.04.2016	ata i annet vedlegg					0											0,43
V3, kl 16	04.04.2016	ata i annet vedlegg					0,0073											13
V3, kl 13	09.04.2016	ata i annet vedlegg					0,074											2,2
V3, kl 13	10.04.2016	ata i annet vedlegg					0,046											30
KUM 5. 0h	25.10.2015	E	<0,010	0,012	<0,010	0,043	0	0,038	<0,010	0,038	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0
KUM 5. 24h	26.10.2015	E	<0,010	0,035	<0,010	0,022	0,024	0,17	0,012	0,17	<0,010	0,031	0,095	<0,010	0,016	<0,010	0,086	0,66
KUM 5. 48h	27.10.2015	E	<0,010	<0,010	<0,010	0,018	0,027	0,15	0,012	0,14	<0,010	0,010	0,023	<0,010	0,012	<0,010	0,014	0,41
KUM 4. 0h	25.10.2015	F	0,21	0,11	0,12	0,56	0,52	0,74	0,12	0,66	0,019	0,097	1,1	0,067	0,13	0,062	0,82	5,3
KUM 4. 24h	26.10.2015	F	0,019	0,044	0,068	0,32	0,36	0,50	0,074	0,34	0,030	0,017	0,055	0,025	0,086	0,035	0,60	2,6
KUM 4. 48h	27.10.2015	F	0,030	0,011	0,058	0,040	0,053	0,091	0,027	0,048	<0,010	0,045	0,088	0,019	0,025	0,022	0,12	0,68
KUM 4. 0h	13.11.2015	F	0,076	0,062	3,2	0,52	0,36	0,51	0,085	0,76	0,026	0,39	4,9	0,091	0,087	0,17	7,0	18
KUM 4. 6h	13.11.2015	F																
KUM 4. 28h	14.11.2015	F	0,14	0,011	1,6	0,60	0,19	0,27	0,041	0,74	0,013	0,024	0,16	0,059	0,034	<0,010	9,4	13
OFV 4	01.12.2015	F	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	<0.010	0

PAH-data kum V3

Stoff/PAH-forbindelse	Enhet	V3, 3/4 kl 22	V3, 4/4 kl 16	V3, 9/4 kl 13	V3, 10/4 kl 13
Suspendert tørrstoff	mg/l	2,3	32,0	290,0	720,0
Acenaften, PAH, miljø, vann	µg/l	0,03	11,00	0,038	0,078
Antracen, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	0,06	0,024	<0.010
Acenaftylen, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	0,16	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.0050	0,01	0,074	0,046
Benzo(b.k)fluoranten,PAH,miljø,vann	µg/l	0,02	0,14	0,09	0,062
Benzo(ghi)perylen ,PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	<0.010	0,043	0,043
Benzo(a)antracen, PAH, miljø, vann	µg/l	0,01	0,02	0,094	29
Chrysen, PAH, miljø, vann	µg/l	0,02	0,03	0,17	0,042
Dibenz(a,h)antracen ,PAH,miljø,vann	µg/l	<0.010	<0.010	0,011	0,01
Fenantren, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	0,03	0,13	0,053
Fluoranten, PAH, miljø, vann	µg/l	0,20	0,65	0,68	0,091
Fluoren, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	0,05	0,25	0,032
Indeno(1,2,3-cd)pyren,PAH,miljøvann	µg/l	<0.010	<0.010	0,036	0,033
Naftalen, PAH, miljø, vann	µg/l	<0.010	<0.010	0,018	<0.010
Pyren, PAH, miljø, vann	µg/l	0,15	0,35	0,52	0,062
Sum påviste 16 PAH'er, miljø, vann	µg/l	0,43	13,00	2,2	30

Analyser kum V1

		KUM 1. 0h	KUM 1. 24h	KUM 1. 48h	Kum 1. 0h	KUM 1. 6h	KUM 1. 28h
		25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015	13.11.2015	13.11.2015	14.11.2015
Ufiltrert prøve:							
Suspendert tørrstoff	mg/l	28	17	1,8	72	19	53
Suspendert gløderest, gravimetrisk	mg/l	22	11	1,0	60,5	15,8	46,3
Kvikksølv	ng/l	<20	<20	<20	<20	<20	<20
Bly	µg/l	1,00	0,50	0,10	1,07	0,21	0,76
Kadmium	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Arsen	µg/l	5,5	5,9	7,9	4,6	5,1	3
Kobber	µg/l	5,55	6,01	6,22	6,77	2,99	3,78
Krom	µg/l	9,6	5,3	3,9	5,8	2,6	4,6
Mangan	µg/l	2850	1290	645	2030	146	1070
Nikkel	µg/l	11,5	5,23	1,35	8,92	2,27	5,91
Sink	µg/l	12,8	7,57	4,42	7,59	7,97	10,5
PAH							
		KUM 1. 0h	KUM 1. 24h	KUM 1. 48h	Kum 1. 0h	KUM 1. 6h	KUM 1. 28h
Naftalen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	0,012		<0,010
Acenaftylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010		<0,010
Acenatren	µg/l	0,025	0,016	<0,010	0,025		<0,010
Fluoren	µg/l	0,021	0,017	<0,010	0,020		<0,010
Fenantren	µg/l	0,11	0,097	<0,010	0,11		0,051
Antracen	µg/l	0,027	0,021	<0,010	0,029		0,012
Fluoranten	µg/l	0,18	0,14	0,01	18		0,087
Pyren	µg/l	0,14	0,11	<0,010	0,14		0,071
Benzo(a)antracen	µg/l	0,13	0,091	<0,010	0,16		0,067
Chrysen	µg/l	0,15	0,10	<0,010	0,16		0,077
Benzo(b.k)fluoranten	µg/l	0,16	0,10	<0,010	0,18		0,078
Benzo(a)pyren	µg/l	0,17	0,13	<0,0050	0,20		0,12
Dibenz(a,h)antracen	µg/l	<0,010	0,018	<0,010	0,018		0,027
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,075	0,050	<0,010	0,090		0,065
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,076	0,51	<0,010	0,094		0,063
Sum påviste 4 PAH'er	µg/l	0,41	0,28	<0,010	0,47		0,26
Sum påviste 16 PAH'er	µg/l	1,3	1,4	<0,15	19		0,72
Filtrert prøve:							
Kvikksølv	ng/l	<5	<5	<5			
Bly	µg/l	0,09	0,05	0,05			
Kadmium	µg/l	0,02	<0,01	0,01			
Arsen	µg/l	3,9	5,8	6,9			
Kobber	µg/l	1,91	3,88	5			
Krom	µg/l	2,6	3,3	3,1			
Mangan	µg/l	999	284	556			
Nikkel	µg/l	2,48	1,9	1,11			
Sink	µg/l	2,28	2,11	1,59			

Analyser kum V2

		KUM 2. 0h	KUM 2. 24h	KUM 2. 0h	KUM 2. 6h	KUM 2. 28h
Ufiltrert prøve:		25.10.2015	26.10.2015	13.11.2015	13.11.2015	14.11.2015
Suspendert tørrstoff	mg/l	950	160	49	600	74
Suspendert gløderest, gravimetrisk	mg/l	816	142	42,4	532	63,1
Kvikksølv	ng/l	189	115	<20	<20	<20
Bly	µg/l	14,0	9,90	1,2	<0,10	0,37
Kadmium	µg/l	0,64	0,92	0,11	<0,10	<0,10
Arsen	µg/l	10,0	9,5	1110	13	307
Kobber	µg/l	61	41	2,13	1,02	1,52
Krom	µg/l	31	20	2,0	2,7	1,6
Mangan	µg/l	42300	25400	1170	178	914
Nikkel	µg/l	83	33	4,75	2,2	1,9
Sink	µg/l	89	104	11,6	<1,00	4,43
PAH		KUM 2. 0h	KUM 2. 24h	KUM 2. 0h	KUM 2. 6h	KUM 2. 28h
Naftalen	µg/l	0,042	0,013	<0,010		<0,010
Acenaftylen	µg/l	0,049	0,011	<0,010		<0,010
Acenatren	µg/l	1,8	0,19	0,032		0,044
Fluoren	µg/l	1,3	0,15	0,024		0,038
Fenantren	µg/l	3,1	0,53	0,082		0,078
Antracen	µg/l	0,39	0,071	<0,010		0,013
Fluoranten	µg/l	5,3	0,77	0,15		0,11
Pyren	µg/l	4,6	0,65	0,11		0,10
Benzo(a)antracen	µg/l	2,3	0,35	0,083		0,042
Chrysen	µg/l	2,7	0,56	0,17		0,072
Benzo(b.k)fluoranten	µg/l	0,78	0,32	0,15		0,054
Benzo(a)pyren	µg/l	3,1	0,55	0,13		0,041
Dibenz(a,h)antracen	µg/l	0,12	0,024	0,014		0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,34	0,11	0,066		0,032
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,64	0,16	0,064		0,040
Sum påviste 4 PAH'er	µg/l	4,3	0,98	0,35		0,13
Sum påviste 16 PAH'er	µg/l	27	4,5	1,1		0,67
Filtrert prøve:						
Kvikksølv	ng/l	<5	6			
Bly	µg/l	<0,01	0,01			
Kadmium	µg/l	<0,01	0,01			
Arsen	µg/l	1,00	1,2			
Kobber	µg/l	0,29	0,32			
Krom	µg/l	1,0	0,81			
Mangan	µg/l	7,3	4,3			
Nikkel	µg/l	0,43	0,42			
Sink	µg/l	0,38	0,28			

Analyser kum V3

		KUM 3. 0h	KUM 3. 24h	KUM 3. 48h	KUM 3. 0h	KUM 3. 6h	KUM 3. 28h
Ufiltrert prøve:		25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015	13.11.2015	13.11.2015	14.11.2015
Suspendert tørrstoff	mg/l	320	1500	49	330	600	65
Suspendert gløderest, gravimetrisk	mg/l	297	1320	44,0	301	544	61,1
Kvikksølv	ng/l	360	1080	<20	<20	70	<20
Bly	µg/l	9,94	32,5	0,31	0,71	2,96	0,66
Kadmium	µg/l	0,87	4,0	<0,10	<010	0,25	<0,10
Arsen	µg/l	5,0	23	1,2	1,3	2,1	<1,0
Kobber	µg/l	16,1	91	2,89	4,51	9,44	3,29
Krom	µg/l	14	90	4,1	2,9	6,0	1,6
Mangan	µg/l	13600	91800	1090	1510	5400	1810
Nikkel	µg/l	18,4	139	2,31	2,96	4,68	2,31
Sink	µg/l	75	211	4,90	8,03	54,9	16,0
		KUM 3. 0h	KUM 3. 24h	KUM 3. 48h	KUM 3. 0h	KUM 3. 6h	KUM 3. 28h
PAH		42302	42303	42304	42321	42321	42322
Naftalen	µg/l	0,060	0,10	1,7	<0,010		<0,010
Acenaftylen	µg/l	0,17	1,5	2,7	0,029		<0,010
Acenatren	µg/l	6,3	85	90	0,27		0,090
Fluoren	µg/l	5,0	33	16	1,7		0,057
Fenantren	µg/l	18	23	1,2	0,58		0,11
Antracen	µg/l	2,1	10	0,86	0,08		0,021
Fluoranten	µg/l	32	45	6,2	0,88		0,21
Pyren	µg/l	17	28	3,2	0,45		0,13
Benzo(a)antracen	µg/l	3,9	30	0,79	0,15		0,045
Chrysen	µg/l	4,6	31	0,85	0,19		0,066
Benzo(b.k)fluoranten	µg/l	3,5	13	0,67	0,082		0,062
Benzo(a)pyren	µg/l	3,7	51	0,46	0,075		0,045
Dibenz(a,h)antracen	µg/l	0,18	0,47	0,020	<0,010		<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	1,1	8,6	0,14	0,062		0,021
Benzo(ghi)perylen	µg/l	1,0	8,9	0,12	0,061		0,028
Sum påviste 4 PAH'er	µg/l	8,4	73	1,3	0,22		0,13
Sum påviste 16 PAH'er	µg/l	99	370	120	4,6		0,89
Filtrert prøve:							
Kvikksølv	ng/l	<5	<5	<5			
Bly	µg/l	0,03	0,06	0,06			
Kadmium	µg/l	0,01	0,09	<0,01			
Arsen	µg/l	0,55	1,6	0,96			
Kobber	µg/l	1,67	5,99	1,88			
Krom	µg/l	0,46	1,3	2,9			
Mangan	µg/l	923	9740	735			
Nikkel	µg/l	0,80	12	0,80			
Sink	µg/l	1,74	22	1,02			

Analyser kum V4

		KUM 4. 0h	KUM 4. 24h	KUM 4. 48h	KUM 4. 0h	KUM 4. 6h	KUM 4. 28h
Ufiltrert prøve:		25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015	13.11.2015	13.11.2015	14.11.2015
Suspendert tørrstoff	mg/l	12	5,3	1,6	2,2	96	73
Suspendert gløderest, gravimetrisk	mg/l	8,9	3,3	0,8	1,6	85,0	66,4
Kvikksølv	ng/l	24	379	148	44	<20	27
Bly	µg/l	0,36	0,24	1,74	0,74	0,51	0,37
Kadmium	µg/l	0,19	0,76	0,63	0,13	<0,10	0,15
Arsen	µg/l	<50	<50	<50	28	4,6	13
Kobber	µg/l	7,25	20,8	53	618	69,2	292
Krom	µg/l	<25	<25	<25	<5,0	3,8	<1,0
Mangan	µg/l	181	259	102	258	813	1160
Nikkel	µg/l	27	36,3	63	96,4	12,8	39,4
Sink	µg/l	13,8	39	14,1	15,2	6,82	12,8
		KUM 4. 0h	KUM 4. 24h	KUM 4. 48h	KUM 4. 0h	KUM 4. 6h	KUM 4. 28h
PAH		25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015	13.11.2015	13.11.2015	14.11.2015
Naftalen	µg/l	0,062	0,035	0,022	0,17		<0,010
Acenaftylene	µg/l	0,12	0,068	0,058	3,2		1,6
Acenatren	µg/l	0,21	0,019	0,030	0,076		0,14
Fluoren	µg/l	0,067	0,025	0,019	0,091		0,059
Fenantren	µg/l	0,097	0,017	0,045	0,39		0,024
Antracen	µg/l	0,11	0,044	0,011	0,062		0,011
Fluoranten	µg/l	1,1	0,055	0,088	4,9		0,16
Pyren	µg/l	0,82	0,60	0,12	7,0		9,4
Benzo(a)antracen	µg/l	0,56	0,32	0,040	0,52		0,60
Chrysen	µg/l	0,66	0,34	0,048	0,76		0,74
Benzo(b.k)fluoranten	µg/l	0,74	0,50	0,091	0,51		0,27
Benzo(a)pyren	µg/l	0,52	0,36	0,053	0,36		0,19
Dibenz(a,h)antracen	µg/l	0,019	0,030	<0,010	0,026		0,013
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	0,13	0,086	0,025	0,087		0,034
Benzo(ghi)perylene	µg/l	0,12	0,074	0,027	0,085		0,041
Sum påviste 4 PAH'er	µg/l	1,4	0,95	0,17	0,96		0,49
Sum påviste 16 PAH'er	µg/l	5,3	2,6	0,68	18		13
Filtrert prøve:							
Kvikksølv	ng/l	<5	<5	<5			
Bly	µg/l	0,28	2,10	1,44			
Kadmium	µg/l	<0,01	0,70	0,28			
Arsen	µg/l	34	26	32			
Kobber	µg/l	4,97	15	35			
Krom	µg/l	<5	<5	<5			
Mangan	µg/l	154	96,4	49,6			
Nikkel	µg/l	23	43	61			
Sink	µg/l	6	22	6			

Analyser kum V5

		KUM 5. 0h	KUM 5. 24h	KUM 5. 48h
Ufiltrert prøve:		25.10.2015	26.10.2015	27.10.2015
Suspendert tørrstoff	mg/l	<0,1	4,0	1,4
Suspendert gløderest, gravimetrisk	mg/l	0,6	2,9	0,8
Kvikksølv	ng/l	111	128	284
Bly	µg/l	0,33	0,31	1,02
Kadmium	µg/l	6,5	11	7,1
Arsen	µg/l	<0,1	<1,0	2,5
Kobber	µg/l	5,07	4,83	11,8
Krom	µg/l	1,9	1,7	4,6
Mangan	µg/l	1140	2530	1700
Nikkel	µg/l	7,32	11,7	9,43
Sink	µg/l	255	383	158
PAH		KUM 5. 0h	KUM 5. 24h	KUM 5. 48h
Naftalen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaftylen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Acenatren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoren	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Fenantren	µg/l	<0,010	0,031	0,010
Antracen	µg/l	0,012	0,035	<0,010
Fluoranten	µg/l	<0,010	0,095	0,023
Pyren	µg/l	<0,010	0,086	0,014
Benzo(a)antracen	µg/l	0,043	0,022	0,018
Chrysen	µg/l	0,038	0,17	0,14
Benzo(b.k)fluoranten	µg/l	0,038	0,17	0,15
Benzo(a)pyren	µg/l	<0,0050	0,024	0,027
Dibenz(a,h)antracen	µg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	<0,010	0,016	0,012
Benzo(ghi)perylen	µg/l	<0,010	0,012	0,012
Sum påviste 4 PAH'er	µg/l	0,038	0,21	0,19
Sum påviste 16 PAH'er	µg/l	<0,15	0,66	0,41
Filtrert prøve:				
Kvikksølv	ng/l	28	38	139
Bly	µg/l	0,11	0,25	0,50
Kadmium	µg/l	6,1	9,9	5,9
Arsen	µg/l	0,86	0,83	2,2
Kobber	µg/l	3,52	3,65	11
Krom	µg/l	0,75	0,67	3,2
Mangan	µg/l	1100	2610	1630
Nikkel	µg/l	7	14	11
Sink	µg/l	263	419	153

PAH-forbindelsers Kow

PAH-forbindelse	LogK_{ow}
Naftalen	3.40
Acenaftilen	3.92
Acenaften	4.00
Fluoren	4.18
Fenantren	4.57
Antracen	4.54
Fluoranten	5.18
Pyren	5.22
Benz[a]antracen	5.91
Chrysen	5.86
Benzo[b/j]fluoranten	6.00
Benzo[k]fluoranten	5.90
Benzo[a]pyren	6.04
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	6.50
Dibenzo[ah]anthracene	6.75
Benzo[ghi]perylene	6.50

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no